

ANVÄNDNING AV TP84 I KONTAMINERAD MILJÖ



Tage Berglund, Ola Claesson, P-M Gustavsson, Anita Jansson
Kenneth Lidström, Sune Nyholm, Jerker Torpsten, Kent Werneholm

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Avdelningen för NBC-skydd

901 82 Umeå

FOI-R--376—SE

Januari 2002

ISSN 1650-1942

Teknisk rapport

ANVÄNDNING AV TP84 I KONTAMINERAD MILJÖ

Tage Berglund, Ola Claesson, P-M Gustavsson, Anita Jansson, Kenneth
Lidström, Sune Nyholm, Jerker Torpsten, Kent Werneholm

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut – FOI Avdelningen för NBC-skydd 901 82 Umeå	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0376--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 3. Skydd mot massförstörelsevapen	
	Månad, år Januari 2002	Projektnummer E4677
	Verksamhetsgren 2. NBC-skyddsforskning	
	Delområde 34. B- och C-forskning	
Författare/redaktör Tage Berglund Kent Werneholm (F 7) Ola Claesson P-M Gustavsson (SkyddC) Anita Jansson Kenneth Lidström Sune Nyholm Jerker Thorpsten	Projektledare Ola Claesson	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FM, HKV, 23 321:61147	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Användning av Tp84 i kontaminerad miljö		
Sammanfattning (högst 200 ord) Tidigare studier av rutiner och tekniker för sanering av flygförare har förutsatt fast upprättade saneringsstationer, t ex ingångsdel i en bascentral. För att klargöra NBC-hotbilden för Tp84 (C 130 Hercules) och göra en relevant riskbedömning samt skapa realistiska arbetsrutiner, har följande försök genomförts; test av indikeringsinstrument under flygning, deponering och självsanering samt rutiner för insanering i planet. Försöken visar att det finns risk för lindriga skador när besättningar bordar planet efter passage genom C-kontaminerad vätskemiljö. Ytterligare träning samt komplettering av utrustning (t ex en dubblering av antalet skyddsmasker och handskar) kommer att göra riskerna hanterbara. Deponeringsvärdena i ett stängt flygplan indikerar en avklingning av agens som motsvar cirka 1,5 luftomsättningar per timme. Inledande saneringsprov visar att planets golvyta i praktiken bör kunna C-saneras med varmluftsaggregat på ett dygn utom för kontamination av nervgasen VX då längre tid krävs. C-kontaminerade soldater lastades in i planet och den resulterande miljön i planet vid olika utvärdringsätt mättes. Tre av fyra indikeringsinstrument fungerade helt normalt i miljön ombord på planet. N-instrument och partikelräknare fungerade som avsett. Förberedd indikering, med indikeringspapper 104 utanpå planet, fungerade men behöver provas mer p g a potentiellt falska utslag efter viss tids flygning.		
Nyckelord Tp84, C 130, inpassering, C-miljö, kontaminering.		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 40 s. + 1 bilaga	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Department of NBC Defence SE-901 82 Umeå	Report number, ISRN FOI-R--376—SE	Report type Technical report
	Research area code 3. Protection against weapons of mass destruction	
	Month year January 2002	Project no. E4677
	Customers code 2. NBC Defence research	
	Sub area code 34. Biological and chemical defence research	
Author/s (editor/s) Tage Berglund Ola Claesson P-M Gustavsson (SkyddC) Anita Jansson Kenneth Lidström Sune Nyholm Jerker Thorpsten	Project manager Ola Claesson	
	Approved by	
	Sponsoring agency FM, HKV, 23 321:61147	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Use of Tp84 in a contaminated environment		
Abstract (not more than 200 words) Earlier studies of decontamination routines and techniques for pilots and air crews have focused on fixed decontamination stations. To clarify the NBC threats for Tp84 (C 130 Hercules) in order to facilitate relevant risk assessments and the creation of realistic routines, the following tests have been carried out; performance of detection equipment under flight, deposition and self decontamination as well as decon routines for entering the aircraft. The trials indicate a risk for light injuries of crews entering the plane after passing a contaminated area. The risk can be handled with further training and more equipment, (e g extra sets of gasmasks and gloves). Values of the deposition rate in a closed airplane show a disappearance of agent corresponding to 1.5 changes of air per hour. Tests indicate that the floor can be decontaminated with a hot air aggregate in 24 hours, except for VX, which takes longer time. When the contaminated soldiers had entered the aircraft, the atmosphere was measured according to different ventilation techniques. Three of four tested detection instruments were found to work normally on board the plane, as well as the N-detection instrument and a particle counter. Detection using detection paper 104 on the outside of the plane worked, but further testing is necessary because of possible false alarms after a period of flying.		
Keywords Tp84, C 130, passing, C environment, contamination		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 40 p. + 1 enclosure	
	Price acc. to pricelist	

Innehållsförteckning

Förord.....	7
Problemställning.....	7
Syfte och avgränsningar	7
Gaskoncentrationer – skador/gränsvärden	8
Risken för radioaktiv strålning i ett flygplan.....	9
Tp84 (C 130 Hercules), några grunddata.....	11
Provtagning	11
Similisubstanser och motiveringar till val av dessa	12
Försöksuppläggning och kortfattad dagbok	12
Måndag 17/9	13
Tisdag 18/9	13
Onsdag 19/9.....	13
Torsdag 20/9	13
Fredag 21/9.....	13
Lördag 22/9	13
Söndag 23/9.....	13
Försöksbeskrivningar	14
Besättning som sanerar in sig själv i Tp84 parkerad "Någonstans"	14
Upphämtning av kontaminerade soldater	15
Flygning med olika ventilationsalternativ, utvärdrings- och deponeringskontroll	16
Saneringsförsök på lastrampen.....	17
Resultat och erfarenheter.....	18
Allmänna erfarenheter från inpassage av besättningar	18
Besättningarnas restkontaminering	19
Inandningsrisker vid sarin	20
Risker vid senapsgas.....	20
Inandningsrisker vid nervgasen VX.....	21
Kontaktrisker vid nervgasen VX	22
Slutsatser från besättningarnas restkontaminering	23
Resultat från avtorkningsprover på händer och ansikte.....	23
Resultat från flygning med kontaminerade soldater	24
Resultat från flygning med olika ventilationsalternativ.....	25

Resultat från utvärdrings- och deponeringstest Tp84	26
Utvädning av flygplanet efter vistelse i ett gasmoln	28
Resultat från våtsaneringsförsöket.....	28
Resultat av varmluftssaneringsförsöken	30
TBP efter varmluftssanering	32
Ytprovtagning av LT 8 på aluminiumdetaljer på lastrampen	32
Partikelsituationen i planet.....	35
Erfarenheter av indikeringspapper på utsidan av flygplanet	36
Instrumenterfarenheter under flygningen	36
I25 - intensimeter	36
C-indikeringsinstrument	36
AP2C	37
GID-3	38
CAM.....	38
RAID-1.....	38
Förslag på åtgärder och fortsatta arbeten	39
Referenser	40
Bilaga	

Förord

Undersökningarna, som härmed avrapporteras, har beställts av Försvarsmakten, Högkvarteret. Beställningen har HKV beteckning 23 321:61147 med KRI MTRL referens 332:3301. Uppdragsnamnet är ”Utv nytt NBC-skydd Tp84”. Frågeställningarna initierades av transportflygdivisionen och diskuterats vid ett möte i Umeå hösten 1999 där Totalförsvarets skyddscentrum var sammankallande.

Problemställning

Det finns få öppna källor som redovisar uppgifter om resulterande kontamineringsgrad och spridning av gasfas när ett transportflygplan lastas, startar och flyger med kontaminerad last. Det som hittats är några grovt utförda (mätta i ”block” på CAM) och redovisade tester (bilaga 1).

Det finns en mängd frågeställningar när det gäller ombordtagning av besättningar, passagerare och last via kontaminerade områden när saneringsfaciliteter i anslutning till flygplanet saknas (referens 2). Intressanta frågeställningar är t ex:

- Vilka möjligheter finns att få flygplanet rent igen efter användning i kontaminerad miljö?
- Fungerar C-indikeringsinstrument och N-instrumenten i miljön ombord och sitter indikeringspapper kvar utanpå flygplanet efter flygning?
- Vilken C-miljö i luften inne i transportflygplanet kan förväntas när kontaminerade soldater eller kontaminerad last hämtats upp?

I syfte att klarlägga NBC-hotbilden för Tp84 så att en relevant riskbedömning kan göras och realistiska arbetsrutiner kan skapas, har försök genomförts i Tp84 med följande inriktningar:

- test av olika indikeringsinstrument under flygning
- deponering och självsanering
- rutiner för insanering i planet.

Syfte och avgränsningar

Transportflygets förmåga att uthålligt verka på och från en C-kontaminerad plats är, förutom att ha ”rätt” egen utrustning, beroende av den support som fås på marken. Exempel på sådan support kan t ex ses inom NATO-PFP vid sammankomsterna ”Toxic Trip”. Vid dessa möten kan markbaserad och flygande personal se, prova och bekanta sig främst med olika NATO-nationers varianter av in- och utsaneringsfaciliteter. I dessa fall rör det sig oftast om permanent upprättade saneringsstationer med fastställda rutiner, transportresurser, medhjälpare på marken och väl inövade moment. Flygplanen förutsätts härvid kunna hållas tillräckligt rena invändigt, så att de kan operera mer eller mindre kontinuerligt. Även i Sverige har liknande förfaranden testats, men då anpassade till spetsiga flygplan samt in- och utpassering i bascentraler (referens 2). Permanent in- och utpasseringsstationer är viktiga för en mer regelbunden verksamhet i C-miljö. Sådana faciliteter har dock inte testats i dessa försök.

Arbetet som rapporteras här syftar till att genom praktiska prov och mätningar i en simulerad, ”skapad och kontrollerad”, C-miljö kunna beskriva och kvantifiera de risker som uppkommer när ett transportflygplan lastas, startar och flyger med kontaminerad last. Befintliga utrustningar och rutiner användes i den mån sådana fanns.

Ett försök var att under flygning med Tp84 använda/pröva och skaffa erfarenhet av så många N-, B- och C-indikerings- och varningsinstrument som möjligt. Ett annat försök var att prova att flyga Tp84 med kontaminerad last och med olika utvärdringsalternativ, exempelvis öppen lastramp. Några inledande förfaranden för att sanera ett invändigt kontaminerat plan testades också.

Eftersom försöksområdet är stort kommer dessa enstaka försök inte att kunna ge svar på alla frågor. I flera fall genomfördes testerna med hjälp av försökspersoner. Detta medför en naturlig spridning i resultaten, eftersom personerna inte utför uppgifterna på exakt samma sätt. Resultaten får mer ses som indikativa, framtagna i syfte att närmare definiera osäkerheterna. Ytterligare försök kan behöva genomföras.

I resultatredovisningen från de olika delproven är avsikten att försöka beskriva konsekvenserna på ett sådant sätt att flygande personal själv kan göra en grov riskbedömning. Besättningarna torde i sitt dagliga jobb vara vana vid att väga och balansera risker mot varandra. Med risker menas bl a att stanna kvar i ett oroligt basområde kontra att passera C-kontaminerade områden för start och omgruppering.

Gaskoncentrationer – skador/gränsvärden

Vilka koncentrationer av skadliga gaser i luft kan accepteras? Frågan kan besvaras på olika sätt beroende på utgångspunkten i resonemanget.

En utgångspunkt finns i de principer som arbetarskyddsmyndigheterna tillämpar, och som beskrivs i Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, AFS 2000:3. I denna författningssamling finns hygieniska gränsvärden för ett antal ämnen och verksamheter där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma. Författningssamlingens gränsvärden används för att reglera dessa verksamheter. *Nivågränsvärdet* är den högsta godtagbara genomsnittshalten av en luftförorening i inandningsluften under en arbetsdag, dvs åtta timmar. *Takgränsvärden* definieras som den högsta godtagbara genomsnittshalten av en luftförorening i inandningsluften under femton minuter, en tidsgräns som för speciellt giftiga eller på annat sätt känsliga ämnen, t ex isocyanater, förkortas till fem minuter.

När det gäller C-stridsmedel finns inga gränsvärden fastställda av Arbetarskyddsstyrelsen. Enligt Koch et al uppträder lättare skador (tryck över bröstet, sammandragna pupiller och ögonsmärta) vid inandning av $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av nervgasen VX under fem minuter. För sarin är motsvarande femminutersvärde $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Läggs en säkerhetsmarginal på en faktor 1000 på dessa värden, erhålls ett slags takgränsvärde på nivån $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Används en faktor två mellan nivå- och takgränsvärden, i analogi med isocyanater, erhålls ett nivågränsvärde på $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det kan noteras att inte heller den amerikanska myndigheten "Occupational Safety and Health Administration" har definierat några hygieniska gränsvärden för C-agens. I "DA Pam 40-8, Occupational Health Guidelines for the Evaluation and Control of Occupational Exposure to nerve Agents GA, GB, GD, and VX" finns däremot gränsvärden för högsta rekommenderade luftburna koncentrationer för en åtta timmars arbetsdag och fyrtio timmars arbetsvecka. Dessa värden är för sarin och tabun $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, för soman $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för VX $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En säkerhetsmarginal på 1000 har ansetts otillräcklig och i vissa fall anges ett värde som är en tiopotens lägre. Tilläggas kan att dessa nivåer gäller för militär verksamhet. Det rekommenderade värdet för civil befolkning anges till $0,0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för alla nervgaser.

