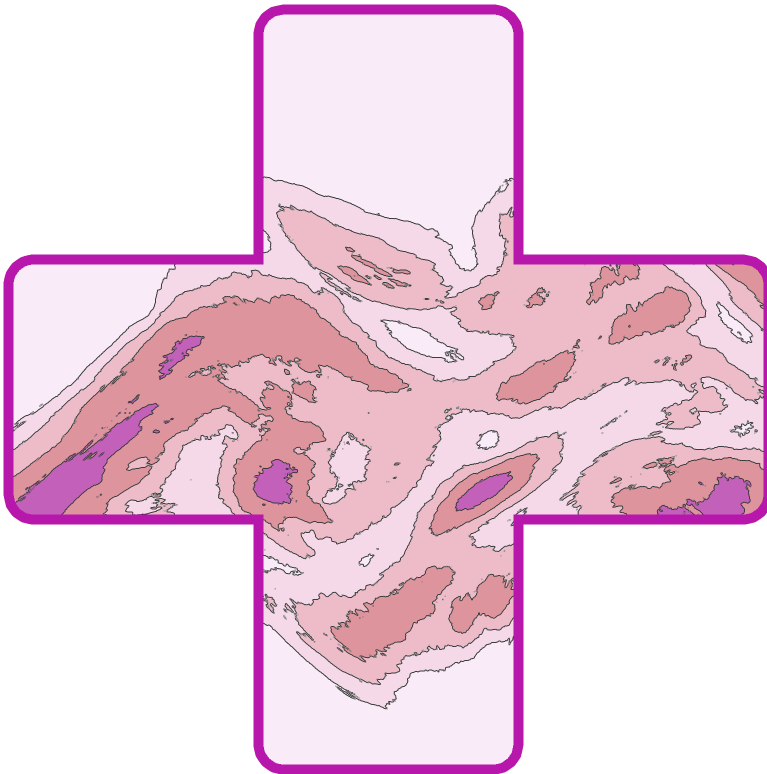


Skadepanoraman och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården vid anfall med massförstörelsevapen

OSCAR BJÖRNHAM, ANDERS BUCHT,
LINA THORS, LEIF PERSSON, LAILA NOPPA,
GÖRAN ÅGREN, SOFIA SIVERTSSON OCH
MARTIN GOLIATH



Oscar Björnham, Anders Bucht, Lina Thors,
Leif Persson, Laila Noppa, Göran Ågren, Sofia
Sivertsson och Martin Goliath

Skadepanoraman och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården vidanfall med massförstörelsevapen

Titel	Skadepanoraman och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården vidanfall med massförstörelsevapen
Title	Injury Panoramas and Dimensioning Conceptualizations for the Swedish Healthcare System in the event of an Attack with a Weapon of Mass Destruction
Rapportnr/Report no	FOI-R--5936--SE
Månad/Month	April
Utgivningsår/Year	2026
Antal sidor/Pages	42
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Försvarsdepartementet
Forskningsområde	CBRN
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	A400726
Godkänd av/Approved by	Niklas Brännström
Ansvarig avdelning	CBRN-skydd och säkerhet
Exportkontroll	Innehållet är granskat och omfattar ingen information som är underställd exportkontrollagstiftningen

Bild/Cover: Oscar Björnham, FOI

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

I takt med en alltmer försämrad hotbild mot det svenska civilsamhället krävs en ökad förståelse för relevanta hälsorisker vid olika typer av angrepp. I denna rapport presenteras dimensionerande målbilder och scenarier för antagonistiska CBRN-händelser. De dimensionerande scenarierna för de fyra områdena är: artillerigranater med sarin, katastrofalt utsläpp av tryckkondenserad svaveldioxid från en tankbil, luftspridning av *Bacillus anthracis*, *Coxiella burnetii* och *Yersinia pestis*; reaktorhaveri och avslutningsvis kärnvapenexplosion mot antingen en stor stad eller militär anläggning samt följd effekter av kvarvarande strålning. För varje scenario identifieras ett skadepanorama som beskriver typiska symtom och skador. Dessutom används scenarierna för att uppskatta skadeutfall, alltså hur många personer som utsätts för de skadetyperna som är preciserade inom skadepanorama. Detta sker genom analyser av liknande historiska händelser, nyttjande av tidigare rapporter och genom nya kvantitativa simuleringar. Målsättningen är att denna analys ska utgöra ett underlag för planering och dimensionering av svensk hälso- och sjukvård, för att uppnå en effektiv hantering av CBRN-händelser och därmed minimera skadeutfallet.

Nyckelord: Svensk hälso- och sjukvård, CBRN, scenarion, simuleringar, skadepanorama, skadeutfall

Summary

As the threat landscape facing Swedish civil society continues to deteriorate, there is an increasing need to understand the relevant health risks associated with different types of attacks. This report presents dimensioning conceptualizations and representative scenarios for antagonistic CBRN events. The conceptual scenarios across the four domains include: artillery shells containing sarin, catastrophic release of liquefied sulfur dioxide from a tanker truck, airborne release of *Bacillus anthracis*, *Coxiella burnetii*, and *Yersinia pestis*, a nuclear reactor breakdown and finally a nuclear explosion targeting either a major city or a military installation and the associated effects of residual radiation. For each scenario, an injury panorama is identified, describing the typical symptoms and types of injuries. The scenarios are also used to estimate injury outcomes, that is, the number of individuals affected by the types of injuries that are specified in the injury panoramas. This is achieved through analyses of similar historical events, the use of previous reports, and new quantitative simulations. The objective is that this analysis will serve as a basis for the planning and capacity design of the Swedish healthcare system, enabling effective management of CBRN incidents and thereby minimizing overall harm.

Keywords: Swedish healthcare system, CBRN, scenarios, simulations, injury panoramas, injury outcomes

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	CBRN	8
2.1	Metoder för uppskattning av skadeutfall	10
2.1.1	Befolkningstäthet	10
2.2	Konsekvenser vid kemiska händelser – C	12
2.2.1	Inledning	12
2.2.2	Skadepanoraman	13
2.2.3	Dimensionerande målbilder	16
2.3	Konsekvenser vid biologiska händelser – B.....	21
2.3.1	Inledning	21
2.3.2	Skadepanoraman	22
2.3.3	Dimensionerande målbilder	24
2.4	Konsekvenser vid radiologiska händelser – R	27
2.4.1	Inledning	27
2.4.2	Skadepanorama.....	27
2.4.3	Dimensionerande målbilder	28
2.5	Konsekvenser vid kärnvapenhändelser – N.....	30
2.5.1	Inledning	30
2.5.2	Skadepanorama.....	30
2.5.3	Dimensionerande målbilder	31
3	Diskussion	39
4	Referenser	40

1 Inledning

Regeringen gav 2023 ett uppdrag med titeln *Uppdrag att ta fram nyckeltalsberäkningar och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården* till Socialstyrelsen tillsammans med Totalförsvarets forskningsinstitut och Försvarmakten. Syftet med uppdraget var att skapa underlag till svensk hälso- och sjukvård om sjukvårdsbehov i händelse av krig och för att stärka dess förmåga att bemöta detta. Resultatet av uppdraget presenteras i Socialstyrelsens rapport *Nyckeltal och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvårdens planering för civilt försvar* [1]. I huvudrapporten presenteras analyser och resultat översiktligt. Bakgrundsinformation, metoder, och resonemang är förlagda till olika appendix där de beskrivs mer utförligt. Denna rapport utgör appendix 3 och presenterar analyser av CBRN-händelser i detta regeringsuppdrag.

2 CBRN

Massförstörelsevapen har utgjort ett kontinuerligt hot sedan första världskriget då storskaliga attacker med kemiska stridsmedel användes på slagfälten för första gången. Redan 1925 infördes Genève-protokollet som förbjuder användning av kemiska och biologiska stridsmedel. Ett ytterligare steg för att motverka användning av kemiska vapen togs i och med Konvention om förbud mot kemiska vapen (CWC) som togs i bruk 1997. Konventionen inkluderar 193 länder och Organisationen för förbud mot kemiska vapen (OPCW) övervakar att den efterföljs genom ett gediget verifikationsprotokoll. 1975 trädde Konventionen om förbud mot biologiska vapen (BWC) i kraft och inkluderar 185 länder. Till skillnad från CWC finns det ingen organisation som kontrollerar om BWC efterlevs i praktiken. I slutskedet av andra världskriget genomfördes de första bombningarna med kärnvapen vilket ledde till en omfattande kapprustning under kalla kriget. I dagsläget har nio stater kärnvapen varav USA och Ryssland innehar de absolut största arsenalerna. Ickespridningsfördraget avseende kärnvapen (Non-Proliferation Treaty, NPT) trädde i kraft 1970 och syftar till att kärnvapenstaterna ska nedrusta sina kärnvapen (dock utan att ange någon tidpunkt), förhindra kärnvapenspridning till andra stater samt att främja civil användning av kärnenergi. I dagsläget är 191 länder med i NPT, men detta till trots har det varit svårt att helt förhindra kärnvapenspridning.

Kemiska och biologiska massförstörelsevapen har använts i konflikter även efter dessa konventioner har trätt i kraft. Men trots det anses konventionerna i kombination med ett normsättande politiskt tryck mot massförstörelsevapen varit lyckade vad gäller att hålla tillbaka nyttjandet av massförstörelsevapen under konflikter det senaste århundrandet. Tyvärr har de senaste åren vittnat om att betydelsen av dessa konventioner urholkats. Vissa länder visar på bristande respekt för konventionerna samtidigt som den säkerhetspolitiska utvecklingen har försämrats. Kriget i Ukraina har medfört anklagelser om och hot om användning av massförstörelsevapen vilket sammantaget aktualiserar farhågorna om att denna typ av vapen kan komma att användas i konflikter framöver.

Massförstörelsevapen delas in tre olika kategorier, kemiska (C), biologiska (B) samt kärnvapen (N). Som en följd av kärnvapenexplosioner och reaktorhavrier uppstår hälsofaror orsakat av radiologiska ämnen (R) och tillsammans betecknas dessa hot som CBRN. En gemensam egenskap är att de har potential att orsaka omfattande skadeutfall. Kategorierna har olika karaktärer och utgör hot på varierande sätt. Även inom varje kategori finns en bred variation av agens, tillämpningar och utfall. Sammantaget innebär detta att det följderna av ett CBRN-angrepp spänner över ett brett område både vad gäller skadepanorama och antal förväntade skadade personer.

Målsättningen med detta uppdrag är att skapa relevanta dimensionerande målbilder för sjukvården. För att uppnå detta har realistiska och relevanta

scenarier använts och sammanfattats i denna gemensamma studie. Scenarier används frekvent inom CBRN-området för riskanalys, träning, samverkansövningar, samt för teknik- och metodutveckling. Konkreta exempel är en rad av typfall för CBRN som i närtid har utvecklats för försvarsmakten med olika bakomliggande syften. Inom NATO används så kallade *vignettes* vilka kortfattat beskriver olika angreppssätt men inkluderar inte beskrivningar av övriga förutsättningar lika ingående som scenarier ofta gör. Redan existerande scenarier har i detta uppdrag beaktats i valen och utformningen av de scenarier som använts som underlag för att ta fram dimensionerande målbilder i denna studie. CBRN-attacker kan genomföras på många sätt under en stor variation av förutsättningar vilket ger upphov till en uppsjö möjliga utfall. Val av scenarier bygger på olika faktorer såsom kunskap om fiendliga makters tidigare aktiviteter inom CBRN-området, det nuvarande säkerhetspolitiska läget, specifika svenska förutsättningar samt framförallt uppdragets syfte. Vikt har även lagts på att fånga upp diversifierade skadepanoraman. Händelserna och förutsättningarna är valda för att ge en god bild av skadepanoraman och sannolika skadefall utifrån CBRN-vapen tillämpas på svensk mark. Exponering av både civil befolkning och militär personal är inkluderat, där skillnader i förutsättningar för de två grupperna ingått. Utformningen av de scenarier som är kopplade till militär personal har skett i samråd med FM/SkyddC. För C och N (samt för nedfallet av radioaktivt material) har FOI genomfört egna beräkningar för utvalda scenarier, vilka presenteras nedan. För B och R har befintliga externa studier nyttjats.

