



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

Hans Källström  
Tor-Leif Runesson

# Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen



Hans Källström, f. 1955, tjänstgör sedan 2009 som kursutvecklare för farliga ämnen - CBRNE vid utbildningsenheten vid Myndigheten för samhällsskydd och beredskap i Karlstad. Han undervisade i farliga ämnen vid Räddningsverkets skola i Skövde, från 1989 till skolans nedläggning 2008.



Tor-Leif Runesson, f. 1956, tjänstgör sedan 2008 på CBRN-detaljen P4 (Skaraborgs regemente). Han undervisade i farliga ämnen vid Räddningsverkets skola i Skövde från 1999 till skolans nedläggning 2008.

# **Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen**

**Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)**

Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Författare: Hans Källström och Tor-Leif Runesson.

Layout: Advant Produktionsbyrå AB

Tryck: DanagårdLiTHO

Publikationsnummer: MSB504 - december 2012

ISBN: 978-91-7383-300-4

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>7</b>
<b>Vad är joniserande strålning?</b> .....	<b>9</b>
Atomens uppbyggnad .....	9
Beteckningar för grundämnen .....	12
Joniserande strålning .....	12
Olika typer av joniserande strålning .....	15
Alfastrålning .....	15
Betastrålning .....	17
Gamma- och röntgenstrålning .....	19
Neutronstrålning .....	21
Halveringstid .....	22
Fysikalisk halveringstid .....	22
Några ämnens fysikaliska halveringstider .....	24
Biologisk halveringstid .....	24
Kol-14-metoden .....	26
Storheter och enheter .....	26
Aktivitet .....	26
Absorberad dos .....	27
Ekvivalent dos .....	27
Effektiv dos .....	28
Doshastighet (dosrat) .....	28
Förhållandet mellan doshastighet och dos .....	28
Strålningens biologiska verkan .....	29
Olika stråldosers skadeverkan .....	30
Jämförelse av olika stråldoser .....	32
Stråldoser vid räddningstjänst .....	34
Strålning i vår vardag .....	34
<b>Räddningstjänstens roll vid nödsituationer</b> .....	<b>39</b>
Den svenska beredskapen för olyckor med radioaktiva ämnen .....	39
Sex tänkbara nödsituationer med radioaktiva ämnen .....	39
Ansvarsfördelning .....	40
Ansvarsfördelning vid de sex tänkbara nödsituationerna .....	41
Planera för räddningsinsatser .....	42

<b>Strålkällor i samhället</b> .....	<b>45</b>
<b>Hur ska strålkällorna hanteras?</b> .....	<b>45</b>
<i>Tillståndsplikt för tillverkning och hantering</i> .....	45
<i>Märkning av utrustning med strålkällor</i> .....	46
<i>Transportbestämmelser</i> .....	47
Transporthandlingar vid vägtransport .....	48
Exempel på innehåll i godsdeklaration .....	48
Kategorier för märkning .....	48
Märkning av kollin .....	50
Märkning av transporter .....	50
<b>Var finns strålkällorna?</b> .....	<b>52</b>
<i>Kartläggning av strålkällor i kommunen</i> .....	52
Instruktion för att kartlägga stationära strålkällor .....	53
Beräkning och bedömning av riskavstånd vid blottlagd strålkälla .....	53
Instruktion för att kartlägga transporter av strålkällor .....	54
<i>Brandvarnare i hemmet</i> .....	56
<i>Kontrollinstrument i industrin</i> .....	56
Nivåvakter .....	56
Metallhölje .....	57
Strålkälla .....	57
Blyskydd .....	57
Rörlig bly del .....	57
Tjockleksmätare .....	58
Ytviktsmätare .....	58
Radiografer för materialkontroll .....	59
Fyllnadskontrollapparat .....	59
<i>Utrustning på sjukhus</i> .....	59
Röntgenapparater och accelerators .....	60
Öppna strålkällor för injektion .....	60
Reaktorer i kärnteknisk anläggning .....	61
<b>Mätning av joniserande strålning</b> .....	<b>63</b>
<b>Mätprinciper och mätinstrument</b> .....	<b>63</b>
<i>Att mäta doshastighet</i> .....	63
<i>Intensimeter SRV-2000</i> .....	66
<i>Intensimeter 28 (I28)</i> .....	66
<b>Dosmätning</b> .....	<b>67</b>
<i>Termoluminescens detektor (TLD)</i> .....	67
<i>Direktvisande dosimeter</i> .....	67
<i>Direct Ion Storage (DIS)</i> .....	68
<b>Begränsningar vid mätning</b> .....	<b>68</b>
<i>Strålslag</i> .....	69

<i>Mätområden och mätnoggrannhet</i> .....	69
<i>Avläsningsfel</i> .....	69
<i>Tidsfördröjning</i> .....	69
<b>Referensmätning av strålningsbakgrunden var sjunde månad</b> .....	<b>70</b>
<b>Insatser vid inträffade olyckor</b> .....	<b>73</b>
<i>Göteborg 1987</i> .....	73
<i>Hallsberg 1991</i> .....	73
<i>Tokai-Mura, Japan, 30 september 1999</i> .....	74
<i>Glogovac, Kosovo, 22 december 1999</i> .....	74
<i>Bangkok, Thailand, 21 februari 2000</i> .....	74
<i>Cochabamba, Bolivia, april 2002</i> .....	75
<i>Aitikgruvan, Gällivare, december 2010</i> .....	75
<b>Taktik vid insatsen</b> .....	<b>79</b>
<b>Zoner i skadeområdet</b> .....	<b>79</b>
<b>Kroppsskydd</b> .....	<b>81</b>
<i>Brandskyddsdräkt</i> .....	81
<i>Kemikalieskyddsdräkt</i> .....	81
<b>Skydd för andningsvägar</b> .....	<b>81</b>
<i>Andningsapparat</i> .....	81
<i>Filterskydd</i> .....	82
<i>Filter till filterskydd</i> .....	82
<b>Beräkna stråldosen</b> .....	<b>82</b>
<b>Förberedelser före utryckning</b> .....	<b>84</b>
<b>Vid larm om olycka med radioaktiva ämnen</b> .....	<b>84</b>
<b>Åtgärder vid framkörning</b> .....	<b>84</b>
<i>Beslutsstöd för räddningsledaren</i> .....	85
<b>Försiktighet på skadeplatsen</b> .....	<b>85</b>
<b>Handlingsregler vid räddningsinsatser</b> .....	<b>86</b>
<i>Indikering och mätning</i> .....	87
<i>Särskilda åtgärder vid brand</i> .....	88
<b>Sanering av personer och materiel</b> .....	<b>88</b>
<i>Livräddande personsanering</i> .....	89
<i>Fullständig personsanering</i> .....	89
<i>Sanering av insatspersonal och utrustning</i> .....	90
<i>Exempel på instruktion för sanering av insatspersonal</i> .....	90
<i>Exempel på utrustning för personsaneringsplats</i> .....	91
<i>Exempel på utrustning för all personal som bemannar personsaneringsplats</i> .....	91
<i>Utförande</i> .....	91
<i>Saneringskontroll efter insatsen</i> .....	94

<i>Omhändertagande av materiel och vatten</i> .....	94
<b>Efter insatsen</b> .....	96
<b>Ordlista</b> .....	97
<b>Källförteckning</b> .....	106
<b>Vill du läsa mer?</b> .....	106
<b>Bildförteckning</b> .....	107
<b>Checklista vid olycka med radioaktiva ämnen</b> .....	109
<i>Vid larm</i> .....	109
<i>Under framkörningen</i> .....	109
<i>Under insatsen</i> .....	109
<i>Efter insatsen</i> .....	110

## Förord

Den här boken vänder sig i första hand till dig som arbetar inom den kommunala räddningstjänsten. Tanken är att boken också ska kunna användas som ett uppslagsverk, och därför är innehållsförteckningen och ordlistan särskilt detaljerade.

Under historiens gång har människan lärt sig utnyttja de tillgångar jorden ställer till hennes förfogande. Hon har ständigt hittat nya lösningar för att utvinna markens, luftens och vattnets resurser. Dessa lösningar har lett till nya sätt att hantera och förvara olika ämnen, vilket i sin tur har medfört nya problem att lösa. I Sverige har det lyckligtvis inte inträffat så många olyckor med radioaktivt material. Det är ett gott betyg åt alla som hanterar och transporterar radioaktivt material.

Men vi vet att olyckor kan inträffa. Därför är det viktigt att vi är väl förberedda. På senare tid har också en ny hotbild uppträtt: terrorism. Det går inte att utesluta att terrorister eller andra kriminella skulle kunna använda kärnvapen. Inte heller att de skulle kunna sprida kärnbränsle och andra radioaktiva ämnen som cesium eller kobolt i omgivningen, med hjälp av konventionella sprängämnen.

Med den här boken vill vi ge dig som läsare ökade kunskaper om radioaktiva ämnen. Syftet är att insatsresultatet vid en olycka ska bli så bra som möjligt. Boken ger för det första en översikt över vad radioaktivitet är och vilken roll räddningstjänsten har i det förberedande arbetet och vid en insats. För det andra beskriver boken några strålkällor i samhället och hur Räddningstjänsten agerar vid en räddningsinsats. Vidare ges exempel på olyckor som har inträffat i Sverige och i världen.

För dig som ska arbeta i riskområdet på en skadeplats är det viktigt att känna till vilka följder som kan uppstå. Valet av skyddsutrustning baseras i stor utsträckning på sådana kunskaper. Därför vill vi i denna bok visa vilka risker som finns vid olika insatser och hur människans kropp kan påverkas.



**Vad är joniserande  
strålning?**

# Vad är joniserande strålning?

I detta inledande kapitel beskriver vi kortfattat atomens uppbyggnad, olika strålslag och andra viktiga begrepp. Denna kunskap behöver du för att förstå och kunna hantera riskerna vid en olycka med radioaktiva ämnen. För att kunna svara på frågan om vad radioaktivitet är börjar vi med att beskriva atomens uppbyggnad.

## Atomens uppbyggnad

Varje atom har en kärna som består av protoner och neutroner. Protonerna är positivt laddade, neutronerna är oladdade, det vill säga neutrala. Runt kärnan finns ett eller flera skal av rörliga elektroner. Elektronerna är negativt laddade. Om det finns lika många negativa elektroner runt en kärna som det finns positiva protoner i själva kärnan, så tar laddningarna ut varandra och atomen i sin helhet blir elektriskt neutral.

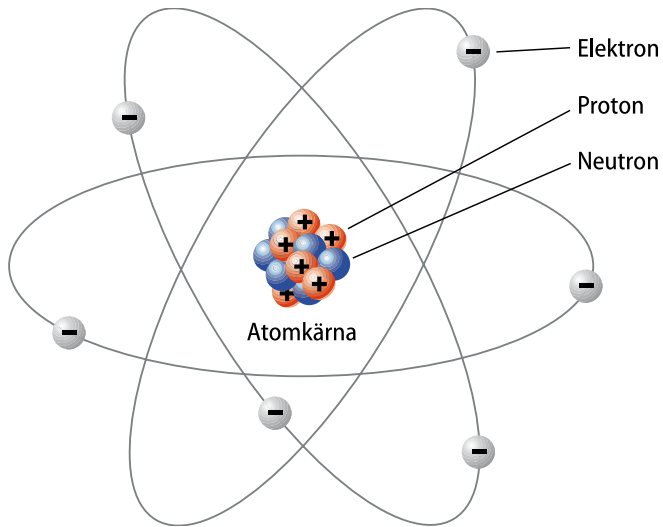
Atomens massa finns till största delen i kärnan. En proton och en neutron är ungefär lika stora. De har vardera ca 1 800 gånger större massa än en elektron. Atomer består dock till största delen av tomrum. Det går att visa genom ett tankeexperiment: Om själva atomkärnan kunde förstöras till en centimeter så skulle elektronen komma att sväva ungefär 100 meter från kärnan.

Alla atomer av ett visst grundämne har samma antal protoner. Skillnaden mellan olika grundämnena består alltså i vilket antal protoner de har. Väteatomen är den enklaste atomen. Den består av endast en proton och en elektron. I dag känner man till ca 110 grundämnena. Jämför man med legobitar, och om de olika färgerna får representera olika

Det är antalet protoner i kärnan som bestämmer vilket grundämnet är. Atomer som innehåller samma antal protoner bildar samma grundämne.

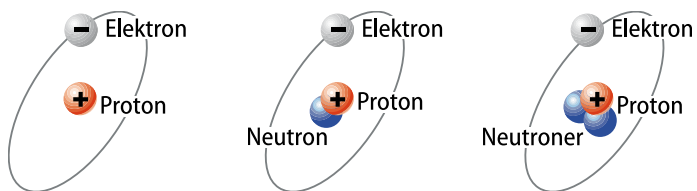
grundämnena, så kan man med samma uppsättning legobitar bygga slott, bilar eller mycket annat. På samma sätt kan grundämnena bilda olika andra ämnen. Kol och väte kan till exempel bilda antingen metan, etan eller något annat kolväte. En kolatom innehåller sex protoner. Syre innehåller åtta protoner, helium innehåller två protoner och så vidare. Antalet neutroner i atomkärnan kan däremot variera. Ändå kan det fortfarande vara fråga om samma grundämne. Sådana varianter av samma grundämne kallas isotoper. Alla grundämnena har isotoper. Väte har exempelvis tre olika isotoper.

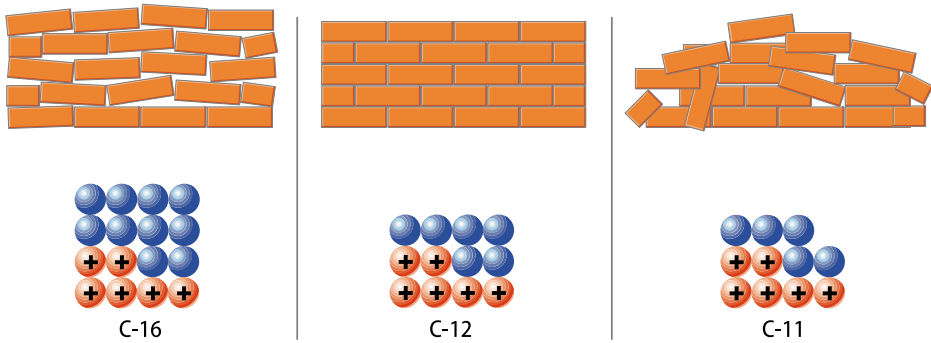
Grundämnet kol har som sagt alltid sex protoner i sin kärna (annars vore det inte kol), men antalet neutroner kan variera. Isotoper har alltså samma antal protoner i kärnan och elektroner i skalet, medan antalet neutroner varierar. Neutroner är neutrala och har en sammanhållande funktion i atomkärnan. De fungerar som murbruket i en tegelmur.



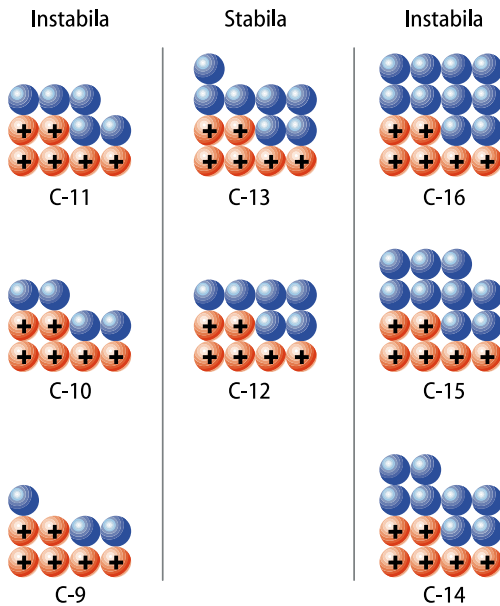
Kolatom, består av sex protoner och sex neutroner.

Vanligt väte ( $1H$ ) består av en proton. Tungt väte, deuterium ( $2H$ ) består av en proton och en neutron. Tritium ( $3H$ ) består av en proton och två neutroner.





Om det finns ett överskott eller underskott av murbruk så håller inte konstruktionen ihop. Muren faller sönder. Neutronerna håller så att säga ihop kärnan.



Sammansättningen av kärnan i olika isotoper av kol.

Det finns åtta olika isotoper av grundämnet kol. Av dessa åtta är det bara två som har "rätt sammansättning" av protoner och neutroner. Dessa två är därför stabila isotoper, vilket innebär att de kan existera hur länge som helst. Tre av de övriga isotoperna har underskott på neutroner och de resterande tre har överskott. Dessa sex isotoper är därför instabila. Instabila kärnor gör sig av med sitt energiöverskott genom att sända ut strålning, det vill säga genom radioaktivt sönderfall. Atomkärnor som har "fel sammansättning" av protoner och neutroner är med andra ord radioaktiva.

Ett annat namn på atomkärna är nuklid. Ordet kommer av det latinska ordet *nucleus*, som betyder kärna. Om en atomkärna är radioaktiv kallas den radionuklid, vilket är den korrekta benämningen på radioaktiva ämnen.

## Beteckningar för grundämnen

Det finns olika sätt att beteckna grundämnen. Varje grundämne har getts en beteckning som består av en eller två bokstäver. Tecknet är en förkortning av ämnets namn på latin. Sådana förkortningar blir nödvändiga när man skriver långa kemiska formler.

### Exempel på några beteckningar för grundämnen:

Väte, hydrogenium (H)	Kol, carbonium (C)
Kväve, nitrogenium (N)	Helium, helium (He)
Syre, oxygenium (O)	Uran, uranium (U)

Ibland anger man dessutom ämnets masstal vid beteckningen. Masstalet är summan av antalet partiklar i kärnan (protoner och neutroner). Vi förklarar med några exempel:

Väte har en proton i kärnan, och kan därför betecknas med H-1. Det är även korrekt att skriva väte-1 eller  ${}^1\text{H}$ . Tritium är en isotop av väte med en proton och två neutroner. Beteckningen för tritium är alltså  ${}^3\text{H}$ , där H står för väte och 3 för antalet partiklar i kärnan.

Uran har 92 protoner i sin kärna och är ett av de tyngsta grundämnena. Det finns tre olika isotoper av uran i naturen. De innehåller 142, 143 och 146 neutroner. Masstalen för dessa isotoper blir då 234, 235 och 238. Vi skriver därför U-234, U-235 och U-238 eller  ${}^{234}\text{U}$ ,  ${}^{235}\text{U}$  och  ${}^{238}\text{U}$ . Du kan också träffa på beteckningen  ${}_{92}^{234}\text{U}$ , där den övre siffran anger masstalet och den undre siffran anger antalet protoner.

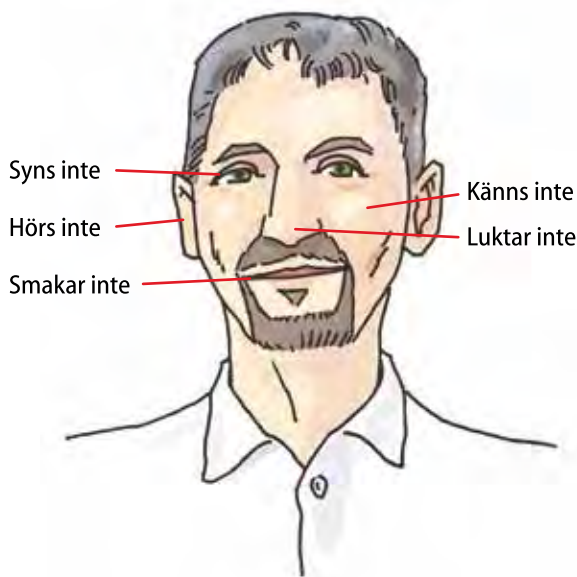
## Joniserande strålning

Strålning är en form av energi. Joniserande strålning är den sammanfattande benämningen på sådana slag av elektromagnetisk strålning och partikelstrålning, som är tillräckligt energirika för att slå loss elektroner från atomer. Radiovågor, infraröd strålning, röntgen, mikrovågor, ultraviolet

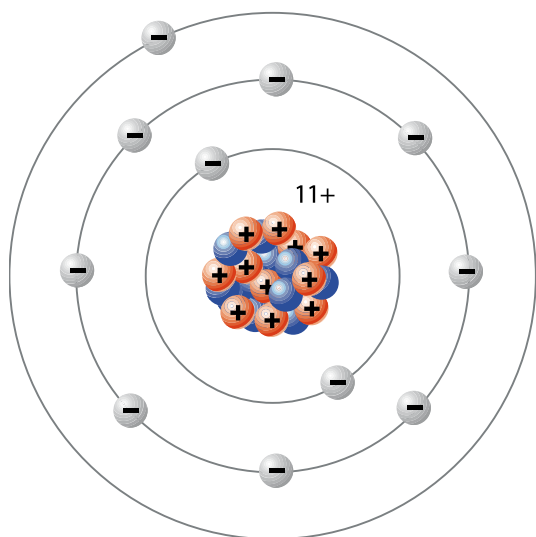
strålning och så vidare är olika exempel på strålning, men bara vissa av dessa kan jonisera.

Vi kan inte uppfatta joniserande strålning med våra sinnen. Den varken luktar, hörs, syns, smakar eller känns. Den liknar i de flesta fall all annan strålning, men det finns ett stort undantag: den är rikare på energi. En elektriskt neutral atom måste, som sagt var, ha lika många plusladdningar som minusladdningar, eller med andra ord lika många protoner som elektroner. När joniserande strålning passerar en elektron får elektronen ett så stort energiöverskott att den kan frigöra sig från atomen. När nu atomen blir av med en elektron, så har den plötsligt ett överskott på plusladdning. Atomen har därmed joniserats, det vill säga blivit en jon. En jon är en atom som av olika anledningar blivit av med en eller flera elektroner, eller som har fått en extra elektron i det yttersta skalet.

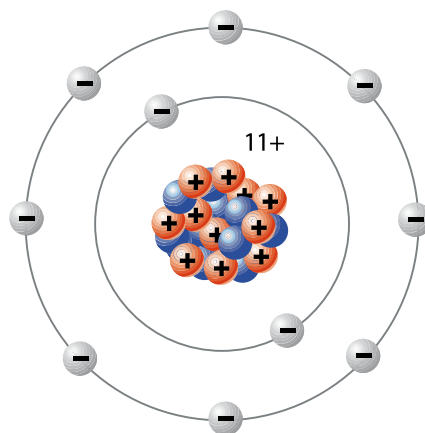
En atom som tidigare varit elektriskt neutral men plötsligt saknar en elektron, blir mycket reaktiv. Den vill ha tillbaka den saknade elektronen för att bli elektriskt neutral igen. Det finns olika sätt för atomen att bli neutral. Ett sätt är att förena sig med en annan atom eller molekyl. När jonerna blir neutrala molekyler uppstår invecklade reaktioner.



*Våra sinnen kan inte uppfatta joniserande strålning.*



Atom av grundämnet natrium, Na  
(11 protoner och 11 elektroner).



