



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Kärnvapen – verkanseffekter ur ett räddningstjänstperspektiv

Kärnvapen – verkans effekter ur ett räddningstjänstperspektiv

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
Enheten för ledning och räddningstjänst under höjd beredskap

Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB2318 – februari 2024
ISBN: 978-91-7927-480-1

Innehåll

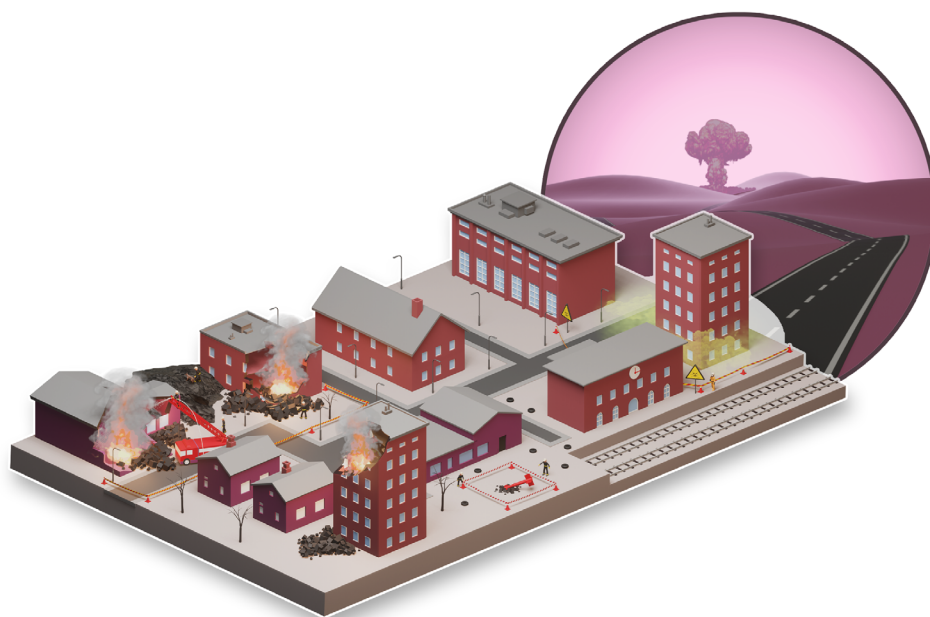
Kärnvapen – verkans effekter ur ett räddningstjänstperspektiv	4
1. Sammanfattning och snabbstöd	6
2. Kärnvapen, verkans effekter och hälsoeffekter	8
2.1 Direktverkans effekter	9
2.2 Strålning	10
2.3 Kvarvarande strålning	11
2.4 Symptom av höga stråldoser	11
3. Skydd och arbete inom skadeområdet	13
3.1 Överlevnadsmöjligheter	14
3.2 Mätning av joniserande strålning	15
3.3 Referensnivåer, effektiv dos vid radiologisk nödsituation	15
3.4 Personsanering	15
3.5 Akut omhändertagande	16
4. Minnesregler	17
4.1 Minnesregel 1	17
4.2 Minnesregel 2	18
Källförteckning	19

Kärnvapen – verkanseffekter ur ett räddningstjänstperspektiv

MSB har ett pågående arbete med att stärka Sveriges förmåga för räddningstjänst under höjd beredskap (RUHB). Denna text är en del av det arbetet, och beskriver olika verkanseffekter av en kärnvapenexplosion. Syftet är att skapa förståelse och beskriva hur man kan skydda sig och agera ur ett räddningstjänstperspektiv.

Textens målgrupp är personal inom kommunens organisation för räddningstjänst, och kan användas som stöd för bland annat förberedelser, övning och utbildning inom dessa verksamhetsområden.

Det är svårt att föreställa sig en större räddningsinsats än efter en kärnvapenexplosion. En kärnvapenexplosion skulle vara en katastrof på ett sätt som är svårt att ta till sig – och därför planera för. Samtidigt har kommunernas räddningstjänster ett utpekat ansvar att bedriva räddningsinsats även i en sådan kontext. De senaste årens bildande av större räddningsledningssystem har dock gett svensk kommunal räddningstjänst ökad förmåga att leda omfattande räddningsinsatser.