Detta uppdrag berör antagonistiska händelser med avsiktlig skadeverkan. Sådana angrepp kan antas vara välplanerade, med ett tydligt mål och genomfört under förutsättningar som ger stor taktisk eller strategisk vinning. I de fall ett stort skadefall är målsättningen är yttre förutsättningar, som exempelvis rådande väder, en viktig faktor om utspridning av agens sker genom atmosfärisk transport. Det är viktigt att poängtera att händelser inom CBR kan ske, och sker, även utan militära medel, t.ex. genom trafik- eller industriolyckor. När detta sker är tidpunkt och plats till stor del slumpmässiga och skaderisken är därigenom generellt mer begränsade. Det finns ett stort överlapp mellan behovet av civil beredskap inom sjukvården för olyckshändelser och de behov som behövs i den händelse massförstörelsevapen används i krig. Detta är tydligast inom det biologiska området där vardaglig sjukvård hanterar situationer liknande de som kan uppstå efter ett anfall med biologiska vapen. Pandemin covid-19 orsakat av viruset SARS-CoV-2 blottade hur sjukvården inte initialt var dimensionerad för storskaliga påfrestningar och att en plötslig och kraftig ökning av antal patienter var svårhanterat.

Studierna som har genomförts inom ramen för detta uppdrag är avgränsade till skadeverkan som belastar sjukvården inom de närmsta veckorna utifrån angreppen. Det finns i många fall fördröjda effekter som är högst allvarliga och relevanta men som uppkommer i ett senare skede. Fördröjningen innebär att dessa effekter ej orsakar en lika plötslig och överraskande anstormning av

patienter inom sjukvården och därmed är behovet av beredskap lägre. Detta uppdrag är inriktat på hotbilden nu och i den närmsta framtiden. Det bör noteras att i ett längre perspektiv kan det uppkomma nya situationer att beakta. Detta gäller dels förändringar i den säkerhetspolitiska situationen men även utveckling som påverkar den tekniska hotbilden. Exempel på komponenter som kan ge upphov till nya relevanta scenarier, i ett längre perspektiv, är vidareutveckling av drönare som vapenbärare och framsteg inom syntetisk biologi.

2.1 Metoder för uppskattning av skadeutfall

De dimensionerande målbilderna som presenteras i denna bilaga baseras på scenarier där de som relaterar till biologiska händelser och reaktorhaveri är externt framtagna medan scenarier relaterade till kemiska och kärnvapen samt dess radiologiska följdverkningar är framtagna av FOI. Metoderna och antaganden som har använts i dessa scenarier presenteras i detalj i FOI-rapporten *Beskrivning av metoder och antaganden som har använts till skadepanoraman och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården vid anfall med massförstörelsevapen* [2] medan övergripande beskrivningar samt resultat ges här.

CBRN-händelser skapar typiskt risk för hälsoskador inom ett begränsat spatialt område. Genom modellering och simuleringar kan sannolikheter för hälsoskador uppskattas, och förväntat skadeutfall kan kvantifieras när befolkningen inom området inkluderas. Detta innebär att skadeutfallen för städer med olika befolkningstäthet varierar även inom samma scenario. Med andra ord, det är omöjligt att beräkna generella skadeutfall för scenarier utan att även inkludera befolkningstäthet i antaganden. Eftersom scenarierna ska vara användbara över hela Sverige är det önskvärt att inte specificera och låsa scenarierna till någon specifik stad. För att hålla scenarierna så generella som möjligt men samtidigt ge en tydlig presentation av skadeutfallen används två valda befolkningstätheter i denna studie. Resonemanget bakom dessa två befolkningstätheter, som benämns Liten och Stor stad, ges nedan.

2.1.1 Befolkningstäthet

Vilken befolkningstäthet som är relevant att applicera beror på val av plats och förutsättningar. Befolkningstätheten är alltså underlag för regionala och lokala skadeuppskattningar baserat på de riskområden som presenteras här. Däremot bedöms utfallen från scenarierna vara tydligare och lättare att förstå om någon form av relevant befolkningstäthet inkluderas. Sveriges Kommuner och Regioner (SKR) har definierat en gruppindelning av Sveriges kommuner enligt [3]:

- A. storstäder och storstadsnära kommuner
- B. större städer och kommuner nära större stad
- C. mindre städer/tätorter och landsbygdskommuner.

Klassificeringen av en kommun bygger på befolkningsstorleken för dess största stad, där storstäder har över 200 000 invånare, större städer har över 40 000 invånare och mindre städer/tätorter har färre invånare. Denna klassificering är svår att använda för skadeutfallsberäkningar eftersom det är befolkningmängden (i den största staden) som har använts vilket inte är direkt kopplat till befolkningstätheten.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) och EC (European Commission) har i ett försök att konstruera allmängiltiga och globala definitioner av städer [4]. Baserat på en geografisk databehandling konstrueras områden som sedan klassas enligt:

- densely-populated (storstäder)
- intermediate (mindre städer)
- thinly-populated (landsbygd).

Kriterierna som OECD-EC använder för att definiera de tre klasserna baseras på en geografisk databehandling och gränsvärden på befolkningstäthet på 300 och 1 500 invånare per km². I detta uppdrag har dessa gränsvärden använts som utgångspunkt för att definiera två urbana klasser. Eftersom detta uppdrag främst appliceras på stadsmiljöer (för civil befolkning) och därmed inte lika omfattande geografiska områden som OECD-EC behandlar är det motiverat att justera upp gränsvärdena. Därför har de angivna gränserna för befolkningstätheter dubblerats och följande värden används som mått i detta kapitel:

- Stor stad 3 000 invånare per km²
- Liten stad 600 invånare per km².

Scenarier som inkluderar kärnvapen ger upphov till radioaktivt nedfall som många gånger ger skaderisker i större område än över en stad. I det fallet används ej ovanstående urbana klasser utan en lägre befolkningstäthet på 100 personer per km².

Sekundärsmitta orsakat av infektiösa biologisk agens och kontaminerat material är undantag från ovanstående resonemang om spatialt begränsade riskområden. För dessa två effekter utvidgas hälsoriskerna från det primära riskområdet till en mer svåruppskattad domän och skadeutfallet skalar inte linjärt med befolkningstätheten. Hälsoeffekter orsakat av sekundärsmitta är inkluderat i ett scenario i denna studie där militär personal utgör en avskild population som efter den initiala smittorisken även kan föra smittan vidare internt inom gruppen. Ingen extern smittspridning till övrig militär personal eller civil befolkning beaktas. Hälsorisker från kontaminerat material är ej inkluderat i denna studie.

2.2 Konsekvenser vid kemiska händelser – C

2.2.1 Inledning

Olika händelser kan ge upphov till exponering av civil befolkning eller militär personal för kemiska ämnen. Det är framförallt direkt angrepp med kemiska stridsmedel eller utsläpp av toxiska industrikemikalier som utgör risker för allvarliga skador på stora befolkningsgrupper. Kemiska stridsmedel är utformade för att maximera den toxiska effekten och är mycket potenta vilket innebär att det behövs väldigt små mängder för att orsaka allvarliga skador. Industrikemikalier är i allmänhet inte lika hälsofarliga men utgör ändå ett reellt hot då den tillgängliga mängden i samhället är avsevärt högre. Exempelvis är klorgas en toxisk kemikalie som tidigare förekommit i stora mängder som industrikemikalie i Sverige [5]. Men klorgas har också använts för avsiktlig förgiftning av civilbefolkning i Syrien [6]. Sedan 2010 har dock den industriella användningen av klorgas minskat kraftigt i Sverige medan andra toxiska gaser såsom svaveldioxid, svavelväte, ammoniak och etylenoxid fortfarande används och transporteras inom landet i stora mängder [5]. Till exempel redovisar svensk industri en tillverkning eller import av drygt 65 000 ton svaveldioxid under 2016.

Ett alternativ till direkt användning av kemiska stridsmedel är att, med konventionella vapen, angripa kemikalietransporter eller befintliga lager av industrikemikalier i nära anslutning till städer. En sådan attack kan ge stora skadeverkningar och fortfarande ge angriparen möjlighet att hävda att målet var oavsiktligt och därmed inte ett brott mot CWC.

Det finns ett stort antal hälsofarliga kemiska ämnen som ger upphov till olika skador hos exponerade individer vid utspridning. För att möjliggöra dimensionering av sjukvårdens beredskap har därför analyser utförts av skadepanoraman och skadeutfall för två olika scenarier som bedöms vara prioriterade och ge ett bra underlag. De två scenarierna inkluderar olika agens, angreppssätt och storlek på utsläppen:

1. antagonistisk attack med nervgasen sarin
2. storskaligt utsläpp av industrikemikalien svaveldioxid.

För scenariot med sarin används olika tillämpningar för exponering av civil befolkning och militär personal medan endast exponering av civil befolkning beaktas för scenariot med svaveldioxid.

2.2.2 Skadepanoraman

Den toxikologiska nomenklaturen inom CBRN-området använder ofta tre nivåer av hälsoskador: lätta skador, svåra skador samt dödliga skador. Lätta skador innebär temporära effekter vilka kan vara besvärande men inte leder till kroniska följder. Svåra skador innebär behov av sjukvård och hälsoeffekter som kan leda till kroniska följder. Dessa tre nivåer tillämpas här både vad gäller skadepanoramana och skadeutfall för de dimensionerande händelserna. Symtomen vid lätta och svåra skador har vardera även delats upp i två undernivåer med syftet att nyansera skadepanoramats ytterligare och för att matcha terminologin som används av Socialstyrelsens [7]. Denna finare detaljnivå används endast i beskrivningen av skadepanoraman och anges inom parenteser i Tabell 1 och Tabell 2.

2.2.2.1 Sarin

Sarin tillhör gruppen organiska fosforföreningar, där de mest toxiska varianterna klassificeras som kemiska stridsmedel av typen nervgaser. I rumstemperatur är ämnena vanligen vätskor med varierande flyktighet. Gemensamt för samtliga nervgaser är att de blockerar enzymet acetylkolinesteras, vilket leder till att signalsubstansen acetylkolin inte kan brytas ned och därmed ger överdriven aktivering av kolinerga muskel- och nervcellsreceptorer. Initiala symtom vid nervgasförgiftning är kraftig förminskning av pupiller till knappnålsstorlek (mios) som ger försämrat när- och mörkerseende, svettningar, kräkningar, diarré, överdriven saliv- och tårproduktion, samt illamående [8, 9]. Skadorna kan snabbt övergå till allvarliga andningssvårigheter, kramper och muskelstelhet som kan leda till livshotande andningsdepression om inte omedelbar antikolinerg och kramplösande behandling ges. Symtomförloppet är mycket snabbt efter inhalationsexponering för nervgaser (svåra symtom inom 15 minuter efter exponering) medan hudexponering ger ett långsammare förgiftningsförlopp (symtom uppkommer efter 30 minuter upp till flera timmar efter exponering). Sarin är en relativt flyktig nervgas vilket innebär att vid en utspridning kommer inhalation av gasformig och aerosolbaserad substans sannolikt vara den dominerande exponeringsvägen. Vid kalla omgivningstemperaturer minskar flyktigheten och därmed kommer ämnet i större utsträckning deponeras på ytor vilket leder till ökad risk för hudupptag via kontaktexponering. Sarin har tidigare använts vid terrorattacker i Matsumoto 1994 och Tokyo 1995 [10], samt vid upprepade tillfällen under inbördeskriget i Syrien bl.a. i Ghouta 2013 [11] och Khan Shaykhun 2017 [12]. Tabell 1 visar en sammanställning av de vanligaste symtomen efter exponering för sarin.