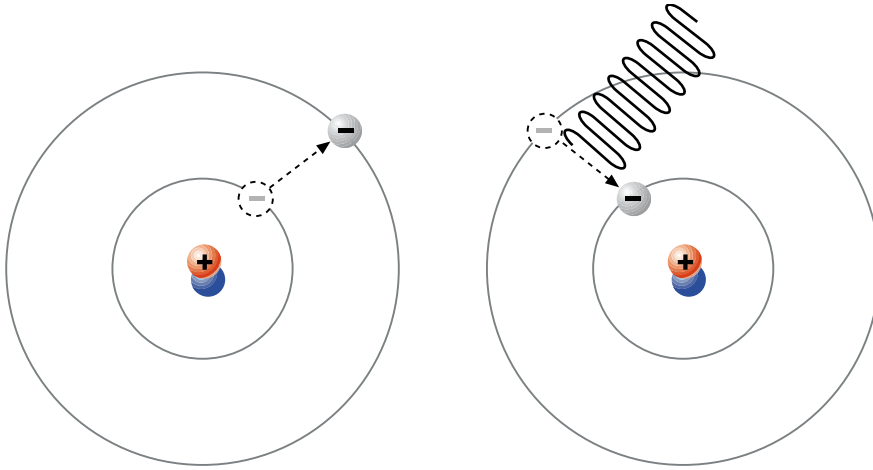
Positiv jon av grundämnet natrium, Na<sup>+</sup>  
(11 protoner och 10 elektroner).

En del av dessa reaktioner leder till att det bildas så kallade (fria) radikaler. Dessa är mycket reaktiva och deltar i nya reaktioner tillsammans med varandra och andra molekyler. Överskottsenergin hos radikalerna är tillräckligt stor för att bryta kemiska bindningar. Det är detta som gör att den joniserande strålningen kan vara farlig för människan. De kan nämligen orsaka skador på olika molekyler i cellerna, till exempel i arvsmassan. Detta kan i sin tur ge upphov till cancerceller.

Den energi som elektronen tillförs av den joniserande strålningen är inte alltid tillräckligt stor för att elektronen ska kunna frigöra sig helt från atomen, och leder alltså inte alltid till jonisationer. Den joniserande strålningen har också en förmåga att excitera atomer. Excitering innebär att en av elektronerna får högre energi i atomen och flyttas till ett yttre elektronskal. Men där kommer elektronen inte att bli kvar, utan i stället strävar den efter att komma tillbaka till sitt ursprungliga elektronskal. När den återvänder till sitt grundtillstånd sänds överskottsenergin ut som synligt ljus eller som karakteristisk röntgenstrålning.

Använd begreppet joniserande strålning när du talar om

Ämnen som sänder ut joniserande strålning kallas för radioaktiva ämnen.



Exciterad atom där en elektron har flyttats till ett yttre skal. När elektronen faller tillbaka till sitt ursprungliga skal sänds ett ljus eller en karakteristisk röntgenstrålning ut.

denna typ av strålning. Begreppet "radioaktiv strålning" är en så kallad språklig tautologi. Ordet radioaktiv betyder nämligen just "strålände" och "strålände strålning" är knappast ett korrekt uttryck.

## Olika typer av joniserande strålning

Den joniserande strålning som radioaktiva ämnen sänder ut kan delas upp i olika typer av strålning, så kallade *strålslag*, beroende på uppkomst och effekt. I detta avsnitt redovisar vi ett urval av strålslag. Det finns även andra strålslag som förekommer och används inom viss forskning, men vi behandlar dem inte i denna bok.

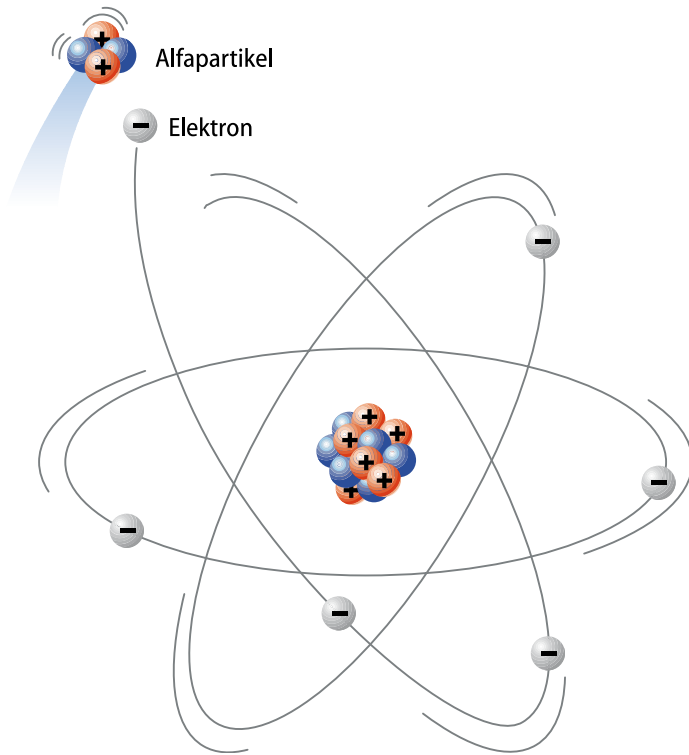
### Alfastrålning

Vid alfastrålning ( $\alpha$ -strålning) slungas en partikel som består av två protoner och två neutroner ut från atomkärnan, alfasonderfall. Partikeln är uppbyggd som en atomkärna av grundämnet helium. Det är framför allt tunga och instabila atomer, som plutonium och uran, som sänder ut alfastrålning. Vid sonderfallet försvinner två protoner, vilket innebär att ett nytt grundämne bildas.

Alfastrålningen kan skada kroppens celler, men bara om man förtär eller andas in ämnen som sänder ut alfapartiklar.

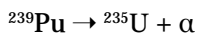


Alfastrålningen begränsar inte räddningsarbetet. Det räcker att du skyddar dig med brandskyddsdräkt och andningsskydd.



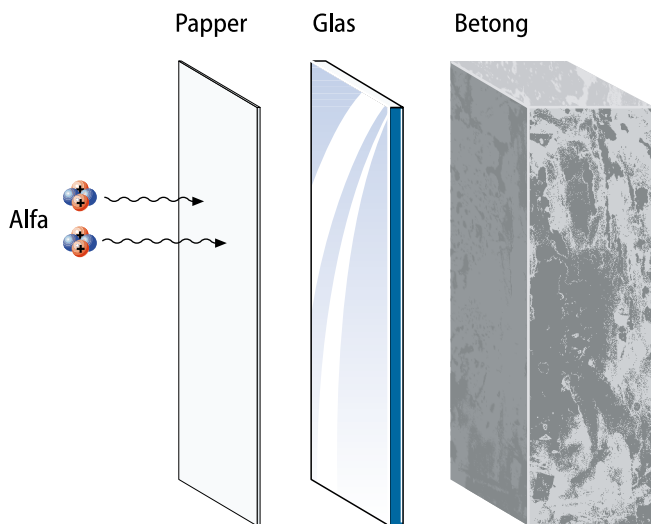
*En alfapartikels jonisation av en atom.*

För plutonium -239 beskrivs sönderfallet på följande sätt:



$\alpha$  visar att förändringen sker under alfasönderfall. Plutoniumkärnan har blivit av med två protoner och två neutroner. Vid plutoniets alfasönderfall bildas uran-235. Denna isotop är inte heller stabil utan sönderfaller i sin tur ytterligare.

Alfastrålning rör sig rätlinjigt (jämfört med betastrålning, som rör sig i sicksack). När alfapartiklar passerar genom materia åstadkommer de ett stort antal jonisationer per längdenhet. Efter några hundratusentals jonisationer har alfapartikeln förlorat hela sin rörelseenergi. Därför blir räckvidden i luft endast någon centimeter, och i kroppsvävnad till och med mindre än 0,1 mm. Kroppens överhud är normalt så tjock att alfastrålningen inte tränger igenom den. När alfapartikeln bromsats upp, fångar den upp två elektroner från omgivningen och bildar en neutral heliumatom.

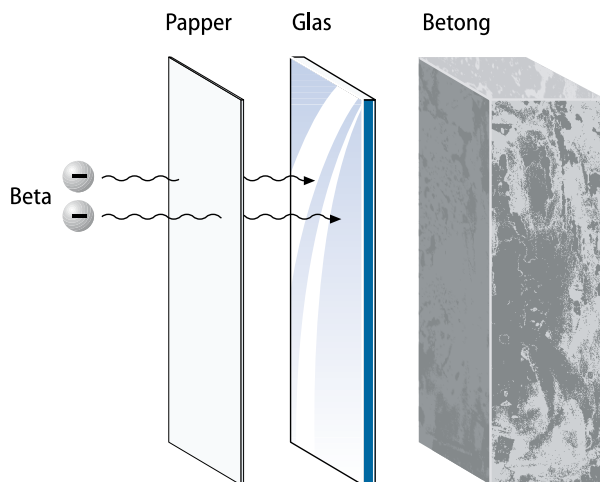


*Genomträngningsförmågan hos alfastrålning.*

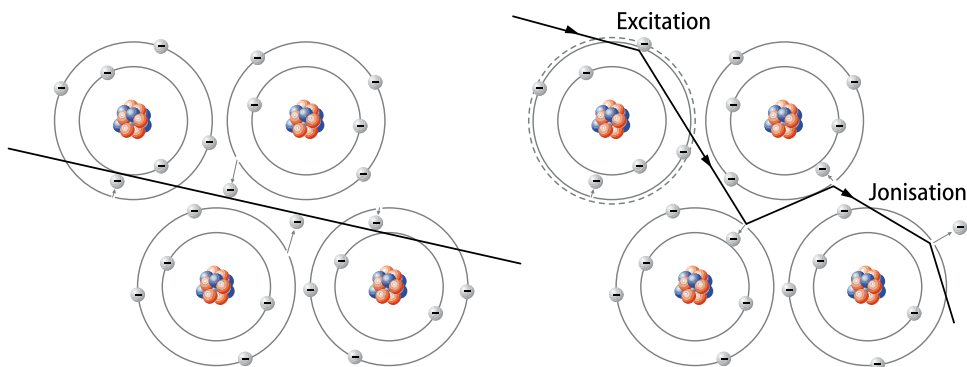
## Betastrålning

Vid betastrålning ( $\beta$ -partiklar,  $\beta$ -strålning) utslungas en laddad betapartikel från atomkärnan, betasönderfall. Betapartikeln är antingen en elektron med negativ laddning ( $\beta$ -minus) eller en elektron med positiv laddning (positron,  $\beta$ -plus).  $\beta$ -minus uppkommer när en neutron i kärnan omvandlas till en proton, och  $\beta$ -plus när en proton omvandlas till en neutron. Positronen ( $\beta$ -plus) är så kallad antimateria. När den kolliderar med en elektron förintas båda partiklarna och deras massa omvandlas till gammastrålning med en bestämd mängd energi.

Förutom att betapartikeln joniserar atomer har den även förmågan att excitera atomer som den passerar. Betapartiklar har betydligt längre räckvidd än alfapartiklar. Detta beror bland annat på att betapartikelns massa är cirka 7 000 gånger mindre än alfapartikelns. Den lilla massan innebär att betapartikeln lätt ändrar riktning när den kolliderar med atomer. En betapartikel rör sig därför inte rätlinjigt som en alfapartikel, utan i en sicksackbana.



Genomträngningsförmågan hos betastrålning.



Alfastrålningens påverkan på materia.

Betastrålningens påverkan på materia.

Det är viktigt att använda både brandskyddsdräkt och andningsskydd för att inte få det betastrålande ämnet på huden eller andas in det.

Det är viktigt att du använder brandskyddsdräkt och andningsskydd för att inte få det betastrålande ämnet på huden eller andas in det. Dräkten skyddar inte helt mot genomträngning av betastrålning med hög energi, men skadeeffekten minskar genom att en del av strålningen stoppas av dräkten. Skosulorna stoppar däremot betastrålning helt om det radioaktiva ämnen finns på marken. Negativ betastrålning kan ge upphov till gammastrålning när partiklarna bromsas in i materialet (så kallad bromsstrålning). Positiv betastrålning ger alltid upphov till gammastrålning (så kallad annihilationsstrålning). Vid kraftiga betastrålkällor kan kombinationen av beta- och gammastrålning bli gränsättande för räddningsarbetet.

## Gamma- och röntgenstrålning

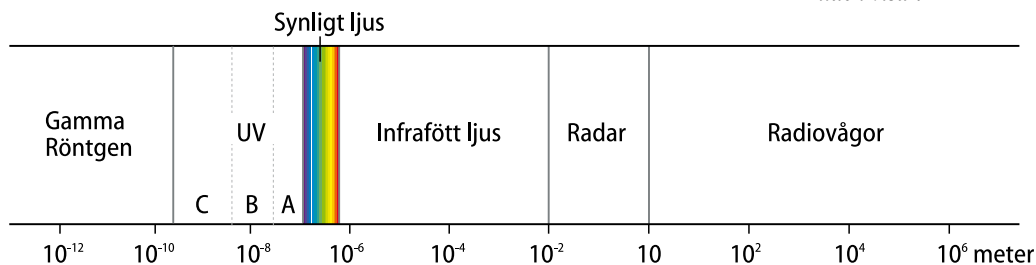
Efter ett alfa- eller betasönderfall har atomkärnan ofta kvar ett visst energiöverskott. Detta överskott sänder kärnan ut som gammastrålning, som också är en form av partikelstrålning. Partikeln heter foton. Den har ingen massa och kan därför röra sig med ljusets hastighet.

Gammastrålning har både partikelegenskaper och elektromagnetiska egenskaper. Det är enklast att förklara hur gammastrålning fungerar genom att beskriva dess partikelegenskaper. Fotonen går rakt fram genom materia, och har hög genomträngningsförmåga eftersom partikeln saknar massa. Den går flera hundra meter i luft och mycket kortare sträckor i tungt material. Inget händer nämligen förrän fotonen kolliderar med en elektron i materien. Fotonen kan då stoppas helt och dess energi överförs till elektronen som blir en sorts  $\beta$ -partikel (fotoelektrisk effekt). Eller så kan fotonen studsas mot elektronen, få en ny riktning och lägre energi (comptonspridning), men fortfarande färdas med ljusets hastighet. På långt avstånd från källan har fotonernas spridning genom comptonspridning stor betydelse. Den gör att gammastrålning från källan sprids i alla riktningar det vill säga den beter sig som vanligt ljus.

Olika mätinstrument för gammastrålning registrerar de enskilda fotonerna. Med en gammaspektrometer kan man till exempel mäta energin hos fotonerna och identifiera vilket radioaktivt ämne som sänt ut strålningen.

Genom luften når alltså gammastrålningen hundratals meter, och för att minska strålningen till ungefär en tusendel av den ursprungliga nivån kan det krävas ett upp till 20 cm tjockt blyskikt eller ett betongskikt på 90 cm. Strålningen stoppas bara delvis av människokroppen, och den bromsas

*Våglängder av elektromagnetisk strålning. Gränserna för de olika våglängderna är i praktiken inte alls så knivsarpa som bilden visar.*



På grund av sin stora genomträngningsförmåga sätter gammastrålningen gränser för en räddningsinsats. Teknik och taktik vid en räddningsinsats måste anpassas till gammastrålningens verkan.

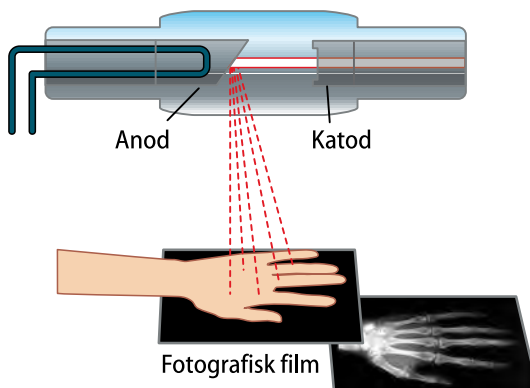
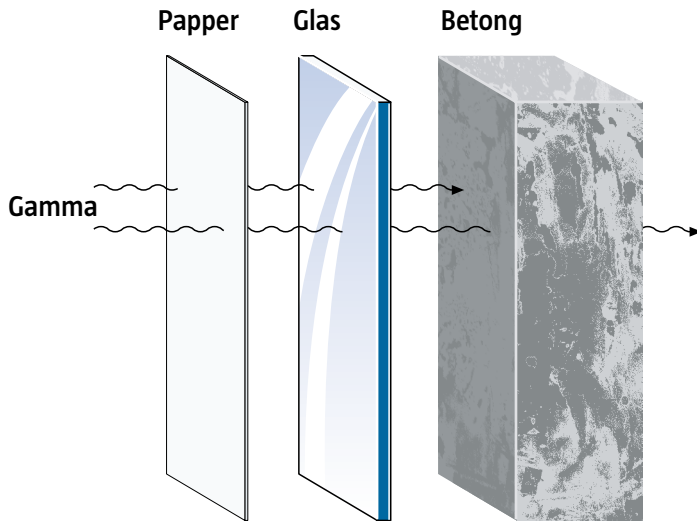
En röntgenapparat sänder inte ut någon strålning om strömmen till apparaten är frånslagen.

Genomträngningsförmågan hos gammastrålning.

Principbild vid röntgenundersökning.

obetydligt i luft. För röntgenstrålning kan det krävas mindre än en millimeter bly för att strålningen ska minska till en tusendel. Dessa värden är ungefärliga eftersom räckvidden är energiberoende (mer energi = längre räckvidd).

Röntgenstrålning är som gammastrålning men den framställs i speciella apparater, så kallade röntgenrör, genom att man bombarderar en platta av metall, en så kallad anod, med elektroner som skickas från en katod. När elektronerna bromsas i anoden sänds röntgenstrålar ut. Man kan få strålningen att passera exempelvis en hand, för att därefter träffa en fotografisk film eller digital detektor. När strålningen svärtar filmen kommer en bild att framträda. Benet



absorberar en del av strålningen och därför framträder det som en ljus siluett på filmen. Det kan vara bra att veta att apparaten inte sänder ut någon strålning om strömmen är frånslagen.

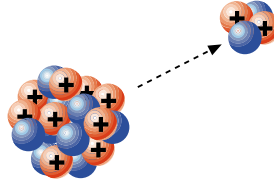
### **Neutronstrålning**

Neutronstrålning är också en typ av partikelstrålning, som sänds ut från atomens kärna. Den betecknas med bokstaven n. Bara ett fåtal radioaktiva ämnen avger sådan strålning. Den förekommer också i kärnreaktorer när dessa är i drift, men kan inte nå utanför reaktorinneslutningen. Strålningen upphör när kärnklyvningarna avbryts. Neutronstrålning kan också förekomma i fukthaltsmätare som används inom industrin, samt i vissa medicinska bestrålningsapparater. Neutronstrålning uppkommer dessutom i samband med kärnladdningsexplosioner. Vid en kärnvapenexplosion kan neutronstrålningen svara för en betydande del av strål-skadorna. Även satelliter och fartyg kan innehålla kärnreaktorer som kan avge neutronstrålning vid en olycka.

Neutronstrålning kan vara mer problematisk ur strål-skyddssynpunkt än annan strålning som vi har nämnt i detta avsnitt. Man måste välja andra material för att skärma av strålningen. Den bromsas nämligen effektivare av lättare atomkärnor, till exempel vätehaltigt material såsom vatten eller paraffin, än av bly och betong. Vid kärnkraftverk används vatten.

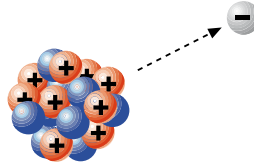
Alfastrålning:  
Räckvidd i luft några  
centimeter.

Alfastrålning



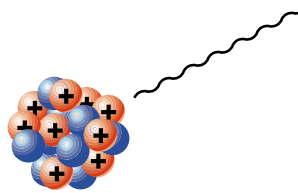
Betastrålning:  
Räckvidden i luft är  
mellan några centimeter  
och flera meter.

Betastrålning

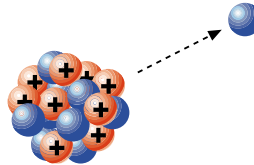


Gamma- och  
Neutronstrålning:  
Räckvidden i luft är  
hundratals meter.

Gammastrålning



Neutronstrålning



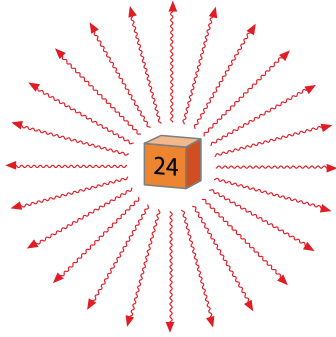
## Halveringstid

Halveringstiden för ett ämne kan delas in i fysikalisk halveringstid och biologisk halveringstid. Halveringstid kallas också avklingningstid.

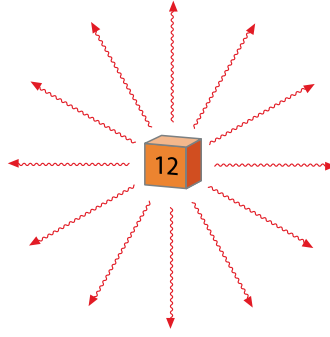
### Fysikalisk halveringstid

Aktiviteten hos ett radioaktivt ämne minskar med tiden, i takt med att instabila atomkärnor blir stabila. Den fysikaliska halveringstiden för ett radioaktivt ämne är den tid det tar fram till att radioaktiviteten sjunkit till 50 procent av den ursprungliga. Hälften av det ursprungliga antalet atomer har då sönderfallit.

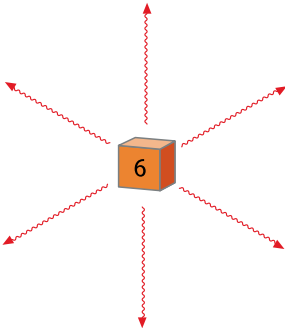
Efter två halveringstider är hälften av hälften kvar, det



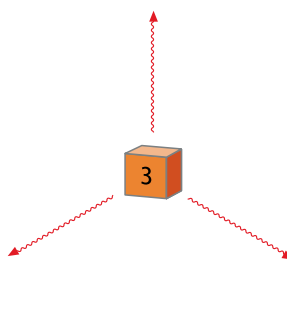
Nu, 24 st. sönderfall.



Efter en halveringstid, 12 st.



Efter två halveringstider, 6 st.



Efter tre halveringstider 3 st.  
Halveringstiden är alltså ett mått på hur snabbt aktiviteten avtar och inte något mått på hur farlig den strålning är som ämnet sänder ut.

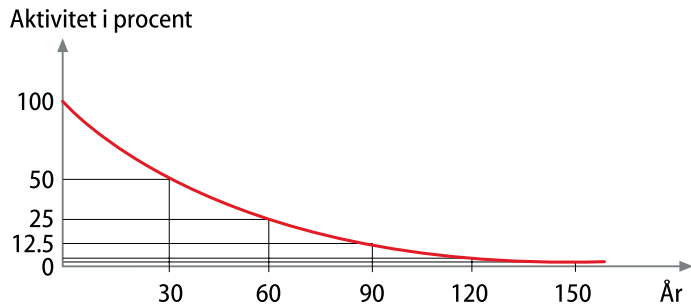
vill säga en fjärdedel, och efter ytterligare en halveringstid är hälften av en fjärdedel kvar, det vill säga en åttondel.

Halveringstiden är alltså ett mått på hur snabbt mängden av radioaktivitet avtar, och inte något mått på hur farlig den strålning är som ämnet sänder ut.

