

# Sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalier

Utvärdering av hälso- och sjukvårdens personliga skyddsutrustning

Marianne Strömqvist, Kristina Arnoldsson och Ola Claesson

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

NBC-skydd  
901 82 Umeå

FOI-R--1571--SE

Mars 2005

ISSN 1650-1942

# Sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalier

Utvärdering av hälso- och sjukvårdens personliga skyddsutrustning

Marianne Strömqvist, Kristina Arnoldsson och Ola Claesson

<b>Utgivare</b> Totalförsvarets Forskningsinstitut – FOI 901 82 Umeå	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--1571--SE	<b>Klassificering</b> Användarrapport
	<b>Forskningsområde</b> 3. Skydd mot NBC och andra farliga ämnen	
	<b>Månad, år</b> Mars 2005	<b>Projektnummer</b> E46045
	<b>Verksamhetsgren</b>	
	<b>Delområde</b> 33. NBC-studier	
<b>Författare/redaktör</b> Marianne Strömquist Kristina Arnoldsson Ola Claesson	<b>Projektledare</b> Ola Claesson	
	<b>Godkänd av</b> Socialstyrelsen	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b> Socialstyrelsen	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b> Ola Claesson	
<b>Rapportens titel</b> Sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalier – Utvärdering av hälso- och sjukvårdens personliga skyddsutrustning		
<b>Sammanfattning</b> Rapporten beskriver en utvärdering av hälso- och sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalieexponering för personbruk. Denna har i stort sett utförts enligt förslaget i förstudien FOI-R--1131--SE, Mars 2004. Avsaknaden av gränsvärden och grundläggande data gör att den tid det tar till dess penetrerad/permeerad mängd av en viss kemikalie uppnår en farlig koncentration under materialet, inte kan specificeras. Slutsatser av försöken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dräkten klarar det simulerade normala användningsfallet. Ingen av de testade kemikalierna penetrerade dräktmaterialet under dessa försök. Svavelsyra, saltsyra, och fluorvätesyra färgade materialets yta lila och ytan blev klibbig inom mindre än en minut.</li> <li>• Droptestet, undersökning av genombrott av kemikalierna i gasform, gav varierande genombrottstider för de provade kemikalierna. Vissa ämnen går igenom direkt, för andra tar det ett antal minuter. Kompletteras dräktmaterialet med ett kolbaserat C-underställmaterial, förlängs tiden till genombrott. Här bör följande undantag noteras; aceton, toluen, metanol som går direkt igenom även kombinationen av material. Resultaten gör det svårt att definiera en generell skyddstid mot alla kemikalier.</li> <li>• Det kemiska stridsmedlet senapsgas permeerar snabbt genom enbart dräktmaterialet, men den permeerade mängden sjunker till nanogramnivå när materialet används i kombination med underställ. Nervgaserna sarin och soman provades endast på material i kombination med underställ. De permeerande mängderna är på nanogramnivå även för dessa ämnen. Samma tendens gäller när provning sker med och utan tryckbelastning.</li> </ul>		
<b>Nyckelord</b> Skyddsdräkt, hälso- och sjukvård		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b>	Svenska
ISSN 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 33	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris: Enligt prislista</b>	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency SE-901 82 Umeå	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--1571--SE	<b>Report type</b> User report
	<b>Programme Areas</b> 3. NBC Defence and other hazardous substances	
	<b>Month year</b> Mars 2005	<b>Project no.</b> E46045
	<b>General Research Areas</b>	
	<b>Subcategories</b> 33. NBCstudies	
<b>Author/s (editor/s)</b> Marianne Strömqvist Kristina Arnoldsson Ola Claesson	<b>Project manager</b> Ola Claesson	
	<b>Approved by</b>	
	<b>Sponsoring agency</b> The National Board for Health and Welfare	
	<b>Scientifically and technically responsible</b>	
<b>Report title (In translation)</b> The medical service's suit for protection against chemicals – An evaluation of the personal protective equipment for health and care personnel.		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> The report describes an evaluation of the medical service's suit for protection against chemicals. The evaluation has been performed largely in accordance with the suggestion in the pre-study, FOI-R--1131--SE, Mars 2004. The lack of limit values and basic data makes it difficult to specify the time it takes until the permeated/penetrated amount of a chemical reaches a dangerous level. Conclusions of the evaluation: The suit material withstands the normal user scenario. None of the chemicals tested penetrated the suit material during these tests. Sulphuric acid, hydrochloric acid and fluoridic acid change the colour of the material surface and makes it sticky within less than a minute. The drop test, evaluation of chemical permeation gave different breakthrough times for the chemicals tested. Some substances permeate through the materials immediately, others after a couple of minutes. If a carbon based undergarment is added under the suit material the time to breakthrough of the substance is extended. Some exceptions should be noted; acetone, toluene and methanol immediately permeate also the combination of materials. The results make it difficult to define a general protection time for all the chemicals. The CWA, mustard, quickly permeates through the material, but the permeated amount decreases to nanogram level when the material is combined with the undergarment. The nerve agents sarin and soman were tested solely on the combination of the suit material and the undergarment and the amount permeated is on a nanogram level for these agents also. The tendency is the same when tested with and without added pressure.		
<b>Keywords</b> Protective suit, health and care		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b>	Swedish
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 33	
	<b>Price acc. to pricelist</b>	



## Innehållsförteckning

Inledning och syfte .....	6
Bakgrund .....	6
Provningarna med resultat .....	9
Tryckprovning, punkt 3 .....	9
Motiv för provningen.....	9
Metod .....	9
Utförande .....	9
Extra försök med svavelsyra.....	10
Resultat och diskussion.....	11
Droptest, punkt 4.....	13
Motiv för provningen.....	13
Metod och Utförande .....	13
Resultat och diskussion.....	14
Penetrationsprovning, punkt 5 .....	20
Droptest, punkt 6.....	21
Motiv för provningen.....	21
Metod .....	21
Utförande .....	21
Resultat och diskussion.....	22
Droptest med belastning, punkt 7.....	24
Motiv för provning, Metod .....	24
Utförande .....	24
Resultat och diskussion.....	24
Tryckprovning med vått dräktmaterial, punkt 8 .....	26
Motiv för provningen.....	26
Metod och utförande .....	26
Resultat och diskussion.....	26
Resultat och diskussion, provningar.....	28
Referenser.....	31
Bilaga 1 Definitioner .....	32
Bilaga 2 Sammanställning av genombrottstider .....	33

## Inledning och syfte

Föreliggande arbete utgör en utvärdering av hälso- och sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalieexponering för personbruk. Utvärderingen har i stort sett utförts i enlighet med det förslag som presenterades i förstudien ”Sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalier – En förstudie för ökad kunskap om hälso- och sjukvårdens personliga skyddsutrustning”<sup>1</sup>. Förstudien hade till syfte att klarlägga det faktiska användningsområdet för hälso- och sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalieexponering samt att föreslå en relevant provningsmetod för att certifiera dräkten enligt EN-standard. Förstudien presenterade även förslag på ett antal provningar med syftet att höja kunskapen om skyddsdräktens begränsningar i relevanta användarsituationer.

## Bakgrund

All personlig skyddsutrustning som säljs i Sverige måste CE-märkas. Märkningen sker enligt ett normsystem efter provning enligt en av SIS (Standardiseringen i Sverige) fastställd EN-standard. Arbetsmiljöverket har i föreskriften AFS 1996:7<sup>2</sup> definierat de svenska kraven för personlig skyddsutrustning. Hälso- och sjukvårdens skyddsdräkt tillverkades 1995 enligt en kravspecifikation<sup>3</sup> som, naturligt nog, inte innefattade krav på provning enligt nuvarande EN-standard.

CE-märket står för att tillverkaren/importören försäkrar att varan överensstämmer med alla säkerhetskrav enligt direktiv om CE-märkning. CE-märkningen tillsammans med dokumentet ”försäkran om överensstämmelse” innebär att tillverkaren på eget ansvar bland annat försäkrar att grundläggande hälso- och säkerhetskrav enligt alla tillämpliga direktiv som kräver CE-märkning är uppfyllda, att dokumentation finns framtagen och tillgänglig inom rimlig tid samt att alla nödvändiga skyltningar, märkningar och bruks- och underhållsanvisningar finns.<sup>4</sup> Tidigare genomförda försök till CE-märkning av dräkten utfördes enligt SS-EN 369<sup>5</sup>. Denna standard är dock till för att användas för kemdräkter med ett något annat användningsområde än hälso- och sjukvårdens skyddsdräkt.