Innehållet i detta dokument är komprimerat med avsikt, och täcker således inte in alla aspekter av området. Innehållet har tagits fram av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). För att vara förenligt med textens syfte har slutprodukten primärt fokus på begriplighet före exakthet, vilket i stort kräver vissa förenklingar. Som exempel har en utgångspunkt i framtagandet varit ett kärnvapen med en laddningsstyrka på 100 kiloton sprängämne – det vill säga motsvarande 100 000 ton trotyl.

För att fördjupa eller repetera sina kunskaper om joniserande strålning och utveckla en grundläggande förståelse för joniserande strålning och strålskydd rekommenderas MSB:s webbkurser, däribland grundkursen Joniserande strålning.

Joniserande strålning – grundkurs.

1. Sammanfattning och snabbstöd

Här följer en sammanfattning av innehållet som översikt och stöd:

- En kärnvapenexplosion kännetecknas av ett eldklot och ett svampliknande moln.
- Som en omedelbar skyddsåtgärd mot de direkta effekterna gäller att omedelbart söka skydd – nere i ett dike eller bakom en vägg, men helst under jord.
- Direkta effekter av en kärnvapenexplosion är initialstrålning, stöt- och tryckvågor, värmestrålning samt elektromagnetisk puls (EMP).
- Direkta hälsoeffekter är tillfällig blindhet, illamående med kräkningar, brännskador, kross-, kläm- och vävnadsskador samt splitterskador.
- Direkta effekter på omgivningen inkluderar i synnerhet bränder och raserade byggnader. Den elektromagnetiska puls (EMP) som bildas kan dessutom orsaka skador på elektronisk utrustning.
- Inom de närmaste kilometrerna från explosionspunkten finns det små – eller inga – möjligheter till överlevnad. Prioritera därför livräddning utanför detta område.
- Kvarvarande strålning: Beroende på explosionshöjd kan det bildas kvarvarande strålning från radioaktiva gaser och partiklar vilka transporteras i vindriktningen för att sedan falla ned till marken.
- Direkta hälsoeffekter efter att man har blivit exponerad för höga doser joniserande strålning kan vara illamående, kräkning, diarré, huvudvärk, yrsel, medvetlöshet, trötthet, desorientering och sluddrigt tal.
- Som skydd mot kvarvarande strålning: reducera vistelsetiden för räddningspersonal, använd tät klädsel och skyddsmask, och mät kontinuerligt strålnivåerna (eller stråldoshastigheten).
- Vistas så kort tid som möjligt i områden med strålning. Om möjligt: Dokumentera stråldos för varje person som befinner sig i riskområdet. Detta för att kunna rotera personalen, så att inte beslutad dosgräns (referensnivå) överskrids.

- En skillnad mellan kärnvapen och en kärnteknisk olycka är att radioaktiviteten från nedfallet, alltså kvarvarande strålning, avtar mycket snabbare vid en kärnvapenexplosion än vid en kärnteknisk olycka.
- Vid radiologisk olycka/nödsituation gäller enligt strålskyddsförordning följande referensnivåer¹:
 - 20 millisievert (mSv)
 - 100 mSv radiologisk olycka, frivillighet
 - 500 mSv radiologisk nödsituation vid livräddande och katastrofförebyggande insatser, frivillighet.

1. Dessa nivåer kan komma att ändras. Strålsäkerhetsmyndigheten utreder i skrivande stund vad som ska gälla avseende strålskydd i samband med radiologiska nödsituationer under höjd beredskap och krig.