Tabell 1. Skadepanorama för nervgaser i allmänhet, här exemplifierad av sarin. För de högre skadenivåerna har symtom angivits som tillkommer utöver de som redan har uppstått för lägre skadenivåer. Inom parentes anges skadenivåer i samma uttryck som används av Socialstyrelsen [7].

Symtom	Lätt skada (Lindrig skada)	Lätt skada (Måttlig skada)	Svår skada (Svår skada)	Svår skada (Mycket svår skada)
Huvudvärk	X			
Mios	X			
Dimsyn	X			
Tårflöde	X			
Ögonsmärta	X			
Rinnande näsa	X			
Illamående		X		
Överdriven salivering		X		
Svettning		X		
Muskelsvaghet		X		
Upprördhet/rastlöshet		X		
Tryck över bröstet		X		
Yrsel			X	
Desorientering/förvirring			X	
Nysningar/hostningar			X	
Väsande andning			X	
Kraftig slemproduktion			X	
Kräkningar/diarré			X	
Muskelryckningar			X	
Tydlig svaghet			X	
Andningssvårighet			X	
Andnöd				X
Lungödem				X
Kramper				X
Hjärtarytmier				X
Ofrivillig urinering/avföring				X
Paralys				X
Medvetslöshet				X

2.2.2.2 Svaveldioxid

Svaveldioxid är en industrikemikalie som är gasformig vid normala omgivningstemperaturer och tryckförhållanden. Gasen är vattenlöslig och starkt retande omedelbart efter exponering av ögon och slemhinnor. Inledande symtom består bl.a. av smärta i de övre luftvägarna, rinnande näsa, samt tår- och slemproduktion [8]. Vid allvarlig förgiftning uppstår akut luftvägsförträngning, inflammatoriska reaktioner i lungorna, lungblödning och utveckling av lungödem som vid särskilt svåra förgiftningar kan vara livshotande. Under transport och lagring förvaras gasen i kondenserad form under högt tryck. Vid läckage från en trycksatt behållare kommer kemikalien snabbt att bilda ett gasmoln som kan utgöra en hälsofara i ett vidsträckt område primärt nedströms vindriktningen. Tabell 2 visar en sammanställning av de vanligaste symtomen efter exponering för svaveldioxid.

Tabell 2. Skadepanorama för inandning av den irriterande gasen svaveldioxid. För de högre skadenivåerna har symtom angivits som tillkommer utöver de som redan har uppstått för lägre skadenivåer. Inom parentes anges skadenivåer i samma uttryck som används av Socialstyrelsen [7].

Symtom	Lätt skada (Lindrig skada)	Lätt skada (Måttlig skada)	Svår skada (Svår skada)	Svår skada (Mycket svår skada)
Irritation i övre luftvägar och ögon	X			
Hosta	X			
Tårbildning	X			
Luftvägsobstruktion vid fysisk ansträngning	X			
Bröstsmärta		X		
Luftvägssammandragning		X		
Inflammatoriska reaktioner i luftvägar		X		
Lungödem			X	
Lungblödning			X	
Andningssvårigheter			X	
Livshotande andnöd				X

2.2.2.3 Övriga skadepanoraman vid kemiska exponeringar

Sarin och svaveldioxid representerar här exponering genom inandning av nervgaser respektive irriterande gaser. Men även andra kemiska exponeringar kan skapa en hög belastning i sjukvården. Exponering för vävnadsskadade ämnen kan förutom skador i luftvägarna ge lokala skador på ögon och hud, framförallt om ämnena är i vätskeform. Exempel på frätande ämnen är syror och baser, samt blåsbildande ämnen som det kemiska stridsmedlet senapsgas. Efter ögon- och/eller hudexponering för frätande ämnen uppkommer snabbt symtom som initialt är irritation och sveda som kan utvecklas till svåra frät- och brännskadeliknande skador, vilka kan ge bestående skador vid utebliven behandling [13, 14]. Efter exponering för senapsgas kan blåsbildning på hud och skador i ögon uppstå [15]. Symtom uppstår tidigast i ögonen som rinner, svullnar och blir ljuskänsliga. Effekten på hud är fördröjd och kan ta flera timmar innan blåsbildning kan identifieras (10 - 12 timmar). Lokala ögon- och hudskador kan ge bestående men utan åtgärd. Andra systemtoxiska ämnen, utöver nervgaser, som kan ge stora skadeutfall kan exemplifieras av syntetiska opioider och cyanider [16, 17]. Allvarliga symtom uppkommer vanligen mycket snabbt efter exponering och beror på ämnenas förmåga att orsaka akut andnöd, antingen genom påverkan på centrala nervsystemet eller genom att framkalla syrebrist hos den exponerade.

2.2.3 Dimensionerande målbilder

De två scenarierna som har valts ut presenteras här i mer detalj var för sig. Resultaten utgör tillsammans relevanta dimensionerande målbilder för svensk sjukvård vad gäller kemiska ämnen. För att kvantifiera troliga skadeutfall används spridningssimuleringar av de två definierade händelserna. Atmosfärisk spridning och påföljande skadeutfall är starkt beroende på rådande meteorologi. Det är rimligt att anta att angriparen har god kunskap om förutsättningarna och att attacken utformas för att ge upphov till ett stort skadeutfall. De valda händelserna innefattar därför gynnsamma meteorologiska förutsättningar sett ur angriparens perspektiv. Fler detaljer om simuleringarna och antagandena i både förutsättningar och respons från befolkningen ges i en separat rapport [2].

2.2.3.1 Sarin

Sarinattack i Khan Shaykhun

Antagonistiska händelser med kemiska stridsmedel har varit sällsynta sedan första världskriget. Under det senaste decenniet har denna typ av massförstörelsevapen främst använts mot civil befolkning i det syriska inbördeskriget. Information från denna typ av händelser kan användas för att öka förståelsen för skadepanorama och skadeutfall. En attack med bomber innehållande sarin bedöms utgöra ett relevant och dimensionerande scenario för Sverige inom området för kemiska stridsmedel. Detta ligger nära vissa händelser under syriska inbördeskriget och därför har en av dessa attacker analyserats och använts som underlag.

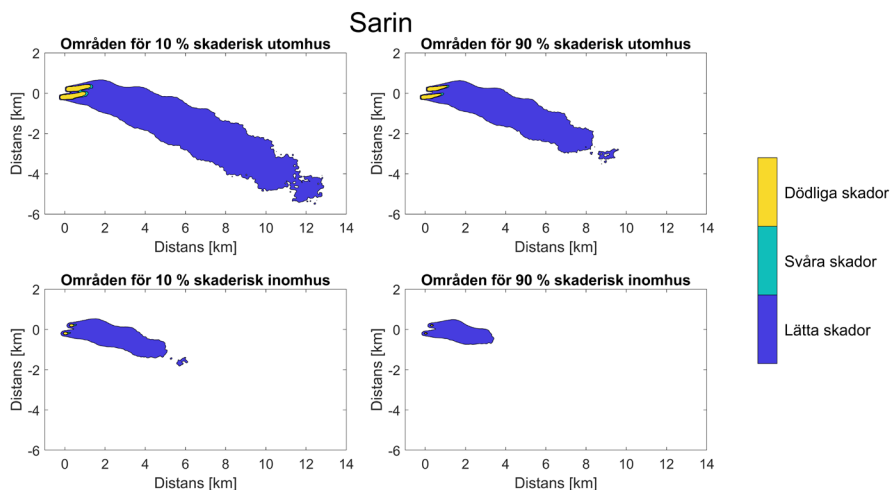
På morgonen den 4 april 2017 anfölls den syriska staden Khan Shaykhun i Idlib-regionen med flygbomber. En av bomberna var bestyckad med sarin. Journalistgruppen Bellingcat genomförde en detaljerad analys av resterna från bomben och jämfört med tillgänglig data om olika typer av bomber och kom fram till att det mest troligt rörde sig om en flygbomb med beteckningen M4000 som var ombyggd för att bära 133 liter sarin [18]. Förenade Nationerna gav OPCW i uppdrag att genomföra ett Fact Finding Mission (FFM) för att undersöka och dokumentera händelsen [12, 19]. Rapporten slår fast att det inte fanns heltäckande register över antal skadade vilket kan bero på den väpnade konflikten. Baserat på de register som fanns och ett stort antal genomförda intervjuer uppskattar OPCW att cirka 100 invånare dog och att ytterligare cirka 200 invånare blev skadade som följd av sarinattacken. De symptom som lyfts fram som vanligast förekommande var andnöd, mios, överdriven salivering, yrsel, medvetslöshet, kramper, illamående och kräkningar. Utifrån intervjuer framkom det att många skador skedde inom 400 meter ifrån nedslagsplatsen. Ytterligare detaljer ges av Alsaleh et al. som presenterar information angående skadeutfall [20]. Erfarenheter från sarinattacken på Khan Shaykhun är viktiga för bedömning av vad denna typ av händelser kan ge upphov till. Skadepanoramata stämmer väl in på vad som förväntas för nervgaser.

Dimensionerande scenario

FOI bedömer att en attack med artillerigranater med rent sarin utgör en rimlig dimensionerande händelse. Scenariot baseras på angrepp av ryskt raketartillerisystemet 9M542 Smerch MLRS. En sådan attack antas utgöras av 12 stycken granater som var och en har en nyttolast på 120 kg. Granater kan innehålla konventionella explosiva ämnen men även sarin. I det senare fallet inkluderas även en mindre explosiv laddning som utgör utspridningsmekanism för stridsgasen. Granaterna fördelas inom ett område på cirka 800 x 850 m. Explosionen sker nära marken och skapar en luftburen blandning av gas och aerosoler samt en markbeläggning av utspridda droppar. Antalet granater som innehåller sarin förblir spekulativt, i detta scenario antas att två granater innehåller sarin medan övriga tio granater är av konventionell typ. Detta scenario har likheter med NATO:s vignette C03 [21].

Scenariot tillämpas på både civil befolkning och militär personal. För den militära tillämpningen antas att 90 % av personalen i området har skydd i form av vistelse inomhus eller i fordon. Ett kompani på 150 soldater utspridda över 1 km² beskjuts och riskerar att exponeras för stridsgasen. Soldaterna är homogent fördelade inom det beskjutna området. Militären har klassificerat, baserat på underrättelser, den aktuella situation som att CBRN-hotnivån är förhöjd vad gäller C-angrepp och att utrustningsregel ETT gäller¹. Detta innebär att personal har skyddsmask nära till hands. Under dessa förutsättningar antas personalen bli exponerade för primärmolnet utan mask men sedan använda skyddsmask för sekundärmolnet.

¹ Försvarsmakten använder en hotkala för den bedömda risken för ett angrepp med CBRN och fördefinierade utrustningsregler baserade på hotbilden.



Figur 1. Sannolikhetsfält för lätta, svåra och dödliga skador för exemplet med sarinattack mot civil befolkning.