Halveringstiden för ett ämne kan vi också illustrera med en kurva. Cesium-137 har till exempel en halveringstid på 30 år, det vill säga efter 30 år har den ursprungliga aktiviteten sjunkit till hälften. Efter 60 år har den sjunkit till en fjärdedel, och efter 90 år har den sjunkit till en åttondel. Det tar 300 år innan aktiviteten sjunkit till en tusendel av den ursprungliga.



Halveringstiden för cesium-137.



Den fysikaliska halveringstiden kan inte påverkas.

Halveringstiden är mycket olika för olika ämnen. Den kan variera från bråkdelen av en sekund upp till flera miljarder år. Halveringstiden är en fysisk konstant, som är karaktäristisk för varje ämne, ett slags fingeravtryck för olika ämnen. När jorden bildades fanns det många fler radioaktiva ämnen i naturen än i dag, men de kortlivade (det vill säga de med kort halveringstid) har hunnit klinga av. De radioaktiva ämnen som nu finns kvar är med andra ord långlivade.

### Några ämnens fysikaliska halveringstider

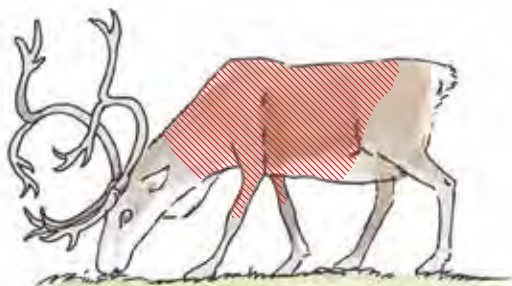
Uran-238	$^{238}\text{U}$	4 500 miljoner år
Plutonium-239	$^{239}\text{Pu}$	24 400 år
Cesium-137	$^{137}\text{Cs}$	30 år
Cesium-134	$^{134}\text{Cs}$	2 år
Jod-125	$^{125}\text{I}$	59,5 dygn
Jod-131	$^{131}\text{I}$	8,05 dygn
Jod-123	$^{123}\text{I}$	13,27 timmar
Teknetium-99m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6 timmar

### Biologisk halveringstid

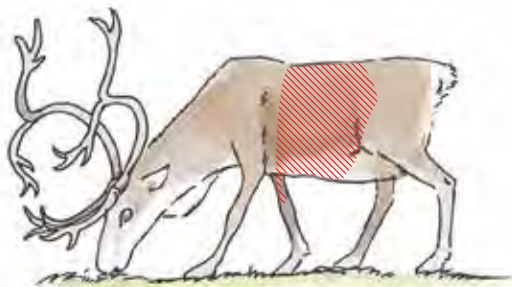
Den biologiska halveringstiden är den tid det tar för ett radioaktivt ämne att utsöndras till sin halva mängd ur ett organ eller en levande organism.

Radioaktiva partiklar kan komma in i kroppen via andning eller vid förtäring. När vi andas in kan det fastna radioaktiva partiklar i lungorna. Sedan transporteras dessa ut i kroppen. En del av de radioaktiva ämnen som finns i mat och dryck passerar rakt igenom mag- och tarmkanalen utan att påverka oss, medan andra tas upp av kroppen och förs ut till olika organ.

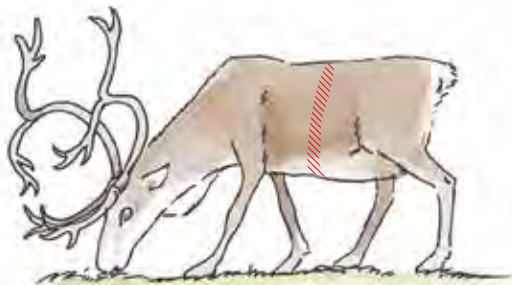
De radioaktiva ämnen som blir kvar i oss följer alltså kroppens ämnesomsättning och försvinner så småningom ur kroppen (biologisk process), samtidigt som radioaktiviteten minskar genom sönderfall (fysikalisk process). Båda processerna pågår samtidigt och kallas effektiv halveringstid.



70 dygn, 50% (ex 8000 Bq/kg)  
En halveringstid



2 x 70 dygn, 25% (ex 4000 Bq/kg)  
Två halveringstider



3 x 70 dygn 6% (ex 2000 Bq/kg)  
Tre halveringstider

*Exempel på biologisk halveringstid.*

Den biologiska halveringstiden kan inte uttryckas lika exakt som den fysikaliska, utan varierar med ålder, kön och individuella olikheter. Ett exempel: Ett ettårigt barn får inte i sig en högre stråldos än en vuxen vid intag av cesium, trots att barnet väger mycket mindre. Det beror bland annat på att barnets utsöndring av cesiumet går mycket snabbare än hos den vuxne.

### **Kol-14-metoden**

Kol-14-metoden används för att åldersbestämma organiskt material. Den bygger på vilka fysikaliska halveringstider materialen har. Den radioaktiva kolisotopen C-14 bildas kontinuerligt i den övre atmosfären och har alltid funnits i luften omkring oss. Levande organismer, såsom en människa, ett djur eller en växt, består bland annat av kolatomer. Eftersom vanligt kol (C-12) och radioaktivt kol (i detta fall C-14) beter sig på samma sätt ur kemisk synpunkt kan organismerna inte skilja dem åt. Därför tas C-14 upp i vävnaderna med den halt som finns i omgivningen.

När en organism dör slutar upptaget av kolatomer. Då är andelen C-14 i organismen lika stor som i omgivningen. Emellertid minskar denna andel, på grund av det radioaktiva sönderfallet hos isotopen C-14. Genom att mäta halten C-14 i en bit organiskt material kan alltså materialets ålder bestämmas med en noggrannhet på  $\pm 50$  år, eftersom man vet att halveringstiden för C-14 är 5 600 år.

### **Storheter och enheter**

En storhet är ett mått på en egenskap som man vill mäta eller uppskatta, till exempel antal sönderfall per sekund, eller absorberad dos. Enhet är det mått som man anger eller beräknar storheten i.

### **Aktivitet**

Aktivitet är antalet sönderfallande atomkärnor per tidsenhet. Ju fler atomkärnor som sönderfaller, desto större är aktiviteten. Det man mäter är antalet sönderfall per sekund, och enheten är becquerel (Bq),  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ sönderfall/s}$ .

Enheten Bq är mycket liten, och ofta anger man därför aktiviteten i multiplar av Bq, till exempel en kilobecquerel (1 kBq = 1 000 Bq), eller en megabecquerel (1 MBq = 1 miljon Bq).

#### Översättningstabell:

1 kBq	(kilobecquerel)	$10^3$	1 000
1 MBq	(megabecquerel)	$10^6$	1 000 000
1 GBq	(gigabecquerel)	$10^9$	1 000 000 000
1 TBq	(terabecquerel)	$10^{12}$	1 000 000 000 000

Gränsvärden för födoämnen anges i Bq per vikt- eller volymenhet. När man till exempel påvisar radioaktivt cesium-137 i fisk, så anger man ett visst antal Bq av cesium-137 per kilogram (Bq/kg). Ett exempel på volymmått är antal Bq per kubikmeter luft (Bq/m<sup>3</sup>).

Antalet Bq är inte ett direkt mått på hur farlig själva strålningen är. För att ta reda på detta måste man även veta vilket ämne det handlar om, eftersom olika radioaktiva ämnen strålar på olika sätt. Man måste därför också namnge ämnet, utöver antalet Bq i förhållande till volymen eller vikten av ämnet.

#### Absorberad dos

Absorberad dos kallas den mängd strålningsenergi per vikt-enhet som en bestrålad kropp tar upp. Dosen räknas i energimängd per kilogram kroppsvikt (joule/kg). Absorberad dos mäts i gray (1 Gy = 1 joule/kg). Absorberad dos är en rent fysikalisk storhet där man inte räknar in de biologiska effekterna av strålningen. För att ta hänsyn till olika strålslags biologiska effekt finns storheten ekvivalent dos och för att ta hänsyn till olika vävnaders strålkänslighet använder man storheten effektiv dos.

#### Ekvivalent dos

Den ekvivalenta dosen tar hänsyn till de olika strålslagens biologiska inverkan. Sannolikheten för att joniserande strålning ska orsaka en skada beror inte bara på vilken dos som till exempel en person utsätts för, utan även på vilken typ av strålning det rör sig om. Olika typer av strålning har olika

biologisk inverkan trots att de kan visa ett och samma värde på den absorberade dosen. Om vi till exempel får in alfastrålning i kroppen, så avger alfapartiklarna hela sin energi i vävnaden, om än inom ett mycket begränsat område. Detta gör att alfastrålningen kan vålla mycket mer skada än motsvarande dos av beta- eller gammastrålning.

Ekvivalent dos mäts i sievert, Sv ( $1 \text{ Sv} = 1 \text{ joule/kg}$ ). Dosgränser angivna i ekvivalent dos är till för att begränsa risken för direkta skador på enskilda organ (så kallade deterministiska skador).

Både absorberad dos och ekvivalent dos kallas i dagligt tal för dos eller stråldos, och så gör vi även i fortsättningen i den här boken.

### **Effektiv dos**

Stråldosen kan fördelas mycket ojämnt i kroppen. För att man ändå ska kunna bedöma hur riskabla olika slags stråldoser kan vara, viktar man dem i relation till olika organ och till organens strålkänslighet. Man får då fram värdet för den effektiva dosen. Dosgränser angivna i effektiv dos är till för att begränsa risken för slumpmässiga skador (så kallade stokastiska skador) som cancer och ärftliga skador.

### **Doshastighet (dosrat)**

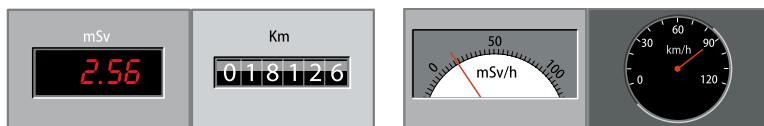
Doshastighet är dostillväxten per tidsenhet. Instrument som mäter doshastighet för strålskyddsändamål är inställda i enheten mikrosievert per timme ( $\mu\text{Sv/h}$ ), millisievert per timme ( $\text{mSv/h}$ ) eller sievert per timme ( $\text{Sv/h}$ ).

### **Förhållandet mellan doshastighet och dos**

Doshastighet och dos kan enkelt beskrivas genom en jämförelse med hastighetsmätaren och kilometerräknaren i en bil. Vid mätning av strålningens doshastighet anger man strålningens styrka vid ett visst tillfälle ( $\text{Sv/h}$ ), på motsvarande sätt som bilens hastighetsmätare visar bilens hastighet i ett visst ögonblick ( $\text{km/h}$ ). Dosmätaren visar hur stråldosen ( $\text{Sv}$ ) ökar med mängden tid, likt bilens kilometermätare som mäter vägsträckans längd ( $\text{km}$ ).

Vid räddningsarbete ska doshastigheten anges i  $\text{Sv/h}$  och dosen ska anges i  $\text{Sv}$ .

I räddningstjänst-sammanhang används  $\text{Sv/h}$  som enhet för doshastighet och  $\text{Sv}$  som enhet för dos.



Doshastigheten jämförs med hastighetsmätaren. Dos jämförs med kilometerräknaren.

**För stråldoser och doshastigheter som anges i sievert används följande prefix:**

1 mSv	1 millisievert	0,001 Sv
1 $\mu$ Sv	1 mikrosievert	0,000 001 Sv
1 nSv	1 nanosievert	0,000 000 001

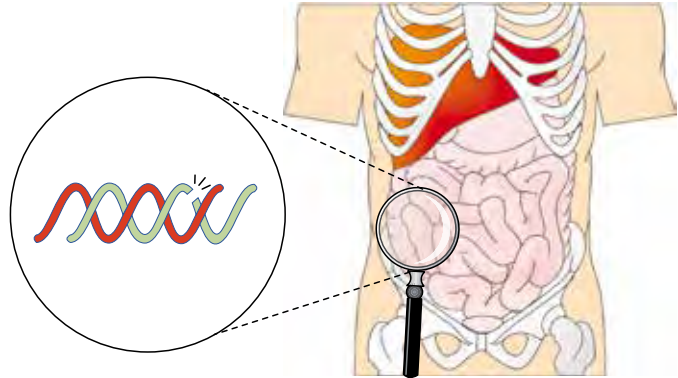
## Strålningens biologiska verkan

När den joniserande strålningen passerar en biologisk cell överförs energi till cellens olika molekyler. Det kan leda till komplicerade förändringar. Till exempel kan fria radikaler bildas, och dessa är oerhört reaktiva. Via kemiska reaktioner kan de fria radikalerna då skada den viktigaste delen i cellen: dess arvs massa, deoxiribonukleinsyran (DNA). DNA är molekyler i cellerna som bär arvsanlagen, vilka ibland kallas för gener. Om DNA skadas och därefter repareras felaktigt eller inte repareras alls av cellen kan en strålskada uppstå. Vävnader som har snabb cellomsättning är också mycket känsliga för joniserande strålning. Foster är extremt strålkänsliga, eftersom cellerna oftare delar sig under fostrets utveckling.

När ett stort antal celler förstörts får organ eller vävnader svårt att fungera. Det finns därför tröskelvärden för akut skada. Om stråldosen ligger under tröskelvärdet märks inte skadan omedelbart. Men cellen kan få en skada som märks senare.

De blodbildande organen är exempel på organ med snabb cellomsättning och de hör därför till de mest strålkänsliga organen i vår kropp. Varje sekund bildas miljoner vita och röda blodkroppar. De vita har en livslängd på några dygn, medan de röda kan leva bortemot hundra dygn. De vita blodkropparna ger oss ett immunskydd, det vill säga de försvarar oss mot infektioner. De röda transporterar syret till kroppens olika delar. En hög stråldos stoppar bildandet av nya blodkroppar och ger inte någon omedelbar effekt.

Cellens förmåga att reparera skador på DNA-molekylen är avgörande för dess överlevnad.



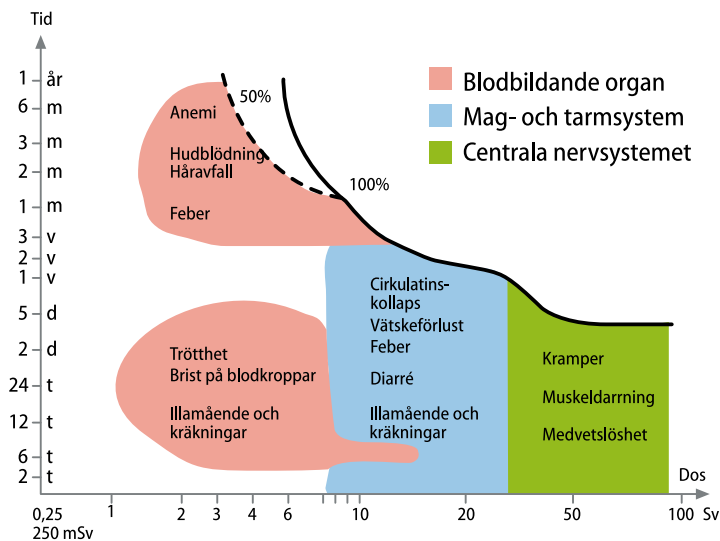
Det är först när blodkropparna har förbrukats och nått sina lägsta värden som kroppen får svårt att klara alla påfrestningar.

I tarmar och benmärg produceras cirka 20 miljarder celler per dygn. Sådana organ är därför mycket strålkänsliga.

Mycket strålkänsliga organ:	Blodbildande organ Könskörtlar Mag- och tarmkanalen Benmärg
Måttligt strålkänsliga organ:	Hud, slemhinnor
Minst strålkänsliga organ:	Nervvävnad, fett

## Olika stråldosers skadeverkan

Det går att beräkna chanserna att överleva vid strålskador. En dödlig helkroppsdos för människor (med 50 procents risk för dödsfall) anses vara 3 Sv. Men med rätt behandling kan vi överleva stråldoser upp till cirka 5 Sv. Vid stråldoser över 10 Sv stoppas nybildandet av celler i tunntarmens slemhinna. Tunntarmens insida blir ett stort sår, som inte kan ta upp vare sig vätska eller näringsämnen. Döden inträffar efter ungefär fyra dygn. Stråldoser över 15 Sv påverkar det centrala nervsystemet. Då inträffar också döden ännu snabbare.



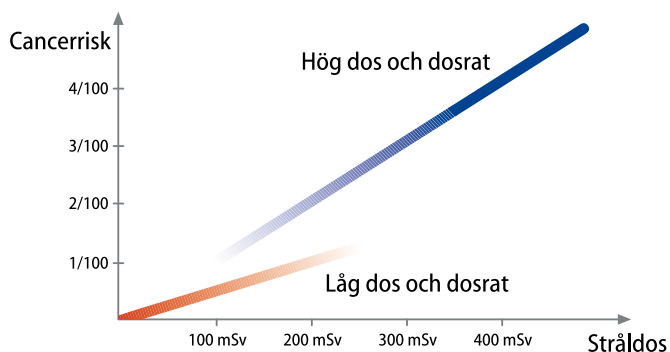
Bilden visar en gammastråldos över hela kroppen under kort tid. Den lodräta axeln visar tiden i t = timmar, d = dygn, v = vecka och m = månad. Den vågräta axeln visar från 250 mSv (0,25 Sv) till 100 Sv. Kurvorna visar 50 procent respektive 100 procent dödlighet. Aktuell dos kan avläsas enligt den vågräta axeln. Om man drar en tänkt linje utifrån dosen rakt upp mot kurvan kan man utläsa symptom.

Allmänt gäller att enskilda organ klarar högre doser än hela kroppen. När hela kroppen bestrålas utifrån, blir stråldosen olika stor i olika organ. Detta beror på att organen ligger olika djupt i kroppen och därför avskärmas från strålningen i varierande grad. Ju högre stråldosen är, desto större blir skadorna på vävnaden. Om en stråldos fördelas på flera tillfällen över längre tid, blir skadorna mindre omfattande än om en lika hög dos ges vid ett enda tillfälle.

Man vet att cancerrisken är proportionell mot stråldosens storlek. Det finns statistiskt material som styrker detta, bland annat genom olika djurförsök och erfarenheter från användandet av atombomber över Japan under andra världskriget. För lägre doser saknas statistiskt material. Effekterna är ofta så små att de så att säga "drunknar" bland effekter som har andra orsaker än just strålning. Man antar därför att sambandet mellan cancerrisk och dos följer en rät linje också vid små doser. Men man är inte säker på detta. Det beror på svårigheterna att statistiskt urskilja de skillnader som uppträder.



Den lodräta axeln visar antal cancerfall på hundra. Den vågräta axeln visar stråldos i mSv.



### Jämförelse av olika stråldoser

Gränsen för akut strålsjuka befinner sig vid en sievert. Denna gräns kan emellertid variera för olika människor, beroende på ålder, kön, hälsa med mera.

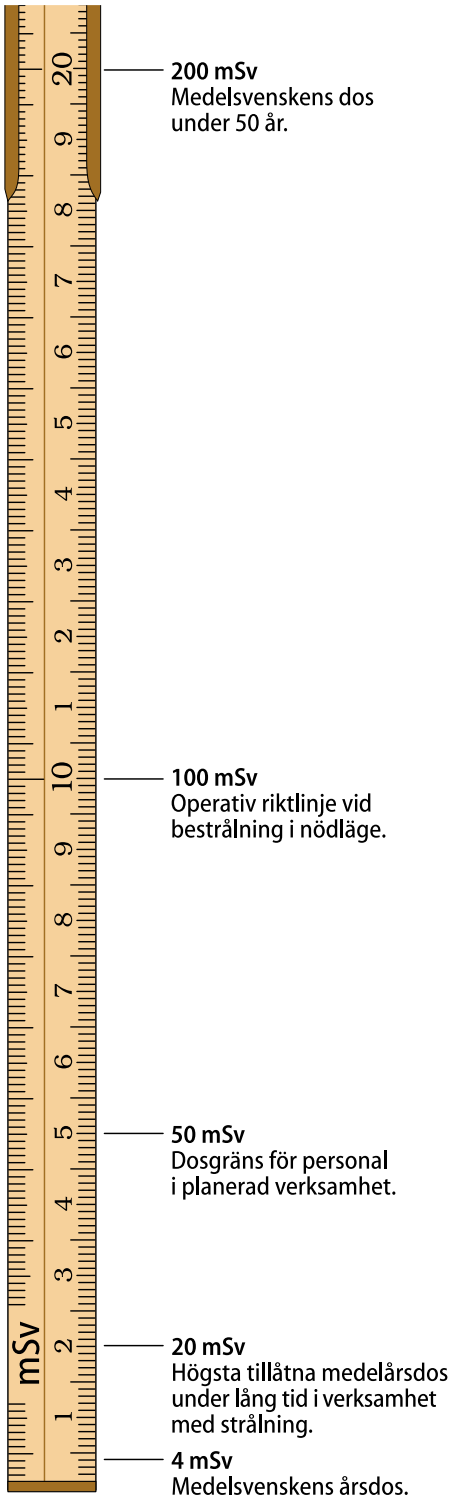
#### Stråldos

6 Sv	100 procents dödlighet vid helkroppsdos.
1 Sv	Förmodat tröskelvärde för akut strålsjuka. 0 procents dödlighet vid helkroppsdos.
500 mSv	Dosgräns för bestrålning av händer och fötter.
100 mSv	Över denna dos får räddningsinsats endast göras i livräddande syfte <sup>1</sup> .
50 mSv	Maximalt tillåten effektiv dos under ett år för yrkesverksamma i planerad verksamhet med strålning <sup>1</sup> .
3 mSv	Genomsnittlig stråldos per år av radon i bostäder.
1 mSv	Dosgräns (effektiv dos) för allmänheten per år, i verksamhet där strålning förekommer.
1 mSv	Normal bakgrundsstrålning på ett år.
900 µSv	Ökad stråldos 1986 på grund av Tjernobyl. Medelvärde för Gävleområdet 1986.
200 µSv	Stråldos vid lungröntgen, en bild.
100 µSv	Gräns för utsläpp från svenska kärnkraftverk (per år).
10 µSv	Stråldos vid tandröntgen, en bild.

#### Olika stråldoser vid strålbehandlingar

Kroppsdel	Röntgen	Datortomografi (CT)
Skalle	70µSv	2 mSv
Bål (thorax)	20µSv	8 mSv
Buk	1 mSv	10-20 mSv

1. Se Strålsäkerhetsmyndighetens författningssamling.



*Doser och dosgränser.*

## Stråldoser vid räddningstjänst

Vid planering och genomförande av en räddningsinsats så måste arbetsledaren ta hänsyn till graviditet, frivillighet och vilken kunskap arbetstagarna har om strålningens verkan. Enligt gällande föreskrifter får en gravid kvinna inte delta i räddningsarbetet. Frivillighet bygger på ett individuellt ställningstagande som du bör ha gjort innan en insats, så att du inte hamnar i en lojalitetskonflikt med din arbetsgivare och dina kollegor.

När det gäller god vetskap om strålningens verkan ska ni som arbetstagare förse med information om de potentiella hälsoeffekterna av exponering, så att ni kan fatta ett välgrundat beslut. Här ger vi några exempel<sup>2</sup>:

- Dosen 3 Sv kan vara livshotande,
- Dosen 500-1 000 mSv kan på kort sikt resultera i kräkningar och minskat spermieantal, och på lång sikt en ökning av risken för utveckling av dödlig cancer, från den normala nivån på ca 25 procent till ca 30 procent,
- Exponering för en dos på 100 mSv leder inte till några effekter på kort sikt, men resulterar i liten ökning (ca 0,5 procent) av risken för utveckling av dödlig cancer.