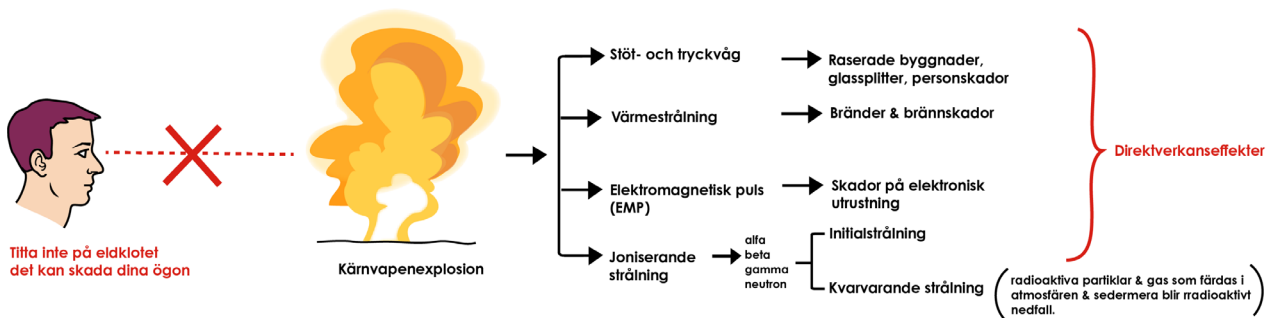
2. Kärnvapen, verkans- effekter och hälsoeffekter

En kärnvapenexplosion frigörs en enorm energi genom nukleära reaktioner. Genom att använda sådan teknik skapas kraftfulla vapen – som storleksmässigt är relativt små.

Kärnvapen har använts vid krigsföring två gånger – båda två under andra världskriget, mot städerna Hiroshima och Nagasaki i Japan. Utöver detta har det genomförts över 2 000 provsprängningar sedan tekniken utvecklades i mitten på 1940-talet.

Den joniserande strålningen uppstår som fri energi både direkt när atomer klyvs och när klyvningsprodukterna sedan sönderfaller. Effekterna från en kärnvapenexplosion beskrivs förenklat i figur 1 nedan.