Senapsgas är något av ett ”mellanfall” i giftighet. Risknivån för skador ligger cirka tio gånger över nervgasernas nivå och med en tusenfaldig säkerhetsmarginal erhålls ett takgränsvärde för fem minuters exponering på $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det är viktigt att notera de extremt låga gränsvärden som erhålls för nervgaser. De har en faktor som är minst hundra gånger lägre än de lägsta nu reglementerade hygieniska gränsvärdena. Detta sätter dem i en klass för sig och ställer speciella krav.

En annan utgångspunkt är situationen i ett krigs- eller krisläge. Här diskuteras ofta en nivå på gaskoncentrationen i luft där skador börjar uppträda i närtid. Denna koncentration har ofta sin utgångspunkt i den nivå där C-indikeringsinstrument börjar larma. Ett C-indikeringsinstrument som används för att larma för C-agens, är normalt inställt på att börja reagera vid koncentrationer av några tiotals $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alltså ungefär en faktor 10 under nivån där lättare skador uppträder. Indikeringsinstrumenten har framförallt utvecklats för militärt bruk. Som exempel kan nämnas det franska instrumentet AP2C som tänder den första gula varningslampan vid cirka 0,003 ppm fosfor, vilket omräknat till nervgasen VX blir $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nästa lampa (röd) tänds vid ungefär den dubbla koncentrationen medan en tredje lampa tänds när koncentrationen är sju gånger högre än utgångsvärdet. Siffrorna är i viss mån beroende på instrumentets aktuella kondition.

I dessa fall handlar det om gaskoncentrationer med en nivå av lägst cirka $20\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det anses att vistelsetider på cirka en timme är möjliga i dessa koncentrationsnivåer, även utan skyddsmask.

Diskussionerna i denna rapporten är förda utifrån koncentrationsnivåer representativa för ett kris- eller krigsläge.

Risken för radioaktiv strålning i ett flygplan

Risker i samband med bestrålning från radioaktivt material under flygning kan delas in i tre kategorier:

1. Flygning genom ett radioaktivt moln genererat av en kärnteknisk olycka eller sprängning av kärnvapen. Här förekommer samtliga strålslag, dvs alfa-, beta- och gammastrålning radionuklider.
2. Flygning över radioaktivt kontaminerad mark eller över en strålkälla. Här förekommer enskilda strålslag eller kombinationer av dessa.
3. Kontaminerad personal eller utrustning tas in i flygplanet. Även här kan enskilda strålslag eller kombinationer av dessa förekomma.

De olika strålslagens räckvidd i luft beror på vilken energi den aktuella partikeln/fotonen har vid sönderfallet. För att ge en ungefärlig beskrivning, har alfastrålare en räckvidd av storleksordningen $< 5 \text{ cm}$, betastrålare $< 10 \text{ m}$ och gammastrålare en räckvidd i storleksordningen ett hundratal meter. Detta innebär att risken att drabbas av skador från en alfastrålare är försumbar om inte radioaktiviteten andas in. För betastrålare kan lokala skador förekomma vid yttre bestrålning om källan befinner sig på ett kort avstånd från exponerad hud. Risken för strålskador från externa källor är följaktligen störst för gammastrålning från källor.

Under flygning räcker det därmed att mäta gammastrålning från radionuklider. Detta täcker även in exponering från gammastrålning från källor i omgivningen. En mer utförlig redovisning av doser i samband med flygning i radioaktiva moln kan inhämtas i (referens 1).

Risken för att utsättas för ett enskilt strålslag, alfa- eller betastrålning, ökar vid överflygning av kontaminerad mark där radioaktivt partikelstoff kan virvla upp, eller när ett radiologiskt

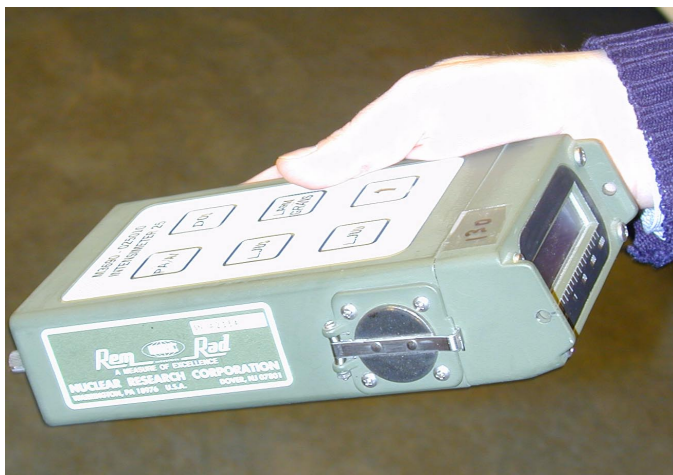
vapen med uppgift att sprida ett enskilt strålslag sprängts i närheten. För att orsaka skador från dessa måste det radioaktiva materialet komma in i flygplanet och inhaleras. I analogi med utförda experiment, är partikelstorlekar motsvarande de som ingått i försöken av intresse. Vid misstanke kan indikering med avseende på alfa- och betastrålning utföras på invändiga ytor eller på eventuella filter som sitter monterade i den inkommande luftströmmen.

Om personal och/eller utrustning misstänks ha kontaminerats i fält måste en kontaminationskontroll ske vid inträdet till flygplanet. Detta sker med ett moderinstrument med tillhörande prober, där en prob är avsedd för alfa- och betastrålning och den andra är avsedd för gammastrålning. Den senare kan med fördel vara baserad på en NaI (natriumjodid)-detektor.

Som sammanfattning ska ett instrument avpassat för ovan nämnda indikeringsuppgifter vara utrustat med:

- extern gammaprob med snabb respons och tillräcklig känslighet
- extern kombinationsprob för både alfa- och betastrålning
- larmfunktion, med både visuell och akustisk presentation
- om möjligt med förmåga att kontinuerligt lagra mätdata i kombination med GPS-information.

Intensimeter 25 är ett GM-rör baserat instrument som används för mätning av den aktuella dosraten från gammastrålning. Instrumentet har också en viss möjlighet att detektera betastrålning genom möjligheten att öppna en lucka i sidan på instrumentet som exponerar GM-röret. Dock skulle ett snabbare instrument med möjligheterna till datakommunikation och ljudpresentation (via hörsnäcka) vara att föredra.



Intensimeter 25 med möjlighet att mäta dosrat från gammastrålning nuklider samt att indikera betastrålning radionuklider. Luckan som öppnas vid mätning av betastrålning syns på instrumentets vänstra sida.

En studie har utförts vid FOI under 2001 med inriktningen att finna ett lämpligt instrument för indikering av alfa-, beta- och gammastrålning nuklider för implementering i NBC-kompani 04. Denna studie har mynnat ut i ett UTTEM och ska under år 2002 fortsätta med olika studieförsök. Den utrustning som anses mest lämpad för denna typ av indikeringar, bör också vara ett lämpligt instrument att införa i Tp84.

Ett instrument som köpts in, och som för närvarande provas på FOI, visas nedan. Instrumentet har en inbyggd loggningsfunktion samt ett inbyggt GM-rör för dosratsmätningar. Till instrumentet kan externa prober av varierande storlek, anpassat för alfa-, beta- eller gammastrålning eller för en kombination av dessa, kopplas.



Electra GM Plus med möjligheter att mäta dosrat från gammastrålande nuklider eller att kopplas ihop med en mängd olika probtyper för indikering/mätning av andra strålslag. Detta instrument har en loggningsfunktion samt möjlighet till akustisk intensitetsåtergivning. På bilden används en prob som mäter alfa- och betastrålande radionuklider.

Tp84 (C 130 Hercules), några grunddata

Försöken genomfördes genomgående på Tp84. Ett flertal Tp84 användes; en för nedflygningen, en för försöken mellan tisdag och torsdag, en för försöken mellan fredag och lördag och en för återtransporten till Umeå.

Lastutrymmet har en uppgiven volym på cirka 75 m³. I denna rapport antas en total inre ventilerad volym av 100 m³, inklusive flygdäck. Denna är fördelad på: lastdäck 85 m³, ramp 10 m³ och flygdäck 5 m³.

Luftinblåsningskapaciteten i planet är 100 Pounds Per Minute, vilket är cirka 58 m³/min.

Detta gäller för de fem senast anskaffade planen med nummer 844-848. Maxtemperaturen på ventilationsluften är 90°C.

Golven i lastrummet består av aluminium och är delvis klädda med halkskydd av polymermaterial. Väggbeklädnaden består av ett obekant plastmaterial som innesluter en isolering. Stolarna är gjorda av metallrör med sits och rygg i syntetfiber. På flygdäck finns en golvmatta av skumfyllt polymermaterial.

Provtagning

Provtagning i luft utfördes med luftpumpar och adsorbentrör fyllda med Tenax[®]. Luftflödet var cirka 0,1 l/minut och provtagningstiden mellan fem och tio minuter. Analys har senare skett med gaskromatograf på konventionellt sätt. Detektionsgränsen är cirka 0,1 µg/m³.

Similiämnen i gasfas har i några fall även mätts parallellt med tre direktvisande instrument; CAM, AP2C samt GID 3. Dessa instrument beskrivs närmare i ett senare kapitel.

Similisubstanser och motiveringar till val av dessa

TBP, Tributylfosfat är en svårflyktig industrikemikalie med en flyktighet liknande nervgasen VX.

MES, Metylsalicylat, även kallad vintergrönolja har en vattenlöslighet och flyktighet som motsvarar senapsgas. Densiteten är 1,18 g/ml och löslighet i vatten är 0,07 g/liter vid 20°C. MES ingår i ett antal olika liniment och ger linimentet den karakteristiska doften. Av denna orsak bad vi att inga sådana liniment skulle användas av försökspersonerna dygnet före testet.

PEL, Ethyl-S(-)-2-hydroxy propionate, mjölksyraetylester, är en lättflyktig vätska med en flyktighet på cirka 10 000 mg/m³ vid 20°C. Densiteten är 1,03 g/ml som i flyktighet simulerar sarin. PEL är helt vattenlöslig.

LT 8, 3-metylbutyl dietylfosfonoacetat är en svårflyktig fosfonat, < 10 mg/m³, som simulerar VX. Vattenlösligheten är 18,2 gram/liter vid 20°C.

För kontaminering av besättningarna, framförallt utanpå deras C-vätskeskydd, användes i huvudsak två similiämnen; tributylfosfat (TBP) och purasolvetyllaktat (PEL).

TBP användes för att via avtorkningsprov kunna se eventuella rester på händerna orsakade av misstag vid saneringen under inpasseringen. Detta eftersom TBP inte hinner avdunsta innan avtorkningen.

PEL dunstar ungefär lika snabbt som vatten eller nervgasen sarin och kan därför förväntas ge en hög gaskoncentration runt en kontaminerad person. Den kan dessutom tränga in under C-vätskeskyddet och deponera i flygoverallen. Från overallen kan senare en viss återavgivning ske.

LT 8, som simulerar nervgasen VX, kom endast till begränsad användning vid ett av saneringsproven.

MES användes för att före testflygningen kontaminera de 36 soldaternas kläder. Den relativt låga vattenlösligheten för MES, liksom avdunstningshastigheten, motsvarar närmast senapsgas. MES användes också vid saneringsförsöken. Substansen ingår i civila produkter, t ex liniment, vilka är avsedda och godkända för att appliceras på hud. Detta är av uppenbara skäl ett stort plus ur försökshänseende.

De similiämnen som använts kan räknas om för att gälla andra, mer svår- eller lättflyktiga agens.

Försöksuppläggning och kortfattad dagbok

Nedanstående försöksplan upprättades efter överenskommelse med Kent Werneholm, Transportflygenheten, Såtenäs. Planen är en praktisk översättning av innehållet i beställningen av försöket. För ytterligare beskrivning av försöksupplägg och metodik, se nedan under respektive delförsök.

Måndag 17/9

Försökspersonalen hämtades av en Tp84 på Umeå flygplats. Med fördes även en 2,35 m hög VW-buss med mätutrustning.

Före start klistrades självhäftande indikeringspapper 105 fast utanpå planet på ett stort antal platser; ovanpå, under, i hjulhus, på sidorna och på propellerns baksida. Under flygningen utfördes mätningar med C-indikeringsinstrumenten CAM, RAID och GID 3. Dessutom testkördes en partikelräknare samt N-instrumentet I 25. C-indikeringsinstrumentet AP2C (som är av flamfotometertyp) var avstängt. AP2C provades enbart på marken, men med trycksatt kabin och motorerna igång. Orsaken därtill var avsaknad av flygsäkerhetsgodkännande då det instrument som var tillgängligt inte var explosionssäkert.