Resultat från spridningssimuleringar för denna händelse presenteras i form av ett sannolikhetsfält för skador i Figur 1. För att erhålla ett kvantitativt skadeutfall krävs en population inom området. Antal skador skalar linjärt med befolkningstätheten och några exempel på skadeutfall ges i Tabell 3 för Liten stad, Stor stad och med beteendemönster beskrivet i [2]. Den militära tillämpningen med ett kompani på ett fält är också inkluderat. För sarin gäller att exponering som leder till svår skada också innebär påtaglig risk för död. Resultaten här visar, i enlighet med det resonemanget, på ett stort antal lätt skadade personer och att merparten av de övriga drabbade avlider.

Tabell 3. Skadeutfall för scenariot med sarin tillämpat på både civil befolkning och militär personal.

Tillämpning	Befolkningstäthet (personer / km ²)	Motsvarande	Lätt skadade (personer)	Svårt skadade (personer)	Döda (personer)
Civilt	600	Liten stad	3 200	15	40
Civilt	3 000	Stor stad	16 000	73	200
Militärt	150	Kompani	43	6	21

Det är värt att notera att samma simuleringsförfarande har, som ett valideringsförfarande, applicerats på förutsättningarna under händelsen i Khan Shaykhun. De meteorologiska förhållandena under den attacken varierade över tiden vilket försvårar en direkt jämförelse, men resultaten från simulering överensstämmer tillfredsställande med antal rapporterade skadade och storleken på skadeområdet [12]. Samma typ av simuleringar användes för att uppskatta skadeutfall utifrån de valda scenarierna i denna studie. Detta styrker trovärdigheten gällande simuleringsresultaten som ligger till grund för de dimensionerande målbilderna för kemiska ämnen.

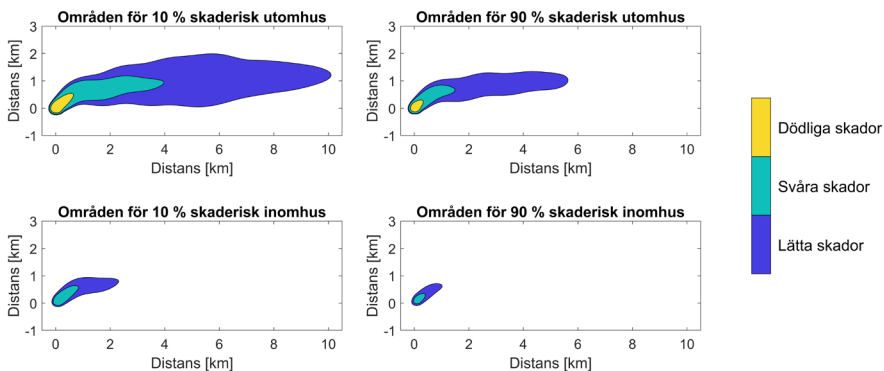
2.2.3.2 Svaveldioxid

Svaveldioxid är en vanlig industrikemikalie som produceras i stora mängder i Sverige. Det sker omfattande transporter mellan produktionsplatser och tillverkningsindustrier vilket genomförs genom att först tryckkondensera gasen till vätska. Svaveldioxid har en kokpunkt på $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vid normalt atmosfärstryck. Under transport har vätskan nära på samma temperatur som omgivningen, som i Sverige oftast överstiger kokpunkten. Detta innebär att trycket ökar i tanken som nu innehåller en blandning av vätska med högre temperatur än dess normala kokpunkt samt trycksatt gas. Under dessa förutsättningar övergår vätskan snabbt till gasfas vid utsläpp och det skapas en kraftig jetstråle. En viktig egenskap hos denna typ av utsläpp är att plymen blir kall och tung vilket gör att den håller sig nära marken under en lång sträcka. Detta ökar risken för exponering av höga koncentrationer inom närområdet. Till skillnad från scenariot med sarin, finns det möjlighet för en antagonist att attackera befintlig infrastruktur i landet och orsaka stora utsläpp av svaveldioxid. Detta scenario berör endast civil befolkning eftersom det anses mindre sannolikt att en sådan attack riktas mot militär personal.

Dimensionerande scenario

Gällande exponering av svaveldioxid utgör en attack mot en fullastad tankbil en lämplig exempelhändelse. Svaveldioxid transporteras med järnvägsvagnar och tankbilar av varierande storlekar. I programmet RIB Spridning Luft som används för riskuppskattning, använder räddningstjänsten transportvolymen på 64 och 24 ton som representativa storlekar för svaveldioxid i transport med järnvägsvagn respektive tankbilar [22]. Som dimensionerande scenario används här en tankbil av samma storlek, dvs. 24 ton tryckkondenserad svaveldioxid. Tankbilen beskjuts vilket skapar relativt stort hål som svaveldioxiden trycks ut genom. En jetstråle bildas med en blandning av vätska och gas som sprids med vinden. Dessutom skapas en pöl av svaveldioxid i vätskefas som avdunstar och skapar en mer utdragen plym. Figur 2 visar uppskattning av risker för dödsfall utifrån simuleringresultaten. Risk för dödliga skador föreligger inom 1 km medan lätta skador kan ske 10 km ifrån tankbilen. För personer som är särskilt känsliga på grund av bakomliggande hälsoproblem blir riskområdet ännu större. Figuren visar ett tydligt skydd av att vistas inomhus där skaderiskerna är kraftigt reducerade.

Svaveldioxid



Figur 2. Sannolikhetsfält för lätta, svåra och dödliga skador för valt scenario med svaveldioxid mot civil befolkning.

Genom applicera befolkningstätheter för Liten stad och Stor stad samt ett beteendemönster som diskuteras i rapport [2], erhålls skadefall som presenteras i Tabell 4. Endast den civila tillämpningen är applicerad på detta scenario. Skadefallet uppskattas bli omfattande. Även om de flesta drabbade endast är lätt skadade visar resultaten på en stor mängd svårt skadade personer och även dödsfall.

Tabell 4. Skadefall för scenariot med svaveldioxid tillämpat på civil befolkning.

Tillämpning	Befolkningstäthet (personer/km ²)	Motsvarande	Lätt skadade (personer)	Svårt skadade (personer)	Döda (personer)
Civilt	600	Liten stad	540	160	7
Civilt	3 000	Stor stad	2700	790	35

2.3 Konsekvenser vid biologiska händelser – B

2.3.1 Inledning

Flera länder har tidigare haft storskaliga B-vapenprogram med utvecklade vapen för olika syften. Biologiska vapen kan användas för att nå strategiska eller taktiska fördelar i alla faser av en konflikt. Oavsett om de används i ett gråzonsläge (hybridkrig), under mobilisering eller i en öppen militär konflikt är biologiska vapen ett kraftfullt verktyg i händerna på kompetent motståndare och användning av små mängder biologiskt agens kan få stora konsekvenser på civilbefolkning och/eller militär personal. Även djur och grödor kan vara målet och stora konsekvenser på livsmedels- och vattenförsörjning som följd.

Biologiska stridsmedel kan väljas utefter deras olika egenskaper, exempelvis med avsikt på inkubationstid, sjukdomsgrad och inkapaciterande förmåga samt dödlighet, se Tabell 5. Vissa infektionssjukdomar kan även spridas naturligt mellan djur och människor, så kallade zoonoser. Även stabilitet, dvs. smittämnets överlevnad i miljön efter en utspridning, varierar och vissa B-agens kan överleva i vatten eller jord under lång tid. Av den anledningen kan en attack med biologiska vapen orsaka effekt relativt omgående men också orsaka smittfall lång tid efter en attack om det får fäste i naturen. Dessutom kan agens föras vidare via vektorer som fästingar och myggor.

För att möjliggöra dimensionering av sjukvårdens beredskap har skadepanoraman och skadeutfall för tre olika B-stridsmedel exemplifierats med varsitt scenario. De agens som valts ut kännetecknas av att de förekommit i kända B-vapenprogram, innan programmen officiellt lades ner. Gemensamt för de tre smittämnen är att de är zoonoser, orsakar sjukdomar som även förekommer naturligt och ger upphov till sjukdomsutbrott som ibland även leder till epidemier.

2.3.2 Skadepanoraman

2.3.2.1 *Bacillus anthracis*, Antrax:

Mjältbrand även kallat Antrax orsakas av bakterien *Bacillus anthracis*. Bakterien är en så kallad sporbildare och dessa kan spridas till omgivande miljö av en sjuk individ. Sporens egenskaper gör att de är mycket tåliga och kan överleva i miljön under mycket lång tid med bibehållen förmåga att återuppväckas och infektera en ny värd, vilket även medför att de utgör ett potentiellt hot för antagonistisk användning. Under de senaste 15 åren har det förekommit naturliga utbrott av mjältbrand i Sverige i framförallt nötkreatur men inga humana fall har rapporterats. Infektionsdosen för att insjukna är högre i människa än för exempelvis nötkreatur. Mjältbrand kan förekomma i olika former beroende på smittväg men det är lungformen som är den allvarligaste med störst risk för allvarlig sjukdom med snabbt förlopp och död.

Inkubationstiden för antrax är 1 - 70 dygn men vanligast är att symtomen börjar inträda efter 1 - 7 dygn. Efter inkubationstidens slut börjar en initial sjukdomsfas (prodromal fas) där symtomen är:

- Feber
- Frossa
- Svaghet
- Andnöd
- Hosta
- Huvudvärk
- Illamående
- Kräkning
- Buk- och bröstsmärtor

Symtomen kan därför lätt förväxlas med influensa, covid-19 och vanlig lunginflammation. Därefter utvecklas infektionen mycket snabbt och på några få dagar utvecklas en svår lunginflammation, som i sin tur följs av blodförgiftning, dvs. tillstånd som kräver intensivvårdsbehandling.

2.3.2.2 *Coxiella burnetii*, Q-feber:

Q-feber orsakas av bakterien *Coxiella burnetii*. Sjukdomen förekommer globalt och är en så kallad zoonos. Under början av 2000-talet förekom flera humana utbrott i EU, främst i Nederländerna (år 2009, rapporterades 2 300 fall) och i Danmark. Endast ett fåtal fall av Q-feber hos människa rapporteras årligen i Sverige och vanligast är att de smittats utomlands.

Många djurslag, bland annat tamboskap såsom nötkreatur, får, getter samt katter och olika smågnagare men även vilda djur och fåglar kan smittas och i sin tur utgöra en smittkälla för människor. Många infekterade djur visar inga symtom

men fruktsamhetsstörningar, såsom aborter och svaga eller dödfödda foster kan förekomma. *C. burnetii* förökar sig ofta i stort antal i moderkakan och smitta överförs därför oftast i samband med kalvning och lamning då stora mängder bakterier kan utsöndras i luften via aerosol från fostervatten och moderkaka. Risken för smitta är därför förhöjd för bl.a. lantbrukare och veterinärer, men smitta kan även ske via direktkontakt med förorenade djurprodukter såsom ull, hö och gödsel.

Sjukdomsbilden hos människa kan variera mycket. Sjukdomen brukar delas upp i två former, akut och kronisk, där den akuta varianten som vanligtvis är självläkande endera kan vara helt symtomfri (50 - 60 % av fallen) eller ge upphov till en influensaliknande bild med bland annat:

- Feber
- Frossa
- Illamående
- Trötthet
- Intensiv huvudvärk
- Muskel- och bröstvärk
- Magont
- Viktminskning

Atypisk lunginflammation kan ibland ses med hosta, bröstsmärtor och andningsbesvär. Sjukdomstiden varierar mellan 1 - 3 veckor. Ibland tillstöter komplikationer med påverkan på lungor (pneumoni) och lever (leverförstoring och hepatit). Den kroniska formen av Q-feber drabbar ca 1 - 5 % av fallen och den tar ofta månader eller år att utveckla och infektionen angriper då hjärtklaffarna vilket orsakar en endocardit med nattsvetningar, trötthet, andfäddhet, viktminskning och svullna lemmar.