Figur 1. Förenklad beskrivning av effekterna från en kärnvapenexplosion



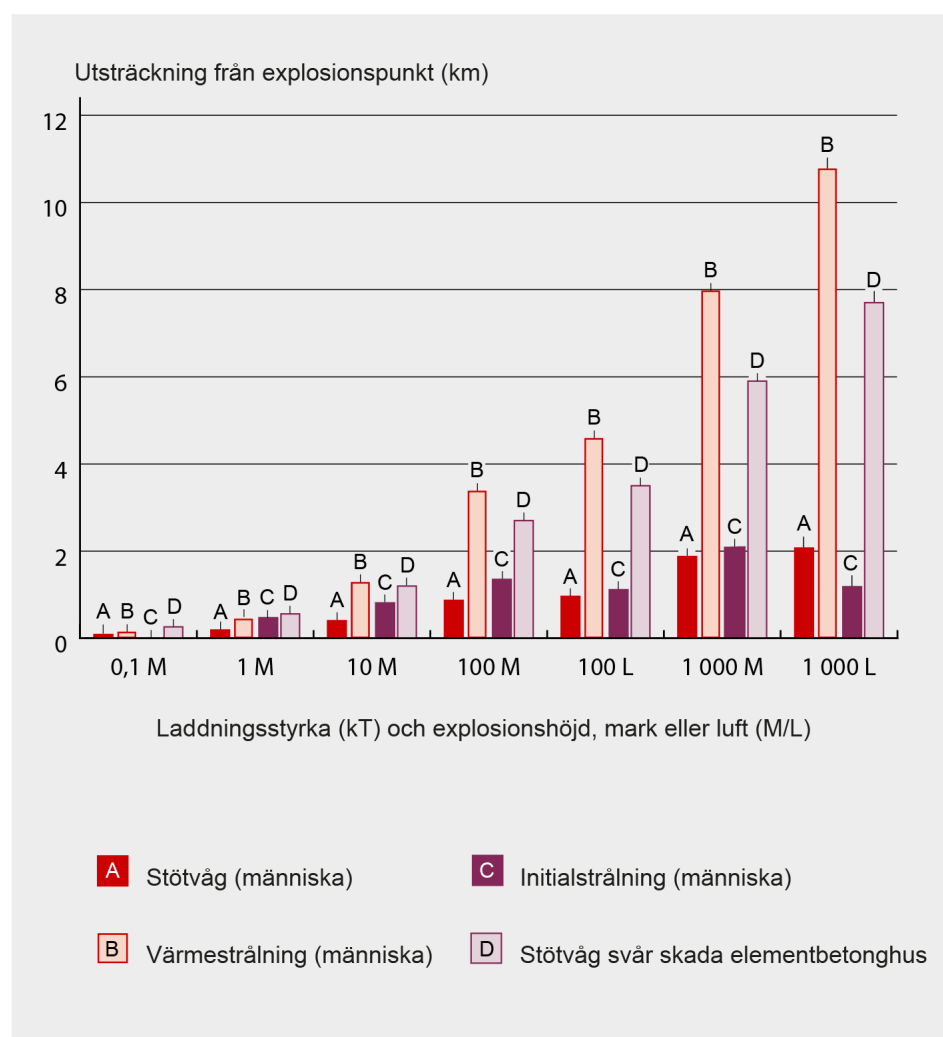
2.1 Direktverkans effekter

Effekterna av ett kärnvapen beror dels på laddningsstyrka, dels på explosionshöjd. Både stötvågen och värmestrålningen är såpass kraftig att skadorna på både människor och byggnader blir extremt omfattande inom de närmaste kilometrerna från explosionspunkten – med andra ord finns en reell risk att endast ett fåtal personer överlevt explosionen. Om människor tar skydd bakom väggar, nere i källare eller skyddsrum ökar markant möjligheten till överlevnad.

Av den initialstrålning som bildas är det gamma- och neutronstrålning som ger effekter på människa.

Direktverkans effekterna når i storleksordningen 1 till 10 kilometer från explosionspunkten, med stora skador på byggnader och infrastruktur med mera. Den elektromagnetiska pulsen ger även skador på elektronisk utrustning, såsom datorer och mobiltelefoner.

Figur 2. Direktverkans effekter från olika laddningsstyrkor i kiloton (kT) och explosionshöjd (M = markexplosion samt L = luftexplosion)



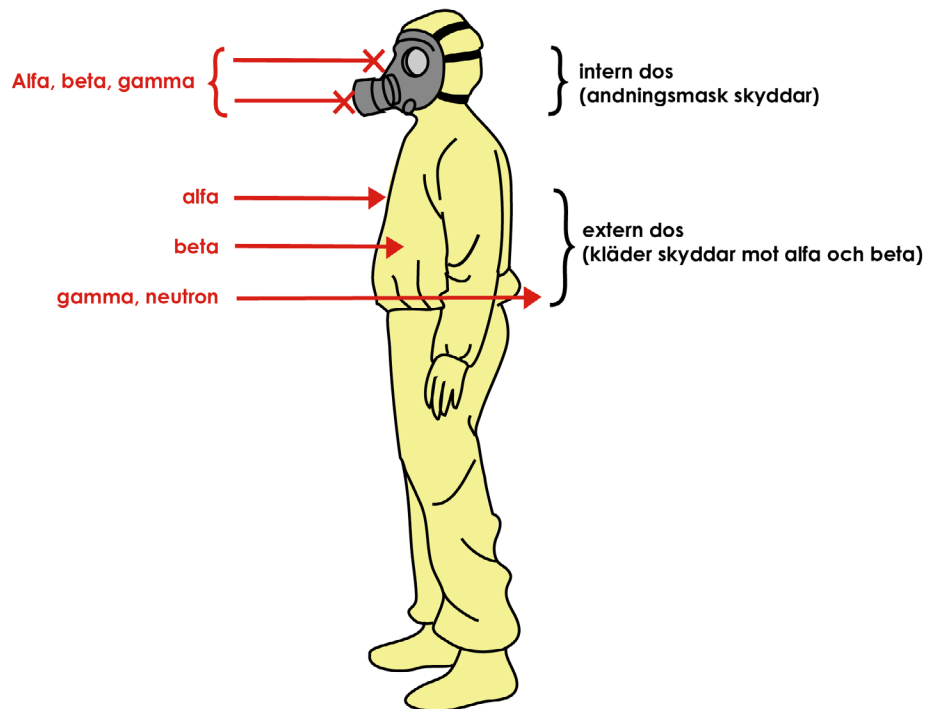
2.2 Strålning

Typer av strålning:

1. **Alfastrålning** har en kort räckvidd och stoppas av vanliga kläder.
2. **Betastrålning** har något längre räckvidd, men dess bidrag till extern stråldos reduceras avsevärt av tät klädsel.
3. **Gamma, neutronstrålning** har lång räckvidd och tränger genom alla typer av skyddskläder.