Tisdag 18/9

Situation: Planet antogs stå i "Någotland" med besättningen på nattvila i området. Ingen yttre hjälp fanns att tillgå. C-hot hade funnits. Under förflyttning tillbaka till planet blev besättningen kontaminerad utanpå sina C-vätskeskydd. De tog sig ombord enligt given instruktion. Mätningar utfördes på alla använda flygoveraller och på alla de nitton besättningsmedlemmarna, cirka tre besättningar, som deltog, sedan dessa tagit sig in i planet. Besättningarna fick ungefär en timmes information före testet men inga momentet övades. Besättningarna antogs ha en baskunskap i bakhuvudet, ungefär vad som kan förväntas vid en onormal situation. Det är då sannolikt att smärre misstag kommer att göras. Frågan som skulle besvaras var om det är praktiskt möjligt att ta sig in i planet enligt en given beskrivning och med en acceptabel risknivå.

Onsdag 19/9

På förmiddagen hämtades 36 kontaminerade soldater. Den resulterande gaskoncentrationen i lastutrymmet och på flygdäck mättes. Varje soldat hade kontaminerats med 5 ml (fem droppar à 1 ml) medelflyktigt similiämne på C-stridsdräkten. På eftermiddagen installerades en konstant mekanisk avdunstningskälla. Flygning med olika ventilationslösningar utfördes för att mäta vilken lösning som resulterade i den lägsta gaskoncentrationen på flygdäck och i lastutrymmet.

Torsdag 20/9

Denna dag utfördes utvärdrings- och deponeringskontroll. Mätningar gjordes av hur planets olika material absorberar gas och senare återavger denna.

Fredag 21/9

Saneringsförsök. Sanering med kallavfettning på lastrampen.

Lördag 22/9

Saneringsförsöken fortsatte och lastrampen varmluftsanerades. Två respektive tre 57 kW värmeaggregat nyttjades.

Söndag 23/9

De sista mätvärdena från lördagens försök togs. Materiel och personal lastades och flögs tillbaka till Umeå. Test av indikeringsinstrument fortsatte under återfärden.

Försöksbeskrivningar

Besättning som sanerar in sig själv i Tp84 parkerad "Någonstans"

Eftersom C-hot förekommit antogs besättningen ha fört med sig C-vätskeskydd, skyddshandskar och skyddsmask till sin förläggning. Besättningen hade även preparerat planet så att det fanns personsaneringsmedel, dubbletter av den personliga skyddsmasken samt några bitar, cirka 1 m², av något material som kunde användas för att täcka marken intill flygplanstrappan, lätt gripbart innanför främre "crewdoor". Täckmaterialet kan med fördel bestå av flera lager eller skikt, så att det finns möjlighet att avlägsna täckmaterial om någon försöksperson råkar trampa fel. Vid provet användes plastpresenningar och/eller flera lager sopsäckar av papper.

Enligt de förutsättningar som antogs råda, kom besättningen till planet med C-vätskeskyddet kontaminerat, med skyddshandske 8 påtagen under plasten samt iförda skyddsmask 90. Ordinarie flygoverall användes under C-vätskeskyddet. Flygplanet kan antingen vara rent eller kontaminerat på utsidan.

Främre dörr, "crewdoor", öppnades och minst två "marktäckningar" togs ut och lades strax framför "crewdoor". Marktäckningen täcktes med ett tunt lager av saneringspulver. Den förste försökspersonen tog sig ur sitt C-vätskeskydd och ett av fotskydden med hjälp av en annan person. Innan detta moment hade försökspersonen pudrat sig med saneringspulver för att binda eventuella vätskedroppar. Personen steg sedan över till rent underlag med den rena skon, och följde efter med den andra skon när fotskyddet hade avlägsnats. Därefter ströddes färskt saneringspulver på gummihandskarna och personen bytte till en ny skyddsmask som hämtades ur flygplanet. Slutligen lirkades skyddshandskarna av och kastades utanför flygplanet. Besättningen tog på sig sina ordinarie handskar (detta gjordes inte vid testet), gick från den rena ytan direkt via "crewdoor" in i planet och fortsatte normal startprocedur iförda skyddsmask upp till riskfri höjd. Riskfri höjd är 300 m plus sju minuter med ventilationen på. Den siste personen som gick in måste klara sig utan hjälp.

Hela den nedre delen av besättningsmedlemmarnas C-vätskeskydd (under midjenivå) samt handregionen, kontaminerades med similiämne från en sprayflaska och svabbades i utjämnande syfte av med en av similiämne blöt wettexduk.



Den totala kontamineringen per person blev på detta sätt onaturligt hög. Även vid ett direkt droppnedfall på skyddet skulle varje person knappast ha kunnat kontamineras med mer än en till fem procent av de cirka 20 ml av varje substans som användes. Vistelse under en halvtimme i ett kontaminerat område skulle kunna ge en kontaminering på cirka 0,25 ml. Ett tänkbart extremfall, som skulle kunna ge en så hög kontaminering som 5 ml, vore passage genom belagd snö. Ur försökssynpunkt var dock den grava kontamineringen nödvändig. Syftet med att ha hela ytan kraftigt belagd var att om någon gjorde ett misstag när C-vätskeskyddet togs av, skulle den yta som eventuellt kom i kontakt med någon ren del åtminstone vara "normalkontaminerad". Utan misstag i inpasseringsproceduren spelar mängden kontaminering en mindre roll.

Upphämtning av kontaminerade soldater

Soldaterna från flygbasens räddningsorganisation anlände iförda C-stridsdräkt 90, skyddsmask 90, skyddsstövel 90 samt skyddshandske 8. Med hjälp av en Hamilton[®]-spruta applicerades 1 ml MES på fem olika kroppsdelar: underarmar (båda), översidan av låren (båda) samt vid ena vaden. Detta gjordes på alla 36 soldaterna. Similisubstansen gneds ut av en medhjälpare iförd handskar, så att dropparna verkligen blötte ned textilytan. Den blöta ytan uppgick till cirka 35-40 cm² på varje kontaminerad plats. Platserna på C-stridsdräkten där beläggningen placerades var vald för att inte i onödan kontaminera flygplanets truppsäten. Den totala kontaminerade ytan för samtliga 36 soldater blev cirka 6 dm². Kontamineringsgraden kan betraktas som mycket grav. Angående rimliga kontamineringsnivåer, se avsnittet om kontamineringsätt, besättningar Tp84.



C-stridsdräkt användes av flera skäl. Ett av skälen var att inte utsätta försökspersonerna för similiämne i onödan. Samtidigt skulle, på ett realistiskt sätt, kolskiktet i dräkten ta hand om den avdunstade gas som avgår inåt mot kroppen. I en verklig situation torde också en C-stridsdräkt vara det enda realistiska klädesplagget att använda. Soldaterna togs ombord via lastrampen cirka 30 minuter efter det att de hade kontaminerats. Temperaturen utomhus var cirka 13°C och vinden var svag.

Flygning med olika ventilationsalternativ, utvädrings- och deponeringskontroll

Avdunstning från last eller soldater simulerades på följande sätt:

En konstant avdunstningskälla för MES anordnades genom att en motordriven spruta fylld med MES långsamt sprutade in substansen i ett rostfritt rör fyllt med glasull. I rörets ena ände var en vanlig varmluftpistol fastsatt. Rörets andra ände var öppen och släppte ut den uppvärmda luften med förgasad similisubstans. Hela utrustningen var placerad på ett bord i flygplanets längdmitt, strax framför de bakre sidodörrarna.

Similiämnen

För dessa försök användes substanserna MES och koldioxid. Koldioxid deponerar försumbart, till skillnad från MES. Dessutom är alla ytor som kan ta upp koldioxid redan mättade eftersom luften innehåller cirka 0,03 % koldioxid.

De flesta gaser, inklusive nervgaser, binds till eller deponerar på de flesta ytor för kortare eller längre tid. Processen är oftast reversibel. Ett åskådligt exempel är ladugårdslukt i kläder som lätt kan kännas med näsan även efter vädring en kort tid utomhus.

Observera att försöket något felaktigt kallas för deponeringsmätning. Det som egentligen avses är avklingning av agens i luften i ett stängt plan. I ett stängt, tomt plan är luften inte särskilt turbulent. Detta begränsar transporten av gasmolekylerna från vilken plats som helst i luftvolymen ut till väggytor där de kan fastna. Vid en deponeringsmätning med syfte att studera ytors egenskaper, borde denna transportbegränsande faktor elimineras. Det här rapporterade försöket avsåg att studera det praktiska utfallet i flygplanet inklusive den nämnda begränsningen orsakad av den mer eller mindre stillastående luften.

Luftomsättningskontroll

Utsläpp av koldioxid, till något över en volymprocent, samt mätning av avklingningsförloppet i en lokal ger normalt en halveringstid för koldioxidkoncentrationen som beror på luftomsättningen. En ideal gas vid god omblandning avklingar exponentiellt med tiden, t. Detta skrivs:

$$C(t) = C_0 * e^{-Bt}$$

Halveringstiden, $t_{0,5}$, för koldioxiden blir då:

$$t_{0,5} = -\frac{\ln(1/2)}{B} \approx 0,69 / B$$

B är en avklingningskonstant, här definierad som antalet luftbyten i flygplanet per tidsenhet. C_0 är koncentration vid tiden $t = 0$.

I en Tp84, med en fri volym på cirka 100 m³, och med en tillförd luftvolym på 65 m³/minut, kommer vid en någorlunda god luftomblandning eller turbulens i planet, en gas att halveras i sin koncentration på cirka 65 sekunder. 99 % av en ideal gas bör då vara utvädrad på cirka fem minuter. Detta förutsätter att ingen ny gas tillkommer, t ex genom avdunstning från kontaminerade ytor. Utvädringen i en Tp84 är alltså teoretiskt mycket god när ventilationen har kommit igång. Liknande korta halveringstider hittar man annars bara i speciella gasslussar i försvarsmaktens fasta anläggningar.

Saneringsförsök på lastrampen

Similiämnen

För våtsaneringsförsöket användes similiämnet MES som har en mycket liten vattenlöslighet och en flyktighet ungefär i mitten av skalan på tänkbara agens.

För saneringsprovet med varmluft användes de båda ämnena MES och TBP. Den senare avdunstar långsamt genom sin mycket låga flyktighet. TBP som similiämne kom till som komplettering i efterskott, efter utvärdering av resultatet från våtsaneringstestet. För test av ytprovtagaren användes substansen TBP samt en annan fosfonat, internt kallad LT 8. Även denna är en kvarliggande substans och den simulerar nervgasen VX.

Val av kontamineringsplatser i planet

Golvtytor och stolar förefaller naturligtvis vara mest utsatta för risken att kontamineras. Golvet är av aluminiumlegering med påklistrade halkskydd. Grovt uppskattat är $\frac{3}{4}$ av lastrampens yta beklädd med halkskydd. Halkskyddet består av ett konstmaterial som snabbt suger upp och fördelar similiämnet över en betydligt större yta än den ursprungliga droppen. Materialets förmåga att avge ett adsorberat similiämne testades separat på labb. En beskrivning ges under stycket ”Ytprovtagning av LT 8 på aluminiumdetaljer på lastrampen”.

Lastrampen valdes som modell vid kontamineringen av golvet eftersom den lätt kan ställas i sådan lutning att sköljvattnet rinner av. Det är också enkelt att skala om rampens yta till att gälla hela lastutrymmet. En dubbelt så stor golvyta med lika stor ytbeläggning i g/m^2 skulle ge den dubbla avdunstade mängden per tidsenhet.

Kontaminering av lastrampen utfördes manuellt med autopipett. Halkskydden kontaminerades, jämnt fördelat över rampen, med 200 droppar om vardera $5\ \mu\text{l}$, totalt cirka 1 ml, av både MES och TBP.



Fyra droppar om vardera $5\ \mu\text{l}$ av similiämnet LT 8 sattes på skenan av aluminium vid lastrampens infästning och vid dess ena långsida. Dessa platser användes endast för test med ytprovtagaren. Truppsätena kontaminerades inte alls, eftersom de går lätt att byta ut vid misstanke om kontaminering.



Grupp 2 lägger ut marktäckning i form av plastpresenning.

Resultat och erfarenheter

Allmänna erfarenheter från inpassage av besättningar

Papperssopsäckar fungerar aningen bättre som marktäckare än plastpresenningar. Båda blåser dock bort alldeles för lätt. Ett förslag till förbättring var att lägga masonitskivor i sopsäckarna. En annan deltagare föreslog att gummimattorna som medförs ombord skulle läggas i. Bakre "paratroop door" provades som inpasseringsdörr, men befanns olämpliga av flera skäl, bland annat för att den normala rutinen vid inpassering sker genom den främre dörren, "creewdoor", som är låsbar utifrån. Någon fördel med inpassering via den bakre sidodörren hittades inte. Någon form av sopsäck, placerad ute strax intill den rena platsen, är bra för att samla upp C-vätskeskydden i, så att de vid start inte kan virvla upp och sugas upp i motorerna. Den person som går in i planet sist av alla är lämplig att ha denna städande uppgift som ska utföras med C-skyddet fortfarande påtaget.

Sopsäckarna på marken, eller annan ren marktäckning, bör täckas med minst en burk (0,2 l) uppsugande medel eller saneringsmedel, exempelvis bentonitlera eller personsaneringsmedel 104. Nämnade marktäckande säckar måste sannolikt lämnas kvar i närheten av främre dörren med de risker detta kan medföra för flygplanet; t ex uppsugning i propellrar och luftintag. Möjligen kan man offra en av de långskaftade sopkvastarna som finns ombord och med dem trycka iväg säckarna några meter bakåt för att därefter kasta kvasten efter säckarna.