Q-feber har i allmänhet låg dödlighet och i de fall det händer beror det oftast på att patienten drabbats av den kroniska formen. Den kroniska formen kan blossa upp, månader upp till flera år efter insjuknande varför antibiotikabehandling som sträcker sig över minst tre år rekommenderas. Obehandlad kan den kroniska formen av sjukdomen ha en dödlighet på upp till 60 %. Individer med tidigare hjärtåkommor, nedsatt immunförsvar (immunsupprimerade) samt foster hos gravida löper en större risk.

2.3.2.3 *Yersinia pestis*, Lungpest:

Lungpest orsakas av bakterien *Yersinia pestis*. Pestbakterien sprids vanligtvis via bitt av loppor och denna infektionsväg orsakar klassisk böldpest som i regel övergår i en septisk spridning. Infektionen kan även sprida sig till lungorna eller överförs direkt till luftvägarna, så kallad lungpest. Vid lungpest kan även smitta mellan människor ske, så kallad sekundärsmitta. Lungformen av pest är den allvarligaste formen. Dödligheten vid obehandlad pest är i regel mycket hög,

cirka 50 % för böldpest och nära 100 % för lungpest. *Yersinia pestis*, är numera ovanlig men sjukdomen förekommer fortfarande i delar av Asien, Afrika, Nordamerika och Sydamerika. På Madagaskar sker årligen utbrott av sjukdomen.

Inkubationstiden för lungpest är vanligtvis 2 - 3 dagar och därefter framträder följande symtom:

- Hög feber
- Huvudvärk
- Allmän svaghet
- Bröstsmärtor
- Hosta
- Andnöd

Även mag-tarm påverkan, illamående, kräkningar och diarré förekommer. Patienterna utvecklar därefter en lunginflammation som snabbt kan övergå till andningssvikt och chocktillstånd. Under sjukdomstiden föreligger risk för sekundärsmitta, dvs smitta mellan person till person. Detta innebär att en uppkommen smitta kan ge upphov till en epidemi med svåröversiktlig omfattning.

Tabell 5. Egenskaper hos de tre utvalda bakterierna som alla orsakar sjukdom via inhalation.

	<i>Bacillus anthracis</i>	<i>Coxiella burnetii</i>	<i>Yersinia pestis</i>
Sjukdom	Mjältbrand (Antrax)	Q-feber	Lungpest
Dödlighet om obehandlad²	80 - 90 %	Akut inf. 1 - 2 % Kronisk inf. 30 - 60 %	50 - 100 %
Inkubationstid³	1 - 70 (1 - 7) dygn	3 - 41 dygn	1 - 8 (2 - 3) dygn
Smittar mellan personer⁴	Nej	Nej	Ja

2.3.3 Dimensionerande målbilder

De utvalda B-stridsmedlen, *Bacillus anthracis*, *Coxiella burnetii*, och *Yersinia pestis*, har ingått i flera länders tidigare B-vapenprogram och är, för en resursstark aktör med erforderlig kunskap, relativt okomplicerade att framställa i de begränsade mängder som avses i dessa scenarier. Även förmågan att kunna formulera dessa B-agens så att de kan spridas i de mängder och på de sätt som anges, bedöms som existerande. De valda B-stridsmedlen är alla bakterier men de beaktar ändå grundläggande olikheter avseende specifika egenskaper. Gemensamt för de utvalda bakterierna är att flera möjliga smittvägar förekommer

² Behandling minskar dödligheten men är beroende av att rätt behandling sätts in i tid.

³ Inkubationstid beror bl.a. av erhållen dos och allmäntillstånd. Vanligaste inkubationstiden anges inom parentes.

⁴ Sekundärsmitta, isolering kan krävas.

men scenarierna fokuserar på den smitta som sker via luft och inandning, och bortser från de övriga. I ett av fallen, *Yersinia pestis*, lyfts den viktiga problematiken med sekundärsmitta.

Det skadeutfall som erhålls efter en aerosolutspridning är ofta starkt påverkat av när på dygnet samt under vilka väderförhållanden spridningen sker. Tabell 6 visar några agensegenskaper som är viktiga för deras möjligheter att smitta personer genom atmosfärisk spridning.

Tabell 6. Agensegenskaper som påverkar sannolikheten att bli infekterad genom atmosfärisk spridning.

	<i>Bacillus anthracis</i>	<i>Coxiella burnetii</i>	<i>Yersinia pestis</i>
Infektionsdos (antal organismer)	8 000 - 50 000	1 - 10	10 - 3 000
Stabilitet i miljön	Sporer kan vara viabla i decennier	Månader till år i jord och kontaminerade byggnader	1 - 4 timmar i luft, veckor i vatten, år i jord, månader i vävnad
Avdödningshastighet i luft (% / min)	dagtid	0	4
Avdödningshastighet i luft (% / min)	natt	0	2,5
			7,5
			4

Dimensionerande scenarier

Liksom för C-händelserna är det rimligt att anta att angriparen har god kunskap om förutsättningarna och att attacken utformas för att ge upphov till ett stort skadeutfall. Skadeutfallen är därför beräknade med detta antagande, alltså att gynnsamma förhållanden för spridning föreligger. En studie från Institute for Defense Analyses (IDA), USA, har nyttjats och skadeutfallssiffrorna i den beaktar just sådana gynnsamma väderförhållanden [23]. I studien beskrivs skadeutfall baserat på olika militära förband, olika vapenslag och angreppsmetoder, samt olika storlek på utspridningsområden. Förutom optimala väderförhållande används även en optimal utspridningspunkt för att maximera skadeutfallet vilket betyder att de angivna skadeutfallen representerar ett värstafallscenario och att ett realistiskt utfall från en faktisk händelse mest troligt resulterar i ett lägre skadeutfall. De angivna skadeutfallen, se Tabell 7, belyser endast de infektionssiffror som kan drabba militär personal i händelse av ett antagonistiskt angrepp utomhus.

De tre scenarierna för biologiska ämnen i denna studie baseras alla på IDA:s rapport [23]. Alla scenarier bygger på samma utspridningsmekanism men de olika typerna av agens resulterar i stor variation i skadepanoraman och skadeutfall. Utspridning sker av 2,4 kg endera mjältbrandssporer, coxiellabakterier eller lungpestbakterier sker med hjälp av en markbunden utspridningsanordning vilket medför en initial aerosolisering av sporena/bakterier som sedan fortsätter att spridas med vinden vilket ger upphov till hälsorisker via främst inhalation inom ett relativt stort område.

Tabell 7. Skadeutfall för olika B-agens som spridits ut med hjälp av en markbunden utspridningsanordning med avseende på en militär bataljon (4 042 individer) över en yta av 20 x 40 km. Observera att detta är beräknat maximalt skadeutfall om alla förutsättningar för värsta möjliga exponering gäller.

B-agens	Smitta	Infekterade (%)	Döda (%)
<i>B. anthracis</i>	Primärsmitta	79	68
<i>C. burnetii</i>	Primärsmitta	8,3	0
<i>Y. pestis</i>	Primärsmitta	7,6	7,6
<i>Y. pestis</i>	Sekundärsmitta	75	75

Lungpest är smittsamt och ger därför upphov till sekundärsmitta, dvs. att det smittar mellan person till person och det primära skadeutfallet som angivits i Tabell 7 kan bli avsevärt värre om utbrottet inte hanteras korrekt i det akuta skeendet. Skadeutfallet är därför mer fatalt om en hel bataljon smittats via en sekundär smitthändelse än efter en primärsmitta. Coxiellabakterier kan överleva några dagar fritt i naturen och kvarliggande bakterier som upptas av exempelvis färbesättningar som vid lamning kan generera nya aerosolmoln kan skapa risk för utökad smitta senare i tiden.

2.4 Konsekvenser vid radiologiska händelser – R

2.4.1 Inledning

Till händelser av radiologisk karaktär räknas här effekter av utspridning av radioaktiva ämnen i miljön. Bidraget till befolkningen av radioaktivt nedfall från kärnvapen beror till största del av om explosionen sker nära mark så att markmaterial sugts upp och blandas med bombrester. Om detta sker kan det radioaktiva nedfallet ge upphov till avsevärda hälsofaror vilket tas upp i avsnittet om N. Övriga händelser som kan ge spridning av radioaktivt material i vår omgivning är främst en olycka eller vid en avsiktlig attack mot ett kärnkraftverk eller liknande anläggning med klyvbart material.

2.4.2 Skadepanorama

Joniserande strålning kan ge upphov till direkta hälsoeffekter. Höga stråldoser på kort tid orsakar främst skador på benmärg och mag-tarmsystemet. Vid ännu högre stråldoser påverkas också centrala nervsystemet. Dessa skador benämns som deterministiska och har följande symtom:

- Kräkning
- Illamående
- Diarré
- Huvudvärk
- Yrsel
- Medvetlöshet
- Trötthet
- Desorientering
- Sluddrigt tal

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

1. Initiala symtom: huvudvärk, illamående, kräkning och diarré. Sådana symtom brukar avta inom 24 timmar beroende på nivå av exponering.
2. Symtomfri period: en uppenbar återhämtning kan inträffa efter de första symtomen. Om denna period varar mindre än en vecka är resultatet ofta dödligt.
3. Sena symtom: dessa inkluderar håravfall och avsaknad av aptit, ont i halsen, feber, blödningar, långvarig svaghet, arbetsoförmåga och dödsfall.

Beroende på hur stor stråldos som personen utsatts för har medicinsk behandling också effekt på hur allvarliga symtomen blir. Deterministiska skador kan också uppkomma på lång sikt, t.ex. skador på ögat, huden eller ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar senare i livet.

Låga stråldoser kan ge upphov till sena skador i form av cancer samt ärftliga sjukdomar. Risken för dessa skador börjar direkt från den första stråldosen för att sedan öka linjärt med ökad stråldos. Dessa skador brukar benämnas stokastiska strålskador.

2.4.3 Dimensionerande målbilder

Radiologiska konsekvenser, vad gäller skadeutfall, är störst efter kärnvapenexplosioner. Kärnkraftverkshaverier har också stora konsekvenser men lågt skadeutfall. Konsekvenserna är framförallt sociala och ekonomiska och eventuellt sena effekter på befolkningen genom ex. ökad cancerrisk hos riskgrupper. Så kallade smutsiga bomber kommer antagligen att ha begränsad medicinsk effekt då den joniserande strålningen i det akuta skedet är av låg intensitet. I de fall radioaktiva ämnen använts antagonistiskt och haft hälsoeffekter har angreppet varit riktat mot enstaka individer. Följderna av radioaktivt nedfall som följer ett angrepp med kärnvapen beskrivs i avsnittet *Konsekvenser vid kärnvapenhändelser – N* medan reaktorhaveri utgör dimensionerande målbild för radioaktiva händelser i övrigt.

2.4.3.1 Reaktorhaveri

Vid en olycka eller vid en avsiktlig attack mot ett kärnkraftverk kan radioaktiva ämnen spridas i vår omgivning. I moderna kärnkraftverk finns dock konsekvenslindrande system vilket begränsar utspridningen. Vid en attack skulle dessa konsekvenslindrande system kunna sättas ur spel. De fall där olyckor inträffat med påverkan på miljön är framförallt olyckorna i Tjernobyl och Fukushima.

