

MARIANNE THUNÉLL, PER OLA ANDERSSON, MICHAEL GRANSTRÖM,
EVA LUNDMARK, TORBJÖRN NYLÉN, LINA THORS OCH ELISABETH WIGENSTAM



Marianne Thunéll, Per Ola Andersson, Micael Granström, Eva Lundmark, Torbjörn Nylén, Lina Thors och Elisabeth Wigenstam

CBR-sanering 2017-2018

Titel	CBR-sanering 2017-2018
Title	CBR Decontamination 2017-2018
Rapportnr/Report no	FOI-R--4783--SE
Månad/Month	Oktober
Utgivningsår/Year	2019
Antal sidor/Pages	14
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsdepartementet
Forskningsområde	CBRN-frågor
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	A404818
Godkänd av/Approved by	Niklas Brännström
Ansvarig avdelning	CBRN-skydd och säkerhet

Bild/Cover: Marianne Thunéll

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

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

Sammanfattning

Rapporten sammanfattar verksamheten som bedrivits i projektet CBR-sanering under 2017 och 2018. Projektet är uppdelat i en praktisk del med operativt fokus och en del med experimentell verksamhet vid FOI. Den praktiskt operativa delen innefattar att delta vid och vara stöd vid försök och övning av operativ sanering och den andra delen fokuserar på mindre, väl avgränsade operativa frågeställningar som kan besvaras med experimentella försök på laboratorium.

Nyckelord: operativt, hudsanering, R-sanering, B-sanering

Summary

In this report, the activities conducted in the project CBR decontamination during 2017 and 2018 are summarized. The project is divided into one practical part with operational focus and one part including experimental activities at FOI. The practical operational part involves participating in and being support for experiments and exercises of operative decontamination and the second part focuses on smaller, well-defined operational issues that can be solved with experimental tests in the laboratory.

Keywords: operational, skin decontamination, R-decontamination, B-decontamination

Innehåll

1	Inledning	7
2	Projektbeskrivning	7
3	CBR-projektdeltagare som observatörer vid saneringsövningar.....	8
4	B-sanering	11
5	R-sanering hud	12
6	Sammanfattning och vidare arbete.....	13
7	Referenser	14

1 Inledning

Som ett komplement, med operativt fokus, till befintliga saneringsprojekt vid FOI och för att samla saneringskompetens samt uppnå synergieffekter inom saneringsforskningen initierades projektet CBR-sanering 2017. Under projektets första år, 2017, fokuserades arbetet på att samla in bakgrundsinformation. Detta gjordes för att vi skulle kunna formulera en väl underbyggd inriktning för att bygga operativ kompetens rörande CBR-sanering vid FOI [Thunéll 2017]. Primärt har målet varit att möta Försvarsmaktens behov, men i förlängningen ska även de civila myndigheternas behov av operativ kompetens tas i beaktande. Representanter för områdena material- och hudsanering av kemiska, biologiska och radioaktiva ämnen har engagerats för att ta ett helhetsgrepp över vilka aktiviteter som pågår eller har genomförts inom sanering vid FOI CBRN-skydd och säkerhet. Den breda kompetens och den bakgrundsinformation som deltagarna bidragit med har utgjort grunden för att ta fram inriktningen i projektet. Målet är att generera kunskap till stöd för operativa behov för Försvarsmakten inom CBR-sanering. En diskussion har förts med Totalförsvarets Skyddscentrum (SkyddC) om hur FOI genom projektet lämpligast kan stödja Försvarsmakten, samtidigt som FOI bygger operativ kompetens. Inriktningen har under 2018 stämts av med en arbetsgrupp vid SkyddC:s Utvecklingsavdelning och synpunkter därifrån har arbetats in i projektplanen.

Som en följd av det arbetet som utfördes under 2017 lyftes frågor om B- och R-sanering, då det i angränsande projekt redan genomförs C-saneringsstudier. För att ge ett breddat perspektiv mot B och R vid försöken deltog representanter från projektet som observatörer vid två C-saneringsförsök vid SkyddC.

Experimentella studier rörande sanering av kemiska och radioaktiva ämnen på hud har inletts. Syftet är att på sikt identifiera viktiga faktorer för saneringseffektivitet som är gemensamma för CBR-ämnena, med hjälp av lättillgängliga kommersiella produkter.

Inom projektet har och ska vi även fortsättningsvis verka för en ökad förståelse och kompetens rörande operativ sanering av kemiska, biologiska och radioaktiva ämnen och vara en långsiktig kompetensbärare inom området CBR-sanering.

För att kunna uppnå projektets målsättning krävs ett nära samarbete med de som utför sanering i praktiken och att rätt förutsättningar ges för att möjliggöra detta samarbete. Genom att forskarna/projektdeltagarna deltar vid försök och övningar, och på så sätt interagerar med de som tillämpar sanering i praktiken, skapas det en ökad ömsesidig förståelse för varandras synsätt på sanering. Detta kan även bidra till att sprida FOI:s forskningsresultat till Försvarsmaktens saneringsverksamhet samt återföra operativa frågeställningar från utförarna av sanering tillbaka till FOI. Detta leder till mer naturliga kontakter mellan forskarna och den operativa personalen, vilket i sin tur leder till att relevanta saneringsfrågeställningar kan lyftas och omhändertas relativt omgående. Arbeta i denna form har fallit väl ut inom projektet KODEK, vars framtida fältmässiga verksamhet härnäst kommer att förläggas till projektet CBR-sanering.

Inom projektet ska mindre, mer avgränsade operativa saneringsfrågeställningar kunna undersökas. Större, mer omfattande problemställningar, eller de som passar bättre inom andra saneringsprojekt vid FOI vidarebefordras till dessa som ett led i saneringssamverkan inom FOI.

2 Projektbeskrivning

Projektet har bestått av tre delar, där en innefattat att forskarna/projektdeltagarna deltar vid försök och övningar och därmed kan förståelsen öka för potentiella frågeställningar och problemområden, vilka man inom den operativa saneringen ställs inför. Mindre omfattande frågeställningar som kräver experimentell utvärdering som fångas upp ska dessutom kunna omhändertas i projektet i framtiden. Dessa ska bearbetas under omkring ett till två år beroende på frågans omfattning. Tanken är att då en problemställning avrapporterats tas en ny in för utredning i projektet för att ge FOI en ökad kompetens i operativa saneringsfrågor. Under 2017 identifierades kunskapsluckor inom B- och R-sanering vilket gjorde att två experimentella delprojekt inom dessa områden startades. Det ena fokuserar på R-sanering, genom sanering av radioaktiva ämnen på hud och det andra på B-sanering med sanering av *Bacillus anthracis*. Dessa delprojekt beräknas avrapporteras i slutet av 2019.

3 CBR-projektdeltagare som observatörer vid saneringsövningar

Projektdeltagare har under 2018 varit observatörer vid saneringsförsök som arrangerats i regi av andra FOI-projekt i samverkan med SkyddC. Den övergripande planen var att ge deltagarna en förståelse för hur sanering fungerar i en mer verklighetsnära situation och de problem man kan ställas inför vid olika utomhusförhållanden.

Våren 2018 genomfördes i KODEK ett saneringsfältförsök [Claesson *et al.* 2019] tillsammans med SkyddC där projektdeltagarna var med som observatörer. Försöket gick ut på att utomhus på CBRN-banan mäta effektivitet av materielsanering vid vinterförhållanden.



Figur 1. Bilder från C-saneringsfältförsöket 2018 vid SkyddC, som organiserats och genomförts i KODEK tillsammans med SkyddC. Högra bilden visar sanering av ytorna, vänstra bilden visar mätningar på ytorna efter sanering och bilden i mitten den saneringsbana som användes för att sanera de personer som deltagit i sanering av ytorna samt hanterat agens. (Foton: Marianne Thunell)

Försöken innebar att materialbitar målades med två typer av färgsystem som används inom Försvarmakten belades med kemiska stridsmedel och därefter sanerades enligt en standardiserad procedur med olika saneringsmedel, figur 1. Därefter mättes kvarvarande mängder på ytorna, i elueringsvätskan m.m. Efter försöket sanerades de personer som deltagit i saneringen samt hanterat agens ut enligt saneringsbanan i figur 1. Projektmedlemmar deltog som observatörer vid försöken med tanken att ge B och R-perspektiv. Det konstaterades att upplägget passar bra även för försök med B och R, eller för gemensamma CBR-försök.

Diskussionen delades upp i före, under och efter försöket och ett antal frågeställningar hanterades.

Före försöket

Vid C-saneringsförsöket kontaminerades materialytor med en bestämd mängd agens varefter sanering skedde enligt Försvarmaktens rutiner med bl.a. avspolning med vatten och det saneringsmedel som skulle utvärderas.

B- och R-saneringsförsök skulle kunna utföras med principen kontaminering av materialyta och sanering genom spolning på likartat sätt som görs vid C-saneringsförsöket.

Vid C-saneringsförsöket användes skarpa agens; senapsgas och cyklosarin. Vid R-försök i likhet med C-försöket kan skarpa ämnen användas om ett genomtänkt urval av ämnen görs. För B är det dock inte möjligt att med skarpa agens utföra storskaliga saneringsförsök på detta sätt. Ett radioaktivt försöksämne bör ha en försökstekniskt lagom lång halveringstid. Den får inte vara för kort, då det ger svårigheter att hinna mäta korrekt och inte för lång, då det kan ge långa avspärningstider av försöksområdet efter försöket för att man ska vara säker på att det inte finns kvar något ämne. Ett ämne som skulle vara lämpligt är ^{24}Na , då det har en halveringstid på omkring 15 timmar. För att göra ^{24}Na partikelbundet blandas det med partiklar av sand/kisel med lämplig storleksfördelning. Av de biologiska ämnena anses sporer traditionellt vara det största hotet vid ett tänkbart scenario som skulle resultera i ett saneringsbehov liknande det som avhjälpes med materielsanering som i detta försök. Det är dock inte realistiskt att sprida ut skarpa biologiska agens som antraxsporer, utan de beprövade antraxsimiliämnena Bg eller Bt som ofta används vid fältförsök skulle vara lämpliga även i detta fall. Om det är sanering av toxiner som är av intresse att studera skulle toxinsimiliämnet ovalbumin kunna användas.

Vid C-försöket behövdes tillstånd från SkyddC, vilket behövs oavsett vilken typ av ämne som ska spridas ut på området. Miljöprovning och riskbedömning måste göras innan försöket. För ett R-försök behöver tillstånd sökas från SSM, där användningen av det radioaktiva ämnet måste motiveras och potentiella doser bedömas samt att det inte får finnas risk för att ämnet ska spridas utanför försöksområdet. För utspridning av Bg och Bt behövs miljötillstånd.

Under försöket

Vid C-kontaminering används pipett för att belägga materialytorna med agens i droppform. Det skulle vara svårt att fördela partikelbundet ^{24}Na på materialbitarna på reproducerbart sätt. En del metodutveckling skulle krävas för att få till en bra kontamineringsprocedur. Det skulle även vara svårt att fördela reproducerbar mängd B-ämne på materialytorna. Också i detta fall skulle metodutveckling krävas. Sammantaget kan sägas att det är en betydligt större utmaning att belägga materialytorna med reproducerbar mängd R- och B-ämne jämfört med C-ämne, då de förstnämnda i detta fall är i partikelform.

Vid C-saneringsförsöken väntar man 60 min efter påläggning av ämne på materialytan innan sanering påbörjas. Detta görs för att en verklig situation ska efterliknas, där ett kontaminerat fordon eller fartyg måste ta sig från ett kontaminerat område till saneringsmöjlighet, varför det beräknas ta minst en timme innan sanering kan påbörjas. Motsvarande tid kan antas även om det är B- eller R-exponering. Det kommer sannolikt (i likhet med för C) att ha stor betydelse för saneringsmöjligheter både för R- och B-ämnen om kontamineringen tillåts torka, dvs. hur lång väntetiden är och därmed om materialytan är torr eller våt samt generell inverkan av väder och vind.

Mätningsprocedurerna för att undersöka saneringseffektiviteten skiljer sig åt för de olika bokstäverna, men samtliga metoder skulle vara fullt genomförbara vid ett saneringsförsök liknande C-saneringsförsöket. Efter sanering av kemikaliekontaminerade ytor görs eluering för att samla upp kvarvarande kemikalier på materialytan för vidare analys på laboratorium. Mätning av radioaktivitet kan göras på materialytan innan påläggning av ämne, efter påläggning av ämne samt efter sanering, eller genom eluering med ett förfarande liknande som för C. Mätning utförs på hela materialytan i fält eller i laboratoriemiljö. I fallet med biologiska ämnen skulle materialbiten elueras med vatten och detergent, t.ex. TweenTM. Därefter skulle eluatet tas till laboratorium för odling för att undersöka hur stort antal sporer som är kvar och som överlevt saneringen. Även PCR skulle göras för att verifiera att rätt sorts sporer återfunnits. Sterilteknik i fält är en utmaning. Det är viktigt att inte få med störande biologiska ämnen i proverna.

Vid C-saneringsförsöket delades försöksområdet in i het, varm och kall zon med tillhörande skyddsnivå i respektive zon. Sannolikt skulle inte zoner behövas för R och inte för B då det inte rör sig om skarpa agens, men av praktiska skäl kan samma zonindelning som vid C-saneringsförsöket användas.

Behovet av skyddsutrustning skiljer sig mellan bokstäverna, men vid ett kombinerat försök med samtliga typer av ämnen skulle C-skyddet vara gränssättande. Vid C-saneringsförsöket användes i het zon C-skyddsdräkt 97, Skyddsmask 90, Filter 90, Skyddshandske 7 och Skyddsstövel 90, i varm zon Skyddsmask 90 och Filter 90 medan det i kall zon inte behövdes skyddsutrustning. Vid ett R-försök används engångsdräkt, skoskydd, Skyddsmask 90 och Filter 90. Eventuellt skulle radioaktiv exponering mätas på filtret efter försökets slut. Vid B-försök används möjligen andningsskydd, engångsdräkt och handskar, huvudsakligen för att inte kontaminera prover. Sannolikt skulle de som utför saneringsmomentet, oavsett bokstav, använda samma typ av skyddsutrustning som vid C-saneringsförsöket pga. stänk från saneringen.

Efter försöket

Efter avslutat C-saneringsförsök sanerades personalen ut via Försvarmaktens C-saneringsbana som i korthet innebär inledande avspolning av dräkt på gränsen mellan het och varm zon. I varm zon görs avklädning enligt standardiserad procedur som avslutas med att Personsaneringsmedel 104 används runt mask och nacke innan masken som sista del av utrustningen tas av. Därefter görs hygiendusck med tvål och vatten. För personsanering av deltagande personal är de grundläggande stegen med avklädning i fastställd ordning och avslutande dusch vid utsanering desamma för samtliga bokstäver. Några steg

skiljer dock, såsom t.ex. mätning vid R-utsanering och användning av personsaneringsmedel vid C-utsanering.

Det är skillnad mellan bokstäverna vad gäller hur kontaminerad materiel skulle tas omhand efter försöket. Kontaminerad engångsmateriel vid C-saneringsförsöket lämnades till SkyddC som tog hand om det enligt sina rutiner. R-kontaminerad materiel skulle samlas på ett ställe på försöksområdet, eventuellt i ett tält, och lämnas under en vecka så att ämnet får klinga av. Efter avslutat B-saneringsförsök skulle kontaminerad materiel autoklaveras innan kassering.

Efter C-saneringsförsök med skarpa agens vid vinterförhållanden kommer försöksområdet att vara avspärrat i flera månader. Vid försök med ^{24}Na skulle det krävas avspärrning av försöksområdet omkring en vecka efter avslutat försök för att vara säker på att aktivitetsnivån av ^{24}Na är tillräckligt låg. Då similiämnen som dessutom finns naturligt i miljön används vid B-försöket krävs inga avspärrningar efter avslutat B-saneringsförsök. Avspärrningstider efter avslutat försök skiljer sig således markant, från ingen avspärrning alls till flera månaders avspärrning.

Eventuellt skulle luftprover tas på försöksområdet för att undersöka exponering för R under pågående saneringsförsök. Luftprovtagning av partiklar görs på filterpapper och skulle kunna fungera även för B om behov finns att undersöka exponering för B-ämnen.

Samman tagen jämförelse C, B och R-försök

Det skulle vara möjligt att genomföra likartade försök med B och R som gjorts med C för att t.ex. undersöka potential för universella saneringsmedel, men hänsyn måste tas till en del bokstavsspecifika ingångsvärden. Dock bör materialsanering av ytor genomföras på laboratorium för att man ska kunna utvärdera metodiken grundligt för B och R innan ett fältförsök skulle bli aktuellt.

En saneringsövning genomfördes vid SkyddC där personsanering enligt Nato-standard övades samt sanering av fordon, se figur 2. Även här deltog projektdeltagare vid övningen som observatörer. Vid försöken diskuterades procedurerna med SkyddC-personal på plats och med de som övades. Det ledde fram till vidare diskussioner inom hudsaneringsområdet.



Figur 2. Bilder från C-saneringsövning 2018 vid SkyddC. Övre vänstra bilden visar personsaneringen och resterande tre bilder visar sanering av fordon. (Foton: Marianne Thunéll)

Under sommaren 2018 deltog två projektdeltagare via projektet Dosimetri i det R-saneringsförsök med fordon som genomfördes på SkyddC:s område. Resultaten från det försöket redovisas inom ramen för det projektet.

Sammantaget har deltagandet vid försöken/övningen gett forskarna en möjlighet att se både personsanering och fordonssanering i praktiken och möta de som utför saneringen. Det har även gett en förståelse för de svårigheter vi möter vid operativ sanering och har gett de som utför saneringen en möjlighet att diskutera sanering med saneringsexperten från flera områden vid FOI. Det har lett till ökade kontakter och bredare kontaktytor mellan FOI och SkyddC.

4 B-sanering

Sjukdomsutbrott och övningar avseende naturliga utbrott respektive avsiktlig spridning av allvarliga sjukdomar har under senare år visat på behovet av anpassade, kvalitetssäkrade och effektiva saneringsmetoder. Avsaknad av sådana saneringsmetoder kan leda till att otillräckliga eller överdimensionerade metoder används, vilket kan bidra till fortsatt smittspridning, onödig miljöpåverkan och höga kostnader för samhället.

Förfarande för att godkänna desinfektionsmedel saknas än så länge i Sverige, varför begreppet desinfektionsmedel i sig inte garanterar någon effekt mot mikroorganismer. Den dokumentation som finns att tillgå avseende desinfektionsmedlens effekt begränsas, i den mån dokumentation finns, till att gälla desinfektion i lösning vid rumstemperatur, eller i vissa fall, desinfektion av hårda, släta ytor utan organisk belastning. Dessutom används ofta indikatororganismer/similiämnen som inte alltid är representativa för de allvarliga smittämnen som ska hanteras vid sjukdomsutbrott. I praktiken är förhållandena oftast mindre optimala än ovan beskrivet, både vad gäller temperatur, ytor som ska desinficeras och förekomsten av organiskt material. Praktiska exempel i närtid är exempelvis:

- Försvarsmaktens arbete med sanering under internationella operationer, t.ex. i Kamerun 2008 där sanering utfördes vid mycket hög temperatur och i Norge 2009 där sanering av fordon och inomhusanläggningar samt vattenrening utfördes.¹
- Mjältbrandsutbrotten i Halland 2008 och i Närke 2011, där en rad frågeställningar restes kring desinfektion av djurkroppar, djurbyggnader, mark och inredning.^{2,3}

Problemdefinition

I tidigare B-saneringsförsök med sporer [Abd *et al.* 2005] har similiämnen för *Bacillus anthracis*, såsom *Bacillus subtilis* och *Bacillus thuringiensis*, använts då dessa är enklare att hantera än *Bacillus anthracis*. Försök med *Bacillus anthracis* kräver säkerhetslaboratorium klass 3 pga. den höga smittorisken. Senare försök gjorda vid FOI har dock visat att avdödningen av similiämnen, t.ex. *Bacillus subtilis* och *Bacillus thuringiensis* skiljer sig från *Bacillus anthracis*. [Johansson 2016] Det har även visats att Virkon-S, som idag används av Försvarsmakten vid sanering av sporer, har begränsad effekt på just sporer [Johansson 2016, Sandström 1994], vilket även beskrivs i Försvarsmaktens saneringshandbok.

Vid fältförsök utförda inom ramen för KODEK har materialsanering av kemikaliekontaminerade färgytor utförts med bl.a. saneringsmedel som idag används inom Försvarsmakten för att sanera C-ämnen. Samma ytor och medel skulle därför vara lämpliga att användas för att studera effektivitet vid avdödning av *Bacillus anthracis*-sporer samt som jämförelse även det av Försvarsmakten reglementerade B-saneringsmedlet Virkon-S. Inom FBD-projektet Evaluation of decontamination products used for bacterial spores at BSL-3 laboratories [Johansson 2016], undersöktes fyra olika desinfektionsmedels effekt på sporer. Där fastslogs att desinfektionsmedlet DK-DOX har bra effekt på sporer samt att DK-DOX har bra hållbarhet [Johansson 2016]. För att undersöka hur medlets effekt mot

¹ <https://www.forsvarsmakten.se/sv/aktuellt/2008/09/sanering-av-tchadstyrkans-materiel/>

² <https://www.sva.se/globalassets/redesign2011/pdf/djurhalsa/epizootier/oversvamning-och-mjaltbrand.pdf>

³ https://www.sva.se/globalassets/redesign2011/pdf/om_sva/publikationer/trycksaker/sva_ars08_webb2.pdf

bacillusporer står sig i jämförelse med övriga saneringsmedels inkluderas även DK-DOX i den kommande studien 2019.

Genomförande 2019

Under 2018 förbereddes genomförande av experimentella försök för att utvärdera saneringsmedels effekt på *Bacillus anthracis*-sporer och jämföra den med effekten på similiämnen.

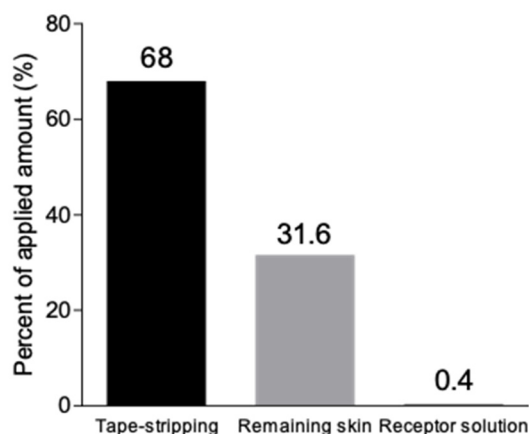
Målet är att under 2019 studera avdödning på säkerhetslaboratorium klass 3 av *Bacillus anthracis*-sporer på två olika militära färgsystem, med saneringsmedel som används inom Försvarsmakten och jämföra med avdödning av similiämnet *Bacillus subtilis*. Dessa färgsystem och saneringsmedel har valts för att komplettera de försök [Claesson *et al.* 2018] som tidigare gjorts med dessa färgsystem och medel ur en C-saneringsaspekt. Det är inte tidigare studerat hur/om dessa medel avdödar *Bacillus anthracis*-sporer. Tidigare försök för att utvärdera saneringsmedel är gjorda med similiämnen för B, såsom t.ex. *Bacillus thuringiensis*. Det finns försök gjorda med DK-DOX, kloridlösning, Nu Cidex, Perasafe och Terralin, som visar att *Bacillus anthracis* skiljer sig från similiämnen såsom *Bacillus thuringiensis* när det kommer till avdödning [Johansson 2016]. Det är därför av stor vikt att utvärdera hur *Bacillus anthracis* förhåller sig till de saneringsmedel som idag används av Försvarsmakten.

Den metod som kommer att användas baseras på tidigare studier där bl.a. effekten av andra saneringsmedel på färgsystem utvärderats med B-similiämnen [Hultén *et al.* 2013, Abd *et al.* 2005]. En känd mängd sporer får torka in på de olika färgsystemen (metallplattor belagda med färg) för att sedan saneras med saneringsmedel. Efter sanering sköljs och skrapas plattorna, varefter eluatet odlas för att verifiera om det innehåller levande sporer. På detta sätt erhålls saneringseffektivitet hos respektive medel. Studien genomförs i samverkan med KODEK.

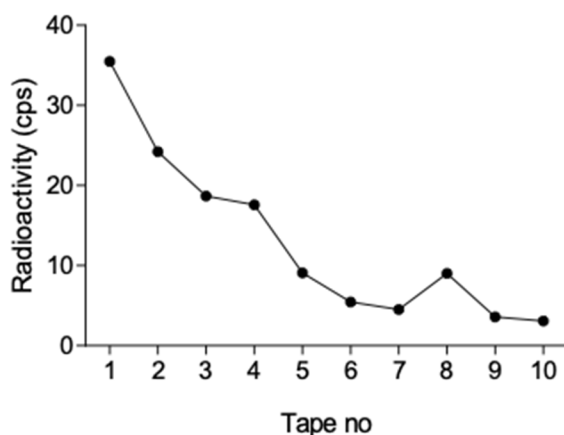
5 R-sanering hud

Under 2018 inleddes experimentella försök av hudsanering med olika saneringsmetoder efter exponering för radioaktiva agens i syfte att förbättra R-saneringsförmågan.

I ett pilotförsök var syftet att utreda om en mängd radioaktivt agens (^{131}I) som applicerades på hud var mätbar. Dermatomerad människohud (tjocklek 0,5 mm) monterades i en diffusionscell och agens applicerades på huden i en volym av 10 μl eller 100 μl (100 MBq/ml). Försöken pågick under 100 min där den mängd radioaktivt agens som penetrerade huden samlades upp i receptorlösning under experimenttiden. För att utreda mängden radioaktivt agens i huden efter avslutat penetrationsförsök användes *tape stripping*-metoden där provtagning görs med tejp på den exponerade hudytan. Genom att upprepa tejpningen på hudytan kan mängden agens/radioaktivitet i olika hudlager bestämmas. Tejpning upprepades tio gånger, vilket ger detaljerad information om agensmängd i överhuden, som är kroppens skyddsbarriär mot exempelvis strålning, kemikalier och bakterier. Även mängden radioaktivitet i resterande hud kvantifierades efter tape stripping. Nedan visas resultaten av mätningarna (figur 3 och 4).



Figur 3. Fördelningen av radioaktivitet (%) i överhud, resterande hud samt i receptorlösning efter exponering för 10 µl ¹³¹I.



Figur 4. Mängden uppmätt radioaktivitet i varje tejpbit efter exponering för 10 µl ¹³¹I.

Resultaten visar endast exponering för 10 µl ¹³¹I eftersom en större mängd inte gav större upptag. Den lägre exponeringsvolymen är också mest relevant ur ett verkligt exponeringsscenario.

Försöken visade att efter 100 min hudexponering av ¹³¹I detekterades radioaktivitet främst i hud, primärt i överhuden, och endast en försumbar mängd i receptorlösningen. I fortsatta försök kommer exponeringstiden på hud därför att förlängas för att möjliggöra studier av agens genombrottstid, tid till jämn penetrationshastighet genom hud (steady-state penetrationshastighet) och total mängd agens som penetrerar hud. Detta är viktiga parametrar för att senare kunna definiera saneringseffektivitet efter hudexponering av radioaktiva agens. Enligt tidigare försök [Nygren *et al.* 2017] tar det ca 30 min för jod att passera det yttersta lagret (cuticula) av huden. Detta ger en uppfattning om den tid man har på sig att sanera.

Flertalet ytterligare parametrar som kommer att utredas är:

- Penetrationspåverkan vid svettig hud i jämförelse med torr hud.
- Skillnader i penetration av andra radioaktiva agens. För kemikalier generellt är skillnaderna stora i penetrationsegenskaper.
- Skillnader i hudpenetration när radioaktiva ämnen exponeras på hud i partikelform i jämförelse mot i lösning.

Detta görs för att studera hudpenetration och saneringseffektivitet vid så relevanta scenarier som möjligt i en experimentell modell.

De saneringsmetoder som främst kommer att inkluderas är tvätt med vatten alternativt tvål och vatten som används inom sjukvården. Därutöver kommer specifika saneringsmedel som t.ex. RSDL och PS104, vilka båda har absorberande egenskaper, att användas.

6 Sammanfattning och vidare arbete

Ena delen av projektet har i kompetensuppbyggande syfte innefattat besök vid saneringsövningar och -försök i nära samverkan med SkyddC och KODEK, vilket varit uppskattat både av projektmedlemmar och av de som besökts. Det har initialt lett till nya och bredare kontaktytor och vidare diskussioner inom t.ex. området hudsanering samt gett en förståelse för de reella svårigheter som finns vid praktisk sanering av personer och fordon. Tanken är att projektdeltagarna framgent ska ha tillräcklig förståelse för metodiken för att kunna föreslå och delta i valideringsprocedurer för saneringsmetoder samt koppla de experimentella delarna som görs i projektet till metodiken och potentiellt föreslå förbättringar. Den experimentella verksamheten har startats upp i två spår. En plan för att studera sanering av

Bacillus anthracis på militära färgsystem har utarbetats och inledande försök har gjorts rörande sanering av radiologiska ämnen på human hud. Båda avrapporteras 2019.

Då kompetensuppbyggnad är en långsiktig uppgift ska vi inom projektet även fortsättningsvis verka för en ökad förståelse och kompetensuppbyggnad rörande operativ sanering av kemiska, biologiska och radiologiska ämnen.

Projektdeltagarna kommer även under projektets fortsättning att vara delaktiga vid operativ sanering där möjlighet ges vid SkyddC:s och eventuellt civila myndigheters övningar, utbildningar och försök.

Arbetet i projektet kommer även fortsättningsvis att genomföras i nära samarbete med Försvarsmakten genom SkyddC. Vi kommer inom projektet att verka för att denna kompetens kommer till nytta primärt i Försvarsmaktens verksamhet, men även för att fånga upp operativa frågeställningar hos Försvarsmakten och andra huvudkunder. Via informations- och diskussionsmöten synkroniseras verksamheten så att den kompletterar det som görs i andra saneringsprojekt vid FOI och då främst i projekt KODEK.

Då det byggts in ett visst mått av flexibilitet i projektet kommer under projektets gång mindre omfattande operativa frågor lyftas in i projektet för utredning. Planen är att någon eller några avgränsade nya frågeställningar, som framkommer i samband med den operativa saneringen, prioriteras för vidare utredning inom ramen för projektet 2020-2021. Dessa kommer att bestämmas efter att de nu pågående experimentella verksamheterna rörande sanering av skarpa B-agens på material och radioaktiva ämnen på hud kommer att avrapporteras under 2019.

7 Referenser

Abd Hadi, Claesson Ola, Ericsson Solveig, Forsman Mats, Thorpsten Jerker, B-sanering: saneringseffekten hos CASCAD, E-95 och hetvatten på bakterier, virus och sporer: ett första försök. FOI-R--1016--SE, 2005.

Claesson, Ola, Arnoldsson Kristina, Andersson Per Ola, Landström Lars och Wästerby Pär, Saneringsförsök 2016-2017 - Resultat av två fältförsök och fem laboratorieförsök. FOI-RH--2060--SE, 2018.

Claesson Ola, Arnoldsson Kristina, Andersson Per Ola, Landström Lars och Wästerby Pär, Saneringsförsök 2018 - vinter. FOI-RH--2119--SE, 2019.

Hultén Cecilia, Emoth Eva, Dergel Irene, Allard Bengtsson Ulrika, Metreveli, Giorgio, Macellaro Anna, Karlsson Linda, Byström Mona och Johansson Anna-Lena, Sanering av samhällsfarliga smittämnen 2011-2013: ett samverkansprojekt mellan FOI och SVA. FOI Memo 4698, 2013.

Johansson Anna-Lena, Evaluation of decontamination products used for bacterial spores at BSL-3 laboratories. FBD 2016/19, 2016.

Nygren Ulrika, Hedman Angelica, Nylén Torbjörn och Thors Lina. Rapid breakthrough of ¹³¹I in an in vitro human epidermis model, Toxicology in vitro, 42, 287-291, 2017.

Sandström Gunnar. B-sanering. FOA-R--94--00044-4.4-SE, 1994.

Thunell Marianne, CBR-sanering 2017. FOI Memo 6324, 2017.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

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

www.foi.se