

Pär Wästerby, Inga Gustafson, Torbjörn Tjärnhage

Instrument för indikering av biologiska aerosoler



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

NBC-skydd
901 82 Umeå

FOI-R--1096--SE

December 2003

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Pär Wästerby, Inga Gustafson, Torbjörn Tjärnhage

Instrument för indikering av biologiska aerosoler

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI NBC-skydd 901 82 Umeå	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1096--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 3. Skydd mot massförstörelsevapen	
	Månad, år December 2003	Projektnummer E4242/E4243
	Verksamhetsgren 2. NBC skyddsforskning	
	Delområde 32 B- och C-forskning	
Författare/redaktör Pär Wästerby Inga Gustafson Torbjörn Tjärnhage	Projektledare Göran Olofsson	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Instrument för indikering av biologiska aerosoler		
Sammanfattning (högst 200 ord) Efter Gulfkriget 1991 intensifierades en utveckling av instrument för detektion av biologiska stridsmedel. Satsningen har accelererats efter antrax-breven, som skickades till privatpersoner under hösten 2001 efter den 11 september, och hot från internationell terrorism. En medveten satsning under det senaste decenniet har resulterat i att det idag finns ett flertal olika instrument som kan detektera sjukdoms-alstrande bakterier, virus och toxiner. Rapporten beskriver metoder och tekniker som används vid indikering av biologiska stridsmedel i luft. Det ges även exempel på ett flertal instrument som kan lösa denna uppgift. Den information som presenterats här bygger på produktinformation hämtad från tillverkare eller återförsäljare av instrumenten. I vissa fall finns även vetenskapliga artiklar och rapporter som beskriver instrumentens egenskaper. Det har inte gjorts någon rangordning av instrumenten som beskrivs i rapporten.		
Nyckelord Biologiska stridsmedel, detektion, varningsinstrument, realtidsinstrument, avståndsinstrument, identifieringsinstrument		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 62 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency NBC Defence SE-901 82 Umeå	Report number, ISRN FOI-R--1096--SE	Report type User report
	Programme Areas 3. Protection against Weapons of Mass Destruction	
	Month year December 2003	Project no. E4242/E4243
	General Research Areas 2. NBC Defence Research	
	Subcategories 32 Biological and Chemical Defence Research	
Author/s (editor/s) Pär Wästerby Inga Gustafson Torbjörn Tjärnhage	Project manager Göran Olofsson	
	Approved by	
	Sponsoring agency	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Instruments for detection of biological aerosols		
Abstract (not more than 200 words) In recent years there have been two periods of accelerated development of biological agent detection. The first started in 1991 when coalition forces faced the threat of being attacked with biological warfare agents. The second is today, after incidents of the Anthrax letters. These efforts have resulted in several detectors that are user friendly and designed for active service. The report describes methods and techniques used for detection of biological warfare agents. Several instruments are also described. The information is based on specifications from the manufacturers or retail dealers, and in some cases articles and reports. A ranking has not been done neither in the selection of instruments to be presented in the report, nor among the instruments within the report.		
Keywords Biological warfare agents, detection, trigger-warning instrument, real-time instruments, remote detection instruments, identification instruments		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 62 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehållsförteckning

Introduktion.....	7
Bakgrund.....	7
Förutsättningar för indikering	8
Nuläget i Sverige	9
Framtidsutsikter	10
Fysikaliska metoder.....	10
Teknik för avståndsindikering	10
Koncentratorer	12
Detektion av antal, storlek och form på partiklar.....	13
Fluorescens.....	13
Flamspektroskopi	14
Biotekniska metoder	14
Sensorer baserade på genetisk information	15
Igenkänning med antikroppar	15
Flödescytometri	16
ATP och bioluminisens	17
Integrerade system	17
Listning av instrument	21
Avståndsindikeringsinstrument	21
SR-BSDS	21
LR-BSDS NDI	22
WindTracer	23
Koncentratorer	24
Biotrace Intelligent Cyclone Air Sampler.....	24
Biotrace Slitsampler	25
XMX Virtual Impactor	26
SASS 2000 Plus™	27
SASS 3000™	28
SpinCon® Based Air Sampler.....	29
BioCapture™ BT-550.....	30
Varningsinstrument (realtidsinstrument)	31
BIRAL ASAS/Aspect	31
TSI Model 3321 APS.....	32
TSI Model 3314 UV-APS.....	33
FLAPS	34
BARTS.....	36
MAB.....	37
Masspektrometer	38
CBMS Block III	38
Sensorer för genetiskt material	39
HANAA	39
Bio-Seq™	40
RAPID.....	41
APSYS.....	42
Detektorer som använder antikroppar.....	43
RAPTOR™	43
Analyte 2000™.....	45
Bio-Detector	46

Bio threat Alert™ Test Strip	47
SMART™	48
IGEN®	49
Flödescytometrar	50
CyFlow®	50
Microcyte® Cytometer	51
Bioluminiscens	52
CFAD	52
Indikeringssystem	53
CBAWS/CBREWS	53
BIDS	54
JBPDS	55
PBDS och IBDS	56
NBCerberus	57
CIBADS II	58
4WARN v.2	59
4WARN Urban	60
Referenser	61

Introduktion

Bakgrund

Efter Gulfkriget 1991, och framför allt efter händelserna den 11 september 2001 med de sk antrax-breven, har många nationer insett behovet av att snabbt kunna indikera (påvisa förekomst av) biologiska stridsmedel. En medveten satsning under det senaste decenniet har resulterat i att det idag finns ett flertal olika instrument som kan detektera biologiska agens, dvs sjukdomsalstrande bakterier, virus och toxiner. Biologiska stridsmedel orsakar i allmänhet störst effekt om de tas upp via luftvägarna. Lungorna har en stor yta, vilket gör att dessa ämnen snabbt kan tas upp av kroppen. Ett sannolikt scenario är därför att biologiska stridsmedel kan komma att spridas som luftburna partiklar (aerosoler). De flesta instrument och instrumentsystem som utvecklas idag är därför gjorda för aerosoler.

Det sker fortfarande en intensiv satsning på utveckling och förbättringar av biologiska indikeringsystem. Det amerikanska försvarsdepartementet äskade nästan 1,2 miljarder dollar för det kemiska och biologiska försvarsprogrammet 2002. De har därmed fördubblat anslagen mellan åren 1996 och 2002. På den civila sidan har Homeland Defense anslagit medel för forskning och teknikutveckling av ett varningssystem för biologiska stridsmedel, BioWatch, som kommer att finnas i Amerikas större städer. Det amerikanska postverket har också utvecklat ett varningssystem, BioHazard Detection System. Dessa system beskrivs längre fram i introduktionen samt i kapitlet om integrerade system.