Effekterna av en olycka i ett kärnkraftverk i Sverige finns beskrivet av SSM [24]. Sammanfattningsvis kan sägas att även för en olycka i ett svenskt kärnkraftverk där de konsekvenslindrade systemen inte fungerar är allvarliga deterministiska effekter osannolika om av SSM föreslagna skyddsåtgärder genomförs. Doserna till befolkningen som berörs kommer som mest upp till 500 mSv och i de flesta fall som högst 100 mSv vilket är under de doser som behövs för att ge akuta effekter som behöver sjukhusvård. Då den situation som skulle ge högst doser till befolkningen inte ger några initiala hälsoeffekter så är det inte aktuellt att ge en scenariobeskrivning.

Den största kärnkraftsolyckan som skett i världen är olyckan vid kärnkraftverket i Tjernobyl 1986. Vid den olyckan slungades stora mängder radioaktivt material högt upp i atmosfären. Stora delar av närområdet men även Sverige och andra delar av Europa fick betydande nedfall av radioaktiva ämnen, framförallt genom att regn och snö förde med sig radioaktivt material från atmosfären till marken och in i det ekologiska systemet. Påverkan på Sverige blev i början stor med restriktioner på jordbruksprodukter och livsmedel från skogen och rennäringen. Hälsoeffekterna på människa har dock varit så små att endast en teoretisk

beräkning av antalet cancerfall orsakade av den förhöjda nivån av radioaktiva ämnen har kunnat göras [25]. De sociala och ekonomiska effekterna har dock varit stora.

Den senaste händelsen vid ett kärnkraftverk som kan relateras till ett större utsläpp av radioaktivt material är olyckan vid Fukushima Daiichi NPP den 11 mars 2011. Trots att olyckan spred stora mängder radioaktivt material så har det konstaterats att inga akuta effekter kan hittas bland arbetare vid kärnkraftverket eller bland allmänheten [26]. Effekterna efter olyckan i Fukushima Daiichi gav en ökad stråldos till en stor befolkning i området kring kraftverket. Inga direkta hälsoeffekter på befolkningen orsakad av den joniserande strålningen har kunnat hittas men nedfallet gav dock stora mentala och sociala effekter. En annan sidoeffekt var att ett antal personer dog vid omflyttning av patienter inlagda på sjukhus. Inte heller här väntas de långsiktiga hälsoeffekterna bli av den storleken att de går att detektera. Det kan dock också poängteras att mätningar av intag av radioaktivitet hos befolkningen för att beräkna eventuella framtida effekter av joniserande strålning har ställt stora krav på resurser för helkroppsmätningar och mätningar av radioaktivt jod i tyreoida. På grund av sen start av mätningar blev dock beräkningarna av dos till tyreoida osäkrare än vad de kunnat bli. Totalt hade det vid skrivandet av rapporten från UNSCEAR, år 2013, genomförts 149 000 helkroppsmätningar av Cs-137/134 [26]. De effekter som kan komma på sikt är framförallt extra fall av cancer, men troligtvis är frekvensen så låg att förhöjningen av frekvens inte går att detektera [27].

Utifrån beräkningar av förväntade stråldoser och erfarenheter från tidigare utsläpp enligt beskrivningen av skadepanorama så är akuta effekter på personal samt allmänheten osannolika vid en olycka vid ett kärnkraftverk. Vid en attack mot ett kärnkraftverk kan dock de konsekvenslindrande sättas ur spel och därmed orsaka ett större utsläpp, vilket inte analyserats i denna studie. Ett reaktorhaveri medför mentala och sociala effekter och kommer ställa krav på förmågan att mäta intern kontamination radioaktivitet i människa både av radioaktivt jod i tyreoida på kort sikt och av framförallt radioaktivt cesium på lång sikt.

2.5 Konsekvenser vid kärnvapenhändelser – N

2.5.1 Inledning

En kärnvapenexplosion frigör en enorm mängd energi, vilket kan ge upphov till flera olika verkansformer som beskrivs kort nedan. Den frigjorda energin brukar anges i kiloton (kt), där 1 kt motsvarar den frigjorda energin hos 1 000 ton explosivämne. Exempelvis hade bomberna över Hiroshima och Nagasaki laddningsstyrkor på 15 kt respektive 21 kt. Moderna kärnvapen kan ha laddningsstyrkor från bråkdels till många hundra kiloton. Eftersom kärnvapen ingår i flera länders vapenarsenaler kan deras användning i krig inte uteslutas, utan måste beaktas när man planerar för situationer som kan innebära masskadeutfall.

2.5.2 Skadepanorama

Den kraftiga energifrigörelsen från en kärnvapenexplosion kommer att ge upphov till en stötvåg som liknar den vid konventionella explosioner, men kraftigare och med längre varaktighet. Temperaturen när ett kärnvapen exploderar kan uppgå till flera tiotals miljoner grader, vilket kan orsaka en puls av värmestrålning som ger upphov till brännskador och bränder. Energin i explosionen härrör från kärnreaktioner, och dessa avger också olika former av joniserande strålning. I omedelbar anslutning till explosionen är det främst neutroner och gammastrålning som behöver beaktas. Till de direkta verkansformerna räknas även elektromagnetisk puls (EMP), vilken kan orsaka skador på samhällsviktiga elektroniska system och ledningsnät. Eftersom EMP inte skadar människor direkt behandlas den inte vidare här, men dess effekter kan likväl ha stora konsekvenser för hälso- och sjukvården.

De huvudsakliga skadorna som följer av direktverkan från en kärnvapenexplosion är [28, 29]:

- Stötvågsinducerade skador, vilka består av:
 - Övertrycksskador, vilket främst är tryckpåverkan på luftfyllda organ.
 - Splitterskador, vilka uppstår genom att föremål kastas iväg av stötvågen och träffar människor. Glassplitter är en viktig skadeorsak av denna typ i stadsmiljö.
 - Fysiska traumaskador till följd av att människor slungas iväg av stötvågen.
- Akuta strålskador till följd av den initiala joniserande strålningen, främst neutroner och gammafotoner. Uppkomna strålskador är desamma som beskrivs i kapitlet om radiologiska händelser, men med en förskjutning åt höga stråldoser vilket ger väsentligt mer akuta effekter.

- Brännskador.

Kvarvarande strålning i närområdet orsakat av en kärnvapenexplosion riskerar också att orsaka skador:

- Akuta strålskador till följd av det radioaktiva nedfallet, se beskrivning i kapitlet om radiologiska händelser.

Drabbade individer kan ofta utsättas för fler än en enskild verkansform, och det är viktigt att notera att en strålskada som i sig inte skulle ge några symtom ändå kan vara läkningsförsvårande för andra skador. I situationer där explosionen sker nära markytan tillkommer skador från kvarvarande strålning, till exempel från nedfall av radioaktivt material.

En annan trolig effekt vid kärnvapenanvändning är dess psykologiska verkan med många chockade människor. Likaså kan det förekomma många människor med lättare skador som belastar vården. Dessa effekter berörs inte närmare här.

2.5.3 Dimensionerande målbilder

Förutsättningarna för att en stat som innehar kärnvapen ska använda dessa bestäms av dess doktrin och hur denna har operationaliserats i de väpnade styrkorna. Eftersom detta till stora delar inte är känt, är det svårt att säga vad som är ett "troligt" scenario för kärnvapenanvändning, och det kommer också variera mellan olika kärnvapenstater. Oaktat detta specificeras här två kärnvapenfall som åtminstone är tänkbara och som kan tjäna som illustrationer på konsekvenserna vid kärnvapenangrepp. Attackens syfte, det vill säga vad det tilltänkta målet är, anges inte närmare. Den första tillämpningen är en attack mot ett mål i en större stad, vilket innebär att civilbefolkning kommer att vara direkt drabbade. Den andra tillämpningen är ett angrepp mot en militär anläggning på avstånd från bebyggelse, vilket inte ger samma direkta påverkan på civilbefolkning.

Att bestämma hur många döda och skadade som blir resultatet av en kärnvapenexplosion är en svår uppgift då det beror på många parametrar varav vissa förblir spekulativa. Exempelvis spelar det roll vilken typ av bebyggelse det är och om befolkningen har hunnit sätta sig i skydd eller inte. För brännskador spelar det stor roll vilken årstid det är, dels för att temperatur och luftfuktighet har stor påverkan på uppkomsten av bränder, och dels för att klädseln vintertid exponerar mindre hud för värmestrålningen. Även detonationshöjden påverkar, dels för hur stort det radioaktiva nedfallet blir och dels för effekten av stötvågsverkan. För de två kärnvapenfall som används här antas explosionerna ske vid markytan, vilket kommer att medföra förekomst av radioaktivt nedfall kring explosionspunkten och nedströms i vindriktningen. Effekterna från direkta verkansformer blir dock mindre än vad som hade varit fallet vid en luftexplosion med samma laddningsstyrka.

Då skadeutfallet för en godtycklig detonationspunkt söks används en konstant befolkningstäthet för uppskattning av skadeutfall i det första scenariot. De tidigare beskrivna definitionerna av en Stor stad används här för den första tillämpningen medan militärpersonal jämnt fördelad i ett område runt explosionspunkten på ett fält används för den andra tillämpningen. Laddningsstyrkor inom ett brett intervall har använts för att åskådliggöra hur konsekvenserna varierar med detta.

Skador till följd av radioaktivt nedfall hanteras separat och presenteras i stycket Effekter av kvarvarande strålning. Påverkan från radioaktivt nedfall beror på flera parametrar bland annat laddningsstyrka och laddningstyp (fission, fusion), explosionshöjd, nederbörd etc. I de beräkningar som gjorts för radioaktivt nedfall har en markexplosion antagits och att det inte förekommer nederbörd, utan det radioaktiva nedfallet sprids enligt en modell om baseras på ett idealiserat belägningsfält [30-32].

2.5.3.1 Tillämpning 1: Angrepp mot civilbefolkning i Stor stad

I detta scenario är antagandet att kärnvapenattacken är en markexplosion som kommer plötsligt vilket innebär att ingen har hunnit sätta sig i skydd. Det antas vidare att alla människor befinner sig inomhus samt att 45 % befinner sig i småhus av trä, 45 % i betonghus byggda av betongelement och resterande 10 % i solidbetonghus, vilket motsvarar ungefär fördelningen av hur människor bor i Sverige [33]. FOA har tidigare gjort beräkningar av sannolikheten för död respektive svår och lätt skada på människa i olika byggnadstyper beroende på laddningsstyrka, avstånd och explosionshöjd [34] gällande stötvågsverkan. Dock inkluderas inte skador från glassplitter i dessa sannolikhetsfördelningar. Även de som befinner sig utomhus påverkas av stötvågen men detta är svårare att beräkna då den främsta källan till skada av stötvågen utomhus är att man träffas av flygande material eller själv kastas in i saker, varför alla antas befinna sig inomhus.

Stråldosen av joniserande initialstrålning som funktion av avstånd, laddningsstyrka och typ av laddning är relativt väl beskrivet [34]. Skyddet mot den joniserande initialstrålningen av att befinna sig inomhus är begränsad så länge man inte befinner sig i skyddsrum eller möjligtvis källare. Den joniserande initialstrålningen avtar snabbt med avstånd, vilket innebär att ett skydd endast i liten utsträckning påverkar vilka avstånd som ger hälsoeffekter från joniserande strålning. Eftersom skyddseffekter från byggnader har liten skyddsverkan där initialstrålningen är som störst har de inte inkluderats i denna studie.

Av de initiala effekterna är skadeutfallet av brännskador svårast att bestämma. Dels är det svårt att avgöra hur många som kan förväntas träffas direkt av värmeinstrålningsspulsen men framför allt är det svårt att beräkna uppkomsten av bränder. Värmeinstrålningen tänder eld på tunna föremål, även inomhus genom fönster, såsom papper, gardiner och gräs utomhus, etc. Huruvida alla dessa små

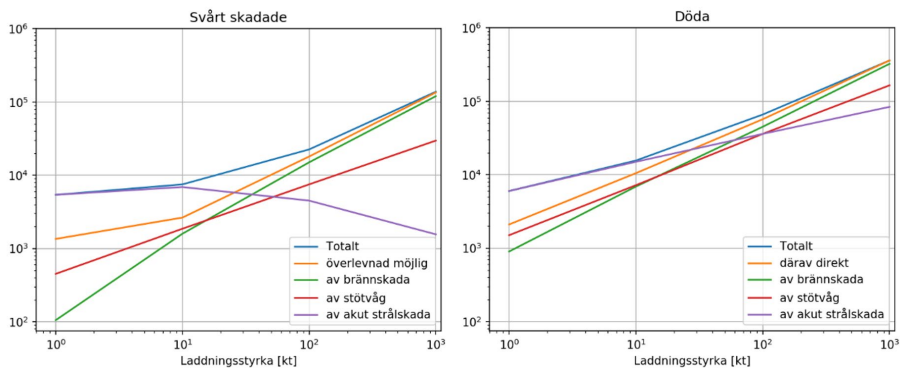
bränder utvecklas till storskaliga bränder beror på många olika faktorer, allt från byggnadskonstruktioner och väderlek till materialval i möbler och hur stökigt folk har det hemma. För brännskador användes därför skadeutfallen i Hiroshima och Nagasaki vilka sedan anpassades till andra laddningsstyrkor⁵. Bland de överlevande i Hiroshima och Nagasaki hade ungefär lika många människor brännskador som stötvågsskador, 70 % respektive 65 %, enligt tabell 12.18 i referens [35]. Även för en mer modern storstad är uppskattningen 70 % stötvågsskador samt 65 - 75 % brännskador, enligt sid 39 i referens [36].

Det finns uppgifter från Hiroshima om att stötvågsskador och brännskador avtog med avståndet ifrån detonationspunkten på ungefär samma sätt, se sid. 43 [37]. Detta talar för att fördelningen av stötvågsskador väl representerar även fördelningen av brännskador för den laddningsstyrka som var aktuell i Hiroshima, dvs. 15 kiloton (kt). Då laddningsstyrkan ökar, här kallad W , ökar radien för ett visst skadeutfall av stötvågsskador ungefär som $W^{1/3}$. För brännskador är motsvarande exponent istället 0,41. Brännskadornas utbredning ökar alltså mer med ökande laddningsstyrka än utbredningen för stötvågsskadorna, vilket här kompenseras för genom att dra ut skaderadierna för stötvågsskador i motsvarande grad och på så sätt få utbredningen av brännskador.

Resultaten från beräkningarna visas i Figur 3 och i Tabell 8. Enbart döda och svårt skadade är medräknade, dvs. de som kräver omhändertagande och sjukvård⁶. Till detta tillkommer även många lätt skadade vilka också till viss del kan uppsöka sjukvård. För de som drabbas av dödliga stötvågsskador har ingen distinktion gjorts för om personen dör direkt eller i ett senare skede vilket motiveras av brist på data. Detta skiljer sig från kategorin akuta strålskador där denna uppdelning har gjorts. Efter en exponering för joniserande strålning är det svårt att bedöma hälsoeffekterna eftersom en person som initialt mår relativt bra ändå kan ha fått en dödlig stråldos. Symtom kan vara milda såsom illamående, kräkning, diarré, vilka även kan tänkas induceras av chocken att befinna sig nära ett kärnvapenanslag. Det kan ta flera dagar efter exponeringen innan symtom framkommer som påvisar att en dödlig dos har erhållits. För att fånga upp denna grupp av människor i resultaten är döda i strålskador uppdelade i de som dör direkt och totalt döda vilket inkluderar de som dör i ett senare skede, ofta efter flera veckor. Detsamma gäller för det totala antalet svårt skadade.

⁵ Notera att de dimensionerande målbilder i denna studie bygger på markexplosioner medan atombomberna över Hiroshima och Nagasaki var luftexplosioner.

⁶ Med svårt skadade menas behov av sjukhusvård. Specialistvård för brännskador och strålskador förutsätts inte i beräkningen av sannolikhet för att överleva.



Figur 3. Antalet svårt skadade och döda som funktion av laddningsstyrka för en konstant befolkningstäthet på 3 000 personer/km². Grön: brännskador, röd: stötvågsskador, lila: joniserande initialstrålning, blå: totala antalet svårt skadade eller döda. Då det ofta tar ett tag för strålskador att visa sig inkluderar blå och lila kurvor, i båda panelerna, de personer som initialt är vid liv men fått en dödlig stråldos. Den orangea linjen för svårt skadade anger det totala antalet exklusive de som kan förväntas dö av akut strålskada inom några veckor. Den orangea linjen för döda anger de som dör mer eller mindre omedelbart.

Figur 3 visar att antalet strålskadade avtar med laddningsstyrka vilket beror på att de andra verkansformerna ökar mer med laddningsstyrka och de flesta strålskadade för de högre laddningsstyrkorna dör av andra orsaker och därmed inte räknas in i kategorin strålskadade då de inte längre är vid liv. Figuren visar att det för lägre laddningsstyrkor är fler strålskadade än skadade av exempelvis stötvågsskador. Detta skiljer sig från beskrivningarna från Hiroshima och Nagasaki, vilket dels kan bero på att en hel del personer som här klassas som strålskadade inte kommer att överleva på sikt, och dels på att de skadade här inte inkluderar exempelvis lätta stötvågsskador.

Tabell 8. Skadeutfall för laddningsstyrkorna 10 och 1 000 kt för tillämpning 1, Angrepp mot civilbefolkning i Stor stad.

	10 kt	1 000 kt
Döda totalt*	16 000	360 000
Döda direkt	11 000	360 000
Döda av brännskador	6 900	320 000
Döda av stötvågsskador	7 200	170 000
Döda i akuta strålskador*	15 000	84 000
Svår skada totalt*	7 500	140 000
Svår skada som förväntas överleva	2 600	140 000
Svår brännskada	1 600	120 000
Svår mekanisk skada	1 900	30 000
Svår strålskada*	6 900	1 600
<i>* Inklusivt de som dör i ett senare skede av erhållna strålskador</i>		

I kategorin ”svår skada” ingår inte de som avlider av någon av de andra verkansformerna. De som förväntas avlida av strålskador vid ett senare tillfälle är dock inräknade även som svårt skadade eftersom de kräver sjukvårdsresurser. Undantaget från den regeln är raden ”Svår skada som förväntas överleva” vilket förutom brännskadade och stötvågsskadade bara inkluderar de strålskadade som förväntas överleva sina strålskador. Liknande som för kategorin döda kan samma person vara svårt skadad av mer än en verkansform. Notera att samma person kan åsamkas dödliga skador inom flera kategorier vilket gör att det totala antalet döda är lägre än summan av delgrupperna.

2.5.3.2 Tillämpning 2: Angrepp mot militär anläggning

För scenariot med *Angrepp mot militär anläggning* befinner sig runt 200 militär personal inom 2 km ifrån explosionen, medan ytterligare 700 befinner sig inom 10 km. De flesta av dessa är oskyddade, och för att förenkla analysen antas att samtliga är oskyddade. Eftersom antalet personer är förhållandevis litet i förhållande till tillämpning 1, redovisas antalet döda och svårt skadade samlat (detta motsvarar det militära begreppet *ej tjänstbara*) i Tabell 9. För en given laddningsstyrka dominerar skadeutfallet ofta relativt tydligt av en verkansform: för 1 kt är det akut strålskada, medan för 100 och 1 000 kt är det brännskador.

Tabell 9. Skadeutfall för laddningsstyrkorna 1, 10, 100 och 1 000 kt för tillämpning 2, Angrepp mot militär anläggning. Tabellen redovisar döda och svårt skadade samlat, och värdena är avrundade till jämna tital.

	1 kt	10 kt	100 kt	1 000 kt
Döda och svårt skadade totalt*	20	100	240	600
Döda och svårt skadade av brännskador	10	80	220	600
Döda och svårt skadade av stötvågsskador	0	20	130	260
Döda och svårt skadade i akuta strålskador totalt	20	60	140	200

* Inklusive de som dör i ett senare skede av erhållna strålskador

2.5.3.3 Effekter av kvarvarande strålning

Vid en explosion av ett kärnvapen nära mark så kommer de radioaktiva ämnen som bildas att blandas med markmaterial vilket kommer att skapa ett omfattande radioaktivt nedfall. Beräkningen av dosen från det radioaktiva nedfallet har gjorts med de idealiserat beläggningsfält som anges i Handbok för kärnvapenverkan [30]. Dessa fält anges som av erhållen dos under 48 timmar efter nedfallet i form av elipser i vindriktningen med en cirkulär del kring explosionspunkten.

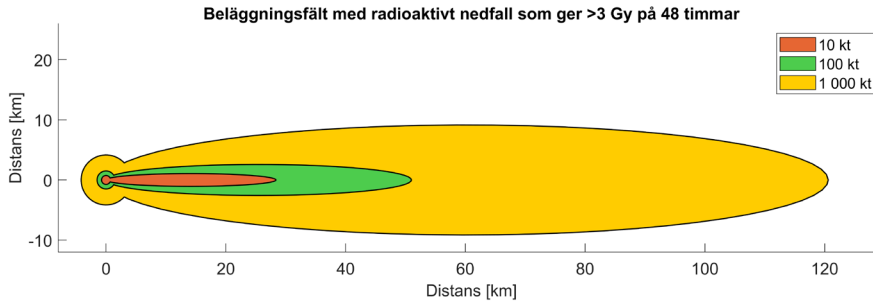
2.5.3.3.1 Skadepanorama

En kärnvapenexplosion nära mark kan ge stora mängder radioaktivt nedfall. Effekterna av den joniserandes strålning är precis densamma som för scenariot med ett kärnkraftshaveri men i scenariot med en kärnvapenexplosion finns inga katastroflindrande system utan all radioaktivitet kommer att spridas med vinden. Stråldoserna kommer att bli höga miltals ifrån platsen för explosionen. Samtidigt så avtar doshastigheten ganska snabbt vid ett nedfall från en kärnvapenexplosion så stora besparingar i dosbelastning kan göras genom att hålla sig inne första tiden.

2.5.3.3.2 Dimensionerande målbilder

Genom beräkningar av hur stor andel av totala ytan som drabbas av nedfall så har en relativ andel skadade och döda beräknats. Vid beräkningar av erhållna stråldoser så har tre olika förutsättningar använts: utomhusvistelse 10 % av tiden och inomhusvistelse i småhus (skyddsfaktor⁷ 0,4) 90 % av tiden, utomhusvistelse 10 % av tiden och vistelse i skyddsrum (skyddsfaktor 0,025) 90 % av tiden, samt till sist vistelse 100 % av tiden i skyddsrum. Det område som påverkas mest av nedfallet är mellan 3 - 12 mil långt räknat ifrån explosionspunkten och berör ytor på mellan 50 och 1 800 km² beroende på laddningsstyrka.

⁷ Erhållen dos med skydd beräknas som dosen som hade erhållits utan skydd multiplicerat med skyddsfaktorn.



Figur 4. Idealiserat beläggingsfält beräknat enligt [30] för dosen 3 Gy under 48 timmar om man befinner sig utomhus efter en laddning på 10 kt, 100 kt respektive 1 000 kt. Vindhastighet är satt till 24 km/h och laddningarna utgörs av 100 % fission för den lägsta laddningsstyrkan och 50 % fission för de två större laddningsstyrkorna. Beläggingsfältet ges som en ellips i vindriktningen med ett cirkulärt område närmast explosionspunkten. Ellipsens längd för laddningsstyrkorna 10, 100 och 1 000 kt är 28, 51 respektive 121 km. För samma laddningar är ellipsens bredd 2,1, 5,2 respektive 18,3 km. Cirkelns diameter är på motsvarande sätt 1,5, 3,0 respektive 8,3 km i diameter.

I dessa beräkningar har beräkningar gjorts för laddningsstyrkor av 10 kt, 100 kt samt 1 000 kt och en medelvinshastighet på 24 km/h. För de två högre laddningsstyrkorna har det antagits att hälften av laddningsstyrkan kommer från fusion och andra hälften från fission, medan enbart fission används för 10 kt laddningsstyrka. Under dessa förhållanden så kommer den relativa andelen döda inom drabbat område att vara ca 45 % av befolkningen och den relativa andelen skadade 28 % om befolkningen är 10 % av tiden utomhus och resterande tid inomhus i småhus. Kan inomhusvistelsen ersättas med ett skyddsrum (under 90 % av totala tiden) så sjunker andelen döda och skadade till 7 % respektive 16 %. Om befolkningen kan komma in i ett skyddsrum innan nedfallet anländer och befinna sig där de första dygnet efter ett nedfall så kommer effekterna att begränsa sig till mildare fall av huvudvärk samt illamående och kräkningar. Beräkningarna av andelen döda har gjorts med hjälp av data från NUREG [38] och andelen skadade STANAG [39]. Högre laddningsstyrkor påverkar inte den relativa andelen döda och skadade i så stor grad men ytorna och antalet drabbade människor blir betydligt större, se Tabell 10. Då det är stora områden som drabbats och Sverige knappast har så stora områden med hög befolkningstäthet så har det antagits att det bor 100 personer/km². Siffrorna är dock skalbara med den relativa siffran döda respektive skadade vid andra befolkningstätheter.

Tabell 10. Skadeutfall för olika laddningsstyrkor vid antagande om en befolkningstäthet av 100 personer/km² för tre olika förutsättningar av inomhus-utomhusvistelse. Storleken på det idealiserade belägningsfältet ges för en isolinje innanför vilken befolkning utomhus erhåller minst 3 Gy under de första 48 timmarna.

Laddningsstyrka (kt)	Befolkning (antal)	10 % av tiden utomhus och 90 % inomhus i trähus		10 % av tiden utomhus och 90 % inomhus i skyddsrum		100 % av tiden inomhus i skyddsrum	
		Döda (antal / %)	Skadade (antal / %)	Döda (antal / %)	Skadade (antal / %)	Döda (antal / %)	Skadade (antal / %)
10	4 900	2 000 / 45	1 400 / 28	300 / 6	8 00 / 16	0 / 0	<100 / 1
100	21 000	10 000 / 45	6 000 / 29	1 500 / 7	3 400 / 16	<10 / <1	200 / 1
1 000	179 000	86 000 / 48	49 000 / 27	17 000 / 9	29 000 / 16	10 / <1	2 500 / 1

3 Diskussion

Användning av massförstörelsevapen är ett komplext område där utfallet från händelser beror på många komponenter såsom angräparens val av agens, kvantiteter, utspridningsmetoder samt omständigheter som meteorologi, men även hur den drabbade hanterar den uppkomna situationen. Ambitionen med uppdraget var att ge bästa möjliga bild, inom ramen för detta uppdrag, av vad sjukvården kan behöva hantera givet ett angrepp med massförstörelsevapen. Resultaten tjänar som kunskapsunderlag och ger dimensionerande målbilder vilka kan användas inom utbildning och för materielinförskaffning och därmed bidra till ökad beredskap i Sverige inför eventuella CBRN-attacker.

För att begränsa vidden av CBRN-området till en hanterbar delmängd valdes ett mindre antal agens och angreppssätt ut efter en rad kriterier. Med den angivna målsättningen avgränsades även tidsförloppet till skadeverkan som belastar sjukvården i ett akut skede (inom närmsta veckorna). Det bör noteras att det, i många fall, finns fördröjda effekter som är högst allvarliga och relevanta men uppkommer i ett senare skede. Denna fördröjning innebär att sjukvården inte drabbas av en lika akut anstormning av patienter och beredskapsbehovet är därmed lägre. Exempel på fördröjda skadetyper är cancer orsakat av strålning, infektionssjukdomar som ger upphov till epidemier eller pandemier, ekologiska skador orsakat av kontaminering vilket drabbar hela samhället och skapar hälsorisker samt utslagna vattensystem som orsakar sanitära problem.

Kunskapen om skadepanoraman inom CBRN baseras på tidigare händelser kompletterat av teoretiska och kliniska studier. Med några undantag är symptom och skadetyper väl undersökta och kända. Däremot skalar skadefallet med angreppets omfattning och beror på exempelvis spridningsförlopp samt respons för exponeringen. Det går enbart att spekulera kring angreppets omfattning och de övriga faktorerna är också befästa med osäkerheter. I denna studie har vi efter bästa förmåga uppskattat rimliga proportioner på angreppen men det finns oundvikligen osäkerhet i skadefallen.

Målet med denna studie var att de utvalda scenarierna ska förmedla en tydlig och relevant dimensionerande målbild till svensk sjukvård och utgöra ett underlag vidare kunskapsuppgnads inom svenskt totalförsvaret.

4 Referenser

1. Socialstyrelsen, *Nyckeltal och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvårdens planering för civilt försvar*. 2023, Socialstyrelsen.
2. Björnham, O., et al., *Metoder och antaganden kopplat till Uppdrag att ta fram nyckeltalsberäkningar och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården*. 2023: Swedish Defence Research Agency.
3. SKR, *Kommungruppsindelning, Sveriges Kommuner och Regioners kommungruppsindelning 2023*. 2023, Sveriges Kommuner och Regioner.
4. Dijkstra, L. and H. Poelman, *Cities in Europe, The New OECD-EC Definition*. 2012, European Commission, European Commission,.
5. Kemikalieinspektionen. *Sökverket Kemi-stat*. Sökverket Kemi-stat 2023 2023-08-16; Available from: <https://www.kemi.se/kemikaliestatistik/sokverket-kemi-stat>.
6. OPCW Technical Secretariat, *Report of the fact-finding mission regarding the incident of alleged use of toxic chemicals as a weapon in Douma, Syrian Arab Republic, on 7 april 2018*. 2019.
7. Socialstyrelsen, *Vårdens prioriteringar i krig och fredstida katastrofer*. 2022.
8. Thors, L., E. Wigenstam, and A. Bucht, *Triagemetodik vid exponering för kemiska ämnen*. 2019: Totalförsvarets Forskningsinstitut.
9. Thors, L. and A. Bucht, *Symtomutveckling vid förgiftning av nervgaser och opioider*. 2020: Totalförsvarets Forskningsinstitut.
10. Yanagisawa, N., H. Morita, and T. Nakajima, *Sarin experiences in Japan: acute toxicity and long-term effects*. *Journal of the neurological sciences*, 2006. 249(1): p. 76-85.
11. Sellström, A., S. Cairns, and M. Barbeschi, *United nations mission to investigate allegations of the use of chemical weapons in the Syrian Arab Republic*. Final Report, 2013. 12.
12. OPCW Technical Secretariat, *Report of the OPCW fact-finding mission in Syria regarding an alleged incident in Khan Shaykhun, Syrian Arab Republic April 2017*. 2017.
13. Sharma, N., et al., *Treatment of acute ocular chemical burns*. *Survey of ophthalmology*, 2018. 63(2): p. 214-235.
14. Chai, H., et al., *Chemical burn to the skin: A systematic review of first aid impacts on clinical outcomes*. *Burns*, 2022. 48(7): p. 1527-1543.

15. Thiermann, H., F. Worek, and K. Kehe, *Limitations and challenges in treatment of acute chemical warfare agent poisoning*. *Chemico-biological interactions*, 2013. 206(3): p. 435-443.
16. Cibulsky, S.M., et al., *Public health and medical preparedness for mass casualties from the deliberate release of synthetic opioids*. *Frontiers in public health*, 2023. 11: p. 1158479.
17. Henretig, F.M., M.A. Kirk, and C.A. McKay Jr, *Hazardous chemical emergencies and poisonings*. *New England journal of medicine*, 2019. 380(17): p. 1638-1655.
18. Higgins, E., *The First Images of the Type of Chemical Bomb Used in Syria's Sarin Attacks*. 2019, Bellingcat: www.bellingcat.com.
19. United Nations Security Council, *Letter dated 30 June 2017 from the Secretary-General addressed to the President of the Security Council*. 2017, United Nations: United Nations Digital Library. p. 80.
20. Alsaleh, O.I., et al., *Acute Health Effects and Outcome Following Sarin Gas Attacks in Khan Shaykhun, Syria*. *Cureus*, 2022. 14(2).
21. NATO, *AEP-72.1 Compendium of CBRN Vignettes*. 2019, NATO. p. 142.
22. MSB, *MSB RIB, Spridning Luft*. 2023, MSB: www.msb.se.
23. Curling, C., et al., *Documentation of Production: Allied Medical Publication 8 (B), Volume 2, Medical Planning Guide of NBC Battle Casualties (Biological)*. 2006.
24. SSM, 2017:27 *Översyn av beredskapszoner*. 2017: Strålsäkerhetsmyndigheten.
25. Moberg, L., *The Chernobyl accident. A summary 15 years after the accident; Kaernkraftsolyckan i Tjernobyl. En sammanfattning femton aar efter olyckan*. 2001.
26. Smith, G., *UNSCEAR 2013 Report. Volume I: report to the General Assembly, Annex A: levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 Great East-Japan earthquake and tsunami*. 2014, IOP Publishing.
27. IAEA, I. *The Fukushima Daiichi Accident*. in *Report by the Director General*. 2015. International Atomic Energy Agency Vienna.
28. Goliath, M., et al., *Kärnvapenscenario för räddningstjänst*. 2021: Totalförsvarets Forskningsinstitut.
29. Ringbom, A., M. Goliath, and T. Nylén, *Ett nationellt system för att upptäcka, varna och informera om kärnexplosioner och andra nukleära händelser*. 2023: Totalförsvarets Forskningsinstitut.

30. Wigg, L., *Handbok för kärnvapenverkan*. 1997: Totalförsvarets Forskningsinstitut.
31. Glasstone, S. and P.J. Dolan, *The effects of nuclear weapons*. 1977, Department of Defense, Washington, DC (USA); Department of Energy, Washington, DC (USA).
32. Dolan, P.J., *Capabilities of nuclear weapons*. Defense Nuclear Agency Effects Manual, 1972(1).
33. SCB. 2023, <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/boende-i-sverige>.
34. Wigg, L., *Handbok för kärnvapenverkan*. 1996, FOA.
35. Glasstone, S. and P.J. Dolan, *Effects of Nuclear Weapons*. 1977.
36. Nelson, C., *Atomvapenskador*. 1956, Stockholm: Almqvist & Wiksell.
37. Oughterson, A.W. and S. Warren, *Medical effects of the atomic bomb in Japan*. 1956.
38. Evans, J.S., D.W. Moeller, and D.W. Cooper, *Health effects model for nuclear power plant accident consequence analysis. Part I. Introduction, integration, and summary. Part II. Scientific basis for health effects models*. 1985, Harvard Univ., Boston, MA (USA). School of Public Health.
39. NATO, *STANAG 2083 - Commanders' Guide on the Effects from Nuclear Radiation Exposure During War*. 2009: NATO.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se