Förstudien<sup>1</sup> föreslog, efter analys av problemställningen, att dräkten, för att kunna CE-märkas, skulle provas mot en standardiserad metod som är så relevant som möjligt för användningsområdet. Om dräkten kom att uppfylla kraven för CE-certifiering föreslogs komplementära provningar under så verklighetslika förhållanden som möjligt för att ge mer kunskap om dräktens möjligheter och begränsningar. I förstudien<sup>1</sup> specificerades ett ”worst case scenario”, som innebar vändning

av patienter med kemikalier i kläderna. Bland annat föreslogs provning för att simulera detta, punkt 3, 7 och 8, **Tabell 1**.

Totalt föreslogs sju olika typer av provningar.

*Tabell 1. Förslag till provning enligt förstudien<sup>1</sup>.*

- 
1. **CE-certifiering** - provning enligt prEN 13034 - *Protective clothing against liquid chemicals – Performance requirements for chemical protective clothing offering limited protective performance against liquid chemicals* (type 6 equipment).
  2. **Kompletterande penetrationsprovning** - provning enligt SS-EN 368 med ett bredare spektrum av kemikalier, förslagsvis tillämpliga kemikalier från SS-EN 943-2.
  3. **Tryckprovning** - försök med kemikalieindränkt tyg mot dräkten, med tillämpliga kemikalier från SS-EN 943-2. Dräkt med och utan C-underställ.
  4. **Dropptest** – med tillämpliga kemikalier från SS-EN 943-2.
  5. **Penetrationsprovning** - provning enligt SS-EN 368 med tillämpliga kemikalier från SS-EN 943-2. Dräkt med C-underställ.
  6. **Dropptest** - vätskeformig senapsgas och två nervgaser, provtagning på adsorbent. Dräkt med och utan C-underställ.
  7. **Dropptest med belastning** - vätskeformig senapsgas och två nervgaser, provtagning på adsorbent. Dräkt med och utan C-underställ.
  8. **Tryckprovning** - försök med kemikalieindränkt tyg mot våt dräkt, utan C-underställ. Försök med toluen, koldisulfid, ammoniak och fluorvätesyra.
- 

Provning av dräkten enligt punkterna 1 och 2 utfördes, på uppdrag av leverantören, av IFP Research AB, Mölndal, samt Force Technology, Brøndby, Danmark. De provningarna behandlas inte i föreliggande rapport. Inte heller provning av huvan, vars yttermaterial har en annan beläggning än dräkten, behandlas i denna rapport.

Valda delar av provningarna 3-8, har utförts vid FOI NBC-skydd med användande av tillämpliga kemikalier ur SS-EN 943-2. Resultatet av de provningar som utförts vid FOI NBC-skydd redovisas i denna rapport. De använda kemikalierna framgår av **Tabell 2**. Det finns en stor mängd kemikalier som hälso- och sjukvårdens personal kan stöta på, alltför många för att kunna prova mer än en bråkdel av dessa. Vart och ett av de ämnen som använts vid dessa försök är valt för att representera en viss grupp av ämnen som kan utgöra en risk. Med hänsyn till detta bör tider till genombrott samt permeerade mängder inte enbart ses som ett resultat för de specifika ämnena utan även som riktvärden för ämnesklasserna de representerar.



Av provningstekniska skäl användes ammoniak och klorväte som vattenlösningar, ammoniak i 25 % lösning och klorväte i 37 % lösning. Kommersiellt förekommer dessa ämnen både som gas och som vattenlösning. Klor provades ej. Under försökets gång har fluorvätesyra, 40 %, och svavelsyra, 50 %, lagts till listan.

*Tabell 2. De 15 kemikalier från standard SS-EN 943-2, som anses täcka ett flertal ämnesklasser.*

	<b>Kemikalie</b>	<b>Fysikaliskt tillstånd</b>	<b>Representerar ämnesklass</b>
1	Diklormetan	vätska	Klorerat kolväte
2	Metanol	vätska	Primär alkohol
3	n-Heptan	vätska	Mättat kolväte
4	Toluen	vätska	Aromatiskt kolväte
5	Dietylamin	vätska	Amin
6	Natriumhydroxid (40 %)	vätska	Oorganisk bas
7	Svavelsyra (96 %)	vätska	Oorganisk syra
8	Ammoniak	gas	Basisk gas
9	Klor	gas	Halogen
10	Klorväte	gas	Sur gas
11	Aceton	vätska	Keton
12	Acetonitril	vätska	Nitril
13	Etylacetat	vätska	Ester
14	Koldisulfid	vätska	Organisk svavelförening
15	Tetrahydrofuran	vätska	Heterocyklisk eterförening

## Provningarna med resultat

### *Tryckprovning, punkt 3*

#### Motiv för provningen

Tryckprovning enligt punkt 3, **Tabell 1**, anses motsvara provning under den hårdaste påfrestning som dräkten kan utsättas för i sin normala användning. Enligt analysen i den tidigare utförda förstudien<sup>1</sup> är detta då sjukvårdspersonal iförd dräkten kommer i kontakt med patienter med vätskeformiga kemikalier i kläderna, eller på kroppen, i samband med hantering av patienterna vid sanering på bår. Provningen innebär en simulering av detta fall. Försöken skulle utföras utan C-underställ samt om så erfordrades även med C-underställ.

#### Metod

För att efterlikna att personalen utsätts för kemikalier som finns i patientens kläder när patienter hanteras lades ett kemikalie-indränkt tyg mot dräktmaterialet. Ett tryck som simulerar tyngden av patienten applicerades på det indränkta tyget, varefter genomvätningen undersöktes. Eftersom flera vändningar av patienter utförs med samma dräkt påtagan utan sanering emellan, applicerades tryck ett flertal gånger på samma material under en provning. Med tanke på hur länge en person orkar arbeta i dräkten (ca 45-60 min), samt hur många helkroppssaneringar av liggande patienter som kan utföras på en timme (cirka 5-6), applicerades tryck 15 gånger, vilket alltså ger en säkerhetsmarginal på 2-3 gånger mot normalfallet. En vändning beräknas ta maximalt 10 sekunder. Försöket utfördes med tryckapplikation 15x10 sekunder med 10 sekunders paus mellan appliceringarna. Försök gjordes även där tryck applicerades under olika långa tider, 30 sekunder respektive 60 sekunder. Detta simulerar effekterna av en längre kontakttid med en kontaminerad patient. Kemikalier från SS-EN 943-2, **Tabell 2**, användes, förutom klorgas. Saltsyra, 37 %, användes i stället för klorväte i gasfas. Ammoniak användes som 25 procentig lösning.

#### Utförande

Principen för utförandet, filterpapper och vägning, har hämtats från SS-EN 368, men själva provningsmetoden har anpassats till den frågeställning provningen ska ge svar på.

Provbitar med en diameter på 50 mm stansades ut ur dräktmaterialet. Även bitar av filterpapper, klass 3, Munktell Filter Paper, Stora Kopparberg Filter Products, Sverige, samt två sorters vanligt förekommande tyg (ett jeanstyg, och ett sweatshirttyg, båda av 100 % bomull), alla dessa med samma

diameter, stansades ut. Jeanstyget/sweatshirtyget vägdes, varefter det dränktes in med kemikalie som fick rinna av till dess det slutade droppa. Sedan vägdes tyget med resterande kemikalie, vilket ger den mängd kemikalie som tyget tar upp. Detta är även den mängd kemikalie som trycks mot dräktmaterialet. Vägningen skedde på en våg av fabrikat Mettler, noggrannheten var 0,0001 g. Före varje vägning dränktes tyget in och fick droppa av. Till en början gjordes försök med de båda ”trycktygen” var för sig, totalt med tre olika kemikalier. Sweatshirtyget visade sig absorbera betydligt mer kemikalie än jeanstyget varför enbart sweatshirtyget användes för de fortsatta försöken.

Före själva tryckförsökets början vägdes filterpapperet och materialet var för sig. Filterpapperet placerades i en petriskål av glas. Dräktmaterialet lades ovanpå med det kemikalieindränkta tyget överst. En rund teflonbit med diametern 35 mm placerades på tyget varefter ett tryck på 20 N applicerades under 30, 60 respektive 15x10s. Efter försöket vägdes filterpapperet och dräktmaterialet. Trippelprov utfördes. När trycktygmaterialet dränktes in med saltsyra, 37 %, drog tyget ihop sig och gick inte att använda för försök. Därför droppades istället sju droppar à 5 µl av kemikalien direkt på dräktmaterialet varefter tryck applicerades. När trycktygmaterialet dränktes in med svavelsyra, 96 %, försvann trycktyget helt. Därför användes samma procedur som för saltsyra, med droppar direkt på dräktmaterialet.

### **Extra försök med svavelsyra**

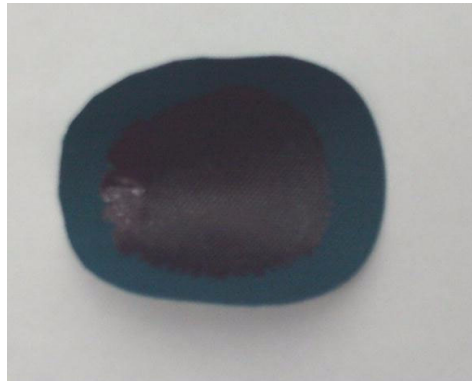
Under tryckprovningen, punkt 3, med svavelsyra och saltsyra uppstod färg- och strukturförändring i dräktmaterialet, från grön väv till lila ”klet”, när kemikalierna kom i kontakt med materialet. Ingen färgförändring kunde iaktas på undersidan av materialet. Tryckprovningen sker dock under kort tid. För att följa förloppet under en längre tidsperiod, och för att illustrera hur det ser ut när svavelsyra droppas på materialet och tryck appliceras, gjordes ett kompletterande försök med svavelsyra. Utförandet var snarlikt tryckförsöket, men förloppet följdes under ca sex timmar genom fotografering.

Två materialbitar, ø 50 mm, placerades på en glasskiva i ett dragskåp. Sju droppar svavelsyra à 5 µl lades på vardera materialbiten, varefter tryck applicerades under 60 sekunder på samma sätt som i Tryckprovning, punkt 3. Trycket togs därefter bort och händelseförloppet följdes under 236 respektive 242 minuter genom fotografering av materialet från både ovan- och undersidan efter olika tider. Temperaturen i dragskåpet var ca 20-21°C.

## Resultat och diskussion

Samtliga värden för genomvätning, för alla de undersökta kemikalierna, är under 0,05 %. Dessa värden är väldigt låga. Som jämförelse är kravet på en dräkt av den högsta klassen, (klass 3), enligt standarden prEN 14325, att resistensen mot permeation av vätskor ska vara  $< 1$  % vid användande av metoden i EN 368. Materialet i skyddsdräkten utan C-underställ klarar med god marginal den specificerade försökstiden för de kemikalier i **Tabell 1** som användes vid test enligt tryckmetoden 3.

Både saltsyra och svavelsyra gjorde dock ytan av dräktmaterialet lila och kletig inom någon minut, **Fig. 1** och **2**. Däremot kunde ingen mätbar genomvätning upptäckas inom försökstiden. Försöket avslutades efter de specificerade 5 minuterna. Några timmar efter avslutat försök, observerades att dräktyget i dessa två fall blivit synbart lila även på undersidan, **Fig. 2**.



**Fig. 1.** Ovansida av materialbit som exponerats för saltsyra, 37 %.

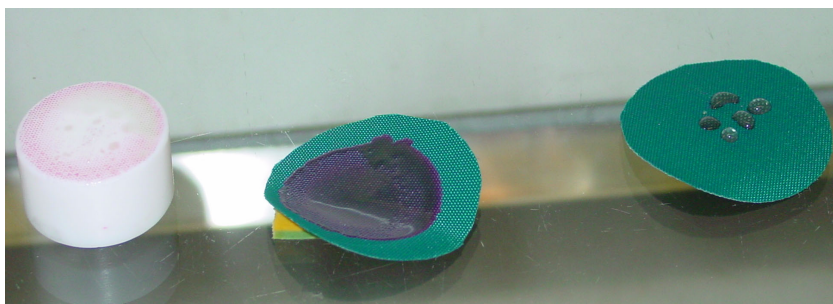


**Fig. 2** Ovansida och undersida (höger) av materialbit som exponerats för svavelsyra, 96 %.

Övriga kemikalier som provats ger ingen synbar påverkan på dräktmaterialet.

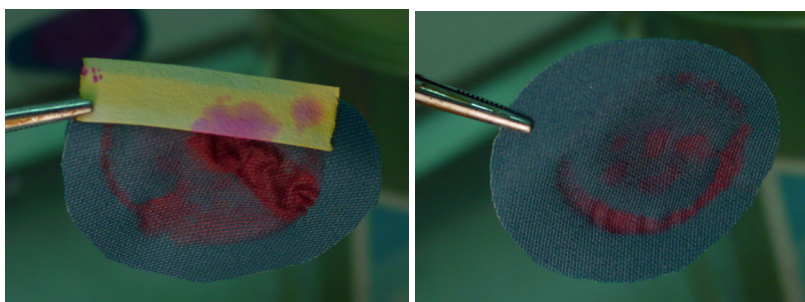
Vid extraförsöket med svavelsyra på två materialbitar där förloppet följdes med fotografering under 236 respektive 242 minuter efter exponering inträffade samma sak som vid den tidigare tryckprovningen; materialet blev lila och kletigt på

ovansidan, **Fig. 3**, samt efter en tid lila även på undersidan, **Fig. 4**.



**Fig. 3.** Provbit 1 (vänster) efter 6 minuter och provbit 2 (höger) efter 0 minuter, före tryckbelastning. Ovansida av materialet. Den vita cylindern till vänster är en bit teflon som användes som anliggningsmaterial mot kemikalie och dräktmaterial vid tryckbelastning

Lila färg syns på undersidan av den ena materialbiten inom 23 minuter och på undersidan av den andra inom 70 minuter. Tidsskillnaden mellan färgförändringen för de båda materialbitarna kan tyda på att materialet är inhomogent.



**Fig. 4.** Undersida av provbit 1 efter 242 min (vänster). Undersida av provbit 2 efter 236 min (höger).

I **Fig. 4** visas hur materialbitarna såg ut på undersidan ca 4 timmar efter exponeringen. Får materialbitarna ligga i dragskåp till dess att svavelsyran torkat in, blir resultatet att materialet blir sprött där det varit i kontakt med svavelsyran. På vissa ställen blev det hål i materialet.

Färgförändringen till lila på ovansidan av materialet sker inom en minut, vilket gör det lätt att upptäcka om man exponerats för svavelsyra.

Det bör noteras att sannolikheten för att sjukvården får ta hand om skadade som fått större mängder 96-procentig svavelsyra på sig är liten. Svavelsyran är så starkt frätande att patientens kläder, hud m.m. förmodligen har frätts bort.

## Dropptest, punkt 4

### Motiv för provningen

För att erhålla genombrottstider och genombrottskurvor för industrikemikalier genom dräktmaterialet genomfördes s.k. dropptester. Provningen ger svar på dräkstens uthållighet under t.ex. väntan mellan patienter där dräkten blivit kontaminerad. Inledningsvis genomfördes provning på enbart dräktmaterialet. För de kemikalier där genombrottet skedde inom 6 timmar var det tänkt att försöket skulle repeteras med ett kolmaterial, ett C-underställ, under dräkttyget. Det C-underställmaterial som användes vid försöken var SRV 1120-02, RB-90 underställ C-skydd, tillverkat av K. Stormark KO-FA A/S, Norge.

Efterhand som provningen fortskred noterades att materialet inte klarade att stå emot vissa kemikalier någon längre tid utan att kombineras med C-underställ. Efter samråd med uppdragsgivaren beslöts att vidare provningar av materialet ensamt inte behövde utföras, i stället utfördes fortsatta provningar med materialet i kombination med underställ.

Vissa av kemikalierna som används i försök punkt 4 hann provas på materialet utan underställ innan detta beslutades och resultat från dessa provningar redovisas under respektive kemikalienamn.

### Metod och utförande

Provbitar med en diameter på 50 mm stansades ut ur dräktmaterialet. Provbitarna placerades i en provhållare av syrafast stål, **Fig. 5**.



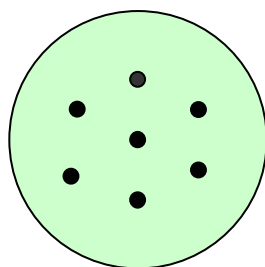
*Fig. 5. Provhållare för material.*

För kemiska stridsmedel finns en vedertagen generell beläggningsgrad som baseras på ett tänkt ”standardanfall”.<sup>6</sup> Beläggningsgraden är densamma för samtliga agens. För industrikemikalier finns ingen motsvarande beläggningsgrad definierad, och det torde vara svårt att definiera en sådan då kemikalierna har vitt skilda egenskaper och utspridningsvägarna varierar enormt. Kontakt med ämnena kan alltså ske på

många olika sätt. Vid tidigare provningar utförda enligt EN 369 täcker kemikalien hela provytan. Detta ger en beläggningsgrad som är något för hög för dräktens användningsområde; vändning av patienter med kemikalier i kläderna. En reducerad beläggningsgrad kombinerat med provningsmetoden för kemiska stridsmedel, och med målet att belaggningsgraden skulle täcka en större del av provytan, erhöles en provbeläggning av sju droppar à 5 µl.

De sju dropparna av kemikalier placerades på materialytan i mönster enligt **Fig. 6**.

Luften under materialytan analyserades med avseende på innehåll av pålagt ämne. Metanol, n-heptan, toluen, dietylamin, etylacetat, diklormetan och tetrahydrofuran analyserades med



**Fig. 6.** Mönster av kemikaliedroppar.

en gaskromatograf med en flamjonisationsdetektor (GC/FID), från Perkin Elmer. Natriumhydroxid, saltsyra och svavelsyra analyserades genom att luften under materialet leddes ner i vatten och pH-förändringen i vattnet registrerades. Förändringen i pH räknas sedan om till mängden ämne som brutit igenom materialet. Ammoniak, aceton, diklormetan och koldisulfid analyserades med ett jonmobilitetsinstrument (IMS), en RAID-1 från Bruker Daltonics, Tyskland.

en gaskromatograf med en flamjonisationsdetektor (GC/FID), från Perkin Elmer. Natriumhydroxid, saltsyra och svavelsyra analyserades genom att luften under materialet leddes ner i vatten och pH-förändringen i vattnet registrerades. Förändringen i pH räknas sedan om till mängden ämne som brutit igenom materialet. Ammoniak, aceton, diklormetan och koldisulfid analyserades med ett jonmobilitetsinstrument (IMS), en RAID-1 från Bruker Daltonics, Tyskland.

## Resultat och diskussion

Om inte annat anges är de givna tiderna för genombrott medelvärden av tre försök utförda på material i kombination med C-underställ. Inom parentes visas de individuella värdena från de tre försöken. Minuter används för samtliga resultat för att underlätta jämförelser. För en del kemikalier är spridningen mellan olika mätningar stor. Detta kan bero på olika faktorer; kemikaliernas egenskaper, inhomogeniteter i dräktmaterialet eller själva mätmetoden.

### Diklormetan

Genombrott av diklormetan registrerades med IMS efter  $45 \pm 19$  minuter. (40, 66, 29 minuter)

### Metanol

Genombrott av metanol registrerades med GC/FID efter  $5 \pm 0$  minuter. (5, 5, 5 minuter)

### n-Heptan

Genombrott av n-heptan registrerades med GC/FID efter  $80 \pm 35$  minuter. (60, 60, 120 minuter)

### Toluen

Genombrott av toluen registrerades med GC/FID efter  $17 \pm 28$  minuter. (50, 1, 1 minuter)

### Dietylamin

Genombrott av dietylamin registrerades med GC/FID efter  $68 \pm 18$  minuter. (85, 50, 70 minuter)

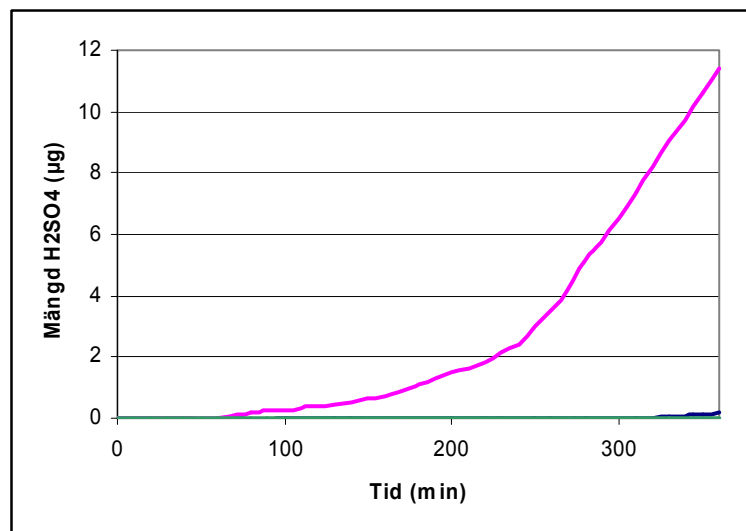
### Natriumhydroxid

Eftersom inget genombrott registrerades när materialet provades utan underställ ansågs det inte nödvändigt att göra test på material i kombination med underställ. Klart definierade droppar låg kvar på materialytan efter provtidens slut. (360 minuter)

### Ammoniak, 25 %

Genombrott av ammoniak registrerades med IMS efter  $83 \pm 64$  minuter. (23, 151, 77 minuter)

### Svavelsyra, 96 %



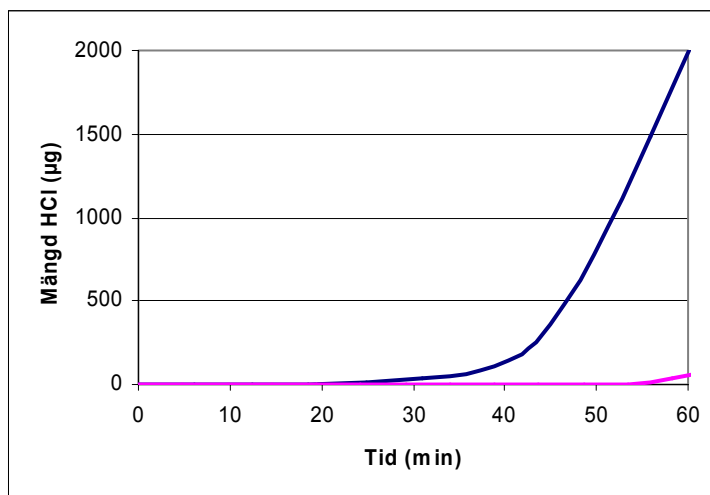
*Fig. 7. Genombrottskurva svavelsyra, 96 %, dräktmaterial utan underställ.*

Vid två av tre genomförda försök var mängden svavelsyra som penetrerade dräktmaterialet under sex timmar försumbar. Vid det tredje försöket började genombrott synas efter ca en timme, se den rosa kurvan i **Fig. 7**. När materialet plockades ur provhållaren vid försökets slut, efter sex timmar, upptäcktes ett hål med ca 5 mm diameter i materialet där en av dropparna legat. (Genombrottstider; 60, >360, >360 minuter.) Detta kan tyda på att materialet är inhomogent. Innan försökets början såg materialet normalt ut och inget hål iaktogs.

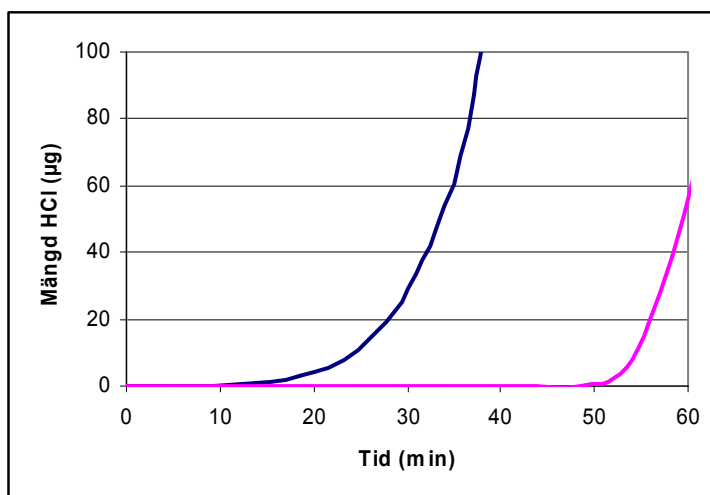


### Saltsyra, 37 %

När dräkten används utan underställ börjar genombrottet relativt omgående, **Fig. 8** och **9**. Om dräktmaterialet kombineras med C-underställmaterial tar det längre tid till genombrott. Samtidigt är halterna av permeerad HCl vid samma tidpunkt lägre än när enbart dräktmaterial används.



**Fig. 8.** Dropprest HCl, 37 %, dräktmaterial med (rosa kurva) och utan underställ (blå kurva).



**Fig. 9.** Dropprest HCl, 37 %, dräktmaterial med (rosa kurva) och utan underställ (blå kurva). Förstoring av kurvorna i **Fig. 8**.

Kurvorna i **Fig. 8** och **9** är medelvärden av tre mätningar. **Fig. 9** är en förstoring av kurvorna i **Fig. 8** och visar genombrottets början med en annan skala på y-axeln.

Kurvorna visar att genombrottet sker ganska tvärt. När materialet provas utan underställ börjar saltsyra penetrera efter  $8 \pm 2$  minuter, (10, 6, 7 minuter). Kombinationen med C-underställmaterialet fördröjer penetrationen till  $49 \pm 4$  minuter, (46, 48, 54 minuter).

**Aceton**

När dräkten provas utan underställ sker genombrott efter  $3 \pm 1$  minut och en koncentration på ca  $850 \text{ mg/m}^3$  uppnås, (3,5; 3,5; 1,5 minuter).

För dräkt i kombination med underställ sker genombrott av aceton vid  $6 \pm 3$  minuter och en koncentration på ca  $40 \text{ mg/m}^3$  uppnås, (10, 5, 4 minuter).

Mätningarna avbröts när konstant koncentration erhöles under materialet.

Notera att tiden till genombrott inte påverkas mycket av om försöket görs med eller utan C-underställmaterial. Det är frågan om enstaka minuter i båda fallen. Genombrottet sker brant, från inget till en konstant genombrottsmängd inom kort tid. Däremot gör underställmaterialet att koncentrationen efter genombrottet stabiliseras på en betydligt lägre nivå;  $40 \text{ mg/m}^3$  jämfört med  $850 \text{ mg/m}^3$ . En lägre, men ändå hög nivå.

**Acetonitril**

Genombrott av acetonitril registrerades med GC/FID efter  $5 \pm 0$  minuter, (5, 5, 5 minuter).

**Etylacetat**

Genombrott av etylacetat registrerades med GC/FID efter  $2 \pm 2$  minuter, (5, 1, 1 minuter).

**Koldisulfid**

Dräktmaterial utan C-underställmaterial gav genombrott av koldisulfid, registrerat med IMS, efter  $4 \pm 1$  minut, (4, 4, 3 minuter).

Dräktmaterial i kombination med C-underställmaterial gav genombrott av koldisulfid efter  $48 \pm 13$  minuter, (55, 33, 56 minuter).

**Tetrahydrofuran**

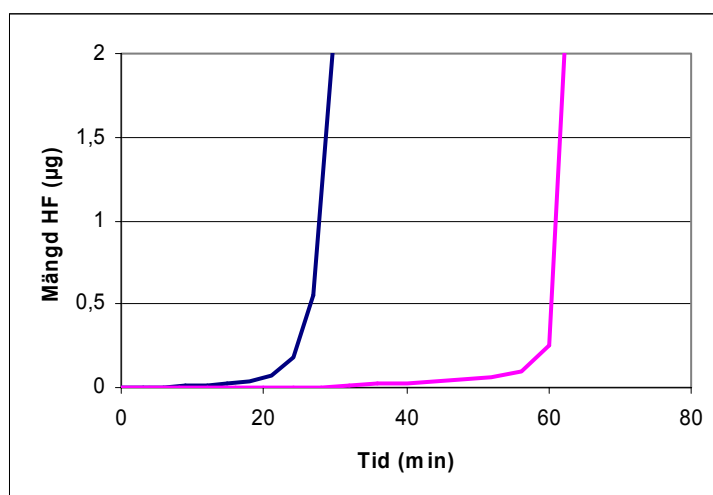
Genombrott av tetrahydrofuran registrerades med GC/FID efter  $7 \pm 3$  minuter, (5, 5, 10 minuter).

**Svavelsyra, 50 %**

Dräktmaterial utan C-underställmaterial gav genombrott av svavelsyra, 50 %, efter  $47 \pm 8$  minuter, (39, 55, 48 minuter).

När dräkten i kombination med underställ provas mot svavelsyra, 50 %, skedde inget genombrott under de sex timmar provningen varade.

## Fluorvätesyra



**Fig. 10.** Genombrottskurva HF, 40 %, dräktmaterial med (rosa kurva) och utan underställ (blå kurva). Medelkurva för tre mätningar.

När fluorvätesyra, 40 %, appliceras på ett dräktmaterial utan C-understäm material syntes en tydlig ökning av koncentrationen under materialet efter  $14 \pm 9$  minuter, (4, 22, 15 minuter), **Fig. 10**. I kombination med understäm material tog det  $41 \pm 5$  minuter, (45, 35, 42 minuter), innan motsvarande koncentration ökning uppmättes, **Fig. 10**. Försöket avbröts innan allt för hög koncentration av fluorvätesyra erhöles i mätvattnet då fluorvätesyra används för att etsa glas och mätning av pH gjordes med en glaselektrod.

### Saltsyra, 37 %, Svavelsyra, 96 %, Natriumhydroxid, 40 %

Dräktmaterialen klarar att stå emot svavelsyra, 96 %, och natriumhydroxid, 40 %, utan att kombineras med C-understäm material vid provning enligt denna metod, 4. Detta kan förklaras med att dessa vätskor är viskösa och inte absorberas så lätt i materialet. De är inte heller speciellt flyktiga varför det kan vara väldigt små mängder av ämnet som förekommer i gasfas och som därför kan permeera materialet och följa med analysluftströmmen till pH elektroden.

För att vidare undersöka permeation av syra/bas, följdes genombrottsförloppen visuellt med hjälp av pH-papper under sex timmar. Provbiter av materialet placerades i petriskålar och fuktat pH-papper placerades under materialet. Materialet belades därefter med sju droppar av respektive HCl, 37 %, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 96 % och NaOH, 40 %. Under försökets gång torkade pH-papperet, det ersattes då med nytt fuktat papper. Genomvätningen undersöktes visuellt. När genomvättning av dräktmaterial skett registrerades tiden och C-understäm material placerades under dräktmaterialen. Det vidare genombrottsförloppet följdes på samma sätt som vid genomvättning av endast dräktmaterial.

**Tabell 3.** Tider för genomvättning.

Ämne	Tid till genombrott, dräktmaterial (min)	Tid till genombrott, dräktmaterial i kombination med underställ (min)
Saltsyra, 37 %	<15	75
Svavelsyra, 96 %	24	255
Natriumhydroxid, 40 %	300	>360

Genombrott av svavelsyra i vätskefas sker efter 24 minuter för dräktmaterialet ensamt och efter fyra timmar och 15 minuter när materialet kombineras med C-underställmaterial, **Tabell 3**. Genomvättning av natriumhydroxid sker efter fem timmar. När materialet kombineras med underställ sker dock ingen genomvättning under sex timmar.

### ***Penetrationsprovning, punkt 5***

Penetrations- och vätskeavvisningsprovning enligt SS-EN 368, punkt 2, med tillämpliga kemikalier från SS-EN 943-2, **Tabell 1**, var tänkt att utföras på dräktmaterial i kombination med C-underställ för att visa på eventuella skillnader i tid till genomvätning för dräkten med och utan C-underställ. Detta skulle utföras ifall dräktmaterialet inte klarade provning enligt punkt 2. Emellertid visade det sig att dräkten klarade denna provning utan underställ, varvid provning 5, med underställ, utgick.

## **Dropptest, punkt 6**

### **Motiv för provningen**

För att prova dräkten i ett krigs-/terroristscenario, provades dräkten, med och utan C-underställ, mot senapsgas och två nervgaser, sarin och soman. Provning utfördes enligt FMV:A 53739<sup>7</sup>, som är en av Försvarsmaktens standardmetoder för provning av skyddsmaterials resistens mot senapsgas. Dock användes en mer exakt analysmetod än den i beskrivningen, se nedan.

### **Metod**

Två droppar agens placeras på materialytan och permeerad mängd agens under materialet samlas upp på adsorbent och analyseras med GC/FID. Analysen ger både genombrottskurva och permeerad mängd.

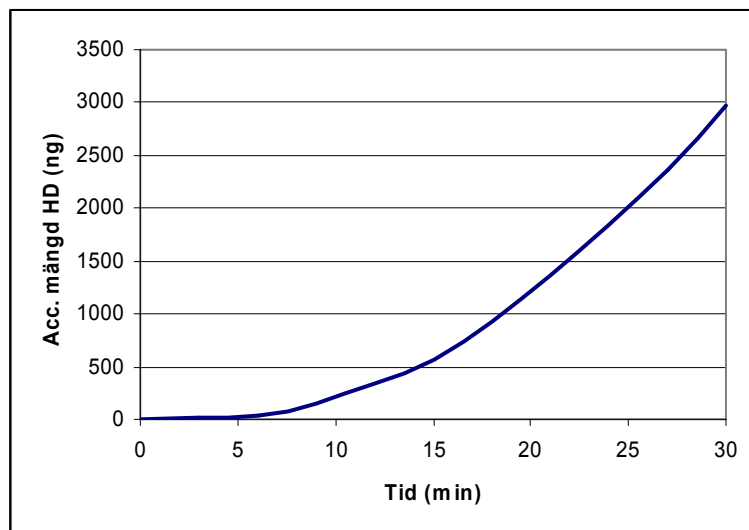
### **Utförande**

Provbitar med en diameter på 50 mm stansades ut ur dräktmaterialet. Provbitarna placerades i en provhållare av syrafast stål, **Fig. 5**. Två droppar agens à 4 µl placerades på materialytan. Luften under materialytan analyseras med avseende på permeerad mängd agens. Vid provning av dräktmaterialet utan underställ leddes luften under materialet genom adsorbentrör, Perkin-Elmer, fyllda med adsorbenten Tenax-TA. Dessa rör byttes manuellt efter vissa tidsintervall och analyserades med ATD/GC/FID. ATD, Automated Thermal Desorber, från Perkin-Elmer och GC/FID HP 5880A med kolonn DB-5, 0,32 µm x 30 m, med temperaturprogrammering av gaskromatografen från 100°C till 200°C. När dräktmaterial i kombination med C-underställmaterial undersöktes gjordes luftprovtagningen automatiskt med en on line-enhet kopplat till ATDn. Ämnet som permeerat samlas då upp på en kylfälla fylld med Tenax-TA som är inbyggd i ATDn. Analys utfördes med samma GC/FID och på samma sätt som vid den manuella provtagningen.

## Resultat och diskussion

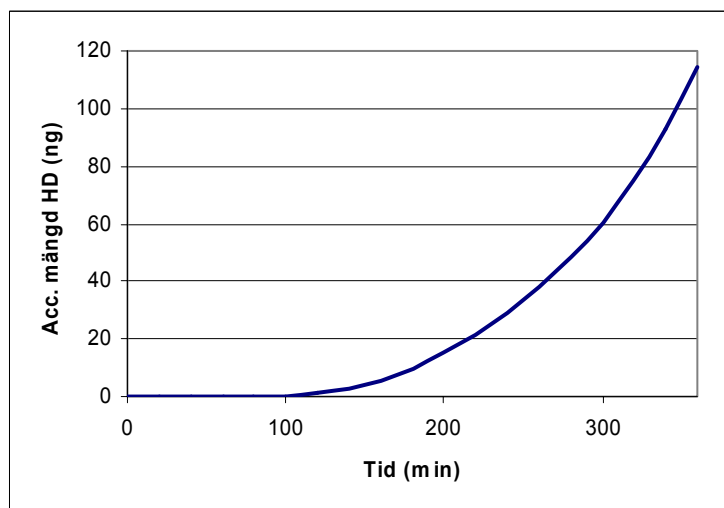
### Senapsgas, HD

Dräktmaterialet utan underställ släpper igenom senapsgas från starten av provningen. Den ackumulerade permeerade mängden är nära 3  $\mu\text{g}$  efter 30 minuter **Fig. 11**.



**Fig. 11.** Genombrottskurva, senapsgas, dräktmaterial utan underställ. Medelkurva för tre mätningar.

Mängden senapsgas som permeerar materialet sjunker drastiskt när materialet provas i kombination med C-underställmaterial.



**Fig. 12.** Genombrottskurva, senapsgas, dräktmaterial med underställ. Medelkurva för tre mätningar.

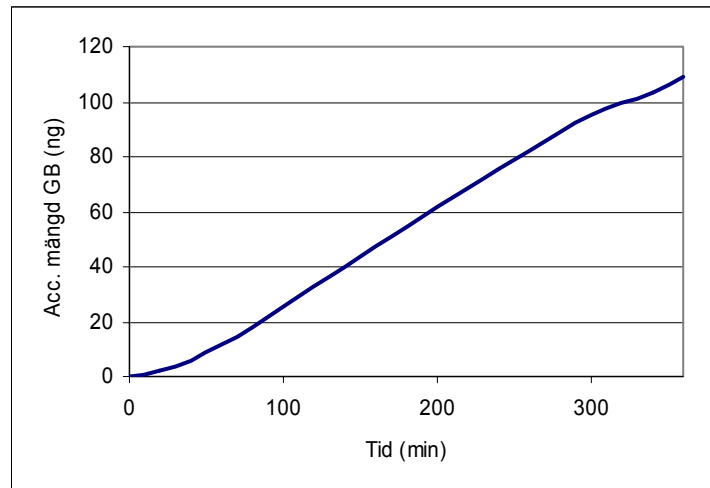
Under de första 100 minuterna detekteras ingen senapsgas under materialet, därefter sker en koncentrationsökning till 115 ng efter 6 timmar, **Fig. 12**. De uppmätta mängderna är nära detektionsgränsen för analysmetoden.

I kombination med underställmaterial når inte halterna under sex timmar upp till 0,2  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , den nivå som i Sverige anges

som militärt gränsvärde. Civila gränsvärden av typen yrkeshygieniska gränsvärden för senapsgas finns inte idag.

### Sarin, GB

På grund av resultaten från provningen av dräktmaterialet utan underställ mot senapsgas genomfördes enligt överenskommelse inga prov av permeationen av sarin genom enbart dräktmaterialet.



**Fig. 13.** Genombrottskurva, sarin, dräktmaterial med underställ. Medelkurva för tre mätningar.

Låga halter av sarin permeerar dräktmaterialet i kombination med underställmaterial med omedelbar start, **Fig. 13**. Dock är det på nanogramnivå per minut och mängderna är mycket nära detektionsgränsen för analysmetoden.

### Soman, GD

På grund av resultaten från provningen av dräktmaterialet utan underställ mot senapsgas genomfördes enligt överenskommelse inga prov av permeationen av soman genom enbart dräktmaterialet.

Ingen soman kunde detekteras på undersida av dräktmaterialet i kombination med underställ under sex timmar.



## Dropptest med belastning, punkt 7

### Motiv för provning, Metod

Lika som punkt 6 med tillägget att tryck appliceras enligt FMV:A 53740<sup>8</sup>, en av Försvarsmaktens standardmetoder för provning av skyddsmaterials resistens mot senapsgas.

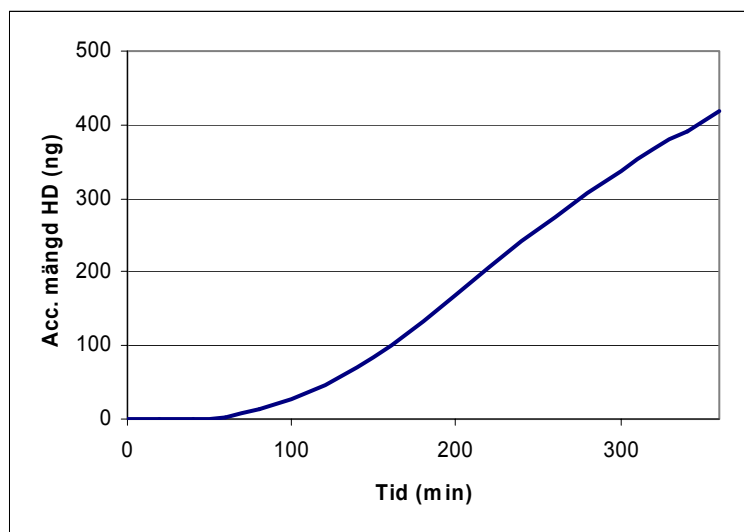
### Utförande

Provbitar med en diameter på 50 mm stansades ut ur dräktmaterialet och underställmaterialet. Provbitarna, med dräktmaterialet överst, placerades i en provhållare av syrafast stål, **Fig. 5**. Två droppar à 4 µl placerades på materialytan. Tryckbelastning med 20 N/cm<sup>2</sup> applicerades på dropparna med en tefloncylinder.

På grund av resultaten från provningen av dräktmaterialet utan underställ mot senapsgas utan tryckbelastning genomfördes enligt överenskommelse inga prov av permeationen av senapsgas, sarin eller soman genom enbart dräktmaterialet.

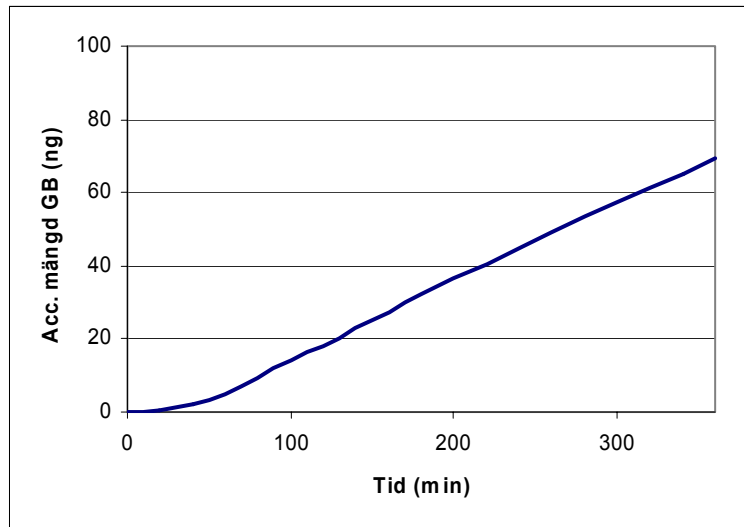
## Resultat och diskussion

### Senapsgas, HD



**Fig. 14.** Genombrottskurva senapsgas med tryck, dräktmaterial med underställ. Medelkurva för tre mätningar.

Under de första 40 minuterna detekteras ingen senapsgas under materialet, därefter sker en koncentrationsökning med maximum kring 1,75 ng/min efter 4 timmar, **Fig. 14**. Halterna når under sex timmar inte upp till 0,2 µg/cm<sup>2</sup>, den nivå som i Sverige anges som militärt gränsvärde.

**Sarin, GB**

**Fig. 15.** Genombrottskurva för sarin med tryck dräktmaterial med underställ. Medelkurva för tre mätningar.

Under de första 20 minuterna detekteras ingen sarin under materialet, därefter sker en koncentrationsökning till ca 0,2 ng/minut efter ca 80 minuter, **Fig. 15**.

**Soman, GD**

Ingen soman kunde detekteras på undersida av dräktmaterialet i kombination med underställ under sex timmar.

## Tryckprovning med vått dräktmaterial, punkt 8

### Motiv för provningen

Dräkten avses att användas vid sanering av patienter. Saneringen sker oftast genom tvättning med tvål och vatten, dräkten utsätts alltså för vatten i kombination med kemikalier. Det är därför av intresse att veta om genomvätningen av kemikalie påverkas av om dräktmaterialet är torrt jämfört med om det är mättat med vatten. För att studera detta utfördes försök med tryckprovning, punkt 3, men med dräktmaterial mättat med vatten.

Först undersöktes om materialet absorberar vatten. Därefter provades genomvätningen av fyra kemikalier med vått dräktmaterial; toluen, koldisulfid, ammoniak och fluorvätesyra. Tryckbelastning applicerades under 1 respektive 5 minuter.

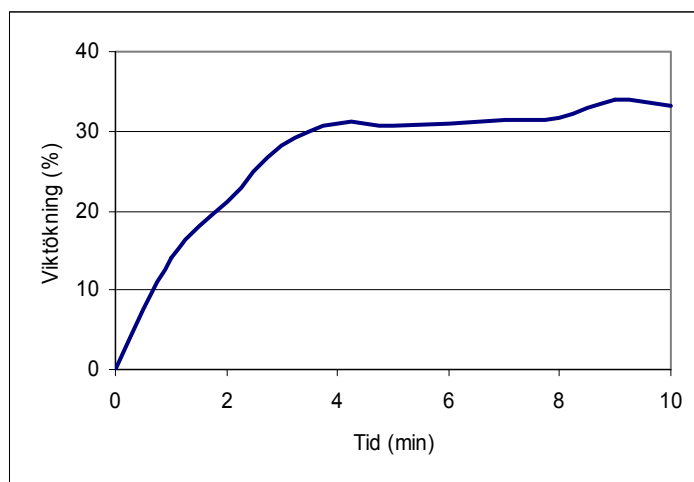
### Metod och utförande

För att undersöka om materialet absorberar vatten stansades provbitar av materialet ut och vägdes. Därefter placerades materialet med yttersidan nedåt i avjoniserat vatten. Under de första 2 minuterna plockades materialet upp och vägdes var 30:e sekund. Därefter vägdes materialet en gång i minuten under åtta minuter. Sammanlagt varade försöket i 10 minuter.

För tryckprovningen användes samma metod och utförande som för punkt 3 med skillnaden att dräktmaterialet, som det kemikalieindränkta tyget trycktes mot, var mättat med vatten.

### Resultat och diskussion

Vid försöket med vått material visade det sig att vatten omedelbart börjar absorberas av dräktmaterialet.



**Fig. 16.** Materialets viktökning i procent under 10 minuter vid vätning med avjonat vatten.

Viktökningen är snabb i början för att stabiliseras efter ca 4 minuter på en viktökningsnivå på drygt 30 %, **Fig. 16**.

Vid tryckprovning enligt punkt 3 med vått material med koldisulfid, toluen, ammoniak och fluorvätesyra noteras ingen genomvätning, dvs. vid tryckprovning erhöles ingen skillnad mellan vått och torrt dräktmaterial.

## Resultat och diskussion, provningar

Att definiera acceptabla gränser för koncentrationer av olika kemikalier mellan hud och ett överliggande klädlager är komplext och i dagsläget näst intill omöjligt då viktiga grundläggande data, som är nödvändiga för bedömningen, helt eller delvis saknas. Det finns idag heller inga gränsvärden för industrikemikalier på hud liknande de hygieniska gränsvärdena som finns för inandning av kemikalier.

För senapsgas använder FOI i dag ett gränsvärde som baseras på undersökningar och resonemang om minsta blåsbildande mängd på hud,  $0,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Ett civilt gränsvärde för senapsgas finns inte. För sarin och soman finns idag varken civila eller militära gränsvärden.

Avsaknaden av gränsvärden och grundläggande data gör att skyddskläders effektiva skyddstider mot olika kemikalier, dvs. den tid det tar tills penetrerad/permeerad mängd av en viss kemikalie uppnår en farlig koncentration under materialet, inte kan specificeras.

Det sätt som här använda standarder specificerar de kemikalier som ska användas i provningen, där ämnena representerar olika ämnesklasser och alltså även representerar andra ämnen med liknade struktur, gör en absolut gräns mindre tillämpbar. Ämnena inom varje klass har med största säkerhet olika toxicitet och är olika farliga att få på huden. De skulle därför få olika gränsvärden och därmed skulle skyddsutrustningars skyddstider bli olika. Det verkar därför vara av större intresse att veta tiden när denna typ av ämnen börjar penetrera materialet än när ett specifikt ämne inom klassen uppnår en viss nivå. Det kan konstateras att de genomförda provningarna visar att genombrottet i många fall sker tvärt, alltså att koncentrationsökningen sker snabbt från noll eller kring noll till den maximala mängd ämne som mätmetoden kan mäta, vilket gör det möjligt att betrakta detta som ett klart genombrott.

Det finns 100 000-tals industrikemikalier som i större eller mindre omfattning förekommer i samhället. Att prova skyddskläder mot samtliga dessa kemikalier är tidsmässigt och ekonomiskt omöjligt. Hur snabbt ett och samma ämne permeerar/penetrerar ett material är dessutom avhängigt av temperatur, tryck, fukthalt, ämnets koncentration, gradienter över materialet, nötning hos materialet etc. Att prova vid samtliga kombinationer av dessa parametrar är heller inte möjligt. För att erhålla ett rimligt antal tester, som dock är representativa för materialet i relation till dess användningsområde, måste ett lämpligt urval av tester definieras. Detta kan göras på flera sätt, ett är att välja representanter för olika kemiska ämnesklasser. Detta har tillämpats i denna undersökning.

Samtliga resultat från alla här rapporterade provningar sammanfattas i tabellform i **Bilaga 2**.

Följande slutsatser kan dras av resultaten:

1. Försöken enligt det simulerade normala användningsfallet, tryckprovning enligt punkt 3, utan C-underställ, **Tabell 1**, visar att dräkten klarar detta.

Dräkten släpper inte igenom någon av kemikalierna i vätskeform under försökstiderna (0,5, 1 och 5 minuter).

Det bör dock noteras att materialets yta färgades lila och blev klibbig inom mindre än en minut efter det att droppar av svavelsyra, 96 %, saltsyra, 37 %, eller fluorvätesyra, 40 %, placerats på ytan.

Det kompletterande droppetestet som utfördes på liknande sätt fast utan tryck och under längre tid, sex timmar, för svavelsyra, saltsyra och natriumhydroxid visar att saltsyra kommer igenom dräkten på mindre än 15 minuter och svavelsyra på 24 minuter. Om dräkten kombineras med underställ ökar tiden till genombrott till 75 respektive 255 minuter, dvs. 5-10 gånger. För natriumhydroxid dröjer det fem timmar innan genombrott sker på dräkten. I kombination med understället sker inget genombrott med natriumhydroxid under de sex timmar försöket följdes.

2. Permeationsprovningarna enligt dropptesten, där genombrott av kemikalierna i gasform undersöks, ger varierande genombrottstider för de olika kemikalierna. Vissa ämnen går igenom direkt, för andra tar det ett antal minuter. Generellt går dock de flesta ämnena igenom direkt, se **Bilaga 2**.

Kompletteras dräktmaterialet med ett kolbaserat C-underställmaterial, förbättras situationen ofta, dvs. det tar längre tid till genombrott. Här bör noteras att kraftfulla undantag finns; aceton, toluen och metanol, dvs. alkoholer, kolväten och ketoner. Dessa går direkt igenom även kombinationen av material.

Resultatet gör det svårt att definiera en generell skyddstid för dessa kemikalier. En sådan skyddstid blir i så fall några få minuter. Alternativet att definiera en skyddstid för varje ämnesklass är svårarbetat. Det förutsätter i varje enskilt fall vetskap om vilken kemikalie dräkten används mot.

3. Försöken med ”terroristfallet”, innefattande de kemiska stridsmedlen senapsgas, soman och sarin, visar att permeation av de kemiska stridsmedlen sker snabbt när materialet används ensamt, men sjunker till nanogramnivå per minut när materialet används i

kombination med underställ. Samma tendens gäller när provning sker med och utan tryckbelastning. Halterna för senapsgas är lägre än det svenska militära gränsvärdet. Hur nivån ligger i förhållande till vad som kan accepteras för civila personer går inte att uttala sig om.

## Referenser

---

- <sup>1</sup> Sjukvårdens skyddsdräkt mot kemikalier – En förstudie för ökad kunskap om hälso- och sjukvårdens personliga skyddsutrustning, FOI-R-1131--SE, Mars 2004
- <sup>2</sup> AFS 1996:7, Arbetarskyddsstyrelsens Författningssamling, Utförande av Personlig Skyddsutrustning, 1996.
- <sup>3</sup> Sjukvårdens kemskydd. Sanering och behandling i fred, kris och krig. Socialstyrelsen. SoS-rapport 1995:15, Art. Nr. 1995-03-015.
- <sup>4</sup> Produktsäkerhet och CE-märkning. Arbetsmiljöverket, ADI 468.
- <sup>5</sup> SS-EN 369, Skyddskläder - Skydd mot kemikalier i vätskeform - Provningsmetod: Motstånd hos material mot permeation av vätskor, 1993.
- <sup>6</sup> Metoder för bedömning av effekter vid och efter C-anfall. FOA R A 40061-4.5, 1988.
- <sup>7</sup> FMV:A 53739, Test method for determining the resistance to permeation of mustard gas – statical test method. 1986-02-05.
- <sup>8</sup> FMV:A 53740, Test method for determining the resistance to permeation of mustard gas – statical pressure test method. 1987-05-25.
- <sup>9</sup> SS-EN 368 Skyddskläder –Skydd mot kemikalier i vätskeform – Provningsmetod: Motstånd hos material mot penetration av vätskor. 1993.



## Bilaga 1

### Definitioner

#### Permeation

Enligt definition i standarden SS-EN 368<sup>9</sup> är permeation den process där en kemikalie rör sig genom ett skyddsklädes material på molekylär nivå.

Permeation innefattar:

- a) sorption av molekylerna av kemikalien på den sida dessa är i kontakt med materialytan (utsidan);
- b) diffusion av de sorberade molekylerna i materialet, och;
- c) desorption av molekylerna på motsatt sida av materialet (insidan).

Detta innebär att en kemikalie kommer i kontakt med yttersidan av ett intakt material. Kemikalien rör sig därefter i molekylform genom materialet för att sedan komma ut på andra sidan av materialet.

#### Penetration

Enligt definition i standarden SS-EN 368<sup>9</sup> är penetration den process där kemikalier går genom hål eller öppningar i materialet. Hålet kan komma från mekanisk skada.

Detta innebär att en kemikalie kommer i kontakt med yttersidan av antingen ett permeabelt material som har öppningar som kommer av att materialet är glest vävt eller dylikt, eller ett material som har hål, revor etc. Kemikalien kan därefter penetrera genom dessa öppningar/hål i materialet och komma ut på andra sidan.

#### Vätskeavvisning

Förmåga hos ett material att stöta ifrån sig vätska som appliceras på dess yta.<sup>9</sup>

#### Skyddstid

Den tid det tar innan en kemikalie har trängt igenom ett material i så stor mängd att den genomträngda koncentrationen är farlig.

## Bilaga 2

Provningmetod	3		4		4 extra		4 lång		8		6		7	
	C- underställ	Genombrotts- tid [min]	C- underställ	Genombrotts- tid [min]	C- underställ	Genombrotts- tid [min]	C- underställ	Genombrotts- tid [min]	C- underställ	Genombrotts- tid [min]	C- underställ	Genombrotts- tid [min]	C- underställ	Genombrotts- tid [min]
<b>Kemikalie/agens</b>														
Diklormetan	utan	nd	med	45 ± 19										
Metanol	utan	nd	med	5 ± 0										
n-Heptan	utan	nd	med	80 ± 35										
Toluen	utan	nd	med	17 ± 28					utan	nd				
Dietylamin	utan	nd	med	68 ± 18										
Natriumhydroxid (40 %)	utan	nd	utan	nd	utan	300								
					med	nd								
Svavelsyra (96 %)	utan	nd	utan	nd*	utan	24	utan	29 ± 23 - 47 ± 33						
					med	255								
Svavelsyra (50%)			med	nd										
			utan	47 ± 8										
Ammoniak (25 %)	utan	nd	med	83 ± 64					utan	nd				
Saltsyra (37 %)	utan	nd	med	49 ± 4	utan	< 15								
			utan	8 ± 2	med	75								
Aceton	utan	nd	med	6 ± 3										
			utan	3 ± 1										
Acetonitril	utan	nd	med	5 ± 0										
Etylacetat	utan	nd	med	2 ± 2										
Koldisulfid	utan	nd	utan	4 ± 1					utan	nd				
			med	48 ± 13										
Tetrahydrofuran	utan	nd	med	7 ± 3										
Fluorvätesyra (40 %)			utan	14 ± 9					utan	nd				
			med	41 ± 5										
Senapsgas											utan	< 5		
											med	100	med	40
Sarin											med	< 5	med	20
Soman											med	nd	med	nd

### Provningmetod

- 3 Tryckprovning utan C-underställ, mätning på kemikalie i vätskefas
- 4 Dropptest, mätning på kemikalie i gasfas
- 4 extra Dropptest mätning på kemikalie i vätskefas
- 4 lång Dropptest 6 timmar, kemikalie i vätskefas
- 6 Dropptest mätning på agens i gasfas
- 7 Dropptest med tryckbelastning, mätning på agens i gasfas
- 8 Metod 3 fast vått material, mätning på kemikalie i vätskefas

nd = Icke detekterbar mängd under försökstiden.

\* = Vid två av tre försök var mängden nd, men vid det tredje gick det håll i materialet.