När stråldosen på grund av arbetet beräknas överstiga årsgränsen för effektiv dos, 50 mSv, får räddningsinsatsen bara utföras av frivilliga. Kvinnor i fertil ålder får bara delta i räddningsarbetet om de själva kan utesluta att de är gravida.

En räddningsinsats som kan medföra att den effektiva dosen överstiger 100 mSv får bara utföras i livräddande syfte, och av personer som har god vetskap om insatsens strålrisker. Mer om dosgränser kan du läsa i Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) föreskrift om dosgränser.

## Strålning i vår vardag

Alla vi människor utsätts för ständig bestrålning från källor i omgivningen. I strålningsmiljön ingår den naturliga strålningen som kommer dels från rymden och radioaktiva ämnen i berggrunden, luften och vattnet, och dels från radioaktiva ämnen inne i kroppen.

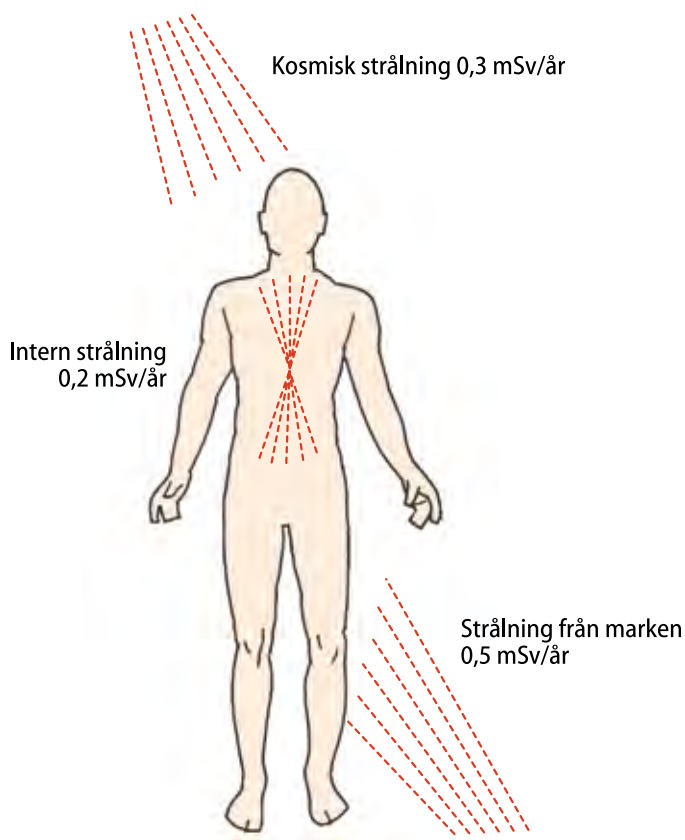
Kvinnor i fertil ålder får bara delta i räddningsarbetet om de själva kan utesluta att de är gravida.

---

2. Enligt IAEA Manual for First Responders to a Radiological Emergency

Kosmisk strålning har, som namnet antyder, sitt ursprung i yttre rymden och i solen. I denna strålning ingår en del tyngre partiklar, till exempel atomkärnor av kol, kväve, helium och syre. Dessa partiklar träffar jordens atmosfär med hög energi. Där reagerar de med andra atomer och ger upphov till sekundärpartiklar.

I berggrunden finns ofta radioaktiva ämnen som uran, torium och deras dotterprodukter radium och radon. I ren kalksten är halterna lägre, medan urberg och en del skiffer ger högre halter. Detta gäller framför allt alunskiffer och vissa graniter, som har höga halter av radioaktiva ämnen. En del radioaktiva ämnen i berggrunden har så lång halveringstid att de inte har förbrukats alltsedan jordens tillkomst. Bland dessa finns uran-238. Genom sönderfall av uran, vilket sker i flera steg (så kallat seriesönderfall), bildas olika ämnen innan slutgiltigt stabila ämnen erhålls.



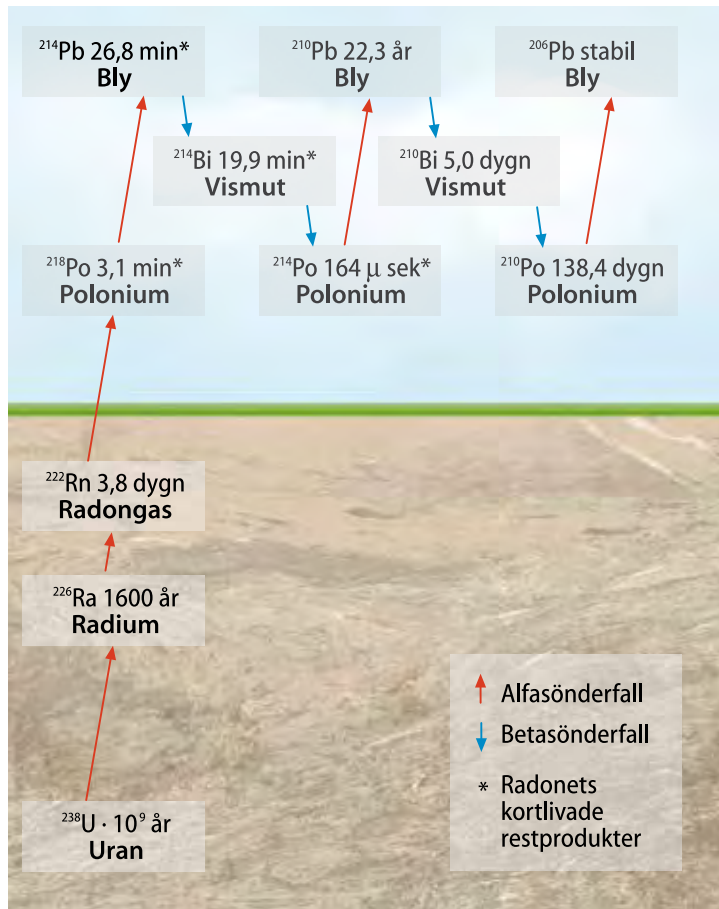
*En svensk får utsättas för maximalt ca 1 mSv/år från naturliga strålkällor, radon undantaget.*

Ädelgasen radon, med sin alfastrålning, kan ge höga stråldoser i bostäder. Radonets sönderfallsprodukter kallas radondöttrar och fastnar lätt på det damm som rör sig i luften. När vi andas in sådan luft, fastnar en del radondöttrar i lungorna. Strålningen kan bidra till att det uppstår lungcancer. Radondotterhalterna i inomhusluften varierar beroende på markförhållanden, husets konstruktion, byggnadsmaterial, planlösning, ventilation med mera. Höga radondotterhalter motverkas av ett väl fungerande ventilationssystem. Information om radonmätning i hus får du i första hand av kommunens miljö- och hälsoskyddskontor.

Normal intern bestrålning kallas den bestrålning en kropp får från radioaktiva ämnen som finns inne i kroppen. Ett exempel är kalium-40, som finns fördelat i alla mjukdelar. I skelettet finns strontium-90 och i musklerna finns cesium-137.

Stråldoserna från radioaktiva ämnen inne i kroppen kommer från alfa- och betasönderfall. Dessa har så kort räckvidd i kroppsvävnaderna att strålenergin till största delen avges inom det organ där det radioaktiva ämnet finns. I genomsnitt har en vuxen person cirka 4,5 kBq kalium-40 och cirka 2,7 kBq kol-14 i kroppen. Dessa ger genom internbestrålning en människa cirka 0,2 mSv/år. Totalt ger sådana naturliga strålkällor en människa i Sverige en stråldos på i genomsnitt 1 mSv/år.

Utöver de uppräknade naturliga strålkällorna tillkommer stråldoser från sådana strålkällor som skapats av människan (vi återkommer till dessa i kapitlet Strålkällor i samhället). Dit hör viss medicinsk användning av strålkällor. I genomsnitt utsätts en svensk för en stråldos på 0,6 mSv per år av medicinska undersökningar. De strålkällor som används inom industrin ger ett mycket litet dostillskott.



Sönderfallsserien för uran- 238 visar hur radon kommer in i våra bostäder.

# **Räddningstjänstens roll vid nödsituationer**

# Räddningstjänstens roll vid nödsituationer

Det här kapitlet beskriver vilken roll räddningstjänsten har vid sex olika typer av nödsituationer med radioaktiva ämnen.

## Den svenska beredskapen för olyckor med radioaktiva ämnen

Det är inte möjligt att i detalj förutse och analysera alla situationer som kan komma att uppstå i framtiden. En arbetsgrupp från nio berörda myndigheter tog 2008 fram en framtidsorienterad riskbild med underlag dels från de olika myndigheternas egna omvärldsanalyser och riskbilder, dels från externa källor såsom andra myndigheter och näringslivet. Analysen bygger till stor del på bedömningar av händelser och utvecklingstendenser. Scenarierna är valda så att de tillsammans representerar flertalet av de utmaningar som Sverige kan ställas inför vid olika nödsituationer där det finns en risk att radioaktiva ämnen sprids.<sup>3</sup>

## Sex tänkbara nödsituationer med radioaktiva ämnen

1. Svensk nödsituation – kärnteknisk anläggning – olycka.  
Olycka eller risk för en olycka, där situationen medför en risk för utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen.

---

3. Myndighetsgemensam rapport "Den svenska beredskapen för radiologiska och nukleära olyckor 2015", ISBN 978-917253-397-4.



2. Svensk nödsituation – kärnteknisk anläggning – avsiktlig händelse.  
Medvetet agerande, till exempel terrorangrepp, stölder, intrång eller liknande, där risken finns för ett utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen.
3. Svensk nödsituation – annan radiologisk nödsituation – olycka.  
Till exempel olycka på en arbetsplats, transportolycka, olycka i sjukvården (hantering, dosering), olycka i forskningslaboratorier samt annan oavsiktlig spridning.
4. Svensk nödsituation – annan radiologisk nödsituation – avsiktlig händelse.  
Medveten spridning eller användning av radioaktiva ämnen i ont uppsåt, exempelvis smutsig bomb och den så kallade "polonium-affären".
5. Utländsk nödsituation – påverkar svenskt territorium.  
Nödsituation i annat land som kan vara både i form av olycka eller avsiktlig händelse, till exempel efter en kärnteknisk olycka där radioaktiva ämnen sprids över svenskt territorium. Kan även vara utsläpp från atomdrivna ubåtar eller nedfallande satelliter.
6. Utländsk nödsituation – påverkar svenska medborgare i annat land.  
Denna kan innefatta både olycka och avsiktlig händelse i annat land där svenska medborgare behöver hjälp för att kunna ta sig tillbaka till Sverige och få vård om så krävs.

## **Ansvarsfördelning**

Ansvaret för beredskapen för att hantera olyckor eller nödsituationer med radioaktiva ämnen, radiologiska och nukleära nödsituationer är fördelat mellan ett stort antal aktörer, och styrs av en mängd författningar. Kommuner, länsstyrelser,

berörda myndigheter och verksamhetsutövare har alla en viktig roll för att förebygga och hantera en olycka eller en avsiktlig händelse. Lagen om skydd mot olyckor skiljer på å ena sidan räddningstjänst till följd av utsläpp av radioaktiva ämnen från en kärnteknisk anläggning och å andra sidan räddningstjänst till följd av andra händelser med radioaktiva ämnen.

## Ansvarsfördelning vid de sex tänkbara nödsituationerna

### Situation    Ansvar

1 och 5

#### Länsstyrelsen

Ansvarar för att det finns en beredskapsplan för räddningstjänst vid olycka med utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnteknisk anläggning, vare sig det ligger i Sverige eller i utlandet. Länsstyrelsen har ansvaret för den statliga räddningstjänsten vid en sådan olycka och utser en räddningsledare samt upprättar en räddningsledning med stab. I län med kärnkraftverk har länsstyrelsen dessutom ansvaret för alarmering, utdelning av jodtabletter samt utrymning. Länsstyrelsens ansvarar även för samordning av all information till allmänheten.

#### Kommunen

Ansvarar för att informera kommunens invånare samt för att utföra strålningsmätningar. Kommunen ansvarar för mottagande och inkvartering vid utrymning. Kommunen medverkar också vid sanering efter en kärnteknisk olycka. Enligt Lagen om skydd mot olyckor (LSO) och förordning om skydd mot olyckor (FSO), är kommunen ansvarig för kommunal räddningstjänst.

2 och 4

#### Polisen

Det är polisens uppgift att ingripa och återställa allmän ordning och säkerhet samt att utreda brottet.

Berörda polismyndigheter ska se till att polispersonalen har relevant utbildning och att egen planläggning sker av insatser vid skilda slag av hot som riktar sig mot kärnkraftverk.

För övrigt är ansvaret för berörda aktörer detsamma som vid en olycka (1 och 5).

3, 4 och 6

#### Kommunala räddningstjänsten

Den kommunala räddningstjänsten ansvarar för räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen vid alla typer av nödsituationer förutom de kärntekniska.

Räddningstjänsten ska planeras och organiseras så att räddningsinsatserna kan påbörjas inom godtagbar tid och genomföras på ett effektivt sätt.

När räddningsinsatsen är genomförd och det inte längre föreligger omedelbara hot mot människor och miljö är räddningstjänstskedet avslutat.

#### Verksamhetsutövaren

Verksamhetsutövaren (anläggningsinnehavaren eller transportören) ansvarar för den efterföljande saneringen.

## Planera för räddningsinsatser

Om radioaktiva ämnen förvaras, hanteras eller transporteras i den egna kommunen ska räddningstjänsten planera för räddningsinsatser där radioaktiva ämnen är inblandade. Planeringen ska ske i samverkan med andra kommunala förvaltningar, sjukvård, polis och berörda experter.

Vid planeringen kan parterna beakta följande:

- Kom överens om ramarna
  - vilka berörda organisationer ska medverka i planeringsprocessen?
  - vilka scenarier ska ligga till grund för planen?
  - mål och syfte med planen?
  - avgränsningar?
  - hur ska planen aktiveras?
- Nödvändiga resurser
- Ta fram rutiner för hur information om händelsen och insatsen ska förmedlas
  - till media
  - till allmänheten
  - till egen personal
- Doshantering
  - dosregistrering
  - dosgränser
  - undantagen personal
- Kontrollera mätutrustningen regelbundet
- Gå igenom insatstaktiken
  - omhändertagande av skadade
  - omhändertagande av kontaminerade
  - saneringsresurser
  - avspärningar
- Håll kontaktuppgifter uppdaterade
  - för den egna organisationen
  - för samverkande organisationer
  - för experter och rådgivare
- Skapa insatskort
- Se till att räddningspersonalen har tillräcklig kunskap inför insatsen
  - utbildning
  - övning

Det är sedan viktigt att alla berörda känner till planen, att planen följs, övas och utvärderas samt att den med jämna mellanrum uppdateras.

Olyckor och olyckstillbud med radioaktiva ämnen, vilket också inkluderar olyckor med små konsekvenser, kommer att ges ett stort massmedialt utrymme och väcka oro hos allmänheten.

Detta kommer att ställa stora krav på snabb och korrekt information från alla berörda myndigheter.

# Strålkällor i samhället

# Strålkällor i samhället

I nästan varje större industri och sjukhus finns strålkällor av olika slag. Statistik om radioaktiva ämnen i samhället ger oss en uppfattning om hur stora mängder det är som verkligen hanteras och transporteras. Varje år transporteras cirka 100 000 förpackningar med radioaktiva ämnen. Av dessa har 66 procent ett innehåll i flytande form, 33 procent i fast form och 1 procent i gasform. När det gäller transport i flytande form är det dock små mängder i varje förpackning, endast en till ett par ampuller.

I det här kapitlet beskriver vi var strålkällor kan påträffas samt hur de transporteras och förvaras. Vidare beskriver vi hur strålkällor ska märkas vid användning och transport.

## Hur ska strålkällorna hanteras?

För att hantera radioaktiva ämnen krävs det tillstånd. All utrustning som innehåller radioaktiva ämnen ska märkas så att man kan identifiera den även efter brand. Vid transport av radioaktiva ämnen gäller regler för transport av farligt gods klass 7 (radioaktiva ämnen).

### Tillståndsplikt för tillverkning och hantering

Enligt strålskyddslagen krävs tillstånd för att:

1. tillverka, till landet införa, transportera, saluföra, överlåta, upplåta, förvärva, inneha, använda, deponera, återvinna eller återanvända *ett radioaktivt ämne eller ett material som innehåller radioaktiva ämnen*
2. tillverka, till landet införa, saluföra, överlåta, upplåta, förvärva, inneha, använda, installera eller underhålla

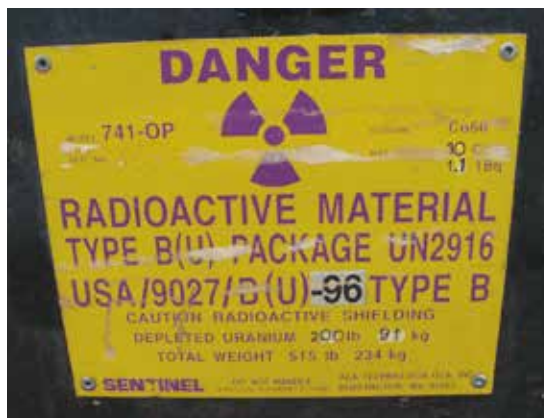
en teknisk anordning som kan och är avsedd att sända ut joniserande strålning eller sådan del av anordningen som är av väsentlig betydelse från strålnings-synpunkt

3. tillverka, till landet införa, saluföra, överlåta, upplåta, förvärva, inneha, använda, installera eller underhålla andra tekniska anordningar än sådana som avses i 2 och som kan alstra joniserande strålning och för vilka regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer föreskrivit krav på tillstånd
4. från landet utföra radioaktivt ämne.

### Märkning av utrustning med strålkällor

All utrustning som innehåller en strålkälla ska vara försedd med en apparatskylt. Skylten ska gå att läsa även efter en brand. Strålkällans aktivitet och nuklidbeteckning ska vara ingraverade i skylten. I annat fall måste apparaten förses med en separat nuklidskylt.

Dessutom ska det finnas en manluckeskylt vid fast monterade apparater som till exempel nivåvakter. Skylten ska sitta vid alla manluckor (inspektionsluckor) eller andra öppningar, där man kan gå in i den nivåövervakade behållaren. Utöver det ska en föreskriftsskylt finnas intill varje fast monterad apparat. Lämpligt avstånd mellan skyltarna och apparaten anses vara cirka en meter.



Nuklidskylt.



Föreskriftsskylt.



Manluckeskylt.



Kontrollerat område.

### Transportbestämmelser

Transporter av farligt gods regleras av Förenta Nationerna (FN) enligt ett särskilt modellregelverk, de så kallade FN-rekommendationerna (*UN Model Regulations for the Transport of Dangerous Goods*). Med FN-rekommendationerna som grund utvecklas därefter samtliga internationella överenskommelser för transport av farligt gods. Överenskommelserna är:

- ADR för transport på väg
- RID för transport på järnväg
- IMDG-koden för transporter till sjöss
- ICAO-TI för civila lufttransporter.



## Transporthandlingar vid vägtransport

Enligt ADR ska bland annat följande transporthandlingar medföras vid transporter av radioaktiva ämnen:





- Godsdeklarationen som anger vad det är som transporteras. Den ska också redogöra för varje enskilt kolli samt innehålla specifika uppgifter om ämnet.
- Skriftliga instruktioner som hjälp vid en nödsituation. Denna ska kortfattat beskriva åtgärder som ska vidtas i händelse av olycka eller tillbud, samt vilka faror som är förknippade med det farliga godset.
- ADR-intyg.

## Exempel på innehåll i godsdeklaration

UN-nummer:	UN 2915
Officiell transportbenämning:	Radioaktivt ämne, koli av typ A
Klass:	7
Namn på nuklid, antal och typ av kolli, fysikalisk och kemiskt tillstånd:	Cs-137, 1 st kolli typ A sluten keramisk strålkälla
Maximal aktivitet:	3 700 MBq
Kollikategori:	II-GUL
Transportindex:	0,4
Avsändarens namn och adress:	N, X-stad
Mottagarens namn och adress:	NN, Y-stad

## Kategorier för märkning

Vid transport av ett radioaktivt ämne är det viktigt att personalen inte exponeras för joniserande strålning i onödan. För att underlätta hantering och packning finns det därför krav på hur kollit ska kategoriseras och märkas. Märkningen anger vilket radioaktivt ämne kollit innehåller och vilken strålkälla det har.

Kategori	Etikett	Strålningsnivå
I-VIT	7A 	Strålningsnivån på kollits yta får inte överstiga 5 $\mu\text{Sv/h}$ .
II-GUL	7B 	Strålningsnivån på kollits yta får inte överstiga 500 $\mu\text{Sv/h}$ . På en meters avstånd från kollit får strålningsnivån inte överstiga 10 $\mu\text{Sv/h}$ .
III-GUL	7C 	Strålningsnivån på kollits yta får inte överstiga 2 000 $\mu\text{Sv/h}$ (2 mSv/h). På en meters avstånd från kollit får strålningsnivån inte överstiga 100 $\mu\text{Sv/h}$ .
Klyvbart ämne	7E 	7E är en etikett för klyvbart ämne. Denna etikett kompletterar etiketterna I-VIT till III-GUL. Vilket kriticitetssäkerhetsindex kollit har ska fyllas i rutan på etikett 7E .

Transportindex (TI) ska anges på etiketterna II-GUL eller III-GUL, och avgör på vilket avstånd från människor ett kolli får placeras. Om flera kollin ingår i försändelsen är det summan av deras TI som bestämmer avståndet. TI anger strålningsnivån på en meters avstånd från kollit eller lastbäraren. Maximalt tillåtet värde på TI är 10.

Transportindex kan man använda för att se om ett kolli är skadat och avger för hög strålning. Vid en sådan misstanke ska man mäta kollits strålningsnivå på en meters avstånd. Det uppmätta värdet (i  $\mu\text{Sv/h}$ ) dividerar man sedan med 10. Värdet man får fram är det aktuella transportindexet, och det kan man jämföra med det som står på kollit. Om det

aktuella värdet överskrider det som angetts på kollit är det alltså risk för att kollit är skadat. Beroende på omständigheterna ska åtgärder vidtas för att eliminera eller begränsa de skador strålningen kan orsaka.

### **Märkning av kollin**

Samtliga typer av kollin som innehåller radioaktiva ämnen ska märkas med uppgift om avsändare och mottagare, godssets UN-nummer (föregånget av bokstäverna "UN") samt, om kollits bruttovikt överstiger 50 kg, uppgift om kollits bruttovikt. Dessutom ska kollit, såvida det inte är ett undantaget kolli, märkas med officiell transportbenämning samt vilken typ av kollikonstruktion som förpackningen överensstämmer med.

Varje kolli som tillhör någon av kategorierna I-VIT, II-GUL eller III-GUL måste dessutom vara försett med varningsetiketter för respektive kategori. Etiketterna ska fästas på två motstående sidor på kollits utsida eller på ytterhöljet. Etiketternas storlek är 100 x 100 mm. För containrar och tankfordon finns det särskilda regler och etiketter.