Det ideala indikeringsinstrumentet bör reagera snabbt och det ska även med stor säkerhet kunna svara på vilken typ av B-stridsmedel som påvisats. Tyvärr finns det i dag inget enskilt instrument som klarar den uppgiften fullt ut. Därför kopplas minst två typer av instrument samman till ett system, som kan lösa uppgiften - att indikera bioaerosoler. Den vanligaste kombinationen av instrument är ett snabbt, men inte så specifikt instrument som larmar/varnar om halten biologiska material i luften plötsligt ökar, och ett mer specifikt, men långsamt instrument som bekräftar larmet och som ger ett mer detaljerat svar. Oftast behövs även ett tredje instrument som kan koncentrera aerosolen till ett prov. Koncentreringen kan göras för att öka känsligheten hos varnings- och analysinstrument, eller för att samla in ett prov för vidare analys vid ett laboratorium.

Instrument av den första typen, som kan ge larm efter några få sekunder, sägs vara direktvisande sk realtidsinstrument. De mäter fysikaliska storheter hos aerosolen, företrädesvis med olika optiska principer (t ex ljusspridning, fluorescens och flamfotometri). Dessa instrument kan snabbt larma om halten biologiskt material i luften ökar. För vissa biologiska stridsmedel är infektionsdoserna mycket låga. Därför försöker tillverkarna bygga instrument som larmar vid koncentrationer från 10 ACPLA.^a Instrumentens känslighet kan ökas genom att provta en stor mängd luft per tidsenhet. Det sker genom att koncentrera aerosolen före detektionen i instrumentet. De varningsinstrument som finns idag är inte helt specifika för biologiska stridsmedel, vilket betyder att de även kan larma för naturligt förekommande aerosoler. Därför måste larmen bekräftas med ett annat instrument. De tekniker som används för denna analys utnyttjar oftast bioteknologiska processer (t ex immunologiska metoder eller DNA-analys mm). Sådana tekniker är tyvärr dyrare och långsammare, men ger i stället mer specifika svar.

Syftet med den här rapporten är att ge en bild av vilka tekniker som för närvarande används eller som i en snar framtid kommer ut på marknaden. En uppdelning av tekniker har gjorts mellan

^a ACPLA = Agent Containing Particles per Litre of Air, dvs partiklar innehållande biologiska agens per liter luft.

fysikaliska tekniker och biotekniska. De biotekniska teknikerna kräver ofta att aerosolen koncentreras till ett vätskeprov och därför finns också ett stycke om koncentratorer. Återstoden av rapporten ägnas åt att lista ett antal konkreta exempel på instrument. Därmed ges förhoppningsvis en ökad kunskap om vad som finns på marknaden. Påpekas bör också att det är endast ett fåtal instrument i denna rapport som vi i Sverige (FOI NBC-skydd och SkyddC) har egen erfarenhet av. Informationen är huvudsakligen inhämtad från respektive tillverkare av instrumenten.

Förutsättningar för indikering

Innan det går att ta ställning till enskilda tekniker eller instrument måste man kunna svara på vissa grundläggande frågor av typen:

- Vad är syftet med indikeringen? (militärt/civilt)
- Kan de som exponeras för biologiska stridsmedel snabbt få skydd?
- Vilka konsekvenser får ett larm? (även falska larm)
- Vilka kriterier måste uppfyllas för att ett larm ska kunna avblåsas?

Den här rapporten kommer inte att ge svaret på dessa frågor, men de är avgörande för valet av indikeringsmetodik. I militära sammanhang är det av stor betydelse att hushålla med resurserna. Därför är det viktigt att försöka undvika kontaminering och falska larm. Kontaminering kan t ex undvikas om det går att upptäcka B-stridsmedlet redan innan man kommer in i det område där den finns. Det görs i dag till viss utsträckning med avståndsindikeringssystem. Punktindikeringssystem varnar inom ett förband, men kan också skicka information till en ledningscentral så att andra förband kan förvarnas. Punktindikeringssystem innehåller oftast ett varningsinstrument, ett instrument för provtagning och ett för analys. Varningsinstrumentet ger en snabb signal som kan förhindra soldaterna att få infektionsdoser av biologiska stridsmedel. Analysinstrumenten avgör vilken typ av B-stridsmedel det är eller om det första larmet var falskt eller inte. Den militära organisationen har tillgång till skydd och kan, under förutsättning att de får vetskap om hotet och utnyttjar sitt skydd, lösa kortare missioner även om de har blivit utsatta för biologiska stridsmedel. Förr eller senare krävs dock sanering, som är tids- och resurskrävande. Framryckningar kan avmattas och reträtter kan bli för långsamma, vilket gör förbandet sårbart.

I det civila samhället saknar befolkningen skydd mot biologiska stridsmedel. Det är visserligen bra att få larm så snabbt som möjligt, men ett larm sätter i gång en kaskad av händelser som skapar oro och störningar i samhället. Därför måste ett larm från ett reeltidsinstrument bekräftas så att inga falska larm går ut. Vidare så måste det upprättas en handlingsplan så att berörda myndigheter snabbt får kontroll över situationen och vidta rätt åtgärder. I första skedet kommer räddningstjänst, polis och sjukvård beröras, därefter kan, beroende på omständigheterna, en stor del av samhällets instanser bli involverade. Det kan innebära att byggnader måste stänga, viss samhällsservice kan påverkas, transportmedel och kommunikationer kan behöva begränsas.

Det är uppenbart att förutsättningarna för indikering av, och varning för, biologiska stridsmedel är annorlunda för det civila samhället än för det militära försvaret. Det visar sig också om man studerar hur USA har utformat sina varningssystem. Den amerikanska försvarsmakten har, i syfte att ge taktisk framförhållning till de egna styrkorna, avståndsindikeringssystem som på avstånd kan avsöka atmosfären en bit in på fiendens områden. De har även mobila och portabla punktindikeringssystem, som är utspridda över det egna området och sammankopplade i ett ledningssystem. Fördelen med de mobila systemen är att de är integrerade i fordon som speciellt anpassats för detta ändamål. Operatörerna kan sköta instrumenten i övertrycksskyddade hytter och mätningarna kan göras medan fordonet är i rörelse. De portabla systemen kan ofta utföra

samma uppgifter, men är inte integrerade i fordon. De kan å andra sidan användas i fler sammanhang, både militärt och civilt. Militärt används de för att skydda baser, flygplatser, hamnar och fartyg. Civilt kan de användas vid större evenemang, toppmöten eller internationella konferenser där demonstrationer är väntade.