För att minska stråldosen från radioaktiva ämnen som kan komma in i kroppen: Använd skyddsmask och tät klädsel. Figur 3 visar vilka egenskaper de olika strålslagen har, vad som stoppar dem och vilka som bidrar till extern respektive intern strålning.

Figur 3. Olika typer strålning och vad som stoppar dessa samt deras bidrag till intern respektive extern stråldos



2.3 Kvarvarande strålning

De kvarvarande radioaktiva ämnena kan spridas över långa sträckor med vinden. Dock kommer stråldoshastigheten (erhållen dos per tidsenhet) att avta med avstånd och tid. Det som skiljer en markexplosion från en luftexplosion är i huvudsak att det vid en markexplosion uppstår ett omfattande lokalt starkt radioaktivt nedfall.

Spridningen är alltså starkt beroende av på vilken höjd explosionen skett, laddningsstyrka och rådande vädersituation – såväl vindhastighet och vindriktning som nederbörd (regn). Med hjälp av vinden kan molnet med radioaktivt material från en kärnvapenexplosion färdas långa sträckor (miltals).

Vindriktningen kan variera väsentligt beroende på höjden över marken, så det räcker inte att enbart veta vindriktningen vid markytan för att avgöra i vilken riktning radioaktiviteten kommer att spridas. Vidare kan regn skapa radioaktivt nedfall långt från explosionspunkten.

Sammantaget är det svårt att förutsäga spridningen och den kvarvarande strålningen. Det är därför mycket viktigt att räddningspersonalen har både adekvat mätutrustning och grundläggande kunskap om strålning.

Kvarvarande strålning består av alfa-, beta- och gammastrålning.

2.4 Symptom av höga stråldoser

Personer som varit utsatta för höga stråldoser går normalt igenom följande tre stadier:

1. **Direkta hälsoeffekter – omedelbara (minuter–timmar):** Uppträder inom några timmar och brukar kvarstå upp till något dygn, beroende på nivå av exponering. Tidiga symptom är illamående och kräkningar. Om möjligt så är det bra att dokumentera tidpunkten och lämna informationen till sjukvården.
2. **Symptomfri period:** Det kan finnas en period när en strålskadad person känner sig mycket bättre för att sedan insjukna igen. Detta relativt besvärsfria tillstånd kan pågå i allt från några dagar till flera veckor.
3. **Direkta hälsoeffekter – fördröjda (upp till flera veckor):** Efter den symptomfria perioden kommer ett tillstånd då produktionen av blodkroppar stannar av, vilket ger hög infektionskänslighet. Dessutom reduceras blodets förmåga att koagulera, vilket ger blödningar.

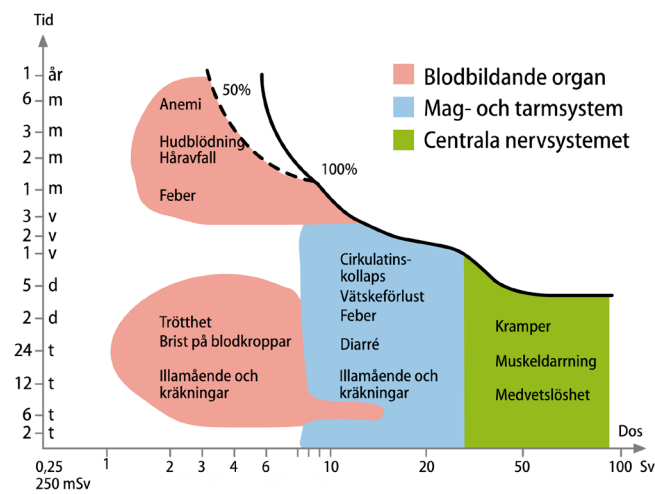
Stråldosnivån har en avgörande betydelse för effekterna på människa:

- Utan behandling dör 50–90 procent av de drabbade vid en dos av 2–5 Sv till följd av påverkan på blodbildande organ.
- Vid doser från 5 Sv och uppåt påverkas även celler hörande till magsäck och tarm och dessa doser leder oftast till dödsfall.
- Vid ca 20 Sv börjar hjärt- och kärlsystemet samt centrala nervsystemet att påverkas och utgången är med säkerhet dödlig. Ännu högre doser kan ge direkt medvetslöshet.