Det finns olika typer av förpackningar. De vanligast förekommande är typ A och B. Kolli av typ A används främst för industritransporter, preparat för medicinska isotopundersökningar och preparat för forskning och undervisning.

Kolli av typ B används främst för kvalificerade transporter, så som transport av koboltkanoner och gammaradiografiutrustning.

### **Märkning av transporter**

När fordon transporterar kollin enligt ADR ska de vara försedda med både fordonsetiketter (så kallade storetiketter) och orangefärgade skyltar för farligt gods. Om lasten däremot består av undantagna kollin ska fordonet varken ha storetiketter eller orangefärgade skyltar.

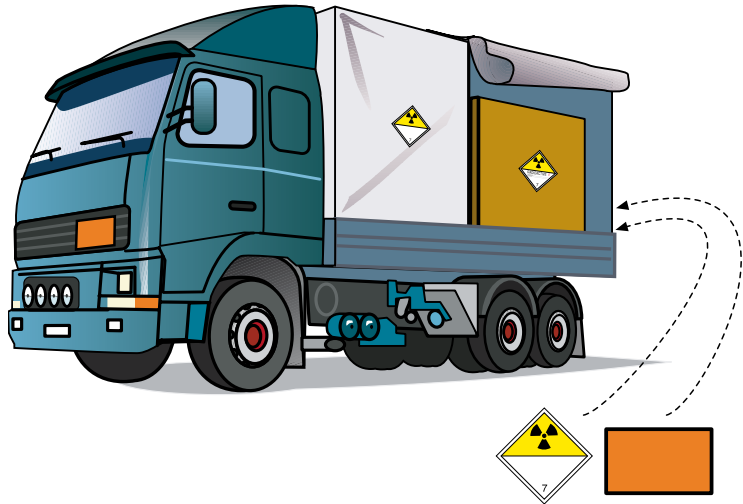
Vid transport i tank eller bulk (oförpackat gods som till exempel granulat), ska de orangefärgade skyltarna även vara försedda med uppgift om faronummer och UN-nummer. Faronummer för klass 7 är 70, radioaktivt material och 78, radioaktivt ämne, frätande.



Exempel på kolli av typ A.



Exempel på kolli av typ B.



### Märkning av fordon.

Ett fordon kan transportera radioaktiva ämnen utan att vara märkt.

Storetiketter ska finnas på båda långsidorna och baktill på fordonet, och ha storleken 250 x 250 mm. Om storetiketterna inte får plats på fordonet får deras mått minskas till 100 x 100 mm. Samma storetikett används också vid järnvägstransporter. För järnvägsvagnar får då storetiketternas mått minskas till 150 x 150 mm.

## Var finns strålkällorna?

Strålkällor används vid många olika verksamheter i samhället. De kan förekomma som slutna eller öppna strålkällor. Transporter av strålkällor sker normalt på våra vägar och med flyg. Utöver de strålkällor som vi presenterar här kan strålkällor även förekomma i laboratorier, i skolor, i mätutrustning vid kontroll av svetsarbete, vid kontroll av vägbänor med hjälp av fordon och inom försvarsmakten. Dessa strålkällor kan förekomma som öppna och slutna.

### Kartläggning av strålkällor i kommunen

Varje kommun bör kartlägga sina stationära strålkällor med avseende på typ, placering och riskavstånd vid brandpåverkan. Vidare bör även transporter av strålkällor kartläggas. Lämplig information i denna kartläggning kan vara transportvägar, när och hur transporter sker, vem som transporterar samt om eventuell mellanlagring sker. Alla dessa upplysningar ingår i kommunens risk- och sårbarhetsanalys (RSA).

## Instruktion för att kartlägga stationära strålkällor

Syftet med att kartlägga kommunens strålkällor är bland annat att bedöma den potentiella risken för räddningstjänstpersonal vid en insats. Kartläggningen kan användas som underlag vid insatsplanering och som beslutsstöd vid en räddningsinsats.

Kartläggningen bör innehålla lokalisering av strålkällan, typ av radioaktivt ämne, maximal aktivitet och riskavstånd vid blottlagd källa.

Följande steg kan genomföras inom ramen för kartläggningen:

1. Kontakta SSM för att få uppgift om vilka företag och verksamheter som hanterar strålkällor i kommunen.
2. Inhämta information från företaget eller verksamheten om vilken typ av radioaktivt ämne de hanterar, dess maximala aktivitet och var det är placerat.
3. Besök eventuellt företaget eller verksamheten för att fotografera byggnader och strålkälla.
4. Beräkna och bedöm riskavståndet (enligt nedanstående avsnitt).
5. Upprätta lämpliga dokument och insatsplaner.

## Beräkning och bedömning av riskavstånd vid blottlagd strålkälla

Den information du behöver för att kunna beräkna riskavståndet är vilken typ av radioaktivt ämne det rör sig om och dess maximala aktivitet. Sedan beräknar du riskavståndet enligt följande formel<sup>4</sup>:

$$d = \sqrt{\frac{A * \Gamma}{0,1}}$$

$d$ : Riskavstånd (m) från källan där doshastigheten är 100  $\mu\text{Sv/h}$ .

$A$ : Maximal aktivitet (GBq).

$\Gamma$ : Gammakonstant på en meters avstånd från källan ( $\text{mSv/h}^{-1}\text{m}^2 \text{GBq}^{-1}$ ). Värdet hämtas från tabellen på nästa sida.

0,1: Gränsvärdet 100  $\mu\text{Sv/h}$  omvandlat till  $\text{mSv/h}$ .

**Observera!** Tänk på att aktiviteten ska anges i GBq.

---

4. Mats Isaksson, "Grundläggande strålningsfysik".

Kom ihåg att värdet endast är en riktlinje och att strålmätning alltid ska genomföras.

Det beräknade riskavståndet är det avstånd från källan där doshastigheten är 100  $\mu\text{Sv/h}$ . Enligt riktlinjer från SSM och IAEA är detta gränsvärdet för när räddningstjänsten bör upprätta en avspärrning. Inom ett område där gränsvärdet överstigs bör räddningspersonalen inte vistas, om det inte är nödvändigt för insatsens genomförande.

Det beräknade riskavståndet gäller när det radioaktiva ämnet är "nytt" och helt blottlagt. Efterhand avtar aktiviteten (halveringstiden varierar beroende på ämne) och således minskar även riskavståndet. Detta ska du tänka på när du bedömer riskavståndet, tillsammans med det faktum att strålkällan med största sannolikhet kommer att vara skärmad och alltså inte helt blottlagt. Sammantaget kan du avrunda avståndet till ett hanterbart värde som kan användas som en första riktlinje vid räddningsinsatser.

Räkneexempel:

Ämne: Kobolt-60

Aktivitet: 4 GBq

Gammakonstant: 0,347 (för kobolt-60 enligt tabellen nedan)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,347}{0,1}} \approx 4 \text{ meter}$$

Ämne (isotop)	Gammakonstant
Co-60	0,347
Se-75	0,066
Cs-137	0,096
Yb-169	0,066
Tm-170	0,0012
Ir-192	0,139

Gammakonstanter ( $\text{mSv/h}$  på en meters avstånd per GBq) för olika radioaktiva ämnen.<sup>5</sup>

**Instruktion för att kartlägga transporter av strålkällor**  
Syftet med att kartlägga transporter av strålkällor är att

5. Mats Isaksson, "Grundläggande strålningsfysik".

bedöma den potentiella risken för räddningstjänstpersonal som deltar i insatser vid olyckor med farligt gods. Kartläggningen kan användas som underlag vid insatsplanering och som beslutsstöd vid en räddningsinsats.

Följande steg kan genomföras inom ramen för kartläggningen:

1. Undersök vilka företag och verksamheter i kommunen som får regelbundna leveranser av strålkällor. Detta kan exempelvis vara sjukhus, universitet, industrier eller kärntekniska anläggningar. Användbar information kan fås från SSM. Även flödesstatistik över hur farligt gods transporteras i Sverige kan vara användbar.
2. Inhämta information från företaget eller verksamheten om vilken typ av strålkälla det rör sig om, transportvägar, när och hur transportererna sker, vem som genomför transportererna samt var eventuell mellanlagring sker (exempelvis på flygplatserna).
3. Bedöm om strålkällorna utgör en risk för räddningsspersonalen vid en insats.
4. Upprätta lämpliga dokument och insatsplaner för de transporter som kan utgöra en risk vid en insats. Dokumenten kan vara i form av kartor med transportvägar samt information om vilka typer av strålkällor som kan påträffas.





*Brandvarnare.*

### **Brandvarnare i hemmet**

En strålkälla som finns i många hem är brandvarnaren. Ett vanligt radioaktivt ämne i brandvarnare är americium-241 (Am-241). Denna strålkälla är mycket svag och riskerna för människa och miljö är därför mycket små. Strålkällan är dessutom svåråtkomlig och sluten, så att direktkontakt eller spridning av det radioaktiva ämnet förhindras. Brandvarnare får innehålla max 40 kBq och kan slängas i vanliga sopor.

### **Kontrollinstrument i industrin**

De flesta strålkällor som används inom industrin är apparater som är väl strålskärmda och de utgör normalt ingen större strålrisk. Deras konstruktion är sådan att de även efter ett missöde eller en brand uppfyller vissa säkerhetskrav. Vid en eventuell brand kan blyet i strålskärmen smälta och rinna ut. Strålkällan kommer dock att bli kvar i sitt läge i strålskärmen.

### **Nivåvakter**

I Sverige finns i dag ca 2 500 nivåvakter i bruk inom industrin. De nuklider som används i nivåvakter är Co-60 eller Cs-137.

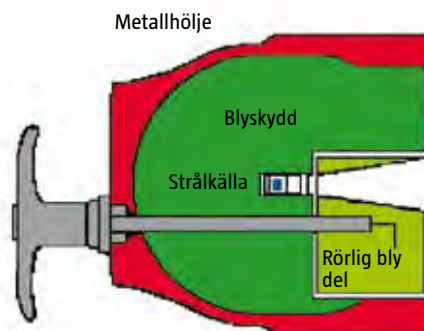
Nivåvakter är instrument som används för att styra eller mäta nivån av olika ämnen i fickor, pannor, tankar och andra typer av ogenomskinliga behållare. Det som mäts kan vara malm, syra, flis, vatten och olja. Många gånger förser man en behållare med två eller flera nivåvakter för att man ska kunna övervaka olika nivåer. Nivåvakten består av en strålkälla i en mantlad blyskärm, som fästs på ena sidan av tanken eller behållaren. På andra sidan sitter en detektor. Om nivån av till exempel flis inne i en behållare befinner sig över nivåvakten dämpas strålningen, eftersom strålningen



Nivåvakt.



Nivåvakt.



Principbild nivåvakt

har svårare att passera genom fliset i behållaren. Om nivån däremot står under nivåvakten träffar strålningen detektorn så gott som odämpad, och då ger den ett stort utslag.

Nivåvakten manövreras med ett handtag, så att strålen antingen avskärmas (stängd slutare) eller släpps fram odämpad (öppen slutare). Slutaren måste vara låsbar i stängt läge och får vara låsbar även i öppet läge. Detta är något som skiljer nivåvakten från alla andra typer av industristrålkällor. Orsaken till att nivåvakten kan vara låsbar i öppet läge är att nivåvakter ofta har en säkerhetsfunktion. En okynnes-avstängning kan därför få allvarliga konsekvenser.

Nivåvakten är konstruerad för att tåla en viss mängd värme, så vid brand kan nivåvakten påverkas så att strålkällans läge förändras. Det innebär att källan kan hamna på botten av sitt hölje och strålnivån ökar då på undersidan av nivåvakten. I värsta fall kan även det bly som finns som strålskärm smälta av branden och rinna ut ur nivåvakten.

### **Tjockleksmätare**

Tjockleksmätare är ytterligare ett instrument som kan innehålla radioaktiva ämnen. De används vid tillverkning av papper, plast- eller metallfolie, valsad plåt, spånplattor med mera, för att mäta och styra tjockleken på det som tillverkas. Tjockleken kontrolleras automatiskt med hjälp av ett gammastrålande preparat. Om tjockleken på materialet blir större än den ska vara, absorberar det strålningen i högre grad.

De radioaktiva ämnen som används till tjockleksmätare är Cs-137 eller Am-241.

### **Ytviktsmätare**

Vid papperstillverkning använder man termen ytvikt i stället för tjocklek när man kontrollerar hur tjockt pappersskiktet blir. Kontrollen görs av ytviktsmätare, som kan vara fast installerade eller portabla. Den installerade typen av ytviktsmätare kan ha antingen ett fast monterat mät huvud som är riktat över pappersskiktet, eller ett mät huvud som rör sig över det. I den portabla ytviktsmätaren är strålkäldelen och detektordelen inte fixerade vid varandra, utan de rör sig samordnat.

De radioaktiva ämnen som används till ytviktsmätare är Cs-137 eller Am-241.

## **Radiografer för materialkontroll**

I trycktankar, fartygsskrov, brokonstruktioner, flygplansdelar med mera behöver man kunna kontrollera att material och svetsar är fria från defekter, då är det vanligt att man genomlyser materialet, så kallad radiografering.

Metoden bygger på principen att strålning svärtar fotografisk film eller registreras av en digital detektor. Filmen eller detektorn placeras på ena sidan om föremålet som ska provas. På andra sidan placeras en strålkälla i form av ett röntgenrör eller ett radioaktivt preparat. Håligheter, sprickor och liknande släpper igenom mer strålning än omkringliggande massiva material, och de kommer därför att framträda som mörkare partier och fläckar på filmen eller detektorn.

Strålkällan sitter fast på en vajer som är cirka fem till tio meter lång. Vajern förvaras i en behållare när den inte används, och behållaren är dess strålskydd.

När man ska göra en materialkontroll monterar man en slang på behållaren och placerar slangens ända där radiograferingen ska utföras. Man vevar sedan ut strålkällan genom slangens fram till mätpunkten. När radiograferingen är utförd vevar man in strålkällan i behållaren igen. Risken med utrustningen är att strålkällan fastnar i slangens vid mätpunkten, vilket innebär att strålkällan är helt fri.

De ämnen som används till radiografi är Co-60 eller, Ir-192 eller Se-75 som alla ger höga stråldosrater.

## **Fyllnadskontrollapparat**

På många bryggerier kontrollerar man fyllnadsgraden i burkar och flaskor med en fyllnadskontrollapparat. Metoden kan också användas för att mäta fyllnadsnivån i till exempel tvättmedels- och flingpaket. Risken kan jämföras med risken för en nivåvakt.

Det radioaktiva ämne som används vid fyllnadskontroll är Am-241.

## **Utrustning på sjukhus**

Inom sjukvården använder man radioaktiva ämnen vid både undersökningar och strålbehandlingar. De radioaktiva preparat som förekommer inom sjukvården delas in i två kategorier: öppna och slutna strålkällor.

I *slutna strålkällor* är det radioaktiva ämnet varaktigt inneslutet i en tät kapsel och vid normal användning ska det radioaktiva ämnet inte komma ut ur kapseln. Strålningen från det radioaktiva ämnet kan dock tränga ut ur kapseln och strålkällorna måste därför förvaras i någon form av strålskärm, vanligen av bly.

Exempel på vanliga slutna strålkällor är cesium-137 och kobolt-60.

Öppna strålkällor består vanligen av lösningar som förvaras i glasampuller. Vid användning av öppna strålkällor är det vanligt att lösningen sugas upp i en injektionsspruta för att sedan ges till en patient eller tillsätts ett prov som ska analyseras. Strålningen från det radioaktiva ämnet kan tränga ut genom flaskan och även dessa strålkällor måste därför normalt förvaras i någon form av strålskärm, vanligen av bly. Exempel på vanliga öppna strålkällor är jod-131 och teknetium-99m.

## Röntgenapparater och acceleratorer

En röntgenapparat har ett röntgenrör och används för att diagnosticera patienter.

I en strålbehandlingsaccelerator accelererar man upp elektroner i hög hastighet för att producera röntgenstrålning av hög energi. Acceleratorer används för att behandla patienter.

Strålningen upphör när strömmen bryts.

## Öppna strålkällor för injektion

För vissa undersökningar av organ använder man kortlivade radioaktiva ämnen. Exempel på sådana ämnen är I-131 och Tc-99m. Dessa injiceras i kroppen tillsammans med en "transportör", som man vet tas upp av det organ man vill undersöka. Detta organ sänder sedan ut strålning, som kan ses med hjälp av en specialkamera. På så sätt kan man studera hur organet fungerar eller ser ut.

Det finns risker när man använder öppna strålkällor. En risk är om någon tappar ampuller i golvet, då uppstår en lokal förorening. En annan risk är brand. Då kan det radioaktiva ämnet avdunsta och föras med brandröken ut i ventilationssystem och sedan vidare ut i luften i omgivningen.

Strålningen från en röntgenapparat eller accelerator upphör omedelbart när strömmen bryts.

## Reaktorer i kärnteknisk anläggning

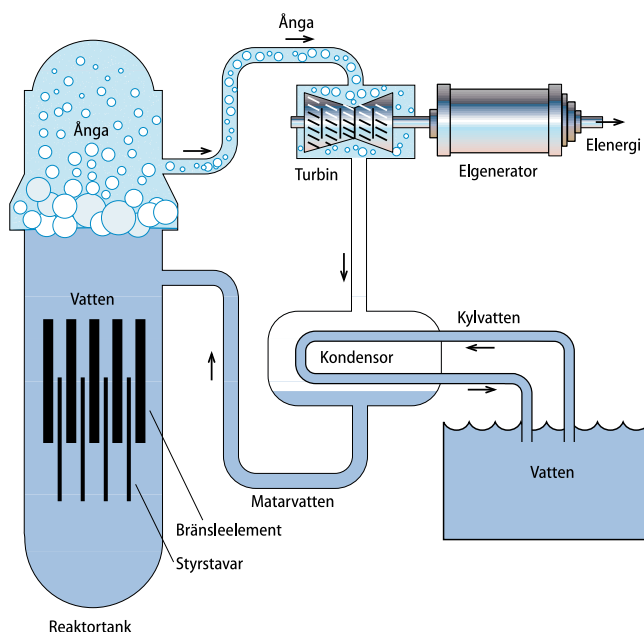
Kärnreaktorer finns i olika utföranden och för olika ändamål. I Sverige använder vi reaktorer enbart för energiproduktion.

De viktigaste komponenterna i en kärnreaktor är kärnbränsle, en moderator (vatten), vars uppgift är att bromsa neutronernas hastighet, styrstavar och kylvatten. Kärnbränslet i en energiproducerande reaktor består av uran, där halten av den klyvbara isotopen uran-235 har anrikats, det vill säga har höjts till 2–5 procent. Bränslet ligger inneslutat i metallrör för att skärma strålningen.

Med styrstavarna reglerar man antalet kärnklyvningar per tidsenhet och därmed reaktorns effekt. Kylvatten sänker reaktornens temperatur och transporterar bort den värmeenergi som uppstår vid kärnklyvningarna. Av denna reaktortyp finns det två varianter: kokvattenreaktorer (Boiling Water Reactor, BWR) och tryckvattenreaktorer (Pressurized Water Reactor, PWR).

I båda varianterna driver ånga en turbin, som i sin tur driver en generator som alstrar elektricitet.

Riskerna vid en kärnteknisk anläggning är, förutom själva reaktorprocessen, att farliga ämnen kan läcka ut och att det kan uppstå brand och explosion i anläggningen.



*Kokvattenreaktor.*

# Mätning av joniserande strålning

# Mätning av joniserande strålning

Eftersom våra sinnen inte kan uppfatta joniserande strålning måste den göras ”synlig” på annat sätt. Detta kan vi göra genom olika mätinstrument. I mätinstrumenten används till exempel strålningens förmåga att jonisera en gas eller en vätska, eller att svärta en film.

## Mätprinciper och mätinstrument

Det finns olika typer av mätinstrument, som passar för olika typer av joniserande strålning. Några är konstruerade för vissa bestämda mätsituationer.

För räddningstjänsten är de mest aktuella instrumenten de som mäter doshastigheten och de som mäter dosmängden.

### Att mäta doshastighet

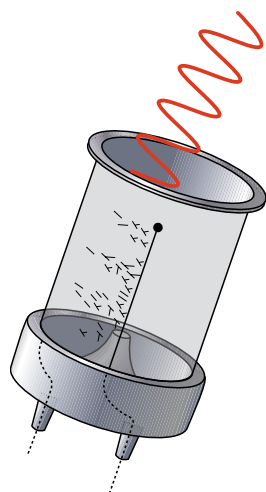
En intensimeter (doshastighetsmätare) har ofta ett Geiger-Müllerrör (GM-rör) som detektor. Detektorn används för att mäta beta- och gammastrålning. Strålningen joniserar atomerna i en gas som finns i GM-röret. Gasen blir ledande och varje sönderfall ger en strömimpuls som registreras och visas som ett mätvärde på mätaren.

GM-röret kan även kopplas till en högtalare, där varje jonisation hörs som en knäppning. Alla de vanligaste instrumenten har en sådan ljudfunktion. Detta kan vara bra i en rökdykningssituation, när räddningspersonalen behöver höra om doshastigheten stiger. Observera dock att knäppljudet inte är relaterat till en viss strålnivå, utan bara till doshastigheten.



Ju mer strålning som träffar detektorn, desto fler knäppningar per sekund skapas, och desto större utslag får man alltså på instrumentet. Instrumenten kan göras känsliga för olika strålslag och energiinnehåll i strålningen, beroende på detektorns utformning samt höljets material och tjocklek.

Detektorns känslighet kan variera för strålning från olika riktningar eftersom materialet i instrumentet skärmar strålningen. Denna variation har stor betydelse för instrument som ska mäta alfa- och betastrålning och mindre betydelse för instrument som mäter gammastrålning. Vid mätning av gammastrålning är det i stället personen som håller i instrumentet som bidrar mest till skärmningen. För en noggrann mätning av doshastighet från gammastrålning



Geiger-Müllerrör  
(GM-rör).



Detektorplacering  
med mätområden i  
intensimeter SRV-2000.

bör du därför placera instrumentet på ett stativ och hålla dig på lite avstånd.

Doshastigheten visas i mikrosievert/timme ( $\mu\text{Sv/h}$ ) eller millisievert/timme ( $\text{mSv/h}$ ).

När man mäter alfastrålning krävs en speciell detektor eller mätsond till mätinstrumentet. Vid mätningen visar instrumenten antal pulser per sekund, och detta anges som cps (counts per second) på mätskalan i instrumentet. För att kunna mäta alfastrålning krävs det ett tunt fönster på mätsonden för att strålningen ska kunna passera in till mätkammaren. Det innebär att dessa sonder är mycket känsliga för mekanisk påverkan och kan alltså lätt gå sönder eller bli skadade.



*Mätning av herrelös strålkälla.*



*Intensimeter SRV-2000.*

### **Intensimeter SRV-2000**

Det mätinstrument som är vanligast inom räddningstjänsten i Sverige är intensimeter SRV-2000. Instrumentet är i första hand avsett för mätning av doshastighet efter kärnvapenedfall och kärnkraftsolyckor. Instrumentets funktion och utslag på referensmätpunkter kontrolleras av kommunen i återkommande sju månadersmätningar. Instrumentet kan även användas för att mäta joniserande strålning vid räddningstjänstinsatser. Instrumentet kan kompletteras med en mätsond för betastrålning.