En följd av de uppmärksammande antraxbrevet är att det amerikanska postverket har infört ett varningssystem, BioHazard Detection System, vid sina sorteringsanläggningar. Det ska förhindra möjligheten att använda postsorteringsanläggningarna som distributör av biologiska stridsmedel. Hotbilden som fanns inför de Olympiska spelen i Salt Lake City 2002 utgjorde startskottet för ännu ett varningssystem, BioWatch. Det bygger på att utnyttja befintlig miljöprovtagning till att även användas som varningssystem mot biologiska stridsmedel. Systemets omfattning ökade, som en följd av den ökade hotbilden efter Irak-kriget, så att det nu omfattar de 31 största städerna i USA. Båda dessa system bygger på kontinuerlig luftprovtagning.

En terroristattacker skulle kunna beröra hela det svenska samhället och i krig påverkas även civilbefolkningen. Det kan därför finnas andra lösningar än de som beskrivits i det amerikanska exemplet ovan.

Nuläget i Sverige

I Sverige har vi från och med 2004 ett speciellt NBC-kompani. I detta kompani finns två indikeringsfordon med integrerade indikeringsinstrument för nukleära (N) och kemiska (C) stridsmedel. Det saknas i dessa fordon ännu instrument för indikering av biologiska stridsmedel. Enligt planer kommer det dock att installeras ett B-indikeringsinstrument i nästa version av indikeringsfordonen som kommer att levereras sommaren 2005.

För insatser inom Sverige kommer räddningstjänst och polis vara först på plats. I dagsläget har dessa inte någon form av indikeringsutrustning för biologiska stridsmedel. Här skulle ett portabelt eller mobilt indikeringsystem kunna användas. Vid civil tillämpning av dessa system krävs det dock eventuellt ännu fler och säkrare analyser, samt en noga utarbetad handlingsplan för att systemen ska fungera så som det är tänkt.

Det finns i Sverige resurser och laboratorier (FOI, Smittskyddsinstitutet, SMI och sjukhuslaboratorier) som kan analysera prover med misstänkt innehåll av biologiska stridsmedel eller andra sjukdomsalstrande mikroorganismer. Dessa resurser kräver dock att ett prov tas och transporteras till dem och det tar en viss tid att erhålla ett analysvar.

Förrutom den forskning inom området som bedrivs vid FOI NBC-skydd så har även fältförsök gjorts under 2003. Tillsammans med Totalförsvarets Skyddscentrum, SkyddC, och med ekonomiskt bistånd från FMV har FOI genomfört utomhusförsök för att kunna utvärdera instrument och för att skapa förutsättningar för det nya NBC-kompaniets utbildning.

Framtidsutsikter

De tekniktrender som kan skönjas är att sensorerna sammankopplas i nätverk som står i förbindelse med ett ledningssystem och att instrumenten görs mindre, vilket leder till minskad strömförbrukning och lägre vikt. Mikrochip-teknologi är ett annat område som flera stora och små företag satsar på. FOI NBC-skydd stöder en sådan utveckling genom att delta i ett EUROPA-samarbete med ett danskt konsortium. (ERG 1.005) Genom att göra sensorerna små blir de billiga att tillverka och kan ge snabbare och fler analyser än dagens instrument.

FM/FMV och FOI satsar på utveckling av nya tekniker för indikering av B-stridsmedel. Ett WEAG-CEPA projekt har initierats som har för avsikt att förbättra fluorescens teknikerna så att antalet falska larm från ett varningsinstrument kan minskas. I detta projekt utvecklas nya laserkällor och larmalgoritmer. Inom FOI har även verksamhet inom avståndsindikering påbörjats.

I FM-satsningen på nanoteknik finns också delar som har för avsikt att utveckla ett sk BioNanoLab. Detta skall kunna identifiera ett B-stridsmedel på mycket kort tid.

Trenden är alltså att analysinstrumenten som kan identifiera ett B-stridsmedel kommer att bli mindre och snabbare. De fysikaliska realtidsinstrumenten kommer att kunna göras mindre och kunna ge säkrare klassificeringar av B-stridsmedel (färre falska larm) tack vare nya lasertyper och larmalgoritmer speciellt utvecklade för ändamålet.

Fysikaliska metoder

Realtidsinstrumenten ska ge taktisk framförhållning i realtid och utan avbrott. Därför bygger de på snabba fysikaliska mätprinciper. Behov av underhåll och förbrukningsartiklar bör vara litet. Realtidsinstrumenten kan delas in i två klasser - *punktdetektorer* och *avståndsdetektorer*. Punkt-detektorer mäter på samma plats som instrumentet befinner sig på, medan avståndsinstrumenten genom olika lasertekniker kan upptäcka ett aerosolmoln på avstånd. Det finns även exempel på system, där många autonoma punktdetektorer samverkar i ett nätverk. Sådana system ger samma fördelar som ett avståndsindikeringsinstrument vid skydd av en fast installation. De ger däremot mindre rörlighet och flexibilitet. När detektorerna kan göras små och billiga kommer troligen denna typ av instrument bli vanligare.

Många instrument behöver ett koncentreringssteg före detektorn för att öka känsligheten. För de snabba realtidsinstrumenten sker koncentreringsstegen från luft till luft, dvs aerosolkoncentrationen ökar. Koncentreringssteg till vätska eller på en yta är effektivare, men långsammare. Det används för att öka känsligheten hos analysinstrument. Efter ett larm är det också vanligt att provuppsamling görs med hjälp av någon koncentreringsmetod.

