

Kristina Carlquist Arnoldsson, Ola Claesson, Marianne Strömqvist,
Ulf Danielsson

NBC-skydd för framtidens soldat

Rapport från en förstudie om utformningen av framtida personliga
andningsskydd och skyddskläder mot nukleära, biologiska
och kemiska agens



Foto: Ulf Danielsson, FOI

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

NBC-skydd
901 82 Umeå

FOI-R--1426--SE

December 2004

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Kristina Carlquist Arnoldsson, Ola Claesson, Marianne Strömqvist,
Ulf Danielsson

NBC-skydd för framtidens soldat

Rapport från en förstudie om utformningen av framtida personliga
andningsskydd och skyddskläder mot nukleära, biologiska
och kemiska agens

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI NBC-skydd 901 82 Umeå	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1426--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 3. Skydd mot NBC och andra farliga ämnen	
	Månad, år December 2004	Projektnummer E4565
	Delområde 33 NBC-studier	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Kristina Carlquist Arnoldsson Ola Claesson Marianne Strömqvist Ulf Danielsson	Projektledare Ola Claesson	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FM	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Ola Claesson	
Rapportens titel NBC-skydd för framtidens soldat. Rapport från en förstudie om utformningen av framtida personliga andningsskydd och skyddskläder mot nukleära, biologiska och kemiska agens.		
Sammanfattning (högst 200 ord) Denna rapport beskriver en förstudie vars huvudsyfte varit att definiera villkoren för NBC-skyddet för framtidens soldat. I ett försök till helhetsgrepp analyseras de komponenter och parametrar som påverkar skyddet. Dagens hotbild, förändringen av Försvarsmakten och dess uppgifter, lägre toleransnivåer samt behov av lägre fysiologisk belastning leder till förändrade krav på den personliga skyddsutrustningen. Samtidigt får inte helheten gå förlorad och skyddet måste ses som en del av det totala skyddssystemet. Arbetet 2004-2007 föreslås koncentreras på områdena: • Fortlöpande kontroll av marknaden för att veta var den teknologiska gränsen går. • Deltagande i internationella samarbeten för att sprida risker och få/dela kompetens: ○ CB^{plus} - Trilateralt samarbete CA/NL/S för att ta fram en prototypdräkt till år 2008. ○ CEPA – Europeiskt samarbete som syftar till att samordna krav, provningsmetoder och på europeisk basis ena synen på det personliga skyddet. ○ Membraner – Samarbete med DSTL, UK som syftar till att ta fram ett effektivt semi-permeabelt membran. • Ta fram metoder för en relevant och detaljerad karaktärisering av material under olika betingelser och med dessa bygga upp en kunskapsbank om dagens skyddsmaterial. • Teoretiskt utreda konsekvenserna på uthållighet av militärt inriktade arbetsmoment utförda i olika klimatzoner med olika typer av NBC-skydd.		
Nyckelord NBC-skydd, personligt skydd, fysiskt skydd, framtidens soldat		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 57 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency NBC Defence SE-901 82 Umeå	Report number, ISRN FOI-R--1426--SE	Report type User report
	Programme Areas 3. NBC Defence and other hazardous substances	
	Month year December 2004	Project no. E4565
	Subcategories 33 NBC Studies	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Kristina Carlquist Arnoldsson Ola Claesson Marianne Strömquist Ulf Danielsson	Project manager Ola Claesson	
	Approved by	
	Sponsoring agency Swedish Defence Forces	
	Scientifically and technically responsible Ola Claesson	
Report title (In translation) The NBC-protection of the future soldier. Report on a pilot study on the factors governing the development of future personal protection systems against nuclear, biological and chemical agents.		
Abstract (not more than 200 words) This report describes a pilot study with the aim to define the conditions that will govern the NBC-protective equipment for the future soldier. Different components and parameters that influence personal protection are analyzed. The present threat picture, a changing defense force with new missions together with a need for higher protection levels with a lower physiological burden, will affect the design of future protective equipment. At the same time the NBC-protection has to be an integrated part of the whole protective system. Suggested work 2004-2007: • Continuous survey of the market to follow technical developments. • Participation in international collaborations to share/exchange knowledge and to spread risks: ○ "CB^{plus}" - trilateral cooperation CA/NL/S to develop a prototype suit in 2008. ○ "Novel Materials and Concepts for Low Burden NBC Protective Clothing Systems", a CEPA [Common European Priority Areas] project. ○ "Moisture Vapour Permeable Membranes for NBC Defense Applications", with the UK. • Develop methods for a detailed and relevant characterization of protective materials under different conditions. Use the methods to build a database comprising present materials. • Theoretically evaluate the consequences of performing military type activities with different NBC-protective equipment in different climatic zones.		
Keywords NBC-protection, Individual protection equipment, physical protection, future soldier		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 57 p.	
Price acc. to pricelist		

Innehåll

Inledning	6
Skyddets beståndsdelar	6
Studieupplägg	6
Nukleära, kemiska och biologiska vapen/händelser – betydelse för skydd och skyddsmateriel	9
Framtida NBC-hotbild	12
Försvarsmaktens framtida uppgifter	12
Internationella operationer	13
NBC-skyddet i Försvarsmaktens framtida struktur/organisation	14
NBC-skyddssystem	14
Hygieniska gränsvärden och nolltolerans - konsekvenser	17
Nolltolerans	17
Gränsvärden för kemikalier	17
Gränsvärden för C-stridsmedel	18
Gränsvärden för B-stridsmedel	21
Lågnivåhot	21
Termisk belastning i NBC-miljö	24
Standarder	26
Civila standarder	26
Militära standarder	26
Tekniska specifikationer	27
Utvecklingen inom skyddsområdet	29
Skyddsdräkt	29
Skyddsmask	30
Filter	31
Sanering	32
B-sanering	33
Övrigt	33
Skyddsmateriel idag och imorgon	35
Försvarsmaktens NBC-skyddsmateriel i dag	35
Skyddsmateriel på marknaden idag	36
Utveckling och tendenser	36
Internationella samarbeten	38
CB ^{plus} - Protective Combat Uniform Technology Demonstration Project	38
Membraner för framtida användning inom skyddsmaterielområdet	39
Novel Materials and Concepts for Low Burden NBC Protective Clothing Systems	40
Sammanfattning	41
Förslag på områden som bör ingå i projektet	44
Förslag på områden som bör ingå i projektet	45
Arbete under 2004-2007:	45
Förslag på viktiga framtida arbetsområden	45
 Bilaga 1. Sammanställning över tillverkare av skyddsutrustning (skyddsdräkter och skyddsmasker)	 47
Bilaga 2. CB ^{plus}	53
Bilaga 3. Beskrivning av INSULA	57

Inledning

Det skydd mot nukleära (N), biologiska (B) och kemiska (C) stridsmedel som finns idag inom Försvarsmakten utvecklades på 70- och 80-talet utifrån de behov som då fanns. Sedan dess har omvärlden och behoven förändrats på ett drastiskt sätt, men skyddet har mer eller mindre förblivit detsamma. De stora skillnaderna mellan den gamla och den nuvarande situationen, gör en översyn av skyddet nödvändig. Framtidens skydd måste bygga på en analys inte bara av dagens, utan även av morgondagens situation, med dess behov och tekniska förutsättningar.

Denna rapport är resultatet av en förstudie vars huvudsyfte är att definiera villkoren för NBC-skyddet för framtidens soldat. Villkoren ska sedan ligga till grund för ett detaljerat förslag till utvecklingsprojekt vari väsentliga aspekter av skyddet studeras. Härvid får inte helheten gå förlorad, skyddet måste ses som en del av ett system.

Skyddets beståndsdelar

NBC-skyddet brukar anses bestå av:

- Personlig skyddsutrustning, i form av ett fysiskt skydd bestående av:
 - andningsskydd med mask och filter
 - kroppsskydd med komponenterna dräkt, handskar och skor

Övriga komponenter som brukar nämnas i NBC-skyddssammanhang är:

- Indikering, varning
- Kollektivt skydd
- Sanering
- Medicinskt skydd
- Utbildning och träning

Skyddet består alltså av flera olika delar där varje del är komplex och motiverar en separat utredning. I denna studie är intresset koncentrerat till den personliga, fysiska skyddsutrustningen. De övriga komponenterna berörs inte alls, eller bara i förbigående när sammanhanget motiverar detta. När det i rapporten står "NBC-skyddet" är det, om inte annat anges, det personliga, fysiska skyddet i form av andningsskydd och kroppsskydd som avses.

Studieupplägg

Grundtanken är att den nya hotbild som existerar idag, tillsammans med de nya uppgifter som Försvarsmakten har erhållit, får konsekvenser för skyddet och att detta måste beaktas vid utformningen av morgondagens skydd.

En översikt av de komponenter som betraktats och beaktats vid utformningen av förstudien, samt kopplingarna mellan dessa ges i **Fig. 1**. Förstudien försöker strukturera och sammanfatta komponenterna samt analysera förutsättningarna för morgondagens NBC-skydd.

Detta mynnar ut i en "önskelista" över vad ett modernt skydd ska kunna klara av, tillsammans med de komponenter/parametrar som är väsentliga och kritiska för att kunna uppnå det önskade skyddet. Förstudien avslutas med en lista på förslag över vad som bör ingå i en fortsatt studie med målet att utforma framtidens NBC-skydd.

Tilläggsas kan att skyddet till stor del fortfarande utformas efter de akuta, livshotande effekterna. Exponering för låga koncentrationer över längre tid kommer att behöva beaktas i ett framtida skyddskoncept. Studien diskuterar detta och ett försök har gjorts att inkludera konsekvenserna i behandlingen.

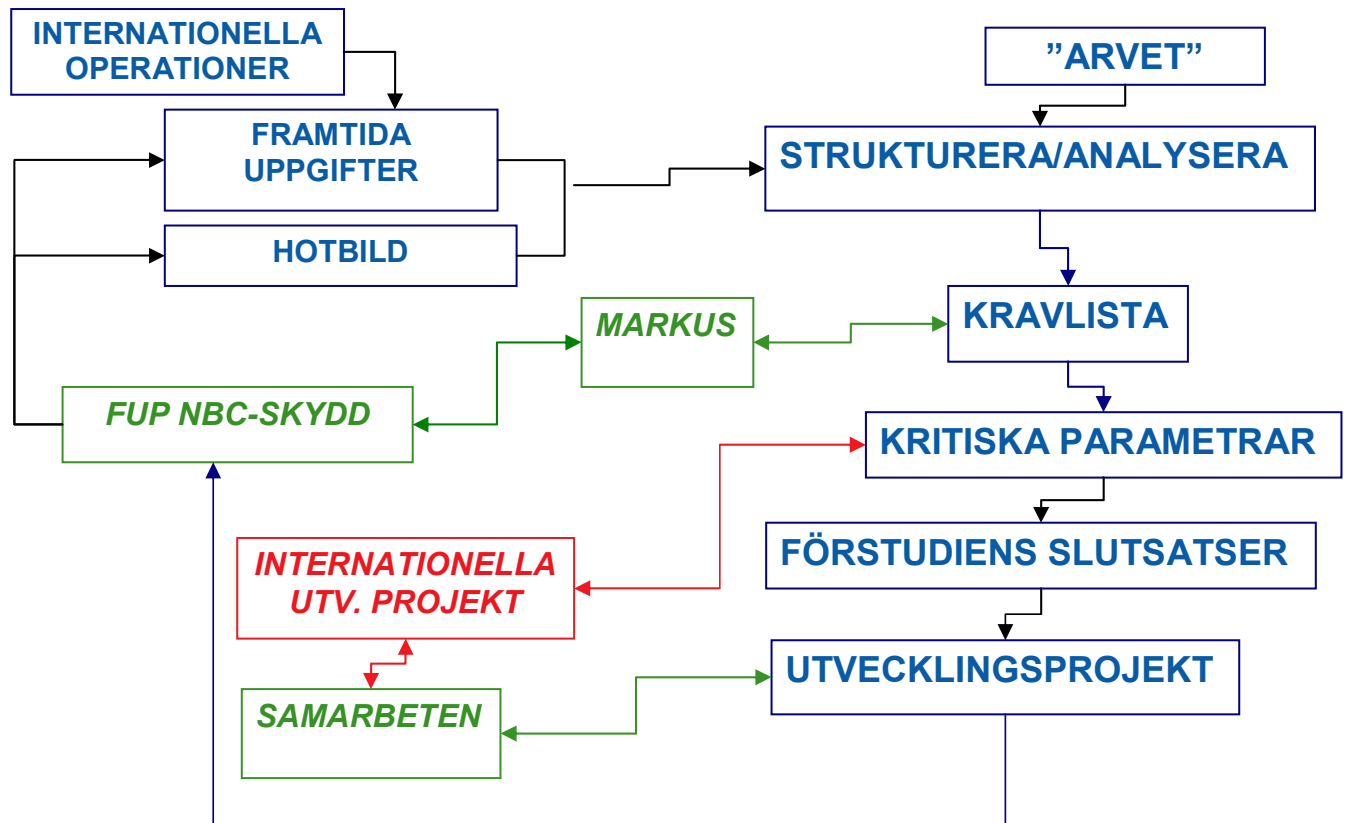


Fig. 1. Struktur för utformning av förstudien NBC-skydd för framtidens soldat.

Andra studier som beaktats i arbetet är Försvarsmaktens Funktionsutvecklingsplan NBC-skydd samt MARKUS, den framtida markstridssoldaten.

Då projektets slutmål, framtidens skyddssystem, är komplext och mångfacetterat, bör alla möjligheter att sprida risker, tekniska och ekonomiska, tas tillvara. Detta kan göras genom deltagande i internationella utvecklingsprojekt, samarbeten och nätverk.

Författarna har funnit det väsentligt att försöka ta ett helhetsgrepp på alla de komponenter och parametrar som ingår i skyddet.

Rapporten behandlar därför följande områden sedda ur perspektivet NBC-skydd.

Områden
Ändrade förutsättningar • Framtida hotbild • Framtida uppgifter och förmågor • Internationella operationer
Dagens nivå • Skyddssystem/-komponenter • Standarder/Mätmetoder • Kravspecifikationer
Kritiska parametrar: • Hygieniska gränsvärden, arbetarskydd • Lågnivåhot och långtidsexponering • Värmebelastning • Komfort
Teknisk utveckling inom området • Skydd mot fler kemikalier • Krav på B-skydd • Passform, tätningar och minskat andningsmotstånd • Minskad värmebelastning • Nya material • Nya mätmetoder • NATO, PfP krav – interoperabilitet • Integrering med övriga skydd och system • Beaktande av nationella krav – vinterklimat
Internationella samarbeten

Nukleära, kemiska och biologiska vapen/händelser – betydelse för skydd och skyddsmateriel

Skillnader och likheter mellan ”bokstäverna” – en kortfattad översikt

När NBC-skydd diskuteras måste man ha i åtanke att risker, verkan och konsekvenser inte är desamma för de tre olika ”bokstäverna”, utan att dessa skiljer sig åt i många aspekter. Detta har konsekvenser för det personliga skyddet mot dessa typer av händelser, samt för de åtgärder som bör vidtas före, under och efter en sådan händelse. Nedan följer ett försök till en kort, översiktlig (och därför inte fullständig) karaktärisering av de olika typerna av agens, deras verkningsformer och vilken betydelse detta har för skyddet.

Nukleära stridsmedel

Joniserande strålning kan avges som alfa-, beta- eller gammastrålning. Från kärnvapen kan även neutronstrålning förekomma. Alfa- och betastrålning har relativt kort räckvidd och kan därför vara av betydelse vid t.ex. inandning av radioaktivt stoff.

Vid en kärnvapenexplosion kan Sverige drabbas av effekter i form av t.ex. radioaktivt nedfall, även om anfalllet inte är direkt riktat mot landet, ett s.k. ”åskådarfall”. Avklingningen av strålning från kontaminerad materiel eller mark är beroende på nuklid och kan ta årtal.

Problem, effekter och risker

- Stötvåg och värmestrålning (vid kärnvapenexplosion) kan ge upphov till kross- och brännskador.
- Radioaktiv strålning ger strålskador. Ju högre stråldos desto allvarligare blir skadorna. Beroende på nuklid och strålningstyp drabbas olika organ i kroppen. Sena skador som cancer, fosterskador och genetiska skador kan uppkomma. Även dessa ökar med ökande stråldos.
- Radioaktivt nedfall (partikelbundet), ger radioaktiv strålning.
- Förorening av miljön genom radioaktiv beläggning.

Sekundär kontaminering

- Överföring av radioaktiva nedfallspartiklar från kontaminerad materiel eller person.
- Långsiktiga strålskador och sena skador som cancer.
- Genetiska skador. Dessa är ärftliga.

Konsekvenser för det personliga skyddet

- Det personliga skyddet i form av skyddsmask med partikelfilter och täckande klädsel skyddar mot radioaktiva partiklar och i viss mån mot brännskador.
- Den direkta strålningen måste avskärmas.

Övrigt

- Sanering av personer kontaminerade av radioaktivt nedfall sker på mekanisk väg genom att avlägsna kläder och annan utrustning som är kontaminerad samt genom tvättning med tvål och vatten.
- Väl fungerande detektionsmetoder finns, vilket gör det relativt enkelt att bestämma och undvika kontaminerat område.

Biologiska stridsmedel

B-agens består av olika sjukdomsalstrande mikroorganismer; bakterier, virus och svampar. Många mikroorganismer har låga infektionsdoser. Verkan är inte omedelbar vilket gör det svårt att upptäcka en B-attack. Omhändertagande av drabbade torde i första hand ske inom den ordinarie sjukvården, vilket medför att denna kan bli hårt belastad. Osäkerhet och rädsla kommer att sprida sig om inte riktig information och effektiva åtgärder sätts in. B-agens kan också sättas in mot boskap eller grödor. En B-attack kan komma att ha en stor ekonomisk effekt.

Hur väl B-agens överlever i den naturliga miljön beror framförallt på i vilken grad organismen klarar uttorkning och UV-ljus. Avdödning sker snabbast utomhus och på dagen. Ofta avdödas 50 % av organismerna inom 30 minuter. Sporbildande bakterier av typen Antrax kan dock kontaminera miljön under mycket lång tid.

Problem, effekter och risker

- Det är svårt att indikera en B-attack samt att snabbt identifiera vilken mikroorganism som är orsaken.
- Det kan vara svårt att skilja naturliga epidemier från avsiktlig utspridning.
- Organismerna kan ha egenskaper som möjliggör överlevnad i refuger/naturmiljöer.

Sekundär kontaminering

- Vissa B-agens kan överföras från den primärt smittade och ge upphov till sekundärsmitta vilket kan leda till epidemier.

Konsekvenser för det personliga skyddet

- Andningsskyddet måste ha ett bra skydd mot inandning av en aerosol av B-agens (dvs ha bra tätning samt ett partikelfilter med hög avskiljningsgrad).
- Eftersom mängden partiklar är kritisk (infektionsdosen kan vara mycket låg) bör skyddsmaskens skyddsfaktor, som är ett mått på läckaget in i masken, höjas med minst en faktor 100 från dagens 10^4 - 10^5 , utan att andningsmotståndet ökar.
- Partikelläckage in i dräkter får ej förekomma varken från öppningar eller genom materialet.

Övrigt

- God egen- och livsmedelshygien är av stor vikt.
- Skydd mot vissa typer av B-agens kan ske genom vaccinering eller medicinering.
- Sanering bör omfatta inte endast avlägsnande av B-agens utan också avdödning så att återbildning av aerosol eller förökning av agens inte kan ske.

Kemiska stridsmedel

C-agens definieras som kemikalier som kan döda, verka prestationsnedsättande eller ge bestående skador.¹ De inkluderar speciellt utvecklade substanser, t.ex. nervgaserna, men också giftiga industrikemikalier, t.ex. svaveldioxid. Substanserna förekommer i alla aggregationsformer; gas, vätska och fast form. Förgiftningarna kan slå mot ett system eller organ i kroppen, men även substanser som ger komplexa förgiftningar och mångfacetterade skador förekommer. Skadorna är dosrelaterade. Tillgång till skyddsutrustning är väsentligt för att minska exponeringen och därigenom minska skadan.

Vissa substanser avdunstar långsamt och kan alltså ligga kvar i terrängen under lång tid. Materiel och mark kan i vissa fall självsaneras, t.ex. genom hydrolys eller fotokemisk nedbrytning av C-ämnena. Kvarliggande eller bioackumulerande ämnen kan dock orsaka en långvarig påverkan på miljön.

¹ Chemical and bacteriological (biological) weapons and the effects of their possible use. Report of the secretary-general, UN, New York, 1969.

Problem, effekter och risker

- Akuta effekter som förgiftning och död.
- Långsiktiga effekter som cancer eller fosterskador.
- Kunskapsläget om effekterna av låga doser under lång tid är otillfredställande.
- Kvarliggande agens kan ge upphov till sekundärmoln.
- Kemikalier kan transporteras i miljön eller bioackumuleras, och utgöra ett hot på ett annat ställe (i tid eller rum) än där utsläppet skett.

Sekundär kontaminering

- Överföring från kontaminerad materiel eller person genom avdunstning (gasfas) eller kontakt med vätska eller fast ämne.
- Överföring via föda och vatten.

Konsekvenser för det personliga skyddet

- Både skyddsmask, filter och skyddskläder ska skydda mot gaser, vätskor, fasta ämnen och aerosoler.

Övrigt

- Personsanering ska ske så snabbt som möjligt för att förhindra penetration av kontaminering genom hud. Metoderna är förstörande, dvs. bryter ner C-agens till ofarliga substanser (t.ex. klorkalk), eller avlägsnande (t.ex. bentonit).

Slutsatser:

Skillnaderna i egenskaper och verkanstider mellan huvudgrupperna N, B och C samt mellan olika agens inom varje huvudområde får konsekvenser på utformningen av det personliga skyddet. Traditionellt har C-hotet varit gränssättande, och främst har agens i vätske- och gasform beaktats. Vid både N och B utgörs hotet främst av små partiklar. För B-agens kan infektionsdosen vara så låg som en organism dvs. en enda partikel. Detta sammantaget ger följande krav på skyddet:

- Hög avskiljningsgrad i filter, låg genomsläpplighet i material.
- Inga öppningar, täta övergångar mellan olika delar av skyddet.
- Viktigt känna skyddets begränsningar.

Framtida NBC-hotbild

Gårdagens hotbild var tämligen statisk. Den tänkta angriparen var känd och man ansåg sig veta vilken taktik och vilka vapen som skulle komma till användning. Vidare gjordes bedömningen att man i förväg skulle ha en uppfattning avseende tid och plats för en eventuell attack.

Idag bedöms sannolikheten för ett storskaligt användande av RNBC mot Sverige som liten, även om den ej kan uteslutas i ett långsiktigt perspektiv. Kriminalitet eller terrorism mot mål i Sverige anses osannolika, medan sannolikheten att svenska intressen skulle hotas utomlands bedöms som större. Hotnivån för mål i Sverige kan dock snabbt komma att ändras, exempelvis på grund av svenska militära utlandsupdrag.

Trots detta är framtidens, och i vissa delar även dagens, hotbild betydligt bredare och mer mångfacetterad än gårdagens.

Möjliga aktörer spänner från stater till enskilda aktörer, och tänkbara vapen kan vara allt mellan kvalificerade NBC-vapen, t.ex. UAV som sprider B-agens, till primitiva, ”smutsiga” radiologiska bomber. Det är dessutom betydligt svårare att förutsäga objekt, tid och plats för en attack. Behovet av underrättelseinformation och internationell samverkan blir viktigare.

Inom ramen för så kallade alternativa angreppsmetoder bedöms användandet av radiologiska, biologiska eller kemiska stridsmedel bestå eller öka inom överskådlig framtid. Den ökande tendensen till kompromiss- och hänsynslöshet i dessa sammanhang bedöms hålla i sig.

Sammantaget kan sägas att:

- Utsläpp av NBC-relaterade ämnen i annat syfte än attack (ROTA), t.ex. oavsiktliga utsläpp, bedöms vara ett större hot än direkta attacker.
- Det framtida hotet kommer att präglas av överraskningsmoment och ett större mått av osäkerhet.
- Hot kan uppträda under långa tidsperioder, och i vissa fall tillhöra normalbilden.
- Fler falska, men även mera trovärdiga, radiologiska (R-), B- eller C-hot kan förväntas från individer och grupper/organisationer.
- Kriminalitet eller terrorism riktat mot exempelvis livsmedelsproduktion kan vara ett framtida hot.

Följande beskrivning av Försvarsmaktens framtida uppgifter, struktur och skyddssystem är en sammanfattning ur Försvarsmaktens Funktionsutvecklingsplan NBC-skydd (FM FUP).²

Försvarsmaktens framtida uppgifter

Utvecklingen av hotbilden gör att dagens försvarsmaktsuppgifter, liksom deras relativa vikt, inte längre ter sig lika entydiga och självklara som tidigare.

Försvarsmaktens resurser ska kunna verka i hela konfliktskalan, från fred till kris och krig, samt kunna hantera en breddad hotbild med uppgifter i gränslandet mellan traditionellt militära respektive polisiära ansvarsområden. Internationella operationer, att utföra uppgifter utanför Sverige, betonas.

Försvarsmakten skall ha förmåga att hantera och skydda samhället vid NBC-händelser. NBC-skyddsenheter skall vid behov kunna verka vid NBC-händelser riktade mot samhället. FM skall, efter anpassning, ha förmågan att hantera NBC-händelser inom ramen för väpnat angrepp. Vid internationella insatser ska Sverige kunna bistå med operativt stöd, t.ex. NBC-förband.

² Försvarsmaktens Funktionsutvecklingsplan NBC-skydd.

Insatser för att minska effekter av NBC-händelser kan omfatta indikering (identifiering) och sanering i anslutning till det kontaminerade eller hotade området, samt räddnings- och röjningsinsatser.

Insatsmiljön kommer att vara skiftande med ett bredare spektrum av aktörer och ett bredare spektrum av vapen och våldsmedel. Situationen blir svårare att förutse.

En låg förlusttolerans ställer ökade krav på skyddsfunktionerna. FM personal skall ha tillgång till skydd som står i relation till hotet.

En stärkt internationell insatsförmåga i närtid ska kombineras med en nationell långsiktig kompetens och utvecklingsförmåga. Internationell förmåga och anpassningsförmåga prioriteras.

Försvarsmakten dimensioneras för att kunna delta i fredsframtvingande operationer. Alla typer av förband skall kunna delta. Det internationella deltagandet skall, utöver att bidra aktivt till FN/EUs krishantering, även ge kompetens i väpnad strid. Uthållighet i en insats dimensioneras mot insatser mindre än sex månader. Sverige väljer själv resurser anpassade efter insatsens krav.

Internationella operationer

SOU 1998:30³, som ligger till grund för proposition⁴ 1998/99:68 "Lag om utlandsstyrkan inom Försvarsmakten", slår fast att "i princip ska Försvarsmakten ha samma arbetsmiljöansvar utomlands som i Sverige". Detta innebär ett ansvar att så långt som möjligt undvika att människor på något sätt kommer till skada i samband med utlandstjänstgöring. Det innebär också att Försvarsmakten ska tillhandahålla personlig skyddsutrustning om detta är nödvändigt för att erhålla ett betryggande skydd mot ohälsa eller olycksfall. Försvarsmaktens ansvar sträcker sig till fem år efter utlandstjänstens slut.

Partnerskapsmålen 2002; PARP⁵, specificerar krav på utformningen av NBC-skyddsfunktionen i enlighet med NATOs styrdokument med målsättningen att säkerställa interoperabilitet inom ramen för Partnerskap För Fred (PFF) vid krishanteringsinsatser. För det fysiska skyddets del innebär detta att STANAG 2150⁶ med relaterade dokument skall efterlevas.

Det som kan förväntas under internationella operationer är en mer komplex och breddad hotbild vad avser olika riskkällor. ROTA-händelser ("Release Other than Attack") med NBC-relaterade ämnen bedöms mer sannolika än direkta NBC-attacker. Förstörd miljö i insatsområdet kan utgöra en annan fara. Inte bara akuta förgiftningar utan även effekter av längre tids exponering för låga koncentrationer måste beaktas.

Så mycket information som möjligt avseende hotbilden bör inhämtas i ett tidigt (helst före), skede av en operation, detta för att förbättra planeringsprocessen så att välgrundade miljöriskbedömningar och konsekvensanalyser kan genomföras. Exempelvis kan frågeställningar av nedanstående typ behöva besvaras:

- Vilken kemisk/biologisk industri finns i området?
- Vilka kemikalier tillverkas eller används?
- Finns kärnkraftverk i området?
- Vilken status har de olika industrierna/kraftverken?

³ Sveriges Offentliga Utredningar (SOU) 1998:30, 1998. Utlandsstyrkan Försvarsdepartementet. Betänkande från Utredningen om utlandsstyrkan.

⁴ Lag om utlandsstyrkan inom Försvarsmakten. Prop. 1998/99:68, 4 mars 1999.

⁵ Partnership for Peace, Planning and Review Process, FÖ 2002-422-SI Regeringsbeslut 2002-06-13 avseende Partnerskapsmål.

⁶ NATO STANAG (Standardization agreement) No. 2150: NATO standards of proficiency for NBC defence.

- Finns det risk för epidemier?
- Hur svårt skadad är infrastrukturen?

Den scenariobaserade probleminventering av NBC-frågor vid internationella operationer^{7,8} som utförts av FOI, betonar vikten av tillräcklig och korrekt information om risker och hot som finns på den plats där uppdraget sker. En sammanlagd riskbedömning bör ligga till grund för den utrustning som tas med. Rapporterna utgår från den utrustning som finns idag.

FOI har under senare år utfört studier av miljö- och hälsorisker för insatspersonal för ett flertal länder⁹. Studierna bygger på missionsanpassad informationsinhämtning.

NBC-skyddet i Försvarmaktens framtida struktur/organisation

- Vid utveckling av förband skall ett grundläggande NBC-skydd, anpassat efter respektive förbands specifika behov, skapas. I de fall det grundläggande skyddet, vid operationer/insatser, inte står i paritet med aktuella uppgifter/hot, skall förbanden kunna tillföras kvalificerade NBC-resurser. Dessa resurser måste vara rörliga och ha en hög tillgänglighet. Därvid skall:
 - förband i förstärkningsorganisationen minst ha förmåga att överleva en NBC-händelse.
 - förband i grund- och insatsorganisationen ha förmåga att lösa sina huvuduppgifter i NBC-miljö.
 - NBC-specialförband ha specifik förmåga att lösa NBC-relaterade uppgifter.
- Det ska råda balans mellan förbandens tillgänglighet för att lösa tilldelade uppgifter och möjligheten att anpassa NBC-skyddet till en ändrad uppgift eller hotbild.
- NBC-funktionen skall vara modulärt uppbyggd för att medge ett flexibelt och resurseffektivt nyttjande vid olika typer av hot och uppgifter.
- Förband och staber skall, under kortare eller längre perioder och utifrån aktuell uppgift och hotbild, kunna förstärkas med särskilda NBC-skyddsresurser/moduler. Detta gäller såväl nationellt som internationellt. NBC-skyddsresurserna kan finnas centralt eller regionalt organiserade.

NBC-skyddssystem

- I syfte att säkerställa god tillgänglighet skall NBC-skyddet, där så är möjligt, integreras i övriga materiel och system samt i det generella skyddskonceptet.
- NBC-skyddet skall vara rationellt och resurseffektivt, bl.a. genom att bygga på engångsanvändning, automatiserade system och multifunktionslösningar.
- NBC-skyddet måste följa med i utvecklingen och uppkomsten av nya hot och agens.

⁷ NBC-frågor vid internationella operationer. Skydd mot C-stridsmedel och giftiga kemikalier. Probleminventering. O. Claesson, Å. Edvinsson, B. Karlsson, L. Melin, G. Olofsson, S-Å. Persson och A-K. Tunemalm
FOA-R--00-01454-865--SE, Mars 2000

⁸ NBC-frågor vid internationella operationer. Skydd mot C-stridsmedel och giftiga kemikalier. Rekommendationer. B. Karlsson, B. Liljedahl, L. Melin, G. Olofsson och S-Å. Persson
FOA-R--0-01776-865--SE, April 2001

⁹ Miljö- och hälsoriskstudier: Afghanistan, FOI-R—0426—SE, Somalia, FOI-R—0788—SE, DR Kongo, FOI-R—0789—SE, Kosovo, FOI-R—0790—SE, Irak, FOI-R—0820—SE

- Ur ett ekonomiskt, resursmässigt och psykologiskt perspektiv bör NBC-skydd utformas så att personal och gränssättande materiel saneras. Övrig utrustning bör ersättas.
- Materielförsörjningen skall vara flexibel och kunna anpassas mot nya uppgifter/hot.
- För att utnyttja den allt snabbare teknikutvecklingen måste anskaffningscyklerna kortas.
- NBC-skyddet skall ha minsta möjliga påverkan på förbandens förmåga att lösa huvuduppgiften - dvs. förmåga till väpnad strid.
- Tekniska system skall vara kompatibla med andra relaterade system för att stödja en modulär uppbyggnad av enheters och förbands NBC-förmåga.
- Tekniken skall, där så är möjligt, minimera personalbehovet. Vid en jämförelse mellan olika system skall de totala personalkostnaderna tas med.
- Tekniken skall säkerställa interoperabilitet vid nationella och internationella operationer.
- Utvecklingen av NBC-skyddet skall följa och vara en komponent i Försvarsmakens övriga utveckling mot det nätverksbaserade försvaret.

Slutsatser:

Generellt kan sägas att NBC-situationernas skalor har förändrats:

- | | |
|----------------------|---|
| • Förändrat syfte | Från storskalig användning i kris och krig till ”småskalig” användning under fredsförhållanden (terroristfallet). |
| • Ökad komplexitet | Från få och kända agens till bredare spektrum.
Från få och kända aktörer till fler och mindre kända. |
| • Vidgat tidsbegrepp | Från ”klassiska” långsamma förlopp till överraskande och snabba. |

Att i rätt tid ha korrekt och tillräcklig information blir synnerligen viktigt. Endast så kan hotbildens utveckling och dess konsekvenser för NBC-skyddet fortlöpande uppdateras.

Försvarsmakten måste ha förmåga att kunna hantera både traditionella och oförutsedda NBC-händelser. Hotet från en förstörd miljö i operationsområdet måste beaktas. Detta kräver ett NBC-skydd som är väl integrerat i förbandens skyddskoncept. Andningsskyddets filter kan i vissa situationer behöva bytas ut mot ett filter optimerat för industrikemikalier (t.ex. ABEK). Idealt ska skyddet kunna vara på hela tiden och nyttjas under längre tidsperioder och i alla klimatzoner med minimal påverkan på stridsvärdet. Det ska dessutom, under pågående uppdrag, snabbt kunna situationsanpassas vid en förändrad hotbild.

Försvarsmakten ska kunna verka internationellt såväl som nationellt. Vid deltagande i internationella operationer ska skyddsnivån vara i paritet med andra nationers skydd. Det ska också vara interoperabelt enligt Partnerskapsmål och NATO-standarder.

NBC-skyddet skall vara anpassningsbart och resurseffektivt. Detta innebär till att det bör vara flexibelt, moduluppbyggt och utvecklingsbart.

Försvarsmaktens arbetsgivar- och arbetsmiljöansvar, speciellt vid internationella operationer, ställer höga krav på skyddsförmågan hos den utrustning som ska användas. Kraven är skärpta jämfört med de militära krav som ligger till grund för nuvarande materiel i och med att civila svenska arbetarskyddsnormer gäller. Förlusttoleransen är låg, vilket även det ställer ökade krav på skyddet. Huruvida filter och skyddsdräkt uppfyller arbetsmiljökrav för kemiska, biologiska och radiologiska ämnen, inklusive aerosoler, är inte utrett. Skyddsmask 90 är framtagen för att passa 95 % av den manliga befolkningen (som ej har skägg), dvs. hur den passar kvinnor är inte tillräckligt väl undersökt.

Hygieniska gränsvärden och nolltolerans - konsekvenser

Arbetskyddsstyrelsens gränsvärden för hälsofarliga kemikalier är av två slag:

- Gränsvärden som är satta så att inga akuta hälsorisker ska kunna uppstå. Dessa anger en högsta tillåten exponeringskoncentration för ett tidsintervall på 5-15 minuter.
- Gränsvärden baserade på effekter som kan uppstå efter längre tids exponering för låga halter. Härvidlag används tiden åtta timmar, dvs. en arbetsdag, vid beräkning av maximal exponeringskoncentration.

Gränsvärdena är satta med säkerhetsmarginaler till de doser som ger effekter på organismen. Säkerhetsmarginalerna är en sammanvägning av olika parametrar, bland annat tas hänsyn till att vissa individer är känsligare än andra, samt till effektens natur.

Vad gäller NBC-agens har normalt de akuta, livshotande effekterna tilldragit sig störst intresse, och skyddet har dimensionerats utifrån detta. På senare tid har dock intresset för effekter av lågdosexponering ökat.

Försvarmakten som arbetsgivare skall följa de gränsvärden som gäller. Det gäller då att inte bara se till akuta effekter. Med FM:s nya uppgifter måste även exponeringar utsträckta i tiden vid låga nivåer beaktas. Även okända, eller transformerade agens på platser som inte primärt blivit utsatta för utsläpp utan kontaminerats på grund av ämnens migration, måste kunna bedömas.¹⁰ Gränsvärden för arbete med kemiska stridsmedel finns inte i Sverige.

Nolltolerans

Nolltolerans, att utföra uppgifter utan egna förluster, diskuteras alltmer i sammanhang med militära operationer. Det realistiska med ett sådant absolut mål kan diskuteras, dock kommer en sänkt tolerans mot förluster att påverka utformningen av NBC-skyddet.

Vid utformning av ett NBC-skydd som kommer att bäras under en större del av den operativa tiden, krävs att även andra aspekter av skydd och säkerhet integreras. NBC-skyddet ska inte sänka mobiliteten eller öka värmebelastningen till nivåer där den positiva effekten av NBC-skyddet sänker den sammantagna skyddseffekten.

Det personliga skyddet måste utgå från den enskilda individen. Individer har olika känslighet för N-, B- och C-agens. Samma stråldos, infektionsdos eller kemiska dos ger olika effekt på olika individer. Känsligheten hos en individ kan också variera över tiden beroende på t.ex. stressnivå. Att mäta olika individers känslighet låter sig inte göras idag. I ett nolltoleransperspektiv måste därför skyddet dimensioneras med en väl tilltagen säkerhetsmarginal för att därigenom förhoppningsvis även skydda den känsligaste individen.

Skyddsmateriel bör alltså vara avpassad till den som använder den. Idag är den svenska skyddsmasken gjord för att passa 95 % av den manliga svenska befolkningen. En situation som innebär att 5 % inte har ett fullgott skydd är inte acceptabelt. Den ökade integreringen av kvinnor i Försvarmakten ställer naturligtvis nya krav på utformningen av utrustningen eftersom dagens skydd är anpassat för män.

Gränsvärden för kemikalier

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling, AFS 2000:3¹¹ reglerar med s.k. ”Hygieniska Gränsvärden” tillåtna nivåer på ett antal ämnen i verksamheter där luftföroreningar i form av

¹⁰ Förstudie – NBC i mark och vatten. Transport, exponering, biotillgänglighet. R. Berglind, A. Waleij, J. Burman, Å. Tjärnhage, J. Sjöström, M. Forsman. FOI-R--1073--SE, Dec. 2003.

¹¹ AFS 2000:3, ”Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar.”

damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma. Författningssamlingen fastslår flera olika typer av gränsvärden. Av intresse är nivågränsvärdet och takgränsvärdet. Nivågränsvärdet är den högsta godtagbara genomsnittshalten av en luftförorening i inandningsluften under en arbetsdag, dvs. åtta timmar. Takgränsvärden definieras som den högsta godtagbara genomsnittshalten av en luftförorening i inandningsluften under 15 minuter, en tidsgräns som för speciellt giftiga eller på annat sätt farliga ämnen, t.ex. isocyanater, förkortas till 5 minuter. Fastställda gränsvärden har inlagda säkerhetsmarginaler, (inga skador ska rimligen kunna uppträda vid dessa koncentrationsnivåer), men även andra faktorer kan bakas in i marginalen.

En viktig grupp ämnen som regleras är storskaligt använda industrikemikalier, de s.k. riskkemikalierna. Här ingår ammoniak, klor och svaveldioxid. Ammoniak har ett 15 minuters takgränsvärde på $35000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, svaveldioxid har ett motsvarande värde på $13000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och klor har det lägsta takgränsvärdet, $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det kan noteras att koncentrationen för risk för skada för dessa ämnen bara ligger en faktor 10 över takgränsvärdena. Nivågränsvärdena för dessa kemikalier ligger cirka en faktor två under takgränsvärdena.

De substanser som i AFS 2000:3 har de lägsta gränsvärdena är isocyanater. Föreningarna är intressanta då de är flyktiga gaser som i någon mån liknar similisubstanser för kemiska agens. Kokpunkten för dessa ämnen är ofta relativt låg, väsentlig lägre än för exempelvis vatten, vilket sannolikt ger en snabb avdunstning med hög initial gaskoncentration i exempelvis en saneringsstation.

Isocyanater har ett generellt nivågränsvärde på 0,005 ppm. Beroende på olika isocyanaters varierande molekyylvikt blir nivågränsvärdet omräknat till $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olika för olika isocyanater, det hamnar på mellan 20 och $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Takgränsvärdena för isocyanaterna ligger mellan 50 och $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Notera att detta är för den kortare exponeringstiden 5 minuter. Takgränsvärdena för isocyanaterna är alltså ungefär en faktor två högre än nivågränsvärdena, samma faktor som för de storskaliga industrikemikalierna.

För de fortsatta diskussionerna är det värt att notera att storskaliga industrikemikalier har takgränsvärden som ligger på $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eller högre, medan de giftigaste substanser som hittills reglerats har takgränsvärden på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eller högre. Respektive nivågränsvärden för upp till 8 timmars exponering är ungefär hälften av dessa värden.

Gränsvärden för C-stridsmedel

Arbetsmiljöverket har inte fastställt några gränsvärden för C-stridsmedel. Även fastställda och etablerade militära gränsvärden saknas för många C- och B-stridsmedel. De nivåer som fastställts gäller oftast för militär personal eller för arbete i militära sammanhang, inte för befolkningen i stort¹². Detta är antagligen till stor del beroende på att forskning varit relaterad till militära behov.

Lättare skador (tryck över bröstet, sammandragna pupiller och ögonsmärta) uppträder vid inandning av $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av nervgasen VX under 5 minuter. För sarin är motsvarande 5 minutersvärde $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹³ **Tas dessa värden som utgångspunkt och med en antagen säkerhetsmarginal på en faktor 1000, kan ett "teoretiskt" takgränsvärde för 5 minuters exponering för nervgaser beräknas till nivån $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I analogi med isocyanaternas faktor två mellan nivå- och takgränsvärden erhålls ett nivågränsvärde för 8 timmars exponering på $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Görs en jämförelse med de gränsvärden för industrikemikalier och speciellt giftiga substanser som finns idag och som diskuterats ovan, så erhåller nervgaser värden som är 100 gånger lägre.**

¹² "Occupational Health Guidelines for the Evaluation and Control of Occupational Exposure to Mustard Agents H, HD, HT." Department of the Army Pamphlet 40-173, US Army (1991)

¹³ Bo Koch, FOI NBC-skydd. Personlig kommunikation.

Det kan noteras att inte heller den amerikanska motsvarigheten till Arbetsmiljöverket "Occupational Safety and Health Administration" har definierat några hygieniska gränsvärden för C-agens. Däremot finns i amerikanska arméns riktlinjer "DA Pam 40-8, Occupational Health Guidelines for the Evaluation and Control of Occupational Exposure to Nerve Agents GA, GB, GD, and VX", högsta rekommenderade luftburna koncentrationer för en 8 timmars arbetsdag och 40 timmars arbetsvecka. Dessa värden är för sarin och tabun $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, för soman $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för VX $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Man har alltså ansett en säkerhetsmarginal på 1000 för otillräcklig och i vissa fall gått en tiopotens högre. Tilläggas kan att dessa nivåer gäller för militär verksamhet. Det rekommenderade värdet för gemene man anges till $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för alla nervgaser utom VX som är 10 gånger lägre.

Beräknade "gränsvärden", tillsammans med utgångsdata och rekommenderade amerikanska nivåer finns sammanställda i **Tabell 1**. Denna gäller för inandning. Data för upptagning genom hud är ännu mer ofullständig och diskussioner om farliga nivåer verkar vara i sin linda.

Det bör noteras att C-indikeringsinstrument, som används för att larma för C-agens, är inställda för att börja reagera vid koncentrationer av något tiotal $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alltså ca. 10 gånger under nivån där lättare skador uppträder men över det beräknade "gränsvärdet". Dessa instrument har framförallt utvecklats för militärt bruk. Som exempel kan nämnas det franska instrumentet AP2C som tänder en första gul varningslampa vid ca 0,003 ppm fosfor, vilket omräknat till nervgasen VX blir $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nästa lampa (röd) tänds vid ungefär den dubbla koncentrationen medan en tredje lampa tänds vid ca 7-dubbla värdet.

Dagens C-indikeringsinstrument räcker alltså inte till där C-stridsmedel kan finnas om hygieniska gränsvärden ska följas och nolltolerans nås.

Tabell 1. Sammanställning av toxikologiska data och gränsvärden för inhalation av kemiska agens och vissa giftiga industrikemikalier.

	Ur toxikologiska data ¹			Beräknade gränsvärden		Exponering i yrket ⁸	Exponering i yrket ^{8,9,10} Tröskelgränsvärde	Exponering normalbefolkning ^{8,9,11}
	Risk för skador (5 %) ²	Risk för död (5 %)	50 % döda	Tak	Nivå	Tak	Nivå	Nivå
	5 min	5 min	5 min	5 min	8 tim	15 min*4 /dag	8 tim/ 40 tim vecka	24 tim* 7 dagar /vecka
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tabun (GA)						2	0,1	0,003
Sarin (GB)	120	1200	25000	0,1 ³		2	0,1	0,003
Soman (GD)	2100	3200	5000	2 ³		1	0,03	0,001
VX	190	660	1070	0,1 ³		-	0,01	0,003 → 0,0003
Senapsgas (HD)	4050	30000	-	4 ³		-	3	0,1
Diisopropylfenyloisocyanat				80	40			
Hexametylen-diisocyanat				70	30			
Isoforondiisocyanat				90	50			
Fenyloisocyanat				50	20			
Ammoniak	400000 ⁵	4000000		35000 ⁴	18000			
Klor	36000 ⁶	600000	1900000	3000 ⁴	1500			
Svaveldioxid	30000 ⁷	1500000		13000 ⁴	5000			

Tabellens värden gäller för inhalation.

1. Bo Koch, FOI NBC-skydd. Personlig kommunikation.
2. Tryck över bröstet, sammandragna pupiller (mios) och ögonsmärta.
3. Ur risk för skador värdet med 1000 gånger säkerhetsmarginal.
4. 15 minuter
5. Mycket kraftig irritation med symptom från andningsvägar och ögon. Stimulering av andningen, upplevelse av andningsbesvär – andnöd. Lindriga skador som kan uppträda på andningsvägarnas slemhinnor, dock ej av allvarlig natur.
6. Mycket kraftig irritation med symptom från ögon och andningsvägar i form av hosta och bröstsmärtor. Lindriga skador kan uppträda på andningsvägarnas slemhinnor, dock inte av allvarlig natur.
7. Mycket kraftig irritation med symptom från andningsvägar och ögon. Akuta andningsbesvär med kvävningsskänslor. Lindriga skador kan uppträda på andningsvägarnas slemhinnor, dock ej av allvarlig natur.
8. Evaluation of Airborne Exposure Limits for G-agents: Occupational and General Population Exposure Criteria.” Mioduszewski, R. J., Reutter, S. A., Miller, L. L., Olajos, E. J. And Thomson, S. A.; Edgewood Research, Development and Engineering Center, US Army Chemical and Biological Defense Command, ERDEC-TR-489
9. ”Occupational Health Guidelines for the Evaluation and Control of Occupational Exposure to Mustard Agents H, HD, HT.” Department of the Army Pamphlet 40-173, US Army (1991)
10. ”Recommendations for protecting human health against potential adverse effects of long-term exposure to low doses of chemical warfare agents.” Centers for Disease Control (1988), Morbid. Mortal. Weekly Rep. 37(5), 72-79
11. ”Occupational Health Guidelines for the Evaluation and Control of Occupational Exposure to Nerve Agents GA, GB, GD and VX.” Department of the Army Pamphlet 40-8, US Army (1990)

Gränsvärden för B-stridsmedel

De skydd som finns idag, individuella och kollektiva, är i första hand utformade för att säkerställa ett gott skydd mot kemiska stridsmedel. B-agens ställer dock, på grund av sina något annorlunda egenskaper, andra krav på skyddet. Sjukdomsframkallande mikroorganismer tränger normalt in i kroppen via andningsvägarna, mag-tarmkanalen, övriga slemhinnor, ögon eller genom sår och insektsbett.

Ett B-skydd innebär i princip åtgärder för att:

- Förhindra att smitta kommer in i kroppen.
- Med hjälp av olika medicinska åtgärder förhindra att sjukdom uppkommer och sprids.
- Vårda och behandla människor som har insjuknat.

Då B-agens uppträder i form av partiklar eller fasta aerosoler ger en del av dagens skyddsutrustning ett gott skydd mot dessa. Det verkar dock som om nödvändiga skyddsnivåer för olika agens inte belysts fullt ut. På grund av B-agens ökade aktualitet, har en mer detaljerad analys av konsekvenserna för skyddet inletts vid FOI NBC-skydd, med början inom filterområdet.

Viktiga faktorer att ta hänsyn till i analysen är:

- Infektionsdosen, dvs. det antal organismer som krävs för att framkalla sjukdom. För vissa organismer, t.ex. *Coxiella burnetti* (Q-feber) är denna så låg som en bakterie. Antrax ligger på ca 1000 organismer.
- Avklingningen, dvs. hur snabbt organismerna avdödas på naturlig väg.
- Dimensionen på organismen. Q-feberbakterien har en storlek på 3,5 µm. Filter har normalt en maximal effektivitet i ett viss partikelstorleksintervall. Partiklar i storleksområdet 1-5 µm är optimala för att åstadkomma infektion vid inandning¹⁴.
- Utsläppskoncentrationen. En koncentration på 10⁶ organismer/m³ torde vara lätt att åstadkomma.

En preliminär analys baserad på dessa ingångsfaktorer indikerar att kollektiva filters skyddsnivå bör förbättras med minst en faktor 100.¹⁵

Partikelfilter som tillhör skyddsmask 90 har en avskiljningsgrad på 99,98 %. Vid ovan angiven utsläppskoncentration tränger en organism igenom filtret efter 40 sekunder (andning 30 l/min, upptagnings effektivitet = 50 %). Det bör även noteras att en koncentration på 10⁶ organismer/m³ innebär 1000 organismer/l. Vid en lungvolym på 3 l och ett utbyte av 30 % i varje andetag erhålls, om inget andningsskydd används, 1000 infektionsdoser av Q-feber i ett andetag. Det behövs alltså inte bara ett skydd med en tillräckligt hög skyddsfaktor, skyddet måste också vara på under hela exponeringen. Detta gör att förvarning och därigenom även indikering är synnerligen väsentliga för att hinna sätta på sig ett skydd i tid.

Lågnivåhot

Exponering för lågenergistrålande ämnen och för C-agens i mycket låga koncentrationer över långa tidsperioder ger inga akuta effekter. Däremot kan det ge hälsoeffekter på längre sikt, effekter som kan vara svåra att härleda till en eventuell exponering (jämför diskussionen kring Gultsyndromet).

Radiologiska lågnivåhot kan orsakas av t.ex. strålkällor som kommit på avvägar från sjukhus, deponi av radioaktiva material och läckage från dåligt underhållna/skadade kärnkraftverk. I

¹⁴ FOA Informerar om Biologiska Vapen, ISBN 91-7056-095-1, 1995

¹⁵ Remiss FSD 0250. "Filterstandard för kollektivfilter i försvarsmakten, fordringar, provning och märkning.", 2004.

värsta fall kan sådana källor ge upphov till höga, livshotande strålningsnivåer i närområdet. Risk för icke obetydliga doser finns också vid låga strålningsnivåer och utdragen exponering. Av största vikt för riskbedömningen är att strålkällan lokaliseras och identifieras map. strålningstyp och isotop så att relevanta skyddsåtgärder kan vidtas. Vid risk för radioaktivt damm är partikelfiltret viktigast för att undvika att radioaktiva ämnen kommer in i kroppen.

Även vid låga doser av strålning finns risker, främst för sena effekter som cancer. Den högsta tillåtna dosen i Sverige för personer i radiologisk verksamhet är 100 mSv/5 år. För övrig befolkning är gränsen 1mSv/år.¹⁶ Strålskyddsnormen för svenska styrkor på internationella uppdrag är densamma som den som gäller civilt i Sverige. Däremot ligger nivåerna vid förhöjd beredskap och krig betydligt högre.

Tänkbara scenarier för en lågdosexponering för C-agens¹⁷ är då dessa avdunstar från kontaminerad mark, byggnader eller dyl. Avgasning från t.ex. kontaminerad utrustning eller utrustning som inte sanerats fullständigt kan få betydelse i stängda utrymmen. Vid flygning i C-miljö har relativt tidiga akuta effekter som mios (pupillsammandragning) en stor betydelse för säkerheten.

Det amerikanska Försvarsdepartementet anger gränsvärden för C-agens vid arbete med C-stridsmedel inkluderande t.ex. lagring och destruering, men inga gränsvärden finns angivna för arbete under militära operationer, (se sid. 20). Nivågränsvärden är satta för att inte ge effekter hos arbetare som utsätts för agens under lång tid (40 timmars arbetsvecka under månader/år). Vid militära operationer ser exponeringsbilden sällan ut på det sättet. Ett problem med att applicera gränsvärden för fredstida uppgifter på militära operationer är att en större försiktighet kan öka sårbarheten på andra områden (t.ex. minskad rörlighet, fler falsklarm). Uppgifter som US Army Edgewood Chemical Biological Center arbetar med är både att bättre definiera den nivå där den operativa förmågan blir nedsatt på grund av fysiologiska effekter från C-agens, men också att kunna koppla lågdosexponering till hälsoeffekter som uppkommer långt efter exponeringen.^{18,19}

Ett problem med att bestämma säkra eller riskfyllda nivåer vid lågdosexponering för C-agens är bristen på relevanta data. Nuvarande toxicitetsdata är ofta från försök med kort exponering och det finns osäkerheter i att extrapolera resultaten till exponering över lång tid. Om man dessutom vill uppskatta toxiciteten vid en lägre effekt än 50 % mortalitet, som är det vanliga måttet vid studier, inför man ytterligare osäkerheter. Ett tänkbart sätt att komma runt det är att mäta icke-dödliga effekter.¹⁸

¹⁶ SSI FS 1998:4 Statens strålskyddsinstituts föreskrifter om dosgränser vid verksamhet med joniserande strålning;

¹⁷ ECBC Low Level Operational Toxicology Program – Potential Modeling Implications. D.R. Sommerville, Decon 2000.

¹⁸ A Novel Idea on How to Define Threshold Lethality for Nerve Agent Inhalation Toxicity. D.R. Sommerville, Decon 2000.

¹⁹ Joint Service Low-Level Toxicology Studies – Implications for Decon. S.A. Thompson & D.R.Sommerville, Decon 2002.

Slutsatser:

För C-agens är det viktigt att notera de extremt låga värden som kommer att erhållas om hygieniska gränsvärden definieras. För nervgaser kommer de att vara en faktor 100 gånger lägre, eller mer, än de lägsta nu reglementerade hygieniska gränsvärdena. Detta kommer att sätta dessa ämnen i en klass för sig, med speciella krav på utformning av sanering och behandling av skadade, samt för skyddsutrustning och indikering.

Indikeringsutrustning kan idag inte indikera tillräckligt låga halter av kemiska stridsmedel (presumtiva arbetarskyddsnivåer), ej heller alla potentiella kemikalier.

För B- och C-skydd kommer högre skyddsfaktorer att krävas jämfört med dagens skydd. Dessa högre skyddsfaktorer bör inte påverka den operativa förmågan.

Låga infektionsdoser och potentiellt höga omgivningskoncentrationer av B-agens innebär krav på bättre avskiljning i partikelfilter samt bättre passform och tätning hos skyddsmask. Fältmässig utrustning för specifik indikering av biologiska agens i realtid finns inte idag.

Lägre förlusttolerans kan betyda att skydden måste dimensioneras efter den känsligaste individen. Den enskilde individens känslighet bör i så fall mätas. Då detta inte kan göras i dagsläget, måste skyddet ha en så kraftigt tilltaget säkerhetsmarginal att även den känsligaste individen har ett fullgott skydd. I längden uppkommer frågan om skyddet ska anpassas till individen eller individen till skyddet? Vidare ställs höga krav på förvarning, indikering och informationsinhämtning. Är inte förvarningen tillräckligt bra måste skyddet vara på hela tiden.

Lågnivåhoten är svåra att bedöma då många aspekter inte är undersökta eller relevanta data saknas. En bättre kunskap om effekterna av exponering under längre tid vid låga nivåer är av vikt för att kunna sätta relevanta gränser för detektion, krav på skyddsmateriel och för en bättre uppfattning om till vilka nivåer sanering ska ske. Vid risk för exponering under längre tid är det av stor vikt att kunna bedöma exponeringssituationen avseende transport, ackumulering och biotillgänglighet. Även här måste individers olika känslighet beaktas.

Termisk belastning i NBC-miljö

I en miljö som kontaminerats med NBC-agens måste individen skyddas så att inte agens kommer i kontakt med bar hud eller kan andas in. Detta kan förhindras om skyddsmask bärs tillsammans med en heltäckande dräkt. Samtidigt som skyddsutrustningen förhindrar inträngning av stridsmedlet bromsas emellertid även transporten av värme bort från kroppen. Svett har också svårare att dunsta. Detta kan inverka menligt på kroppens värmebalans. Vid all fysisk aktivitet producerar kroppen värme, från 100 W i vila till 1000 W eller mer vid mycket tungt arbete. Om inte den producerade värmen kan avges ökar kroppstemperatur med stigande risk för värmeutmattning eller kollaps som följd. Arbetsbelastningen är av central betydelse för om värmeutmattning ska inträffa eller inte. Klimatet är också av stor betydelse för vilken värmeproduktion, och därmed aktivitetsnivå, som kan accepteras. Ett varmt klimat minskar möjligheten att avge värme. Kombineras hög utetemperatur med hög luftfuktighet minskar även möjligheten till kylning via dunstning av svett. NBC-skyddsutrustningens konstruktion har viss betydelse, men viktigast för uthålligheten är den skyddsnivå som krävs, dvs. hur tät dräkten måste vara.^{20,21}

Under årtionden har NBC-stridsdräkten varit föremål för utveckling med syfte att ta fram en dräkt med lägre fysiologisk belastning vid en bibehållen skyddsförmåga. En viss förbättring har uppnåtts, men konflikten mellan skyddsnivå och värmebelastning är fortfarande inte löst. Den dräkt som skyddar bäst, en impermeabel, heltäckande dräkt där alla övergångar i dräkten är väl tätade, innebär starkt begränsad funktionstid i många klimat om någon typ av fysiskt arbete utförs. Utvecklingen mot dräkter som ger en lägre fysiologisk belastning påskyndades av det faktum att många potentiella oroshärdar fanns (och finns) i geografiska områden med varmt och fuktigt klimat. Den täta (impermeabla) NBC-dräkten tillåter inte strid i sådant klimat. I och med att Sverige deltar i internationella uppdrag kan svensk personal komma att behöva uppträda i en NBC-miljö som är mycket termiskt belastande. Det är dock viktigt att komma ihåg att inte alla hotsituationer utspelar sig i varma och fuktiga klimat.

Utvecklingen av (NB)C-stridsdräkten från att ha varit impermeabel till att bli permeabel, dvs. genomtränglig för vattenånga men inte för C-stridsmedel, har huvudsakligen styrts av materialutvecklingen. Men eftersom det tidigt blev uppenbart att även en C-stridsdräkt gjord av ett permeabelt material (aktivt kol i skum) kunde vara mycket värmebelastande har arbetet fokuserats på att finna allt tunnare material (kolkulor). Vid en jämförelse mellan en tidig generation permeabel (NB)C-stridsdräkt med en av senare modell kan dock konstateras att skillnaden i fysiologisk belastning många gånger är liten trots årtionden av utveckling. Detta har konstaterats av flera, bland andra Danielsson och Bergh²² samt Havenith et al.²³ Uppenbarligen har materialutvecklingen, som syftat till att ta fram allt tunnare lager med bibehållen skyddsförmåga, inte kunnat lösa problemet att kombinera låg fysiologisk belastning med en lång skyddstid.

²⁰ McLellan, T. M., D. G. Bell och J. K. Dix. Heat strain with combat clothing worn over a chemical defense vapour protective layer. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 65, 1994.

²¹ Danielsson, U och U. Bergh. Effects of ventilation on ensemble thermal properties. *Environmental Ergonomics. Recent progress and new frontiers*. Jerusalem, Israel, 1996

²² Danielsson, U. och U. Bergh. Värmetransport och värmebelastning i C-dräkt. En jämförelse mellan två typer av C-stridsdräkt, C-vätskeskydd och fältuniform. FOA-rapport C 50049-5,1, 1987.

²³ Havenith, G., Vuister, R. G. A. och L. J. A. Wammes. Luchtdoorlaatbaarheid van NBC-kleding-materialen in relatie tot kledingventilatie en dampweerstand. TNO-TM, A-63, 1995.

För att finna orsaken till skyddsdräktens värmebelastande egenskap måste andra faktorer än materialets tjocklek och värmegenomgångstal beaktas²⁴. Sådana faktorer är antalet plagglager, plaggens passform och materialens genomsläpplighet för vattenånga²⁵. Den optimala skyddsdräkten är en mycket åtsittande dräkt bestående av bara ett lager. En sådan dräkt, som har utvecklats i Kanada, uppvisar en mycket låg termisk belastning. Om skyddsmaterialet tillåter en masstransport som är balanserad mot upptaget i kolet fås en ännu lägre belastning än om värme och vattenånga bara transporteras via diffusion. Sådana material har utvecklats (Nederländerna). Dilemmat med "glesa" material och tight passform är att sådana dräkter inte fyller soldatens övriga behov och krav i en fientlig miljö. En dräkt som inte är funktionsduglig vid stridsliknande aktiviteter är det svenska vätskeskyddet. Intressant är dock att trots att dräkten består av ett impermeabelt material är den relativt lite värmebelastande. Vid jämförelse med en av de bättre permeabla C-stridsdräkterna så är C-vätskeskyddet lika eller något mindre belastande. Orsaken är att vid rörelse t.ex. fotmarsch sker en ventilation i dräkten som är tillräcklig för att vädra ut värme och (viktigare) vattenånga. Med en relativt enkel klimatisering av dräkten minskar alltså belastningen avsevärt. Problemet är dock att gasformiga C-agens och partiklar tränger in under C-vätskeskyddet via ventilationen. Detta verkar vara ett allvarigare problem än vad som hittills ansetts.

Termisk belastning i en (NB)C-miljö associeras alltid med risken för värmeutmattning. Om NBC-hotet uppträder i kallt klimat blir de termiska problemen avsevärt lägre. Även impermeabla (gummi-) dräkter kan användas under tungt fysiskt arbete vid vintertemperaturer. Dock kan, vid arbete i slutna (NB)C-dräkt under vinterförhållanden, köldproblem uppträda med dålig grovmotorik i fötterna och försämrade finmotorik i händerna²⁶ som följd.

Intressant nog verkar kravet på tunnare och mer permeabla material få allt lägre relevans i framtiden. Orsaken är bärande av ballistiska kroppsskydd mot splitter. Ett kroppsskydd mot splitter är både tjockt och impermeabelt för vattenånga. Dagens kroppsskydd täcker bålen och halsen men behovet att täcka en större kroppsytta blir allt större. Den framtida soldaten kommer dessutom att förses med ny utrustning och ett omfattande bärsystem vilka täcker kroppen med allt tjockare och tätare material. Kvalificerade NBC-skyddande material får därmed minskad betydelse. Problemet med värmebelastningen ökar, men nu även i icke-kontaminerade miljöer. Generellt ökar alltså problemet med värme och vätsketillförsel samtidigt som skillnaden i belastning mellan kontaminerad och icke-kontaminerad miljö minskar.

Slutsatser:

Värmebelastning och skyddsnivå står fortfarande i sitt klassiska motsatsförhållande.

Hur termiskt tät en dräkt är påverkas av materialet, antalet lager och luftspalterna. Den största minskningen av värmebelastningen erhålls om dräkten ventileras.

Moderna ballistiska kroppsskydd gör att de positiva effekterna av material med högre permeabilitet minskar. Här är en helhetsbild av all den personliga utrustning väsentlig.

²⁴ Bergh, U., U. Danielsson, I. Holmér och H. Nilsson. Relations between physiological strain and physical properties of different protective garments. Proceedings. IV International Conference on Environmental Ergonomics, Austin, USA, 1990.

²⁵ Danielsson, U. Convection coefficients in clothing air layers. Tekn. dr. avhandling. KTH, Stockholm, 1993.

²⁶ Rissanen, S och H. Rintamäki. Thermal responses and physiological strain in men wearing impermeable and semipermeable protective clothing in the cold. Ergonomics, 40, 1997.

Standarder

Det finns i dag en mängd standarder för skyddskläder, andningsskydd och filter. Huvudsakligen är det civila standarder som behandlar allt från flammhårdighet och motstånd mot stickhåll till skydd mot vätskeformiga och gasformiga kemikalier, men det finns även en stor uppsättning militära standarder.

Civila standarder

Det finns ett antal stora standardiseringsorganisationer som hanterar delvis samma standarder, men som även har egna standarder som är specifika för organisationen. Några exempel på standardiseringsorganisationer som ger ut standarder är ASTM (American Society for Testing of Materials), ISO (International Standardization Organisation), CEN (European Committee for Standardization) och DIN (Deutsches Institut Für Normung e.V.).

CEN samarbetar med nationella standardiseringsinstitut som översätter normerna till respektive lands språk. I Sverige är samarbetspartnern SIS (Standardisering I Sverige) och de översatta standarderna får prefixet SS-EN, där SS står för Svensk Standard. Det är inte helt ovanligt att standarder accepteras av flera internationella institut varvid standarderna får komplexa benämningar som DIN EN ISO 6529.

Alla varor som säljs i Sverige måste CE-märkas, dvs. de ska certifieras enligt EU-direktiv. Märkningen sker enligt ett normsystem efter godkänd provning i enlighet med av SIS fastställd EN-standard. De svenska kraven för personlig skyddsutrustning är fastställda av Arbetsmiljöverket.²⁷ CE-märkning innebär att tillverkaren garanterar att produkten uppfyller gällande krav på säkerhet, hälsa och miljö, samt att föreskriven kontrollprocedur har följts. CE-märkningen ger fri rörlighet för industriprodukter inom EU. I princip kan frågan ställas om inte den militära skyddsutrustningen borde CE-märkas.

Militära standarder

De civila standarderna är oftast öppna och lättillgängliga. Däremot är det svårare att få tag på andra länders militära standarder för skyddskläder, andningsskydd och filter. Vanligtvis är ett fåtal militära standarder öppna, det stora flertalet är det inte. Detta gör det naturligtvis svårt att jämföra innehållet i svenska och utländska militära standarder.

Vad som kan sägas med det lilla underlag som hittats är att de utländska standarderna, i jämförelse med de svenska standarderna, ofta omfattar provning mot fler ämnen samt provning av ämnen i fler fysikaliska tillstånd, såsom gas, vätska och aerosolform. De två svenska militära skyddsmaterialstandarderna, FMV:A 53739²⁸ och FMV:A 53740²⁹, föreskriver endast provning av vätskeformig senapsgas, medan t.ex. TNO, Holland, har provningsmetoder för motsvarande material där provning görs mot såväl senapsgas som VX och lewisit. Skälet till att de svenska standarderna endast föreskriver senapsgas är att ett antal tester genomförda på uppdrag av FMV³⁰ visat att den provningsmetod som är svårast att klara, och som därmed är

²⁷ AFS 1996:7. "Utförande av personlig skyddsutrustning."

²⁸ Test method for determining the resistance to permeation of mustard gas – statical test method. FMV:A 53739.

²⁹ Test method for determining the resistance to permeation of mustard gas – statical pressure test method.

FMV:A 53740.

³⁰ Penetration av C-stridsmedel genom förpackningsmaterial. L. Fagerlind och B. Jansson, FOA 1 C 1513-C5, mars 1973

Jämförande undersökning av C-stridsdräkter. B. Zetterström. FOA CH 40040-C2, augusti 1984.

H. Hattara. FMV. Privat kommunikation.

dimensionerande, är FMV:A 53740, den statiska tryckmetoden med senapsgas. Det har därför ansetts att provning mot senapsgas är tillräckligt. Det bör dock noteras att underlaget och standarden är från mitten av 80-talet. Utvecklingen av material gör att det är osäkert om senapsgas fortfarande kan förutsättas vara dimensionerande.

I den amerikanska standarden MIL-STD 282³¹, finns provningsmetoder för sarin, VX och senapsgas och i specifikationen MIL-G-43976C³², finns krav på motstånd mot permeation av både senapsgas och sarin.

I NATOs STANAG (Standard Agreement) 2333³³ finns krav på att ett helt klädsystem ska skydda mot kemiska och biologiska stridsmedel och förhindra penetration av radioaktivt stoft. Minsta acceptabla skyddstid vid praktiska "battlefield" förhållanden är sex timmar, men om möjligt bör den vara 24 timmar eller mer. Klädsystemet skall skydda mot alla kemiska och biologiska agens i vätske-, gas- eller aerosolform som kan penetrera huden. Det ska också kunna dekontamineras utan att skyddet försämras, alternativt ska det kasseras. Specificerade metoder för att verifiera dessa krav har inte gått att uppbringa.

Inga standarder har hittats som beskriver provning med biologiska ämnen. Vanligen används icke-biologiska aerosoler, såsom oljedroppar eller saltpartiklar för att simulera biologiska agens vid t.ex. inläkningsprovning i filter. Dock är det klart att provning av filter och material mot similiämnen för biologiska agens, (Bg-sporer (*Bacillus Subtilis*), som är ett similiämne för Antrax och MS-2, en bakteriofag som simulerar virus), sker vid bl.a. TNO i Holland. Någon officiell standard som beskriver hur detta görs har inte kunnat erhållas.

Det finns även exempel på standarder som inte ens specificerar aerosoler för användning vid provning av materiels skyddsförmåga mot mikroorganismer. I den civila standarden EN 374-2³⁴ provas penetration av handskar som ska skydda mot mikroorganismer och kemikalier genom att handsken sänks ner i vatten och trycksätts med luft, varvid läckage detekteras genom luftbubblor på handskens yta, alternativt fylls handsken med vatten och vattendroppar på handskens utsida indikerar genombrott.

Tekniska specifikationer

För all materiel som köps in till Försvarsmakten upprättas en TTEM (Taktisk Teknisk Ekonomisk Målsättning). Ur denna upprättar FMV en teknisk specifikation. Den materiel som köps in måste uppfylla kraven i denna tekniska specifikation.

Tekniska specifikationer för det existerande svenska militära NBC-skyddet känns i många fall något tunna, i varje fall i fråga om provningsmetoder. I många fall innehåller TTEM krav men inte någon specificerad provning för att verifiera dessa. Exempelvis är kravet för C-underställ 98 att det i kombination med Fältuniform 90 ska ge ett fullständigt skydd mot C-stridsmedel i vätskeform under 24 timmar³⁵, men i den tekniska kravdelen hänvisas till en provningsmetod där enbart senapsgas nämns, FMV:A 53740²⁹. Skyddet mot övriga C-stridsmedel provas alltså inte. I tillhörande TTEM antas angriparen förfoga över både B- och C-stridsmedel samt andra kemikalier med hälsovådliga effekter (TICs), men i den tekniska specifikationen tas ingen hänsyn till hur skyddet klarar TICs, biologiska (och radiologiska) ämnen, dvs. ingen provning är specificerad.

³¹ Military standard Filter units, Protective clothing, Gas-mask components and related products: Performance-Test methods. MIL-STD-282, 28 May 1956. United States Government Printing Office, Washington.

³² MIL-G 43976C, Military Specification Gloves and Glove set, Chemical Protective, U.S. Army Natick Research, Development and Engineering Center, Natick, MA.

³³ NATO STANAG 2333 ED 4 AMD 0, Performance and Protective Properties of Combat Clothing, 1992.

³⁴ EN 374-2, Protective gloves against chemicals and micro-organisms – Part 2: Determination of resistance to penetration, 1994-04-22.

³⁵ Teknisk specifikation 111722A, C-underställ 98/K, M7376-740000-8.

För filter finns oftast krav på en viss skyddsnivå mot aerosoler. I de provningsmetoder som hänvisas till används vanligtvis paraffinolja-, majsolja-, eller saltaerosoler (natriumklorid). För Filter 90 anges t.ex. en maximal penetrationsnivå för paraffinoljaaerosol på 99,98 %.³⁶ Om kraven på inläckning av någon eller några av dessa aerosoler klaras anses filtren skydda mot biologiska och radiologiska agens. Detta är nog till viss del sant, däremot är det tveksamt om det finns belägg för att biologiska agens går att ersätta med icke-biologiska i en provningsmetod. För det första är virus mycket mindre (polio och förkylningsvirus är ca 25 nm, rabiesvirus ca 50x80 nm) än de partiklar som ovan nämnda aerosoler innehåller när generering sker enligt föreskrivna provningsmetoder. Enligt standard EN 143³⁷ är paraffinoljaaerosolen vid provning av filter polydispers med medelvärde för Stokes diameter på 0,4 µm och natriumkloridaerosolen är även den polydispers med en massmedian partikeldiameter på cirka 0,6 µm. Bakterier ligger i detta härads storlekar på ca 0,5 µm i diameter upp till stavar på tiotals µm. För det andra skiljer sig ytegenskaperna hos bakterier, virus, toxiner, rickettsier och sporer från ytegenskaperna hos de aerosoler som provas. Hur detta påverkar skyddstider, clogging etc. är idag okänt.

Slutsatser:

De svenska militära standarder som berör skyddsutrustning är inriktade på C-stridsmedel. Vanligtvis provas kroppsskydd enbart mot senapsgas. Filter provas mot simliämnen. Provtagningsstandarder för B-agens behandlar specifika delar av skyddet. Då inga biologiska ämnen används vid provningar kan standardernas relevans ifrågasättas.

I stort sett varje land har sina egna militära standarder och metoder för provning av skyddsutrustning, en viss samordning förekommer dock inom NATO. På den civila sidan finns ett antal internationella standardiseringsorganisationer som ger ut standarder inom vitt skilda områden.

Det existerande skyddet är provat enligt gällande standarder och kan därför inte sägas klara framtidens krav. Framtida standarder bör komma att omfatta provning mot fler ämnen, både B och C, med moderna metoder som klarar att detektera de låga koncentrationer som kommer att krävas i framtiden.

De taktiska krav på skyddsutrustning som formuleras i TTEM, är i många fall höga och täcker in ett stort spann av agens, tid och förhållanden. Metoder för att verifiera sådana krav är dock inte specificerade, om de alls existerar. Glappet mellan den vision av skyddet som formuleras i TTEM och det faktiska skyddet vid provning enligt den tekniska specifikationen resulterar i, är avgrundsdybt. För att komma tillrätta med detta bör antingen den tekniska målsättningen omformuleras till att gälla ett snävare prestandaintervall, eller så måste kompletterande provningsmetoder utvecklas och utrustningen provas enligt dessa.

³⁶ FMO Beteckning; 503:80668, Slutlig-Taktisk-Teknisk-Ekonomisk-Målsättning för skyddsmask mot A-, B- och C-stridsmedel.

³⁷ EN 143, Respiratory Protective Devices – Particle Filters – Requirements, Testing, Marking, 1991-01-30.

Utvecklingen inom skyddsområdet

Följande är en sammanfattning av bidrag från olika konferenser som berör NBC generellt eller som behandlat specifika frågeställningar inom området. Insamlingen av fakta har fokuserats runt personlig utrustning (skyddsdräkt, skyddsmask) samt personsanering. Det kan noteras att utvecklingen, som den kommer till uttryck här, behandlar skydd mot akuta händelser/symptom. Problematiken med låg koncentration/lång tids exponering behandlas endast sparsamt på konferenser av den typ som ingått i undersökningen. Uppgifterna kommer från följande konferenser: CBW Protection Symposium 1998 (CBW VI)³⁸, CBW Protection Symposium 2001 (CBW VII)³⁹, CBW Protection Symposium 2003 (CBW VIII)⁴⁰, NBC 2000⁴¹, NBC 2003⁴², ISRP 2002⁴³, International Technical Workshop On Decontamination In a Chemical Or Biological Warfare Environment 1999 (IWDCB)⁴⁴, Decon 2000⁴⁵, Decon 2002⁴⁶ samt Decon 2004⁴⁷.

Skyddsdräkt

För personlig utrustning är de viktigaste frågorna vilken skyddsfaktor som uppnås och hur den kan förbättras samt anpassning till övrig utrustning och till människa. Kraven kan komma att hamna i motsatsförhållande till varandra, t.ex. ger en väl tillsluten dräkt med hög skyddsfaktor problem med värmebelastning. Se också avsnitt ”Termisk belastning i NBC-miljö”. För att minska värmebelastningen har hittills inget bra koncept visats upp, även en dräkt med hög genomsläpplighet för vattenånga visar sig inte kunna ge tillräckligt låg värmebelastning.⁴⁸ Den flerskiktsskyddsdräkt som uppkommer i en NBC-skyddsdräkt verkar också isolerande genom de luftlager som finns mellan skikten. En snävare klädsel kan därför vara bättre ur värmesynpunkt.⁴⁹ Vid kyla kan skyddsdräkten däremot ha för låg värmande förmåga om arbetsbelastningen är låg och inte genererar överskottsvärme.⁵⁰ Dräkter med hög permeabilitet för fukt har visat sig få försämrade skyddsegenskaper mot C-agens vid högre vindhastigheter.⁵¹ Försämrade skyddsförmåga kan också uppkomma vid spill av bensen e.dyl. då kemikalierna kan ”sampenetrera” genom barriären.⁵² Vätskeformig C-agens kan penetrera skyddsdräkten om

³⁸ 6th International Symposium on Protection Against Chemical and Biological Warfare Agents 1998.

Proceedings FOA-R-98-00749-862—SE, Supplement FOA-R-98-00873-862--SE

³⁹ 7th International Symposium on Protection Against Chemical and Biological Warfare Agents 2001.

Abstract FOI-R-0080—SE, samt Proceedings.

⁴⁰ 8th International Symposium on Protection Against Chemical and Biological Warfare Agents 2004. Abstracts FOI-R—1228—SE samt Proceedings.

⁴¹ Symposium on Nuclear, Biological and Chemical Threats in the 21st Century 2000. Department of Chemistry, University of Jyväskylä, research report no 75, 2000.

⁴² Symposium on Nuclear, Biological and Chemical Threats – a Crisis Management Challenge. Department of Chemistry, University of Jyväskylä, research report no 98, 2003.

⁴³ International Society for Respiratory Protection – 11th Conference. Abstracts and Presentations. Edinburgh 2002.

⁴⁴ Proceedings of the International Technical Workshop On Decontamination In a Chemical Or Biological Warfare Environment. Durham 1999.

⁴⁵ 2000 Joint Service Chemical and Biological Decontamination Conference. Presentations and Technical program.

⁴⁶ 2002 Joint Service Chemical and Biological Decontamination Conference. Presentations and Technical program.

⁴⁷ 2004 Joint Service Chemical and Biological Decontamination Conference. Presentations and Technical program.

⁴⁸ CBW VI Carton

⁴⁹ CBW VI Amos

⁵⁰ NBC 2003 Rissanen

⁵¹ CBW VII Duncan

⁵² CBW VI Kaayk

inte det vätskeavvisande ytterskiktet klarar av att motstå vätning av en droppe C-agens.⁵³ Ytterligare faktorer som påverkar dräkters skyddsförmåga är förslitning och perspiration under användning och tvätt/sanering efter användning.⁵⁴ Testmetoder för att undersöka skyddsförmågan med avseende på dessa faktorer finns eller är under utveckling.⁵⁵ Bland annat har en metod med optisk mikroskopi utvecklats för att utvärdera strukturförändringar i kolskikt efter tvätt.⁵⁶ Nya material som prövas för skyddsdräkter är semipermeabla, ”selektiva”, membran, enbart eller i kombination med aktivt kol.^{57, 58} Även reaktiva substanser inkorporerade i tyg, t.ex. nanopartiklar undersöks.⁵⁹

Skyddet mot biologiska ämnen måste ta hänsyn till att det är antalet genomsläppta partiklar som är intressant jämfört med massan av genomsläppt ånga vid skydd mot kemiska ämnen.⁶⁰ Genomsläcke av partiklar ökar med minskande partikelstorlek medan däremot partiklens form och laddning inte påverkar läckaget. Inläckaget beror på läckans area och tryckfallet över läckan.⁶¹ I permeabla dräkter är genomsläcket från natriumkloridpartiklar ofta mycket stort, vid normala vindhastigheter kan upp till varannan partikel tränga igenom.

De svaga punkterna i en skyddsdräkt är tillslutningar t.ex. dragkedjor och övergångar vid ärmslut. För att utvärdera effekten av detta krävs tester på mer än enbart materialet. Metodik för att testa hela system (komplett skyddsutrustning) har utarbetats på flera håll. Metoder för att undersöka utrustningens skyddskapacitet vid exponering av ämnen både i gasfas och som aerosol har utarbetats, där testerna utförs med försökspersoner som utsätts för simliämnena.⁶² Jämförelse mellan test på provdocka och människa visar att skyddsfaktorn är högre för människa, en trolig orsak kan vara upptag av substansen i hud samt att provdockan saknar underhudsfett och därmed är hård vilket ger läckage vid övergångar mellan skyddets olika delar.⁶³

Skyddsmask

Det nuvarande hotet ställer andra krav på prestandan för mask och filter, det krävs en högre skyddsfaktor och ett bättre skydd mot partiklar (B-agens). För skyddsmasker är tätningen mot ansiktet det enskilt största problemet för att uppnå en hög skyddsfaktor.⁶⁴ Förbättring av tätningen kan åstadkommas med extra tätningar t.ex. vid nacken eller med hjälp av dräktens huva. Extra tätningar ger dock en högre värmebelastning.⁶⁵ Olika designförändringar för att åstadkomma övertryck runt kanten på masken har också förts fram, vissa av dessa är beroende av batteridrift.⁶⁶ Andra designförändringar, som utformningen av ventiler, kan också öka skyddsfaktorn.⁶⁷ Skyddsfaktorn varierar också med icke-materiellbundna parametrar som skäggväxt, ovana vid hantering av masken, fel storlek och brist i rengöring och underhåll.⁶⁸ För tillpassning ger en modern partikelräknare, typ Portacount, en högre känslighet och möjlighet att följa förändringar i skyddsfaktorn under övningar.⁶⁹ Övningar som ger speciellt hög

⁵³ CBW VII Brasser

⁵⁴ CBW VI Ang

⁵⁵ NBC 2000 Endregard

⁵⁶ CBW VII Gran

⁵⁷ CBWCBWA VII Wilusz samt Rivin

⁵⁸ CBW VIII Pleister

⁵⁹ CBW VIII Axtell samt Schreuder-Gibson

⁶⁰ ISRP 2002 Kievit samt Tuinman

⁶¹ ISRP 2002 Tuinman

⁶² CBW VIII Hanzelka samt Eloff

⁶³ CBW VIII van Houwelingen

⁶⁴ ISRP 2002 Richardson samt Zuhang

⁶⁵ ISRP 2002 Dennis

⁶⁶ ISRP 2002 Richardson samt Rowbotham

⁶⁷ CBW VIII Holmes

⁶⁸ ISRP 2002 Steenweg, samt Crutchfield och CBW VI Busmundrud

⁶⁹ ISRP 2002 Steenweg samt CBW VII Gijp

påverkan på skyddsfaktorn är tal och vissa huvudrörelser⁷⁰. Skyddsfaktorn återgår inte heller alltid till den tidigare efter övningens slut.⁷¹ System för att prova skyddsmask under realistiska förhållanden i fält, med realtidsmonitorering av partikelinläckning, rörelser m.m. har utvecklats.⁷² För att bedöma prestanda på en skyddsmask bör inte bara medelvärdet utan också den statistiska spridningen av skyddsfaktorn beaktas, dvs. sannolikheten för att erhålla låga värden på skyddsfaktorn måste bestämmas.⁷³ Exempel på ett nytt material som används i skyddsmasker är laminerad polymer.⁷⁴

Ett specifikt problem för skyddsmaskens skyddsfaktor är skäggväxt. Inom industrin finns exempel på förbud mot skägg för arbetare som måste använda skyddsmask. Skäggväxt blir också ett problem vid långa användningstider.⁷⁵

Filter

Skyddsfaktorn för ett andningsskydd kan inte bli bättre än filtrets prestanda. Är prestanda på filtret lågt kan det dölja defekter i maskens komponenter. Prestanda för ett filter varierar med flödet, högt eller pulserande flöde minskar kapaciteten.⁷⁶ Flödet vid användning är ofta högre än det som används vid filtertester.⁷⁷ Kapaciteten för andra ämnen än C-agens har testats för några NBC-filter. För testade ämnen med kokpunkt >65°C och i halter <0,5 % v/v kan man uppnå tillfredställande skyddsfaktorer, medan kapaciteten för vissa ämnen t.ex. ammoniak och etylenoxid är låg.⁷⁸ En filterbädd med flera lager av olika filtermedia har undersökts för att på så sätt utöka användningsområdet även till TIC's.⁷⁹

Skydd mot B-agens kräver en hög skyddsfaktor mot partiklar. Filterprestanda för biologiska aerosoler utvärderas med icke-biologiska modell aerosoler.⁸⁰ Om metoden tar hänsyn till partikelstorlek och fördelning, finns viss överensstämmelse med biologiska partiklar. Dock visar resultaten att en fullständig överensstämmelse är svår att uppnå pga. olika ytegenskaper. Se avsnitt "Standarder". Skyddsfaktorn för gas och aerosol kan bestämmas samtidigt⁸¹ och en viss korrelation mellan skyddsfaktorer för gas respektive aerosol finns⁸². Andra sätt att närma sig problemet är att oskadliggöra organismen under filtreringen. Avdödning genom att luften passerar joderat filtermedium eller hettas upp momentant med infraröd strålning har diskuterats.⁸³

En aktuell fråga är livslängdsmätning av filter. Flera olika koncept med varierande sofistikeringsgrad finns, från inbyggda kolorimetriska indikatorer som bygger på reaktiv kemi till mätare med sensorer för flegångsansvändning.⁸⁴ För att klara av olika ämnen behöver flera indikatorer/sensorer kombineras. Framtidsvisionen är automatiska system som kan logga arbetstid, utrustningens kondition mm.⁸⁵

⁷⁰ ISRP 2002 Scanlan samt CBW VII Richardson

⁷¹ CBW VIII Tuinman

⁷² CBW VIII Richardson, NBC 2003 Kievit

⁷³ CBW VI Busmundrud

⁷⁴ ISRP 2002 Hindmarsch

⁷⁵ ISRP 2002 Calder samt Hendrix

⁷⁶ ISRP 2002 McCurdy

⁷⁷ ISRP 2002 Berndtsson

⁷⁸ CBW VI Wittwer samt Jager

⁷⁹ CBW VIII Karwacki

⁸⁰ SS-EN 141:1990. "Andningsskydd – Gas- och kombinationsfilter – Fordringar, provning, märkning."

⁸¹ ISRP 2002 samt CBW VII Tuinman

⁸² CBW VIII Tuinman

⁸³ CBW VIII Bourget samt Meshcheryakov

⁸⁴ ISRP 2002 Gardner samt Ziegler

⁸⁵ ISRP 2002 Harris

Sanering

Sanering av C- och B-agens har två huvudsakliga mål – personalens säkerhet samt att reducera skyddsnivån.⁸⁶ Hur, när och vad som ska saneras är beroende av faran. För att kunna uppskatta denna krävs en noggrann riskbedömning grundad på data som egenskaper för C- och B-agens, toxicitetsnivåer, egenskaper för material, m.m.⁸⁷ Kan situationen inte bedömas tas oftast inga risker. Försvarets nya uppgifter ställer krav på andra gränser för beläggningsgrad och saneringsgrad.⁸⁸ Överföring av civila gränsvärden till militärt bruk kan få sådana effekter på skyddsnivåer att andra områden påverkas (värmestress, falsklarm o dyl.). Efter en NBC-händelse krävs förmåga att detektera för att lokalisera en kontaminering samt för att verifiera att en sanering lyckats. Ett problem med detektion i fält är att det som anges som den ”säkra nivån” idag, ligger under nuvarande detektionsnivå.⁸⁹

Önskemålen som finns på morgondagens saneringsmedel visar på bristerna hos dagens medel.⁹⁰ Ett optimalt saneringsmedel bör klara alla NBC-ämnena samt TIC, verka snabbt (<1min), vara säkert ur medicinsk synvinkel och vara säkert för miljön. Det ska också vara säkert att använda tillsammans med övrig militär materiel, t.ex. solkräm och maskeringsfärg.⁹¹ Medlet ska helst också vara generellt och så icke-korrosivt att det kan användas för känslig materiel och vid personsanering. Logistikkraven bör vara låga och saneringen bör vara en en-stegsprocess utan för- eller efterarbete.⁹² Idag finns ingen saneringsmetod som klarar alla agens och kan användas för personsanering, känslig materiel osv. Sanering kräver mycket utrustning av olika slag. Att sanera är arbetskrävande. Speciellt gäller detta personsanering, och i synnerhet patientsanering.⁹³ Många saneringsmedel är dessutom inte miljövänliga.

De nya saneringsmedel som beskrivs i litteraturen uppfyller inte alla krav som ställs, men utvecklingen går i positiv riktning. Ett effektivt saneringsmedel för C ska både kunna lösa och lösa ut C-agens ur matrisen. Många nya saneringsmedel består av mikroemulsioner med vatten- och organisk fas emulgerade med ytaktiva ämnen.⁹⁴ Sådana medel löser både fett- och vattenlösliga komponenter. Saneringseffekten bygger ofta på oxidationsförmågan hos t.ex. perättiksyra eller väteperoxid i kombination med katalysator.⁹⁵ För personlig sanering har det utvecklats dukar och svampar som innehåller organiska lösningsmedel och ytaktiva ämnen för att extrahera/absorbera C-agens från huden.⁹⁶ Det finns också exempel på saneringssvampar med enzymer som inte bara sanerar utan också detekterar C-agens.⁹⁷ Destruktion av vissa TICs har utförts med en polyvalent molekyl.⁹⁸

Sanering av C-agens, och eventuellt även B-agens, kan ske med hjälp av nanokristaller av metalloxider. En tänkbar applikation är en hudkräm som skyddande barriär, eller som saneringspulver.⁹⁹ Även andra aktiva komponenter med oxidativ verkan har föreslagits i barriärkrämer.¹⁰⁰

⁸⁶ Decon 2002 McNally

⁸⁷ Decon 2002 Kiple

⁸⁸ IWDCB

⁸⁹ Decon 2002 Thomson

⁹⁰ Decon 2000 Koch

⁹¹ Decon 2000 Prouty

⁹² Decon 2000 Negron

⁹³ Decon 2002 Gresenz

⁹⁴ bl.a. NBC 2000 Eastment samt IWDCB Ward

⁹⁵ Decon 2004 Brown, Wagner samt Nelson

⁹⁶ Decon 2002 Kaiser samt Clarkson

⁹⁷ Decon 2002 Gordon

⁹⁸ Decon 2002 Hall

⁹⁹ Decon 2000 Koper

¹⁰⁰ CBW VIII Deliconstantinos

En viktig aspekt under utvecklingen av nya saneringsmedel är att de testas mot skarpa agens så tidigt som möjligt. Därigenom minimeras risken att medlen fungerar för similiämnen men inte för skarpa ämnen.¹⁰¹ Det kan dock vara stor skillnad på saneringseffekten för olika agens dessutom har materialet som saneras en stor inverkan på resultatet.¹⁰² På grund av penetrationshastigheten av agens genom hud är tiden mellan exponering och sanering viktig vid personsanering. Penetrationshastigheten är beroende av om kontamineringen är i form av vätska eller gas samt på saneringsmedlets hydratiserande verkan på huden.¹⁰³ Detta kan jämföras med det faktum att fuktig hud har en mycket lägre skyddsfaktor mot senapsgas än torr hud.¹⁰⁴

För att undvika många kostsamma tester har ett systematiskt angreppssätt för utvärdering av saneringsförmåga och kompatibilitet prövats i framtagning av personsaneringsmedel. Definierade beslutspunkter ska underlätta att tidigt kunna utesluta kandidater som inte uppfyller basala krav.¹⁰⁵

B-sanering

Som en följd av antraxbrev och kontaminerade postterminaler har uppmärksamheten riktats mot B-agens och framförallt sanering av dessa. Flera typer av desinfektionsmedel och -metoder för sanering av byggnader och föremål finns beskrivna.^{106,107} Det strävas också efter att saneringsmedel för C-agens även ska kunna användas mot B-agens.¹⁰⁸ Vid vilket scenario personsanering av B-agens blir intressant för militära ändamål har diskuterats.¹⁰⁹ Oftast kommer sjukvården att hantera B-händelser och p.g.a. fysikaliska egenskaper och exponeringsvägar kan faran för B-agens vara mindre för trupp än för allmänheten pga truppersnas klädsel och bättre allmänkondition¹¹⁰. Inomhus bör frågor som rör deposition och återspridning av aerosol beaktas.¹¹¹ För sanering av ytor undersöks förutom kemiska även fysikaliska metoder t.ex. jonstrålar.

Övrigt

I USA pågår på flera ställen en uppbyggnad av databaser (Agent Fate, ASK) med C-agens egenskaper m.m., för att få en bättre grund för riskbedömning.¹¹² En bättre uppfattning av t.ex. tröskelvärdena vid lågdosexponering, skulle kunna ge stora effekter på gränsvärden för sanering och indikering.¹¹³

Det är viktigt att notera att inte bara tekniska frågor bör beaktas. Efter en attack är det utbildningsnivån och det kunnande personalen besitter som avgör hur händelsen kommer att hantearas. Detta kommer att ha en avgörande betydelse för hur missionen förlöper.¹¹⁴

¹⁰¹ IWDCB

¹⁰² Decon 2002 Davis och Skoumal

¹⁰³ CBW VI Soo-Hway

¹⁰⁴ IWDCB Oplustil

¹⁰⁵ CBW VIII Sabourin

¹⁰⁶ B-sanering. G. Sandström. FOA-R—94-00044-4.4-SE, oktober 1994.

¹⁰⁷ bl.a. Decon 2002 Dankert samt NBC 2000 Splino

¹⁰⁸ Decon 2004 bl.a. Wagner, Richardson

¹⁰⁹ Personlig kommunikation angående filterstandard för NBC-kollektivfilter. T. Berglund och L. Thaning, FOI NBC-skydd, 2004.

¹¹⁰ Decon 2000 samt Decon 2002 Kiple

¹¹¹ Decon 2002 Krauter

¹¹² Decon 2002 Kiple samt Ashman

¹¹³ Decon 2002 Thomson

¹¹⁴ Decon 2002 McNally

Slutsatser:

Forskningen inom skyddsmaterielområdet arbetar med problemställningar som i mycket berör de områden som identifieras i denna rapport. Problemet med värmebelastning vid användning av skyddsdräkter har lett till utveckling av permeabla material, och dessa material undersöks m.a.p. skyddsförmåga vid olika förutsättningar som vindhastighet, tvätt, förslitning m.m. men inget material har hittills befunnits uppfylla alla krav som ställs.

En vidareutveckling av materiel sker även för att kunna möta nya krav på skyddsfaktorer, orsakade av bl.a. höjda krav på arbetsmiljön. Olika förslag på förbättring av skyddsmasktätning har visats. Prestanda på NBC-filter för andra riskkemikalier testas. Olika koncept för att mäta och visa livslängden för filtren utvecklas också.

Skyddet mot partiklar har fått förnyad aktualitet genom ett ökat B-hot. Med ny teknik kan man både undersöka och utveckla skyddet mot B bättre än tidigare.

Saneringsmedel med bättre verkan och högre grad av miljövänlighet tas fram. Av stort intresse är nya tekniker som nanokristallina metalloxider och självstrukturerande system (t.ex. emulsioner).

Inte bara den fysiska skyddsutrustningen är väsentlig för helhetsbilden av skyddet. Utbildning i NBC är av stor vikt för möjligheten att hantera en uppkommen NBC-situation. En väl underbyggd riskbedömning är också väsentlig inte bara för att bedöma behovet av skyddsnivå initialt utan även för indikering och sanering. För att definiera vid vilka nivåer det finns en skaderisk krävs kunskap om egenskaperna hos olika agens. Insamling och sammanställning av sådana data är väsentliga för en relevant riskbedömning.

Skyddsmateriel idag och imorgon

Försvarets nya uppgifter och anpassningen till den förändrade hotbilden kan innebära att tyngdpunkten mellan försvarets delar förskjuts. Med ett mer splittrat slagfält och ökad förekomst av urban stridsmiljö, kommer betydelsen av insats av marksoldater att öka. Tekniska och ergonomiska krav på soldatens utrustning kommer att bli högre, speciellt med tanke på en lägre förlusttolerans. Interoperabilitetskrav, i synnerhet vid internationella operationer, gör att materielens prestanda blir mer enhetlig mellan länder. Nödvändiga avvägningar mellan operativa och skyddstekniska krav kommer att bli aktuella, vilket kommer att leda den skyddstekniska utvecklingen vidare.

Fokus inom dagens försvar är på snabbare omställning och ökad flexibilitet både vad gäller materiel och personal. Detta ger kortare framförhållning och kraven på kortare ledtider i materielframtagningen ökar. För att höja takten i processen talas det i högre grad om anskaffning av materiel med möjlighet till uppgradering och moduluppbyggnad av system.

Det ställs också krav på ett högt utnyttjande av befintliga resurser vilket inte bara ökar krav på tillgänglighet och tillförlitlighet, utan också på integreringen av materiel i och mellan system.

Försvarmaktens NBC-skyddsmateriel i dag

Underlaget för följande sammanställning återfinns i Metodhandbok för NBC¹¹⁵:

Den personliga skyddsutrustningen för NBC-skydd består idag av grundskydd (GS) samt uppgiftsanknutet skydd (UA). Det fysiska skyddet inom grundskyddet omfattar idag (2002-2003):

- M7349-452000 Skyddsmask 90 med glasögonbåge 90 och väska
- M2311-714010 Filter 90 till skyddsmask
- M7332-800710 Skyddshandske 7
- M7376-664011 C-vätskeskydd
- M6400-111000 Torklapp 11
- M0776-104010 Personsaneringsmedel 104
- M7840-104011 Autoinjektor
- Nervgasprofylax
- Övrig utrustning med viss skyddsverkan som Gummistövel 90 och uniform
- Viss indikerings- och varningsutrustning.

Det uppgiftsanknutna skyddet har bl.a. effektivare skyddsbeklädnad. UA-förband ska kunna utföra verksamhet vid skyddsnivå C Röd "Verksamhet i C-vätskemiljö". Följande materiel finns, eller planeras att införskaffas, inom det uppgiftsanknutna fysiska skyddet:

- M7376-750000 C-stridsdräkt 90
- M7376-740000 C-underställ 98
- M7376-792000 Lätt C-skyddsdräkt
- M7376-701011 Skyddsdräkt 701
- M7376-791000 C-skyddsdräkt 97
- M7332-801800 C-skyddshandske 8
- M0779-101010 Skyddsplast
- M7081-842510 C-skyddssäck
- M0880-051010 Klorkalk
- M0776-103001 DS-2

¹¹⁵ Metodhandbok och faktabas NBC 2003, Utgåva 2002-08. Utgiven av Totalförsvarets Skyddscentrum.

- Förbandstilldelad saneringsutrustning
- Övrig indikerings- och varningsutrustning som t.ex. Indikeringsutrustning 98

Den NBC-skyddsmateriel som finns tillgänglig idag eller som är påtänkt inom Försvarsmakten har hittills inte undersökts i någon heltäckande studie. Funktionen hos skyddsmaterielen är inte provad mot alla agens (jmf. kap. Tekniska specifikationer) och andra aspekter av användning, t.ex. vinterförhållanden är inte fullständigt belysta.

Skyddsmateriel på marknaden idag

Källor till detta avsnitt är Jane's 2001-2002¹¹⁶, 2002-2003¹¹⁷, 2003-2004¹¹⁸, Brassey's Modern Military Equipment: NBC 1997¹¹⁹.

En genomgång av tillverkare av dagens skyddsmateriel har gjorts. Fokus har legat på den personliga utrustningen och speciellt skyddsmask och skyddsdräkter, se **Bilaga 1**.

Skyddsmasker tillverkas i ett flertal länder, de flesta sker enligt NATO-standard. En mask med filter väger runt 700 g. De flesta masker tillverkas i tre eller fyra storlekar, den högsta angivna andelen för passform är 95 % (Sverige). Synpanel i form av ögonglas är vanligast men några modeller med panoramafält finns. Samtliga har någon typ av anordning för glasögon/synkorrektion, tal samt vätsketillförsel.

Skyddsdräkter kan delas in i impermeabla dräkter och permeabla dräkter/underställ. Permeabla dräkter är i de flesta fall tänkta för längre tids användning medan impermeabla dräkter används för kortare uppdrag med olika grad av skyddsnivå, t.ex. för saneringsarbete eller som vätskeskydd. Tillverkning av gummiimpregnerade dräkter sker i ett flertal länder. En gastät skyddsdräkt av gummiklätt material väger ca 500 g/m². För lättare dräkter använder ett flertal tillverkare belagd Tyvek[®] eller motsvarande material. I utförande som saneringsdräkt väger materialet ca 120 g/m² och har en resistenstid på 8h för vissa TICs. Paul Boyé har tagit fram en lättviktsdräkt, även den med vikt 120 g/m², som står emot senapsgas och VX 24h.

Ett flertal länder har tillverkning av permeabla dräkter/underställ med koladsorbent. Mycket samarbeten gör att det finns olika konstellationer av materialtillverkare, dräkttillverkare och förmodligen också koltillverkare. En stor materialleverantör är Blücher med materialet Saratoga[®], men även andra tillverkare finns. I princip består materialet av ett kolskikt laminerat mellan tyg. Kolet kan finnas som korn i en polymermatris eller som kolfiber. Kolet absorberar agens i gasfas, medan det yttre lagret utgör ett vätskeskydd. Vikten på materialet i en dräkt är runt 450 g/m².

Utveckling och tendenser

Utvecklingen av skyddskläder går mot minskad vikt och lägre värmebelastning. Det finns en strävan att göra dräkterna så lite belastande att de kan brukas som stridsdräkt över längre perioder. (NB)C-stridsdräkten har gått från att ha varit impermeabel till att bli permeabel, dvs. genomtränglig för vattenånga men inte för C-stridsmedel. Utvecklingen har huvudsakligen styrts av materialutvecklingen, från aktivt kol i skum till tunnare material med kolkulor. Vid en jämförelse mellan en tidig generation permeabel (NB)C-stridsdräkt med en av senare års modell kan dock konstateras att skillnaden i fysiologisk belastning många gånger är liten trots årtionden av utveckling. Se avsnitt "Termisk belastning i NBC-miljö".

¹¹⁶ Jane's Nuclear, Biological and Chemical Defence 14th Ed 2001-2002. Ed. J. Eldrige.

¹¹⁷ Jane's Nuclear, Biological and Chemical Defence 15th Ed 2002-2003. Ed. J. Eldrige.

¹¹⁸ Jane's Nuclear, Biological and Chemical Defence 16th Ed 2003-2004. Ed. J. Eldrige.

¹¹⁹ Brassey's Modern Military Equipment, Nuclear, Biological and Chemical Warfare on the Modern Battlefield 1997. J. Norris och W. Fowler.

Den framtida soldaten kommer att vara utrustad med datorer, presentationsmedel, inmatningsenheter (t.ex. tangentbord) signal- och strömförsörjningskablage, batteripackar m.m.. Det är utrustning som svårligen kan saneras och av hanterbarhetskäl inte kan sitta under skyddande lager. Problem med läckage kan uppstå vid kabelgenomföringar vilket indikerar att (NB)C-dräkten kan behöva vara av pyjamastyp. En (NB)C-pyjamas medför dock opraktiskt långa tider för att höja skyddsnivån vilket gör att den kommer att behöva bäras hela tiden. En uniform med integrerat skydd å sin sida innebär onödig belastning då skyddet inte behövs.

Den "framtida soldaten" kommer att bära mer utrustning som påverkar belastningen även i icke-kontaminerad miljö. En framtida teknik som illustrerar den minskande skillnaden i belastning mellan kontaminerad respektive icke-kontaminerad miljö är integralhjälm. Den "framtida soldaten" behöver ha olika displayer, sensorer, m.m. fästade i t.ex. visiret i en integralhjälm, så att de är "läsbara" under vitt skilda aktiviteter. För att förhindra imbildning på optiken kan en fläkt att vara inbyggd i hjälmen. Genom att styra luftflödet genom ett filter fås även en skyddsmaskfunktion. Med en integralhjälm som har ögonskyddande visir är skillnaden avseende "instängning" liten jämfört med skyddsmask i kombination med vanlig hjälm.

För utveckling av skyddsmasker finns en strävan efter bättre passform och därigenom bättre tätning mot ansiktet för att öka skyddsfaktorn. Integrering med annan materiel, t. ex. utrustning för mörkerseende, ställer också nya krav på designen. Nya filtertekniker ger bättre prestanda och lägre andningsmotstånd. Ett lägre andningsmotstånd över filtret ökar komfort och arbetskapacitet.

Arbete i skyddsutrustning innebär ofta hinder vid olika typer av handgrepp. Arbete med krav på bra finmotorik är speciellt svåra. Med tunnare material och förbättrad design av handskar försöker man öka den taktila förmågan, samtidigt som skyddsfunktionen inte försämras.

Slutsatser:

Tillverkning av NBC-skyddsmateriel i världen sker både som helt inhemsk produktion och som internationella samarbeten av olika storlek. Den tekniskt avancerade utvecklingen sker i stor utsträckning inom NATO-sfären.

Det drivande kravet i materielutvecklingen är balansen mellan skyddsnivå och den belastning skyddet ger. Utvecklingen går hand i hand med materialutvecklingen inom området, men en optimal lösning återstår.

Från dagens situation kan man dra slutsatser om framtidens utveckling inom skyddsmateriel:

- Krav på materielens interoperabilitet och internationella samarbeten på materielområdet ger samma eller liknande krav på materiel.
- Högteknologisk och resurskrävande utveckling begränsar antalet aktörer även internationellt. Få, stora aktörer inom industrin ger upphov till snarlika utvecklingskoncept.

Funktionen hos dagens NBC-skyddsmateriel inom Försvarmakten har ännu inte utretts i någon heltäckande studie.

Internationella samarbeten

FOI NBC-skydd deltagar i tre internationella samarbeten.

Det ena omfattar Kanada/Nederländerna/Sverige och benämns CB^{plus}.

Det andra projektet omfattar ett forskningssamarbete avseende membraner med DSTL, Porton Down.

Det tredje är ett CEPA projekt inom skyddsklädesområdet. Detta befinner sig just nu i slutet av formuleringsstadiet.

Projekten beskrivs nedan.

CB^{plus} - Protective Combat Uniform Technology Demonstration Project

Syfte

Att utveckla ett funktionellt fältuniformssystem (i form av en demonstrator) som ger soldaten ett relevant helkroppsskydd mot toxiska kemikalier och B-agens under operativa förhållanden.

Samarbetande organisationer

Kanada	DRDC CC, DRDC Suffield, QETE, Royal Military College of Canada
Holland	TNO Prins Mauritz laboratorium
Sverige	FOI NBC-skydd

Mål

- Att identifiera nya material som skyddar mot toxiska risker, minskar den fysiologiska belastningen och ökar funktionaliteten.
- Att optimera skyddet med olika nivåer av skydd för olika delar av kroppen. Detta innebär att balansera skyddsnivån mot toxikologisk känslighet, funktionsbehov samt ett strukturerat hanterande av risker.
- Att utveckla bättre tätningar mot skor, handskar och skyddsmask.
- Att demonstrera och validera CB^{plus} dräktens förmåga till helkroppsskydd mot ett brett spektrum av kemiska och biologiska ämnen i olika exponeringsscenarios och miljöer.

CB^{plus} är ett trilateralt samarbetsprojekt mellan Sverige, Kanada och Nederländerna. Projektet syftar till att till år 2008 utveckla och demonstrera en stridsdräkt som ger ett helkroppsskydd mot kemiska, biologiska, radiologiska agens samt ett antal toxiska industrikemikalier. Dräkten ska ha hög funktionalitet och ge ökad operativ effektivitet och rörlighet för soldaten att klara av incidenter både i krig och i fred. Provning av hel dräkt med provdocka jämförs med provning med människa. En mer detaljerad beskrivning av de ingående delarna av projektet återfinns i **Bilaga 2**.

Membraner för framtida användning inom skyddsmaterielområdet

Syfte

Målet är att hitta ett membran som släpper ut vattenånga och som stoppar kemikalier från att penetrera in. Tanken är att detta material skall kunna användas som ett skyddande lager som "andas" i en framtida skyddsdräkt med siktet inställt på generationen dräkter som följer efter dem som diskuteras i t.ex. CB^{plus}.

Samarbetande organisationer

Storbritannien	DSTL, Porton Down
Sverige	FOI NBC-skydd

Mål

- Att förstå hur permeation av ämnen genom membran sker och vad som påverkar den.
- Att utveckla nya semi-permeabla membran som har potential att ingå i framtidens skydd.
- Att verifiera membranens förmåga att "andas".
- Att verifiera membranens förmåga att skydda mot ett stort spann av TICs och kemiska stridsmedel under olika förhållanden.

För att kunna utveckla skyddskläder som "andas" och därmed har lägre värmebelastning än dagens måste en förståelse av vad som styr permeation av ämnen genom semi-permeabla membran byggas upp. Vi har av DSTL, Porton Down, som är en av de främsta nationerna i världen inom detta forskningsområde, erbjudits delta i ett 2-årigt samarbete under namnet "Moisture vapour permeable membranes for NBC defence applications".

Samarbetet innebär att membraner som verkar lovande för ändamålet tillverkas och dess egenskaper provas vad gäller genomsläpplighet av vattenånga (utåt) och vad gäller förmåga att stoppa permeation av andra kemikalier (inåt). Både TICs och CWA kommer att provas. Permeationsmätningarna kopplas till de permeerande ämnenas egenskaper och membranens egenskaper varför en värdefull förståelse för vad som influerar denna kemikalietransport genom membranen erhålls. Resultatet utvärderas och förslag till förbättringar av membranen föreslås utifrån det.

Novel Materials and Concepts for Low Burden NBC Protective Clothing Systems

Projektet är ett CEPA [Common European Priority Areas] projekt och kommer att hanteras under Thales [”Technology Arrangement for Laboratories for Defence European Science”]

Länder intresserade av samarbete

UK, Belgien, Finland, Frankrike, (Grekland), Italien, Holland, Norge, Spanien, Sverige.

Mål

“To enhance the capability of the Individual Protective Equipment.”

Faktorer projektet kommer att behandla

- Förändrad hotbild
- Fysiologisk och psykologisk belastning
- Ändrade uppgifter
- Kvantifiering av risk
- TICs + TIMs
- Ett stort spann i klimatparametrar

Inom ramen för CEPA förs diskussioner om europeisk samordning av krav och provningsmetoder. I dagsläget har de flesta länder satt upp egna krav och använder egna metoder. En viss samordning finns dock inom NATO. Det är viktigt att Sverige är med både för att bevaka och för att påverka. Bevaka för att vi ska veta vad som händer i andra länder och så att vi har krav och utrustning som ligger i paritet med övriga länders och att den i mesta möjliga mån är interoperabel. Påverka genom att t.ex. vi tillsammans med de övriga nordiska länderna trycker på krav som är specifika för våra förhållanden bl.a. vinterförhållanden.

SAMMANFATTNING

NBC-hotet har vidgats:

- | | |
|----------------------|---|
| • Förändrat syfte | Från storskalig användning i kris och krig till ”småskalig” terrorism under fredsförhållanden. |
| • Ökad komplexitet | Från få och kända agens till ett bredare spektrum.
Från få och kända aktörer till fler och mindre kända. |
| • Vidgat tidsbegrepp | Från ”klassiska” långsamma förlopp till överraskande och snabba. |

Dagens förändrade hotbild och förändringarna inom Försvarsmakten och dess uppgifter leder till att kraven på den personliga skyddsutrustningen förändras. Den personliga skyddsutrustning Sverige har idag var framtagen för att passa gårdagens massförsvar. Det som ansågs tillräckligt bra igår duger inte lika bra idag. Förändringar i hotbild, uppgifter och toleransnivåer innebär att hela det personliga NBC-skyddet måste ses över.

Hela området NBC-skydd är stort. Bristande resurser gör en uppdelning och prioritering nödvändig. Tyngdpunkten i denna rapport ligger på kroppsskyddet. En naturlig fortsättning är andningsskydd och filter. Översynen bör därefter fortsätta med övriga delar av skyddet som handskar, skor och sanering.

C-hotet utgörs av de traditionella agens i vätske- och gasform, men även partikelbundna kemikalier och kemikalier i partikelform förekommer. På senare tid har medvetenheten om hotet från toxiska industrikemikalier, TICs, ökat. Sedan lång tid tillbaka har C-hotet varit gränsättande vid skyddets dimensionering och ett fåtal agens/similiämnen i vätske- och gasform har använts vid utvärdering av skyddet.

Hotet från N, om den högenergetiska strålningen exkluderas, är i form av radioaktiva partiklar.

Även vid **B** utgörs **hotet** främst av partiklar, framförallt i aerosolform. Det speciella för B-agens är att infektionsdosen kan vara så låg som en enda partikel dvs. en organism, samt att sporbildande bakterier har en enorm överlevnadsförmåga. Fältmässig utrustning för att i realtid indikera specifika biologiska agens saknas idag.

Att i rätt tid ha korrekt och **tillräcklig information** blir synnerligen viktigt, så att utvecklingen av hotbilden och dess konsekvenser på NBC-skyddet fortlöpande kan uppdateras. Vidare ställs höga krav på förvarning, indikering och **informationsinhämtning**. Kan inte dessa krav infrias måste skyddet vara på hela tiden. C-indikeringsutrustningen av idag kan inte indikera de låga halter som kommer att krävas ur ett arbetarskyddsperspektiv. De detekterar inte heller viktiga TICs.

Försvarsmakten måste ha förmåga att kunna hantera både **traditionella och oförutsedda NBC-händelser**. Försvarsmakten ska kunna verka **internationellt** såväl som **nationellt**. Detta kräver ett NBC-skydd som är väl integrerat i förbandens skyddskoncept, som kan nyttjas under längre tidsperioder med minimal påverkan på stridsvärdet samt, under pågående uppdrag, snabbt kunna situationsanpassas vid en förändrad hotbild.

Skyddet ska vara i paritet med andra nationers skydd vid deltagande i **internationella operationer**, och vara interoperabelt enligt Partnerskapsmål och NATO-standarder. Hotet från en **förstörd miljö** i operationsområdet måste beaktas. NBC-skyddet ska idealt kunna vara på

hela tiden i alla klimat under lång tid utan att förbandets/individens förmåga att verka reduceras.

NBC-skyddet skall vara **anpassningsbart** och **resurseffektivt**. Detta leder till att det bör vara flexibelt, moduluppbyggt och utvecklingsbart.

Försvarsmaktens **arbetsgivaransvar**, speciellt vid internationella operationer, ställer höga krav på skyddsförmågan hos den utrustning som ska användas. Kraven är skärpta jämfört med de militära krav som ligger till grund för nuvarande materiel i och med att civila svenska arbetarskyddsnormer gäller för personal vid internationella insatser.

Gränsvärden för arbete med kemiska och biologiska stridsmedel finns inte i Sverige. För C-agens är det viktigt att notera de extremt låga gränsvärden som kommer att erhållas om **hygieniska gränsvärden** definieras. För nervgaser kan de komma att vara minst 100 gånger lägre än de lägsta nu reglementerade hygieniska gränsvärdena. Detta kommer att sätta dessa ämnen i en klass för sig, med speciella krav på sanering och vid behandling av skadade, samt för skyddsutrustning och indikering. För skyddet kommer högre skyddsfaktorer att krävas för B- och C-agens än vad dagens skydd ger. Dessa högre skyddsfaktorer får inte påverka operativa krav. Låga infektionsdoser och potentiellt höga omgivningskoncentrationer av B-agens innebär krav på bättre avskiljning i partikelfilter. Huruvida dagens andningsskydd och skyddsdräkt uppfyller framtida arbetsmiljökrav för kemiska, biologiska och radiologiska ämnen är inte utrett.

Förlusttoleransen är låg vilket ställer ökade krav på skyddet. Lägre förlusttolerans kräver att skydden dimensioneras efter den känsligaste individen. Den enskilde individens känslighet måste alltså beaktas, vilket innebär att den måste mätas. Ska skyddet anpassas till individen eller individen till skyddet?

Lågnivåhoten är svåra att bedöma då många aspekter inte är undersökta eller relevanta data saknas. En bättre kunskap om effekterna vid låga nivåer är av vikt för att kunna sätta relevanta gränser för detektion, krav på skyddsmateriel och för en bättre uppfattning om till vilka gränsvärden man måste sanera. Vid risk för exponering under längre tid är det av stor vikt att kunna bedöma exponeringssituationen avseende transport, ackumulering och biotillgänglighet. Även här måste individers olika känslighet beaktas.

Värmebelastning och skyddsnivå står fortfarande i sitt klassiska motsatsförhållande.

Hur termiskt belastande en dräkt är påverkas av materialet, antalet lager och luftspalterna mellan dessa. Den största minskningen av värmebelastningen erhålls om dräkten ventileras.

Användning av moderna splitterskydd gör att de positiva effekterna av material med högre permeabilitet minskar. Här är en helhetsbild av alla skydd väsentlig.

De **taktiska krav** på skyddsutrustning som formuleras i TTEM, är i många fall höga och täcker in ett stort spann av agens, tid och förhållanden.

De metoder som finns för att verifiera sådana krav är inte specificerade, om de alls existerar. Glappet mellan den vision av skyddet som formuleras i TTEM och det faktiska skydd provning enligt den tekniska specifikationen resulterar i, är avgrundsdjupt. För att komma tillrätta med detta bör antingen den tekniska målsättningen omformuleras till att gälla ett snävare prestandaintervall, eller så måste kompletterande provningsmetoder utvecklas och utrustningen provas enligt dessa.

De **militära standarder** som berör skyddsutrustning är inriktade på C-stridsmedel. Vanligtvis provas kroppsskydd mot senapsgas som är det enda C-agens som standardmässigt provas i Sverige. Filter provas mot similiämnen. Provningsstandarder för B-agens behandlar specifika delar av skyddet. Då inga biologiska ämnen används vid provningar kan standardernas relevans ifrågasättas.

Skyddet vi har idag är provat enligt dagens standarder och kan därför inte sägas klara framtidens krav. De **framtida standarderna** bör omfatta provning mot fler ämnen (industrikemikalier) och mot både B- och C-stridsmedel. Provningsmetoderna måste vara moderna och klara att detektera de låga koncentrationer som kommer att krävas i framtiden.

Forskningen inom skyddsmaterielområdet arbetar med problemställningar som rör materielns anpassning till människan för ökad uthållighet, anpassning till nya krav på arbetsmiljö genom högre skyddsfaktorer och flera ämnen. Med ny teknik kan man både undersöka och utveckla ett bättre B-skydd än tidigare.

Olika förslag på förbättring av skyddsmasktätning har tagits fram. Flera koncept för att mäta och visa livslängden hos filter är under utveckling.

Det drivande kravet i **materielutvecklingen** är balansen mellan skyddsnivå och den belastning skyddet ger. Utvecklingen går hand i hand med materialutvecklingen inom området, men en optimal lösning återstår. Få, stora aktörer inom industrin ger upphov till snarlika utvecklingskoncept.

Saneringsmedel med bättre verkan och högre grad av miljövänlighet tas fram. Av stort intresse är nya tekniker som nanokristallina metalloxider och självstrukturerande system (t.ex. emulsioner).

En väl underbyggd **riskbedömning** är väsentlig inte bara för att kunna bedöma vilken skyddsnivå som behövs, utan även för genomförande av indikering och sanering. För att definiera vid vilka nivåer det finns en exponeringsrisk samt för att kunna göra en relevant riskbedömning, krävs mer detaljerade toxikologiska data för olika ämnen.

Inte bara den fysiska skyddsutrustningen är väsentlig för **helhetsbilden** av skyddet. Utbildning i NBC är av stor vikt för möjligheten att hantera en uppkommen NBC-situation. I slutändan bör inte glömmas att trots skydd måste personerna kunna äta, dricka, kommunicera samt uträtta sina naturbehov.

SKYDDET MÅSTE VARA BALANSERAT - MEN VILKEN BALANS?

Interoperabilitet	< >	Svenska behov
Hög skyddsfaktor	< >	Låg fysiologisk belastning
Svenska krav	< >	Internationella "marknadens" krav

Konsekvenser för ett framtida skydd

Skyddet:

- skall klara $N + B + C$. Det ska även skydda mot fler ämnen och förstörda miljöer
- bör kunna bäras hela tiden (tid + skyddsfaktor)
- skall ha högre skyddsfaktorer, kanske t.o.m. individualiserade. Detta innebär en bättre och känd individuell tillpassning, hög avskiljningsgrad i filter, hög täthet i material, inga öppningar och täta övergångar mellan olika delar i skyddet
- bör ha lägre fysiologisk belastning, utan att operabiliteten påverkas negativt
- bör inkludera individuella dosmätare (N, C, B), "hälsomätare"
- bör vara testat med realistiska, relevanta och internationellt samordnade testmetoder
- skall vara integrerat, modulariserat, flexibelt, utvecklingsbart och interoperabelt
- skall vara utformad enligt internationellt samordnade kravspecifikationer
- skall vid en internationell integration även uppfylla nationella svenska krav (t. ex. vinter).

Förslag på områden som bör ingå i projektet

Arbete under 2004-2007:

- Fortlöpande kontroll av marknaden för att veta var den teknologiska gränsen går.
- Deltagande i internationella samarbeten för att sprida risker och få/dela kompetens, men också för att få möjlighet att införa svenska krav tidigt i processer som kan utmynna i standardiserade komponenter.
 - CB^{plus} - Trilateralt samarbete som syftar till att ta fram en prototypdräkt till år 2008.
 - CEPA – Europeiskt samarbete som syftar till att samordna krav, provningsmetoder och på europeisk basis ena synen på det personliga skyddet.
 - Membraner – Samarbete med DSTL, UK som syftar till att ta fram semi-permeabla membran som potentiellt ska kunna ingå i framtida skyddsdräkter/andningsskydd.
- Utarbeta och utprova metoder för en relevant och detaljerad karaktärisering av material under olika betingelser (B och C, fler substanser, temperaturer, fukthalter, tryck, vindhastighet, nötning, tvättning). Tillämpa metoderna för att bygga upp en kunskapsbank om dagens skyddsmaterial. Som referensmaterial kommer C-stridsdräkt 90/K att användas.
- Konsekvenserna på uthållighet av militärt inriktade arbetsmoment utförda i olika klimatzoner är inte utrett. Effekten av att påföra olika typer av NBC-skydd är inte heller klarlagd. Den datoriserade simuleringsmodellen INSULA kommer att utnyttjas för att beräkna människans termiska belastning vid utvalda, representativa kombinationer av klimat, fysisk aktivitet och personlig utrustning. För en närmare beskrivning av INSULA, se **Bilaga 3**.

Förslag på viktiga framtida arbetsområden

- Skyddsfaktorer med relevans för de uppgifter som är aktuella måste definieras och mätas (effekter av svett, prat, rörelser, arbete mm.).
- Integrering av skydd och övrig utrustning bör studeras i samråd med MARKUS projektet.
- De problem med dagens skyddsmask som är identifierade bör genomarbetas. Dessa innefattar; imbildning, korrektionsglas, svett i skyddsmasken, mer lättanvända filter och förbättrad utformning av tätningen.
- Dagens skyddsmasker och filter bör utvärderas avseende skyddsnivå och effektivitet mot B-agens.
- Existerande emulsioner och andra självstrukturerande system för personsanering bör utvärderas. Fokus bör vara barriär- och destruktionsegenskaper.

Bilaga 1. Sammanställning över tillverkare av skyddsutrustning (skyddsdräkter och skyddsmasker)

Bilaga 1A. Permeabla dräkter.

Bilaga 1B. Impermeabla dräkter.

Bilaga 1C. Skyddsmasker

Data är hämtad från referenserna 116-119, i vissa fall från tillverkares hemsidor samt från ”NBC Products and Services Handbook 2003”.

Bilaga 1A. Permeabla dräkter

Tillverkare	Beskrivning	Uppgifter enligt tillverkare
Seyntex nv. Belgien	Dräkt 2-lager; kolimpregnerat PU-skum	Motstår NBC-attacker >24 h; materialets vikt 400-450 g/m ²
	Underställ 1-lager kolimpregnerat PU-skum	Vikt 120 g/m ²
Statens Konfektion Danmark	Dräkt 3-lager; sfäriskt kol enl. SARATOGA	>6 h resistens mot kemikalier i aerosol, >24 h i vätskeform
Paul Boyé Frankrike	Dräkt: 3-lager; kolimpregnerat PU-skum; flera modeller	>24 h skydd i NBC-miljö; materialets vikt 400-450 g/m ²
	Underställ: 1-lager	>24 h skydd i NBC-miljö; materialets vikt 350 g/m ²
The Protective Clothing Company Ltd. Irland	Dräkt 2-lager; kolimpregnerad textil	
Huajiang Machinery Plant Kina	Dräkt 2-lager; kolimpregnerad textil	6 h resistens mot C som aerosol, ≥20 h i gasfas
Induyco Spanien	Dräkt 2-lager; kolimpregnerat PU-skum	>6 h resistens mot HD som aerosol
Samgong Industrial Company Ltd Sydkorea	Dräkt 2-lager; kolimpregnerat skum	
B.O.I.S.-FILTRY Ltd. Tjeckien	Dräkt 3-lager; Textillager med kolpulver eller sfäriskt kol	>24 h resistens mot HD
BLÜCHER GmbH. Tyskland	Dräkt 1- eller 2-lager; sfäriskt kol SARATOGA; flera modeller även underställ	Uppfyller kraven på US JSLIST; >24 h skydd i en NBC-kontaminerad miljö
Alfred Kärcher GmbH & Co. Tyskland	Dräkt 2-lager; kolimpregnering eller kolfiber; mtrl från Freudenberg; flera modeller även underställ	>24 h resistens mot HD; materialets vikt 400-500 g/m ²
Helsa-Werke Tyskland	Dräkt 2-lager; kolimpregnerat skum eller textil; flera modeller även underställ	Motstår NBC-attack >24 h

Tillverkare	Beskrivning	Uppgifter enligt tillverkare
Texplorerer GmbH Tyskland	Dräkt 2-lager; semipermeabelt membran	
Freudenberg (Bondina) UK	Anti-gas mtrl m sfäriskt kol; jmfr Kärcher	
Charcoal Cloth Ltd UK	Anti-gas mtrl m kolfiber	
Lantor Ltd UK	Anti-gas mtrl m kolimpregnerad textil	
Remploy Ltd mfl. UK	Dräkt 2-lager; kolimpregnerad non-woven; även underställ	>24 h skydd i NBC-miljö
Tex-Shield Inc USA	Jmfr Blücher	
Gentex Corp. USA	Dräkt 2-lager; sfäriskt kol; även underställ	Dräkt uppfyller NATO-standard, underställ uppfyller kraven på US JSLIST
LANX Fabric Systems USA	Dräkt 2-lager; kolimpregnerad polymer; även underställ	underställ uppfyller kraven på US JSLIST

Bilaga 1B. Impermeabla dräkter

Tillverkare	Beskrivning	Uppgifter enligt tillverkare
Kintex Bulgarien	Lättviktsdräkt; butylgummi på polyester	3 h resistenstid
National Organisation for Military Production Egypten	Saneringsdräkt; gummi- impregnering – isobutylene- isopren	
Bachmann SA Frankrike	Skyddsdräkt; butylgummi	Saneringsbar
	Vätskeskydd	Engångs
Paul Boyé Frankrike	Lättviktsdräkt; belagd non- woven	24 h resistens mot C, 8 h resistens mot sanerings- medel; saneringsbar; 120 g/m ²
Chemoplast Ltd. Israel	Vätskeskydd; 3-lager la- minat PE-PA-PE	Engångs
Supergum Ltd. Israel	Vätskeskydd; 5-lager med barriärfilm	6 h resistens mot C; en- gångs
Irvin Aerospace SpA Italien	Skyddsdräkt; butylgummi- impregnerat nylon	6 h resistens mot C
Guilin Rubber Products Factory Kina	Saneringsdräkt; butyl- gummi	130 min resistens mot HD vid +36°C
DuPont Engineering Products SARL Luxemburg	Skyddsmaterial Tyvek av polymer	
	Tyvek "C"; polymerbe- lagd Tyvek	81 g/m ² ; engångs
	Tyvek "F"; Tyvek med barriärfilm och polymerbe- läggning	8 h resistens mot C; 118 g/m ² ; engångs
	Tyvek "TK", Tyvek med barriärfilm på bägge sidor	24 h resistens mot C; 331 g/m ² ; engångs
Slavyanskaya Clothes Factory Ryssland	Lättviktsdräkt; butylgum- miimpregnerad bomull	
ISCO Schweiz	Skyddsmaterial laminat PVC/barriärfilm	24 h resistens mot HD; 265 g/m ²
PAVAG AG Schweiz	Skyddsmaterial laminat ROLAMIT	24h resistens mot NBC
New Pac Safety AB Sverige	Vätskeskydd; 5-lager PE/PA	10 h resistens mot C; en- gångs
	Vätskeskydd; HMW LLD- PE	Engångs
	Lättviktsdräkt; flera lager PE/PA	12 h resistens mot HD; engångs
Alfred Kärcher GmbH & Co. Tyskland	Skyddsdräkt; butylgummi- impregnerat polyester	
	Saneringsdräkt; Tyvek "F"	8 h resistens mot TIC; 106 g/m ²

Tillverkare	Beskrivning	Uppgifter enligt tillverkare
Respirex International Ltd. UK	Skyddsdräkt; Tyvek "TK"	se DuPont
	Saneringsdräkt; Tyvek "F"	se DuPont
Remploy Ltd. UK	Saneringsdräkt; Tyvek "F"	se DuPont
	Vätskeskydd; Tyvek "C"	se DuPont
Kappler Inc. USA	Skyddsdräkt; Zytron (Tyvekliknande mtrl)	80 h resistenstid; 288 g/m ² ; engångs
GEOMET Technologies, LLC USA	Skyddsdräkt; Tychem "LV" laminat barriär- film/PP	
	Lättviktsdräkt; Tychem "LV" laminat barriär- film/PP	
Goetzloff GmbH Österrike	Lättviktsdräkt; ROLAMIT	Se PAVAG
J Blaschke Wehrtechnik GmbH Österrike	Skyddsdräkt i två versio- ner; gummiimpregnerat tyg resp. högresistent ma- terial	>8 h resp. >100 h resistens mot C; 520 g/m ²
Protechnik Laboratories Sydafrika	Saneringsdräkt; Tyvek F	Se Dupont

Bilaga 1C. Skyddsmask

Tillverkare	Beskrivning	Uppgifter enligt tillverkare
Engicom Systems SA NV. Belgien	BEM 4GP: Passar 86 % av användare (manliga och kvinnliga)	Synpanel panorama Centrumfilter Talmembran ”Sugrör”
Irvin Aerospace Canada Ltd. Canada	C4: NATO-std; vikt 705g med filter; brombutylgummi (innermask silikon) Passar 94 % av användare	Synpanel ögon Sidmonterat filter Röstemitter Drickslang
Kemira Safety Oy Finland	M-95; NATO-std; vikt 720g med filter; halobutylgummi (innermask silikon)	Synpanel ögon Sidmonterat filter Talmembran Drickanordning
Giat Industries Frankrike	ARFA; NATO-std; vikt 675-720g med filter; polyuretan	Synpanel panorama Centrumfilter Rösttransmitter Drickslang
BIANA SA Grekland	COBRA; NATO-std; halobutylgummi	Synpanel ögon Centrumfilter Röstemitter Drickanordning
SHALON-Chemical Industries Ltd. Israel	15A1T	Synpanel ögon Centrumfilter Röstemitter, sidmonterat talmembran Drickanordning
Irvin Aerospace SpA Italien	M90; 540 g utan filter; brombutylgummi	Synpanel ögon Centrumfilter Talmembran Drickanordning
Plant KINAP JSC Ryssland	PMK; 950g	Synpanel ögon Sidmonterat filter Röstemitter Drickanordning
Huber + Suhner AG Schweiz	SM90; brombutylgummi	Synpanel ögon Sidmonterat filter Röstemitter Drickanordning
Forsheda Industrial Polymer AB Sverige	Mask 90 (F2); 440g utan filter; brombutylgummi; passar 95 % av användare	Synpanel ögon Sidmonterat filter Talhörn Drickslang
Gumárny Zubri Tjeckien	OM-90; 480g utan filter	Synpanel ögon Sidmonterat filter Talmembran Drickslang
Respirátor Rt. Ungern	93 M (baserad på ARFA, se Giat) NATO-std	Synpanel panorama Centrumfilter Rösttransmitter

Tillverkare	Beskrivning	Uppgifter enligt tillverkare
		Drickslang
Avon Technical Products UK	FM12	Synpanel ögon Sidmonterat filter Röstemitter Drickanordning
	XM 50	Under utveckling som JSGPM
ILC Dover Inc./ MSA De- fense Products USA	M40; gummi/silikon	Synpanel ögon Sidmonterat filter Röstemitter Drickanordning
Dräger Safety AG MSA AUER GmbH	NBC Mask 2000; passar 98 % av användare	Synpanel ögon Vridbart centrumfilter Talmembran Drickanordning

Bilaga 2. CB^{plus}

Målet med projektet är att utveckla ett funktionellt fältuniformssystem (i form av en demonstrator) som ger soldaten ett relevant helkroppsskydd mot toxiska kemikalier och B-agens under operativa förhållanden. Projektet kan delas in i fyra delar som var och en beskrivs nedan.

Sveriges (FOI NBC-skydds) bidrag utgörs av att med hjälp av MultiVariat DataAnalys välja ut en handfull representativa toxiska industrikemikalier. Dessa kommer att användas för provning av materialen. Vi kommer att utvärdera permeationstester av ett stort antal tidigare provade material och försöka identifiera parametrar som är viktiga för permeation genom material, vilket är relevant vid val av de olika material som kommer att ingå i dräkten. En jämförelse mellan provning av helt skyddssystem på människa och mannekäng kommer att utföras och eventuella skillnader att identifieras. Vi kommer även att delta i utvärderingen av det slutliga uniformskonceptet.

1. Nya materialsystem

Minst tre multipla (2 eller 3 lager) materialsystem med olika egenskaper, Fig 1, kommer att utvecklas/utvärderas. De kommer att provas mot kemiska och biologiska agens, samt toxiska industrikemikalier (TICs). Vissa ämnen i gasfas med olika vindhastighet, koncentration och temperatur, andra i vätskefas där provning sker med eller utan pålagt tryck. Även ämnen i aerosolform med olika partikelstorlek och vindhastighet kommer att provas. Vikt, luftpermeabilitet, transmissionshastighet för vattenånga samt termisk resistans är andra parametrar som kommer att undersökas.

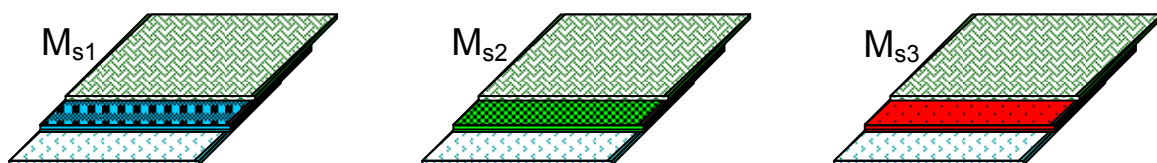
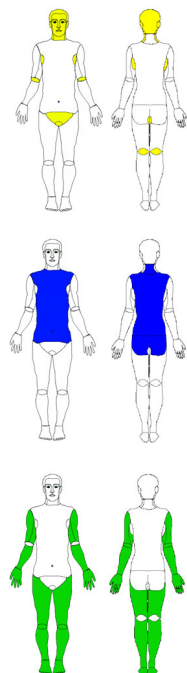


Fig. 1. Exempel på multipla materialsystem.

2. Optimering av skyddet, olika skyddsnivåer för olika delar av kroppen

Skyddet skall utgöra ett balanserat helkroppsskydd. Det tar hänsyn till regionala variationer i hudens känslighet för upptag av kemiska ämnen, samt att det tar hänsyn till i vilken form agens är som olika delar av kroppen utsätts för. Förslaget är att dela in kroppen i områden med tre olika nivåer av känslighet enligt Fig. 2, där mycket känsliga områden är markerade med gult, moderat känsliga områden med blått och mindre känsliga områden med grönt.



Anatomisk region	Hudens känslighet för kemisk permeation
Huvud	Hög
Hals	Hög
Armhåla	Hög
Armveck	Hög
Skrev/Könsorgan	Hög
Baksida knä	Hög
Bål	Moderat
Rygg	Moderat
Händer	Moderat
Ända	Moderat
Fötter	Moderat
Armar	Låg
Lår	Låg
Smalben/Vader	Låg

Fig. 2. Människokroppen indelad i tre känslighetsnivåer.

3. Utveckling/utvärdering av bättre tätningar mot skor, handskar, skyddsmask m.m.

Nya gas- och vätskesäkra tätningar ska tas fram, samt nya teknologier som utvecklats för andra ändamål, t.ex. torrdräkter, marina kläder och sportkläder, skall undersökas.



Fig. 3. Exempel på tätningar hos dagens utrustning.

4. Demonstrering och validering av CB^{plus} dräktens förmåga till helkroppsskydd mot ett brett spektrum av kemiska och biologiska ämnen i olika exponeringsscenarios och miljöer

En prototypdräkt för provning skall tillverkas där de olika skyddsmaterialen och tätningarna integreras till ett system. Därefter valideras dräkten genom provning av hela systemets skyddsegenskaper, fysiologiska egenskaper och funktionalitet på mannekäng/frivilliga i exponeringskammare, Fig. 4. Exponeringskammaren har kontrollerad temperatur, fukthalt, vind, koncentration m.m.

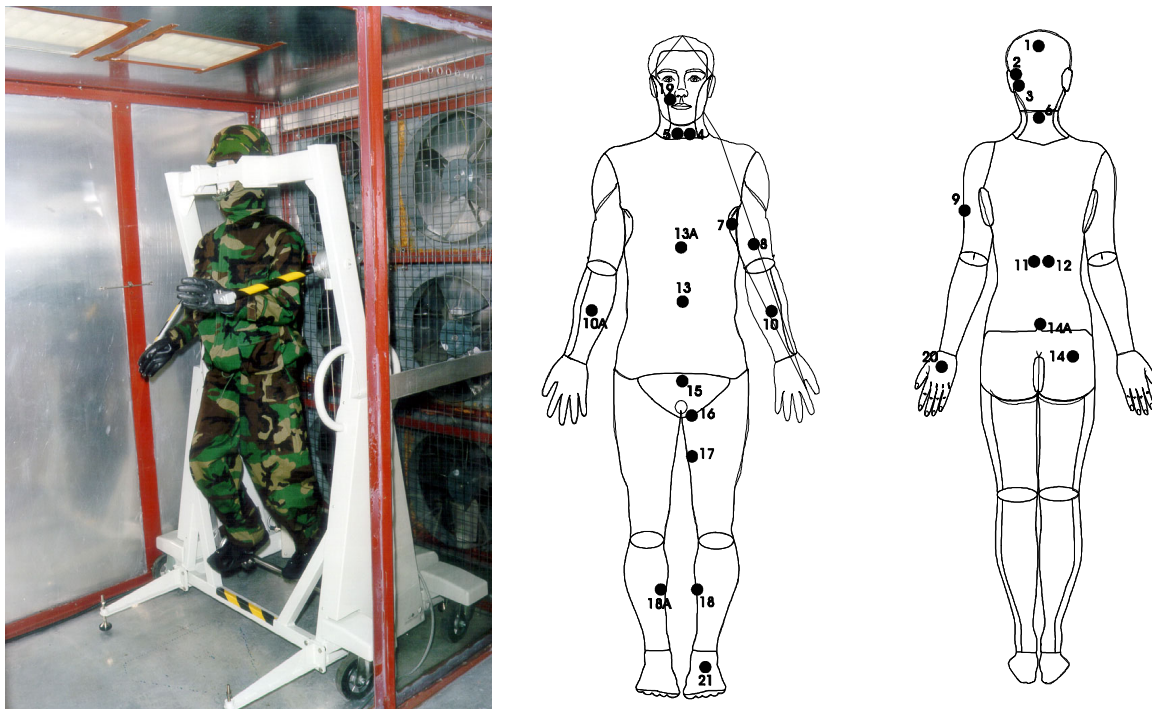


Fig. 4. a) Provning av helt system, rörlig provdocka i exponeringskammare. b) Exempel på mätpunkter på provdocka/människa.

Systemets skyddsegenskaperna provas på både provdocka och människa med vätska, gas och aerosoler vid varierande temperatur, koncentration, luftfuktighet, aktivitet, vindhastighet, och partikelstorlek samt i kombination med övrig utrustning.

Fysiologiska egenskaper som funktionalitet och termisk belastning hos systemet provas med både provdocka och människa.

Bilaga 3. Beskrivning av INSULA

En datoriserad simuleringsmodell, INSULA¹²⁰, har utvecklats för beräkning av människans termiska belastning vid godtyckliga kombinationer av klimat, fysisk aktivitet och personlig utrustning. INSULA består av tre delar; en fysiologisk, en beklädnadsfysikalisk och en klimatmodell. En händelse kan sättas samman ur godtyckliga kombinationer av aktiviteter och klimattyper. För varje delhändelse kan beklädnaden varieras genom att addera eller ta av plagg.

Människan beskrivs med grundvärdena kön, ålder, vikt, längd och fysisk träningsgrad alternativ maximal syreupptagningsförmåga. Kroppen utgörs av kärna och yta där ytan består av 13 delar, från fot till hjässa. Kärn(rektal)temperatur, hudtemperatur, värmeinnehåll, hudblodflöde, huttring, svettningensintensitet, ackumulerad vätskeförlust, vätning av kläderna, fraktion våt hudyta, termisk komfort och hjärtfrekvens beräknas. Kroppens effekt(värme)utveckling tas ur en aktivitetslista eller så kan den anges med siffervärde. Vid fot-/skidmarsch anges förflyttningshastighet, underlagets beskaffenhet (terrängtyp/skidspårets hårdhet), terrängens lutning och bördans vikt. Om skidpulka dras, anges dess vikt. Vid fotmarsch i snö ingår nedsjunkningsdjupet.

Den beklädnadsfysikaliska modellen möjliggör beräkning av termisk isolation och vattenångmotstånd hos beklädnader i flera lager. De flesta plagg som nyttjas av FM ingår i en garderob som dessutom täcker ett stort antal civila klädestyper. Ett plagg beskrivs med materialtjocklek och vilka av de 13 kroppsytorna det täcker samt passform ("tight", "loose" eller "very loose"). Plaggmaterialet kan vara permeabelt, impermeabelt eller semipermeabelt (två nivåer). Beklädnaden kan ventileras via fysisk aktivitet (bål och/eller armar och/eller ben) samt m.h.a extern apparatur (mikroklimatkonditionering). Konditioneringen kan göras med olika luftomsättningar och intemperatur/fukthalt samt styras till hela kroppen eller kroppen utan huvud. Inverkan av vind och marschhastighet på plaggens egenskaper beräknas. Plaggens yttemperatur (termiska IR-signatur) kan även bestämmas för varje ytdel separat.

Klimatmodellen utgår från temperatur- och luftfuktighetsdata vid ett stort antal orter fördelade över samtliga världsdelar (ej Antarktis). Longitud och latitud bestämmer automatiskt den dagliga och årstidsbundna variationen i temperatur, luftfuktighet och solinstrålning. Dessa parametrar kan även anges manuellt. Vind, grad av molnighet och underlagets reflexionsegenskaper anges manuellt.

En nästan komplett version av INSULA kan användas via Internet, varvid de olika valen sker i ett kalkylark som skickas per e-mejl till INSULA-datorn. Resultatet redovisas i grafisk form samt med en risk-/förmågetabell.

¹²⁰ INSULA, ett generellt simuleringsprogram för beräkning av soldatens termofysiologiska belastning. Effekter av aktivitet, beklädnad och klimat. Ulf Danielsson. FOI-R--1052—SE, Jan 2004.