Observera att en intensimeter SRV-2000 inte är känslig för betastrålning utan bara registrerar gammastrålning. Om ett betastrålände ämne är utspritt i luften eller på marken kan man därför underskatta faran. För att kunna göra en korrekt bedömning av faran behöver du med andra ord instrument som kan mäta både beta- och gammastrålning var för sig.

### **Intensimeter 28 (I28)**

Intensimeter 28 (I28) finns bland MSB:s förstärkningsresurser samt inom försvarsmakten och hos flera andra myndigheter. Instrumentet kan förses med olika typer av externa mätsonder, bland annat för att mäta alfa- och betastrålning. Som extra tillbehör till instrumentet finns det en lång stång som mätsonden kan placeras på, så att du som använder den ska kunna hålla dig på avstånd från en stark strålkälla vid mätning.



*Intensimeter 28  
med extern mätsond  
för gamma- och  
betastrålning.*

## Dosmätning

Dosimeter kallas det instrument som mäter hur mycket strålning en person har tagit emot. Det finns olika typer av dosimetrar, eller stråldosmätare. Dosen visas i mikrosievert ( $\mu\text{Sv}$ ) eller millisievert (mSv).

### Termoluminiscens detektor (TLD)

TLD är en stråldosmätare som baserar sig på ämnen som kan lagra energi från joniserande strålning. När detektorn värms upp kan energin frigöras i form av ljus. Ljustyrkan mäts, och på så sätt fastställs stråldosen. Denna typ av stråldosmätare används av personal vid sjukhus och kärnkraftverk. TLD visar dock inte mätvärdet direkt och man kan därför inte använda den om man behöver ett snabbt beslutsunderlag för en insats. För detta ändamål är en intensimeter som visar doshastighet mest lämpad. Däremot är TLD lämplig för att i efterhand bestämma vilken stråldos räddningspersonal har utsatts för.

### Direktvisande dosimeter

Med en direktvisande dosimeter kan man direkt läsa av vilken stråldos bäraren av dosimetern har tagit emot. Dosimetern använder en halvledarsensor som detektor och är utrustad med en larmfunktion i två inställbara steg. Larmet går när doshastigheten eller dosen är för hög.



TLD.



Direktvisande dosimeter, DMC 2000.



Direct Ion Storage, DIS-1.

### Direct Ion Storage (DIS)

DIS är en persondosimeter som är baserad på en jonkammare i kombination med ett elektroniskt minneselement. DIS-dosimetern kan beskrivas som en elektronisk TLD som är oförstörbar och kan läsas av oändligt antal gånger utan att förlora någon information om dos. När du använder en DIS kan du omedelbart och när som helst läsa av din samlade dos. DIS-dosimetern är konstruerad så att den är liten, lätt, robust och vattentät, vilket gör dosimetern pålitlig och enkel att använda.

### Begränsningar vid mätning

För att du ska få rätt uppgifter från instrumenten måste du vara medveten om att det finns inbyggda begränsningar i instrumenten. Dessutom kan fel vid hanteringen och avläsningen också ge felaktiga mätvärden.

## Strålslag

Alla instrument mäter inte alla strålslag. Det innebär att du behöver ha en god kännedom om vilka begränsningar instrumenten har när det gäller strålslag. Vanligen kan varje instrument mäta gammastrålning, men oftast kan du behöva komplettera instrumentet med externa mätsonder för andra strålslag och bättre mätnoggrannhet. Om du till exempel mäter strålningen från en betastrålkälla med en gammadetektor så finns det en risk att du får felaktiga mätvärden. Det kan i praktiken innebära att du utsätts för mer strålning än vad instrumentet visar.

## Mätområden och mätnoggrannhet

De olika instrumenten mäter inom specifika energiområden. Om strålningen har ett lägre eller högre energiinnehåll än det som instrumentet är avsett för, kommer instrumentet inte att registrera detta. Instrumenten har även begränsningar när det gäller mätnoggrannhet, men detta brukar framgå av instruktionsboken.

## Avläsningsfel

Instrumenten har vanligtvis en digital display som visar olika mätvärden. Värdet visas med hjälp av decimaler och kommatecknet flyttas automatiskt om enheten förändras. Även enhetens prefix växlar automatiskt mellan nSv/h,  $\mu$ Sv/h, mSv/h och Sv/h.

När du läser av displayen är det mycket viktigt att du kontrollerar kommatecknets placering samt vilken storhet som visas. Om du vill undvika avläsningsfel krävs det att du har god kunskap om instrumenten.

## Tidsfördröjning

När du mäter vid en strålkälla är det viktigt att låta instrumentet räkna färdigt innan du läser av det. Det gäller speciellt ”långsamma” instrument, som till exempel SRV-2000. Du måste hålla instrumentet stilla på samma avstånd från strålkällan under hela den tid det tar för det att stabilisera sig. Det kan dröja upp till en minut.

Mätprocessen kan också ta längre tid när det är kallt.

Träna avläsning så undviker du att läsa av fel.

Dessutom minskar drifttiden. Kyla kan till och med göra så att instrumentet slutar att fungera.

## **Referensmätning av strålningsbakgrunden var sjunde månad**

Var sjunde månad bör varje kommun mäta stråldoshastigheten vid ett antal referenspunkter. Syftet är att kommunen ska upprätthålla sin beredskap, kvalitet och förmåga att mäta strålning.

Räddningstjänsten kan medverka vid dessa mätningar. Syftet är att:

- skapa en bakgrundsdatabas, för att kunna identifiera även små ökningar av strålningsnivån vid ett nedfall
- kontrollera strålningsnivån i den egna kommunen
- fortlöpande kontrollera instrumentens funktion
- fortlöpande öva personal i mät- och rapporteringsrutiner.

Vid referensmätningen var sjunde månad mäter man tio-minutersmedelvärdet för doshastigheten vid alla referenspunkter i kommunen. Kommunen rapporterar till SSM.





*Avläsning av mätning  
vid referenspunkt vid  
nedfall.*



# **Insatser vid inträffade olyckor**

# Insatser vid inträffade olyckor

I detta kapitel beskriver vi några olyckor med radioaktiva ämnen som har inträffat i Sverige och i omvärlden under de senaste årtiondena. Genom att ta del av erfarenheter från inträffade olyckor kan du öka din kunskap, eftersom du kan dra slutsatser av hur insatsen gjordes för att förebygga andra tillbud och olyckor.

## **Göteborg 1987**

En olycka med tallium-201 i vätskeform inträffade på Göteborgs centralstation, vid lossning av en godsvagn. Ett paket föll ned på perrongen och krossades av en truck. Truckföraren tog upp paketet med händerna, lade det på vagnen och körde det därefter till lastkajen. Vad som därefter skedde var att räddningstjänsten fick märka ut och hägna in platsen för olyckan och dessutom strålmäta och sanera truckföraren, trucken, vagnen och perrongen. Det trasiga paketet och saneringsavfallet fördes till sjukhuset för att tas om hand där. Ingen person blev skadad.

## **Hallsberg 1991**

Två flickor stal ett paket ur en godsvagn. De trodde att det var en freestyle i paketet, men paketet innehöll i stället flaskor med jod-131, som hade en aktivitet av 2,1 GBq. En av flickorna tog en glasflaska ur paketet. Som tur var öppnade hon aldrig flaskan, utan den hittades senare oskadd. Men den flicka som bar med sig flaskan i jackfickan fick en uppskattad dos mot huden på 15 Sv, vid könskörtlarna 300 mSv, och en effektiv dos på sammanlagt 100 mSv.

### **Tokai-Mura, Japan, 30 september 1999**

En olycka skedde i en mindre kärnbränslefabrik när man tillverkade bränsle för en experimentell brytdreaktor. På grund av felaktig hantering förde man över en för stor mängd klyvbart uran till en behållare och kriticitet uppstod (kärnreaktion med höga neutronflöden). Denna reaktion kunde inte stoppas förrän efter flera timmar. Tre personer fick mycket höga stråldoser: 17, 10 respektive 3 Sv. Två av personerna dog av strålskadorna.

### **Glogovac, Kosovo, 22 december 1999**

Ferro-Nickel fabriken skadades under kriget 1996-1999 av brand och korrosion. 1999 upptäckte kanadensiska trupper inom NATO ett antal strålkällor. De mest skadade delarna uppvisade en doshastighet på 13 000  $\mu\text{Sv/h}$  intill strålkällan.

### **Bangkok, Thailand, 21 februari 2000**

I slutet av januari 2000 fick flera personer tillgång till en oöväskad lagringsplats, där en delvis demonterad strålkälla från ett sjukhus förvarades. De tog strålkällan till ett hus som tillhörde en av personerna, och där försökte fyra personer ta isär den ytterligare. Strålkällan var märkt med strålningsymbol och varningsetikett. Personerna insåg dock inte att det var en strålkälla, på grund av att varningsetiketten var på ett språk de inte förstod.

Den 1 februari 2000 tog två av personerna strålkällan till ett skrotupplag i Samut Prakarn, Thailand, så att de ingående metallerna kunde skiljas åt och säljas separat. En anställd vid skroten demonterade enheten med hjälp av en skärbrännare, och då föll källan ut ur sin infästning. Ingen av personerna på skrotupplaget visste att de hanterade ett radioaktivt material.

I mitten av februari 2000 hade flera av de inblandade personerna börjat må dåligt och sökte medicinsk hjälp. Läkare på ett lokalt sjukhus kände igen tecken och symptom på flera av patienterna och misstänkte att en oskyddad strålkälla var orsaken. De rapporterade sina misstankar till tillsynsmyndigheten. Personal från myndigheten, biträdd av lokal hälso-och sjukvårdspersonal, sökte strålkällan. Höga

strålningsnivåer uppmättes i närheten av skrotupplaget, och de spärrade av området för att förhindra ytterligare åtkomst. Räddningstjänsten hittade strålkällan den 20 februari 2000 och transporterade den till ett säkert lagringsområde och insatsen avslutades. Undersökningar visade att kapseln inte hade brutits och det fanns ingen förorening av miljön. Aktiviteten hos den återfunna källan uppskattades till 15,7 TBq från Kobolt-60.

### **Cochabamba, Bolivia, april 2002**

I april 2002 inträffade en olycka med en industriell radiografikälla med Iridium-192 i Cochabamba, Bolivia, cirka 400 kilometer från huvudstaden La Paz. Strålkällan var exponerad inuti ett styrrör på grund av att det inte var stängt på ett korrekt sätt, men detta var inte känt vid olyckstillfället. Behållaren, styrröret, och annan utrustning sändes från Cochabamba till huvudkontoret i La Paz, som last i en buss. Bussen var fullastad med passagerare, resan tog åtta timmar från Cochabamba till La Paz. Företagets anställda hämtade sedan utrustningen och körde den med taxi till deras skärmade anläggning. Rutinmässiga strålningsmätningar gjordes, där det konstateras att källan fortfarande var exponerad. Då vidtogs åtgärder för att återföra källan till en skärmad behållare.

De beräknade totala stråldoserna var 0,92 Sv för en av de inblandade personerna och 0,83 Sv för två personer.

### **Aitikgruvan, Gällivare, december 2010**

I slutet av 2010 behövde 17 medarbetare vid Bolidens gruva i Aitik utanför Gällivare åka till sjukhus. Man befarade att de hade utsatts för röntgenstrålning. Personal från olika yrkeskategorier hade under flera dagar felsökt och reparerat en röntgenutrustning som användes för att mäta metallhalten i malm. Några av dem kände sig trötta, yra och mådde illa, och någon hade irriterade ögon – symtom som kan vara tecken på akuta strålskador.

I efterhand visade det sig att fyra personer kan ha utsatts för högre stråldoser än vad man får ta emot under ett helt år.

När företaget Boliden Mineral AB blev medvetna om att röntgenröret troligen var påslaget vid reparationen kontaktade de Strålsäkerhetsmyndigheten. En grupp utredare reste då till Gällivare.

På plats i gruvan intervjuade utredarna arbetsledningen och gjorde mätningar för att ta reda på hur stor stråldos de drabbade hade fått. De intervjuade även samtliga drabbade för att få ytterligare information om vad som hänt och för att kunna beräkna stråldoserna.

Det gick inte att hitta en enskild anledning till olyckan. Det fanns flera samverkande orsaker, bland annat otydlig ansvarsfördelning, brister i kompetens och utbildning samt otydlig information. Det fanns också en arbetskultur där alla hjälps åt att lösa problem. En sådan arbetskultur förutsätter en tydlig ansvarsfördelning och en fungerande kommunikation.

Händelsen i Aitikgruvan klassas som en tvåa på den sju gradiga internationella INES-skalan.



# Taktik vid insatsen

# Taktik vid insatsen

Detta kapitel handlar om hur räddningstjänsten taktiskt ska agera på en olycksplats. Ett felaktigt beslut kan få återverkningar för hela insatsen.

Vid alla insatser där joniserande strålning kan förkoma ska du sträva efter att minimera risken för såväl intern som extern bestrålning. Intern bestrålning utgår från radioaktiva ämnen inuti kroppen. Extern bestrålning innebär bestrålning från strålkällor utanför kroppen. Alfastrålning är i regel helt ofarlig vid extern bestrålning, men kan ge strålskador vid intern bestrålning. Radioaktiva ämnen i gas, vätske- eller pulverform medför alltid speciella risker eftersom de kan komma in i kroppen.

## Zoner i skadeområdet

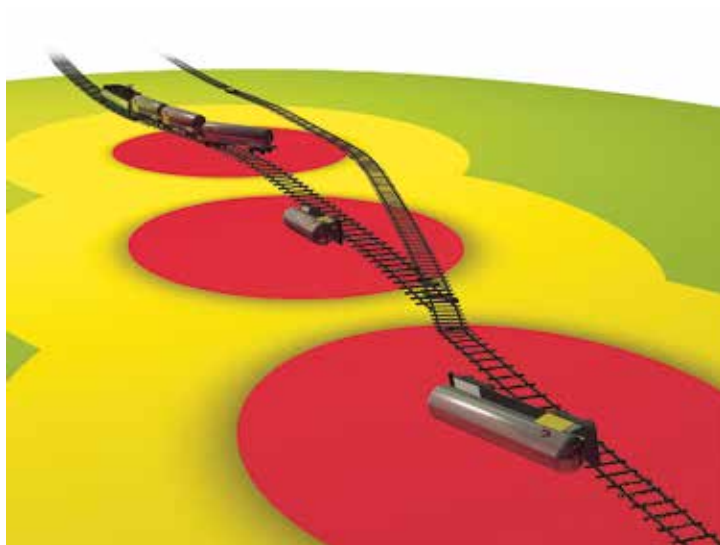
Skadeområdet är indelat i tre zoner: kall, varm och het zon. Zonerna medför olika krav på personligt skydd – det vill säga på hur de som arbetar i respektive zon ska skydda sig.



*Skadeplatsens zonindelning kopplat till det personliga skyddet.*



Exempel på skadeplats med flera heta zoner.



Tabellen här nedanför visar vilket skydd som krävs i de tre zonerna.

Zon	Doshastighet	Krav på skyddsutrustning
Kall zon	0	Inga krav
Varm zon	0,3 $\mu\text{Sv/h}^6$	Skyddsutrustning
Het zon	100 $\mu\text{Sv/h}$	Särskild skyddsutrustning

Arbetsledaren bestämmer vilket personligt skydd som ska användas i den varma respektive heta zonen. När man ska arbeta med ett okänt ämne är det särskilt viktigt att arbetsledaren gör en noggrann riskbedömning. Hen ska tydligt ange vilket skydd som ska användas i respektive zon, till exempel en brandskyddsdräkt med filterskydd och kombinationsfilter. Om en olycka innehåller flera olika risker kan det också finnas flera heta zoner med olika skyddsnivåer inom skadeområdet.

---

6. Värdet 0,3 mSv/h är ett genomsnittligt värde för bakgrundsstrålningen i Sverige. Det kan förekomma både högre och lägre värden i landet, det är viktigt att känna till vad värdet är i din kommun. Kommunen gör referensmätningar var 7:e månad, se även avsnittet om Referensmätning i denna bok.

## **Kroppsskydd**

### **Brandskyddsdräkt**

Brandskyddsdräkter är särskilda skyddskläder som används vid brandbekämpning. De är heltäckande och skyddar hela kroppen, inklusive nacke, armar och ben. Yttermaterialet är svårantändligt och tillsammans med ett isolations- eller fodermaterial ger det tillräckligt skydd mot värme. Brandskyddsdräkten är en del av din personliga skyddsutrustning och omfattas därför av särskilda regler.

### **Kemikalieskyddsdräkt**

Kemikalieskyddsdräkter är de särskilda skyddskläder som används vid kemdykning. En kemikalieskyddsdräkt kan vara utformad på flera sätt. Till exempel kan den vara uppbyggd av olika material och skydda olika bra i olika miljöer, vilket innebär att det tar olika lång tid innan olika kemiska ämnen tränger igenom dräkten. Vilken dräkt som är lämplig vid en insats beror på riskbilden.

Du måste alltid använda dräkten tillsammans med ett slitskydd på händerna, till exempel arbetshandskar, så att dräktens skyddshandske inte får några revor. Vid olyckor med radioaktiva ämnen och om det förekommer läckage i vätskeform, kan du komplettera brandskyddsdräkten med en kemskyddsdräkt typ 4 (det vill säga en dräkt med stänktäta anslutningar).

## **Skydd för andningsvägar**

Det finns två olika andningsskydd: andningsapparater och filterskydd. När ett andningsskydd med filter inte ger tillräckligt skydd ska du använda en andningsapparat.

### **Andningsapparat**

Andningsapparaten hör till den personliga skyddsutrustningen. Den skyddar andningsorganen mot syrebrist (oxygenbrist) och från att exponeras för luftföroreningar. Apparaten ger dig ren luft eller syrgas från ett gasförråd som du bär i ett flaskpaket på ryggen.

Välj partikelfilter P3 vid en olycka med radioaktiva ämnen.

## Filterskydd

Ett filterskydd består oftast av en hel- eller halvmask med ett utbytbart filter. Vid en olycka med radioaktiva ämnen ska du välja en helmask. Filterskyddet ska provas ut individuellt och testas för läckage, och det är mycket viktigt att skyddet sluter tätt mot ansiktet. Om skäggväxt eller något annat gör det otätt får du i stället välja ett fläktmatat filter-skydd.

## Filter till filterskydd

Filtret kan vara ett partikelfilter, ett gasfilter eller ett kombinationsfilter. Filtren är utbytbara eftersom de kan mättas (det vill säga bli fulla av partiklar eller liknande), och därför räknas de som förbrukningsvaror.

*Partikelfilter* måste uppfylla en viss filterprestanda för både fasta partiklar och vätskepartiklar, enligt svensk och europeisk standard (SS-EN). Filtren klassas efter hur väl de stoppar sådana partiklar. Partikelfilter finns i tre klasser: P1, P2 och P3, där P3 är den högsta klassen som alltså har högst förmåga att stoppa skadliga partiklar.

Avstånd, tid och skärmning!

## Beräkna stråldosen

När det gäller strålskydd vid en insats är det grundläggande att du håller största möjliga avstånd till strålkällan. Arbeta med lämplig skyddsutrustning under så kort tid som möjligt i riskområdet och vistas i övrigt på skyddad plats!

Tänk på att strålningen från en punktkälla sänds ut lika mycket åt alla håll. Utsläpp i form av partiklar och gas följer däremot vinden.

Doshastigheten förändras snabbt med hänsyn till avståndet, vilket medför att du utsätts för högre stråldos ju närmare strålkällan du kommer. På motsvarande sätt avtar strålningen snabbt när du tar dig längre bort från strålkällorna. När avståndet ökar till det dubbla minskar strålningen till en fjärdedel, när avståndet trefaldigas minskar doshastigheten till en niondel, och så vidare. Detta kallas för avståndslagen (kvadratlagen).

### Avståndslagen

$$D_1 \times A_1^2 = D_2 \times A_2^2$$

$D_1$  = Doshastigheten på avståndet  $A_1$ ,  $D_2$  = Doshastigheten på avståndet  $A_2$

$A_1$  = Avstånd ett,  $A_2$  = Avstånd två

Exempel: Vet du att doshastigheten från en strålkälla är  $25 \mu\text{Sv/h}$  ( $D_1$ ) på två meters avstånd ( $A_1$ ) kan du enkelt beräkna vad doshastigheten borde vara på en meter genom att sätta in siffrorna i formeln enligt:

$$25 \times 2^2 = D_2 \times 1^2$$

$$25 \times 4 = D_2 \times 1$$

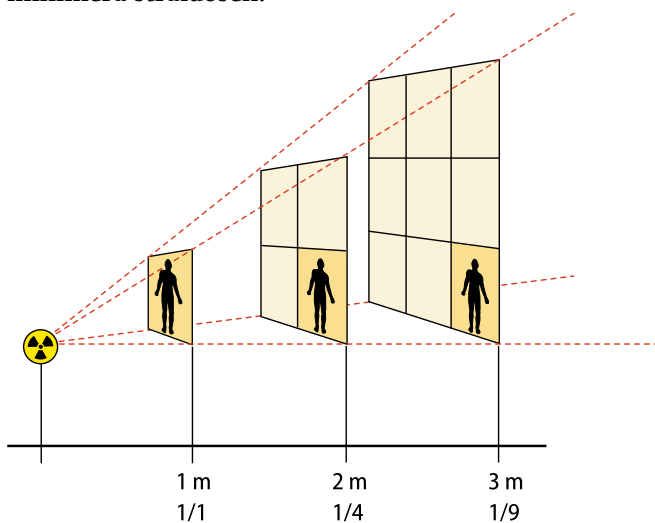
$$100 = D_2 \times 1$$

$$\frac{100}{1} = D_2$$

$$100 = D_2$$

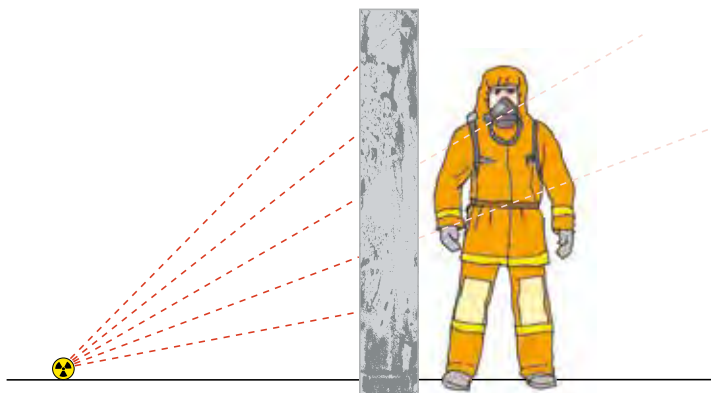
Doshastigheten en meter från strålkällan är alltså  $100 \mu\text{Sv/h}$ .

Beroende av vilka ingångsvärden du har kan du använda formeln antingen för att söka doshastigheten på ett visst avstånd eller för att söka avståndet för en viss doshastighet. Exemplet ovan visar att avståndet har stor betydelse för att minimera stråldosen.



*Kvadratlagen.*

*Tunga, täta material skyddar bäst mot joniserande strålning.*



Hantera aldrig strålkällor med händerna. Tänk på att hålla avstånd - använd tång, skyffel eller motsvarande när du flyttar ett skadat kolli på en olycksplats.