Teknik för avståndsindikering

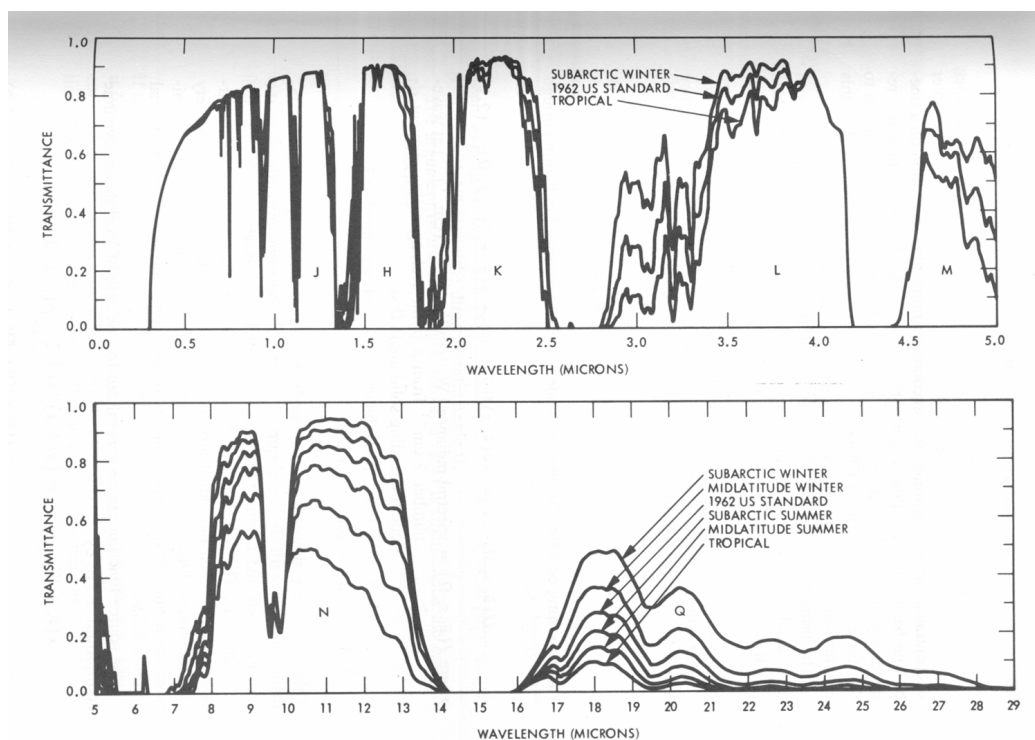
Detektorer för avståndsindikering bygger på olika typer av laserradar, LIDAR^a, vilket oftast innebär att ljus från en laser sänds mot ett mål och det reflekterade ljuset mäts av en detektor. Då ljusets hastighet är känd kan avståndet beräknas genom att mäta den tid det tar för en ljuspuls att färdas från lasern, reflekteras av målet och slutligen nå detektorn. Atmosfärens transmittans (genomsläpplighet) är våglängdsberoende (se figuren nedan). Partiklarnas förmåga att reflektera

^a LIDAR – Light Detection And Ranging

Ljus är också våglängdsberoende. Ljus i IR-området gör det möjligt att detektera moln på avstånd upp till 30 km. Yttre faktorer som väder och tid på dygnet påverkar "sikten". Förutom att mäta avstånd med en LIDAR kan tekniken ge möjlighet att mäta partiklarnas fart och aerosol-partiklarnas storleksfördelning.

Vissa organiska föreningar (t ex tryptofan och NADH, som finns i biologiska partiklar) fluorescerar när de belyses med ultraviolett (UV-) ljus.^a Fluorescensen sker ofta i det synliga våglängdsområdet (vid längre våglängd än laserljuset). Med en UV-laser av rätt typ kan man särskilja mellan vanliga moln och moln innehållande biologiskt material. Det finns dock flera nackdelar med UV-LIDAR. De har lägre detektionsgräns, de fungerar bäst i mörker och UV-ljuset ger ögonskador. Därför används en IR-LIDAR för att lokalisera molnen. När molnen är på lagom avstånd riktas UV-LIDARn mot molnet för en noggrannare analys.

Exempel på avståndsindikeringsinstrument finns i början av instrumentförteckningen. Observera att alla avståndsindikeringsinstrument inte har tagits med där. Arbete utfört på DRDC i Kanada har till exempel resulterat i att två avståndsindikeringsystem framtagits under det senaste decenniet.^{1,2} FOI Sensorteknik har också, i samarbete med FOI NBC-skydd, påbörjat försök med avståndsindikering med sk koherent laserradar.³



Kopia från: R. Beer, Transmission through the atmosphere, In Laser remote chemical analysis, Chemical Analysis, Vol 94, New York, 1988, Eds. R. M. Measures, J. D. Wineforder, I. M. Kolthoff.

^a En utförligare beskrivning av fluorescens görs under avsnittet om direktvisande punktdetektorer.

Koncentratorer

Koncentreringen kan ske från luft till luft, luft till vätska eller på en yta. Ytan kan till exempel vara en odlingsplatta, ett filter eller ett objektsglas. Under koncentreringen utsätts partiklarna för yttre krafter (t ex acceleration, elektriskt fält, osmos, variation av luftfuktigheten, etc). I många fall är överlevnadsgraden för biologiska aerosoler låg. Om ett prov ska samlas in är det viktigt att så stor andel av mikroorganismerna som möjligt överlever, men när koncentreringen görs före ett instrument beror det på detektionsprincipen om överlevnadsprocenten har betydelse.

Effektiviteten på koncentreringen är ofta storleksberoende. Därför har instrument som utnyttjar ett koncentreringssteg svårt att mäta den verkliga storleksfördelningen av partiklarna i en aerosol. Detta kan också användas för att enbart låta partiklar av ”rätt” storlek att komma in i instrumentet. Avsikten är ofta att minska frekvensen av falska larm. Med rätt storlek menas de partikelstorlekar som anses vara typiska för just biologiska stridsmedel. Små partiklar brukar anses vara ofarliga, då de inte deponeras i luftvägarna, utan följer med utandningsluften. Stora partiklar kommer inte in i lungorna (man hostar upp dem). Många tillverkare optimerar instrumenten därför för partiklar mellan 2 µm och 10 µm. Det kan jämföras med studier som visar att partiklar över 7 µm inte kommer ut till långblåsorna och att partiklar över 20 µm inte når de övre luftvägarna. Depositionen i mun- och näshåla sker för partikelstorlekar mellan 5 µm och 200 µm.⁴

Koncentratorerna kan delas in i olika kategorier med avseende på den teknik som används vid koncentreringen. Impaktorer koncentrerar aerosol på en yta (filter, glas, etc). Virtuella impaktorer kan koncentrera från luft till luft eller luft till vätska. Koncentreringen från luft till luft görs främst för att öka genomströmningen av partiklar genom direktvisande instrument så att en stor provvolym kan mätas per tidsenhet utan att luftflödet genom instrumentet behöver vara stort. När partiklarna rör sig långsammare genom instrumentet hinner de lättare detekteras, vilket ökar instrumentets känslighet. De virtuella impaktorerna bygger ofta på att aerosol, som sugas in med högt flöde, träffar ett annat medium (luft eller vätska) som rör sig långsammare. Partiklar med tillräcklig rörelsemängd tränger in i det långsamma mediet och följer med det. Små partiklar följer med den övriga luften, som får blåsa ut ur impaktorn. Den koncentrationsfaktor som anges för vissa instrument är kvoten mellan insugningsflödet och flödet för det koncentrerade provet.

