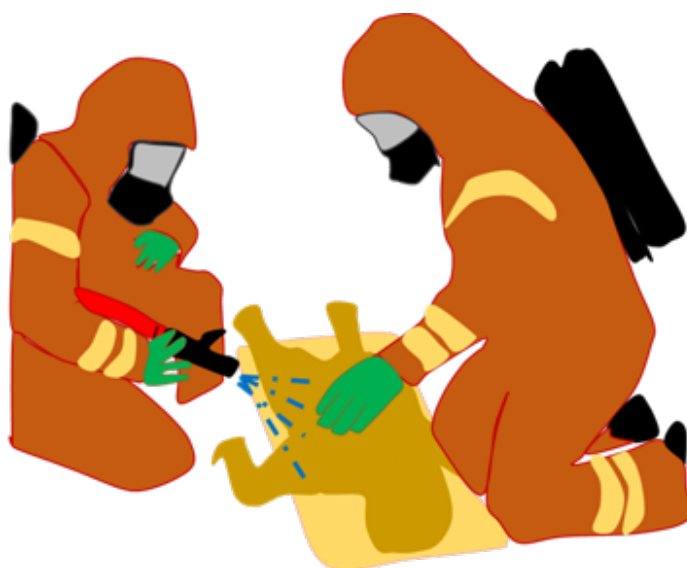


Personsanering efter exponering för kemiska ämnen

Rekommendationer till förbättrad saneringsmetodik

LINA THORS, ELISABETH WIGENSTAM
OCH ANDERS BUCHT



Lina Thors, Elisabeth Wigenstam
och Anders Bucht

Personsanering efter exponering för kemiska ämnen

Rekommendationer till förbättrad saneringsmetodik

Titel	Personsanering efter exponering för kemiska ämnen – Rekommendationer till förbättrad saneringsmetodik
Title	Decontamination procedures following exposure to chemical agents – Recommendations for improved decontamination strategy
Rapportnr/Report no	FOI-R--5140--SE
Månad/Month	Maj
Utgivningsår/Year	2021
Antal sidor/Pages	41
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsdepartementet
Forskningsområde	CBRN-frågor
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	A401221
Godkänd av/Approved by	Åsa Scott
Ansvarig avdelning	CBRN-skydd och säkerhet

Bild/Cover: Lina Thors

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

Personsanering kan vara livräddande i omhändertagande av skadade vid händelser där människor exponerats för farliga kemikalier, s.k. C-händelser. Detta gäller särskilt för kemikalier med lokal hudpåverkan och kemikalier som kan tränga igenom huden och ge systemtoxiska effekter. Därtill kan personsanering minska risken för kontamination av insatspersonal och materiel.

Personsanering kan utföras med olika procedurer (torr eller våt) och inkludera specifika saneringsmedel. C-händelser som kräver specifika saneringsprocedurer är sällan förekommande, vilket medför att generella saneringsprocedurer oftast är tillräckligt effektiva. För vissa kemikalier kan dock specifika saneringsprocedurer eller -medel krävas för att uppnå tillräcklig saneringseffekt. Utöver hudsanering ska även sanering av sår, hår och ögon beaktas vid omhändertagande av kemikalieexponerade individer.

I denna rapport redogörs för det vetenskapliga kunskapsläget inom personsanering samt nuvarande civila och militära personsaneringsstrategier i utvalda länder och organisationer. Även integrering av personsanering i den medicinska vårdkedjan diskuteras. I rapporten ges slutligen rekommendationer för förbättrade svenska riktlinjer när det gäller personsanering utifrån aktuellt kunskapsläge.

Rekommendationerna är följande:

1. Utred vilka kemikalier som har en hudkontaktrisk och därmed ett saneringsbehov
2. Uppdatera den svenska personsaneringsstrategin
3. Betänk behov av särskilda saneringsmedel
4. Klargör hur personsanering ska integreras i den medicinska vårdkedjan.

Nyckelord: Personsanering, kemiska ämnen, medicinskt omhändertagande

Summary

Decontamination can be a life-saving measure for victims exposed to hazardous chemicals, in particular for chemicals that cause local skin effects and for chemicals with dermal uptake producing systemic toxicity. In such events, skin decontamination is also important to avoid secondary contamination to the emergency personnel and surrounding environment.

Skin decontamination can be performed using various dry or wet procedures and may include specific decontamination products. However, chemical exposures requiring specific decontamination procedures are rare, which means that generic procedures are usually adequate. Particular chemicals may, though, require specific skin decontamination procedures or products to reach sufficient efficacy. Decontamination of wounds, hair and eyes is also important in the management of chemically exposed individuals.

This report describes the present scientific knowledge in skin decontamination, and current civilian and military skin decontamination strategies in selected countries and organizations. In addition, integration of skin decontamination in the medical chain is discussed. Finally, in the report we provide recommendations for the Swedish skin decontamination strategy based on the current state of knowledge. The recommendations are the following:

1. Identify chemicals with a skin contact risk and, thus, a requirement for decontamination
2. Update the Swedish decontamination strategy
3. Evaluate the need for specific decontamination products
4. Elucidate the integration of skin decontamination in the medical chain

Keywords: Decontamination, chemical agents, medical management

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Farliga ämnen	8
1.1.1	Gaser och flyktiga vätskor.....	8
1.1.2	Vätskor (lågflyktiga)	9
1.1.3	Fasta ämnen.....	9
2	Utveckling inom forskningsområdet personsanering.....	10
2.1	Personsaneringsprocedurer och -medel	10
2.2	Sanering av hår	11
2.3	Sanering av ögon	11
2.4	Sanering av sår och kemisk brännskadad hud.....	12
3	Personsaneringsstrategier i Sverige	13
3.1	Civila personsaneringsstrategier	13
3.1.1	Livräddande personsanering	14
3.1.2	Fullständig personsanering.....	14
3.1.3	Specifika personsaneringsmedel	15
3.1.4	Sanering av sår.....	15
3.1.5	Sanering av hår	15
3.1.6	Sanering av ögon.....	15
3.1.7	Personsanering i olika delar av Sverige.....	16
3.2	Försvarmaktens personsaneringsstrategi.....	18
3.3	Personsanering i totalförsvaret.....	18
4	Personsaneringsstrategier i andra länder och organisationer.....	18
4.1	Civila och militära personsaneringsstrategier i utvalda länder.....	18
4.1.1	USA	18
4.1.2	Storbritannien	20
4.1.3	Norge.....	20
4.1.4	Frankrike.....	21
4.1.5	Indien.....	22
4.1.6	Australien.....	22
4.1.7	Japan.....	23
4.2	Personsaneringsstrategier i utvalda organisationer.....	23
1.1.1	4.2.1 Nordatlantiska fördragsorganisationen (Nato)	23
4.2.2	Världshälsoorganisationen (WHO)	24
4.2.3	Organisationen för förbud mot kemiska vapen (OPCW).....	24
4.2.4	Läkare utan gränser (MSF).....	24
5	Personsanering i den medicinska vårdkedjan.....	24
5.1	Sverige	24
5.2	Övriga exempel	25

5.2.1	WHO.....	25
5.2.2	OPCW	26
5.2.3	Nato.....	26
6	Diskussion	27
7	Rekommendationer.....	29
8	Referenser	30
	Bilaga 1 - Prioriterade industrikemikalier.....	41

2 Inledning

Vid en händelse där människor exponeras för kemikalier som kan orsaka skadliga hälsoeffekter krävs särskild beredskap, kunskap och hantering. Detta definieras som en C-händelse oavsett om kemikalieexponering skett pga. olycka eller avsiktligt, t.ex. en terror- eller krigshandling. Störst risk för kemikalieexponeringar i Sverige bedöms vara vid transportolyckor eller bristande kemikaliehantering inom industrin. Dock bör stora skadeutfall i samband med olyckor betraktas som sällanhändelser [1]. Sett ur ett internationellt perspektiv har även avsiktliga C-händelser ägt rum de senaste åren där även mycket toxiska kemiska stridsmedel använts [2-6].

En väl fungerade samverkan är viktigt för att en C-händelse ska kunna hanteras på bästa sätt. Statliga myndigheter, t.ex. Socialstyrelsen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och länsstyrelser samt kommuner och regioner har olika ansvarsområden när det gäller beredskap och hantering av en C-händelse [7]. Vid en allvarlig C-händelse kommer flera olika kategorier av insatspersonal medverka, vilka har särskilda uppgifter på skadeplats eller senare i förloppet. För att omhändertagandet ska fungera optimalt fordras tydlighet i arbetsfördelning och kommunikation mellan olika aktörer, t.ex. information om vilka insatser som genomförts till nästa aktör i vårdkedjan (se avsnitt 3.1). Försvarsmakten har en egen personsaneringsstrategi (se avsnitt 3.2) som ur ett totalförsvarsperspektiv bör vara möjlig att samordna med civila insatser för omhändertagande av skadade.

Personsanering kan ingå i omhändertagandet av kemikalieexponerade på skadeplats och vid sjukhus, dock varierar behovet av personsanering beroende på typ av kemikalie och exponeringens omfattning [1]. Med personsanering avses flera olika åtgärder vars syfte är att minska eller avbryta exponeringen av de farliga ämnen som finns på den drabbade. Personsanering är inte enskilt en livräddande insats utan ska ses som en del av flera insatser i det medicinska omhändertagandet (se avsnitt 5). För att exemplifiera skillnader i saneringsbehov har exponering för olika kemikaliegrupper beskrivits i denna rapport (se avsnitt 1.1 Farliga ämnen). Personsanering är också av stor vikt för att förhindra att insats- och sjukvårdspersonal samt materiel, t.ex. fordon, kontamineras vid omhändertagandet av skadade. Personsanering kan genomföras med olika procedurer, vilka kan ha varierande effekt beroende på vilken kemikalie som någon exponerats för. För de flesta kemikalier ger generella saneringsmetoder godtagbara resultat men för vissa kemiska ämnen, t.ex. nervgaser, krävs mer omfattande personsanering, vilket medför behov av särskilda rutiner och tillgång till specifika saneringsmedel. Uppbyggnad av förmåga till sådan saneringskapacitet bör sättas i relation till behovet av beredskap för sällanhändelser [7]. Utöver hög effektivitet ska valda personsaneringsmetoder även kunna integreras i vårdkedjan utan att ha stor påverkan på andra insatser i det medicinska omhändertagandet. Särskilt viktig är tidsaspekten för sanering som minskar risken för livshotande skador hos den drabbade och skyddar sjukvårdspersonal i relation till behov av omedelbar insats av livräddande medicinsk behandling.

Kunskapen när det gäller personsaneringseffektivitet, både ur ett generellt perspektiv och för specifika kemikalier, har ökat tack vare den forskning som bedrivs både i Sverige och internationellt. Forskningen har i vissa länder resulterat i reviderade operativa procedurer. Syftet med denna rapport är att sammanställa det aktuella vetenskapliga kunskapsläget vad gäller personsanering efter kemikalieexponeringar och beskriva de saneringsprocedurer som används operativt, både civilt och militärt i Sverige och internationellt. Rapporten ger även rekommendationer för förbättrade svenska riktlinjer avseende personsanering utifrån det aktuella kunskapsläget.

2.1 Farliga ämnen

Farliga ämnen har olika egenskaper som utöver eventuellt saneringsbehov även påverkar hur ämnet sprids, riskområdets storlek, exponeringsvägar, tid till uppvisade av symtom, medicinskt behov och fara för insatspersonal. Nedan presenteras olika grupper av farliga ämnen och dess egenskaper. Ett farligt ämnes kemiska och fysikaliska egenskaper kan hämtas från olika informationsdatabaser, t.ex. MSB:s RIB Farliga ämnen, varuinformationsblad och Farligt gods-kort, vilka kan användas som beslutsunderlag vid en C-händelse [8]. Socialstyrelsens C-medicinska expertgrupp (C-MEG), som kontaktas via Socialstyrelsens tjänsteman i beredskap (TiB) och Giftinformationscentralen finns även de som resurser vid händelse med farliga ämnen [9,10]. Under 2020 slutfördes även en inventering och riskbedömning över de industrikemikalier som produceras eller transporteras i Sverige och som kan utgöra en särskild risk för stora skadeutfall vid inhalationsexponering [11].

2.1.1 Gaser och flyktiga vätskor

Gaser som förvaras tryckkondenserat och lättflyktiga vätskor har ett högt ångtryck, som medför att dessa enkelt kan spridas i luft och därmed är inandning den huvudsakliga exponeringsvägen. De vanligaste skadorna vid inandning av toxiska gasformiga ämnen uppkommer lokalt i luftvägarna, ögon och i vissa fall hud. För vissa kemikalier kan även upptag till blodet ske, vilket kan resultera i allvarliga systemtoxiska effekter.

Retande gaser

Retande gaser är ett samlingsnamn för kemikalier som kan orsaka skada i luftvägarnas slemhinnor och ge upphov till retsymtom i ögon. Vid exponering för höga koncentrationer kan allvarlig inflammation uppstå som kan leda till toxiskt lungödem (upp till 48 h efter exponering). Vanligtvis är retsymtom tidiga tecken på exponering men för vissa gaser kan dessa symtom saknas initialt. Andra vanligt förekommande symtom är hosta, andnöd och bröstsmärtor. Exempel på vanliga retande gaser är ammoniak, svavelväte och klor. I brandrök uppkommer även fler retande gaser. Exponerade individer med lindriga symtom kräver inte medicinsk behandling utan rekommenderas vila. Vid allvarliga symtom sätts symtomdämpande behandling in bestående av syrgas, bronkdilaterande medel och lokalt verkande inflammationshämmande kortikosteroider. Vid exponering för retande gaser där hudsymtom uppkommer rekommenderas personsanering, t.ex. efter kraftig hudexponering för ammoniak.

Vätefluorid/fluorvätesyra

Vätefluorid är en giftig och starkt frätande gas eller vätska med kokpunkten 19,5 °C. Fluorvätesyra är vätefluorid i lösning som avger ångor vid uppvärmning. Vid inandning av ångor uppkommer retsymtom, risk för toxiskt lungödem (som kan uppstå upp till ett par dygn efter exponering) och systemtoxiska effekter. Hudkontakt ger allvarliga frätskador med smärta som kan uppkomma även efter exponering för utspädda lösningar, dock med fördröjning av symptomutveckling upp till timmar. Hudexponering kan ge upphov till systemtoxiska effekter och livshotande förgiftning. Även ångor och stänk i ögonen ger allvarliga frätsår. I kroppen binder fluoridjonen till kalcium (hypokalcemi) och magnesium (hypomagnesemi) i kroppsvävnad, som leder till celledöd och smärta. Detta kan även leda till allvarliga hjärtarytmier. Hudkontakt kräver personsanering med specifikt saneringsmedel (se avsnitt 3.1.3).

Systemtoxiska gaser

Cyanid och kolmonoxid är vanligt förekommande i brandrök. Båda gaserna tas upp i blodet och orsakar systemtoxiska effekter. Kolmonoxidförgiftning leder till vävnadshypoxi och cellulär toxicitet med allvarliga konsekvenser där syrgasbehandling är viktig. Cyanid-/cyanväteförgiftning leder till blockerad celledning och symtom uppkommer inom minuter efter inhalationsexponering. Den medicinska behandlingen

består av antidot (natriumtiosulfat eller hydroxokobalamin) och syrgas. Cyanid i lösning är alkaliskt och kan ge frätskador, därmed krävs personsanering vid hudkontakt.

2.1.2 Vätskor (lågflyktiga)

Kemikalier i vätskeform med lågt ångtryck bedöms besitta särskild hudkontaktrisk och även utgöra risk för sekundär kontamination av omgivande miljö och personer.

Systemtoxiska ämnen

Bland de vätskor som ger systemtoxiska effekter beskrivs fenoler och organiska fosforföreningar i denna rapport.