Tiden har också stor betydelse för stråldosen. Den dos du får är proportionell mot bestrålningstiden. Det innebär att när tiden fördubblas så fördubblas stråldosen.

Material med hög densitet (täthet) ger bäst skydd (skärmning). En betongvägg ger därför bättre skydd än en trävägg. Ännu bättre skydd ger metaller av olika slag. Därför brukar man oftast använda bly som strålskärm.

## Förberedelser före utryckning

- Kontrollera regelbundet mätinstrumenten intensimeter och dosimeter.
- Klargör vad man kan mäta med instrumenten (alfa-, beta- eller gammastrålning).
- Genomför utbildning och träning med insatspersonalen.

## Vid larm om olycka med radioaktiva ämnen

- Ta med mätinstrument (till exempel intensimeter SRV-2000) för att mäta joniserande strålning vid insatsen.
- Ta med persondosimetrar för insatspersonalen.
- Kontakta tjänsteman i beredskap (TiB) vid SSM och MSB.

## Åtgärder vid framkörning

Förutom att följa rutinåtgärder vid framkörning till skadestplatsen bör räddningstjänsten tidigt upprätta kontakt med

någon strålskyddsrådgivare. En sådan resurs kan förmedlas av SSM via SOS eller någon annan larmcentral redan under framkörningsskedet. Detta innebär dels att räddningsledaren kan få beslutsstöd och rådgivning redan vid ankomsten till skadeplatsen, dels att SSM blir förvarnat om att en olycka har skett redan i ett tidigt skede. SSM kan då alarmera den nationella strålskyddsberedskapen som kan ge råd och mäta strålning på platsen.

Under framkörningen ska insatspersonalen ta på branddräkt och andningsskydd (=tät klädsel) om de inte redan har gjort det, samt starta intensimetern och dosimetern.

### **Beslutsstöd för räddningsledaren**

Räddningsledaren kan få hjälp med beslutsstöd från SSM. För att SSM ska kunna ge rätt råd behöver räddningsledaren ha tillgång till olika handlingar (till exempel frakthandlingar, objektsbeskrivning och dylikt), eftersom dessa innehåller viktig information.

TiB kan ge räddningsledaren råd om hur man bör hantera det material som varit inblandat i olyckan. Hen känner också till hur man kan nå strålskyddsrådgivare närmare olycksplatsen.

Räddningsledaren bör fundera på följande:

- Vilken typ av olycka är det?
- Vilken typ av ämne och strålaktivitet?
- Förekommer läckage?
- Hur är vindriktningen?
- Finns det skadade?
- Behöver området spärras av?
- Är polis och ambulans larmade?

### **Försiktighet på skadeplatsen**

Håll alltid uppsikt efter förbuds- och varningsskyltar på skadeplatsen. Om du träffar på en varningsskylt för radioaktiva ämnen gäller det att iaktta försiktighet. Särskilt försiktig måste du vara om du träffar på smält bly, eftersom det kan innebära att en strålkälla inte längre har någon skärmning.

För att förhindra att radioaktiva ämnen kommer in i kroppen under eller efter insatsen får personalen inte dricka, äta, röka eller snusa förrän kontroll och eventuell sanering har skett.

## Handlingsregler vid räddningsinsatser

En insats vid en olycka där radioaktiva ämnen förekommer kan jämföras med insatsen vid en olycka med farliga ämnen. Samma rutiner, organisation och taktik kan användas.

Rekommenderade handlingsregler vid insats mot en olycka med radioaktiva ämnen är:

1. Kör in rätt i förhållande till vindriktningen.
2. Bär andningsskydd och tät klädsel.
3. Bär om möjligt intensimeter och dosimeter. Detta är viktigt för att bedöma vilken stråldos du kan ha utsatts för. Läs av instrumenten kontinuerligt under insatsens gång.
4. När intensimetern registrerar en förhöjd doshastighet ska du omedelbart underrätta arbetsledaren.
5. Evakuera drabbade från skadeplatsen.
6. Livrädda och för undan skadade från riskområdet.
7. Släck brand. Detta är viktigt, eftersom strålskärmar ofta består av bly som smälter redan vid 327° C. Använd släckmedel som är anpassade till det som brinner. I isotoplaboratorier på sjukhus kan man till exempel förvara radioaktiva lösningar. Där bör man om möjligt använda torra släckmedel för att förhindra att strålkällor sprids.
8. Spärra inledningsvis av minst 50 meter åt alla håll från strålkällan.
9. Mät med en intensimeter för att upptäcka om det förekommer strålning (om du har möjlighet att göra mätningar). Om doshastigheten överstiger 100  $\mu\text{Sv/h}$  inom ett område eller i ett utrymme (het zon) ska avspärrning göras, gränsen för varm zon är 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ . Tänk på att doshastigheten kan variera med både tid och plats. Därför bör du sträva efter att spärra av en väl tilltagen yta, med god säkerhetsmarginal.
10. Inventera skadeplatsen! Samla ihop oskadade föremål för sig och skadade för sig. Om du vid mätning eller visuell kontroll märker att ett skadat föremål visar tecken på läckage så ska du märka ut platsen för eventuell senare sanering. Arbetet på skadeplat-

Observera att mätinstrument som normalt finns i räddningstjänst endast registrerar gammastrålning. Även om instrumentet visar låga värden kan det finnas höga strålnivåer om ett betastrålande ämne läckt ut.

sen ska ske i samråd med en strålskyddsrådgivare, detta gäller särskilt om mätningar görs.

11. Rökdykarprotokollet kan användas som en kontrollista på den personal som arbetar inom varm och het zon. I listan antecknas uppehållstid och dos för varje person.

### Indikering och mätning

När du mäter med en intensimeter måste du vara väl förtrogen med instrumentets sätt att presentera mätresultatet. Du måste "kunna ditt instrument". En felläsning av exempelvis ett kommatecken eller en storhet ( $\mu\text{Sv} \leftrightarrow \text{mSv}$ ) ger helt fel mätresultat, vilket naturligtvis kommer att påverka beslutsunderlaget för insatsen.

När du mäter vid en strålkälla är det viktigt att du låter instrumentet "räkna färdigt" innan du läser av det. Detta gäller speciellt "långsamma" instrument som till exempel SRV-2000. Du måste hålla instrumentet stilla på samma avstånd från strålkällan under hela den tid det tar att stabilisera sig, vilket tar upp till en minut. Detta medför att du måste närma dig strålkällan försiktigt för att inte få för hög

Räddningspersonalen ska turas om så att ingen utsätts för högre dos än 50 mSv, om det inte gäller en livräddande insats.



*Flyttning av kולי med spade.*



Mätning med intensimeter SRV-2000 kräver god kunskap om instrumentet och god förmåga att utvärdera mätresultatet.

dos. För att få ett noggrannare mätvärde bör du mäta under fem till tio minuter. Du kan med fördel placera instrumentet oskärmat på exempelvis en hink, så att du kan avlägsna dig från strålkällan och därmed minska stråldosen. Om det är risk för att instrumentet kan komma i direktkontakt med det radioaktiva ämnet, exempelvis en radioaktiv vätska, bör du ha en plastpåse runt instrumentet, så att det inte blir förorenat. Det finns annars en risk för att det radioaktiva ämnet påverkar instrumentet, som då kommer att visa fel mätvärden.

### **Särskilda åtgärder vid brand**

Vid en brand används ett lämpligt släckmedel, beroende på vad det är som brinner. Du bör tänka på att släckmedlet kan späda ut det radioaktiva ämnet och risken finns att det radioaktiva ämnet kan transporteras till avloppet och ut i miljön. Vid så kallad sorption av radioaktivt material måste du också vara medveten om att det radioaktiva materialet enbart har förflyttat sig till sorbenten och inte neutraliserats på något annat sätt.

### **Sanering av personer och materiel**

Sanering innebär att personer eller materiel som har befunnit sig på eller nära skadeplatsen ska saneras från eventuella radioaktiva ämnen. Olika aktörer har ansvar för olika delar av saneringen.

Räddningstjänsten har ansvar för den livräddande personsaneringen och sanering av insatspersonal och materiel.

Den livräddande personsaneringen går ut på att avbryta exponeringen av ett farligt ämne på en drabbad person samt göra personen klar för vidare transport till sjukhus eller liknande. Saneringen av insatspersonal och materiel ska göras för att det farliga ämnet inte ska spridas vidare utanför skadeplatsen. Sjukvården å sin sida kan göra en så kallad fullständig personsanering, antingen med egen personal som finns på olycksplatsen, eller enligt avtal med hjälp av räddningstjänsten. Den fullständiga saneringen kan också genomföras vid sjukvårdens saneringsenheter.

### **Livräddande personsanering**

Livräddande personsanering utförs av räddningstjänsten, för att rädda liv genom att avbryta exponeringen för ämnet. Detta gör man enklast genom att flytta den drabbade från strålkällan och ta bort ämnet från honom eller henne. Därefter kan sjukvården starta sitt omhändertagande. Det är viktigt att den livräddande insatsen genomförs snabbt, och räddningstjänsten ska alltså inte vänta på att sjukvårdspersonalen kommer till platsen. Den livräddande personsaneringen gör man alltid på en plats strax utanför den heta zonen.

Arbetsgången vid livräddande personsanering följande:

1. Flytta den drabbade från strålkällan till utkanten av den heta zonen.
2. Ge personen medicinsk hjälp.
3. Ta av kläderna på den drabbade (utan att dra kläderna över huvudet). Underkläderna kan behållas på.
4. Svep in personen i filter.
5. Invänta transport till sjukhus.

Även om den drabbade fortfarande kan gå själv bör det finnas räddningspersonal på plats som kan ge råd och stöd. I samband med den livräddande personsaneringen är det viktigt att sortera och märka alla kläder och tillhörigheter, både för den drabbades skull och med tanke på det polisarbete som kan bli aktuellt.

### **Fullständig personsanering**

En fullständig personsanering innebär att man tar bort det farliga ämnet, så att skadeverkan på personen upphör och så att det inte finns någon risk att omgivningen kontamineras. Behovet av fullständig personsanering styrs av hur farligt ämnet är. Det är sjukvårdspersonalen som ansvarar för att den fullständiga personsaneringen genomförs, i skadeområdet eller på ett sjukhus.

I vissa sällsynta fall krävs ett mycket snabbt ingripande, till exempel när ett ämne inte är vattenlösligt och samtidigt är mycket farligt. I sådana fall utför räddningstjänsten även

den fullständiga personsaneringen, eftersom det då är en livräddande personsanering. Båda organisationerna måste alltså kunna genomföra en fullständig personsanering, för att deras förmåga ska vara överlappande.

### **Sanering av insatspersonal och utrustning**

Om insatspersonalen och deras utrustning har utsatts för en förorening ska de gå till saneringsområdet för insatspersonal. Detta finns i anslutning till baspunkten, på gränsen mellan varm och kall zon. Saneringsområdet kan se olika ut beroende på ämnets egenskaper samt väder och vind. Insatspersonalen ska där ta av sig sin skyddsutrustning och den ska läggas i platsäckar. Dessa säckar placeras tillräckligt långt bort så att de inte stör kontrollmätningen av insatspersonalen.

Efter varje insats bör insatspersonalen duscha, och det gör man ofta på stationen efteråt. Vid vissa tillfällen måste däremot hela saneringen göras på skadeplatsen, till exempel efter en livräddande insats i branddräkt.

### **Exempel på instruktion för sanering av insatspersonal**

Insatspersonal kan i vissa situationer där omfattningen av kontaminerad personal är stor även assistera vid personlig sanering. För större och mer omfattande händelser bör det dock avdelas separat personal för mätning av personlig kontamination respektive för mätning vid saneringskontroll. Den senare uppgiften kräver mer resurser då även resultatet av varje sanering måste kontrolleras och dokumenteras.

Var uppmärksam på att all materiel som används vid saneringsarbetet kan bli kontaminerade och skall behandlas enligt detta.

Sanering av insatspersonal genomförs på fem olika platser (stationer) i olika steg som redovisas nedan.

Platserna är följande:

1. Väntplats.
2. Mätplats 1.
3. Avklädning.
4. Tvättning med tvål och vatten, dusch.
5. Mätplats 2.

## Exempel på utrustning för personsaneringsplats

- Handdukar
- Tvål eller såpa
- Mjuk borste
- Såppulver eller liknande hudrengöringsmedel som används inom industrin
- Byggplats
- Plastsäckar
- Avspärrningsband
- Varningslappar för kontaminerad utrustning
- Vattendimmer munstycke
- Trycksatt kallt vatten
- Intensimeter med betasond Instruktionsbok till intensimetern
- Extra batterier till all använd materiel som används
- Pennor
- Dokumentation för personkontaminationskontroll
- Skrivplattor
- Gladpack
- Påsar för värdesaker
- Etikett för smittförande avfall
- Tusch pennor
- Saxar
- Håltång

## Exempel på utrustning för all personal som bemannar personsaneringsplats

- Direktvisande persondosimeter
- Heltäckande skyddsmask med partikelfilter P3
- Engångsoveraller med huva
- Fotskydd
- Stövlar
- Skyddshandskar av gummi

## Utförande

### Steg 1

Funktionskontroll av instrument som skall användas.

Kontrollera så att:

- Intensimetern inte har fysiska skador.
- Kalibreringen fortfarande gäller. (Kontroll-lapp skall finnas på instrumentet max två år från kalibrering datum)
- Batteriet är ok.
- Intensimetern uppför sig normalt när den sätts igång (om den inte gör det använd ett annat instrument).

### Steg 2

Använd intensimeter med betasond och koppla gärna hörlurar till den så att du hör sondens ljud. Instrumentets digitala display har en eftersläpning medan förändringen i ljud är direkt.

Skydda instrumentet med tunt lager plastfolie.

### Steg 3

Mät och notera bakgrundsstrålningen på mätplats 1. Bakgrundsmätningar skall sedan göras kontinuerligt på platsen man valt.

### Steg 4

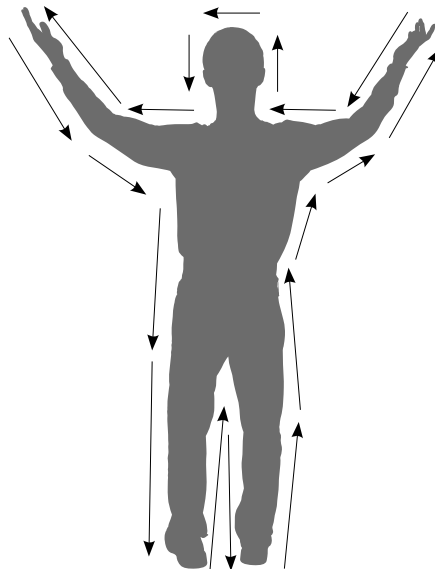
Upprätta saneringsplats.

### Steg 5

Be personalen att vänta vid första vänt platsen utan att ta av sig någon utrustning.

Kalla fram personalen en och en och gör första mätningen enligt nedan.

Placera mätsondens mätfönster på ungefär 1 centimeters avstånd från personens kropp och var noggrann med att *inte* vidröra hen. Börja på toppen av huvudet och för sonden neråt på ena sidan av halsen över skuldran, axeln, armen, handleden, handen, underarmen, armhålan, bålens sida, benet och fot eller sko. Mät insidan av benet och slutligen resterande delen av kroppen i omvänd ordning. Mät sedan fram och baksida av kroppen. Var särskilt uppmärksam på fötter, stjärt, armbågar, händer och ansikte. Sonden skall föras med en hastighet av ungefär 5 cm per sekund. All



Rörelseschema vid mätning av person.



Alla kläder som tas av placeras i plastsäckar som senare tas hand om med hjälp av strålskyddskunnig personal.

#### *Steg 7*

Vid sanering av personal (dusch-momentet i flödesschemat) skall man följa rekommendationer för personsanering.

#### *Steg 8*

När personalen har sanerats enligt flödesschemat skickas i fyllda formulär för kontaminations kontroll av insatspersonal till strålskyddsansvarig inom sjukvården. Vidare uppföljning av personal skall göras i samarbete med sjukvården.

#### *Resultat och dokumentation*

För att hjälpa de som ska göra uppföljningen är det viktigt att värden på direktvisande dosimetrar dokumenteras. Det är också viktigt att dokumentera hur hög aktivitet som uppmättes före och efter sanering. Dessa värden ska dokumenteras med hjälp av formulär för kontaminationskontroll av insatspersonal.

### **Saneringskontroll efter insatsen**

Om man misstänker att personer kan ha kommit i kontakt med radioaktiva ämnen så gör man en saneringskontroll efter insatsen. Detta gör man för att avgöra om en personsanering är nödvändig. Då är det lämpligt att använda ett instrument som kan mäta både gamma- och betastrålning. En intensimeter som bara kan mäta gammastrålning kan nämligen inte "upptäcka" betastrålning. Intensimetrar som mäter gammastrålning kan ibland kompletteras med en yttre anslutning för en betasond.

### **Omhändertagande av materiel och vatten**

Alla radioaktivt förorenade föremål på skadeplatsen ska läggas i tätslutande förpackningar och förvaras på en avskild plats. Räddningsledaren ska rådgöra med strålskyddsrådgivaren om hur man sedan ska ta hand om materialet. Räddningstjänsten ska även ta hand om uppsamlat vatten och göra en kontrollmätning. Om strålningsnivån är för hög så ska de ta hand om vattnet enligt strålskyddsrådgivarens anvisningar.





## Efter insatsen

Läs av på dosimetern hur stor stråldos insatspersonalen har utsatts för och registrera värdet. Om man inte har använt en dosimeter måste man beräkna dosen för varje individ. Beräkningen görs genom att man tar den högsta uppmätta doshastigheten gånger den tid som individen exponerades för strålkällan.

Exempel:

Högsta uppmätta värde 20  $\mu\text{Sv/h}$

Arbetsinsats 30 minuter

$20 \times 0,5 = 10$

Erhållen dos 10  $\mu\text{Sv}$

Efter insatsen ska räddningsledaren rådgöra med SSM eller annan strålskyddsrådgivare om det fortsatta arbetet, till exempel omhändertagandet av kollin och övrigt material.

Efter en olycka är det verksamhetsutövarens eller transportörens skyldighet att ansvara för saneringen. Även de bör rådgöra med en strålskyddsrådgivare.

# Ordlista

**Absorberad dos:** Den mängd strålningsenergi per viktenhet som en bestrålad kropp tar upp. Enheten för absorberad dos är gray (Gy).  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule/kg (J/kg)}$ .

**ADR:** ADR är en europeisk överenskommelse om vägtransporter av farligt gods. Franska: *Accord européen relatif au transport international des marchandises par route*. Engelska: *European Agreement Concerning the international Carriage of Dangerous Goods by Road*. ADR-S är den svenska föreskriften.

**Anrikat uran:** Uran som har en högre andel uran-235 än naturligt uran (räknat i viktprocent). Jämför **naturligt uran**.

**Aktivitet:** Den fysikaliska storhet som anger antalet radioaktiva sönderfall per tidsenhet. Enheten för aktivitet är Becquerel (Bq).  $1 \text{ Bq} = \text{ett sönderfall per sekund}$ .

**Akut strålsjuka:** Uppstår när levande vävnad får en stråldos som är så hög att ett stort antal celler förstörs och organets eller vävnadens funktion skadas.

**Alfastrålning ( $\alpha$ ):** En ström av **alfapartiklar**. Denna partikelström sänds ut från vissa tunga atomkärnor som då kallas alfastrålare. Alfastrålning tränger inte genom huden, men utgör en stor strålningsrisk om det alfastrålande ämnet på annat sätt kommer in i kroppen.

**Alfapartikel:** En alfapartikel består av två protoner och två neutroner. Alfapartikel slungas ut med hög energi, men når endast någon centimeter i luft.

**Alunskiffer:** Svart lerskiffer som innehåller relativt höga halter av metaller, jämfört med vanliga lerskiffrar.

**Americium:** Grundämnet americium (Am) förekommer inte fritt i naturen. Americium -241 är en av de vanligaste industristrålkällorna och den sänder ut alfastrålning. Halveringstiden är 433 år.

**Antimateria:** Antimateria är motsatsen till vanlig materia. Det finns en antipartikel för varje vanlig partikel: till exempel protoner–antiprotoner, neutroner–antineutroner och elektroner–positroner.

**Anrikning:** Separering av olika ämnen för att öka koncentrationen av ett specifikt ämne. Till exempel anrikas uran-235 från den naturliga halten 0,7 procent till 2,5–4,9 procent.

**Atom:** Den minsta delen av ett grundämne, som uppvisar de för grundämnet karaktäristiska kemiska egenskaperna. Innehåller protoner, neutroner och elektroner.

**Atomnummer:** Antalet protoner i ett ämnes atomkärna.

**Atomvikt:** Viktat medelvärde av atomernas massor i ett grundämne, uttryckt i atommassenheten. Betecknas u.

**Avklingning:** Minskningen av ett radioaktivt ämnes aktivitet med tiden. Kallas även halveringstid.

**Avståndslagen:** Innebär att doshastigheten avtar med kvadraten på avståndet till strålkällan. Kallas även kvadratlagen.

**Bakgrundsstrålning:** Naturlig strålning från omgivningen, till exempel den kosmiska strålningen och strålningen från berggrunden.

**Betapartikel:** Elektriskt laddad partikel som slungas ut från atomkärnan vid radioaktivt sönderfall.

**Betastrålning:** Joniserande strålning bestående av betapartiklar. Betastrålning har kort räckvidd. Vid yttre bestrålning av kroppen kommer endast huden och de närmaste millimetrarna under denna att påverkas.

**Becquerel (Bq):** Antal sönderfall/sekund, enheten som anger det radioaktiva ämnets aktivitet. Anges ofta i Bq/kg, Bq/l eller Bq/m<sup>3</sup> (efter Henri Becquerel, 1852–1908, fransk fysiker som upptäckte den naturliga radioaktiviteten år 1896).

**Biologisk halveringstid:** Avser den tid det tar för ett radioaktivt ämne att utsöndras till sin halva mängd ur ett organ eller en levande organism.

**CBRN:** Förkortning för kemiska, biologiska, radiologiska och nukleära hot och risker.

**Cesium (Cs):** Metalliskt grundämne. Isotopen Cs-137 avger beta- och gammastrålning, halveringstiden är 30 år. Cs-137 är mycket vanlig inom industri och medicin i formen cesiumklorid (CsCl).

**Comptonspridning:** En stötprocess där fotoner kolliderar med elektroner. Energi och rörelsemängd är samma före som efter stöten.

**cps:** Förkortning av engelskan *counts per second*, impulser per sekund.

**Detektor:** I strålskyddssammanhang en sensor som registrerar strålning.

**Deuterium:** Tungt väte ( $^2\text{H}$ ). En isotop av väte med en proton och en neutron i kärnan.

**DNA:** Molekyler i cellerna som bär arvsanlagen. Ett annat namn för arvsanlagen är gener. DNA är en förkortning av deoxiribonukleinsyra.

**Dos:** Se stråldos.

**Doshastighet:** Strålningens doshastighet är stråldosen per tidsenhet. Den anges i sievert per timme (Sv/h).

**Dosimeter:** Utrustning som registrerar den stråldos dosmätaren utsätts för. Persondosmätare används vid arbete med joniserande strålning för att man ska kunna registrera persondoser.

**Dosrat:** Se doshastighet.

**Effektiv dos:** Summan av alla doser viktade mot de aktuella strålslagens biologiska verkan och de olika organens känslighet för strålning. Mäts i enheten sievert (Sv).

**Effektiv halveringstid:** Tiden det tar för mängden av ett radioaktivt ämne i ett system att minska till hälften, såväl genom radioaktivt sönderfall som genom andra processer, till exempel biologisk utsöndring.

**Ekvivalent dos:** Absorberad dos till ett organ eller vävnad, viktad mot faktorer som tar hänsyn till de aktuella strålslagens biologiska verkan. Mäts i enheten sievert (Sv).

**Elektronskal:** Elektronerna i en atom delas in i olika energinivåer, skal. I skalet närmast kärnan, K-skalet, är elektronerna starkast bundna.

**Elektronvolt (eV):** En elektronvolt är den rörelseenergi som en elektron vinner när den accelereras genom en spänningskillnad på en volt.

**Elektromagnetisk strålning:** Strålning bestående av vågrörelser med både elektriska och magnetiska egenskaper. De olika typerna av elektromagnetisk strålning skiljer sig åt genom att de har olika våglängder. Exempel är gammastrålning, infraröd strålning, ljusstrålning, ultraviolet strålning och värmestrålning.

**Excitera:** Energi tillförs en atom så att en elektron flyttar ut till ett skal som innehåller mer energi. När elektronen går tillbaka till sitt grundtillstånd utsänds överskottsenergi i form av elektromagnetisk strålning, som kan vara synligt ljus.

**Exponering:** I strålskyddssammanhang innebär exponering att ett objekt utsätts för joniserande strålning.

**Extern bestrålning:** Bestrålning från strålkällor som finns utanför kroppen.

**Fria radikaler:** Molekyler eller atomer som har ett udda antal elektroner i sitt yttre skal. Fria radikaler är ytterst reaktiva i förhållande till varandra eller andra atomer eller molekyler.

**Fusion:** Kärnsammanslagning, reaktion mellan två lätta atomkärnor, som leder till att en ny atomkärna med större massa bildas. Samtidigt frigörs stora mängder energi.

**Fysikalisk halveringstid:** Se halveringstid.

**Gammakonstant:** Ett fast värde som finns för alla gammastrålande nuklider och används för att uppskatta stråldosen.

**Gammastrålning:** Elektromagnetisk strålning vid radioaktivt sönderfall. Betecknas med den grekiska bokstaven "gamma" ( $\gamma$ ).

**Geiger-Müllerrör (GM-rör):** Detektor för joniserande strålning.

**Gray:** SI-enheten (standardenheten) för absorberad dos (efter Louis Harold Gray, 1905–1965, engelsk strålbilolog).

**Halveringstid:** Den tid det tar för hälften av antalet atomkärnor i ett radioaktivt ämne att sönderfalla. Kallas även fysikalisk halveringstid.

**Helkroppsdos:** Stråldos som getts till större delen av kroppen.

**IAEA:** Internationella atomenergiorganet, *International Atomic Energy Agency*.

**ICAO-TI:** International Civil Aviation Organization - Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air. Bestämmelserna i ICAO-TI innefattar bland annat klassificering, förpackning, märkning, etikettering, dokumentation, stuvning och separation för flygtransport av förpackat farligt gods.

**Icke joniserande strålning:** Strålning som inte ger upphov till jonisation. Icke joniserande strålning omfattar optisk, radiofrekvent och lågfrekvent strålning, elektriska och magnetiska fält samt ultraljud.

**ICRP:** Förkortning för *International Commission on Radiological Protection*, den internationella strålskyddskommissionen, som bildades i Stockholm 1928.

**IMDG:** International Maritime Dangerous Goods Code. Bestämmelserna i IMDG-koden innefattar bland annat klassificering, förpackning, märkning, etikettering, dokumentation, stuvning och separation för sjötransport av förpackat farligt gods

**INES:** International Nuclear and Radiological Event Scale. Det är en internationell skala som används för att kommunicera säkerhetsbetydelsen av kärnkrafts- och strålningsrelaterade händelser till allmänheten och medierna. Skalan är 7-gradig, 1-3 kallas incidenter och 4-7 kallas olyckor.

**Infraröd strålning:** Optisk (elektromagnetisk) strålning, vars våglängder ligger mellan det synliga röda ljuset och mikrovågor.

**Intensimeter:** Mätinstrument för joniserande strålning. Mäter doshastigheten.

**Intern bestrålning:** Bestrålning från radioaktiva ämnen som kommit in i kroppen.

**Isotoper:** Varianter av samma grundämne som skiljer sig genom antalet neutroner i atomkärnan.

**Jodtablett:** Tablett som innehåller vanlig icke radioaktiv jod.

**Jonisation:** Innebär att en eller flera elektroner i en atom tas bort eller läggs till så att atomen får en positiv eller negativ laddning, det vill säga blir en jon.

**Joniserande strålning:** Ett samlingsbegrepp för strålning som har förmågan att slå ut elektroner ur atomer, vilket förvandlar atomerna till joner. Joniserande strålning kan antingen vara elektromagnetisk strålning (ultraviolet, röntgen- och gammastrålning) eller partikelstrålning (alfa-, beta- och neutronstrålning).

**Joule:** Enheten för energi. Förkortas J. 1 Joule = 1 wattsekund (Ws).

**Kilo-:** Prefix till måttenheter. Förkortas k. Kilo =  $10^3$  (1 000).

**Klyvbart ämne:** Med klyvbart ämne avses uran-232 och 235, plutonium-238, 239 och 241 samt varje kombination av dessa.

**Kokvattenreaktor:** Den i Sverige vanligaste reaktortypen.

**Kol-14:** Metod för att åldersbestämma organiskt material.

**Kosmisk strålning:** Joniserande strålning från yttre rymden och solen.

**Kriticitet:** Tillstånd när en tillräckligt stor mängd klyvbart material samlats, och en självgående kärnklyvning kan påbörjas.

**Kvadratlagen:** Annan beteckning för avståndslagen.

**Kärnklyvning:** Delning av en tung atomkärna i två eller flera ungefär lika tunga delar. Kallas även fission.

**Kärnkraftverk:** Kraftverk som använder kärnreaktorer för produktion av elenergi.

**Kärnteknisk anläggning:** Reactorer och anläggningar där kärnavfall eller kärnämne hanteras, lagras eller slutförvaras.

**Kärnvapen:** Vapen i vilka verkansdelen utnyttjar energi från kärnreaktioner.

**Masstal:** Summan av antalet protoner och neutroner i en atomkärna.

**Mega-:** Prefix till måttenheter. Förkortas M. Mega =  $10^6$  (1 000 000).

**Mikro-:** Prefix till måttenheter. Förkortas m (grekiska bokstaven "my"). Mikro =  $10^{-6}$  (0,000 001).

**Mikrovågor:** Elektromagnetisk strålning i frekvensområdet 300 MHz – 300 GHz.

**Miljödosekvivalent:** Miljödosekvivalent är en hjälpstorhet som används som ersättning för effektiv dos vid praktiska mätningar. Moderna instrument för att mäta strålning är kalibrerade i miljödosekvivalenter.

**Milli-:** Prefix till måttenheter. Förkortas m. Milli =  $10^{-3}$  (0,001).

**Molekyl:** Sammansättning av atomer som är bundna till varandra.

**Nano-:** Prefix till måttenheter. Förkortas n. Nano =  $10^{-9}$  (0,000 000 001).

**Naturligt uran:** Består av 99,28 procent U-238, 0,72 procent U-235 och 0,00 procent U-234.

**Neutron:** Elektriskt neutral partikel. Den ingår i atomkärnor men kan också förekomma fritt.

**Neutronstrålning:** Joniserande partikelstrålning, som uppstår vid kärnklyvning.

**Nivåvakt:** Industriell mätutrustning som utnyttjar gammastrålning för att avgöra mängden (nivån) av innehåll i en behållare.

**Nuklid:** Atomkärna.

**Nuklidbeteckning:** Anger namnet på ett specifikt radioaktivt ämne. Består av kemisk beteckning och nummer. Exempel: Co-60.

**Persondosmätare:** Se dosimeter.

**Peta-:** Prefix till måttenheter. Förkortas P. Peta =  $10^{12}$  (1 000 000 000 000 000).

**Piko-:** Prefix till måttenheter. Förkortas p. Piko =  $10^{-12}$  (0,000 000 000 001).

**Plutonium (Pu):** Metalliskt grundämne. I naturen finns det bara i mikroskopiska mängder.



**Polonium-affären:** Aleksandr Litvinenko avled 2006 efter att troligen ha förgiftats av det radioaktiva ämnet Polonium 210.

**Positron:** Positron är elektronens antipartikel. Den har samma massa som elektronen och har en lika stor men motsatt laddning. När en positron och en elektron kolliderar förintas båda och resulterar i två gammafotoner

**Proton:** Positivt laddad partikel i atomkärnan. Det är antalet protoner i kärnan som bestämmer grundämnet.

**Radionuklid:** Radioaktiv nuklid.

**Radium (Ra):** Radioaktivt grundämne.

**Radon (Rn):** Radon är en ädelgas. När radon sönderfaller bildas nya radioaktiva ämnen, de så kallade radondöttrarna. Radondöttrar är partiklar av metaller. De fastnar på dammpartiklar och aerosoler och följer med andningsluften in i lungorna, där de kan fastna.

**RID:** En europeisk överenskommelse för transport av farligt gods på järnväg. Franska: *Règlement concernant le transport International ferroviaire de marchandises Dangereuses*. Engelska: *International Rule for Transport of Dangerous Substances by Railway*. RID-S är den svenska föreskriften.

**Röntgenrör:** Ett röntgenrör innehåller två elektroder: en katod och en anod.

**Röntgenstrålning:** Genomträngande elektromagnetisk strålning som alstras utanför atomkärnan. Dess våglängd är mycket kortare än våglängden hos synligt ljus.

**Sanering:** åtgärder för att avlägsna skadliga ämnen från personer, miljö och föremål.

**Sievert (Sv):** Enhet för ekvivalent dos (efter Rolf Sievert, 1896–1966, svensk fysiker. Sievert var chef för Svenska strålskyddsmyndigheten 1941–1965. Han var med och grundade ICRP 1928).

**Sluten strålkälla:** Radioaktivt ämne som är fast bundet i ett massivt icke radioaktivt material eller är inneslutet i en icke radioaktiv kapsel som är tillräckligt stark för att hindra spridning av det radioaktiva ämnet.

**Smutsig bomb:** En konventionell bomb som sprider radioaktiva ämnen.

**SSM:** Förkortning för Strålsäkerhetsmyndigheten.

**Strålkänslighet:** Graden av känslighet hos levande vävnad för joniserande strålning.

**Strålning:** Överföring av energi.

**Strålskador:** Skada på biologiskt system orsakad av joniserande strålning.

**Strålskyddsförordningen:** Strålskyddsförordningen är regeringens föreskrifter och bildar ett komplement till strålskyddslagen.

**Sönderfall:** Spontan omvandling av en atomkärna.

**UN-nummer:** Ett fyrsiffrigt nummer som identifierar farliga ämnen och produkter. Nummersystemet används inom internationell handel och styrs av en underavdelning till FN.

**Sönderfallsserie:** Den följd av radioaktiva sönderfall som pågår till dess att en stabil nuklid bildats.

**Tera-:** Prefix i namn på måttenheter. Förkortas T. Tera =  $10^{12}$  (1 000 000 000 000).

**Tjockleksmätare:** Industriell mätutrustning för kontroll av materialtjocklek i tillverkningsprocesser.

**Tjänsteman i beredskap (TiB):** Beredskapsfunktion vid myndigheter.

**Termoluminiscensdosmätare (TLD):** Persondosmätare för att mäta den absorberade stråldosen över en viss tid.

**Toxicitet:** Giftighet.

**Transportindex:** Tal som tilldelas ett kolli för att ange dess farlighetsgrad.

**Transportkort:** Skriftlig instruktion.

**Tritium:** En radioaktiv väteisotop. Dess kärna består av en proton och två neutroner.

**Tryckvattenreaktor (PWR):** Två av reaktorerna vid Ringhals är tryckvattenreaktorer.

**Undantaget kolli:** Kolli, som innehåller begränsade aktiviteter och som har låga strålnivåer på utsidan, och därför kan sändas utan utvändigt märkning av kollin (paket).

**Öppen strålkälla:** Radioaktivt ämne som inte är permanent inneslutet i en kapsel av icke radioaktivt material och inte heller är fast bundet till ett icke radioaktivt material som hindrar spridning av det radioaktiva ämnet.

## Källförteckning

IEAE 2006, *Manual for First Responders to a Radiological Emergency*

Mats Isaksson 2011, *Grundläggande strålningsfysik*. Lund Studentlitteratur ISBN 978-91-44-06619-6

Myndighetsgemensam rapport "Den svenska beredskapen för radiologiska och nukleära olyckor 2015", ISBN 978-917253-397-4.

Rikstermbanken [www.rikstermbanken.se](http://www.rikstermbanken.se)

## Vill du läsa mer?

ADR-S, *Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*, MSBFS 2011:1.

CRISIS 2011, *Evacuation responsiveness by government organisations*, ISBN 978-1-85449-486-3

Hans Källström och Conny Jebens 2011 *Teknik vid olyckor med farliga ämnen* MSB308, ISBN 978-91-7383-158-1

IAEA safety standards series. *Regulations for the Safe Transport of Radioactive material*. 2009 Edition.

ICRP 2005, *Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack*, ISBN 008-044-6256

IEAE 2006, *Manual for First Responders to a Radiological Emergency*

Mats Isaksson 2011 *Grundläggande strålningsfysik* Lund Studentlitteratur ISBN 978-91-44-06619-6

RID-S, *Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*, MSBFS 2011:2.

SSM webbplats, [www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se) Återkoppling av oplanerade händelser.

## **Bildförteckning**

Illustrationer:

Stefan Jönsson, MSB, sidan 79, 80, övriga Per Hardestam.

Foton:

Petar Petrov, Scanpix, omslagsbilden.

Maria Christiansson, sidan 46.

SSM, sidan 51, 57.

Brandweer Antwerpen, sidan 65.

Hans Källström, sidan 67, 68.

Louise Finck, sidan 71.



# Checklista vid olycka med radioaktiva ämnen

## Vid larm

- Ta med mätinstrument, intensimeter och dosimeter.
- Tjänstman i beredskap (TiB) på SSM och MSB kan kontaktas för rådgivning.

## Under framkörningen

- Vilken typ av olycka är det? Transport-, industri- eller sjukhusolycka?
- Vilken typ av radioaktivt ämne finns på skadeplatsen?
- Förekommer läckage?
- Hur är vindriktningen?
- Är någons liv i fara, finns det skadade?
- Är polis och ambulans larmade?
- Ta på branddräkt och andningsskydd (= tät klädsel).
- Starta mätinstrumenten.

## Under insatsen

- Kör in rätt i förhållande till vindriktningen.
- Bär andningsskydd och tät klädsel.
- Bär om möjligt intensimeter och dosimeter
- Läs av instrumenten kontinuerligt under insatsens gång.
- När intensimetern registrerar en förhöjd doshastighet ska du omedelbart underrätta arbetsledaren.
- Evakuera drabbade från skadeplatsen.
- Livrädda och för undan skadade från riskområdet.
- Släck brand.
- Avspärra inledningsvis minst 50 meter åt alla håll från strålkällan.
- Mät med intensimeter för att upptäcka om det förekommer strålning.
- Om doshastigheten överstiger 100  $\mu\text{Sv/h}$  inom ett område eller i ett utrymme, ska avspärrning göras (het zon), gränsen för varm zon är 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ .

- Inventera skadeplatsen! Samla ihop oskadade föremål för sig och skadade för sig.
- Rökdykarprotokoll ska föras, som kan användas som en kontrollista på den personal som arbetar inom varm och het zon. I listan antecknas uppehållstid och dos för varje person.

### **Efter insatsen**

- Rådgör med SSM eller annan strålskyddsrådgivare om det fortsatta arbetet.
- Sanera vid behov (efter samråd med strålskyddsrådgivare).
- Avläs erhållen dos för insatspersonalen och registrera den.

# Checklista vid olycka med radioaktiva ämnen

## Vid larm

- Ta med mätinstrument, intensimeter och dosimeter.
- Tjänstman i beredskap (TiB) på SSM och MSB kan kontaktas för rådgivning.

## Under framkörningen

- Vilken typ av olycka är det? Transport-, industri- eller sjukhusolycka?
- Vilken typ av radioaktivt ämne finns på skadeplatsen?
- Förekommer läckage?
- Hur är vindriktningen?
- Är någons liv i fara, finns det skadade?
- Är polis och ambulans larmade?
- Ta på branddräkt och andningsskydd (= tät klädsel).
- Starta mätinstrumenten.

## Under insatsen

- Kör in rätt i förhållande till vindriktningen.
- Bär andningsskydd och tät klädsel.
- Bär om möjligt intensimeter och dosimeter
- Läs av instrumenten kontinuerligt under insatsens gång.
- När intensimetern registrerar en förhöjd doshastighet ska du omedelbart underrätta arbetsledaren.
- Evakuera drabbade från skadeplatsen.
- Livrädda och för undan skadade från riskområdet.
- Släck brand.
- Avspärra inledningsvis minst 50 meter åt alla håll från strålkällan.
- Mät med intensimeter för att upptäcka om det förekommer strålning.
- Om doshastigheten överstiger 100  $\mu\text{Sv/h}$  inom ett område eller i ett utrymme, ska avspärrning göras (het zon), gränsen för varm zon är 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ .



- ❑ Inventera skadeplatsen! Samla ihop oskadade föremål för sig och skadade för sig.
- ❑ Rökdykarprotokoll ska föras, som kan användas som en kontrollista på den personal som arbetar inom varm och het zon. I listan antecknas uppehållstid och dos för varje person.

### **Efter insatsen**

- ❑ Rådgör med SSM eller annan strålskyddsrådgivare om det fortsatta arbetet.
- ❑ Sanera vid behov (efter samråd med strålskyddsrådgivare).
- ❑ Avläs erhållen dos för insatspersonalen och registrera den.

# Checklista vid olycka med radioaktiva ämnen

## Vid larm

- Ta med mätinstrument, intensimeter och dosimeter.
- Tjänstman i beredskap (TiB) på SSM och MSB kan kontaktas för rådgivning.

## Under framkörningen

- Vilken typ av olycka är det? Transport-, industri- eller sjukhusolycka?
- Vilken typ av radioaktivt ämne finns på skadeplatsen?
- Förekommer läckage?
- Hur är vindriktningen?
- Är någons liv i fara, finns det skadade?
- Är polis och ambulans larmade?
- Ta på branddräkt och andningsskydd (= tät klädsel).
- Starta mätinstrumenten.

## Under insatsen

- Kör in rätt i förhållande till vindriktningen.
- Bär andningsskydd och tät klädsel.
- Bär om möjligt intensimeter och dosimeter
- Läs av instrumenten kontinuerligt under insatsens gång.
- När intensimetern registrerar en förhöjd doshastighet ska du omedelbart underrätta arbetsledaren.
- Evakuera drabbade från skadeplatsen.
- Livrädda och för undan skadade från riskområdet.
- Släck brand.
- Avspärra inledningsvis minst 50 meter åt alla håll från strålkällan.
- Mät med intensimeter för att upptäcka om det förekommer strålning.
- Om doshastigheten överstiger 100  $\mu\text{Sv/h}$  inom ett område eller i ett utrymme, ska avspärrning göras (het zon), gränsen för varm zon är 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ .

- Inventera skadeplatsen! Samla ihop oskadade föremål för sig och skadade för sig.
- Rökdykarprotokoll ska föras, som kan användas som en kontrollista på den personal som arbetar inom varm och het zon. I listan antecknas uppehållstid och dos för varje person.

### **Efter insatsen**

- Rådgör med SSM eller annan strålskyddsrådgivare om det fortsatta arbetet.
- Sanera vid behov (efter samråd med strålskyddsrådgivare).
- Avläs erhållen dos för insatspersonalen och registrera den.

# Checklista vid olycka med radioaktiva ämnen

## Vid larm

- Ta med mätinstrument, intensimeter och dosimeter.
- Tjänstman i beredskap (TiB) på SSM och MSB kan kontaktas för rådgivning.

## Under framkörningen

- Vilken typ av olycka är det? Transport-, industri- eller sjukhusolycka?
- Vilken typ av radioaktivt ämne finns på skadeplatsen?
- Förekommer läckage?
- Hur är vindriktningen?
- Är någons liv i fara, finns det skadade?
- Är polis och ambulans larmade?
- Ta på branddräkt och andningsskydd (= tät klädsel).
- Starta mätinstrumenten.

## Under insatsen

- Kör in rätt i förhållande till vindriktningen.
- Bär andningsskydd och tät klädsel.
- Bär om möjligt intensimeter och dosimeter
- Läs av instrumenten kontinuerligt under insatsens gång.
- När intensimetern registrerar en förhöjd doshastighet ska du omedelbart underrätta arbetsledaren.
- Evakuera drabbade från skadeplatsen.
- Livrädda och för undan skadade från riskområdet.
- Släck brand.
- Avspärra inledningsvis minst 50 meter åt alla håll från strålkällan.
- Mät med intensimeter för att upptäcka om det förekommer strålning.
- Om doshastigheten överstiger 100  $\mu\text{Sv/h}$  inom ett område eller i ett utrymme, ska avspärrning göras (het zon), gränsen för varm zon är 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ .

- ❑ Inventera skadeplatsen! Samla ihop oskadade föremål för sig och skadade för sig.
- ❑ Rökdykarprotokoll ska föras, som kan användas som en kontrollista på den personal som arbetar inom varm och het zon. I listan antecknas uppehållstid och dos för varje person.

### **Efter insatsen**

- ❑ Rådgör med SSM eller annan strålskyddsrådgivare om det fortsatta arbetet.
- ❑ Sanera vid behov (efter samråd med strålskyddsrådgivare).
- ❑ Avläs erhållen dos för insatspersonalen och registrera den.

Mängden radioaktiva ämnen som hanteras och transporteras i Sverige är mycket större än vad som i allmänhet är bekant. Det förekommer till exempel ofta transporter till sjukhus och till industrin. Användning av radioaktiva ämnen i industrin är inte ovanligt. Att räddningstjänsten kartlägger dessa strålkällor är av betydelse för hur väl en insats kan genomföras.

Boken Räddningstjänst vid olycka med radioaktiva ämnen vill ge läsaren fakta om radioaktiva ämnen. Syftet är att ge ökade kunskaper om radioaktiva ämnen för att resultatet av en insats ska bli så bra som möjligt. Boken beskriver för det första vad radioaktivitet är och för det andra vilken roll räddningstjänsten har i det förebyggande arbetet och vid en insats. Boken ger exempel på strålkällor i samhället och redogör konkret för hur man mäter joniserande strålning vid en räddningsinsats. Vidare beskrivs några inträffade olyckor i Sverige och i världen.

Den här boken vänder sig främst till dig som går räddningstjänstens grundutbildning, men också till dig som redan har gått utbildningen och kanske vill repetera dina kunskaper. Tanken är att boken ska kunna användas som ett uppslagsverk, och därför är innehållsförteckningen särskilt detaljerad.