Under ca 1 Sv finns inga tydliga akuta symptom till följd av stråldos men man kan fortfarande behöva vård av andra orsaker. De risker och effekter som listats ovan relaterar till strålning men även kombinationsskador mellan de olika direktverkans effekterna kan ge ökad belastning på kroppen och medföra längre läkningstider och ökad dödlighet. Med kombinationsskador menas en kombinerad effekt av stötvåg, värmestrålning, och/eller strålning.

Förutom de risker och effekter som beskrivs i detta dokument finns även risk för andra effekter på längre sikt – framför allt risken att drabbas av cancer.

Figur 4. Bild visar symptom om ingen behandling genomförs



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.

Från Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen. Publikationsnummer: MSB504 – december 2012.

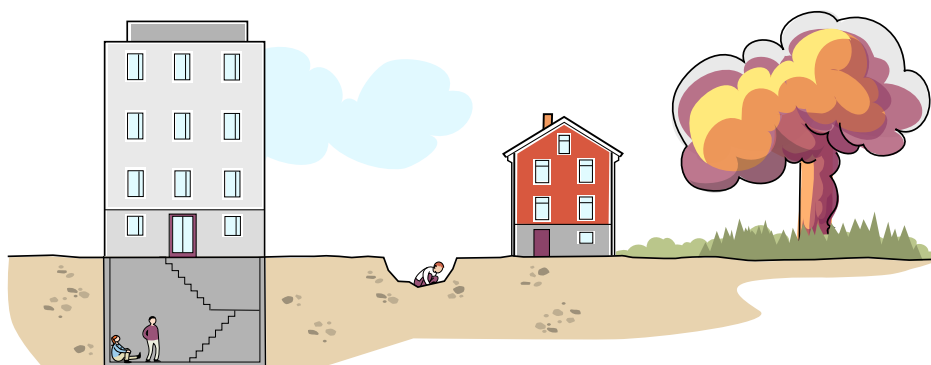
3. Skydd och arbete inom skadeområdet

För att skydda sig mot såväl de direkta effekterna som det radioaktiva nedfallet krävs någon form av fysiskt skydd. Egenskyddet mot värmestrålning består primärt i att skydda bar hud. Att ställa sig i ”skugga”, alltså bakom ett objekt, skyddar mot exponering. Därmed är skyddsrum eller motsvarande det mest effektiva skyddet mot alla verkansformer förutom EMP.

Några andra riktlinjer:

- Personal utomhus som överraskas av det intensiva ljusskenet från eldklotet ska omedelbart söka skydd.
- Titta aldrig in i eldklotet.
- **Stanna kvar i skydd** så länge som anses lämpligt (se minnesregel 1) eller tills splitter slutat falla, varpå du avlägsnar dig till områden med lägre stråldoshastighet.
- Som skydd mot ett nedfall av radioaktiva ämnen kan det vara en fördel att avlägsna sig från explosionen – men undvik att färdas i vindriktningen.
- Branddräkt med skyddsmask eller motsvarande heltäckande klädsel ger ett bra skydd mot att radioaktiva ämnen tar sig in i kroppen.

Figur 5. Illustration över olika åtgärder som ökar skyddet vid en kärnvapenexplosion



3.1 Överlevnadsmöjligheter

Inom de närmaste kilometrarna från explosionspunkten finns det små eller inga möjligheter till överlevnad. Detta på grund av att explosionen gett så pass kraftiga effekter avseende strålning, tryck och värmestrålning att samtliga – var för sig – sannolikt är dödliga.

Vid zonindelning av skadeområde (het, varm, kall) ska man inom räddningstjänsten dock beakta helheten av riskerna – inte enbart gällande strålning. Läs mer om hur fort strålningen avtar under rubriken Minnesregler.