Fenol är ett starkt frätande och giftigt ämne som ger nekros på hud, slemhinnor och ögon i lösningar över 3 %. Utspädda lösningar tas särskilt väl upp genom hud. Hudkontakt kräver personsanering med specifikt saneringsmedel (se avsnitt 3.1.3). Fenol har även allvarliga systemtoxiska effekter med risk för cirkulationssvikt, påverkan på det centrala nervsystemet, lever, njurar och kan orsaka methemoglobinemi och metabolisk acidosis. Vid methemoglobinemi tillförs metyltjonin, vid acidosis ges natriumbikarbonat och vid cirkulationssvikt tillförs vätska och eventuellt dobutamin. Efter inandning av fenol är symtomutvecklingen likartad med retande gaser och behandlas medicinskt därefter.

Organiska fosforföreningar är ämnen som hämmar enzymet acetylcholinesteras i kroppen, vilket leder till ökade nervimpulser i det centrala och perifera nervsystemet. Aktiveringen ger ett kolinergt syndrom med typiska symtom; knappålsupplöslighet, kraftig salivering, inkontinens, kräkningar, kramper, andningssvårigheter, muskelstelhet och medvetslöshet. I gruppen organiska fosforföreningar ingår bland annat pesticider och kemiska stridsmedel i gruppen nervgaser. Vid inandning av flyktiga högtoxiska organiska fosforföreningar sker upptaget till blodet mycket snabbt och symtom kan uppkomma inom minuter. Lågflyktiga organiska fosforföreningar har sin primära upptagsväg via hud och leder till fördröjd symtomutveckling (~30 min upp till timmar efter exponering). Efter hudexponering finns ett tydligt personsaneringsbehov. Den medicinska behandlingen består av atropin (antimuskarin), oxim (reaktivator av acetylcholinesteras), krampdämpande behandling med diazepam och andningshjälp.

Frätande eller korrosiva ämnen

Vätskor som orsakar frätande eller korrosiva skador på hud och slemhinnor är vanligen starka syror eller baser. Dessa ämnen kan penetrera långt in i vävnaden och frätprocessen kan pågå i flera dagar efter exponering. Även symtom på allvarlig förgiftning som kräkning, salivering, smärta, hypotension/cirkulationssvikt och andningspåverkan kan förekomma. Exponerade individer behandlas med läkemedel för uppkomna symtom. Efter hudexponering krävs sanering nödvändig.

Senapsgas är ett kemiskt stridsmedel som ger brännskadeliknande effekter på hud och vid kraftig förgiftning även skadar ögon, andningsvägar och inre organ. Symtomen kan ofta vara fördröjda från några timmar upp till dygn efter exponering. Den medicinska behandlingen är symtomatisk, vid lungeeffekter sker behandling enligt retande gaser. Hudkontakt kräver personsanering med specifikt saneringsmedel (se avsnitt 3.1.3).

2.1.3 Fasta ämnen

Generellt anses fasta ämnen ha mycket liten förmåga att penetrera huden, dock kan exponeringsförhållanden såsom svettig hud eller fuktig miljö öka upptaget. Detta har visats bland annat för opioiden fentanyl [12].

Ett exempel på fast ämne med saneringsbehov är kaliumcyanid, saltet av syran vätecyanid, som kan orsaka frätskador vid hudkontakt och även ge symtom som huvudvärk, yrsel, kräkningar och i allvarliga fall kramper, lungödem, andnings- och hjärtpåverkan. Medicinsk behandling ges enligt exponering för cyanider (se avsnitt 1.1.1).

3 Utveckling inom forskningsområdet personsanering

3.1 Personsaneringsprocedurer och -medel

Den amerikanska civila organisationen *Biomedical Advanced Research and Development Authority* (BARDA), som är en del av *United States Department of Health and Human Services Office of the Assistant Secretary for Preparedness and Response*, har finansierat projekt med målet att ta fram evidensbaserade riktlinjer för avklädning och personsanering vid masskadehändelser med kemiska ämnen. Bakgrunden till detta var bl.a. en undersökning om hur saneringsstrategierna ser ut hos räddningstjänster i USA [13]. Undersökningen visade stor variation i utförande bland räddningstjänsterna och ett behov av nationella riktlinjer. BARDA-projektet har resulterat i en serie av skrifter där en optimerad saneringsprocedur presenteras med riktlinjer i tre perspektiv: strategiskt, taktiskt och operativt [14-16].¹ Proceduren har baserats på experimentella studier *in vitro* och *in vivo*, där tvätt av både hud och hår har beaktats. Studier har genomförts både i USA och i Storbritannien. Genom exponering för similiämne på friska frivilliga försökspersoner har utvärdering av personsaneringsprocedurer genomförts. Dessa visade att en procedur med avtorkning, avsköljning och tvätt var mer effektiv än enbart våtsanering (*rinse-wipe-rinse*) [17-22]. För avtorkning har flertalet absorberande material som finns i ambulanser och vid sjukhus utvärderats och visats vara fördelaktiga för saneringseffektiviteten efter exponering för kemiska ämnen i vätskeform [20,23]. Dock är betydelsen av avtorkning större för borttagning av kemiska ämnen från hud än från hår [24]. Även metodiken för att studera sanering av hår i mer realistisk kontext har utvecklats [25]. Den operativa proceduren presenteras i avsnitt 4.1.1.

Även i Storbritannien har en optimerad saneringsprocedur etablerats, baserad på vetenskapliga studier (se avsnitt 4.2.1) [26]. Förutom ovanstående studier har även våtsanering reviderats och ett tidsoptimerat protokoll har utvecklats i EU-projektet *Optimisation through Research of Chemical Incident Decontamination System* (ORCHIDS) som pågick 2008-2011. I experimentella studier visades ORCHIDS-protokollet (tidsåtgång cirka 1,5 min) vara lika effektiv som den tidigare våtsaneringsproceduren (tidsåtgång cirka 3 min). Dessutom är den kortare tiden fördelaktig för att öka flödet av exponerade individer genom saneringsproceduren vid en masskadehändelse [27].

Optimerade personsaneringsprocedurer har även utvärderats för specifika saneringsmedel, primärt efter hudexponering för kemiska stridsmedel. Av de befintliga saneringsmedel som utvärderats har *Reactive Skin Decontamination Lotion* (RSDL) visat på högst saneringseffektivitet efter hudexponering för organiska fosforföreningar [28-33]. Ett optimerat protokoll för RSDL, som har högre effektivitet än tillverkarens rekommenderade procedur, har även etablerats [34]. Likaså har sanering med RSDL efter nervgasexponering utvärderats i kombination med medicinsk behandling [35]. Kombinationen av sanering och medicinsk behandling visade sig vara effektivare än de två komponenterna var för sig.

En nackdel med RSDL är den begränsade hållbarheten på fem år som angetts av tillverkaren. En amerikansk studie har studerat effektiviteten av RSDL i upp till fem år efter angivet utgångsdatum. Efter perkutan exponering för nervgasen VX *in vivo* visade det sig att utgången RSDL har likvärdig effektivitet som produkt som använts inom den giltiga hållbarhetstiden [36], vilket indikerar möjlighet till längre förvaringstider och därmed lägre kostnader. Innehållet i RSDL visades även vara helt överensstämmande mellan produkter inom och utanför hållbarhetstiden, dock hade saneringslösningen ändrat

¹ Primary Response Incident Scene Management [PRISM]

färg från ljusgul (inom hållbarhetstid) via grå (tre år över utgångsdatum) till svart (fem år över utgångsdatum).

Kylning av hud som ett steg i personsaneringsproceduren av nervgaser har visats öka effektiviteten, genom att agens som bildat depåer i hud stabiliserats och därmed möjliggjort att saneringsmedlet kan nå ämnet. Dock är potentialen att använda kylning i operativa situationer begränsad då det kan leda till hypotermi hos den drabbade [37,38]. Även saneringsmedel som Fuller's Earth (absorberande pulver) och Fast-Act® (pulver med absorberande och nedbrytande egenskaper) har visats vara effektiva efter hudexponering för kemiska stridsmedel [39,40].

Utvärdering av sköljning med vatten och tvätt med tvål och vatten har genomförts efter hudexponering för industrikemikalier och similiämnen för kemiska stridsmedel [41]. Studien visade att sköljning med vatten är lika effektivt som tvätt med tvål och vatten oberoende av exponeringskemikaliernas fett- och vattenlöslighet. Olika kommersiella tvålar/detergenter har också utvärderats efter hudexponering för senapsgas och paraoxon, vilket resulterade i en generell modest saneringseffektivitet där tvålen Argos® visades vara den mest effektiva [42,43]. Tvätt med tvål och vatten har också visats leda till ökad hudpenetration av vissa kemiska ämnen, t.ex. nervgaser, vilket försvårar framtagande av generiska saneringsprocedurer med hög effektivitet för alla tänkbara kemikalier [34,44].

För sanering av kemiska stridsmedel har även studier genomförts med målsättningen att identifiera nya saneringsmaterial som både har absorberande och nedbrytande egenskaper. Framför allt har partikulära material, t.ex. metallorganiska ramverk (MOF) och polyoxymetaller, gett god effekt i experimentella studier [45-54]. Även andra former av beredningar, t.ex. emulsioner och geler, har visats kunna vara fördelaktiga genom deras höga absorptionsförmåga [55-59]. Därutöver har funktionaliserade absorbenter med nedbrytande förmåga visats vara effektiva för sanering av organiska fosforföreningar [60].

3.2 Sanering av hår

Förekomsten av hår ger kemiska ämnen högre förmåga att penetrera hud genom den follikulära passagen [61]. Sanering av hår har studerats i liten utsträckning, dock finns resultat som visar att sköljning med enbart vatten inte är tillräckligt effektivt för borttagning av kemiska ämnen [24,25,62]. Saneringsmedlen RSDL och Fuller's Earth minskade signifikant mängden similiämne för senapsgas och VX från hår jämfört med sköljning med vatten, dock kunde kvarvarande mängder av ämnet detekteras även efter den effektivare saneringen [62,63].

3.3 Sanering av ögon

Efter ögonexponering för kemikalier har främst passiv sanering med vatten, 0,9 % natriumkloridlösning, buffrad fosfatlösning eller Ringers acetatlösning använts. För att undvika brännskador på ögonen används även aktiv sanering i form av lösningar som difoterin. En studie av ögonsanerings effektiviteten utförd vid två tyska sjukhus (totalt 1495 patienter mellan 1988-2017) visade att sköljning med difoterin (Previn®) eller sköljning initialt med vatten och sedan difoterin resulterade i signifikant lägre antal svåra brännskador på ögonen jämfört med andra passiva saneringsprotokoll [64]. Generellt har difoterin visats vara effektiv och inte ge några biverkningar [65]. En kinesisk variant av difoterin har visats vara mer effektiv än Previn® efter ögonexponering för natriumhydroxid och saltsyra [66]. Användning av buffrad fosfatlösning för behandling av kemiska brännskador på ögonen har också visats ge förkalkning av hornhinnan [67,68]. Natriumkloridlösning har också visat sig ha låg effektivitet efter exponering för natriumhydroxid [69,70]. För att balansera pH i ögat efter exponering för natriumhydroxid visade sig difoterin och *Cederroth Eye Wash solution* vara effektivare än fosfatbuffert och vatten [71]. Vid fördröjd initiering av ögonsanering efter exponering för natriumhydroxid visades att pH snabbt ökade och detta kunde motverkas genom sköljning med vatten omedelbart efter exponering [72].

Efter ögonexponering för vätefluorid/fluorvätesyra har studier visat att Hexafluorine® är effektivare än vattensköljning och kalciumglukonat när det gäller att motverka skador [73-75]. En lösning av mannitol har även den visat sig vara effektiv för att sanera ögon efter exponering för fluorvätesyra [76]. Genom att utvärdera användning av enbart vattensköljning vid sanering av ögon har det konstaterats att denna metod leder till utveckling av brännskador och sjukvårdsbehov [68,77]. Efter ögonexponering för senapsgas består de aktuella rekommendationerna av sköljning med vatten och topikal antibiotika [78]. Dock har difoterin visats vara effektivare än natriumkloridlösning efter ögonexponering för kvävesenapsgas [79].

3.4 Sanering av sår och kemisk brännskadad hud

Behov av särskilda saneringsåtgärder kan uppstå vid sanering av skadad hud och öppna sår, t.ex. då huden skadats av själva kemikalien eller vid kombinationsskador med trauma. I en sammanställning av studier där effektivitet av sanering efter exponering för korrosiva kemikalier undersökts, har vattensköljning beskrivits vara effektivast baserat på hur allvarliga brännskadorna är och hur lång sjukhusvistelsen blir [80]. Dock har detta ifrågasatts då effektiviteten av difoterin och Hexafluorine® beskrivits vara högre än enbart vattensköljning [81-84]. För t.ex. tetrametylammoniumhydroxid har en studie visat att användning av difoterin minskar risken för både hudskador och systemtoxiska effekter [85]. Detta styrks framför allt av den större mängden vatten (17 gånger mer) som krävs för att uppnå samma resultat som difoterin [86]. Även kliniskt har difoterin visats vara effektivare än vatten i att motverka kemiskt inducerade brännskador på hud [87,88]. Användning av difoterin har inte heller visats leda till överkänslighet på hud [89].

I en retrospektiv studie av kemiskt brännskadade patienter vid ett sjukhus i Storbritannien (99 patienter mellan 2001-2012) jämfördes utfallet mellan de som sanerats med vattensköljning, natriumkloridsanering och avlägsnande av exponerad vävnad [90]. Av dessa metoder visade det sig att vattensköljning var effektivast för att motverka skador hos de drabbade.

I en studie har Hexafluorine® demonstrerats vara mer effektiv än kalciumglukonat efter allvarlig hudexponering för fluorvätesyra [91]. Hexafluorine® har även visats vara effektiv för att motverka systemiska effekter vid fördröjd sanering av hud exponerad för fluorvätesyra [92]. Dock finns en annan studie som visar likvärdig effektivitet för Hexafluorine® och vattensköljning efter fluorvätesyraexponering baserat på systemtoxiska störningar i elektrolytbalans [93]. Olika komplexbildande ämnen (Ca^{2+} , Mg^{2+} och Al^{3+}) har utvärderats för deras förmåga att absorbera fluoridjoner efter vätefluoridexponering på hud [94]. I jämförelse med spolning med enbart vatten observerades dock ingen förhöjd effekt av komplexbindarna. Däremot var tidsfaktorn för initierad sanering en kritisk parameter.

Sanering av sår med WoundStat™ efter exponering för soman, VX och senapsgas har visats vara effektivt avseende minskade symtom och överlevnad [95-99]. För senapsgasexponering har en formulering tagits fram (DRDE/WH-01) som är effektiv för sårsanering och som dessutom påskyndar sårsläkning [100]. I en studie där effektiviteten av natriumhypokloritlösning, kalciumhypokloritlösning och vattensköljning jämfördes vid sanering av senapsgasexponerade sår observerades ingen signifikant skillnad mellan procedurerna [101]. Dock noterades att huden runt intilliggande sår var mer påverkad hos de som genomgått sanering jämfört med kontroller utan sanering, vilket kan ha orsakats av att agens sprids ut vid sanering som innefattar spolning. Användning av RSDL för sanering av sår har rapporterats försämra förmågan till sårsläkning [102,103]. I en tidigare FOI-studie visades dock att RSDL applicerad i ytliga eller djupare sår endast ger milda skadliga effekter och rekommendationen var att RSDL bör användas om utebliven sanering orsakar allvarliga konsekvenser [104]. God effekt av sanering genom kirurgiskt

avlägsnande av vävnad vid kombinationsskador efter senapsgasexponering har också demonstrerats, främst för att undvika kontaktrisker för sjukvårdspersonal vid fortsatt omhändertagande av den drabbade [105].

4 Personsaneringsstrategier i Sverige

4.1 Civila personsaneringsstrategier

Den svenska personsaneringsstrategin och dess nuvarande metodik finns beskrivna i två rapporter utgivna av Socialstyrelsen [1, 106]. Planering och samverkan mellan aktörer för samhällets beredskap att genomföra bland annat personsanering vid händelser med farliga ämnen har redovisats i en separat rapport [7]. Därutöver har användning av mobila saneringsenheter och enheter för personsanering på sjukhus beskrivits [107-109]. Livräddande personsanering beskrivs även i den åtgärdskalender för farliga ämnen som tagits fram i samarbete mellan lokala, regionala och nationella aktörer från Sverige och Norge [110].