Alla tester genomfördes utan föregående träning. Följande misstag noterades:

- av de nitton deltagarna trampade ett par personer fel med sin ena sko
- ett par personer tog av handskarna fel så att ren hand kontaminerades
- hanteringen av presenningen var tveksam vid ett par omvikningar
- två av personerna tog av kontaminerad skyddsmask med ren hand och en knöt upp skoskyddens snören med ren handske
- packning av de övrigas C-vätskeskydd skedde vid ett tillfälle utan eget C-vätskeskydd påtaget

Några träningar innan försöket skulle sannolikt ha reducerat antalet misstag. Samtidigt är misstag nyttiga på grund av läroeffekten och dessutom kan slutsatser dras av konsekvenserna. Sannolikt kommer besättningsmedlemmarna själva med de bästa förslagen till förbättringar och tillvägagångssätt. Viss dubbel utrustning, till exempel skyddsmasker och handskar, krävs för en säker inpassering.

Besättningarnas restkontaminering

Besättningarna fick omedelbart efter det att de kommit in i flygplanet lämna ifrån sig sina flygoveraller. Dessa placerades besättningsvis i tre plåttunnor (fem till sex overaller i varje tunna) ovanpå ett metallnät som var fixerat en bit upp från botten. Tunnorna tillfördes eller genomspolades underifrån med ren filtrerad luft med ett flöde av 10 l/min, så att gas som avdunstade från persedlarna fördes uppåt och ut genom ett T-rör. I detta rör togs prover med adsorbentrör under två timmar efter det att kläderna lagts i och locken stängts. Metoden har använts tidigare (referens 3) med resultatet att minst $\frac{3}{4}$ av en känd kontaminering återfanns. Besättningarna torkades också av på händer och runt skyddsmaskkanten med etanolindränkta kleenexdukar som stoppades i glasflaskor för senare analys.

Analyserna av den utgående luften från tunnorna visar att PEL avdunstar från de tre besättningarnas overaller, enligt följande:

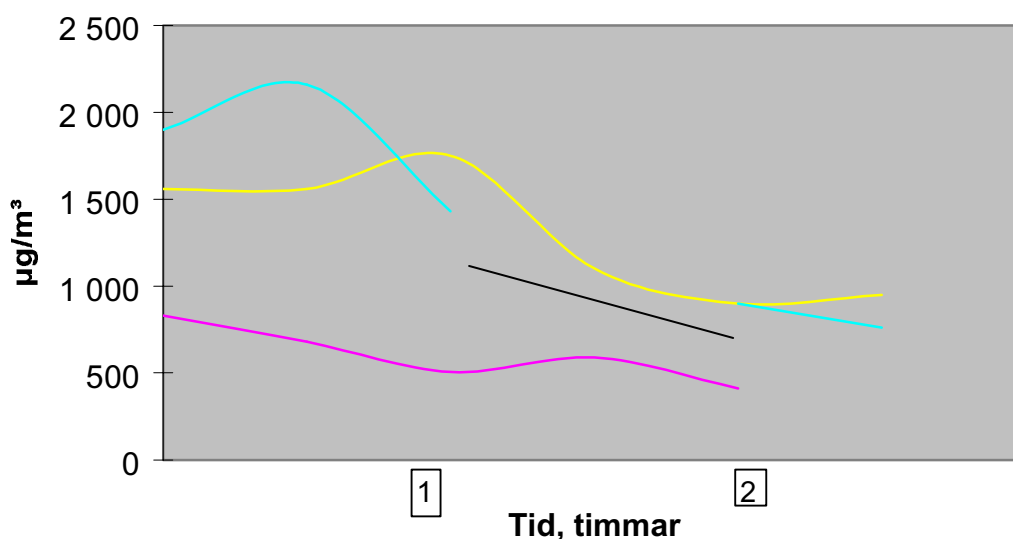


Fig. 1 Avdunstning PEL från flygoveraller.

En bit av en kurva saknas på grund av analysproblem, detta har markerats som ett rakt streck i diagrammet.

Med kännedom om luftgenomflödet i tunnorna, 10 l/minut, och gaskoncentrationen kan den avdunstade mängden uppskattas. Används en genomsnittskoncentration av 1500 µg/m³ i den totala luftvolymen på 1,2 m³ som ventilerat tunnorna under de två första timmarna, innebär detta att 1800 µg har avdunstat från persedlarna i respektive tunna. Av kurvorna att döma utgör dessa 1800 µg grovt skattat hälften av vad som totalt har kontaminerat overallerna (extrapolation till tiden $t = 0$).

Notera att det är den samlade mängden från alla overallerna i en tunna som har mätts. Det går inte att skilja på om det avdunstade ämnet kommer från en eller flera overaller. I värsta fall kan alltså en enda overall ha svarat för hela kontamineringen.

Om man skulle kondensera mängden som uppmätts så motsvarar den cirka 4 µl som vätska.

Den uppmätta mängden kan dels härröra enbart från gas som deponerat på tygtytan i overallerna och senare återavgivits, likt ladugårdslukt, dels komma från en vätskedroppe som avdunstat. Det kan även förekomma en kombination av dessa.

En jämförelse av kvantiteter; 5 µl eller cirka 5 mg, är den droppstorlek som gör att en droppe faller av från en sprutspets av sig själv.

Inandningsrisker vid sarin

Om det hade varit ett lättflyktigt ämne, såsom nervgasen sarin, skulle inandningsriskerna ha varit följande:

1. Vistelse i stängt plan utan ventilation

Vid en timmes vistelse hamnar nivån nära gränsen för förgiftningssymptom.

Om den mängd sarin som hittades på overallerna, 3,5-4 µl (en knapp droppe = cirka 4000 µg) avges som gas och blandas väl i flygplanets inre volym på 100 m³ (stängt plan) ger detta en koncentration av cirka 40 µg/m³. Detta värde ligger strax över nivån där C-indikeringsinstrumenten börjar larma och är nära gränsen för skador för den som inte bär skyddsmask. Lokalt runt den person som sprider gasen kommer gaskoncentrationen att vara ännu högre (punktutsläpp). En påtagen flygoverall är dessutom cirka tio grader varmare än temperaturen i testtunnan, vilket i verkligheten skulle ha påskyndat gasavgivningen. Om det inkluderas att gasen deponerar i beräkningarna, erhålls värden något under skadegränsen. Enligt ovan går det inte att särskilja om de värden som uppmäts härrör från den mängd som deponerat på kläderna under C-vätskeskyddet eller om det härrör från en enda droppe på en av alla de fem overallerna. Troligtvis gäller det första fallet, i annat fall hade kurvan i figuren sannolikt uppvisat en något brantare nedgång, eftersom PEL avdunstar ungefär lika snabbt som vatten.

2. Vistelse i stängt flygplan, men med ventilationen igång

Ingen andningsrisk.

Om flygplanets normala ventilation hade varit igång, skulle gaskoncentrationen som mest ha blivit enstaka procent av de 40 µg/m³ som uppmättes, vilket inte innebär några andningsrisker.

Risker vid senapsgas

Om det hade varit ett kvarliggande agens såsom senapsgas, skulle riskerna ha blivit följande:

1. Vistelse i stängt plan utan ventilation

Ingen inandningsrisk.

Avgivningen från overallerna hade skett för långsamt för att den gaskoncentration som användes för mätning under försöken skulle kunna byggas upp. Avdunstningen hade tagit längre tid och deponering hade hunnit verka. Det är att notera att toxicitetsvärdena för inandning av senapsgas generellt ligger högre än för nervgaser.

2. En droppe senapsgas fördelat på en eller flera overaller

Risk för hudskada.

Om det hade varit en enstaka droppe senapsgas på en overall, återigen cirka 3,5-4 µl

(cirka 4 mg) kan detta jämföras med minsta blåsbildande mängd på hud, cirka 0,02 mg. 4 mg på hud leder till en blåsbildning av den typ som syns på bilden. Utbredningen inverkar på skadans storlek och grad.



En droppe i och på tyget i overallen förs alltså inte över till huden i sin helhet. Sannolikt hade maximalt 50 %, 2 mg, överförts, vilket fortfarande är hundra gånger mer än minsta blåsbildande mängd. Det finns också teoretiska möjligheter att överföringen varit så begränsad från tyg till hud att skada inte uppkommit.

Som jämförelse kan nämnas att en kanadensisk vätskefrånstötande C-dräkt, där senapsgas ”pärlar” på ytan, för över cirka 50 % till hud vid en minuts kontaktid. En engelsk liknande C-dräkt som suger upp och fördelar vätskedroppar över ytan för över < 1 % vid en minuts kontaktid och cirka 5 % vid fem timmars kontaktid. Det finns veterligen inga undersökningar om hur de flygoveraller som transportdivisionen använder, fungerar i detta hänseende.

Observera att detta är den mängd som skulle kunna komma från overallerna om all uppmätt gas kondenserades till en enda droppe. En ordinär arbetshandske i läder skulle ge ett bra om än inte hundra procentigt skydd mot denna droppe.

Inandningsrisker vid nervgasen VX

Vid testet av besättningarna användes similisubstans (TBP) för den svårflyktiga nervgasen VX.

Riskerna hade varit långt under skadegränsen även i ett stängt flygplan.

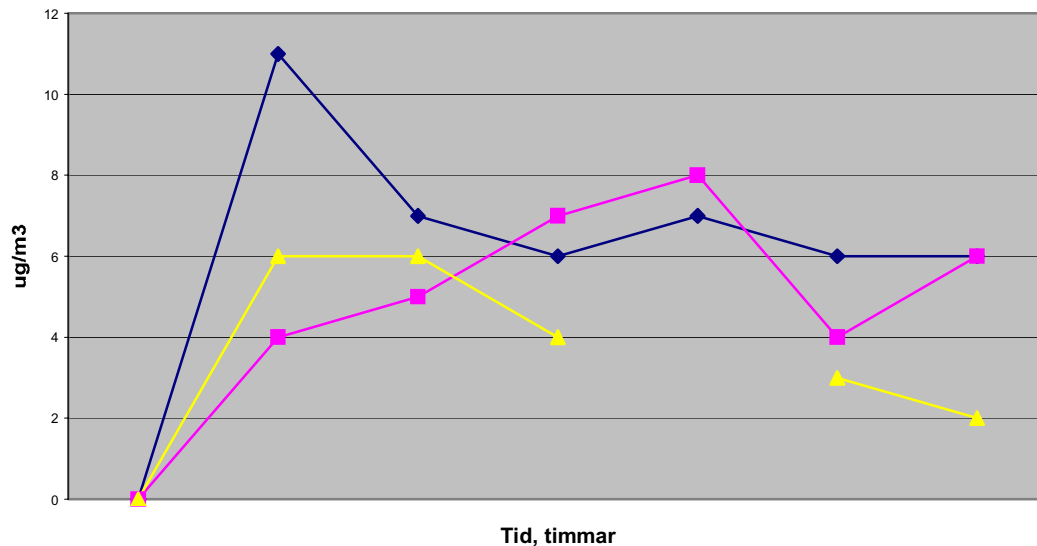


Fig. 2 TBP från flygoverallerna.

Avdunstningen av TBP från flygoverallerna i tunnorna var under $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Luftvolymen från tunnorna var $0,6 \text{ m}^3/\text{timme}$. Utspädd i flygplanets luftvolym 100 m^3 skulle även i ett stillastående stängt flygplan endast bråkdelar av $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bli kvar i luften. Inga larm skulle ha erhållits från indikeringsinstrumenten, inte ens om dessa hade placerats direkt vid utloppen från tunnorna. Besättningen skulle därför inte ha uppvisat några symptom på förgiftning efter många timmar i ett flygplan utan tilluft.

Kontaktrisker vid nervgasen VX

En droppe VX på huden ger förgiftningssymptom. ID 50 (inkapaciterande mängd) på hud anges för vätskan VX till $600 \mu\text{g}$ på kind och $8000 \mu\text{g}$ på underarm. För flygande personal är ansikte och händer de mest sannolika kontamineringsställena.

Tidigare konstaterades att cirka 4 mg , $4000 \mu\text{g}$, var den totala mängden VX som avdunstade eller släppte från overallerna. Som största riskfria mängd VX anges $20 \mu\text{g}$ per person, uttryckt som intravenös dos, dvs direkt i blodet. Metaboliseringsgraden för VX anges till 80% , dvs $1/5$ av en överförd dos passerar huden och ger toxiska effekter. Detta ger $100 \mu\text{g}$ som största riskfria mängd på hud ($5 \times 20 \mu\text{g}$).

Överföringen från overallerna till hud får alltså inte överstiga $2,5 \%$, för att gränsen ska klaras. Detta räknat med den mängd vi haft sammanlagt i alla fem plaggen, och om allt vore kondenserat till en enda droppe. Överföring från de aktuella flygoverallerna har inte undersökts. En påtagen handske skulle i stort sett eliminera risken för kontaminering av hud.