Störst potential att rädda liv finns inom områden med lägre grad av förstörda byggnader och lägre stråldoshastighet (områden med mindre än 100 mSv/h). Undvik att besöka områden med stråldoshastigheter som överstiger 100 mSv/h.²

Det är både personalkrävande och riskfyllt att finna och ta hand om människor i områden som i hög grad är drabbade av direktverkansskador – alltså där få byggnader har klarat sig utan några strukturella skador. Personal inom räddningstjänsten behöver därmed vara beredd på att göra hårda prioriteringar för att kunna rädda så många personer som möjligt.

Viktigt att tänka på:

- Att skapa säkra korridorer (röjd från bråte och tillräckligt låg stråldoshastighet) så att personer själva kan sätta sig i säkerhet kan vara direkt livräddande.
- Ta hand om överlevande med allvarliga skador i första hand. Hänvisa därmed personer med mindre omfattande skador att själva ta sig till områden för vidare behandling av sjukvården.
- Räddningstjänstpersonal som ska in i området ska ha kunskap om de risker som är förknippade med arbetet.
- Vistas så kort tid som möjligt i områden med hög stråldoshastighet. Dokumentera hur lång tid varje person befinner sig i riskområdet för att hålla koll och kunna rotera personalen så att varje person vistas så kort tid som möjligt i riskområdet.
- Använd strålskyddsinstrument för att avgöra när man närmar sig områden med högre nivåer av stråldoshastighet.
- Dokumentera och registrera regelbundet erhållen stråldos.
- Ha inte mer personal än nödvändigt i riskområdet – för att skydda foster får inte gravida sättas in arbetet eftersom foster är extra känsliga för strålning.
- Försök säkerställa att nedfallet har upphört och kontrollera att stråldoshastigheten inte ökar med tiden för en viss mätpunkt (där du befinner dig).
- Kontrollera regelbundet personalens fysiska hälsostatus.

2. Denna nivå är hämtad från FEMA, Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation, Third Edition, May 2022.

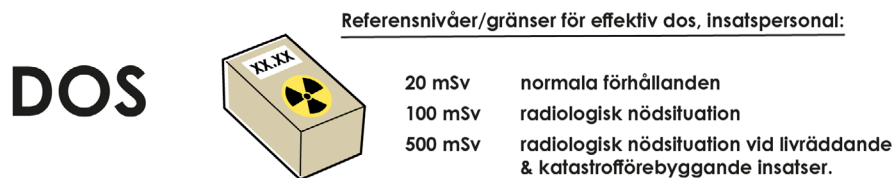
3.2 Mätning av joniserande strålning

Tänk på följande när du ska mäta joniserande strålning:

- Starta upp utrustningen och gör en funktionskontroll.
- Om du är på väg in i ett kontaminerat område, notera nivån för bakgrundsstrålningen.
- Kontrollera att larmgräns är satt till beslutad nivå.

3.3 Referensnivåer, effektiv dos vid radiologisk nödsituation

Figur 6. Olika referensnivåer för effektiv stråldos



3.4 Personanering

Alla som utsatts för radioaktiva partiklar (smuts) kan behöva personaneras:

1. Mät kontaminationen med hjälp av strålskyddsinstrument.
2. Kontamination kan förekomma över hela kroppen – men kontrollera först och främst händer, fotsulor samt hår på huvudet (om håret varit exponerat).
3. Byt om möjligt kläder. Största delen av kontaminering kan på så sätt tas bort.
4. Borsta eller tvätta exponerade kroppsdelar med tvål och vatten.
5. Kontrollmätning.

När dessa grundläggande steg har genomförts kan sjukvården göra en fullständig personanering.

3.5 Akut omhändertagande

Initialt gäller rutiner för första hjälpen och Åtgärdskalendern, först på plats vid händelser med farliga ämnen CBRN. Avancerad medicinsk behandling efter exponering för höga stråldoser räknas som specialistvård. Sådan behandling kan minska de akuta medicinska effekterna av joniserande strålning.

Vid en kärnvapenexplosion bidrar radioaktivt jod som tas upp av sköldkörteln (tas upp via inandning) med endast en liten del av den totala stråldosen. Detta tillsammans med svårigheter att distribuera och inta jodtabletter i tillräckligt god tid innan exponering medför att intag av jodtabletter inte anses meningsfullt.