Skadeområdet vid C-händelse delas upp i tre zoner (het, varm och kall zon). Uppdelningen baseras på bedömningen av risken för hälsofarlig exponering och avgör vilken nivå av skyddsutrustning som krävs i respektive zon. Zonindelningen ger även inriktning för var sanering ska genomföras, se figur 1. Flera insatsorganisationer, bl.a. räddningstjänsten, polis och sjukvård, är delaktiga i hanteringen av händelse på en skadeplats. Beslut om personsanering på skadeplats tas av den medicinskt ansvarige men ansvaret för utförandet av livräddande personsanering (grov-sanering) har räddningstjänsten. Sjukvården ansvarar för fullständig personsanering på skadeplats eller vid sjukhus. Dock kan det praktiska genomförandet skilja mellan olika regioner.



Figur 1. Zonindelning och utplacerade saneringsplatser på skadeområde vid C-händelse. Bild från Socialstyrelsen.

I Sverige delas personsaneringsstrategin in i två delar, livräddande och fullständig personsanering (se avsnitt 3.1.1 respektive 3.1.2). Socialstyrelsen beskriver två metoder för sanering, våt och torr. Vid våtsanering används tvål och vatten, alternativt sköljning med enbart vatten. Vid kombinationsskador av trauma, t.ex. sår och öppen fraktur, och kemisk exponering används avskärmning (paketering av traumaskadat område) för att undvika smärta hos patient under sanering av övriga delar av kroppen. Sanering eller avlägsnande av det potentiellt kontaminerade traumaskadade området på kirurgisk väg utförs sedan på sjukhus under lokal eller generell anestesi. Torrsanering inkluderar nedbrytning och absorption av farligt ämne med Personsaneringsmedel 104 (PS104, se

avsnitt 3.1.3). Destruktion (nedbrytning) av farliga ämnen ingår endast där PS104 rekommenderas. Vilka principer som avgör saneringsmetod presenteras i tabell 1. Saneringsprinciper för sår, ögon och hår beskrivs i avsnitt 3.2.

Tabell 1. Principer för personsanering i Sverige [1].

Exponering	Åtgärd
Exponerad för gas, utan hudsymtom (under förutsättning att ämnet inte är känt för att ge fördröjda symtom)	Avklädning, hygiendusj vid senare tillfälle
Exponerad för gas, med hudsymtom	Livräddande personsanering/grovsanering, vid behov fullständig personsanering
Exponerad för vätska eller fast ämne	Livräddande personsanering/grovsanering, vid behov fullständig personsanering

4.1.1 Livräddande personsanering

Livräddande personsanering omfattar avklädning och avspolning. Efter exponering för gas utan hudsymtom är avklädning fullt tillräckligt för effektiv sanering. Vid behov kan även omedelbar fullständig personsanering genomföras.

Vid avklädning klipps eller skärs kläderna bort och inga kläder får dras över huvudet. Kläder och andra personliga ägodelar ska samlas i plasticsäckar. Efter avklädning ska exponerade individer spoljas med rikliga mängder vatten. Vattnet ska helst vara varmt tempererat. Vid avsaknad av tempererat vatten kan även kallt vatten fungera. För att undvika nedkylning (hypotermi) ska sanerad individ snabbt torkas torr på ren sida. Gående kontaminerade genomför sanering själva men instrueras kontinuerligt om förloppet och vid behov ges assistans vid tvätt av områden som är svåråtkomliga.

För skadade som ligger på bår krävs två till tre personer som genomför den livräddande personsaneringen. Saneringen genomförs med den drabbade på en saneringsbår. Avlägsnande av kläder och vattensköljning genomförs som ovan. Den skadade vänds under saneringen så att även ryggsidan kan sköljas. Efter genomförd sanering flyttas patient över till ren bår.

Räddningstjänst paketerar eventuellt patient eller kontaminerade kroppsdelar efter genomförd sanering [11]. En individ som har genomgått livräddande personsanering är ofta i princip färdigsanerad utom t.ex. naglar, hår, öron. En paketerad patient kan handhas av personal utan speciell skyddsutrustning. Paketering ska enbart brytas vid behov av livräddande åtgärder. Detta kräver att val av personligt skydd är korrekt samt att information om hur arbetskläder och eventuell ambulans efter transport ska hanteras (eventuell sanering). En sanerad/paketerad patient ska även svepas in i filter för att undvika hypotermi.

4.1.2 Fullständig personsanering

Den fullständiga personsaneringen genomförs av sjukvården på skadeplats eller vid sjukhus. Beslut om behov av fullständig personsanering på skadeplats tas av medicinskt ansvarig. Om kontaminerad patient kommer direkt till sjukhus är första steget avklädning enligt tidigare beskrivning (se avsnitt 3.1.1).

Fullständig våtsanering genomförs genom spolning med rikliga mängder vatten, tvätt med tvål och vatten och sedan spolning med rikliga mängder vatten. Kroppen tvättas uppifrån och ner för att undvika ökad inhalationsrisk och noggrannhet krävs för att avlägsna det kemiska ämnet från hudveck och andra höljda områden såsom armhålor, ljumskar och mellan fingrar och tår. Mekanisk rengöring ingår då tvättsvampar används under tvättning. Efter sanering ska den sanerade förflyttas till ren sida och torkas torr. Gående patienter genomför sanering själva men instrueras och ges assistans vid behov. Liggande patienter saneras med samma metodik av sjukvårdspersonal med patienten liggande på en saneringsbår.

Vissa kemikalier, t.ex. vit och gul fosfor och alkalimetaller, kräver dock en saneringsmetodik som inte initieras med vattensköljning pga. att det sker en reaktion mellan vatten och kemikalier. För alkaliska metaller och fosfor ska hudytor initialt hållas fuktiga med våta kompresser/handdukar för alkalimetaller och fotogen eller liknande för fosfor. Synliga bitar av fosfor avlägsnas med pincett eller liknande och därefter kan huden tvättas med tvål och vatten. Efter fosfor- eller alkalimetall exponering kan det kontaminerade området behöva kirurgisk excideras om annat avlägsnande inte fungerar. Om det kemiska ämnet blir klibbigt på hud ska detta försöka avlägsnas med träspatel eller liknande innan vattenspolning initieras.

4.1.3 Specifika personsaneringsmedel

Efter hudexponering för vätefluorid/fluorvätesyra, senapsgas och fenol finns specifika saneringsmedel upptagna i Giftinformationscentralens antidotregister [112].

Tabell 2. Specifika saneringsmedel och dess användning.

Farligt ämne	Saneringsmedel	Aktiv substans	Procedure
Vätefluorid/ fluorvätesyra	HF Antidote Gel/Calgonate	2,5 % kalciumglukonat	Spolning med rikliga mängder vatten Avtorkning Applicera HF Antidote Gel på exponerade partier
Senapsgas	Personsanerings- medel 104 (PS104)	2/3 klorkalk och 1/3 magnesiumoxid	Pudra PS104 över huden Massera in försiktigt, borsta bort efter någon min Tvätta med tvål och vatten
Fenol	Makrogol 400		Spolning med stora mängder vatten Tvätta med Makrogol 400, minst 10 min

4.1.4 Sanering av sår

Sår som exponerats för kemikalier spolas vanligen med vatten [1, 106]. Vid sårskada där sanering ej kan genomföras i saneringsenhet pga. smärta för patient ska skadan isoleras med plast eller liknande tills vävnaden kan avlägsnas på kirurgisk väg eller sanering kan genomföras under lokal eller generell anestesi. Det rekommenderas inte att specifika saneringsmedel som PS104 används i sår.

4.1.5 Sanering av hår

I Sverige saneras hår och skägg genom schamponering två gånger med noggrann vattensköljning mellan och efter schamponeringarna [1, 106]. För liggande patienter ska, om möjligt, huvudet hållas utanför bären. Om kemikalierna inte går att tvätta bort ska hår respektive skägg klippas av.

4.1.6 Sanering av ögon

Vid kemikalieexponering i ögon rekommenderas spolning med vatten alternativt specifik ögonsköljning [1, 106]. Hur länge ögonen ska sköljas beror på vilken kemikalie den drabbade exponerats för. Vid ögonexponering ska eventuella kontaktlinser avlägsnas.

För frätande ämnen sker sköljning i 15 min och därefter upprepad sköljning. Irriterande ämnen ska sköljas i 5 min och okända substanser i minst 15 min. Exponering för syror och baser kan ge upphov till smärta, vilket ger svårigheter att hålla ögonen öppna, följaktligen krävs lokalbedövning (tetracain ögondroppar). Efter fenolexponering finns Makrogol 400 (33 %) som ögonsköljvätska, som spolas i 15 min och sedan upprepas kontinuerligt. Specifika saneringsmedel, t.ex. RSDL och PS104, ska inte användas i ögonen.

I arbetsmiljö är stänk i ögonen den vanligaste anmälda kemikalieolyckan och därför ska ögonspolningsanordning finnas i omedelbar närhet till plats med potentiell exponeringsrisk [113]. Ögonspolningsanordningen ska normalt vara fast ansluten och

kunna ge tempererat vatten under minst 15 min. Vid behov ska det kompletteras med ögonspolflaskor eller sprayflaskor. Ögonsköljning på arbetsplatser innehåller vanligen 0,9 % natriumklorid, vilket motsvarar ögats normala salthalt och förhindrar sveda som kan uppkomma vid sköljning med enbart vatten.

4.1.7 Personsanering i olika delar av Sverige

I Sveriges 21 län och regioner varierar den allmänna tillgängligheten på information om personsaneringsstrategier. Nedan beskrivs personsaneringsstrategierna i fem utvalda regioner med olika folkmängd och geografiskt läge.

Jämtlands län och Region Jämtland Härjedalen

I Jämtlands län upprättades en plan för olyckor med farliga ämnen 2015, vilken omfattar prehospitalt omhändertagande [114]. De aktörer som behandlas är räddningstjänsten, Polis, sjukvården, larmcentralen, kommuner och Länsstyrelsen. Räddningstjänsten utför den livräddande personsaneringen som omfattar avklädning, duschning och tvättning (tvål och vatten eller vid behov hypoklorit). Tempererat vatten föredras för att undvika hypotermi. Kläder/filtar ordnas till de drabbade. Därefter tar sjukvården över ansvaret och antingen fullständig personsanering på plats eller transporterar den skadade till saneringsanläggning på sjukhus. Beslut om fullständig personsanering tas enligt riktlinjen att ”det farliga ämnet avlägsnas på sådant sätt och i sådan omfattning att skadeverkan på individen upphör och att det inte finns risk att omgivningen kontamineras”.

För sjukvården finns personsanering beskriven av Region Jämtland Härjedalen 2016 [115]. I denna beskrivs kortfattat prehospitalt omhändertagande av flera aktörer men fokus ligger främst på sjukvårdens ansvar prehospitalt och på sjukhus. De ämnen som ska saneras är gas som ger hudsymtom, fasta eller flytande ämnen och kemiska stridsmedel. Efter exponering för gas utan hudsymtom är avklädning tillräckligt. De personsaneringsmetoder som beskrivs är avklädning, våtsanering (tvål och vatten) torrsanering (PS104). Våtsanering genomförs enligt principen ”duscha, tvätta, duscha”, dvs. duschning, tvätt med tvål och vatten, och därefter duschning igen. För liggande patienter ska tvättning med tvål och vatten genomföras två gånger per sida. PS104 används för kemiska stridsmedel som följs av tvätt med tvål och sköljning med vatten. Detaljerad beskrivning för sanering av extremiteter som naglar samt ansikte, hår och skägg, ögon, näsa, mun och sår ingår också. Även nationella förstärkningsresurser från MSB och Totalförsvarets skyddscentrum (SkyddC) beskrivs.

Stockholm

För Stockholms län finns en regional katastrofmedicinsk plan, upprättad 2011 [116]. Upptagna aktörer vid särskild händelse är räddningstjänsten, polis och sjukvård men även SOS Alarm, Sjö- och flygräddningstjänst, Sjöräddningstjänst, Flygräddningstjänst, Länsstyrelsen, Försvarsmakten, Kustbevakningen och Storstockholms lokaltrafik.

Livräddande personsanering på skadeplats utförs av Räddningstjänst genom avklädning och spolning med vatten. Om detta inte är möjligt ska sjukvårdspersonal i skyddsutrustning genomföra spolning och därefter klä av och sanera patienten utanför den heta zonen. Efter sanering ska drabbade svepas in i filter för att undvika hypotermi och därefter sker transport till sjukhus. Möjlighet till ögonsköljning ska finnas i ambulans. I särskilda läkemedelsenheter ska saneringspulver för senapsgas finnas tillgängligt.

Alla akutsjukhus i Region Stockholm ska kunna ta emot patienter vid C-händelser och saneringsutrymme ska finnas enligt Socialstyrelsen riktlinjer [1].

Västra Götaland

Inom Västra Götalands län har projekt bedrivits för att utveckla kapaciteten att hantera CBRNE-händelser, vilket beskrivs i rapporter från 2012 och 2013 [117,118]. Rapporterna beskriver på den tiden befintlig kapacitet och framtida önskad förmåga. Räddningstjänsten ansvarar för den livräddande personsaneringen som utförs genom avklädning och tvätt

med tvål och vatten eller avsköljning med vatten. Utöver detta beskrivs de nationella resurserna för sanering.

Anvisningar för personsanering vid händelse med farliga ämnen för Region Västra Götaland reviderades under 2011 [119]. Sanering ska utföras vid exponering för gas som ger hudsymtom, fasta eller flytande ämnen samt kemiska stridsmedel. Efter exponering för gas utan hudsymtom är avklädning tillräckligt. PS104 används för kemiska stridsmedel som följs av tvätt med tvål och vatten. Fullständig personsanering genomförs genom tvätt med tvål och vatten. För liggande patienter ska tvättning med tvål och vatten genomföras två gånger per sida. Även bentonit/Fuller's Earth finns beskrivet som saneringsmedel. Övriga resurser som benämns är MSB nationella förstärkningsresurser, C-MEG och SkyddC.

Jönköping

Samverkan för personsanering i Jönköpings län beskrevs i en rapport från 2013 [120]. I regionen finns en arbetsgrupp för CBRN(E) bestående av räddningstjänsten, polis, Försvarmakten och Länsstyrelsen.

Räddningstjänsten ansvarar för genomförande av livräddande personsaneringen på skadeplats. Saneringen består av avklädning och spolning med vatten, som företrädesvis ska vara tempererat. Intvålning ska ske om ämnet inte är vattenlösligt. Därefter ska drabbade individer svepas in i filter för att undvika hypotermi. För att förhindra sekundärkontamination vid transport ska patient föras med barriärskydd, t.ex. inpackning i filter, även vid lågradig kontaminering.

Sjukvården ansvarar för den skadade efter genomförd livräddande personsanering och utför den fullständiga personsaneringen på sjukhus eller under särskilda omständigheter vid skadeområdet eller annan lokal. I praktiken genomför Räddningstjänsten den fullständiga personsaneringen på skadeplats. Fullständig personsanering utförs med rikliga mängder vatten och intvålning två gånger för att undvika ämnesrester i t.ex. hår eller hudveck, helst utförd i saneringsenhet. Spontanevakuerade till sjukhus ska hänvisas till saneringsenhet för beslut om livräddande eller fullständig personsanering.

Individ exponerad för gas med hudsymtom, fast ämne eller vätska ska våtsaneras medan för kemiska stridsmedel ska torrsanering med PS104 genomföras.

Skåne

Region Skåne har under 2019 uppdaterat sin plan för händelser farliga ämnen [121]. I planeringen beskrivs samverkan mellan räddningstjänst, polis, sjukvård och Länsstyrelsen. I Region Skåne finns en kemambulans, en regional resurs med specialutbildad akutsjukvårdspersonal som är utrustade för att utföra uppdrag i kontaminerad miljö med farliga ämnen. Kemambulansen kan utföra både livräddande och fullständig personsanering.

Den livräddande personsaneringen utförs av räddningstjänsten och omfattar avklädning samt sköljning med vatten. Vid behov av omedelbar fullständig personsanering i mobila saneringsanläggningar ansvarar räddningstjänstens för genomförande med stöd av sjukvårdspersonal, i första hand kemambulansen. Sjukvården ansvarar för fullständig personsanering i fasta saneringsanläggningar på sjukhus.

Exponering för gas utan hudsymtom kräver endast avklädning medan gaskontaminerade individer med hudsymtom ska sköljas med vatten. Endast individer exponerade för pulver eller vätskor behöver saneras innan oskyddad personal kan hantera dessa. För specifika ämnen kan särskilda åtgärder behövas. För information om särskilda saneringsbehov hänvisas till Giftinformationscentralen och C-MEG.

4.2 Försvarsmaktens personsaneringsstrategi

Inom Försvarsmakten finns primärt PS104 som saneringsmedel [122]. Även Personsaneringsmedel 105 (två förpackningar) ingår, vilket betyder RSDL, i personlig skyddsutrustning 90 vid kris eller krig för att skydda sig mot kemiska stridsmedel [123]. Utöver detta finns Saneringsutrustning 06/S, en mobil CBRN-saneringsutrustning som kan användas för personsanering (ca 100 personer/h) men även för att sanera materiel, fordon, vägar och broar [124].

4.3 Personsanering i totalförsvaret

Inget specifikt dokument har identifierats som beskriver personsanering i totalförsvaret. Dock har en ett allmänt underlag tagits fram för hälso- och sjukvårdsberedskap inom totalförsvaret där hantering av CBRN-händelser ingår [125].

5 Personsaneringsstrategier i andra länder och organisationer

I avsnitt 4.1 och 4.2 beskrivs personsaneringsprocedurer som används i utvalda länder och organisationer efter kemikalieexponering på intakt hud.

5.1 Civila och militära personsaneringsstrategier i utvalda länder

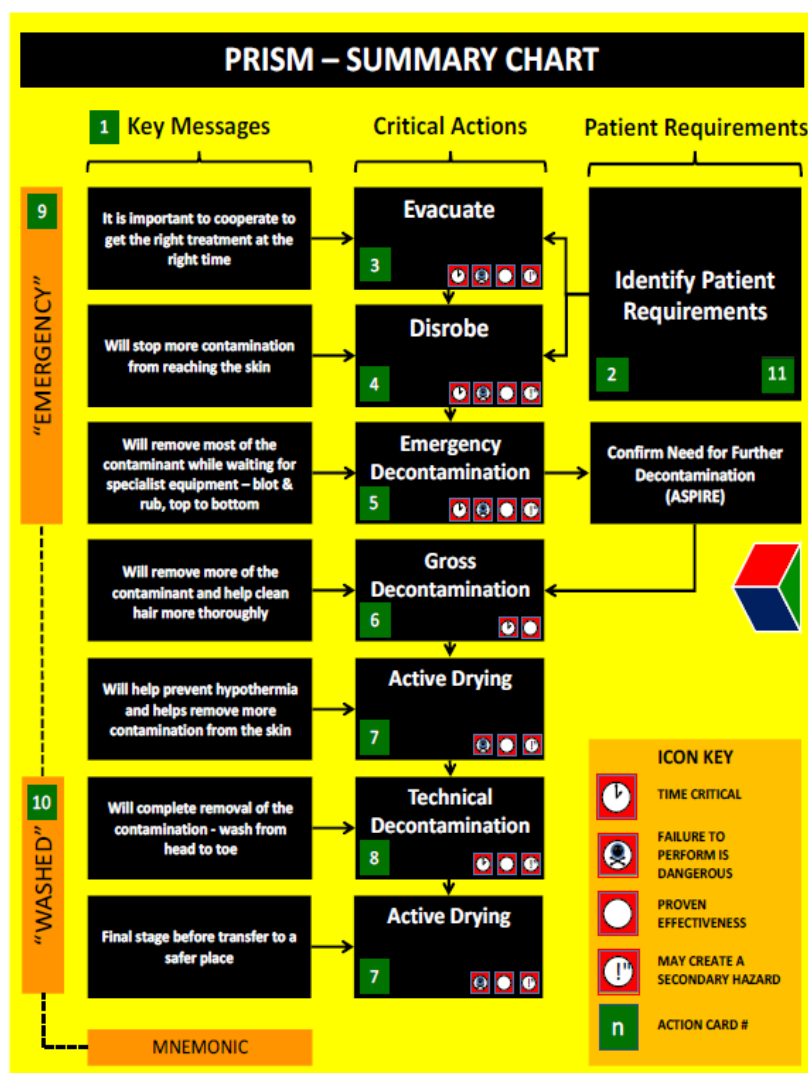
5.1.1 USA

Civila strategier

Baserat på forskningsresultat (se avsnitt 2) har en personsaneringsprocedur implementeras på nationell nivå i USA 2018, se figur 2 [126]. Dock bestäms vilka procedurer som används av respektive delstat. Riktlinjerna presenteras i skrifter där saneringsproceduren beskrivs ur tre perspektiv: strategiskt, taktiskt och operativt [14-16].² Det steg som specifikt lyfts fram är *Emergency decontamination*, som innebär omedelbar avtorkning med tillgängligt material, t.ex. papper, trasor eller handdukar, och som genomförs direkt efter avklädning. Detta har visats vara ett avgörande steg för att uppnå god saneringseffektivitet i väntan på tillgänglig vattenresurs för avsköljning/tvätt. Vid behov av ytterligare sanering används initialt *Gross decontamination*, vilket innebär avsköljning med vatten.³ Därefter kan *Technical decontamination* genomföras vid behov, alltså tvätt med tvål och vatten. Efter respektive våtsaneringssteg genomförs *Active Drying*, vilket innebär avtorkning med handdukar eller annat absorberande material.

² Primary Response Incident Scene Management (PRISM)

³ Ladder Pipe System (LPS)



Figur 2. Optimerad personsaneringsprocedur i USA [15].

Militära strategier

Inom USA:s försvarsmakt finns personsanering i tre nivåer efter C-händelse [127]:

1. Omedelbar personsanering (*Immediate decontamination*), som utförs av den drabbade själv eller via kamrat-hjälp. Saneringen genomförs med ett saneringskit. Om detta inte finns används tillgänglig torr- eller våtsaneringsmetod.
2. Livräddande personsanering (*Patient operational decontamination*), som utförs av den exponerades enhet som förberedelse inför transport. Den drabbade bär fortsatt sin skyddsutrustning som tvättas ren från kontaminering.
3. Fullständig personsanering (*Patient thorough decontamination*), som utförs av specialenheter utanför fältsjukhus eller liknande. Här sker avklädning av den drabbade och våtsanering av hår och kropp genomförs.

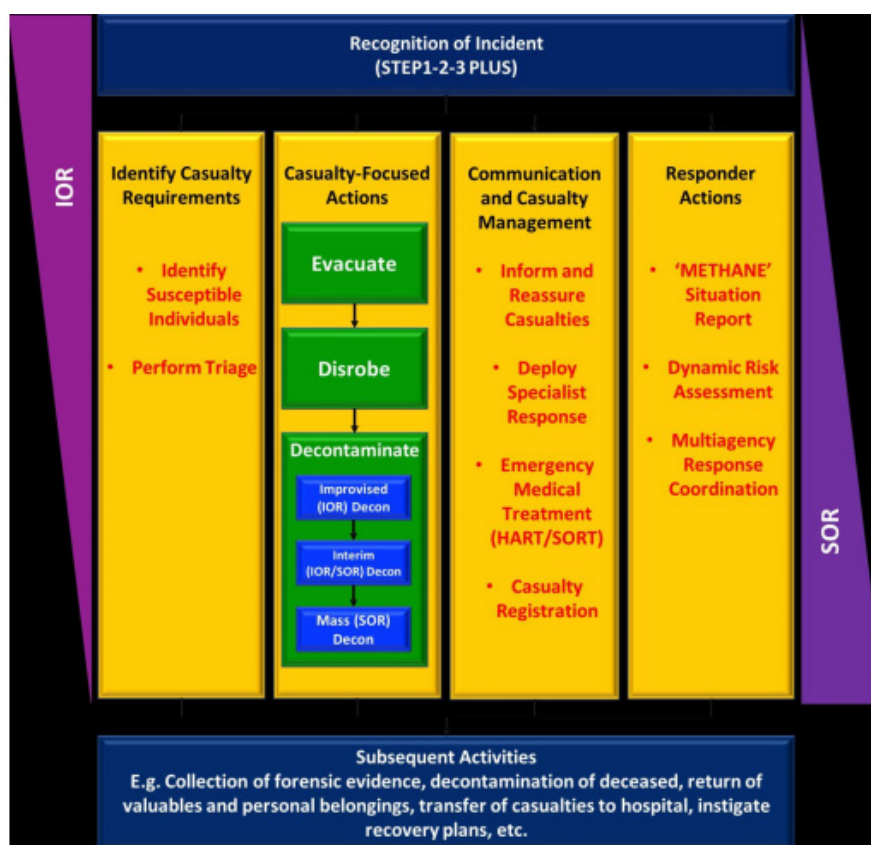
Under 2007 valdes RSDL ut som specifikt personsaneringsmedel för personal i USA:s försvarsmakt och ersatte det tidigare M291 SDK, som innehåller Ambergard XE-555-resin för absorption och nedbrytning. Ett RSDL-kit, en svamp impregnerad med RSDL, ska vara tillräckligt för att sanera händer, nacke och ansikte [128].

5.1.2 Storbritannien

Civila strategier

En uppdaterad personsaneringsprocedur för massanering har implementerats i Storbritannien 2014 (figur 3) [129-131]. Termen massanering syftar till saneringsmetodens kapacitet och inte det antal individer som kräver sanering. Efter avklädning sker avtorkning (*Improvised decon* av *Initial Operational Response*, IOR) vilket vid behov följs av *Interim* och/eller *Mass decon* av *Specialist (Strategic) Operational Response* (SOR). Vid omedelbar tillgång på vatten kan SOR initieras omedelbart utan att genomföra *Improvised decon*. *Interim* och/eller *Mass decon* består av tvättning med tvål och vatten enligt ett tidsoptimerat protokoll som etablerades i projektet ORCHIDS. Tvättsteget är beräknat att genomföras under 1,5 min där drabbad först duschas i tvål och vatten i 60 sek (Storbritanniens saneringsenheter kan tillsätta tvål/detergent direkt i duschvattnet) och sedan dusha i 30 sek i enbart vatten. Under duschning används trasa eller tvättsvamp för att förenkla borttagning av kemiskt ämne. Efter våtsanering genomförs torkning.

Avtorkning ska undvikas vid exponering för frätande ämnen där våtsanering istället omedelbart ska utföras.



Figur 3. Optimerad personsaneringsprocedur i Storbritannien [129].

Vid en CBRN-händelse har Storbritannien även tagit fram nationella riktlinjer för hur insatspersonal, inklusive potentiell involvering av militär, ska verka på skadeplats och framåt i omhändertagandet [132].

5.1.3 Norge

Civila strategier

I Norge finns riktlinjer från Helsedirektoratet för personsanering beskrivna i en handbok för CBRN-medicin [133,134]. Saneringsbehovet beskrivs enligt tabell 3.

Tabell 3. Saneringsbehov vid C-händelser [134].

Symtom	Åtgärd
Hudsymtom	Avklädning och sköljning före transport till sjukhus
Endast luftvägssymtom (ingen kontaminering på kropp/kläder/skor)	Avklädning (ingen sköljning) före transport till sjukhus
Luftvägs-/hud-/CNS-symtom vid misstanke om nervgas	Avklädning och sköljning före transport till sjukhus
Inga symtom men synlig kontaminering på kläder/skor	Avklädning och sköljning på skadeplats före vidare utvärdering. Ska till sjukhus vid misstänkt farligt ämne (kan ge symtom över tid)
Inga symtom och ingen synlig kontaminering på kroppen	Ingen sanering, men ska observeras och utvärderas senare av kompetent personal med tanke på symtomutveckling och saneringsbehov

Livräddande personsanering består av avklädning och, om möjligt, sköljning med vatten eller tvätt med tvål och vatten. Behov av ytterligare sanering sätts i relation till behovet av livräddande medicinsk behandling. Drabbade som har torra kläder och torr hud men avdunstar gas ska inte våt- eller torrsaneras. Observeras oljeaktig vätska på hud ska detta absorberas med Fuller's Earth, mjöl, tvålpulver eller en kompress och därefter tvättas hud med tvål och vatten. För nervgaser ska tvätt med tvål och vatten genomföras för alla individer exponerade för vätskeformig nervgas samt för individer som uppvisar symtom efter exponering av nervgas i gasform. Senapsgas, lewisit och fosgen ska skrapas bort innan tvätt med tvål och vatten.

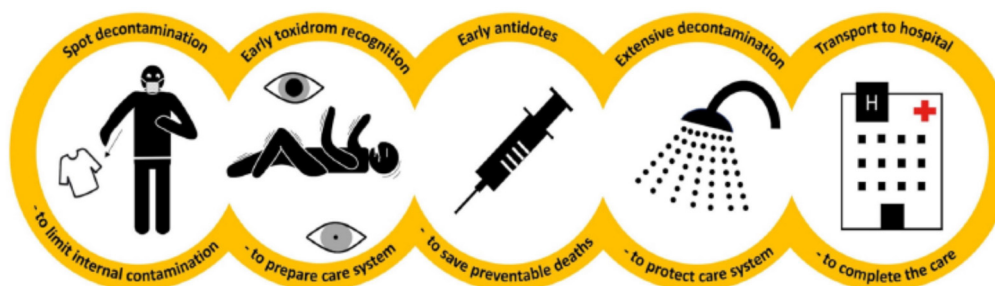
Militära strategier

Den norska försvarsmakten följer även Helsemyndighetens riktlinjer för personsanering [134]. Utöver de civila saneringsprocedurerna finns även RSDL tillgängligt för specifik personsanering i den norska försvarsmakten.

5.1.4 Frankrike

Civila strategier

För Paris räddningstjänst har ett system för CBRN-händelser tagits fram där personsanering ingår (figur 4) [135]. Det första steget är avklädning och sanering av exponerade hudytor, vilket genomförs med ett absorberande material alternativt RSDL. Därefter bedöms den drabbades symtom och akuta antidoter administreras, t.ex. atropin och hydroxokobalamin. Sedan genomförs fullständig personsanering med tvål och vatten, dock endast för fasta ämnen och vätskor. Fullständig personsanering genomförs främst för att undvika sekundärkontamination och bedöms inte påverka den drabbades tillstånd. Sanering vid C-händelser har företräde framför medicinsk behandling och transport till sjukhus.



Figur 4. Akut omhändertagande av individer exponerade för CBRN. System som används av Paris räddningstjänst [135].

5.1.5 Indien

Civila strategier

I Indien har *Ministry of Home Affairs* och *Ministry of Environment and Forests*, som är huvudansvariga för C-händelser, under 2007-2011 sammanställt tre rapporter som beskriver hantering av C-händelse [136-138]. Dessa rapporter ger riktlinjer för den kapacitet som bör etableras och innebär inte att detta är befintlig förmåga i Indien. C-händelser indelas i industriella katastrofer, kemiska katastrofer eller terrorism. Industriella katastrofer inkluderar spridning av kemikalier orsakat av felhantering vid industrier, dessa kan resultera i skador på industriområdet eller/och utanför området. Kemiska katastrofer orsakas av utsläpp, brand eller explosion och involverar en eller flera kemikalier under industriell verksamhet, lagring eller transport samt pga. naturliga händelser som leder till allvarliga effekter. Mellan åren 2002-2010 definieras 130 kemiska katastrofer ha skett med 259 dödsfall som följd. Under klassificeringen onaturlig orsak finns förgiftningar av t.ex. insekticider och läckage av giftiga gaser som 2009 resulterade i över 26000 dödsfall.

År 2011 saknades både fasta saneringsenheter vid sjukhus och mobila saneringsenheter för användning på skadeplats, vilket lyfts som ett behov, likaså tillräckligt antidotlager.

För individer som kan genomföra sanering själva rekommenderas avklädning och sedan tvätta med tvål och vatten. Rekommenderad procedur för personsanering ska innehålla 1) fysisk borttagning genom att borta bort, avsköljning eller använda absorptiva material, t.ex. Fuller's Earth, och 2) tvätt med tvål och vatten. Vätskor ska initialt saneras genom torrmetod. Kemiska stridsmedel uppges ska ha specifika saneringsprocedurer för respektive agens.

Under National Disaster Response Force finns den militära CBRN-förmågan, vilka ska kunna hantera nationella katastrofer, inklusive medhjälp vid masskadehändelser med personsaneringsbehov.

5.1.6 Australien

Civila strategier

Under 2015 uppdaterades Australiens riktlinjer av *Department of Health* för omhändertagande av individer exponerade för kemiska ämnen [139]. Riktlinjerna är utarbetade för att omhändertagandet ska vara generellt oavsett kemiskt ämne. Utöver beskrivning av omhändertagandet upptas en lista över 63 specifika ämnen eller ämnesgrupper vilka av nationella medicinska specialister bedömts ha störst risk att orsaka en katastrof i landet. Dessa delas in i tre grupper: kemiska stridsmedel, icke-letala kemiska vapen samt industriella och kommersiella kemiska ämnen. En C-händelse innefattar industriolyckor, naturkatastrofer, kemisk krigsföring, kriminella handlingar och terrorism.

Sanering på skadeplats genomförs i varm zon som synkroniseras med utförande av triage och första hjälpen-insatser. Sanering vid sjukhus ska utföras i fasta saneringsenheter utanför akutmottagningen.

Sanering på skadeplats eller sjukhus innebär avklädning av patient och tvätt med tvål och vatten som inkluderar användning av tvättsvamp alternativt pumptvål och handhållen dusch/sprayenhet. Den drabbade ska tvättas under 1-2 min. Särskild uppmärksamhet ska läggas på att tvätta hudveck och andra förtäckta områden. Inga särskilda saneringsmedel finns upptagna, dock beskrivs specifika kemikalier behöva utökad avspolningstid (10-15 min).

Patienter som sanerats på skadeplats bedöms ej behöva ytterligare sanering vid sjukhus. Vid osäkerhet om sanering genomförts på skadeplats eller att patient behöver ytterligare sanering, t.ex. efter ögonexponering för retande ämne, ska detta genomföras innan intag på akutmottagning. Drabbade som på egen hand kommer till sjukhus ska genomgå triage och personsanering innan de tas in på akutmottagning, detta oavsett exponeringskemikalie. Under sanering ska akut medicinsk omhändertagande genomföras vid behov.

5.1.7 Japan

Civila strategier

Inför OS och de Paralympiska spelen som skulle arrangerats 2020 i Tokyo har beredskap för kemisk terrorism förbättrats [140]. Nervgaser och opioids substanser beskrivs som ämnen som är särskilt viktiga att skydda sig mot.

Personsaneringsstrategin är indelad i fyra nivåer:

- 1) avklädning
- 2) omedelbar sanering
- 3) grovsanering och
- 4) specialiserad sanering.

Avklädning uppges kunna motverka hudexponering upp till 99 %. Omedelbar (improviserad) sanering består av att exponeringskemikalier tas bort med det som finns tillgängligt på skadeplats, antingen via torr borttagning eller via våtsanering. Föreslaget är att även RSDL ska finnas tillgängligt, dock är RSDL inte godkänt för användning i Japan ännu. Grovsanering används vid masskadehändelse vid vilken våtsanering ingår och genomförs med hjälp av LPS-system. Specialiserad sanering utförs i specifika saneringstält på skadeplats. Akut medicinsk behandling, t.ex. autoinjektorer, ska kunna ges även innan utförd sanering.

5.2 Personsaneringsstrategier i utvalda organisationer

5.2.1 Nordatlantiska fördragsorganisationen (Nato)

Personsanering inom Nato inkluderar omedelbar sanering samt torr- och/eller våtsanering [141,142]. För exponerade individer finns fyra nivåer av personsanering:

- 1) Omedelbar (*Immediate*), avklädning och/eller applicering av torr absorbent, t.ex. Fuller's Earth eller resiner i pulverform.
- 2) *Expose to treat*, avklädning och borttagning av skyddsutrustning (t.ex. respirator) för att möjliggöra medicinsk behandling på överkroppen, t.ex. intravenös eller intraosseus administration av antidoter.
- 3) Avklädning (*Disrobing*), avklädning av skyddsdräkt eller kläder som första steg i fullständig personsanering. Kan tillsammans med yttlig avtorkning av hud vara tillräcklig sanering.
- 4) Fullständig personsanering (*Full decontamination*), kan bestå av ett eller två steg. Den precisa metoden (våt eller torr) varierar mellan Nato-länderna men valet kan även bero på de fysikokemiska egenskaperna hos det kemiska ämnet. Våtsanering består av sköljning med rikliga mängder vatten.

Efter utspridning av icke persistenta kemiska ämnen, t.ex. i gasform, rekommenderas ingen sanering (avklädning kan behövas för att genomföra medicinsk behandling). Efter exponering av ånga är avklädning ofta tillräcklig. För vätskor används först torrsanering och sedan våtsanering. För nervgaser omnämns även RSDL specifikt som personsaneringsmedel. För fasta ämnen/partiklar rekommenderas fullständig våtsanering. För inkapaciterande ämnen⁴ och kravallbekämpningsmedel, t.ex. tårgaser, rekommenderas våtsanering efter hudexponering.

⁴ Inom Nato beskrivs inkapaciterande ämnen, t.ex. BZ och LSD, och läkemedelsliknande ämnen, t.ex. opioider, som två separata ämnesgrupper.

Personsanering prioriteras generellt efter akut medicinskt omhändertagande, t.ex. blödande trauma, antidotadministrering och andningshjälp. För nervgaser och blåsbildande ämnen, t.ex. senapsgas, rekommenderas omedelbart initierad personsanering.

5.2.2 Världshälsoorganisationen (WHO)

WHO:s personsaneringsstrategi för exponering av kemiska ämnen består av livräddande (*emergency*) och fullständig (*thorough*) personsanering [143]. Efter avklädning ska antingen torr eller våt sanering genomföras, vilken metod som använts är beroende av lokala resurser och situation. Initial förfarande är att först absorbera synlig vätska på hud, t.ex. med hjälp av en kompress, därefter borsta bort fasta ämnen. Sedan tvättas hudområdet med tvål och vatten, varefter en svamp eller liknande används för att ytterligare avlägsna kemikalien från den exponerade hudytan. Därefter sköljer man med vatten och avslutar med att torka huden torr med handduk. Personsanering ska genomföras parallellt med triage och livräddande medicinsk behandling.

5.2.3 Organisationen för förbud mot kemiska vapen (OPCW)

I OPCW:s handbok för praktiskt medicinskt omhändertagande av individer exponerade för kemiska stridsmedel beskrivs riktlinjer för personsanering för respektive ämnesgrupp [144]. Det anges att cirka 80 % av saneringen sker genom avklädning; dock ska kontaminerad hud saneras enligt rekommendationer nedan.

För blåsbildande ämnen rekommenderas RSDL, annars ska sanering genomföras genom sköljning med rikliga mängder vatten. För omedelbar sanering av små hudområden kontaminerade med nervgas ska RSDL eller annat saneringsmedel användas. Finns inte saneringsmedel tillgängligt ska tvätt med rikliga mängder tvål och vatten genomföras. För kvävningsmedel eller lungskadande ämnen i form gas eller ånga krävs endast avklädning. Efter hudkontakt med cyanidsubstanser (blodmedel) ska sanering genomföras med tvål och vatten. Efter hudexponering för kravallbekämpningsmedel ska hud sköljas med rikliga mängder vatten. Efter hudkontakt med toxiner ska hud tvättas med tvål och vatten. Torrsanering med t.ex. Fuller's Earth rekommenderas generellt för absorption av vätskor från hud.

Efter exponering för kemiska stridsmedel gäller att omedelbar medicinsk behandling, t.ex. andningshjälp och antidoter, behov ska vid genomföras innan sanering initieras.

5.2.4 Läkare utan gränser (MSF)

MSF har ingen egen saneringsstrategi utan följer WHO:s riktlinjer (se avsnitt 4.2.2) [145].

6 Personsanering i den medicinska vårdkedjan

6.1 Sverige

Socialstyrelsen har beskrivit hantering av C-händelse från skadeplats till sjukhus [1]. Initialt ska sjukvårdsledare och medicinskt ansvarig utses på skadeplats, vilka till en början utgörs av personal i första ambulans på plats. Sjukvårdsledaren samverkar med övriga insatsorganisationer på skadeplats, sprider information om händelsen samt ansvarar för säkerhet, evakueringsbedömningar och inriktningsbeslut för insats tillsammans med övriga insatsorganisationer. Rapportering till larmcentral är av särskild vikt för att informationen ska nå till övriga enheter i insatsen, regional sjukvårdsledning, sjukhus och media. För detta används vindruterapport (METHANE) och verifieringsrapport (ASHET), vilka sammanlagt resulterar i bedömning av t.ex. en allvarlig händelse, typ av händelse, risker, antal skadade och resursbehov. Medicinskt ansvarig tar de medicinska

inriktningsbesluten och ger instruktioner för triage, personsaneringsbehov och behandling före och efter eventuell sanering.

Efter zonindelning av skadeområdet verkar sjukvårdspersonal i varm och kall zon. Zonindelningen innebär olika skyddsnivå för personalen och olika arbetsuppgifter samt definierar eventuellt genomförande av sanering vid förflyttning från varm till kall zon. Medicinskt ansvarig ska instruera räddningsledaren om prioritering av skadade i het zon. Sjukvårdspersonal sorterar och prioriterar drabbade i saneringsområdet i den varma zonen. I varm zon tas beslut om behov av personsanering, turordning för detta och dokumentering att personsanering är utförd (för att undvika upprepade sanering vid sjukhus). I kall zon sker uppsamling av oskadade och sanerade individer, där även polis ska registrera och identifiera de drabbade.

Medicinsk behandling kan ges före sanering vid risk för köbildning, t.ex. inhalationer av kortison och tillförsel av oxygen vid andningsbesvär. Även fria luftvägar, assisterad andning, stopp av pulserande blödning med tryckförband och intramuskulär injektion av antidoter kan genomföras vid behov. Medicinska insatser ska dokumenteras, lämpligen genom kodsysteM och på skadekort [146]. Vid masskadehändelse kan brist på resurser uppkomma, därför krävs framförhållning av sjukvårdsledare vad gäller oxygentillgång och prioritering vid behandling med specifika antidoter. Socialstyrelsens TiB kan även vara behjälplig med tillgång till medicinteknisk utrustning, t.ex. ventilatorer, EKG och pulsoximetrar. Rekommendationer av medicinsk utrustning som behövs vid C-händelse finns i Läkemedelsboken [147]. Giftinformationscentralen kontaktas för ingående information om lämpliga behandlingar [9].

Osanerade patienter ska inte transporteras i ambulans medan delvis sanerade med låggradig kontaminering ska transporteras till enhet med fast saneringsanläggning för fullständig personsanering. Delvis personsanerad patient i ambulans kräver att sjukvårdspersonal använder skyddsutrustning.

Vid ankomst till sjukhus kan fullständig personsanering genomföras i fast saneringsenhet. Detta genomförs även för exponerade som själva tagit sig från skadeplats till sjukhus. Sjukvårdspersonal i saneringsenhet ska kunna ge akut medicinsk behandling som t.ex. assistera andning, stoppa yttre blödning samt byta förband och fixationer som anlagts prehospitalt. Triagering av patienter utförs även vid ankomst till sjukhus innan sanering. Individuell fysiologisk bedömning utförs även efter sanering. Vid masskadehändelser kan även resursbrist uppkomma, t.ex. avseende ventilatorplatser och antidottillgång, vilket innebär att prioritering av patienter kan behövas. Patienter följer sedan det förplanerade patientflödet.

6.2 Övriga exempel

Den medicinska vårdkedjan ur ett civilt och militärt perspektiv exemplifieras nedan av procedurer beskrivna av WHO, OPCW och Nato.

6.2.1 WHO

Prehospitalt och hospitalt omhändertagande av exponerade för kemiska ämnen beskrivs i två rapporter, primärt för kemiska stridsmedel [143,148]. WHO har även tagit fram ett direktiv, som medlemsstaterna antagit, för beredskap att hantera större händelser med påverkan på folkhälsa, inklusive C-händelser, som potentiellt kan ha internationell betydelse [149].

För att konstatera att exponering för kemiska ämnen skett har behov om ökad kunskap identifierats när det gäller symptomutveckling. WHO betonar även beredskap för att identifiera agens genom analys av biologiska prover eller miljöprover samt inhämtning av annan information. Korrekt skyddsutrustning för insatspersonal som ska verka i het och varm zon ska finnas. För att undvika sekundärkontaminering ska drabbade saneras innan de lämnar kontaminerat område och transporteras till sjukhus. Triage och medicinsk behandling kan behöva genomföras simultant pga. snabb symptomutveckling hos

kemikalieexponerade. Vid resursbrist krävs ytterligare prioritering av patienterna. Det prehospitla medicinska omhändertagande innefattar främst symtomdämpande och livsuppehållande behandling men även autoinjektorer för specifika kemikalier. Utöver detta beskrivs profylaxbehandling för insatspersonal, t.ex. pyridostigmin för skydd mot nervgasförgiftning.

Vid en masskadehändelse behöver sjukhus bereda plats för en större mängd patienter och kommunikation från skadeplatsen är av stor betydelse.

6.2.2 OPCW

I en OPCW-rapport redogörs för kritiska delar av den medicinska vårdkedjan, där primärt omhändertagande efter exponering av kemiska stridsmedel beskrivs [144]. Initialt beskrivs indikering och triage, där symtomutveckling hos drabbade är en primär indikator på exponering. Dock är indikerings- och identifieringsinstrument för att bestämma agensidentitet på skadeplatsen till stor hjälp för optimalt medicinskt omhändertagande.

Sjukvårdspersonal hanterar primärt drabbade efter evakuering och genomförd personsanering i varm (*contamination reduction zone/warm zone*) och kall zon (*support zone/cold zone*), vilket inte kräver någon hög nivå av skyddsutrustning. I het zon (*exclusion zone/hot zone*) verkar endast räddningstjänst, polis och räddningspersonal med högsta nivå av skyddsutrustning, men medicinsk personal kan i vissa situationer inkluderas.

Sjukvårdspersonal bör känna till typiska symtom vid förgiftning av kemiska ämnen för att kunna ställa diagnos och påbörja första triagering. Differentialdiagnoser ska även tas i beaktande, dels pga. indirekta effekter (t.ex. stress och värme), dels fördröjda symtom eller biverkningar av antidoter. Triagering beskrivs baserat på symtomutveckling efter exponering för specifika kemiska stridsmedel. Personsanering genomförs mellan het och varm zon där medicinsk personal kan utföra första triage för prioritering av saneringsinsatser. Efter sanering ska de drabbade registreras där personuppgifter ska samlas in. Innan sanering kan även akut medicinsk behandling ges, t.ex. fria luftvägar, ventilatorer och antidoter. I kall zon kan patienter utan symtom låta gå medan drabbade med symtom återtriageras och ges medicinsk behandling för att sedan transporteras till sjukhus.

Sjukhus ska integreras i katastrofhanteringsplaner för att ha beredskap att ta emot patienter. Kommunikation för att patienter ska ankomma till rätt plats på sjukhusen och antidotberedskap är av största vikt. Sjukhus ska även ha en beredskapsplan för att upprätta saneringsförmåga och rätt skyddsutrustning för personalen.

6.2.3 Nato

Inom Nato har den medicinska vårdkedjan sammanställts för CBRN-händelser [142]. Principerna för hantering av CBRN-händelser är identifiering av agens och diagnosticering av drabbade, säkerhet (t.ex. skyddsutrustning), akut medicinsk behandling via självadministrering eller kamrathjälp, triage, livräddande behandling, personsanering och avancerad medicinsk behandling.

CBRN-händelser identifieras initialt genom att drabbade uppvisar symtom, vilka är specifika för t.ex. nervgaser, cyanider och opioider. Triagering används främst vid masskadehändelser. I CBRN-miljö prioriteras omhändertagande enligt CABCADE-princip, vilket innebär katastrofblödning (C), fria luftvägar och antidot (A), andning och oxygen (B), cirkulation (C), sanering (D) och evakuering (E). För individer som ska verka i område med känt C-hot rekommenderas även profylaxbehandling. Första hjälpen ska initieras inom 10 min efter det att en händelse upptäckts. För nervgaser krävs att personsaneringsmedel bärs av soldat som ska kunna ge omedelbar sanering av sig själv och kamrat. Sedan tar sjukvårdspersonal med CBRN-kunnande vid för livräddande behandling som ytterligare personsanering och vidare medicinsk behandling [141]. Inom 2 h ska drabbad kunna vara förflyttad till avancerad sjukvård för att ha tillgång till

ventilatorer och kirurgi samt vidare behandling med antidot och symtomdämpande läkemedel. Triage utförs kontinuerligt under förflyttning av de drabbade.

7 Diskussion

Denna rapport har sammanställts i syfte att sammanfatta det aktuella kunskapsläget för personsanering både vad gäller resultat av genomförd forskning och implementering av nya personsaneringsstrategier i utvalda länder och organisationer.

Hantering av händelser med farliga ämnen kan vara komplex då såväl egenskaper hos kemiska ämnen som exponeringssituation varierar, vilket medför att de mest effektiva åtgärderna kan skilja sig betydligt åt mellan olika händelser liksom behovet av personsanering. Dessutom kan hanteringen av skadade försvåras och fördröjas av parallella insatser i ett skadeområde [106]. För att uppnå ökad effektivitet behöver man i den initiala frågeställningen svara på för vilka kemiska ämnen och i vilken omfattning personsanering behöver genomföras. De generella principer som idag finns för när livräddande personsanering ska genomföras är vid gasexponering som leder till hudsymtom samt efter exponering för vätskor och fasta ämnen [106]. Den fullständiga personsaneringen ska därtill genomföras vid behov. För gasformiga kemiska ämnen som inte ger hudsymtom och där ämnet är känt och inte leder till fördröjda symtom ska endast avklädning genomföras.

Under 2008 kompletterades MSB:s RiB med ett beslutsstöd för akut omhändertagande, utarbetat av Socialstyrelsen i samverkan med Giftinformationscentralen [1]. Råden för personsanering är ämnesspecifika men följer de generella principerna beskrivna ovan [8]. I en tidigare rapport från Socialstyrelsen hänvisas även till PiK-listan (bilaga 1), dock finns inget uttalat saneringsbehov vad gäller flertalet av de upptagna kemiska ämnena och dessa är prioriterade främst ur ett indikeringsperspektiv [106,150]. Det amerikanska beslutstödet består av *ASPIRE decision-aiding tool*, en databas där inmatning av exponeringstid och kemikalie utfaller i en bedömning av personsaneringsbehov [151]. Resultaten vid sökning i databasen leder till ett betydande saneringsarbete även för gaser såsom klorgas och kolmonoxid med en uppmaning att sanering ska genomföras upp till 42 min efter exponering. Därtill ges ingen inriktning på vilka delar i den implementerade saneringsstrategin som krävs för respektive kemikalie, vilket skulle underlätta för arbetsbördan på skadeplatsen. Ett annat exempel är Norge där beslut om saneringsbehov baseras på de drabbades symtom och eventuell synlig kontaminering på kropp, kläder och skor [134]. För totalförsvaret och för organisationer som verkar i krigsliknande miljöer, t.ex. OPCW, utgör kemiska stridsmedel ett särskilt behov för personsanering [142,144]. Sammantaget finns generella riktlinjer för saneringsbehovet vid händelser med kemiska ämnen, dock bör det uppmärksammas att tillämpning av en generell saneringsmetodik riskerar att i vissa situationer leda till ineffektiv sanering, eller alltför omfattande sanering i andra, vilket därmed kan vara hindrande för mer angelägna insatser.

Med personsanering avses flera olika åtgärder som syftar till att avbryta eller minska exponering av farliga ämnen och där tid till initiering av sanering är kritiskt för effektiviteten [106]. Livräddande och fullständig personsanering omfattar huvudsakligen sköljning med vatten eller tvätt med tvål och vatten. Detta kräver dock riklig vattentillgång, vilket vid vattenbrist kan leda till en fördröjning av saneringsinsatsen. Ytterligare fördröjning kan ske om mobila saneringsenheter fordras [109]. Forskning genomförd de senaste åren har visat att torr borttagning med lättillgängligt material på skadeplats är fördelaktigt för att uppnå en effektiv sanering [18,23]. Fördelen med torr borttagning är att sanering omedelbart kan initieras och att eventuella insköljningseffekter av kemikalier genom hud undviks, vilket kan inträffa vid sanering med vatten [152]. Torr absorption som initialt steg vid sanering har införts i prehospitala saneringsprocedurer i USA, Storbritannien, Frankrike och Japan [15,129,135,140]. Dessutom har tiden för

våtsaneringsprocedurer förkortats i Storbritannien och Australien för att möjliggöra ökat flöde av exponerade individer vid en masskadehändelse [129,139]. För att möjliggöra en anpassning av saneringsbehovet kan procedurerna även indelas i flera olika nivåer, likt Japans och Natos saneringsprotokoll med fyra nivåer [140,142]. Utöver detta kan nyttan av paketering av patienter behöva bedömas för att avgöra huruvida detta kan inverka på patientens tillstånd och medicinska behov, t.ex. finns risk att paketering ökar hudpenetration av exponerat ämne, samt att exponeringsrisker för ambulans- och sjukvårdspersonal kan öka, främst vid öppnande av paketering.

Forskning när det gäller specifika saneringsmedel har främst omfattat exponering för kemiska stridsmedel samt för ämnen som orsakar kemiska brännskador på hud och ögon. För kemiska stridsmedel har främst militära behov adresserats, där den enskilda soldaten bär med sig saneringsmedel i fält för att kunna initiera sanering direkt efter exponering [127,142]. Men även civilt behov av specifika saneringsmedel för kemiska stridsmedel har lyfts av OPCW, Frankrike och Japan [135,140,144]. Av de befintliga saneringsmedlen är RSDL det som omnämns och som även i forskningen visats ha högst effektivitet efter hudexponering för kemiska stridsmedel, främst för lågflyktiga nervgaser som VX [30-32]. Vad gäller kemiskt brännskadad hud och ögon har man i flera studier undersökt effektiviteten av Hexafluorine® och difoterin [64,66,73,79,82,85,88,93]. De flesta studier, främst genomförda med vätefluorid/fluorvätesyra eller natriumhydroxid som exponeringskemikalier, har visat på hög effektivitet av dessa spolvätskor i jämförelse med vattensköljning, dock är forskningsresultaten inte helt entydiga. Övriga specifika saneringsmedel som upptas i det svenska antidotregistret, är PS104, Macrogol 400 och kalciumglukonat (HF Antidote gel/Calgonate/C Gel) [112]. Vilken beredskap som är nödvändig när det gäller specifika saneringsmedel bör betänkas i Sverige där såväl lokala som nationella behovsanalyser ska påverka urvalet i respektive kommun och region. Ett exempel på regionalt behov av ett specifikt saneringsmedel är PS104 som i första hand är avsett för sanering av senapsgas och därför rekommenderas att finnas vid sjukhus längs hela östkusten söder om Stockholm samt på syd- och västkusten [112]. Orsaken är primärt den risk som identifierats för fiskare att få upp dumpade tunnor med senapsgas i sina nät [153]. Rekommendation finns även för Norrlands universitetssjukhus i Umeå att inneha PS104 i och med att verksamhet med senapsgas förekommer vid SkyddC och FOI.

Forskningen när det gäller hår och sår sker i begränsad omfattning men hår har uppmärksammats i aktuella studier för de saneringssvårigheter som identifierats [24,25]. De nya forskningsresultat som finns eller nyligen implementerade förändringar av saneringsstrategier i andra länder bedöms inte vara tillräckliga för att modifiera riktlinjerna för sanering av sår och hår i Sverige [1]. Dock bör fortsatt forskning följas ifall resultat framkommer som föranleder förbättringar i riktlinjerna.

Vid en händelse med kemiska ämnen är personsanering en del i en kedja av omhändertagande av de drabbade [1, 106]. Personsanering är resurs- och tidskrävande, särskilt vid sanering av liggande patienter, och kan förlänga tiden till avancerad sjukvård, vilket kan påverka utfallet hos de drabbade. Ett väl övervägt beslut när det gäller saneringsbehov är därför viktigt för att patienterna ska få ett optimalt omhändertagande men utan att riskera att insatspersonal och -materiel kan sekundärkontamineras. I Sverige är rekommendationerna att akut medicinsk behandling ska ges innan och under sanering både prehospitalt och vid sjukhus [1]. Liknande riktlinjer gäller i både civila och militära organisationer, där livsuppehållande behandling kan utföras innan sanering [142-144]. Den enda avvikelser från parallell hantering av personsanering och akut medicinsk behandling är den prehospitala hanteringen i Paris, där sanering prioriteras före medicinsk behandling [135]. Den sanering som avses är avklädning och torr absorption, däremot genomförs våtsanering efter administration av antidoter. En genomgång av personsanering i den medicinska vårdkedjan, framför allt när det gäller akut medicinsk behandling och riskminimering för insatspersonal, bör genomföras för att optimera omhändertagandet av exponerade individer.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att forskningen inom personsaneringsområdet har gett ökad kunskap som internationellt resulterat i uppdaterade riktlinjer. Aktuella händelser med kemikalieexponeringar runt om i världen har också skapat en ökad uppmärksamhet kring personsanering [2,4,6]. Den svenska nationella personsaneringsstrategin framställdes 2005 medan enskilda län och regioner har uppdaterat sina planer för händelser med farliga ämnen under 2010-talet [106,114-116,119-121]. Generellt har dock inte saneringsmetodik förändrats sedan 2005 och därför rekommenderas särskilda aktiviteter för att utveckla personsaneringsområdet i Sverige, se avsnitt 7.

8 Rekommendationer

Baserat på det aktuella kunskapsläget inom personsanering har ett antal områden identifierats där översyn av nuvarande saneringsmetodik i Sverige bör genomföras. Rekommendationerna är följande:

1. Utred vilka kemikalier som har hudkontaktrisk och saneringsbehov

En genomgång av toxiska kemikalier som hanteras i Sverige med avseende på hudkontaktrisker och saneringsbehov bör genomföras. Genomgången kan utföras likt en tidigare studie där kemikalier med särskilt risk att orsaka stora skadeutfall vid inhalationsexponering identifierades och prioriterades [11]. En sådan genomgång kommer att stärka beslutsunderlaget beträffande bedömning av saneringsbehov både prehospitalt och hospitalt.

2. Uppdatera den svenska personsaneringsstrategin

Mot bakgrund av framkomna forskningsresultat och nyligen uppdaterad saneringsmetodik i bland annat USA, Storbritannien och Japan bör även förändringar i de svenska personsaneringsprocedurerna övervägas. Utvecklingen av primärt prehospitala saneringsprocedurer bör därför diskuteras i ett svenskt perspektiv för att underlätta det omedelbara behovet av resurser på skadeplats och för att eventuellt uppnå ökad saneringseffektivitet. I synnerhet bör det övervägas om avtorkning ska ingå i omedelbar/improviserad sanering efter avklädning och före genomförande av våtsanering. Förutom detta bör det även förtydligas vilka saneringssteg som ska genomföras för respektive grupp av kemiska ämnen. Även hur paketering av patienter ska nyttjas bör diskuteras.

3. Betänk behov av särskilda saneringsmedel

Efter genomgång av vilka kemikalier som kräver saneringsbehov samt baserat på resultat framkomna ur forskningsstudier bör behov av särskilda saneringsmedel utredas. Utöver nationell tillgång till specifika saneringsmedel bör även specifika behov hos olika insatsmyndigheter och skillnader i regionala behov klargöras. Detta kommer att underlätta beredskapsplaneringen för såväl statliga myndigheter som kommuner, regioner och länsstyrelser.

4. Klargör hur personsanering ska integreras i den medicinska vårdkedjan

Efter kemikalieexponeringar där insättning av medicinsk behandling krävs tidigt i förloppet bör det utredas när och hur personsanering ska genomföras i relation till det medicinska omhändertagandet. Detta kommer att leda till effektivare omhändertagande av de drabbade.

9 Referenser

1. Socialstyrelsen, Händelser med kemikalier - Kunskapsunderlag för hälso- och sjukvården. 2009: 2009-9-20.
2. Yusof, A.N., Statement by H.E. ambassador Ahmad Nazri Yusof permanent representative of Malaysia to the OPCW at the ninetieth session of the executive council. 2019: Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons.
3. DeLuca, M.A., P.R. Chai, E. Goralnick, and T.B. Erickson, Five Decades of Global Chemical Terror Attacks: Data Analysis to Inform Training and Preparedness. Disaster Med Public Health Prep, 2020: p. 1-12.
4. Hulse, E.J., J.D. Haslam, S.R. Emmett, and T. Woolley, Organophosphorus nerve agent poisoning: managing the poisoned patient. Br J Anaesth, 2019. 123(4): p. 457-463.
5. OPCW, Summary of the report on activities carried out in support of a request for technical assistance by Germany (Technical assistance visit – TAV/01/20). 2020: S/1906/2020.
6. Steindl, D., W. Boehmerle, R. Korner, D. Praeger, M. Haug, J. Nee, A. Schreiber, F. Scheibe, K. Demin, P. Jacoby, R. Tauber, S. Hartwig, M. Endres, and K.U. Eckardt, Novichok nerve agent poisoning. Lancet, 2020.
7. Socialstyrelsen, R., Rikspolisstyrelsen, Planering och samverkan vid händelser med farliga ämnen. 2008.
8. MSB. RIB Farliga ämnen. 2020-12-01].
9. Giftinformationscentralen. Giftinfo. 2020 [cited 2020 December 18th].
10. Socialstyrelsen. Tjänsteman i beredskap. 2020 [cited 2020 December 18th].
11. Wigenstam, E., Thors, L., Bucht A, Industrikemikalier med särskild risk att orsaka stora skadeutfall vid inhalationsexponering. 2020: FOI-RH--2278--SE. p. 1-30.
12. Thors, L., L. Oberg, E. Forsberg, E. Wigenstam, A. Larsson, and A. Bucht, Skin penetration and decontamination efficacy following human skin exposure to fentanyl. Toxicology In Vitro, 2020. 67: p. 104914.
13. Power, S., C. Symons, H. Carter, E. Jones, R. Amlot, J. Larner, H. Matar, and R.P. Chilcott, Mass Casualty Decontamination in the United States: An Online Survey of Current Practice. Health Secur, 2016. 14(4): p. 226-36.
14. Chilcott, R.P., Larner, J., Matar, H, Volume 1: Strategic guidance for mass casualty disrobe and decontamination, in Primary Response Incident Scene Management: PRISM Guidance. 2018, Biomedical Advanced Research and Development Authority: Office of the Assistant Secretary for Preparedness and Response.
15. Chilcott, R.P., Larner, J., Matar, H, Volume 3: Operational guidance for mass casualty disrobe and decontamination. 2018, Biomedical Advanced Research and Development Authority: Office of the Assistant Secretary for Preparedness and Response.

16. R. P. Chilcott, L., J., Matar, H, Volume 2: Tactical guidance for mass casualty disrobe and decontamination. 2018, Biomedical Advanced Research and Development Authority: Office of the Assistant Secretary for Preparedness and Response.
17. Larner, J., A. Durrant, P. Hughes, D. Mahalingam, S. Rivers, H. Matar, E. Thomas, M. Barrett, A. Pinhal, N. Amer, C. Hall, T. Jackson, V. Catalani, and R.P. Chilcott, Efficacy of Different Hair and Skin Decontamination Strategies with Identification of Associated Hazards to First Responders. *Prehosp Emerg Care*, 2020. 24(3): p. 355-368.
18. Chilcott, R.P., J. Larner, A. Durrant, P. Hughes, D. Mahalingam, S. Rivers, E. Thomas, N. Amer, M. Barrett, H. Matar, A. Pinhal, T. Jackson, K. McCarthy-Barnett, and J. Reppucci, Evaluation of US Federal Guidelines (Primary Response Incident Scene Management [PRISM]) for Mass Decontamination of Casualties During the Initial Operational Response to a Chemical Incident. *Ann Emerg Med*, 2019. 73(6): p. 671-684.
19. Chilcott, R.P., H. Mitchell, and H. Matar, Optimization of Nonambulant Mass Casualty Decontamination Protocols as Part of an Initial or Specialist Operational Response to Chemical Incidents. *Prehosp Emerg Care*, 2018: p. 1-12.
20. Amlot, R., H. Carter, L. Riddle, J. Larner, and R.P. Chilcott, Volunteer trials of a novel improvised dry decontamination protocol for use during mass casualty incidents as part of the UK'S Initial Operational Response (IOR). *PLoS One*, 2017. 12(6): p. e0179309.
21. Collins, S., T. James, F. Southworth, L. Davidson, N. Williams, E. Orchard, T. Marczylo, and R. Amlot, Human volunteer study of the decontamination of chemically contaminated hair and the consequences for systemic exposure. *Sci Rep*, 2020. 10(1): p. 20822.
22. Southworth, F., T. James, L. Davidson, N. Williams, T. Finnie, T. Marczylo, S. Collins, and R. Amlot, A controlled cross-over study to evaluate the efficacy of improvised dry and wet emergency decontamination protocols for chemical incidents. *PLoS One*, 2020. 15(11): p. e0239845.
23. Kassouf, N., S. Syed, J. Larner, R. Amlôt, and R.P. Chilcott, Evaluation of absorbent materials for use as ad hoc dry decontaminants during mass casualty incidents as part of the UK's Initial Operational Response (IOR). *PLoS One*, 2017. 12(2): p. e0170966.
24. Matar, H., A. Pinhal, N. Amer, M. Barrett, E. Thomas, P. Hughes, J. Larner, and R.P. Chilcott, Decontamination and management of contaminated hair following a CBRN incident. *Toxicol Sci*, 2019.
25. Matar, H., N. Amer, S. Kansagra, A. Pinhal, E. Thomas, S. Townend, J. Larner, and R.P. Chilcott, Hybrid in vitro diffusion cell for simultaneous evaluation of hair and skin decontamination: temporal distribution of chemical contaminants. *Sci Rep*, 2018. 8(1): p. 16906.
26. Chilcott, R.P., J. Larner, and H. Matar, UK's initial operational response and specialist operational response to CBRN and HazMat incidents: a primer on decontamination protocols for healthcare professionals. *Emerg Med J*, 2019.

27. Misik, J., M. Pavlik, L. Novotny, R. Pavlikova, R.P. Chilcott, J. Cabal, and K. Kuca, In vivo decontamination of the nerve agent VX using the domestic swine model. *Clin Toxicol (Phila)*, 2012. 50(9): p. 807-11.
28. Fentabil, M., M. Gebremedhin, J. Barry, J. Mikler, and L. Cochrane, In vivo efficacy of the Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL(R)) kit against organophosphate and carbamate pesticides. *Chem Biol Interact*, 2020. 318: p. 108980.
29. Braue, E.H., K.H. Smith, B.F. Doxzon, H.L. Lumpkin, and E.D. Clarkson, Efficacy studies of Reactive Skin Decontamination Lotion, M291 Skin Decontamination Kit, 0.5% bleach, 1% soapy water, and Skin Exposure Reduction Paste Against Chemical Warfare Agents, part 2: guinea pigs challenged with soman. *Cutan Ocul Toxicol*, 2011. 30(1): p. 29-37.
30. Braue, E.H., K.H. Smith, B.F. Doxzon, H.L. Lumpkin, and E.D. Clarkson, Efficacy studies of Reactive Skin Decontamination Lotion, M291 Skin Decontamination Kit, 0.5% bleach, 1% soapy water, and Skin Exposure Reduction Paste Against Chemical Warfare Agents, part 1: guinea pigs challenged with VX. *Cutaneous and Ocular Toxicology*, 2011. 30(1): p. 15-28.
31. Thors, L., M. Koch, E. Wigenstam, B. Koch, L. Hägglund, and A. Bucht, Comparison of skin decontamination efficacy of commercial decontamination products following exposure to VX on human skin. *Chemico-Biological Interactions*, 2017. 273: p. 82-89.
32. Bjarnason, S., J. Mikler, I. Hill, C. Tenn, M. Garrett, N. Caddy, and T.W. Sawyer, Comparison of selected skin decontaminant products and regimens against VX in domestic swine. *Human & Experimental Toxicology*, 2008. 27(3): p. 253-61.
33. Hamilton, M.G., I. Hill, J. Conley, T.W. Sawyer, D.C. Caneva, and P.M. Lundy, Clinical aspects of percutaneous poisoning by the chemical warfare agent VX: effects of application site and decontamination. *Mil Med*, 2004. 169(11): p. 856-62.
34. Thors, L., E. Wigenstam, J. Qvarnström, L. Hägglund, and A. Bucht, Improved skin decontamination efficacy for the nerve agent VX. *Chemico-Biological Interactions*, 2020. 325: p. 109135.
35. Joosen, M.J., R.M. van den Berg, A.L. de Jong, M.J. van der Schans, D. Noort, and J.P. Langenberg, The impact of skin decontamination on the time window for effective treatment of percutaneous VX exposure. *Chemico-Biological Interactions*, 2016.
36. Clarkson ED, M.J., Chen P, Schultz SM, Soni SD, Capacio BR, Koplovitz I, Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL) Maintains Its Effectiveness against Cutaneous Applications of VX Nerve Agent for at Least 5 Years Past Its Expiration Date. *FASEB*, 2018. 32(S1): p. 691.2-691.2.
37. Mikler, J., C. Tenn, F. Worek, G. Reiter, H. Thiermann, M. Garrett, S. Bohnert, and T.W. Sawyer, Immobilization of Russian VX skin depots by localized cooling: implications for decontamination and medical countermeasures. *Toxicol Lett*, 2011. 206(1): p. 47-53.
38. Sawyer, T.W., J. Mikler, F. Worek, G. Reiter, H. Thiermann, C. Tenn, K. Weatherby, and S. Bohnert, The therapeutic use of localized cooling in the treatment of VX poisoning. *Toxicol Lett*, 2011. 204(1): p. 52-6.

39. Matar, H., A. Guerreiro, S.A. Piletsky, S.C. Price, and R.P. Chilcott, Preliminary evaluation of military, commercial and novel skin decontamination products against a chemical warfare agent simulant (methyl salicylate). *Cutan Ocul Toxicol*, 2016. 35(2): p. 137-44.
40. Matar, H., S.C. Price, and R.P. Chilcott, Further studies of the efficacy of military, commercial and novel skin decontaminants against the chemical warfare agents sulphur Mustard, Soman and VX. *Toxicol In Vitro*, 2019. 54: p. 263-268.
41. Forsberg, E., L. Öberg, E. Artursson, E. Wigenstam, A. Bucht, and L. Thors, Decontamination Efficacy of Soapy Water and Water Washing Following Exposure of Toxic Chemicals on Human Skin. *Cutan Ocul Toxicol*, 2020: p. 1-27.
42. Pavlikova, R., J. Misik, J. Cabal, J. Marek, and K. Kuca, In vitro skin decontamination of paraoxon - wet-type cleansing effect of selected detergents. *Cutan Ocul Toxicol*, 2018. 37(1): p. 77-83.
43. Misik, J., P. Jost, R. Pavlikova, E. Vodakova, J. Cabal, and K. Kuca, A comparison of decontamination effects of commercially available detergents in rats pre-exposed to topical sulphur mustard. *Cutan Ocul Toxicol*, 2013. 32(2): p. 135-9.
44. Zhu, H., E.C. Jung, C. Phuong, X. Hui, and H. Maibach, Effects of soap-water wash on human epidermal penetration. *Journal of Applied Toxicology*, 2016. 36(11): p. 1526.
45. Yu, J., Q. Gao, L. Zhang, Y. Zhou, Y. Zhong, J. Yin, Y. Zhou, F. Tao, and Y. Wang, A dual-function all-inorganic intercluster salt comprising the polycation epsilon-[Al13O4(OH)24(H2O)12](7+) and polyanion alpha-[PMo10V2O40](5-) for detoxifying sulfur mustard and soman. *Dalton Trans*, 2020. 49(24): p. 8122-8135.
46. Sharma, N., M. Chaudhary, B.S. Butola, J.K. Jeyabalaji, D.P. Pathak, and R.K. Sharma, Preparation, characterization and evaluation of the zinc titanate and silver nitrate incorporated wipes for topical chemical and biological decontamination. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2019. 96: p. 183-196.
47. Katz, M.J., S.Y. Moon, J.E. Mondloch, M.H. Beyzavi, C.J. Stephenson, J.T. Hupp, and O.K. Farha, Exploiting parameter space in MOFs: a 20-fold enhancement of phosphate-ester hydrolysis with UiO-66-NH. *Chem Sci*, 2015. 6(4): p. 2286-2291.
48. Cabal, J., J. Kassa, and J. Severa, A comparison of the decontamination efficacy of foam-making blends based on cationic and nonionic tensides against organophosphorus compounds determined in vitro and in vivo. *Hum Exp Toxicol*, 2003. 22(9): p. 507-14.
49. Cabal, J., K. Kuca, L. Sevelová-Bartosová, and V. Dohnal, Cyclodextrines as functional agents for decontamination of the skin contaminated by nerve agents. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 2004. 47(2): p. 115-8.
50. Wang, J., Y. Li, J. Huang, W. Li, Y. Luo, X. Sui, J. Li, Y. Wang, and J. Yang, A protein nanocomposite for ultra-fast, efficient and non-irritating skin decontamination of nerve agents. *Nanoscale*, 2020. 12(7): p. 4400-4409.
51. Salerno, A., T. Devers, M.A. Bolzinger, J. Pelletier, D. Josse, and S. Briançon, In vitro skin decontamination of the organophosphorus

- pesticide Paraoxon with nanometric cerium oxide CeO₂. *Chem Biol Interact*, 2016.
52. Larsson, A., J. Qvarnstrom, S. Lindberg, E. Wigenstam, L. Oberg, R. Afshin Sander, S. Johansson, A. Bucht, and L. Thors, In vitro human skin decontamination efficacy of MOF-808 in decontamination lotion following exposure to the nerve agent VX. *Toxicol Lett*, 2020. 339: p. 32-38.
 53. Cao, Y., X. Hui, and H.I. Maibach, Effect of superabsorbent polymers (SAP) and metal organic frameworks (MOF) wiping sandwich patch on human skin decontamination and detoxification in vitro. *Toxicol Lett*, 2021. 337: p. 7-17.
 54. Zhou, Y., Q. Gao, L. Zhang, Y. Zhou, Y. Zhong, J. Yu, J. Liu, C. Huang, and Y. Wang, Combining Two into One: A Dual-Function H₅PV₂Mo₁₀O₄₀@MOF-808 Composite as a Versatile Decontaminant for Sulfur Mustard and Soman. *Inorg Chem*, 2020. 59(16): p. 11595-11605.
 55. Stehle, R., C. Schulreich, S. Wellert, J. Gab, M.M. Blum, K. Kehe, A. Richardt, A. Lapp, and T. Hellweg, An enzyme containing microemulsion based on skin friendly oil and surfactant as decontamination medium for organo phosphates: phase behavior, structure, and enzyme activity. *J Colloid Interface Sci*, 2014. 413: p. 127-32.
 56. Salerno, A., M.A. Bolzinger, P. Rolland, Y. Chevalier, D. Josse, and S. Briançon, Pickering emulsions for skin decontamination. *Toxicol In Vitro*, 2016. 34: p. 45-54.
 57. Cao, Y., A. Elmahdy, H. Zhu, X. Hui, and H. Maibach, Binding affinity and decontamination of dermal decontamination gel to model chemical warfare agent simulants. *J Appl Toxicol*, 2018. 38(5): p. 724-733.
 58. Cao, Y., X. Hui, A. Elmahdy, and H. Maibach, In vitro human skin permeation and decontamination of diisopropyl methylphosphonate (DIMP) using Dermal Decontamination Gel (DDGel) and Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL) at different timepoints. *Toxicol Lett*, 2018. 299: p. 118-123.
 59. Cao, Y., X. Hui, H. Zhu, A. Elmahdy, and H. Maibach, In vitro human skin permeation and decontamination of 2-chloroethyl ethyl sulfide (CEES) using Dermal Decontamination Gel (DDGel) and Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL). *Toxicology Letters*, 2018. 291: p. 86-91.
 60. Wong, P.T., S. Tang, J. Cannon, K. Yang, R. Harrison, M. Ruge, J.J. O'Konek, and S.K. Choi, Shielded alpha-Nucleophile Nanoreactor for Topical Decontamination of Reactive Organophosphate. *ACS Appl Mater Interfaces*, 2020. 12(30): p. 33500-33515.
 61. Rolland, P., M.A. Bolzinger, C. Cruz, S. Briançon, and D. Josse, Human scalp permeability to the chemical warfare agent VX. *Toxicology In Vitro*, 2011. 25(8): p. 1974-80.
 62. Spiandore, M., A. Piram, A. Lacoste, P. Prevost, P. Maloni, F. Torre, L. Asia, D. Josse, and P. Doumenq, Efficacy of scalp hair decontamination following exposure to vapours of sulphur mustard simulants 2-chloroethyl ethyl sulphide and methyl salicylate. *Chem Biol Interact*, 2017. 267: p. 74-79.

63. Rolland, P., M.A. Bolzinger, C. Cruz, D. Josse, and S. Briançon, Hairy skin exposure to VX in vitro: effectiveness of delayed decontamination. *Toxicology In Vitro*, 2013. 27(1): p. 358-66.
64. Wiesner, N., R.M. Dutescu, D. Uthoff, A. Kottek, M. Reim, and N. Schrage, First aid therapy for corrosive chemical eye burns: results of a 30-year longitudinal study with two different decontamination concepts. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019. 257(8): p. 1795-1803.
65. Alexander, K.S., J. Wasiak, and H. Cleland, Chemical burns: Diphoterine untangled. *Burns*, 2018. 44(4): p. 752-766.
66. Ying Y, G.J., Yanqin L, Liu H, Yiwen W, Jian S, Yuxu Z, Decontamination effects of diphoterine on chemical contaminations and burns. *Guoji Yaoxue Yanjiu Zazhi*, 2012. 38(6): p. 465-469.
67. Schrage, N.F., S.S. Abu, L. Hermanns, C. Panfil, and R.M. Dutescu, Irrigation with phosphate-buffered saline causes corneal calcification during treatment of ocular burns. *Burns*, 2019. 45(8): p. 1871-1879.
68. Schrage, N.F.S., H. G.; Gerard, M., Recommendations for acute treatment for chemical and thermal burns of eyes and lids. *Ophthalmologie*, 2011. 108(10): p. 916-920.
69. Rihawi, S., M. Frentz, M. Reim, and N.F. Schrage, Rinsing with isotonic saline solution for eye burns should be avoided. *Burns*, 2008. 34(7): p. 1027-32.
70. Kompa, S., C. Redbrake, C. Hilgers, H. Wustemeyer, N. Schrage, and A. Remky, Effect of different irrigating solutions on aqueous humour pH changes, intraocular pressure and histological findings after induced alkali burns. *Acta Ophthalmol Scand*, 2005. 83(4): p. 467-70.
71. Rihawi, S., M. Frentz, and N.F. Schrage, Emergency treatment of eye burns: which rinsing solution should we choose? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2006. 244(7): p. 845-54.
72. Rihawi, S., M. Frentz, J. Becker, M. Reim, and N.F. Schrage, The consequences of delayed intervention when treating chemical eye burns. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2007. 245(10): p. 1507-13.
73. Mathieu, L., J. Nehles, J. Blomet, and A.H. Hall, Efficacy of hexafluorine for emergent decontamination of hydrofluoric acid eye and skin splashes. *Vet Hum Toxicol*, 2001. 43(5): p. 263-5.
74. Soderberg, K., P. Kuusinen, L. Mathieu, and A.H. Hall, An improved method for emergent decontamination of ocular and dermal hydrofluoric acid splashes. *Vet Hum Toxicol*, 2004. 46(4): p. 216-8.
75. Spoler, F., M. Frentz, M. Forst, H. Kurz, and N.F. Schrage, Analysis of hydrofluoric acid penetration and decontamination of the eye by means of time-resolved optical coherence tomography. *Burns*, 2008. 34(4): p. 549-55.
76. Nose, R.M., F.B. Daga, W. Nose, and N. Kasahara, Optical coherence tomography analysis of hydrofluoric acid decontamination of human cornea by mannitol solution. *Burns*, 2017. 43(2): p. 424-428.
77. Hall, A, A critical review of the limitations of water for decontamination of chemical skin/eye splashes, in 67th Southwest Regional Meeting of the American Chemical Society 2011, American Chemical Society, Washington, D. C: Austin, TX, United States.

78. Etemad, L., M. Moshiri, and M. Balali-Mood, Advances in treatment of acute sulfur mustard poisoning - a critical review. *Crit Rev Toxicol*, 2019. 49(3): p. 191-214.
79. Goldich, Y., Y. Barkana, D. Zadok, I. Avni, E. Berenshtein, M. Rosner, and M. Chevion, Use of amphoteric rinsing solution for treatment of ocular tissues exposed to nitrogen mustard. *Acta Ophthalmol*, 2013. 91(1): p. e35-40.
80. Brent, J., Water-based solutions are the best decontaminating fluids for dermal corrosive exposures: a mini review. *Clin Toxicol (Phila)*, 2013. 51(8): p. 731-6.
81. Mathieu, L., F. Burgher, C. Fosse, and J. Blomet, Water-based solutions are the best decontaminating fluids for dermal corrosive exposures: a mini review--letter to the editor. *Clin Toxicol (Phila)*, 2014. 52(2): p. 149.
82. Donoghue, A.M., Diphoterine(R) for alkali splashes to the skin. *Clin Toxicol (Phila)*, 2014. 52(2): p. 148.
83. Brent, J., Dermal decontamination for corrosive exposures. *Clin Toxicol (Phila)*, 2014. 52(2): p. 153.
84. Hall, A.H., M. Cavallini, L. Mathieu, and H.I. Maibach, Safety of dermal diphoterine application: an active decontamination solution for chemical splash injuries. *Cutan Ocul Toxicol*, 2009. 28(4): p. 149-56.
85. Huang, C.K., A.H. Hall, M.L. Wu, C.C. Yang, D.Z. Hung, Y.C. Mao, and J.F. Deng, Presentations of tetramethylammonium hydroxide dermal exposure and the valuable potential of diphoterine solution in decontamination: a retrospective observational study. *BMC Pharmacol Toxicol*, 2020. 21(1): p. 83.
86. Fosse, C., L. Mathieu, A.H. Hall, E. Bocchietto, F. Burgher, M. Fischbach, and H.I. Maibach, Decontamination of tetramethylammonium hydroxide (TMAH) splashes: promising results with Diphoterine in vitro. *Cutan Ocul Toxicol*, 2010. 29(2): p. 110-5.
87. Donoghue, A.M., Diphoterine for alkali chemical splashes to the skin at alumina refineries. *Int J Dermatol*, 2010. 49(8): p. 894-900.
88. Nehles, J., A.H. Hall, J. Blomet, and L. Mathieu, Diphoterine for emergent decontamination of skin/eye chemical splashes: 24 cases. *Cutan Ocul Toxicol*, 2006. 25(4): p. 249-58.
89. Mathieu, L., F. Burgher, and A.H. Hall, Diphoterine chemical splash decontamination solution: skin sensitization study in the guinea pig. *Cutan Ocul Toxicol*, 2007. 26(3): p. 181-7.
90. Tan, T. and D.S. Wong, Chemical burns revisited: What is the most appropriate method of decontamination? *Burns*, 2015. 41(4): p. 761-3.
91. Burgher, F., L. Mathieu, E. Lati, P. Gasser, L. Peno-Mazzarino, J. Blomet, A.H. Hall, and H.I. Maibach, Part 2. Comparison of emergency washing solutions in 70% hydrofluoric acid-burned human skin in an established ex vivo explants model. *Cutan Ocul Toxicol*, 2011. 30(2): p. 108-15.
92. Yoshimura, C.A., L. Mathieu, A.H. Hall, M.G. Monteiro, and D.M. de Almeida, Seventy per cent hydrofluoric acid burns: delayed decontamination with hexafluorine(R) and treatment with calcium gluconate. *J Burn Care Res*, 2011. 32(4): p. e149-54.

93. Hulten, P., J. Hojer, U. Ludwigs, and A. Janson, Hexafluorine vs. standard decontamination to reduce systemic toxicity after dermal exposure to hydrofluoric acid. *J Toxicol Clin Toxicol*, 2004. 42(4): p. 355-61.
94. Vijayan, S.M., T. Goen, K. Dennerlein, R.E. Horch, I. Ludolph, H. Drexler, and S. Kilo, Calcium, magnesium and aluminium ions as decontaminating agents against dermal fluoride absorption following hydrofluoric acid exposure. *Toxicol In Vitro*, 2020. 71: p. 105055.
95. Lydon, H., C. Hall, H. Matar, C. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, The percutaneous toxicokinetics of VX in a damaged skin porcine model and the evaluation of WoundStat as a topical decontaminant. *J Appl Toxicol*, 2018. 38(3): p. 318-328.
96. Hall, C.A., H.L. Lydon, C.H. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, The percutaneous toxicokinetics of Sulphur mustard in a damaged skin porcine model and the evaluation of WoundStat as a topical decontaminant. *J Appl Toxicol*, 2017. 37(9): p. 1036-1045.
97. Lydon, H.L., C.A. Hall, C.H. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, Development of haemostatic decontaminants for treatment of wounds contaminated with chemical warfare agents. 3: Evaluation of in vitro topical decontamination efficacy using damaged skin. *J Appl Toxicol*, 2017. 37(8): p. 976-984.
98. Dalton, C.H., C.A. Hall, H.L. Lydon, J.K. Chipman, J.S. Graham, J. Jenner, and R.P. Chilcott, Development of haemostatic decontaminants for the treatment of wounds contaminated with chemical warfare agents. 2: evaluation of in vitro topical decontamination efficacy using undamaged skin. *J Appl Toxicol*, 2015. 35(5): p. 543-50.
99. Hall, C.A., H.L. Lydon, C.H. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, Development of haemostatic decontaminants for the treatment of wounds contaminated with chemical warfare agents. 1: evaluation of in vitro clotting efficacy in the presence of certain contaminants. *J Appl Toxicol*, 2015. 35(5): p. 536-42.
100. Lomash, V. and S.C. Pant, A novel decontaminant and wound healant formulation of N,N'-dichloro-bis[2,4,6-trichlorophenyl]urea against sulfur mustard-induced skin injury. *Wound Repair Regen*, 2014. 22(1): p. 85-95.
101. Gold, M.B., R. Bongiovanni, B.A. Scharf, V.C. Gresham, and C.L. Woodward, Hypochlorite solution as a decontaminant in sulfur mustard contaminated skin defects in the euthymic hairless guinea pig. *Drug Chem Toxicol*, 1994. 17(4): p. 499-527.
102. Connolly, J.M., R.S. Stevenson, R.F. Railer, O.E. Clark, K.A. Whitten, R.B. Lee-Stubbs, and D.R. Anderson, Impairment of wound healing by reactive skin decontamination lotion (RSDL((R))) in a Gottingen minipig((R)) model. *Cutan Ocul Toxicol*, 2020. 39(2): p. 143-157.
103. Walters, T.J., D.S. Kauvar, J. Reeder, and D.G. Baer, Effect of reactive skin decontamination lotion on skin wound healing in laboratory rats. *Mil Med*, 2007. 172(3): p. 318-21.
104. Rocksén D, G.D., Arborelius U, Malm E, Bursell J, Angeria M, Persson SÅ, Claesson O, Studie av saneringsmedlet RSDL:s effekter vid användning i sårskador. 2008: FOI-R--2432--SE.

105. Graham, J.S., T.W. Gerlach, T.P. Logan, J.P. Bonar, R.J. Fugo, R.B. Lee, and M.A. Coatsworth, Methods of advanced wound management for care of combined traumatic and chemical warfare injuries. *Eplasty*, 2008. 8: p. e34.
106. Socialstyrelsen, Personsanering vid händelser med farliga ämnen. 2005: 2005-107-2.
107. Socialstyrelsen, Enheter för personsanering på sjukhus - Uppföljning och kunskapsåterföring. 2010.
108. Socialstyrelsen, Mobila saneringsenheter för sjukvårdens behov av sanering på skadeplats av personer utsatta för CBRN-ämnena. 2004.
109. Socialstyrelsen, Mobila saneringsenheter för sjukvårdens behov. Teknik och användning. Förslag till förbättringar. 2006.
110. Socialstyrelsen, Åtgärdskalender vid CBRNE-händelser. 2014.
111. Region Gävleborg., Behandlingsriktlinjer, Ambulanssjukvården Gävleborg. 2017. Dokument ID: 09-34459.
112. Giftinformationscentralen. Antidotregister. 2020.
113. Arbetsmiljöverket, Vägledning för tillämpning av föreskrifterna om kemiska arbetsmiljörisker, AFS 2011:19, ändrad i AFS 2014:43, AFS 2017:4 och AFS 2018:2. 2018.
114. Länsstyrelsen Jämtlands län., Plan för olycka med farliga ämnen. 2015: 452-7152-2015.
115. Region Jämtland Härjedalen., Personsanering och personligt skydd vid händelser med farliga ämnen (CBRN). 2016: RS/1564/2015.
116. Stockholms läns landsting, Regional Katastrofmedicinsk plan för Stockholms läns landsting. 2011.
117. Länsstyrelsen Västra Götalands län., Fortsatt utveckling inom CBRNE-området i Västra Götalands län. 2013: 2013:35.
118. Länsstyrelsen Västra Götalands län, Idé och mål för utveckling inom CBRNE-området i Västra Götalands län. 2012: 2012:08.
119. Västra Götalandsregionen, Personsanering och personligt skydd - Resurser vid händelse med farliga ämnen. 2011.
120. Jönköpings län, Plan för personsanering vid utsläpp av farliga ämnen i Jönköpings län. 2013.
121. Region Skåne, Region Skånes plan för händelser med farliga ämnen. 2019.
122. Claesson O, Persson.S-Å., Nytt personsaneringsmedel - En litteraturstudie. 2004: FOI-R--1212--SE.
123. Försvarsmakten. Personlig skyddsutrustning 90. 2020 [cited 2020 January 18].
124. Försvarsmakten. Saneringsutrustning 06/S. 2020 [cited 2021 February 19].
125. Statens offentliga utredningar, Hälso- och sjukvård i det civila försvaret - underlag till försvarspolitisk inriktning. 2020: SOU 2020:23.

126. Butler, D. US adopts science-based guidance for chemical-attack response. 2019 [cited 2020 December 4th]; Available from: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00646-4>.
127. US Army, Field Manual: Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Operations. 2019: Department of the Army.
128. Braue E.H., B.C.H., Orr L., Hurst C.G, Chapter 16: Decontamination of chemical casualties. Medical Aspects of Chemical Warfare. 2008, Government Printing Office.
129. Chilcott, R.P., J. Larner, and H. Matar, UK's initial operational response and specialist operational response to CBRN and HazMat incidents: a primer on decontamination protocols for healthcare professionals. Emerg Med J, 2019. 36(2): p. 117-123.
130. Butler, D. UK rolls out terror-attack plan. 2014 [cited 2020 December 4th]; Available from: <https://www.nature.com/news/uk-rolls-out-terror-attack-plan-1.14696>.
131. UK Home Office, Initial operational response to a CBRN incident. 2015.
132. UK National CBRN Centre, Responding To A CBRN(e) Event: Joint Operating Principles for the Emergency Services. 2016.
133. OUS, Håndbok i NBC medisin. 2011, Nasjonalt kompetansesenter for NBS medisin, Oslo universitetssykehus, Ullevål.
134. Helsedirektoratet, Nasjonal faglig retningslinje for håndtering av CBRNE-hendelser med personskade 2017.
135. Calamai, F., C. Derkenne, D. Jost, S. Travers, I. Klein, K. Bertho, F. Dorandeu, M. Bignand, and B. Prunet, The chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) chain of survival: a new pragmatic and didactic tool used by Paris Fire Brigade. Crit Care, 2019. 23(1): p. 66.
136. Ministry of Home Affairs, Disaster management in India. 2011.
137. National Disaster Management Authority, National Disaster Management Guidelines—Management of Chemical (Terrorism) Disasters. 2009.
138. National Disaster Management Authority, National Disaster Management Guidelines - Chemical Disasters (Industrial). 2007.
139. Australien Government, Australian Clinical Guidelines for Acute Exposures to Chemical Agents of Health Concern: A Guideline for Emergency Department Staff. 2015: Department of Health.
140. Japan Ministry of Health, L.a.W., About welfare and labour science research related to chemical terrorism countermeasures. 2020.
141. NATO, CBRN First aid book. 2018: NATO Standardization Office
142. NATO, AMedP-7.1 Medical management of CBRN casualties. 2018: NATO standardization office (NSO).
143. WHO, Initial clinical management of patients exposed to chemical weapons. 2014. WHO/HSE/GCR/2014.3.
144. OPCW, Practical Guide for Medical Management of Chemical Warfare Casualties. 2019, Organisation for the Prohibition for Chemical Weapons.

145. MSF, Personal communication: Guillaume Schmidt, Pharmacies MSF Suisse. 2020.
146. Socialstyrelsen, Handbok i katastrofmedicin. 2009.
147. Läkemedelsverket, Läkemedelsboken, ed. H. Ramström. 2014, www.lakemedelsboken.se.
148. WHO, Public health response to biological and chemical weapons: WHO guidance. 2004.
149. WHO, International Health Regulations and chemical events. 2005.
150. Rikspolisstyrelsen, Myndighetsgemensam inriktning för indikeringsförmåga vid händelser med farliga ämnen. 2006.
151. NIH. ASPIRE decision-aiding tool. 2020 [cited 2020 January 21].
152. Moody, R. and H. Maibach, Importance of the skin decontamination wash-in effect. Dermatotoxicology, ed. Z.H. Wilhelm KP, Maibach HI. 2012: CRC Press.
153. Kustbevakningen, Kemiska stridsmedel till sjöss. Dnr 510-449/08, 2007.

Bilaga 1 - Prioriterade industrikemikalier

De kemikalier som ingår i listan över prioriterade industrikemikalier (PIK-listan) är relativt vanligt förekommande vid hantering, transporter eller bränder och kan få stora konsekvenser för människor och miljö. PIK-listan är primärt framtagen för beredskap i indikeringskapacitet. Undantag gäller för lokalt identifierade risker.

Akrylnitril
Allylklorid
Ammoniak
Bensin
Cyanväte
Dieselolja
Epiklorhydrin
Etanol
Etylenoxid
Fluor
Fluorväte (Flourvätesyra)
Formaldehyd
Propan
Klor
Koldisulfid
Kolmonoxid
Metanol
Monoklorättiksyra
Natriumhydroxid
Kaliumhydroxid
Natriumhypoklorit
Propenoxid
Salpetersyra
Svaveldioxid
Svavelsyra
Toluendiisocyanat – TDI
Vinylklorid
Väteklorid (Saltsyra)
Väteperoxid
Vätgas

I prioriterade områden, med risk för spridning av kemiska stridsmedel genom kriminalitet eller terrorism, kan listan kompletteras med följande ämnen:

Kvävesenapsgas
Lewisit
Sarin
Senapsgas
Soman
Tabun
VX

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