Slutsatser från besättningarnas restkontaminering

Det fanns små rester av similiämnen kvar i overallerna. Om resterande agens i overallerna hade varit vätskeformig senapsgas hade alla tre besättningar i detta testfall råkat ut för skador. Hade det varit VX, kunde enstaka besättningsmedlemmar ha fått förgiftningssymptom. Utgången beror helt på ifall någon person tar på den kontaminerade ytan på sin overall med bar hand och håller kvar handen under tillräckligt lång tid. Övriga agens ger mindre risk-exponering.

Som första alternativ för att minska kontamineringsrisken kan ytterligare underhandskar under skyddshandsken komma ifråga. Talk mellan handskarna hjälper sannolikt till vid avlägsnande av handskarna.

Ett annat tänkbart alternativ skulle kunna vara att medföra en extra overall samt byta overall i flygplanet, fortfarande iförd någon sorts underhandskar. Den "gamla" overallen och handskarna kan i nödfall placeras i en inre sopsäck, säcken försluts och placeras i ytterligare en platsäck, varvid man lägger i en liter aktivt kol mellan säckarna. Det finns sannolikt även gastäta säckar att tillgå inom försvaret inom en nära framtid.

Om säckarna inte är gastäta hjälper inte fler säckar utanpå varandra (de fungerar bara som fler läckande hinkar trädde utanpå varandra).

Resultat från avtorkningsprover på händer och ansikte

Avtorkningsprover från händer och ansikte visade inga spår av PEL. Sannolikt hade detta lättflyktiga ämne, om det någonsin funnits på huden, redan avdunstat när provet togs. Däremot hittades svårflyktiga TBP på ett antal besättningsmedlemmar.

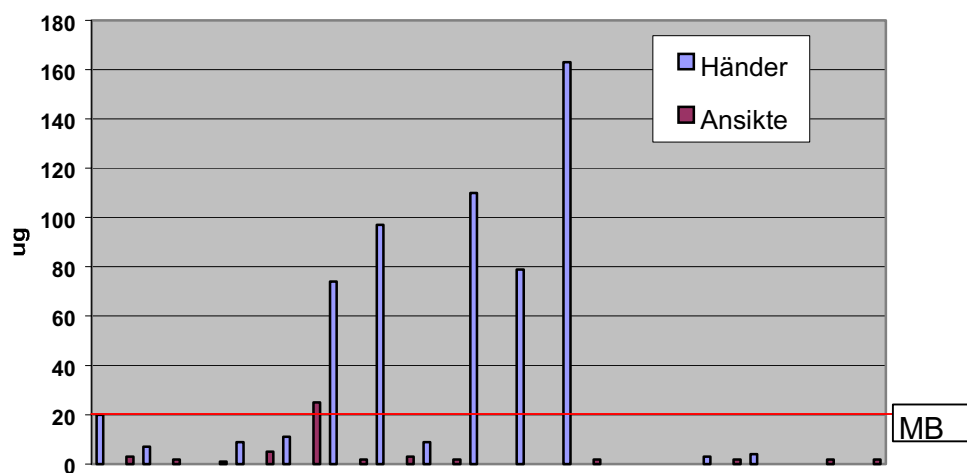


Fig. 3 *Avtorkningsprover, mätta mängder från besättningsmedlemmar. Tre grupper bestående av fem, sex respektive fem personer. Linjen vid 20 µg visar minsta blåsbildande mängd (MBM) för senapsgas. Under markerad linje kan viss hudrodnad förekomma. För nervgasen VX kan 100 µg inte överskridas utan risk för skada.*

Grupp 1 uppvisade ett par gränsfall för skada om det hade gällt senapsgas. Inpassering skedde via den bakre sidodörren.

Grupp 2 hamnade över gränsen för senapsgas, alla utom en person skulle ha fått skador om det hade gällt senapsgas. Dessutom fanns risk för skada om det varit nervgasen VX. Inpassering skedde via den bakre sidodörren. Till skillnad mot grupp 1 placerade grupp 2 en presenning på hela stegen. Vind gjorde dock att presenningen föll ned och vek ihop sig. Några besättningsmedlemmar tog senare, i samband med ombordstigningen, på presenningsytan med bar hand.

Grupp 3 uppvisade flera ”nollvärden” och skulle ha klarat sig helt oskadade. Inpassering skedde genom ”crewdoor”. Gruppen använde även mer personsaneringsmedel på handskar och mark än de andra grupperna. Dock gjordes ett par misstag när de steg över till den rena ytan.

Resultat från flygning med kontaminerade soldater

Detta försök gjordes med 34 soldater i C-stridsdräkt, kontaminerade med similiämne för senapsgas. Avsikten var att mäta vilka faktiska nivåer som uppkommer i en realistisk situation.

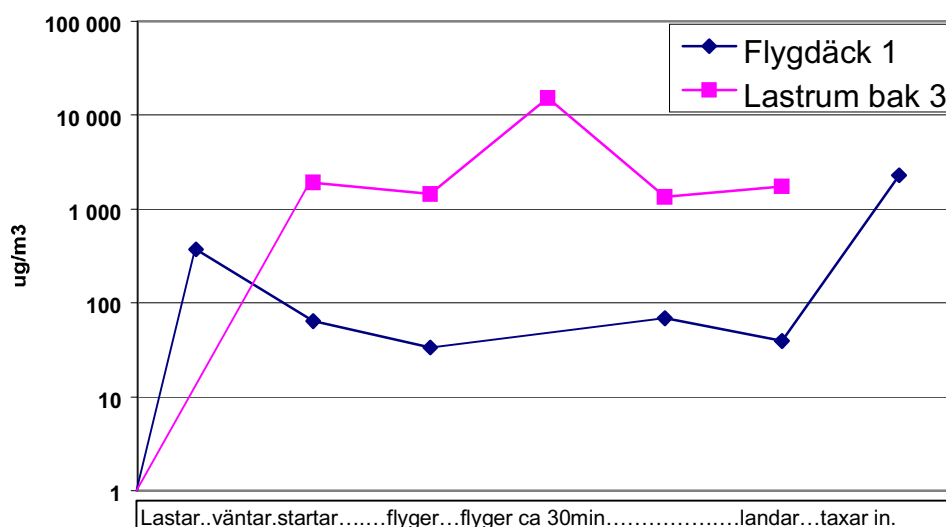


Fig. 4 Mätt koncentration similiämne i flygplanet efter lastning av 34 MES-kontaminerade soldater. Observera att skalan är logaritmisk på en axel. Hela provet tog cirka en timme.

När ventilationen i flygplanet kom igång efter start, och planet lättat från banan, utvärderades flygdäck ned mot nivå 50 till 80 µg/m³. På lastdäck, fyra meter från säkerhetsventilen, ”safety valve”, avdunstade similiämne från soldaternas klädsel i mängder upp till 15 000 µg/m³. Något generaliserat planade gaskoncentrationen på flygdäck ut koncentrationsmässigt till en nivå av cirka två tiopotenser lägre än på lastdäck. Normalt förfarande för trycksättning av flygplanet användes och temperaturen i flygplanet var cirka 21-24°C. Lukten av MES var starkare vid de kontaminerade områdena än längre bak i flygplanet.

Med de uppmätta halterna skulle alla ombord behöva ha skyddsmasken kontinuerligt påtagen oavsett C-agens och plats. På flygdäck skulle indikeringsinstrumenten ge minst ett par blocks utslag, om man nu kan använda detta begrepp.

Utluftventilen, "outflow valve" (reglerar det invändiga trycket under stigningen) lokaliserad framtill i planet, var delvis öppen. En mindre del luft drogs alltså ut denna väg. Med en genomventilation uppgående till cirka 65 m³/minut och den gaskoncentration som uppmättes kan beräknas att cirka 5000 mg/tim, 5 g/tim, fördes bort av ventilationsluften. Detta motsvarar den mängd C-agens som användes för att kontaminera varje soldat. Avdunstningskällans uthållighet (antalet soldater * en timme) innan allt avdunstat, kommer alltså grovt att överstiga planets längsta tänkbara flygtid. Med andra ord är självsaneringen så dålig att planet inte blir märkbart renare under flygningen.

Resultat från flygning med olika ventilationsalternativ

Möjligheten att ventilerat flygplanet invändigt genom olika alternativ av öppna dörrar och nödutgångar testades också.

Avdunstning från soldaternas kläder ersattes här av en sprutmatad utrustning placerad mitt i flygplanet cirka 2,5 meter framför gångjärnet på lastrampen. Utrustningen ställdes in för att avge 184 mg/min av similisubstansen MES. Utspädd med planets normala ventilationsluft 65 m³/min resulterade det i en koncentration av 2800 µg/m³. Denna koncentration blev något lägre jämfört med vad som avdunstade från soldaterna när dessa flögs. Det konstaterades efter analys av adsorbenttrören att matningen på sprutan borde ha varit en faktor 5 snabbare.

De uppmätta värdena nedan avser genomsnittskoncentrationer under fem minuter.

Multiplieras värdena med fem, fås en direkt jämförelse med transport av kontaminerade soldater med t ex öppen rampdörr. Testet genomfördes på cirka 1000 meters höjd.

Olika ventilationsalternativ	Flygdäck µg/m ³	Lastdäck µg/m ³
1. Öppen rampdörr	< 0,	129
2. Öppen bakre "escape hatch"	22	336
3. D:o plus öppna "paratroop"-dörrar	12	*
4. Öppen främre "escape hatch" samt "paratroop"-dörrar	94	*
5. Öppen främre och bakre "escape hatch"	1175	*

* analys ej möjlig p g a rörfel

Vid testet sattes ett antal plastremsor upp i flygplanet så att det gick att se åt vilket håll luftströmmarna blåste. Vid prov nummer fem blåste de remsor som var fastsatta i öppningen mellan last och flygdäck närmast horisontalt in och upp emot flygdäck.

Uppenbarligen kan en utvädring skapas på flygdäck genom den ventilation som ordnades i det första alternativet, motsvarande en skyddsfaktor på över 20 000. En skyddsfaktor är förhållandet mellan koncentrationen av ett ämne utanför ett skydd dividerat med koncentrationen innanför, på skyddssidan. I detta fall blir det $2\,800/0,1 = 28\,000$. En bra skyddsmask kan ha 10 000 i skyddsfaktor. Med ventilationsalternativ 1 skulle inte larmnivån ha uppnåtts hos C-indikeringsinstrumenten även om gasavgivningen på lastdäck hade femdubblats, motsvarande vad som var fallet med de kontaminerade soldaterna. Alternativ 3 ovan ger en skyddsfaktor på 233 på flygdäck.

Observera att endast ett test gjordes för varje alternativ. Avsikten var att få fram en grov "sällning" och därför bör inte allt för långt gående slutsatser dras av dessa enskilda prov. Försöken är enkla att upprepa, vilket också borde ske, speciellt bör det alternativ som visade bäst resultat utvecklas. Utvärdringsproven är även viktiga att upprepa så att rätt metod kommer till användning i andra speciella situationer, till exempel rökutveckling, bränslespill, m m som kan uppstå under flygning.

Resultat från utvärdrings- och deponeringstest Tp84

Utvärdrings- och deponeringstest Tp84 utfördes i ett stängt flygplan uppställt i en hangar. Inget vindtryck fanns alltså mot planet. Vindtryck skulle ge en något högre luftomsättning om planet är otätt.

Testet i Tp84 utfördes dels genom utsläpp av koldioxid, dels genom samtidigt utsläpp av MES. Koldioxid användes som referensgas eftersom den naturligt finns i luften och i huvudsak kan antas ha mättat de ytor som kan vara aktuella. Koldioxiden släpptes ut från en gastub på olika ställen i flygplanet upp till inblandningsnivån 1,8 %. Gasen blandades om i luften genom idogt viftande med ett par masonitskivor. Väl medvetna om svårigheterna med jämn inblandning i alla halvt öppna fack och skrymslen fortsatte fläktandet med skivorna ett tiotal minuter under observation av mätinstrumentet. Efter cirka femton minuter hade en stabil nivå på 1,55-1,60 % koldioxid uppnåtts. Parallellt med fläktandet genererades en gasfas av similisubstansen MES med spruta och varmluftpistol och blandades följaktligen också in i luften. När en stabil koncentration av koldioxid erhållits, stoppades aktiviteterna varpå endast avklingningsförloppen följdes.

Koldioxidhalten steg från 1,55 % till cirka 1,7 % under de två timmar som mätningen utfördes. Ett överslag visar att de två personer som befann sig i flygplanet hade utandats 150 till 200 liter ren koldioxid under två timmar. Detta inblandat i de cirka 100 m³ luft som finns i flygplanet höjer koldioxidnivån med cirka 0,2 %.

Slutsatsen är att det i praktiken inte sker någon luftomsättning i ett stängt plan, åtminstone inte när det saknas vindtryck. Utan deponering borde därför gaskoncentrationen av similisubstansen MES ligga kvar på samma nivå över tiden. Så var dock inte fallet enligt resultaten nedan.

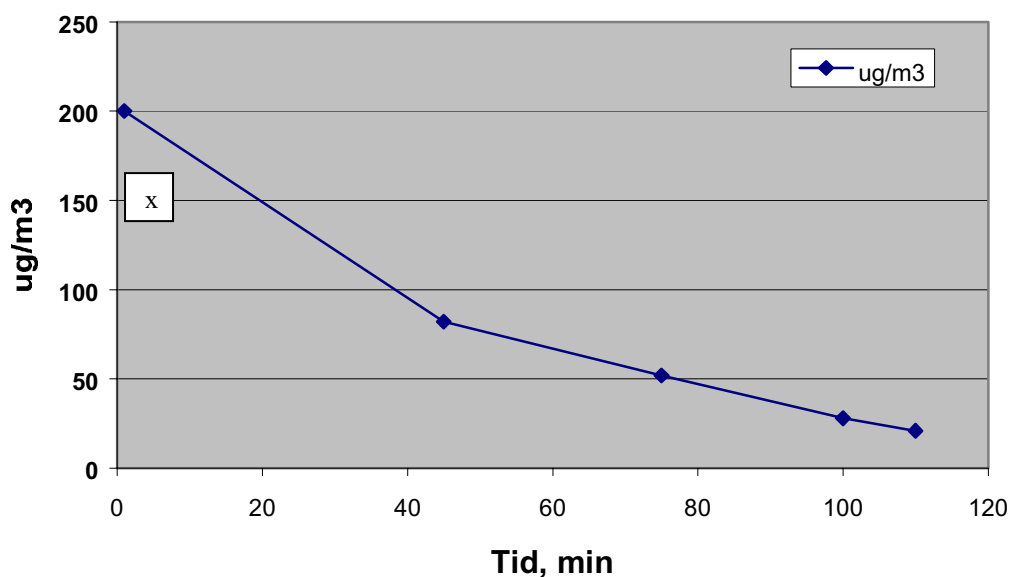


Fig. 5 Avklingning av MES över tiden

MES förångades till en beräknad koncentration av cirka 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under de första femton minuterna, när luften idogt blandades om med hjälp av masonitskivorna, sjönk koncentrationen av MES snabbt. När omblandningen av luften slutade upphörde turbulensen och en närmast linjär avklingning, från 82 ned till 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mättes upp under en timme. Krysset i figuren vid nivån 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ får representera en punkt, baserad på utslag på CAM, som kurvan sannolikt passerat strax efter att viftandet med masonitskivorna hade stoppats. Denna punkt kan inte reproduceras med provtagningsrören beroende på de provtagningsintervaller som användes.

CAM-instrument och adsorbentrör gav samma avklingningskurvor:

Tid, min	Utslag CAM	Adsorb. rör, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0	Bottnar	--
10	4 Block	200-500
30	3 Block	100-200
55	2 Block	50-100
100	1 Block	20

Strax efter hundra minuter gick CAM ner till noll block. CAM-instrumentets utslag bekräftar värdena från adsorbentrören i den senare delen av kurvan. Den initiala nedgången i koncentration när turbulens skapades i planet var något snabbare enligt CAM-instrumentet. Adsorbentrörmätningar ger medelvärden över en viss tid, i vårt fall provtagningstiden tio minuter.

Den minskning i koncentrationen av MES som orsakas av deponering kan sägas vara ekvivalent med vad en viss luftomsättning skulle åstadkomma. I detta fall skulle bortförandet av gas via deponering under den sista mättimmen motsvara cirka 1,5 till 1,7 luftomsättningar per timme. Initialt vid viftandet med masonitskivorna var motsvarande värde något högre. Eftersom ett praktiskt värde för ett tillstängt plan eftersträfvats, har ett deponeringsvärde ekvivalent med 1,7 luftomsättningar per timme använts i alla beräkningar i denna rapport.

Efter vädring av flygplanet under 75 minuter, i princip ner till nollnivåer, stängdes åter alla dörrar och mätningarna fortsatte. Resultaten visar att MES återgavs till luften så att en gaskoncentration i området 8 till 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ byggdes upp i flygplanet under de påföljande 2,5 timmarna. Gaskoncentrationen som erhöles är cirka en tredjedel till hälften av den nivå som behövs för att första lampan på indikeringsinstrumentet AP2C ska tändas, om ämnet vore nervgasen sarin. Med andra ord finns det ingen direkt skaderisk vid en timmes vistelse, men vädringstiden bör vara längre om möjligheten finns.

Utvädring av flygplanet efter vistelse i ett gasmoln

Om flygplanet startas och flygs från platsen efter det att en giftig gas kommit in i planet, t ex genom att flygplanets dörrar stått öppna under urlastning i ett C-gasmoln, skulle besättningen kunna ta av sig sina skyddsmasker tidigast cirka sex minuter efter att ett gasmoln på marknivå lämnats (1000 fot upp). Härvid antas vidare att ventilationen, 56 m^3/minut , kommer igång vid nivån 1000 fot.

Om flygplanet stängs till på marken, med innesluten gas, kan det förväntas att koncentrationen i flygplanet sjunker efter hand som gasen deponerar på olika ytor. Efter åtta till tio timmar kan, vid rimliga gashalter utomhus, förutses att gaskoncentrationen inne i planet kommer att vara så låg att det är tveksamt om indikeringsinstrumenten kommer att ge något utslag.

Resultat från våtsaneringsförsöket

Det finns som bekant många skäl mot att använda konventionella saneringsmedel för att sanera flygmaskiner. Frätande, ofta starkt alkaliska ämnen och flygplanets aluminiumlegeringar är en dålig kombination.

Detta test avsåg att med kallavfettning, ett motortvättmedel, försöka sanera lastrampen på Tp84. Orsaken till provet är att tvättmedlet är godkänt för annan användning på samma plats. Förhoppningsvis skulle det similiämne, MES, som sugits upp i halkskyddsmaterialet, lösas ut och spolats av. MES användes för att simulera senapsgas och andra medelflyktiga nervgaser.

Rampen är till cirka 3/4 klädd med halkskydd, resten består av en aluminiumlegering. Halkskydden på rampen kontaminerades genom att med automatpipett applicera 200 droppar MES à 5 μl , totalt 1 ml. Dropparna sögs upp av materialet på mindre än en minut. Efter cirka trettio minuter sprayades hela rampen flödigt med två liter Snowclean Pro Microtvättmedel (petrolumbaserat kallavfettningssmedel).

När kallavfettningen hade fått verka under tio minuter spolades rampen ren under tio minuter med en kraftig vattenstråle (38°C) under samtidig bearbetning med en piassavaborste. Efter avrinning, också i tio minuter, stängdes rampen och avdunstning från resterna i halkskydden mättes som gaskoncentration i det stängda flygplanet. Mätningen skedde via slangar och adsorbentrör som sänktes ned utifrån genom de igenplastade nödutgångsluckorna på flygplanets ovansida, fram och bak.

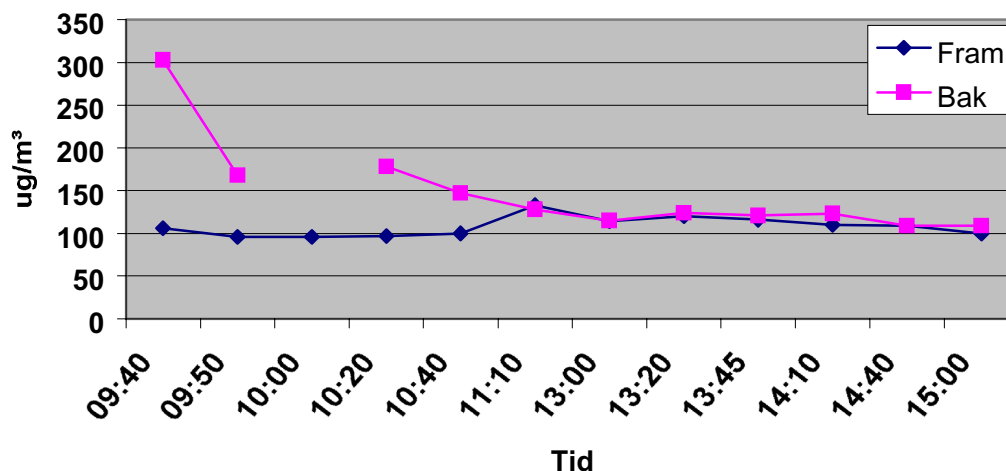


Fig. 6 Avdunstningen från den sanerade lastrampen uppmätt som resulterande gaskoncentration i flygplanet. Avbrottet i övre kurvan beror på ett analysproblem.

Saneringsförsöket gav ett dåligt resultat. MES fanns kvar på/i den kontaminerade/sanerade lastrampen. Den avdunstade och byggde upp en jämviktskoncentration i planet på omkring $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dubbel mängd på rampen borde ge ungefär dubbla gaskoncentrationen i luften i planet.

Vår omgivningstemperatur var cirka 18°C . Ytterligare tio plusgrader på rampen borde resultera i dubbelt så hög gaskoncentration i planet. Indikeringsinstrumenten skulle i detta fall ha givit larm om de hade varit påslagna i planet. Till en början, när rampen just stängts, var luften på flygdäck lite renare än i lastrummet, men det jämnades ut efter ungefär en timme. Vistelse utan skyddsmask i det stängda planet skulle leda till skador inom ett antal minuter.

Om flygplanet inte stod uppställt utan i stället flög med normalventilation (ett hypotetiskt fall), skulle situationen vara en annan. Planets tilluft är cirka 100 Pounds Per Minute, cirka $58 \text{ m}^3/\text{min}$ eller $3500 \text{ m}^3/\text{h}$. Om man antar att den avdunstade mängden som uppmättes späds ut jämnt i ventilationsluften ger detta cirka $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Denna nivå skulle inte ge skador via inandning, oavsett C-agens, och inte heller orsaka larm via luftindikeringsinstrumenten.

Ett försök att beräkna den mängd ämne som avdunstar från den ”misslyckat sanerade” rampen (eller från hela golvet om samma totala mängd agens hade hamnat där), visar att de belagda halkskydden, inberäknat deponeringen som motsvarar cirka 1,7 luftbyten per timme, under de första två timmarna efter saneringens slut ger cirka $25\,000 \mu\text{g}$. Detta motsvarar 25 mg eller cirka fem droppar. Denna mängd behövs för att ge upphov till den gaskoncentration som uppmätts i planet.

Om kontamineringen varit 25 droppar istället för 200 droppar similiämne, borde gaskoncentrationen i flygplanet ha hamnat på omkring $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På den nivån börjar instrumenten ge utslag. Besättningens vistelse i planet under en rimligt snabb klargöring/start skulle i så fall rent inandningsmässigt inte ha lett till några skador. Detta gäller för alla agens utom för den mest lättflyktiga nervgasen, sarin. I detta senare fall hade gaskoncentrationen, på grund av en snabbare avdunstning, till en början varit högre och risk för skador skulle ha kunnat uppkomma.

Det intressanta med detta försök är att det ger ett grovt mått på en maximalt tolerabel golvkontaminering avseende inandningsrisk och utslag på indikeringsinstrument.

Resultat av varmluftssaneringsförsöken

Lastrampen kontaminerades med 200 droppar à 5 µl av både MES och TBP. De använda 57 kW stora värmeaggregaten anslöts till flygplanet med de fyra slangarna in i via främre dörr ("crew-door"), se bilden nedan.

Aggregaten ger enligt databladet 1700 m³/h och höjer temperaturen på det genomgående luftflödet till 110 grader. Temperaturen ute var cirka 15°C, med ringa vind. Utgående luft i slangen inne i planet mättes till 100°C. Troligen förlorades några grader i temperatur i slangarna på vägen fram till planet, dock förefaller 25 grader vara något mycket.

Temperaturmätare monterades på följande platser i flygplanet, sett bakifrån:

1. rampmitt
2. rampmitt
3. ramp, vänster sida
4. mitt lastrummet, golv
5. 0,5 m från led till lastramp
6. golv, höger sida fram
7. golv, mitt i lastrummet
8. mitt i lastrum, 1 m upp
9. golv, 2 m bakom främre dörr
10. flygdäck, bunker
11. flygdäck, golv
12. pedal, vänster pilot



Efter en timmes drift av värmeaggregaten uppmättes 49-54°C på rampen, vilket var den önskade temperaturen. Denna temperatur behölls under ytterligare 4,5 timmar, varefter värmarna stoppades. Efter totalt cirka 5,5 timmar stoppades testet och flygplanet fick svalna under femton minuter med alla dörrarna öppna. Därefter stängdes dörrarna och mätningar av den gaskoncentration som uppkommer vid avdunstning från kvarvarande rester i halkskydden påbörjades.

Det fanns knappt någon lukt av similiämnet MES kvar i planet.

Andra noteringar: Temperaturen steg med endast tio grader i taket vid den bakre nödutgångsluckan. Det förefaller vara svårt att få upp temperaturer där, trots att det är vid taket och varmluften borde stiga. Sannolikheten för kontaminering och åtföljande värmebehov på denna plats bedöms dock vara liten.

Flygdäcket släpade temperaturmässigt efter lastdäck med ungefär trettio minuter, men nådde också 50°C. Någon meter från utloppsslangarna, två meter bakom "crew-door", uppmättes en temperatur på mer än 70°C. En kort tid därefter startades ett tredje 57 kW-aggregat med inblåsning på samma plats. Försöket avbröts av säkerhetsskäl när temperaturen lokalt blev cirka 90°C runt området där slangarna mynnar ut i planet. I stället flyttades det tredje värmeaggregatet till den bakre vänstra sidodörren. Inga större temperaturskillnader noterades under den timme aggregatet kördes på denna plats.

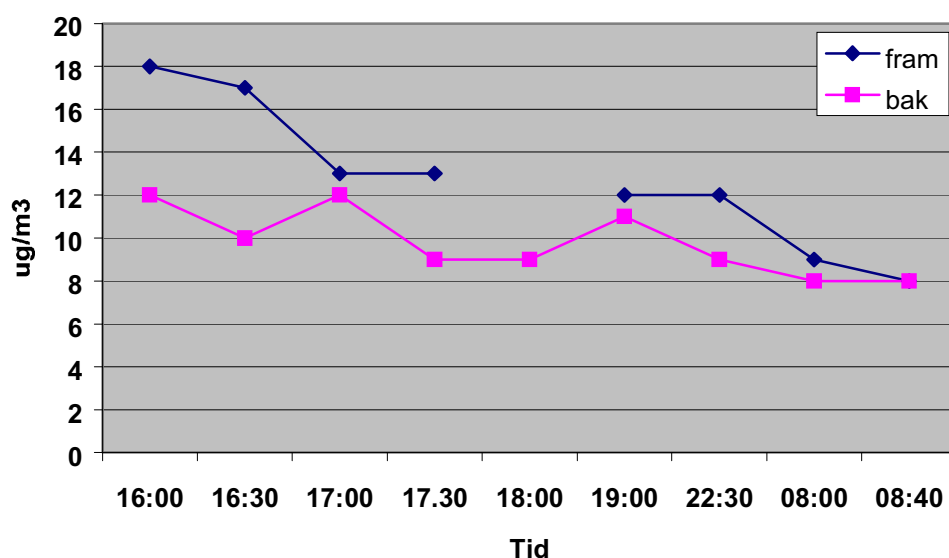


Fig. 7 Resultande gaskoncentration i flygplanet efter varmluftsaneringen. Observera den brutna tidsskalan.

Den resterande beläggningen av MES som avdunstade från lastrampen orkade nätt och jämt bygga upp en gaskoncentration omkring 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i det stängda flygplanet. Vid nivå 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ skulle vistelse under två timmar inte ge förgiftningssymptom oavsett agens. Denna nivå skulle inte trigga några larm på indikeringsinstrumenten. Dock skulle man fortfarande kunna få larm via ytprovtagaren på aluminiumdetaljer på rampen (om ämnet vore VX). Det kan vara intressant att notera skillnaden mot det tidigare våtsaneringsförsöket där motsvarande gasnivå i luften i planet blev cirka tio gånger högre efter saneringsinsatsen.

Vilken avdunstningshastighet krävs för att ge de cirka 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som uppmättes enligt diagrammet? Med den deponering som tidigare uppmättes, motsvarande cirka 1,7 luftomsättningar per timme, kan beräknas att hela den sanerade lastrampen avger cirka 1700 $\mu\text{g}/\text{tim}$.

Med beaktande av kontamineringen med 200 droppar MES på halkskydden, kan uppskattas att av varje ”dropp”, som väger mellan 5 och 6,3 mg beroende på agens, avdunstar cirka 8 µg/tim efter fem timmars sanering vid 50°C.

Flygplanet stod uppställt utomhus i cirka 15°C. Om temperaturen i stället hade varit tio grader varmare skulle detta uppskattningsvis leda till ungefär en fördubbling av gaskoncentrationen i planet, vilket är i närheten av skadegränsen vid en timmes vistelse i ett gasmoln med ett lättflyktigt agens.

TBP efter varmluftssanering

Avdunstningen i flygplanet efter värmesanerings-testet av det svårflyktiga similiämnet TBP kan sammanfattas kortfattat. Samtliga nitton luftprover som togs under de efterföljande arton timmarna understeg 2,3 µg/m³, medelvärde blev 1,1 µg/m³. Inga inandningsrisker föreligger i detta fall och indikeringsinstrumenten skulle inte ge något utslag.

Detta test var bara ett första försök till utvärdering av olika saneringslösningar. Den tillgängliga tiden var alldeles för kort för mer utförliga prov. Uppskattningsvis skulle flera dygn i den värme som användes behövas innan planet vore helt rent från de mest svårflyktiga ämnena. För att snabba upp förloppet kan fler än två värmeaggregat användas, slangar kan monteras för att fördela luften osv, allt i syfte att jämna ut temperaturen på olika platser i planet. Resultaten hittills ser mycket lovande ut. Transportflygenheten kommer att ta kontakt med flygplantillverkaren för att kontrollera vilka temperaturgränser som gäller vid invändig uppvärmning.

Ytprovtagning av LT 8 på aluminiumdetaljer på lastrampen

Avtorkningsprov genomfördes på rampens aluminiumdetaljer med ytprovtagaren AP2C. Detaljerna hade kontaminerats med en droppe LT 8 och utsatts för cirka 50°C varm luft under fem timmar. Efter 20 cms ”skrapsträcka” larmade instrumentet med cirka 3 ”block”. Av spåren att döma verkade droppen av LT 8 vara utspridd på en fläck stor som en handflata. Flera prover gjordes med ytprovtagaren på TBP och LT 8-kontaminerade halkskydd, men inga som helst påvisbara mängder, dvs inga larm, erhöles. Detta trots att platsen för den uppsugna droppen var känd. Kan det vara ytstrukturen på halkskyddet, som påminner om grovt slippapper, som orsakar fenomenet? Enligt avdunstningsvärdena borde något hittas. En halvtimme efter det att en ny droppe LT 8 applicerats, fås heller inget larm, även fastän ingen efterföljande saneringsinsats gjorts.

Det beslöts att se lite närmare på avdunstningshastigheten från ett par material i flygplanet. Provbiter togs ut från halkskyddet från lastzonen samt från mattan från flygdäck och belades med en 4 µl stor droppe MES. Provbiter placerades i en speciell mätfixtur kallad FLEC. Mätfixturen har en yta på 0,0177 m² och är tillverkad av rostfritt stål. Den tempererades till antingen 20°C eller 50°C, samt genomflöddades med ren luft med 100 ml/min. Detta motsvarar en lufthastighet på ungefär 0,17 till 0,34 cm/s över ytan på provet. Under ett dygn därefter togs luftprover med adsorbenttrör på det som avdunstade från droppen på testmaterialet. Syftet var att grovt kunna uppskatta hur stor del av droppen som avdunstat. Luftproverna analyserades med gaskromatograf och resultaten visas i tabellen nedan.

Tid tim	Halkskydd 20°C mg/m ³	Halkskydd 50°C mg/m ³	Al-durk, 20°C mg/m ³	Alu-durk 50°C mg/m ³	Kabinmatta 50°C mg/m ³
1	34,4	38,3		210	32,5
2		47,5	27,7	206	
3	29,1	26,2		28,7	54,0
4-5	14,4		24,9		
5-6	10,9		15,4		
18-19		1,5		0,03	3,9
19-20		1,1			3,3
21-22	1,8	1,1	8,1	0,02	2,7
22-23	1,7		0,07	0,01	3,1
23-25	1,6	0,7	0,04	0,00	3,0

Generellt syns att similiämnet hålls kvar starkast i mattan från flygdäck. På aluminiumdurken finns inte mycket av similiämnet MES kvar efter 24 timmar. Det skiljer tämligen lite i avdunstningshastighet mellan 20°C och 50°C.

Tyvärr har ett antal prover misslyckats, varför det finns några blanka rader i tabellen.

Ett diagram över de två första proven ovan, halkskydd vid 20°C och 50°C, syns i nedanstående figur.

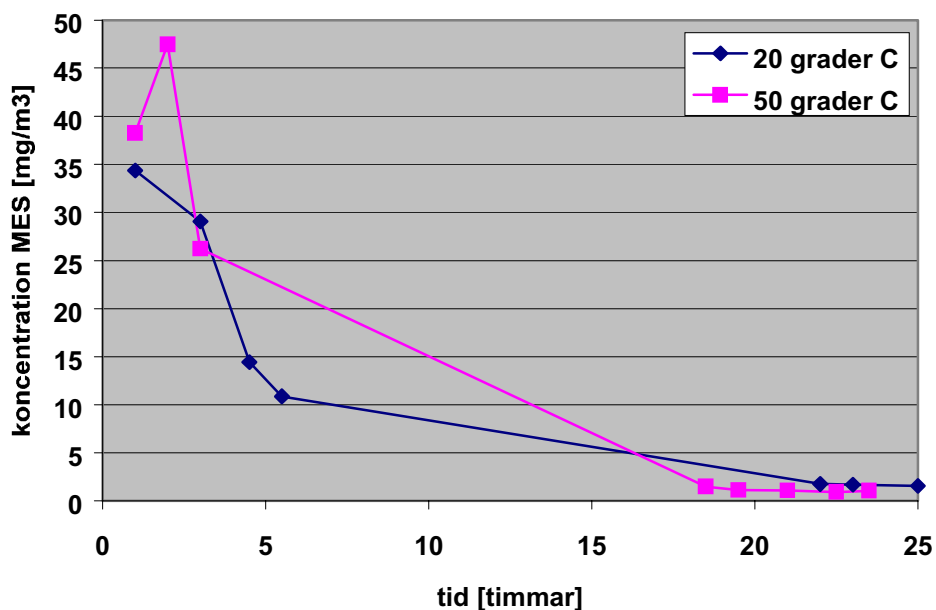


Fig. 8 Avdunstningen från en droppe MES på halkskydden under 25 timmar.

Ur kurvan för avdunstningen vid 20°C tas värdet 15 mg/m³ som ett medelvärde för koncentrationen under 24 timmar. Detta motsvarar en avdunstningshastighet på 1,5 µg/min och ger en avdunstad mängd MES på 24 timmar på 2,16 mg. Detta är strax under hälften av den droppe som lades på. Vidare syns att det efter ett dygn fortfarande avdunstar cirka 1,6 mg/m³ similiämne från provbiten. Om detta verkligen är avdunstning från provet, eller om det är rester i mätsystemet, t ex slangarna, som avdunstar är inte klart. MES, och även senapsgas, fastnar lätt på ytor.

Efter 24 timmar bestämdes slutligen den i materialet kvarvarande mängden MES genom eluering.

Material	Åtgärd	Återfunnen mängd % av pålagda 4µl
Halkskydd	20 grader i 24 tim	2,6
Halkskydd	50 grader i 24 tim	ej detekterbart
Aluminium	20 grader i 24 tim	ej detekterbart
Aluminium	50 grader i 24 tim	ej detekterbart
Matta flygdäck	50 grader i 24 tim	1,6
Nollprover	20 grader i 24 tim	ej detekterbart

Baserat på den ur elueringen erhållna mängden kvarvarande MES i provbiten efter 24 timmar vid 20°C, 0,132 µg, beräknas 4,95 mg totalt, eller 97,4 %, ha avdunstat under 24 timmar. Den motsvarande avdunstningshastigheten (medelavdunstningshastigheten under 24 timmar) blir 3,44 µg/min.

Resultaten från avdunstnings-, och elueringsförsöket skiljer sig med en faktor två i medelavdunstningshastighet. Enligt resultatet från elueringen har näst intill hela den pålagda mängden avdunstat, adsorbentrörmätningarna visar att ungefär hälften har gjort så. En del av denna skillnad torde komma från osäkerheter i mätningarna. En annan förklaring är att elueringen inte "trängde in" tillräckligt i materialet, dvs att MES fanns kvar efter elueringen. Detta bör undersökas vidare. Vid 50°C detekterades ingen kvarvarande MES i provet efter 24 timmar. Halkskyddet är alltså sanerat efter 24 timmar vid 50°C, om kontamineringen är senapsgas. Det går inte att säga exakt när under denna tid det blivit rent. Om man antar att renhet nåtts strax innan 24-timmarsgränsen måste avdunstningen från den enskilda droppen i genomsnitt ha varit minst 206 µg/tim.

Jämförs labbtestet med den storskaliga restavdunstningen från rampen, är överensstämmelsen dålig. Från en enskild droppe på rampen avdunstar 8 µg/tim efter cirka fem timmars sanering vid 20°C. Labbtesterna, å andra sidan, visar att det efter fem timmar avdunstar 90-206 µg/tim, dvs avdunstningen i labbet är minst tio gånger snabbare än i planet. Det skulle kunna vara så att värdet 8 µg/tim som framräknats ovan, blir så lågt beroende på att substansen i flygplanet deponerar tre till fyra gånger snabbare än de 1,7 luftomsättningar per timme som beräkningarna bygger på. Förhållandet kan bero på att planet nyss varit varmt och renblåst, men att det efter drygt fem timmar sakta svalnar. En annan orsak kan vara att det finns en turbulens i planet som är högre än vid deponeringsmätningen med stängda dörrar.

Mattan på flygdäck är svårare att få ren genom uppvärmning. Mattans struktur är skumplastliknande, vilket sannolikt är en bidragande orsak till att 1,6 % av den pålagda mängden fortfarande finns kvar efter 24 timmar vid 50°C.

Mattan skyddar för kolfiberlaminatet som utgör skydd mot finkalibrig eld. Mattan bedöms inte vara demonterbar under de omständigheter, C-miljö, som kan förväntas råda. För att komma tillrätta med mattproblemet på flygdäck, måste en ny typ av skyddsmatta anskaffas. Detta bör göras efter tester vid FOI. Man skulle även kunna söka något förfarande med övertäckning av befintlig matta.

Partikelsituationen i planet

För att mäta partikelsituationen i planet monterades partikelräknaren MET ONE uppe på mätbussens tak, inne i Tp84, cirka 0,5 m från ett av luftutsläppen i taket, blåsandes rakt på mätaren. Till en början flögs planet på cirka hundra meters höjd, för att efter fyrtio minuter stiga upp till normal höjd och där fortsätta under en timme.

Fler prover måste göras innan något definitivt resultat kan visas om B-relaterade frågeställningar och partikelantal i luften i flygplanet. Förhoppningsvis mättes vad som kom ur ventilationsrören. Det är nödvändigt att ta jämförande prover, isokinetisk provtagning, från uteluften någonstans framför propellrarna. Detta kräver dock ingrepp i flygplanet och gick inte att utföra omedelbart.

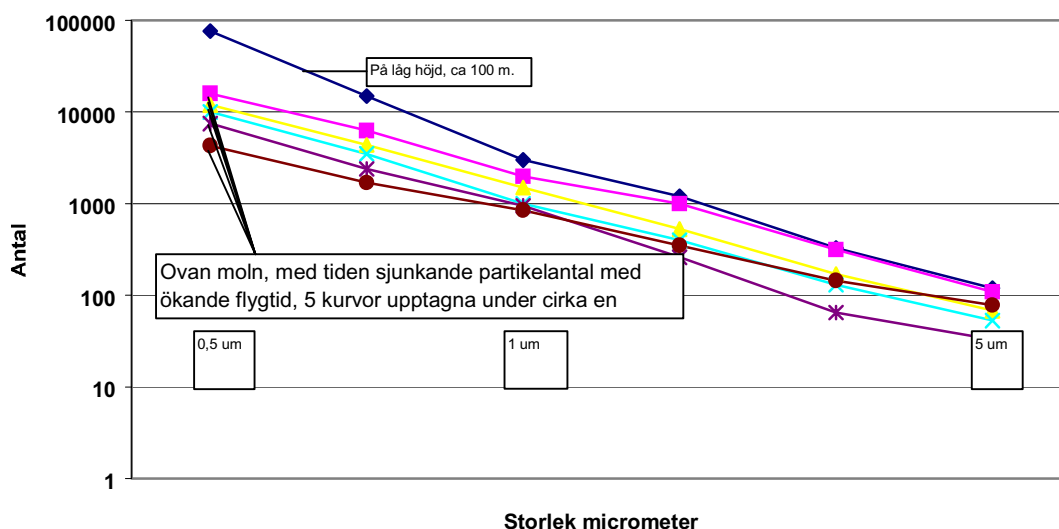


Fig. 9 Partikelantalet nära utblåset. Mätaren mäter partiklar i storleksklasserna 0,5, 0,7, 1,2, 3 och 5 μm (punkterna i figuren). Siffrorna avser antalet partiklar i åtta liter luft.

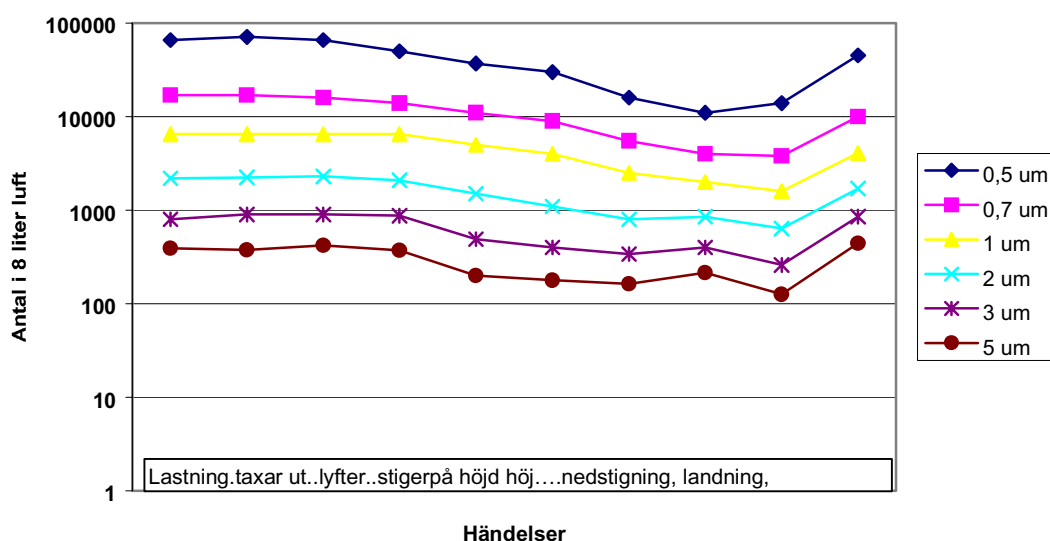


Fig. 10 Partiklar i flygplanet som funktion av storlek och flyghöjd.

Till en början virvlade en mängd partiklar runt i planet. När planet kom upp på höjd sjönk antalet partiklar med en knapp tiopotens. Alla partikelstorlekar minskade lika mycket. Vid nedstigning och landning återgick värdena till ursprungsnivåerna. Hur stor andel av de uppmätta partiklarna som kom in via varmluftutsläppen i taket kontra hur mycket som virvlade upp rent allmänt är svårt att bestämma. Vill man i framtiden ta fram mer noggranna data för att undersöka ifall inkommande luft faktiskt skulle vara mer partikelfattig än vad som uppmättes här "nära" utloppet, behövs ett värmeskydd före partikelräknaren samt en kyld slang eller ett rör före inloppet. Det skulle också vara möjligt att via en prob eller rörstump med pump provta isokinetiskt och mäta i det närmaste samtidigt både ute och inne. Transportflygheten ska undersöka vad som kan arrangeras.

Erfarenheter av indikeringspapper på utsidan av flygplanet

Indikeringspapper 104 fastsatta utanpå flygplanet sitter fast i flera veckor. Några falska VX-larm, grönt omslag, noterades på flygplanets sidor vid ett tillfälle efter att flygplanet varit på flygning ner till Bulgarien. Detta kan vara tillfälligheter, ytterligare prover behöver utföras.

Instrumenterfarenheter under flygningen

I25 - intensimeter

N-instrumentet I 25 fungerar som förväntat både på mark och i luften. Sista siffran på displayen, 0,001 mS, ökar en enhet för var tusende meter som planet stiger i höjd. Detta är helt normalt.



N-instrumentet I 25

C-indikeringsinstrument

Fyra olika fabrikat av C-indikeringsinstrument (CAM, GID-3, RAID-1 och AP2C) provades för att se om instrumenten fungerar ombord på Hercules under flygning och klargörning.

Instrumenten monterades med vibrationsdämpare på ett träbord som sedan spändes fast i planets golv.



Instrumenten fastsatta med spännband mot ett bord.

Instrumenten som har testats kan delas upp i två olika grupper:

- **Jonrörlighetsspektrometer (CAM, RAID-1, GID-3)**

Jonrörlighet betyder att de gasmolekyler som ska analyseras joniseras med en svag radioaktiv strålkälla. De joniserade molekylerna släpps in i en kammare under påverkan av ett elektriskt fält. Den tid det tar för de joniserade molekylerna att passera ett fixerat avstånd särskiljer därmed gaser med olika molekylopbyggnad. Jonrörlighetsinstrumenten kan även delas in i olika undergrupper där man med kemiska reaktioner (dopanter) kan filtrera bort oönskade reaktioner (falsklarm). Undergrupper som testats under dessa försök var vatten, aceton och ammoniak, vilkas filtereffekt ökar i denna ordning.

- **Flamfotometer (AP2C)**

I en flamfotometer förbränns de gasmolekyler som ska analyseras i en vätgaslåga. När molekylerna förbränns exciteras atomer och sänder ut ljus av en våglängd som är specifik för atomerna. Ljuset analyseras och i fallet kemiska stridsmedel söker man efter atomerna fosfor och svavel

AP2C

På grund av att AP2C har en öppen vätgaslåga testades instrumentet enbart när planet stod på marken, dock var motorerna igång.

Instrumentet fungerade normalt – inga funktionella problem kunde upptäckas.

Om detta instrument blir aktuellt för att höja skyddet i Hercules finns en explosivsäker version som kan användas. Den modell som användes i försöket detekterar i stort enbart kemiska stridsmedel, men den nyaste modellen från instrumenttillverkaren kan även detektera ett flertal andra grundämnen så att ett flertal industrikemikalier täcks in.



GID-3

GID-3 är ett jonrörlighetsinstrument som använder ammoniak som dopant för att filtrera bort oönskade falsklarm. På grund av att man filtrerar bort många ämnen kan instrumentet enbart användas för att detektera kemiska stridsmedel.

Instrumentet fungerade klanderfritt under flygprovet och inga negativa funktionella problem iaktogs.



CAM

CAM är ett jonrörlighetsinstrument som använder aceton som dopant för att filtrera bort oönskade substanser. På grund av att man filtrerar bort vissa ämnen kan instrumentet enbart användas för att detektera kemiska stridsmedel.

Instrumentet fungerade klanderfritt under flygprovet och inga negativa funktionella problem iaktogs.

Instrumentet finns i dagsläget inom flygvapnet.



RAID-1

RAID-1 är ett jonrörlighetsinstrument som inte har någon dopant för att filtrera bort oönskade falsklarm. Den använder vattenmolekyler i sin kemiska funktion. På grund av att man inte filtrerar bort vissa ämnen kan instrumentet användas för att detektera kemiska stridsmedel och även industrikemikalier.

Mycket snabbt sedan alla dörrar stängts i flygplanet stiger den allmänna föroreningsnivån (gaser från plaster, oljor m m) i planet till sådan nivå att instrumentet blir oanvändbart.



Förslag på åtgärder och fortsatta arbeten

Åtgärderna är av praktisk natur

1. Enkla underhandskar plus talk provas ut.
2. Extra skyddsmasker anskaffas.
3. Marktäckning som fungerar i regn och vind anskaffas.
4. Träning på att ta av sig C-skydden och att ta sig in i flygplanet på ett säkert sätt.
5. Hantering av C-instrument tränas.

Mera genomgripande **undersökningar som rekommenderas** är

1. Flygning med indikeringpapper företrädesvis på flygplanets sidor, i syfte att spåra orsakerna till de falsklarm som upptäcktes.
2. Provning av AP2C i explosionssäkrat utförande. Fungerar den normalt under flygning?
3. Saneringstiderna kan snävas ner och fastställas noggrannare. När maximal högsta inre temperatur är fastställd kan mer noggranna saneringsförsök göras med bättre luftspredning inuti, med fler ämnen och på fler ytor i flygplanet.
4. Verifiering av att utventileringen på flygdäck vid flygning med "öppet baktill" motsvarar de mätningar som gjordes under testerna. Det kanske räcker med relativt liten öppning för att flygdäck ska kunna hållas riskfritt gasmässigt sedan man väl kommit en bit upp i luften.
5. Mätning av partikelmängd ute/inne närmast samtidigt under en normal flygning. Detta är intressant ur ett B-perspektiv för att se om en enkel partikelmätare räcker för att upptäcka att något är "på gång"? Det finns även en frågeställning ifall en B-spor kommer genom upphettningen i kompressorstegen "levande"? Det går att skapa ett B-moln av similibakterier (en sporbildande jordartsbakterie som kallas *Bacillus Subtilis*) mot en uppställd Tp84 med motorerna igång och odla på det som kommer igenom och ut inne i planet.

Punkt 3 kan bli alltifrån en 24-timmarsinsats till ett "stort arbete" beroende på hur gränserna sätts.

Punkt 4 kräver någon timme i flygtid samt analystid på labbet.

Punkt 5 kräver flygtid, men kan samordnas med annan flygning.

Punkt 3-5 behöver medverkan av FOI i någon form.

Referenser

1. L. Thaning, H. Tovedal; "Mallar för dosuppskattning från markbeläggning och vid flygning genom radioaktiva partikelmoln på stora avstånd från kärnvapenexplosioner", FOA-rapport nr FOA-R--95-00083-4.3--SE, 1995.
2. Tage Berglund, et al; "In/utpassering i bascentral vid simulerad C-miljö", FOA-rapport nr DH 40092-4.6, mars 1993.
3. Lars Hägglund m fl, FOA ArbetsPM nr D 40286-4.5.

De dokument som finns nämnda nedan, har vi försökt få tag i, men tyvärr misslyckats.

549981: Detailed Test Plan, Air Force Cargo Aircraft Contamination Control, Phase I, Aircraft Ventilation Trials, April 1993

551373: Air Force Cargo Aircraft Contamination Control, Phase I - Aircraft Ventilation Trials, and Phase II, In-Flight Contamination Control Volume I, February 1995

549893 (AD-B177845): Detailed Test Plan, Air Force Cargo Aircraft Contamination Control; Phase II - In-flight Contamination Control and Phase III - Upload Ground Operations, October 1993

553309: Air Force Cargo Aircraft Contamination Control, Phase IV: Forced Hot Air Decontamination, and Phase V: Aircraft Interior Decontamination, April 1997

552997: Air Force Cargo Aircraft Contamination Control, Phase VI, Procedures Validation, October 1996

No number: Final Test Report for the Cargo Aircraft Contamination Control (CACC) Field Test, July 1999