4. Minnesregler

Det finns flera olika minnesregler som är användbara efter ett radioaktivt nedfall från kärnvapen. Minnesreglerna förutsätter dock att man vet när, alltså vilket klockslag som explosionen skett (H = tid noll). Tidpunkten för explosion brukar i Försvarets och Natos metodbeskrivningar anges som H, där H avser explosionsögonblicket och H+1 en timme efter explosion osv.

Alla minnesregler baseras dessutom på att det radioaktiva molnet har passerat och att nedfallet av radioaktiva ämnen har upphört – kontrollera att stråldoshastigheten inte ökar med tiden för en viss mät punkt. I kommande avsnitt finns två minnesregler återgivna.

4.1 Minnesregel 1

Minnesregel 1

Om man stannar i skydd sju gånger så lång tid som man redan har väntat, har doshastigheten sjunkit till en tiondel.

Att stanna i skydd några timmar kan avsevärt reducera den effektiva dosen under insats. Om man multiplicerar tiden sedan explosionen med 7 och går in vid den tidpunkten istället, har stråldoshastigheten sjunkit till en tiondel.

Förtydligande exempel för minnesregel 1:

Ett radioaktivt nedfall slutar tre timmar efter en explosion (H+3). Stråldoshastigheten visar sig då vara 1 000 mSv/h. När tiden har ökat till $3 \times 7 = 21$ timmar kommer stråldoshastigheten att vara 100 mSv/h. När tiden har ökat ytterligare 7 gånger, det vill säga $7 \times 21 = 147$ timmar kommer stråldoshastigheten att vara 10 mSv/h.

4.2 Minnesregel 2

Minnesregel 2

Det är dags att vända om när den effektiva dosen har nått halva värdet av den dos du "har råd" att ta under det aktuella uppdraget.

För att undvika att överskrida referensnivå, ta med instrument som larmar när din effektiva dos når den nivå där du behöver vända om och återgå till rent område.

För att slippa mäta stråldoshastigheten under utresan: Lämna området samma väg som du kom in (om det är möjligt). På grund av sönderfall av de radioaktiva materialen kommer nämligen stråldoshastigheten att vara lägre på vägen ut än vad den var under inresan. Detta gör att du – om nedfallet upphört – kommer att utsättas för mindre stråldos på väg ut.

Viktigt!

Du måste räkna in den strålningsdos du fått från tidigare uppdrag när du sätter dosgräns för det aktuella uppdraget.

Förtydligande exempel för minnesregel 2:

En insatsperson har redan ådragits sig 200 mSv innan insatsen börjar. Gränsvärdet för livräddande och katastrofförebyggande insatser är 500 mSv. Personen har alltså "råd" (det vill säga möjlighet) att ta 300 mSv under uppdraget. För att vara på den säkra sidan är det därmed dags att vända om när halva denna dos har uppnåtts – alltså $300/2 = 150$ mSv.

Figur 7. Var går gränsen för att vända?



Källförteckning

Archibald, E.J, Buddemeier, B.R. Nuclear Fallout Decision Tool for First Responders, Aug 2010.

Dolan, Philip J. Capabilities of Nuclear Weapons. Manual, revised 1978 (Change 1) and 1981 (Change 2), declassified 1989, Defense Nuclear Agency, 1972.

FEMA: Planning Guidance for Response to a Nuclear Explosion. Third Edition May 2022.

Glasstone, Samuel och Dolan, Philip J. The Effects of Nuclear Weapons. United States Department of Defense and United States Department of Energy, 1977.

Goliath, M. KlangVerk 5.2 – en beräkningskod för kärnvapenverkan. Internrapport FOI-D–1118–SE, FOI, januari 2022.

Goliath, M. Sunhede, D. Validering av KlangVerk – en beräkningskod för kärnvapenverkan, FOI-D--1113--SE, 2022.

Soldier's Manual for Defense Against CBR Attack, United States Department of the Army Field Manual, april 1953.

Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1988 Report to the General Assembly, with annexes.

Strålskyddsförordning (2018:506).

Strålskyddslag (2018:396).

SSM: Strålskyddsåtgärder vid radiologiska nödsituationer. Rapportnummer: 2020:15.

Wigg, L. Handbok för kärnvapenverkan. Användarrapport FOA-R–96-00378-4.1–SE, FOA, december 1996.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap