

Nytt personsaneringsmedel

En litteraturstudie

Ola Claesson och Sven-Åke Persson

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

NBC-skydd
901 82 Umeå

FOI-R--1212--SE

April 2004

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Nytt personsaneringsmedel

En litteraturstudie

Ola Claesson och Sven-Åke Persson

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI NBC-skydd 901 82 Umeå	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1212—SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 3. Skydd mot NBC och andra farliga ämnen	
	Månad, år April 2004	Projektnummer A4511, E46049
	Verksamhetsgren 2. NBC-skyddsforskning	
	Delområde 32. B- och C-forskning	
Författare/redaktör Ola Claesson Sven-Åke Persson	Projektledare Ola Claesson	
	Godkänd av Åke Sellström	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FM, FMV	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Sven-Åke Persson	
Rapportens titel Nytt personsaneringsmedel En litteraturstudie		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>Det nuvarande svenska personsaneringsmedlet PS 104 (klorkalk och magnesiumoxid) är hudirriterande och kan vid långvarig hudkontakt även vara korrosivt. Kontakt med ögon, slemhinnor och öppna sår skall undvikas. PS 104 kan skapa tekniska problem och miljöproblem genom att damma och avge klor. Ett bättre personsaneringsmedel vore önskvärt. I denna översikt över personsaneringsmedel och barriärkrämer har vi försökt finna ett för huden skonsamt, miljövänligt och lagringsbart personsaneringsmedel som är effektivt mot kemiska stridsmedel, giftiga riskkemikalier och biologiska agens. Det bör kunna användas för sårsanering och vid varierande temperaturförhållanden samt ha ett lågt pris.</p> <p>Det pågår en lovande, internationell utveckling av barriärkrämer. För närvarande är sakunderlaget inte tillräckligt för en bedömning och rekommendation.</p> <p>RSDL[®] uppfyller de flesta kraven, dessvärre är det dyrt. Det sanerar nervgaser bra, men i likhet med andra personsaneringsmedel, senapsgas betydligt sämre. Bättre kunskap om RSDL[®]'s saneringsförmåga i kyla och mot biologiska agens är önskvärd. RSDL[®] har låg giftighet, men dess effekter vid sårsanering bör undersökas. RSDL[®] verkar vara bästa alternativet bland tillgängliga saneringsmedel. PS 104 är dock lämpligt som personsaneringsmedel på intakt hud (ej ansiktet) och vid sanering av beklädda kroppsdelar. PS 104 kan användas parallellt med RSDL[®] om substansernas användningsområden definieras.</p>		
Nyckelord Personsaneringsmedel, barriärkräm, PS 104, RSDL [®] , intakt hud, sårsanering		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 26	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency NBC Defence SE-901 82 Umeå	Report number, ISRN FOI-R--1212--SE	Report type User report
	Programme Areas 3. NBC Defence and other hazardous substances	
	Month year April 2004	Project no. A4511, E46049
	General Research Areas 2. NBC Defence Research	
	Subcategories 32. Biological and Chemical Defence Research	
Author/s (editor/s) Ola Claesson Sven-Åke Persson	Project manager Ola Claesson	
	Approved by Åke Sellström	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces, Swedish Defence Materiel Administration	
	Scientifically and technically responsible Sven-Åke Persson	
Report title (In translation) A new agent for personal decontamination A literature study		
Abstract (not more than 200 words) <p>PS 104 (chlorinated lime and magnesium oxide) is used for personal decontamination in Sweden. Since it is irritating and potentially corrosive to the skin, it must not be used on eyes, mucous membranes and open wounds. PS 104 can also produce technical and environmental problems by being dusty and releasing chlorine. Thus, PS 104 should be replaced with a product with more favourable properties. The scope of this overview of personal decontaminating agents and barrier creams is to find a candidate that effectively decontaminates chemical warfare agents, toxic risk chemicals and biological agents without harming the skin or the environment. It should be useful for decontamination of open wounds, effectively decontaminate at low and high temperatures, be storable for long periods of time and, finally, be inexpensive. At present there is a promising, international development within the field of barrier creams, but yet no factual support for evaluation and recommendation of these products. RSDL[®] fulfils most requirements but unfortunately it is expensive. It effectively decontaminates nerve agents. It is, however, as are other products used for personal decontamination, much less effective against sulphur mustard. Further knowledge about its decontamination capacity at low temperature and against biological agents is desired. Its effects in wound decontamination have to be examined. RSDL[®] appears to be the best choice among the decontamination products available. As PS 104 can be used to decontaminate intact naked skin, except the face, and clothed parts of the body, it could complement RSDL[®]. If so, the respective areas of use should be defined.</p>		
Keywords Personal decontamination agent, barrier cream, PS 104, RSDL [®] , intact skin, wound decontamination		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages: 26	
	Price acc. to pricelist.	

Innehållsförteckning

Sammanfattning	6
Introduktion	8
Målsättning.....	8
Historik, tidigare rapporter m.m.	8
Vilka krav kan ställas på ett personsaneringsmedel?	10
Aktuella kandidater som personsaneringsmedel	11
Bentonit, Fuller´s Earth (FE), The Decontamination Kit, Personal No.1 MK.1	11
Klorkalk, personsaneringsmedel 104 (PS 104), Dutch Powder, HuidOntmettingsPoeder (HOP).....	11
The Decontaminating Kit Skin M291, Ambergard XE-555™ decontaminant resin.	12
The Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL®).....	13
Bakgrund.....	13
Sammansättning av RSDL®	13
RSDL®-produkter.....	14
Hur effektivt är RSDL®?.....	14
Interaktion mellan agens och RSDL®	15
Toxicitet.....	16
SNL Decon Formulation	17
Bakgrund.....	17
Sammansättning.....	17
Hur effektivt är SNL decontamination lotion?	18
Interaktion med andra ämnen	18
Toxicitet.....	18
Miljöeffekter	19
Diphoterine® och Hexafluorine®	19
Jämförande studier (RSDL®, Dutch Powder, M291 och MK.1)	20
Ny utveckling inom personsaneringsområdet - barriärkrämer och andra produkter, som förstärker hudens skydd mot penetration av skadliga kemikalier	22
IB1	22
Utveckling av en ny amerikansk barriärkräm som ett skydd mot kemiska stridsmedel.....	23
Rekommendationer	24
Referenser	25

Sammanfattning

Vid sanering efter exponering för vätskeformiga kemikalier är avklädning följt av intvålning och duschning sannolikt de vanligaste saneringsåtgärderna. Tvål och vatten är vanligtvis lättillgängliga. För vissa ämnen som exempelvis kemiska stridsmedel (C-stridsmedel) och vätefluorid kan särskilda personsaneringsmedel vara av värde.

Totalförsvarets nuvarande personsaneringsmedel, PS 104, består av kalciumhypoklorit och magnesiumoxid. Det adsorberar C-stridsmedel, och tack vare sitt klorinnehåll förstör dem genom oxidation. PS 104 är effektivt mot nervgaser och lewisit men har sämre effekt mot senapsgas. Det irriterar ögon, hud och slemhinnor. Kontakt med ögon skall undvikas. Därför blir sanering kring skyddsmask och ansiktshud, om inte omöjlig, så i varje fall svår att genomföra. I de fall där möjligheter till avsköljning med vatten inte finns i närheten, måste den sanerade personen transporteras till en saneringsplats där vatten finns. Den sanerade kan då exponeras för personsaneringsmedlet i flera timmar, vilket kan ge hudskador. PS 104 skall inte användas för sanering i öppna sår. Skyddsmask bör användas vid all sanering och i synnerhet vid sanering med PS 104, eftersom medlet dammar och kan irritera ögon och luftvägar. Damningen kan ge problem för instrument och utrustning.

The Decontaminating Kit Skin M291 (Ambergard XE-555TM decontaminant resin) adsorberar C-stridsmedel och neutraliserar dem genom sura och basiska grupper bundna till jonbytare.

Fuller's Earth (FE) (Bentonit, The Decontamination Kit Personal No.1 MK.1) adsorberar C-stridsmedel utan att förstöra dem.

Dessa medel är också i pulverform och kan, som PS 104, ge problem på grund av damning. De är inte så irriterande men bör inte användas direkt i öppna sår. Teoretiskt är det även möjligt att agens bundet till dammpartiklar kan frigöras och orsaka skada.

SNL Decon Formulation har nämnts som en potentiell kandidat för ett personsaneringsmedel. Det har en del intressanta egenskaper, framförallt vid sanering av B-agens. Medlet marknadsförs ej som personsaneringsmedel, och det är tveksamt om det i nuvarande form kan användas som ett sådant.

Diphoterine[®] och Hexafluorine[®] hävdas vara effektiva som personsaneringsmedel, speciellt mot skadliga kemikalier. Dock är saneringseffekterna så bristfälligt dokumenterade att medlen inte kan rekommenderas för personsanering.

RSDL[®] utvecklades under 1970-talet av kanadensiska forskare för att kunna användas både som barriärkräm före och som personsaneringsmedel efter exponering. RSDL[®] är licensierat till O'Dell Eengineering Ltd. i Cambridge, Ontario, Kanada. Det används i Kanada och i flera andra länder, exempelvis Nederländerna, USA och Australien. RSDL[®] är ett effektivt men skonsamt personsaneringsmedel. Principiellt består det av nukleofila ämnen, komplexbildare (makrocycliska etrar), oxim och lösningsmedel. RSDL[®] reagerar mycket snabbt med lewisit och de flesta nervgaserna, något långsammare med VX men relativt långsamt med svavelsenapsgas. RSDL[®] och reaktionsprodukterna mellan agens och RSDL[®] har låg toxicitet, dammar inte och är inte irriterande. RSDL[®] är inte mutagent eller cancerogent. Medlet är sannolikt effektivt vid låga temperaturer och kan troligen användas vid sanering av skadade med både trauma och kemisk skada. RSDL[®] påverkar inte utrustning eller materiel, och dess saneringsförmåga minskar inte vid

samtidig användning av insektsmedel, solskyddsmedel, maskeringsfärg eller skyddsspray.

Medlet är användarvänligt. Emellertid blir kostnaderna för RSDL[®] högre än för PS 104. Efter jämförande studier mellan fyra olika personsaneringsmedel utförda i Nederländerna bedömdes RSDL[®] vara det främsta. Överlägsenheten var dock inte stor, och RSDL[®] har liksom övriga medel en sämre förmåga att sanera senapsgas. Uppgifter om saneringseffektivitet för andra giftiga kemikalier än C-agens och för biologiska agens saknas i stor utsträckning för alla saneringsmedel utom för PS 104 och SNL decontamination lotion. Det är angeläget att särskilt RSDL[®]'s effektivitet mot sådana kemikalier och agens undersöks.

Kunskapen avseende effekterna vid sanering av öppna sår, kontaminerade med exempelvis kemiska stridsmedel, är bristfällig och motiverar studier i en experimentell modell på sövda djur. I sådana studier bör även RSDL[®]'s effekter undersökas.

På grundval av den kunskap vi har för närvarande anser vi att RSDL[®] är det bästa alternativet bland tillgängliga saneringsmedel på den internationella marknaden. Samtidigt är PS 104 lämpligt som personsaneringsmedel på intakt hud (utom ansiktet) och vid sanering av beklädda kroppsdelar. Det kan vara lämpligt att använda PS 104 parallellt med RSDL[®]. I så fall bör substansernas användningsområden definieras.

Barriärkrämer är visserligen inga personsaneringsmedel, men kan vara ett effektivt komplement till kroppsskyddet. Utvecklingen av barriärkrämer verkar lovande och intressant, men vi anser oss idag inte ha ett tillräckligt underlag för att kunna ta ställning till dessas eventuella värde.

Introduktion

Målsättning

Målsättningen med denna rapport är att med utgångspunkt från bedömning av produkter som finns tillgängliga på marknaden, ge underlag för anskaffning av ett nytt personsaneringsmedel.

Bedömningen bygger framförallt på publicerad information om de olika medlen, och inte på egna undersökningar. I detta sammanhang kan noteras att informationsmängden för de olika behandlade saneringsmedlen varierar beroende på omfattningen i det utvecklingsarbete som bedrivits. Detta återspeglas i längden av avsnitten för respektive medel.

Ett personsaneringsmedel skall vara effektivt mot ett stort antal kemiska ämnen, och det bör helst även vara verksamt mot biologiska och nukleära ämnen. Det skall vidare vara skonsamt mot ögon och hud, kunna användas i öppna sår, vara lätt att använda - även vid vinterförhållanden - samt vara billigt.

Tonvikten i bedömningen i denna rapport läggs på jämförelse mellan det personsaneringsmedel som används i Sverige idag, PS 104, och på marknaden förekommande potentiella framtida ersättare. Vi har också försökt identifiera brister hos aktuella personsaneringsmedel som exempelvis sämre saneringsförmåga mot vissa biologiska och kemiska agens. Det finns även kunskapsluckor, som bör fyllas genom utveckling och forskning. Bland dessa luckor kan nämnas saneringsförmåga under vinterförhållanden samt användbarhet i samband med sanering kring och i öppna sår.

I en annan typ skyddssystem bildar komponenterna en barriär i form av en kräm eller salva. De är alltså inga personsaneringsmedel. I Sverige har barriärkrämer hittills inte diskuterats i någon större omfattning. Då emellertid en barriärkräm eller barriärsalva kan vara ett bra komplement till kroppsskydd, och då det i dagsläget bedrivs aktuell utveckling av dylika medel på olika håll i världen, har en diskussion om dessa inkluderats i rapporten.

Med denna rapport görs inga anspråk på att fullständigt ha täckt alla aspekter på personsanering.

Historik, tidigare rapporter m.m.

Tvättning med tvål och vatten är den saneringsmetod som de flesta personer kommer att ha tillgång till och använda sig av. Det finns även ett stort antal andra hushållsprodukter vilka i princip kan användas som personsaneringsmedel. Exempel på detta är sand, kattsand, mjöl, olivolja, tvättmedel, rengöringsmedel med flera [1]. Dessa produkter är lättillgängliga, enkla att använda, relativt ogiftiga, absorberar och adsorberar kemikalier dock utan att effektivt förstöra dem. Då saneringseffektiviteten är dålig, i synnerhet vid exponering för kemiska stridsmedel, måste de ses som nödlösningar, att använda när inget effektivare saneringsmedel finns att tillgå. Sedan 1700-talet har klorkalk använts som desinfektionsmedel. Klorkalk är en hanterbar källa för den oxiderande och desinficerande klore.

Klorkalk (kalciumhypoklorit) med tillsats av magnesiumoxid har under femtio års tid använts som personsaneringsmedel inom Försvarmakten (FM). Den senaste versionen benämns PS 104. I andra länder, dock inte i Nederländerna, benämns det Dutch Powder. PS 104 absorberar och förstör senapsgaser och nervgaser. Dessvärre är det ett starkt basiskt puder (pH 10-11), som kraftigt irriterar hud och ögon. Detta försvårar eller rent av omöjliggör sanering av ansiktet p.g.a. risk för ögonskador. På grund av sin vävnadsskadande effekt är det också olämpligt att använda i kontaminerade öppna sår, i synnerhet vid öppna bukskador.

PS 104 används i pulverform och kan orsaka dammproblem samt påverka funktionen av instrument och vapen. Ett effektivt, hud- och sårvänligt alternativ till PS 104 vore därför önskvärt. Det kan också finnas behov av personsaneringsmedel som är specifika för vissa kemikalier i vätskeform. Ett exempel på en sådan kemikalie är vätefluorid, som visserligen är en gas, men som oftast hanteras i 70-80 procentiga vattenlösningar.

Vilka krav kan ställas på ett personsaneringsmedel?

De kemiska ämnen som ingår i ett personsaneringsmedel skall vara lämpade för personsanering. De ingående komponenterna bör ha goda saneringsegenskaper parade med låg giftighet.

Ett personsaneringsmedel bör uppfylla följande krav:

1. Det skall kunna oskadliggöra kemiska stridsmedel (C-stridsmedel). Enbart adsorption (bindning) av C-stridsmedel till saneringsmedlet är otillräcklig, eftersom C-stridsmedlen har för hög toxicitet eller andra skadliga egenskaper (mutagena, cancerogena). Detta gör att närvaro av rester av aktiv substans inte kan accepteras. I praktiken är det svårt att kontrollera hur mycket bundet C-stridsmedel som frigörs från saneringsmedlet. Det är inte heller klart vilka mängder av C-agens som utgör acceptabla exponeringsnivåer. Några hygieniska gränsvärden för C-stridsmedel har ännu inte etablerats i vårt land.
2. Det bör kunna oskadliggöra andra giftiga kemikalier än C-agens, vilka vid exponering ger upphov till saneringsbehov. Som exempel kan nämnas vätefluorid.
3. Det bör vara verksamt mot biologiska agens (B-agens) och om möjligt även mot radiakkontaminering. Förmåga att sanera sporbildande B-agens, exempelvis *Bacillus anthracis* (Antraxbakterien) är särskilt värdefullt.
4. Saneringseffekten bör vara momentan, på minutnivå eller snabbare.
5. Personsaneringsmedel och nedbrytningsprodukter skall ha låg toxicitet och inte ge hud- och/eller slemhinneirritation eller några andra skadliga effekter. Stänk i ögon skall inte ge några skador.
6. Medlet ska kunna användas i öppna sår.
7. Personsaneringsmedel och nedbrytningsprodukter skall inte ge någon skadlig miljöpåverkan.
8. Personsaneringsmedel och nedbrytningsprodukter skall inte påverka skyddsutrustning, indikeringsutrustning, transportfordon eller vapen
9. Det skall vara lätt att använda och helst bara bestå av en komponent, t.ex. en våtservett.
10. Det skall kunna användas och sanera effektivt i olika klimat, även vid sträng kyla respektive hög värme.
11. Det skall kunna användas på ett effektivt sätt utan att ge skadliga effekter under förhållanden där vatten saknas eller är en bristvara.
12. Det skall ha låg vikt och inte vara skrymmande.
13. Saneringsmedlet bör kunna lagras i minst fem år – helst längre. Det skall tåla transport under låg temperatur (-30 till -40°C) och hög temperatur.
14. Det skall ha en låg kostnad.

Aktuella kandidater som personsaneringsmedel

Bentonit, Fuller's Earth (FE), The Decontamination Kit, Personal No.1 MK.1

Detta medel består av ett lermineral jämte kolloidal kiselsyra. Bentonit kan i pulverform pudras på exponerat hudområde. Mera praktiskt kan vara att, som i MK.1, ha medlet i bundet i en liten kudde, som lätt klappas mot exponerat område [2]. Bentonit adsorberar kemiska ämnen utan att nämnvärt förstöra dem. Ospezifika fysikaliska och kemiska mekanismer ligger bakom denna adsorption. Detta skulle kunna vara en risk vid hudsanering efter exponering för högtoxiska ämnen, eftersom det åtminstone vid vissa förhållanden är tänkbart att agens bundet till saneringsmedlet kan frigöras och kontaminera omgivningen. Bentonit kan irritera hud, slemhinnor och ögon, men är betydligt mindre irriterande än klorkalk. Det är dock tveksamt om bentonit kan rekommenderas vid sanering av öppna sår. Partiklarna skulle kunna ge irritation och stimulera till bindvävsbildning, vilket skulle kunna vara särskilt besvärligt vid sanering av öppna bukskador. En kanske ovanlig, men besvärlig situation kan uppstå, om partiklar med C-stridsmedel (exempelvis senapsgas) adsorberat till partiklar har en sådan storlek att de kan andas in. Senapsgas adsorberat till partiklar av storleksordningen 1-2 µm skulle kunna ge skadliga effekter djupt ner i lungorna. Lungskador torde enbart kunna drabba dem som inte bär skyddsmask som exempelvis civila skadade. I den situation, där personsanering sker torde de flesta bära skyddsmask och därmed vara skyddade mot exponering via andningsorganen. Bentonitdamm kan försämra sikten genom skyddsmaskglasen och ge funktionsproblem för utrustning och fordon. Fukt försämrar bentonits saneringsförmåga.

Klorkalk, personsaneringsmedel 104 (PS 104), Dutch Powder, HuidOntmettingsPoeder (HOP)

Med klorkalk avses de föreningar, vilka uppstår under inverkan av klorgas på kalciumhydroxid. Den verksamma komponenten är kalciumhypoklorit, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. $\text{Ca}(\text{Cl})(\text{ClO})$ och $\text{Ca}(\text{Cl})_2$ bildas inte, däremot förekommer rester av kalciumhydroxid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [3]. I personsaneringsmedlet finns även viss mängd magnesiumoxid, MgO , för att förbättra saneringsmedlets pudregenskaper och tjänstgöra som torkmedel. Klorkalk är ett vitt, klorkluktande pulver med dålig vattenlöslighet. En uppslamning av klorkalk i vatten kan innehålla upp till 20 % aktivt klor. Klorkalk är inte stabilt. Även under goda lagringsbetingelser (torrt, mörkt, svalt) finns inte mycket aktivt klor kvar efter två års lagring, och medlet är därmed inte längre verksamt vid sanering. Om klorkalken utsätts för ljus, fukt och hög temperatur kan den förlora sin aktivitet efter mycket kortare tid. Förvaring vid 22,5°C kan på två månader minska aktiviteten med 30-40 % [4]. Klorkalken i PS 104 kan förväntas behålla sin aktivitet under flera år, om personsaneringsmedlet finns i sin oöppnade originalplastförpackning. Klorkalk inte bara adsorberar kemikalier, nervgas och senapsgas, det har även fördelen att förstöra dem genom oxidation.

Sedan 1700-talet har klorkalk använts som desinfektionsmedel. I en rapport [5] sägs en 0,1-5 procentig lösning av klor ha god effekt mot vegetativa bakterier, virus och rickettsier, men däremot tveksam effekt mot sporer vid ytsanering. Det bör noteras att de nödvändiga kontakttiderna mellan biologiska agens och saneringsmedel för en

effektiv sanering är 2-4 timmar för sporer, 5-60 minuter för virus samt 2-10 minuter för vegetativa bakterier och rickettsier [5]. Någon ytterligare kvantifiering av effekterna ges inte. Däremot sägs att "de i fält förekommande klorkalk och likartade saneringsmedel har uppslammade i vatten god effekt vid personsanering" och att "klorpreparatens positiva egenskaper överväger deras negativa egenskaper". Kalciumhypoklorit och natriumhypoklorit i 1-procentiga lösningar brukas för desinfektion av händer och i 5-10-procentiga lösningar för desinfektion av materiel.

I [6] beskrivs den descinficerande effekten av Personsaneringsmedel 102, som motsvarar PS 104, torrt och i vattenuppslamning, på bakterier och bakteriesporer. Försök med vegetativa organismer (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*) visade att bakteriesuspensioner avdödades snabbt med 1-procentiga vattenuppslamningar av personsaneringsmedlet. Intorkade kulturer avdödades olika snabbt beroende på materialet (stålringar, glasplattor och uniformstyg) och antalet intorkade organismer. Försök med sporer (*Bacillus cereus*) visade att sådana återfanns efter 4, men inte efter 24 timmars kontakt med en 5-procentig uppslamning av saneringsmedel. Klart konstaterades att personsaneringsmedel 102 utan vattentillsats inte har någon bakteriedödande verkan.

Pulvren pudras på kontaminerade delar av naken hud eller på kläder. Klorkalk är starkt basiskt, pH 10-11, samt irriterande för hud, slemhinnor och ögon [7,8]. Efter sanering bör pulvret borstas bort eller helst duschas bort. Brist på vatten nära skadeplats kan leda till transport av exponerade personer, med rester av saneringsmedel kvar på bar hud, till en plats där vatten och duschar finns. Under väntetiden tills medlet kan duschas av, finns betydande risk för att sår uppstår. Klorkalk är betydligt mera irriterande än Fuller's Earth (FE). Det bör inte användas för sanering i ansikte och kring skyddsmask. Risken för att få saneringsmedel i ögonen är stor vid sådan användning och därmed också risken för ögonskador. Klorkalk bör inte användas för sanering av öppna sår pga. dess vävnadsskadande effekt.

Liksom FE ger klorkalk dammproblem som kan påverka utrustning, apparatur och fordon. Klorkalk, som inte är inneslutet i en tät förpackning, avger klorgas till omgivningen. Detta är inte önskvärt ur miljösynpunkt.

The Decontaminating Kit Skin M291, Ambergard XE-555TM decontaminant resin

Detta personsaneringsmedel används i den amerikanska armén och tillverkas av Roehm and Haas Co., Philadelphia, USA. Varje soldat har sex förpackningar (små kuddar till vilket det aktiva medlet är bundet). En förpackning kan räcka till sanering av en yta motsvarande ansikte och händer. M291 både binder och neutraliserar kemiska agens [9]. De aktiva komponenterna i personsaneringsmedlet är aktiverade jonbytare. Till en katjonbytare har sulfonsyra bundits och till en anjonbytare har hydroxylamin bundits. Förutom att "neutralisera" kemiska agens genom de till jonbytare bundna syran och basen, kan jonbytare också adsorbera kemiska ämnen genom ospecifik bindning. Kit M291 färgar sanerat område svart på grund av jonbytarens färg, vilket gör det lätt att under dagsljus se var man sanerat. Emellertid kan svartfärgningen ge andra praktiska problem. Medlet består av partiklar som kan damma. M291 är inte hudirriterande, men att få medlet i ögonen och öppna sår bör undvikas. Det bör heller inte andas in eller sväljas. Partiklarna skulle, särskilt vid öppna bukskador, kunna ge upphov till bindvävsbildning och sammanväxningar.

M291 torde vara hållbart och lätt att lagra, men vi har inte funnit fakta som stöder detta antagande.

The Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL®)

Bakgrund

RSDL® utvecklades under 1970-talet av kanadensiska forskare vid DRES, Suffield, för att kunna användas både som barriärkräm och som personsaneringsmedel [10,11,26]. RSDL® är licensierat till O'Dell Engineering Ltd. i Cambridge, Ontario, Kanada. Det används i Kanada och i flera andra länder, exempelvis Nederländerna, USA och Australien.

En möjlighet att uppnå ett effektivt saneringsmedel är att använda nukleofila anjoner. Visserligen dämpas dessas reaktivitet något, när de löses i en vätska (oftast vatten), men i allmänhet är den kvarstående aktiviteten tillräcklig för att få en godtagbar saneringseffekt. Det finns dock en risk att den typ av salter som används är irriterande eller korrosiva för ögon och hud. Ett alternativ till korrosiva salter är att bilda reaktiva nukleofiler genom komplexbildning mellan katjoner och makrocycliska etrar i icke polära lösningsmedel [11]. De salter som då kan användas är mindre aggressiva, och därmed undviks irriterande och korrosiva effekter på vävnader. Bland de makrocycliska etrar, som är aktuella finns både kronetrar och kryptander. Även linjära föreningar som polyetylenglykoler kan användas, men bindningen mellan katjon och polyetylenglykoler är svagare än mellan katjoner och kronetrar eller mellan katjoner och kryptander.

Det effektivaste saneringsmedlet visade sig vara en kombination av fyra komponenter: ett kaliumsalt, en komplexbildare, ett förtjockningsmedel och ett lösningsmedel. Lösningsmedlet spelar en stor roll för systemets reaktivitet. Dimetyleter och tetrametylenglykol ger en högre reaktivitet än etanol. Högre komplexbildningsförmåga hos en komplexbildare ger en reaktivare, "naken", anjon. Utifrån ett antal olika tänkbara, alternativa kombinationer bestämdes en lämplig sammansättning av de olika komponenterna i personsaneringsmedlet. Vid detta val gjordes ett antal kompromisser. För att få ett lättflytande medel med god förmåga att lösa komplexbildare, reaktiva komponenter och andra ingredienser borde polära lösningsmedel, exempelvis etylalkohol, vara ett gott val. Men ju fler OH-grupper ett lösningsmedel innehåller, desto sämre blir reaktiviteten.

Sammansättning av RSDL®

Det slutliga valet av lösningsmedel blev MHPEG-föreningar med molekylvikter på 550-1900 Dalton. Fastän komplex med makrocycliska etrar möjliggör bildning av mycket reaktiva anjoner är de ur stökiometriska och ekonomiska synpunkter mindre fördelaktiga. Man valde därför att använda lineära polyetrar. Kalium 2,3-butandion-monooximat (KBDO) visade sig effektiv och stabil som aktiv komponent i saneringsmedlet. Den slutliga kompositionen av RSDL® består av KBDO (1M) och dess fria oxim, diacetylmonoxim löst i en MPEG-blandning med en genomsnittlig molvikt av 500 Dalton. Tio volymprocent vatten har tillsatts, dels för att sänka beredningens fryspunkt och dels för att öka dess förmåga att snabbt täcka en hudyta. Vattentillsatsen kan visserligen minska beredningens reaktivitet något, men inget tyder på att denna minskning har någon praktisk betydelse. 6 % fri diacetylmonoxim har satts till beredningen för att minska pH till ungefär 10,6.

RSDL[®]-produkter

Det finns tre typer av RSDL[®]-produkter; engångskuddar impregnerade med RSDL[®], 500 ml plastflaskor med ett geléartat saneringsmedel samt utrusning som lämpar sig för utbildning och träning. Engångskuddarna består av skumgummisvampar som är gjorda för att släppa 90 % av sitt innehåll av RSDL[®] och kombinerar påläggning och skrubbande av huden.

Flaskorna tillåter applicering av större mängder, t.ex. vid mer storskalig sanering eller sanering av skadade.

Hur effektivt är RSDL[®]?

Ett tyskt doktorsarbete [12] redovisar kinetiska undersökningar av hur bestämda mängder senapsgas, VX, sarin, soman och tabun i blandningar med RSDL[®] minskar med tiden. Förutom bestämning av aktiveringsenergier och halveringstider vid olika temperaturer mättes även de kvarvarande mängderna agens efter två minuters reaktion med RSDL[®] vid 25°C. Hastigheterna för reaktionerna med RSDL[®] respektive för alkalisk hydrolys jämförs också.

Resultatet kan sammanfattas enligt följande:

Tabun	Reaktionen är så snabb att minskningen av mängden tabun inte gick att följa. Efter 2 minuter kunde inte någon tabun påvisas.
Soman	Även här ses en mycket snabb reaktion. Efter 2 minuter kunde återstoden av soman inte kvantifieras.
Sarin	Kinetiken för reaktion med RSDL [®] samt för reaktion med den rena oximen (2,3-butadionmonoxim) bestämdes. Vid temperaturen 0°C (vald för att uppnå en långsammare reaktion) erhöles för reaktion med RSDL [®] en halveringstid på 22±2 sekunder. Den återstående mängden sarin efter 2 minuters reaktion kunde inte kvantifieras.
VX	Reaktionen mellan VX och RSDL [®] följdes vid flera temperaturer. Halveringstiden 6,3 minuter vid 0°C minskar till 2,8 minuter vid 25°C. Kvarvarande mängd VX efter 2 minuters reaktion var < 1 %.
Senapsgas	Minskningen av mängden senapsgas studerades vid flera temperaturer. Halveringstider på 25,6 minuter vid 10°C respektive 8,5 minuter vid 25°C uppmättes. Efter 2 minuters reaktion vid 25°C befanns mer än 80 % av senapsgasen vara kvar.

Reaktionshastigheten för RSDL[®]'s reaktion med senapsgas är alltså mycket lägre än för reaktion med nervgaserna. Resultat från [13] visar på en halveringstid för senapsgas jämförbar med de som refererats ovan; 15 minuter vid ca. 20°C. Försöken i [13] omfattade bara senapsgas, inga mätningar gjordes på nervgaser. Det bör påpekas att i det reella användarfallet står upplösning och mekaniskt avlägsnande för en stor del av eliminerandet vilket reducerar den kvarvarande mängden agens till en nivå där reaktionshastighetens inflytande minskar i signifikans.

Enligt ett personligt meddelande från P. O'Dell, (rapporter har inte kunnat erhållas), har RSDL[®]'s saneringseffektivitet mot biologiska agens undersökts inom tre områden. Försöken genomfördes under ett program kallat "US Foreign Comparative Test". RSDL[®] befanns inaktivera Botulinustoxin i tidsskalan några minuter. Mekanismen för detta har inte redovisats.

Det hud- och vävnadsskadande toxinet T2 mykotoxins effekter eliminerades och T2 förstördes av RSDL[®]. Under destruktionsen bildas antagligen HT2, men nedbrytningen av T2, (och troligtvis även HT2), fortsatte till dess att i stort sett 100 % försvunnit. Detta tog dock upp till 30 timmar.

Undersökningar av effekter på Antrax-sporer gav blandade resultat. Klart är i alla fall att RSDL[®] inte förstörde "ungerminated" (sporer som inte övergått till aktiva antraxbakterier) antraxsporer.

O'Dell har även försökt få två andra aspekter undersökta; om sporbildning inhiberas av RSDL[®] samt om sporer tas upp i saneringslösningen så att reaerosolisering (utspridda sporer kan virvlas upp exempelvis vid saneringsproceduren och bilda en aerosol) av dem förhindras. Ingen av undersökningarna gav några användbara resultat. Misslyckandena sades bero på problem med testprocedurerna. Fortsatta försök är inte aktuella i dagsläget, då det är svårt att finna någon samarbetspartner som är villig eller kan arbeta med Antrax- sporer.

Under den amerikanska arméns "Rapid Lightning"-program testades RSDL[®] mot BG (*Bacillus gracilis*) sporer och *Erwinia herbicola*. *Erwinia* avdödades mer eller mindre omedelbart oberoende av koncentration. Sporererna reducerades, men inte på långa vägar i så stor utsträckning som är nödvändigt.

Interaktion mellan agens och RSDL[®]

Det är viktigt att känna till vilka produkter som bildas vid sanering av olika kemikalier. Man har identifierat produkter, vilka bildas vid sanering av nervgaser och svavel-senapsgas. Produkterna är stabila och har låg giftighet (toxicitet) [11]. Det kan nämnas att RSDL[®] ändrar färg allteftersom den konsumeras; från en klart transparent gul färg hos ren, oreagerad RSDL[®] till färglös genomskinlighet hos "konsumerad" substans. För "normala", dvs. relativt små mängder agens verkar överskottet RSDL[®] vara så stort att inget färgomslag kan skönjas.

Toxicitet

Akut toxicitet av den reaktiva komponenten KBDO har studerats på råtta (Sprague-Dawley) och kanin (New Zealand White) efter intraperitoneal (injektion via buken), oral (sondmatning) och dermal administrering (tillförsel direkt på rakad hud) [11]. Tabell 1 visar resultaten av dessa studier. Den akuta toxiciteten har beräknats som LD₅₀ (den dos som skulle döda hälften i en population). Dosen är uttryckt i mg/kg mus eller kanin.

Tabell 1, administreringsätt.

Djurslag	Administreringsätt		
	Intraperitonealt	Oralt	Dermalt
Råtta	405	950	>2000
Kanin	1175	2225	>2000

Sammanfattningsvis har KBDO låg giftighet. En något högre giftighet observerades vid intraperitoneal injektion på råtta. Man skulle kunna befara att KBDO ökar kaliumnivåerna i serum, men denna befaraede ökning kunde inte bekräftas i djurexperimentella studier.

Sedan 1999 är RSDL[®] godkänt av NATO (Panel NBC Medical Countermeasures Working Group) att användas av och på all NATO militär personal för sanering av personer och skadade. Food and Drug Administration (FDA) godkände 2003 RSDL[®] för militär användning i USA. Godkännandet kom efter djurförsök, vilka visat effektiviteten mot kemiska agens, samt efter humanstudier, där medlet visades vara oskadligt vid hudapplikation på 300 friska, frivilliga försökspersoner [26].

Interaktion med andra skyddsprodukter applicerade på hud

RSDL[®] använt i mängder som kan bli aktuella vid personsanering har inte signifikant sämre saneringsförmåga vid samtidig användning av ett antal skyddsprodukter som appliceras på hud och som ingår i den kanadensiska arméns skyddsutrustning [14]. Bland de undersökta produkterna finns:

- Insektsrepellerter DEET, Deep Woods Off! and Military Insect Repellent.
- Olika solskyddsprodukter: Presun15TM lotion, Presun29TM sensitive skin lotion: Presun39TM cream lotion.
- Olika komponenter i färgstift för ansiktsskamouflage CFP5-85, CFP6-93 och Atlas Lip-Balm.
- Skyddsspray, olika komponenter i MK3 pepparspray.

RSDL[®] i vinterklimat

Enligt [15] är RSDL[®]'s fryspunkt 0°C. Detta torde göra det svårt att applicera den vid köldgrader. Dess effektivitet som saneringsmedel är säkert inte hög i "fruset" tillstånd. Lagringsbarhet vid låga temperaturer har testats i cykliska ("frys-smält") "nedfrysnings-upptinings" försök ned till -15°C. Medlets effektivitet påverkades inte. Liknande försök ned till -30°C är planerade.

Övrigt

RSDL[®] betecknas som "an active broad spectrum, viscous liquid chemical weapons decontaminant" [26]. Över 80 olika publikationer, patent och rapporter som beskriver RSDL[®] finns listade [10]. Bland dessa finns inget som beskriver RSDL[®]'s effektivitet vid sanering av andra giftiga kemikalier än C-agens.

RSDL[®] sägs vara kompatibelt med alla typer av personliga vapen, får inte mekaniska system att klibba ihop samt påverkar inte linser och olika typer av siktutrustning. Andra potentiella användningsområden för RSDL[®] som nämnts, och som undersöks, är sanering av känsliga instrument och apparatur samt rengörning och behandling av läckande C-ammunition under fältmässiga förhållanden. Dessutom har den befunnits kunna ta bort vissa irriterande ämnen, t.ex. pepparspray och tårgasen CS från hud. En barriärkräm skall användas före en förväntad exponering för kemiska agens. Krämen stryks på de områden av huden som är svåra att skydda med tät klädsel. Försök visade att RSDL[®] som barriärkräm var opraktisk av flera skäl [16]. Det viktigaste var att den upplevdes obekvämt (kletighetsfaktor) pga. de tjocka lager av kräm som behövdes för att uppnå ett gott skydd, samt den snabba förstörelsen av detta lager genom rörelse, svettning och nötning.

SNL Decon Formulation**Bakgrund**

Sandia National Laboratories har utvecklat ett saneringsmedel som hävdas vara effektivt mot både biologiska och kemiska ämnen, omfattande kemiska agens samt giftiga riskkemikalier [17,18,27]. Medlet har diskuterats i sammanhanget personsaneringsmedel, men marknadsförs inte som ett sådant och det är tveksamt om det kan användas som ett personsaneringsmedel i sin nuvarande form. Vi behandlar SNL Decon Formulation i denna rapport, eftersom den har intressanta egenskaper, vilka kan göra den utvecklingsbar till ett personsaneringsmedel.

Sammansättning

Saneringsmedlet består av två komponenter, vilka skall blandas strax före saneringen.

Komponent 1 innehåller:

N,N,N,N', N'- pentametyl, N'- Tallow alkyl 1,3-propanamindiammoniumpentametylpropan	2,4 %
Kvartära ammoniumföreningar, benzyl-C12-18 alkyldimetyl	4,6 %
Isopropylalkohol	1,0 %
Inerta ingredienser	92,0 %

Komponent 2 innehåller:

Väteperoxid	7,99 %
Inerta ingredienser	92,01 %

Hur effektivt är SNL decontamination lotion?

Saneringsmedlet är helt blandbart med vatten och har ett pH på 9,3. Det kan spridas som skum, vätskespray eller dimma. Verkningsmekanismerna är i princip en kombination av redan kända reaktioner; hydrolys i alkalisk miljö och oxidation.

Vid försök med såväl simliämnen för nervgaser som nervgaser har det visats att saneringsmedlet halverar koncentrationen av dessa efter ett par minuter. Reaktionen med VX är dock långsammare och kräver ett högre pH (pH 10,5). Saneringsmedlet halverar koncentrationen av senapsgas efter cirka 15 minuter, vilket är relativt långsamt. Först efter en timmes sanering är senapsgasen helt borta. Preliminära, men odokumenterade försök tyder dock på att en tillsats av 1 % monopersulfat skulle kunna påskynda nedbrytningen av senapsgas markant. Det förefaller som SNL decontamination lotion är klart mindre effektivt än saneringsmedlet DS 2 mot senapsgas.

Av intresse är att saneringseffektiviteten mot B-agens har undersökts. Saneringsmedlet förstör sporer av mjältbrandsbakterien *B.anthraxis* och en ofarlig similibakterie för denna, *B.globigi*. Inom en halvtimme har halterna minskat med fyra tiopotenser och inom en timme med sju tiopotenser. I försök med en levande bakterie, *Erwinia herbicola* som här använts som similibakterie för *Yersinia pestis* (pestbakterien), hade antalet minskats med sju tiopotenser 15 minuter efter sanering. I försök med MS-2 bakteriofagen, som användes för att simulera smittkoppsviruset, reducerades virusmängden med sju tiopotenser efter 30 minuter.

Interaktion med andra ämnen

Saneringsmedlet är stabilt och polymeriseras inte. Det är inte explosivt, men det reagerar med material som innehåller anjoner och med tungmetaller och alkaliska ämnen. Vid reaktion med biologiska och kemiska agens ger det inte upphov till några giftiga eller på annat sätt skadliga produkter.

Toxicitet

Får man saneringsmedlet i ögonen eller på oskyddad hud, skall ögon och hud sköljas med vatten. Man bör söka läkare om ögonen exponerats och vid kvarstående hudbesvär. Skulle man råka dricka saneringsmedlet bör man dricka vatten och uppsöka läkare. Vid andningssvårigheter efter exponering via andningsvägarna skall läkare uppsökas.

Skyddsmask rekommenderas vid risk för exponering via luftvägarna och vid risk för exponering av ögonen. Vid risk för hudexponering bör skyddshandskar och skyddsdräkt användas.

Det finns inga uppgifter om hur saneringsmedlet påverkar öppna sår, men det har inte marknadsförts som ett personsaneringsmedel. På nuvarande kunskapsnivå kan en säker slutsats vara att SNL decontamination lotion inte lämpar sig för sanering av öppna sår.

Miljöeffekter

Tillverkarna hävdar att SNL decontamination lotion är effektivt och miljövänligt, särskilt i jämförelse med DS 2. Dock är medlet betydligt mindre verksamt mot senapsgas än DS 2. Medlet skall lätt kunna användas av "first responders". Efter en eventuell modifiering av dess pH skall medlet på ett enkelt och optimalt sätt användas av "second responders" vid sanering av ett kontaminerat område. SNL decontamination lotion är skonsamt mot material och miljö.

Diphoterine[®] och Hexafluorine[®]

Det franska företaget Prevor har tagit fram två produkter, vilka hävdas vara effektiva som personsaneringsmedel inte enbart vid exponering för de flesta skadliga kemikalier utan även efter exponering för radioaktiva ämnen [19,20]. Produkterna har fått en aggressiv lansering och erbjuds ofta i kombination med utbildningspaket till företag, där giftiga kemikalier ingår i industriella processer. Sådana företag är exempelvis glasbruk och metallindustrier.

Diphoterine[®] beskrivs som en kemisk förening med flera aktiva centra i molekylen ("multisite molecule") och med amfotära och chelerande egenskaper. Detta påstås ge Diphoterine[®] förmågan att sanera ett stort antal skadliga ämnen. Det hävdas kunna styra oxidations- och reduktionsreaktioner, motverka skadliga effekter av syror såväl som baser samt kunna motverka alkylering och chelerande effekter av mineralsalter. Det hävdas att ett korrosivt eller giftigt ämne har större bindningsförmåga till Diphoterine[®] än till hud eller ögats hinnor. Detta påstående skulle gälla alla tänkbara korrosiva eller skadliga ämnen.

Hexafluorine[®] är en produkt med egenskaper liknande Diphoterine[®]s men hävdas vara mera verksamt mot vätefluorid (fluorvätesyra) och besläktade kemikalier.

Prevor har även tagit fram ett saneringssystem, DRP 200, som påstås vara lämpat för civila och militära masskadesituationer. Enligt Prevor skall detta system kunna sanera 200 personer i timmen. Utan tillförsel av externa resurser i form av kemikalier eller vatten och energi kan systemet arbeta autonomt i fem timmar. Personsaneringsmedlet Diphoterine[®] är den effektiva komponenten. Det hävdas att denna kan återvinnas efter sanering och reaktiveras med hjälp av fyra kemikalier. Vilka dessa kemikalier är, är obekant för oss. Miljöpåverkan påstås vara liten pga. denna återvinning. Som alla andra personsaneringssystem är DRP 200 personalintensivt. Prevor hävdar också att DRP 200 snabbt kan flygtransporteras till avlägsna platser.

Dessvärre är den vetenskapliga dokumentationen av Diphoterine[®] och Hexafluorine[®] ännu bristfällig. I en oberoende studie har man på råttor, där djurens rakade hud exponerats för fluorvätesyra, jämfört effekten av Hexafluorine[®] sanering med sedvanlig behandling av skadorna med kalciumglukonat och vatten respektive enbart med vatten [21]. Bedömningen av effekten på skadan har gjorts blint, således av personer som ej känt till vilken behandling djuren fått. Behandling med kalciumglukonat var bättre än Hexafluorine[®] hos försöksdjuren. Hexafluorine[®] föreföll t.o.m. ha sämre effekt än enbart vatten. Detta innebär att Diphoterine[®] och Hexafluorine[®] inte kan rekommenderas för personsanering.

Jämförande studier (RSDL[®], Dutch Powder, M291 och MK.1)

Inför ett utbyte av personsaneringsmedel i den holländska förvarsmakten utförde TNO Prins Mauritz Laboratorium 1997 ett flertal studier där effektiviteten för RSDL[®] jämfördes med "Dutch Powder" (HOP), det amerikanska M291 samt Brittiska MK.1 (Fuller's earth). De agens som användes i jämförelserna var lewisit, senapsgas och VX. Även förtjockade agens användes [22,2,16].

En första studie gjordes *in vitro*. Som substitut för mänsklig hud användes öron från grisar. En 1-2 mg/cm² beläggning av agens sanerades efter 4 respektive 30 minuter med vardera av saneringsmedlen enligt manual. Isotopmärkta agens användes och efter sanering bestämdes summan av resterande agens och nedbrytningsprodukter med scintillationsräknare. Nedbrytningsprodukterna analyserades inte närmare. Försöken visade att "Dutch Powder" har sämre saneringseffektivitet än de andra tre saneringskemikalierna (Student t-test, sannolikhet på signifikansnivån 0.05). Dock fann man inte några statistiskt signifikanta skillnader i saneringseffektivitet mellan MK.1, M291 och RSDL[®] för någon av de tre agens som testades.

En andra studie med samma agens och saneringsmedel utfördes *in vivo* på hårlösa marsvin. Sanering utfördes 4 minuter efter påläggning. Pålagd dos var cirka 1 mg/cm². 24 timmar efter sanering utvärderades dödlighet, hudrodnad och ödembildning. För de blåsbildande ämnena utfördes histopatologiska undersökningar av sanerad hud, dessutom mättes nivåerna av agens i blod och hud.

Kontaminering med lewisit följt av sanering resulterade i allvarliga hudskador för alla fyra saneringsmedlen. Sanering gav större områden med avdödad hud jämfört med icke sanerad hud. Detta var dock signifikant bara för HOP, men sanering gav signifikant mindre områden med hudskador. RSDL[®] framstod som det bästa saneringsmedlet för lewisit följt av M291 och MK.1. HOP var tydligt distanserad. Även påläggning av senapsgas med efterföljande sanering ledde till allvarliga hudskador. Alla saneringsmedlen resulterade i signifikant reducerade skador, både avseende det skadade områdets storlek och rodnadens intensitet. Sanering med HOP, MK.1 och M291 reducerade mängden avdöd hud (MK.1 effektivast), vilket däremot inte RSDL[®] gjorde. Koncentrationerna av DNA- addukter i huden reducerades av alla saneringsmedlen. MK.1 framstår som det bästa saneringsmedlet för senapsgas, följt av M291 och HOP. Mot senapsgas är RSDL[®] det sämsta saneringsmedlet.

Kontaminering med 1 mg VX på 1 cm² resulterade i alla försöksdjurs död inom 1 timme. Efter sanering med RSDL[®] överlevde en majoritet av djuren, för HOP överlevde ¼ av gruppen. MK.1 och M291 gav inget skydd mot VX i dessa försök), utan alla försöksdjur dog. Sanering med RSDL[®] gav signifikant mindre hämning av ChE-aktivitet än den som sågs efter sanering med de andra saneringsmedlen eller utan sanering. Ingen signifikant skillnad i koncentrationen av intakt VX i blod mellan någon av försöksgrupperna kunde konstateras. Däremot mättes en klart lägre nivå av etylsarin i alla de fyra sanerade grupperna. RSDL[®] är det klart effektivaste saneringsmedlet för VX följt av HOP. MK.1 och M291 är lika ineffektiva under dessa betingelser.

Förtjockade agens gav ett liknande resultat som för rena agens, förutom att RSDL[®] visade sig vara något effektivare än MK.1 vid sanering av förtjockad senapsgas. Efter analys av statistiskt signifikanta skillnader i alla mätta försöksparametrar för respektive agens ordnades saneringsmedlen i "effektivitetsturordning". Addition av turordningssiffrorna för alla agens resulterar i en slutranking. Denna visar att RSDL[®] är det saneringsmedel som fungerat bäst och att HOP är sämst. MK.1 och M291 är i samma "mellanklass".

Sammanfattningsvis rekommenderas RSDL[®] då denna är klart effektivast i att sanera VX och lewisit, samt minst lika effektivt som MK.1 och M291 för sanering av förtjockad senapsgas. Det konstateras dock att RSDL[®]s effektivitet mot ren senapsgas behöver förbättras.

I en tredje studie undersöktes användarvänligheten av saneringsmedlen i ett fältförsök. RSDL[®] bedömdes här vara det bästa personsaneringsmedlet att använda och saneringen gick även klart snabbast. Dock blev handskarna mycket kletiga av RSDL[®] vilket resulterade i svårigheter att greppa t.ex. skyddsmaskens gummiband. Maskens stabilitet på ansiktet påverkades också negativt, dock kunde inga läckage konstateras. Varken MK.1 eller M291 upplevdes som obehagliga, men 2 försökspersoner rapporterade små andningssvårigheter efter sanering av ansiktet med M291. Däremot var det problem att få ut MK.1 och M291 ur sina förpackningar på rätt sätt. Då HOP ansågs kraftigt irriterande, användes den inte vid sanering av ansikten och faller därför mer eller mindre utanför studien.

Ett intressant fynd är att RSDL[®] sanerar effektivare *in vivo* än *in vitro*. Detta beror på att beredningen effektivt tar upp och binder kemikalier som tagits upp från huden. På så sätt kommer de upptagna kemikalierna att vara i kontakt med reaktiva anjoner under tillräckligt lång tid för att de skall kunna inaktiveras.

Ny utveckling inom personsaneringsområdet - barriärkrämer och andra produkter, som förstärker hudens skydd mot penetration av skadliga kemikalier

Barriärkrämer har varit av intresse sedan Första Världskrigets slut. Avsikten med dem är att de skall utgöra ett temporärt hinder för kemiska stridsmedel och andra skadliga kemikalier. På så sätt förhindras framför allt hudexponering – åtminstone för en tid. Det är önskvärt att en barriärkräm även förstör det giftiga ämnet. Barriärkrämen bör ha låg giftighet och inte ge upphov till exempelvis allergier. Andra problem med barriärkrämer är att de stryks bort vid fysisk aktivitet, rinner bort vid svettning och upplevs som obekväma. Barriärkrämer kan ge ett extra skydd där kroppsskyddet inte är optimalt, t.ex. vid ärm- och byxlinningar, hals, kring skyddsmask med mera.

En barriärkräm kan vara ett bra komplement till kroppsskydd i synnerhet, när uppgifter skall utföras i ett område, där en uppenbar exponeringsrisk för giftiga kemikalier föreligger.

IB1

I Israel har skyddsegenskaper mot upptag av giftiga kemikalier undersökts i ett tjugotal olika hydrofila beredningar [23,24]. Dessa är sammansatta av välkända ämnen med låg toxicitet. Alla de skyddande beredningarna ökar förmågan hos överhudens hornlager att hindra penetration av giftiga ämnen. I princip gör dessa produkter hornlagret mera hydrofilt. Bland de tjugo olika beredningar som studerats på unga honsvin (vikt 10-12 kg) valdes en av dem, IB1, ut för vidare studier på människa. IB1 består av komponenter som redan är bekanta från hudvårdsmedel. Glycerin är en komponent. Glycerinet absorberas in i hudens hornlager och gör detta mera vattenhaltigt. Lipidfasen förändras och en långvarig hydrering av överhudens hornlager åstadkommes. Tillsats av magnesiumsalter, exempelvis magnesiumsulfat förstärker effekten. I svinstudierna har det visats att beredningen inte tas upp i övriga kroppen och att magnesiumnivån i blodet inte ökar. Beredningen ger inga allvarliga toxiska effekter och är inte irriterande för vare sig djur eller människa. I svinförsöken har det visats att förbehandling med IB1 minskar hudrodnad och andra hudskador hos djur exponerade för senapsgasånga och för droppar (0,2-1 µL) av senapsgas under 10-60 minuter. Förbehandling med IB1 gjorde att honsvin överlevde en VX dos på 1,3 mg/kg (2LD₅₀ för svin) vid exponeringstider mellan 1-5 timmar. Djuren uppvisade dessutom inga symptom efter exponering upp till tre timmar. IB1 ger ett skydd under minst tolv timmar enligt utförda undersökningar, men skyddet kan sannolikt bestå under längre tid än så. Svettning minskar troligen skyddet något.

Fas 1 studier av IB 1 på friska, unga, frivilliga försökspersoner visade att det fördras väl vid såväl enstaka som upprepad förbehandling på upp till 20 % av kroppsytan. IB1 påverkar inte andra skydds- eller saneringsrutiner. Det kan lagras under lång tid och är billigt.

Utveckling av en ny amerikansk barriärkräm som ett skydd mot kemiska stridsmedel

I USA pågår ett samarbete mellan US Army Medical Research Institute of Chemical Defense och Battelle Memorial Institute för att ta fram en barriärkräm som ger en fysiskt skyddande barriär och dessutom innehåller aktiva ämnen som förstör kemiska stridsmedel [25,28]. Man har funnit att en kräm, som innehåller 5-25 % reaktiva substanser i en krämbas bestående av perfluorinerade polymerer, har en nära nog optimal sammansättning. En tidigare produkt i utvecklingsarbetet: "Skin Exposure Reduction Paste Against Chemical Warfare Agents, SERPACWA" har utvecklats tillsammans med företaget DFB Inc., San Antonio. SERPACWA utvecklades i ett "crash program" för att produkten skulle kunna användas i kriget mot Irak 2003. SERPACWA har godkänts av FDA för att användas som en barriärkräm i militär verksamhet. SERPACWA skyddar mot soman (GD), VX och svavelselekningsgas (HD) i vätskeform samt mot T2 mykotoxin och tårgasen CS. Den är inte så effektiv mot de flyktiga faserna av GD och HD, varför kloraminen S-330 måste användas som förstärkning. En utveckling mot en bättre barriärkräm, "Active Topical Skin Protectant" har därför påbörjats.

Krämbasen för denna vidareutveckling består av perfluorinerad polyeter blandad med polytetrafluoroetylen i fast form. Under utvecklingsarbetet har ett stort antal reaktiva ämnen undersökts, såsom organiska polymerer, organiska/oorganiska hybridmaterial, polyoxymetalater (POM's), enzymer, oorganiska oxider, metallegeringar, oorganiska föreningar och lågmolekylära organiska kemikalier. Bland annat har 45 polymerer, 28 organiska ämnen, 70 oorganiska ämnen, 6 enzymer och 500 kompositioner studerats. Dessa ämnen har karakteriserats med hjälp av HS-SPME/GC-MS (Head Space Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography Mass Spectrometry) ljusmikroskopi och Fourier transformations infrarödspektroskopi.

Skyddseffekten mot GD och HD i vätske- och ångform har studerats *in vitro* i en hudkammare. Undersökningar har även gjorts på sövda djur *in vivo*. 1 µL HD-vätska placerades på ryggen av en rakad kanin och skadeområdets storlek i förhållande till ett kontrollområde uppmättes efter fyra timmar ([Lesion Area Ratio] LAR%). Ett hudområde på smågrisar exponerades under 30 min för mättad HD-ånga och jämfördes med ett kontrollområde. Effekten mot GD-vätska studerades på marsvin, som på ett rakat hudområde fick GD 50 mg/kg (40 LD₅₀). Ett rakat hudområde på kaniner exponerades för mättad GD-ånga (LD₉₅) under 4 timmar. I GD-försöken jämfördes dödligheten efter 24 timmar (för marsvin efter 2 timmar då dessa inte tål anestesi under längre tid) efter exponering med kontroldjurs. På detta sätt har 17 kompositioner tagits fram som ger ett bättre skydd mot HD och 15 som ger ett bättre skydd mot GD än SERPACWA. Om 7-10 år beräknas en ersättare till SERPACWA vara klar och godkänd av FDA.

SERPACWA behöver strykas på huden var åttonde timme och kan användas 1-2 veckor utan att ge hudirritation. En veckas exponering av ögonen ger inga skador, men SERPACWA rekommenderas inte för användning på ögon, slemhinnor eller i sår under en längre tid än 4 timmar.

Rekommendationer

Vi anser att det kanadensiska Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL[®]) i dagsläget är det bästa alternativet bland tillgängliga personsaneringsmedel på den internationella marknaden.

RSDL[®] är effektivt mot nervgaser men mindre effektivt mot senapsgas. Detta är en svaghet som borde åtgärdas exempelvis genom att ändra beredningens komposition. Detta kommer dock att få konsekvenser då en stor del av arbetet för tillståndsprövning måste göras om. Effekten mot senapsgas är dock inte sämre än vad andra personsaneringsmedel uppvisar. RSDL[®] är användarvänligt och skonsamt mot hud men bör inte komma i direkt kontakt med ögonen under en längre tid. Det finns för närvarande inte tillräckligt belägg för att RSDL[®] skulle vara lämpligt för sanering i öppna sår, här är fler undersökningar nödvändiga. RSDL[®] ger inte de dammproblem, som användning av saneringspulver skapar.

Sedan 1999 är RSDL[®] godkänt av NATO (Panel NBC Medical Countermeasures Working Group) att användas av och på all NATO-militär personal för sanering av personer och skadade.

Food and Drug Administration (FDA) har nyligen godkänt RSDL[®] för militär användning i USA efter djurförsök, vilka har visat dess effektivitet mot kemiska agens samt efter humanstudier, där medlet visades vara oskadligt vid hudapplikation. Dessa godkännanden är ytterligare stöd för en rekommendation av RSDL[®]. Effekten på omgivande miljö är inte helt utredd. RSDL[®] har inte undersökts avseende effektivitet vid sanering av giftiga kemikalier andra än kemiska stridsmedel, och inte heller fullt ut vid sanering av biologiska agens. Kostnaden för RSDL[®] blir med säkerhet avsevärt högre än för PS 104.

Försvarsmaktens PS 104 är effektivt som saneringsmedel, men är hudirriterande och vid långvarig kontakt med hud möjligen också korrosivt. Det är olämpligt att använda i ansiktet och får inte användas i ögonen eller i öppna sår. Det dammar ned och kan sannolikt orsaka även andra miljöproblem på grund av sitt klorinnehåll. PS 104 skulle likväl kunna vara lämpligt som personsaneringsmedel på intakt hud (ej ansiktet) och vid sanering av beklädda kroppsdelar och borde kunna användas parallellt med RSDL[®]. I så fall bör användningsområdena definieras.

Utvecklingen av barriärkrämer verkar lovande och intressant, men vi anser oss idag inte ha ett tillräckligt underlag för att kunna ta ställning till barriärkrämernas eventuella värde.

Referenser

1. R Trapp
The Detoxification and Natural Degradation of Chemical Warfare Agents.
SIPRI Chemical & Biological Warfare Studies, 3. London: Taylor & Francis;
1985.
2. J P Langenberg, H J van der Wiel, C van Hooidek
Comparison of the efficacy of skin decontaminants. II. In vivo tests.
TNO report PML 1996-A77
3. S Franke, Ed.
Lehrbuch der Militärchemie, Band 2.
Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik: Berlin; 1977.
4. G Lindgren, P Stjernlöf
Klorhalt i klorkalk.
FOA Rapport C 40226-C2; 1986
5. G Sandström
B-sanering.
FOA rapport FOA R—94-00044-4.4-SE, reviderad utgåva C 40240-5.6, 1994
6. Å Bovallius
Prövning av personsaneringsmedel 102 avdödande effekt på bakterier och bakteriesporer.
FOA rapport A 1515-35, 1970
7. B Koch
Ögon-och hudskadande egenskaper hos PS 102.
FOA rapport, C 40235-4.8; 1986
8. G Lindgren
PS 102 vara eller icke vara.
FOA rapport C 40232-C2; 1986
9. Medical Management of Chemical Casualties, Handbook.
U.S. Army Medical Research Institute of Chemical Defense, Aberdeen Proving
Ground; 2000.
10. Information om RSDL[®] finns samlad på CD-n:
NBC Products Issue 1. Irvin Aerospace & ODEL, represented by Clermark Inc
& Associates.
Kan beställas genom Clermark Inc, 98 Race Street, Paris, Ontario, Canada
N3L 4A4 eller från Emerex AB, Lurarnas brygga, S-450 34 Fiskebäckskil.
11. En sammanfattning om RSDL[®] finns i:
J G Purdon
Reactive Skin Decontamination Lotion., Today Science – Tomorrow Defense
DRES Suffield, Government of Canada, Cat. No. D4-1/175E; 1994
12. Y Zimmermann
Entwicklung eines Systems zur Zwischenlagerung von beschädigten, toxische
Stoffe enthaltenden Wirkkörpern.
Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC Schutz, WIS
Nr. 171
13. O Claesson, J Thorpsten
RSDL[®]s nedbrytning av senapsgas, ett snabbt förförsök.
FOI MEMO 03/2598

14. J G Purdon, C L Chenier
Reaction of RSDL[®] with 1-NaphtylmethylChloride. Part 3.-Assessment of Compatibility of RSDL[®] with Common Canadian Forces In-Service Skin Applications and Related Materials.
Defence R&D Canada Technical Report DRES TR 2001-070
15. Material Safety Data Sheet; Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL).
Therapex, Québec, Kanada, 1997.
Finns i [10].
16. H J van der Wiel, C van Hooidek, J P Langenberg
Study into the userfriendliness of skin decontaminants.
TNO PML report no. TD97-0306
17. Material Safety Data Sheet; SNL Decon 100 Concentrate, Stabilized Catalyst for SNL Decon 100.
Modec, Inc., www.deconsolutions.com
18. Formulations for the Decontamination and Mitigation of CB Warfare Agents, Toxic Hazardous Materials, Viruses, Bacteria and Bacterial Spores.
Modec, Inc., Technical Report MDF 2001-1001
19. Personligt meddelande från Prevor.
20. A H Hall, J Blomet, L Mathieu
Diphoterine[®] and Hexafluorine[®]: New Active Skin/Eye Decontamination Compounds.
Proceedings of the International Conference on Occupational & Environmental Exposures of Skin to Chemicals. Science and Policy; September 8-11, 2002.
21. J Höjer, M Personne, P Hultén, U Ludwigs
Topical Treatments for Hydrofluoric acids Burns - A Blind Controlled Experimental Study.
J tox Clin tox 40.7:861-866,2002
22. C van Hooidek, P Langenberg
Comparison of the in vitro efficacy of four skin decontaminants towards three chemical warfare agents.
TNO report PML 1994-B89
23. T Kadar, E Fishbine, J Meshulam, R Sahar, A Amir, S Dachir, I Barness
High Efficacy Topical Skin Protectant Against Vesicants and Percutaneous Chemical Warfare Agents.
Rapport vid 7th Chemical Medical Defence Conference, April 09 and 10, 2003 in Munich.
24. T Kadar, E Fishbine, J Meshulam, R Sahar, A Amir, S Dachir, I Barness.
A Topical Skin Protectant against Chemical Warfare Agents.
Isr Med Assoc J. 2003 Oct; 5(10): 717-9
25. E H Braue, Jr, J S Graham, T H Snider, B F Doxzon, E C Miller, H L Lumpkin, R L Hall, R S Stevenson, S T Hobson
Development of Active Barrier Skin Creams that Protect Against Chemical Warfare Agents.
Task Group on Prophylaxis and Therapy against Chemical Agents, TG-004 Meeting; DRDC, Canada; September 29-October 3, 2003.
26. home.golden.net/~flatcat/ODEL
27. www.sandia.gov/SandiaDecon/ [SNL Decon]
28. http://www.asc2002.com/Abstracts_only/d/DA-08.pdf