Förluster av partiklar är ofta storleksberoende, men kan inte helt undvikas. Detta minskar prestandan och kan vara betydande. Det går därför inte att jämföra koncentreringsfaktorerna rakt av. Tillverkarna är ofta mycket försiktiga på denna punkt och lämnar sällan ut dessa uppgifter. Det har därför utelämnats i faktatabeller som redovisas för varje instrument.

Detektion av antal, storlek och form på partiklar

Ljus som träffar en partikel sprids på ett karaktäristiskt sätt, som beror på partikelns storlek och form. Partikelräknare bestämmer ofta storleken på partiklarna genom att mäta intensiteten av det spridda ljuset. Från kalibreringar som gjorts med aerosol av partiklar med känd form (sfärisk) och kända storlekar kan ljusspridningen ge ett mått på partikelstorlek. Om aerosolen som mäts istället består av avlånga fibrer, stavformade bakterier eller diskformade partiklar ger partikelräknaren felaktiga värden på partikelstorleken hos aerosolen. Partikelräknare som bygger på denna metod sägs mäta den optiska storleken på partiklarna.

Ett annat sätt att mäta partiklarnas storlek är att mäta vilken tid det tar för partiklarna att förflytta sig en känd sträcka. Sträckans längd definieras av två ljusstrålar med känt avstånd emellan. Partiklarna accelereras genom ett munstycke, vilket gör att partiklar med olika form och massa lämnar munstycket med olika hastighet. Klockan startar när en partikel passerar den första strålen och stoppar när de passerar den andra ljusstrålen. I detta fall mäts den aerodynamiska partikelstorleken. Partiklarnas storlek fås genom mäta hastigheten hos partiklar med känd form och storlek.

Det kan tyckas att dessa metoder är likvärdiga, då båda kräver kalibrering och endast ger rätt storlek vid de rätta betingelserna (när aerosolen påminner om den aerosol som användes vid kalibreringen). Det finns dock en viktig skillnad. Den optiska storleken ger ett fiktivt värde på storleken som inte ger rätt information om partikelns form avviker mycket från en sfär. Den aerodynamiska storleken beskriver hur partiklarna rör sig genom luft i förhållande till sfäriska partiklar. Den informationen gör det möjligt att bland annat bedöma om partikeln har rätt storlek för att kunna andas in och fastna i lungorna och hur länge partikeln kan hålla sig svävande i luften. Detta är viktig information vid riskanalyser och när riskområden beräknas.

Det finns även instrument som mäter ljusspridningen i olika riktningar från partikeln. Dessa kan ge information om både partiklarnas storlek och form. Formen har betydelse vid klassificering av bakterier. En tidig indikering om vilken slags bakterie som påträffats gör det möjligt att snabbt ställa rätt diagnos och påbörja adekvat behandling av skadade. En aerosolpartikel består dock ofta av många celler eller virus som klumpat ihop sig. Då ger formen ingen extra information. Denna teknik är därför mer användbar för flödescytometrar, där aerosolpartiklarna är lösta i ett lösningsmedel, så att cellerna kan detekteras en och en.

Fluorescens

Fluorescens innebär att molekyler som exponerats för ljus av en viss våglängd kan sända ut ljuset vid en annan, längre våglängd. Ett exempel från vardagslivet är t ex de fluorescerande färger som används i yrkeskläder.

Stark fluorescens kräver i regel att molekylerna innehåller ringformade grupper eller att det finns kolkedjor med omväxlande dubbel/enkelbindningar. Det finns 20 olika aminosyror, som utgör byggstenarna i proteiner. Tre av dem (fenylalanin, tyrosin och tryptofan) fluorescerar om de utsätts för ultraviolett ljus. Tabell 1 visar vid vilka våglängder molekylerna har maximal excitation (absorption) och emission (utstrålning) av ljus. I levande organismer finns det, förutom proteiner, även adenindinukleotider (t ex DNA och NADH) och flaviner (t ex FMN) som fluorescerar. Adenindinukleotider och flaviner exciteras och emitterar vid något längre våglängder än aminosyrorna. Tack vare att mikroorganismer och proteiner innehåller dessa molekyler finns det en möjlighet att med fluorescens särskilja dem från andra material som inte har biologiskt ursprung. Försök med instrument som kan excitera vid två olika våglängder i det ultravioletta området ger färre falska larm, och inger hopp om att klassificering kan vara möjlig.^{5,6}

Tabell 1. Absorptionsmaximum för excitation till singlettillståndet, samt motsvarande emissionsmaximum för vanliga biologiska fluoroforeser.⁷

Namn	λ_{abs} (nm)	λ_{em} (nm)
Tryptofan	280	350
Tyrosin	274	303
Fenylalanin	257	282
NADH	340	460
FMN	450	500-650

Flamspektroskopi

Det finns även instrument som utnyttjar flamspektroskopi. Denna teknik är mycket känslig och används för att studera grundämnessammansättningen för enskilda partiklar. Principen för flamspektroskopi bygger på förbränning av partiklar i en vätegasslamma. I den processen utsänds ljus med karaktäristiska våglängder för de olika grundämnena som finns i partikeln. Genom att mäta förhållanden mellan förekomsten av olika grundämnen (natrium, kalium, kalcium, fosfor mm) kan man med viss säkerhet särskilja biologiska partiklar från andra partiklar. Partikelns storlek kan dessutom fås genom att summera det utsända ljuset.

Biotekniska metoder

Det finns flera instrument och testbrickor ute på marknaden där biologiska molekyler används för detektion av bakterier, virus och toxiner. Dessa är baserade på molekylär igenkänning och biomolekyler som t.ex. DNA, antikroppar och receptorer har används för specifik detektion av biologiska agens. I biosensorer t.ex. är de igenkännande biomolekylerna integrerade med en signalomvandlare som omvandlar den biokemiska reaktionen mellan igenkänningsmolekylen och det ämne som ska detekteras i provet till en elektronisk signal. I de kommersiellt tillgängliga biosensorer som finns idag är det främst antikroppar som används som igenkänningsmolekyler, men under senare år har även antalet DNA-baserade sensorer ökat snabbt. Generellt är DNA-baserade sensorer mer specifika och mer känsliga än antikropps-baserade som däremot är snabbare.⁸

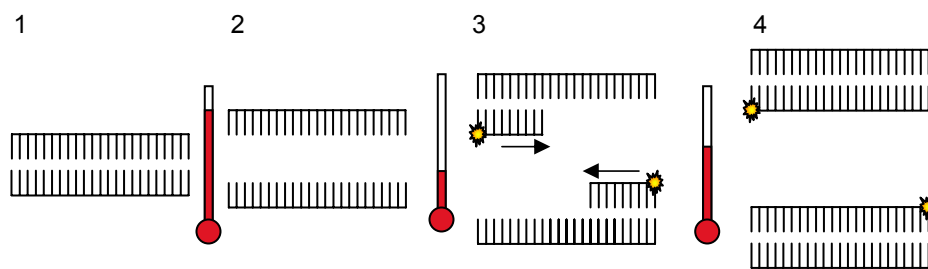
Detektion med hjälp av antikroppar och DNA förutsätter att det finns kunskaper om de agens som ska detekteras. Okända agens kan inte detekteras med dessa molekyler eftersom det inte finns specifika DNA-sekvenser och antikroppar framtagna som kan binda och fånga upp det okända ämnet. Genetisk manipulation kan dessutom försvåra detektionen utav bakterier och toxiner. Till exempel kan bakterier få andra egenskaper vilket gör att de inte längre känns igen av antikropparna.

Trots en intensiv forskning inom detta område finns det relativt få instrument ute på marknaden. En orsak är att de igenkänningsmolekylerna som används, t.ex. antikroppar och DNA inte är tillräckligt stabila utan kan lätt förlora sin aktivitet om de utsätts för extrema förhållanden, t.ex. hög temperatur eller lågt pH och vid lagring. Ett annat problem är specifik inbindning, dvs. en

antikropp kan tex. binda in till flera mikroorganismer beroende på att dessa organismer har likartad struktur. Det pågår därför en intensiv forskning på att ta fram alternativa igenkänningsmolekyler med bättre stabilitet. Exempel på sådana artificiella receptorer är molekyllära avtryck (MIP), aptamerer, genetiskt modifierade och organisk syntetiserade molekyler.

Sensorer baserade på genetisk information

Sensorer där nukleinsyror (DNA och RNA) används som igenkänningsmolekyler för detektion av bakterier och virus baseras på att varje mikroorganism har en egen unik DNA/RNA-signatur. Toxiner kan inte detekteras med den här metoden eftersom de saknar genetiskt material. Genom att kartlägga generna hos de mikroorganismer som är tänkbara att användas vid t ex bioterrorism kan specifika sekvenser tas fram för varje organism och användas som igenkänningsmolekyler vid identifiering. För att skilja på de framtagna sekvenserna kan dessa märkas med olika fluorescerande ämnen vilket gör det möjligt att analysera flera mikroorganismer samtidigt. Innehåller provet den specifika sekvensen binder det till igenkänningsmolekylen och bindningen detekteras genom en för denna molekylen specifik fluorescensförändring. Prover tagna ute i fält kan innehålla för få organismer för att det ska vara detekterbart. För att öka känsligheten på metoden kan de intressanta DNA sekvenserna flerdigigas med Polymerase Chain Reaction (PCR). På några minuter kan upp till en miljard kopior av DNA tillverkas. Eftersom provet amplifieras kan den här metoden bli 1000-10 000 gånger mer känslig och specifik jämfört med antikropps-baserad detektion.



Mångfaldigande av DNA med PCR-teknik.

- 1, Dubbelsträngat DNA.
- 2, Temperaturen höjs och strängar skiljas från varandra.
- 3, Därefter sänks temperaturen och två inmärkte startsekvenser som binder specifikt till DNA-kedjorna tillsätts. Dessutom tillsätts enzymet DNA-polymeras som kopierar strängen.
- 4, Temperaturen höjs något och två dubbelsträngade DNA-molekyler har erhållits genom kopieringen av den ursprungliga DNA-molekylen. Denna process upprepas flera gånger och för varje gång fördubblas antalet dubbelsträngat DNA. Detektion av amplifierat DNA sker genom registrering av de inmärkte molekyler.

Igenkänning med antikroppar

Antikroppar är proteiner som produceras av immunsystemet till skydd mot främmande molekyler och mikroorganismer. De binder in till det främmande ämnet med hög specificitet och hög affinitet. Det är möjligt att tillverka antikroppar mot alla ämnen som kan påverka

immunsystemet. Antikroppar för större molekyler som mikroorganismer kan tas fram genom att immunisera ett djur genom en injektion av avdödade bakterier. Mindre föreningar (t.ex. små toxiner) måste först bindas till ett ämne som påverkar immunsystemet före dess immunisering. De antikroppar som återfinns i serum efter immunisering är polyklonala, d.v.s. de är inte specifika för ett visst bindningsställe utan kan binda till flera olika ämnen och flera bindningsställen. För att öka specificiteten kan monoklonala antikroppar användas, dessa är framtagna från samma cell och binder därmed alla till samma bindningsställe.

En vanlig metod för att öka känsligheten är att använda två olika antikroppar i kombination med fluorescensinmärkning, s.k. sandwichmodell, se bild på sidan 41. Den ena antikroppen kan till exempel sättas fast på ytan av en optisk fiber och fånga upp det ämne som antikroppen är riktad mot ur provet. Därefter tillsätts ytterligare en antikropp som är märkt med en markör t.ex. ett fluorescerande ämne. Denna antikropp binder till komplexet mellan antikropp ett och prov vilket ger en amplifiering av signalen.

Ett mål är att tillverka sensorytor med en uppsättning av olika antikroppar för analys av flera ämnen samtidigt. Idag finns det endast ett fåtal kommersiellt tillgängliga sensorer med vilka det är möjligt att detektera några mikroorganismer eller toxiner samtidigt.⁹

Flödescytometri

Flödescytometri är en metod som används i laboratorier för att snabbt räkna celler eller analysera deras fysiska (storlek, form, fluorescens mm) och biokemiska egenskaper (protein och lipid innehåll mm). Provet är vanligtvis i en vätska och passerar förbi en räknekammare där det detekteras genom ljusspridningen. Beroende på variationer i cellerna eller i deras DNA kan specifika ljusspridningsmönster bildas. I de flesta cytometrar används laser som ljuskälla.

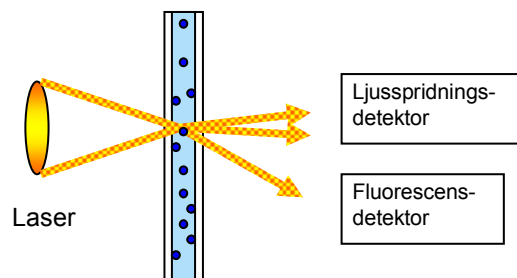


Illustration av hur en flödescytometer fungerar. Bakterierna får passera i ett mycket smalt rör förbi en laserstråle. När laserstrålen träffar en bakterie så sprids ljuset och kan registreras med olika detektorer. Med hjälp av denna teknik kan bakteriernas antal och storlek bestämmas. Specifika typer av bakterier kan identifieras genom att olika infärgningstekniker används.

ATP och bioluminisens

En vanlig metod för att detektera förekomst av mikroorganismer i vatten och mat är att använda ATP (adenosine triphosphate) i kombination med luminiscens. ATP är en energimolekyl som finns i alla levande celler och med den här metoden är det möjligt att särskilja bakteriellt ATP från icke bakteriellt ATP. Koncentrationen av bakteriellt ATP kan relateras till antalet bakterier och ge en indikation på renheten.

Integrerade system

Flera länder och kommersiella företag har utvecklat integrerade system för indikering av biologiska stridsmedel. Dessa innehåller oftast en eller flera instrument ur de kategorier som beskrivits. Ett skäl till att integrera flera detektorer är att minska andelen falska larm. Ett annat är att minska tiden mellan provtagning och analys.

Det direktvisande instrumentet larmar när aerosolkoncentrationen, fluorescensen eller något annat förändras från det normala. Därefter startar en automatisk provinsamling. Provet kan i det läget antingen skickas till en analysenhet eller analyseras på plats. Att skicka proverna är både komplicerat och tidskrävande. Provet måste antas innehålla en koncentrerad mängd biologiska stridsmedel och luften utanför övertrycksskyddade faciliteter måste antas innehålla biologiska stridsmedel. Provet ska trots det på ett säkert sätt tas ut ur indikeringsenheten och flyttas manuellt till en analysenhet. Det är därför att föredra att kunna göra en första analys direkt på plats. De frågor som är viktigast att få svar på är:

- Innehåller provet sporer eller levande bakterier?
- Är det något av de vanligaste (troligaste) biologiska stridsmedlen?

Om rätt medicinsk behandling ska kunna inledas i ett tidigt skede är det även viktigt att veta vilken form bakterierna har och om de är gramnegativa eller grampositiva.

Flera av systemen som beskrivs i detta stycke innehåller ett direktvisande instrument, en flödescytometer och ett antikroppsbaseerat identifieringssteg. Dessa tekniker kan ge svar på frågorna ovan. Flödescytometri kan även ge svar på bakteriernas gramtillhörighet. Färgen kan ses med ögat om provet är tillräckligt koncentrerat, annars krävs mikroskop för både färg och form. ASPECT/ASAS och FL-ASAS mäter partiklarnas storlek och form, så dessa data skulle också vara användbara vid bestämning av bakteriernas form.

Det går inte att helt undvika att få falska larm, vilket kan minska tilltron till hela systemet om de är frekventa. Ett pålitligt direktvisande instrument är därför av stor betydelse. Det är viktigt att så snabbt som möjligt göra analyser som kan bekräfta eller dementera larmet, och de måste vara så tillförlitliga att man inte ska behöva vänta på att analyser ska göras vid ett analyslaboratorium. Idag kan allt detta göras inom en halvtimme.

De flesta system som presenteras i denna rapport är i första hand tänkta att användas i militära organisationer. Därmed inte sagt att de inte har använts civilt. CIBADS och 4WARN har till exempel använts civilt vid flera tillfällen. NBCerberus är ett system som också vänder sig till den civila marknaden. Flera av systemen är specialbeställda för ett lands räkning. Det finns dock företag som under de senaste tio åren specialiserat sig på denna typ av integrering. Av dessa kan nämnas Lockheed Martin (BAWS/CBREWS), Smiths Detection (PBDS, IBDS och NBCerberus) och General Dynamics Canada (CIBADS och 4WARN). Vi har valt att beskriva dessa system

och några till för att ge en överblick över vad som finns, hur man har valt att bygga systemen och i vissa fall hur de är tänkta att användas ur taktisk synvinkel.

På den civila sidan har Northrop Grumman och Smiths Detection utvecklat ett BioHazard Detection System åt det amerikanska postverket, US Postal Service. De ingående delarna i systemet har utvecklats av flera företag. Northrop Grumman utvecklade ett automatiskt system för att provta aerosol från posten. Detektorn har utvecklats av Lawrence Livermore National Laboratory och Cepheid Inc, och bygger på realtids-PCR. Provinsamlingen har hämtats från den kommersiella partikelkoncentratorn Spincon, som beskrivs längre fram i rapporten. Systemet är uppkopplat till postverkets intranät och sänder data till en lokal kontrollenhet, som skickar informationen vidare till postverkets högkvarter, polis och räddningstjänst. Detta system skiljer sig åt från de militära systemen. Det saknar varningssystem. Istället görs automatiskt regelbundna analyser. Förutom varningssystemet finns en filteranläggning monterad över sorteringsmaskinen för att minska spridningen av sporer i lokalen. Provinsamlingen tar en timme och PCR-analysen tar 30 minuter. Om man får ett positivt svar för antrax görs ytterligare en PCR-analys. Om dessa analyser ger positiva resultat ljuder brandlarmet och arbetarna evakuerar byggnaden. PCR-kassetterna skickas därefter till ett lokalt analyslaboratorium, där ytterligare en PCR-analys görs. Resultaten ska kunna presenteras inom 8 timmar. Hälsomyndigheten rekommenderar att alla anställda som vistats i byggnaden de närmaste en och en halv timmarna före larmet ska erbjudas antibiotika i fem dagar. Systemet började testas den 14 juli i år (2003).

Den 7 november rapporterade Steve Vogel och Thomas E. Ricks i Washington Post att 10 postkontor, samt en byggnad som behandlar regeringens post, stängts i USA till följd av att en sensor vid Anacosta Navy Base Mail Center givit larm för antraxsporer. Två dagar tidigare hade marinens BDS givit larm för antrax. Analyser vid Fort Detrick bekräftade att provet innehöll antrax. Beslutet att stänga postkontoren gjordes några timmar efter att resultatet från laboratorieanalysen rapporterats till USPS. Kommendörkapten Conrad Chun, marinens talesman, ville inte bekräfta att det verkligen rörde sig om antrax.

"We don't know what we got here." ... "a definite finding will not be available for several days." Var hans kommentarer.

Rekommendationen från CDC (the federal Centers for Disease Control) var dock att låta de fem arbetarna vid postsorteringsmaskinen påbörja en antibiotikabehandling. Lokala och federala tjänstemän tonade ner händelsen genom att hävda att falska larm är vanliga och en poliskälla hävdade att den andra analysen, vid Fort Detrick, gjordes av ett kontrakterat laboratorium och inte av vetenskapsmän inom försvaret. Det senare skulle signifikant öka möjligheten att även den andra analysen var falskt positiv.



Bild på detektionssystemet BDS. Luft sugts från huven, högt upp i mitten av bilden, genom en slang till detektorn som står på golvet. Provinsamlingen tar en timme och PCR-analysen tar 30 minuter. Vid ett larm görs en ny, noggrannare analys, som tar ytterligare en halvtimme.

Den 8 november rapporterade Manny Fernandez och Spencer S. Hsu i Washington Post att postkontoren hade öppnats igen sedan antraxlarmet visat sig vara falskt. Prover tagna från luft och på ytor i byggnaden i Anacostia visade inga tecken på antrax. Ytterligare analyser gjordes av Naval Medical Research Center i Silver Spring. Resultaten från dessa tester är inte kända. Postkontoren var endast stängda en dag, vilket försenade postutdelningen till 251 000 hushåll och företag, samt för den amerikanska regeringen. Larmet satte dock igång de handlingsplaner som upprättats av CDC för att förmedla antibiotika från andra delstater till Washington. Hälsomyndigheten i Maryland hävdade att medicinering för 1 500 till 5 000 personer fanns tillgängliga. Tjänstemän planerade att erbjuda medicinering för upp emot 75 anställda vid varje postkontor som stängdes, samt för kunder som besökt postkontoren. Sjukhus och hälsovårdsmyndigheter följde utvecklingen.

Det finns ytterligare ett amerikanskt varningssystem, BioWatch, vars uppgift är att analysera luften för biologiska stridsmedel i 31 storstäder i USA. Systemet innebär att filter installeras i redan existerande luftprovtagningsstationer som kontrolleras av EPA (Environmental Protection Agency). Filtren ska bytas varje dag och analyseras med PCR på laboratorium. Varje stad kommer att ha 10 till 12 luftprovtagningsstationer. Tjänstemän med insyn i BioWatch-programmet erkänner att det finns oklarheter om vad som ska göras om ett prov testar positivt. Chefen för laboriet för folkhälsa (Public Health Laboratory) vid en av de berörda städerna säger att riskerna för falska positiva är ett stort problem. Han skulle vilja ha möjlighet att odla organismerna för att kunna göra ytterligare analyser. Det förhindras dock av provtagningsmetoden, som innebär att organismerna sugts in med hög hastighet och impakteras på filter. Sporbildande bakterier skulle troligen överleva, men många andra bakterier skulle inte det enligt honom.¹⁰ Systemets syfte är att möjliggöra evakuering och medicering av människor innan någon hunnit insjukna. Det kommer dock inte kunna förhindra att människor blir exponerade initialt. I de fall sjukdomen smittar mellan människor, som för smittkoppor, kan systemet bidra till att minska smittspridningen om rätt åtgärder görs i ett tidigt skede. John Mintz skriver i Washington

Post, den 15 november 2003, att BioWatch-programmet startade vid de Olympiska spelen i Salt Lake City och New York 2002. I början av 2003, på grund av en ökad hotbild efter Irak-kriget, utvidgades programmet med stöd från amerikanska myndigheter (Homeland Security, EPA och CDC). I oktober inträffade "ett onödigt larm" när tularemi (harpest) påträffades vid en provtagning. Man kände till att tularemi förekommer naturligt i Texas, men visste inte att den kunde upptäckas genom provtagning av luften.

Listning av instrument

Avståndsindikeringsinstrument

SR-BSDS

Short Range Biological Standoff Detection System (SR-BSDS) är ett lidarsystem med dubbla våglängder för att detektera och särskilja moln innehållande biologiskt material (B-moln) på avstånd av flera kilometer.^{11,12} Systemet detekterar och följer biologiska aerosoler med infraröd (IR) lidar och särskiljer vanliga moln från B-moln med ultraviolett (UV) lidar. IR-lasern används även för att kartlägga hårda objekt för att förhindra UV-lasern att pulsa i riktningar som kan ge ögonskador.

Andra generationens SR-BSDS, X-BSDS, är under utveckling. Den nya designen gör systemet billigare, mindre och lättare.¹¹

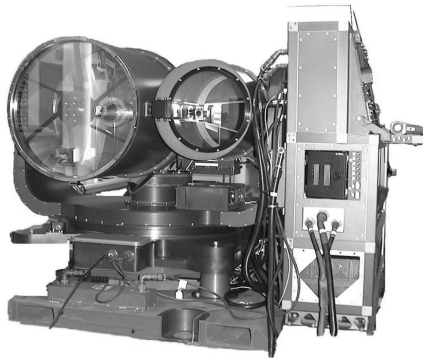


Namn	Short Range Biological Standoff Detection System (SR-BSDS)
Tillverkare	Fibertek Inc
Detektionsprincip	IR/UV LIDAR
Detektionsgräns	10 km (IR), 5 km (UV)
Vikt	500 kg
Effekt	3 kW
Storlek	127 cm × 135 cm × 142 cm (ca 2.5 m ³)
Hemsida	www.fibertek.com

LR-BSDS NDI

Long Range Biological Standoff Detection System non-developmental item, LR-BSDS NDI, utnyttjar en IR-LIDAR för att detektera, ange avstånd till och följa partikulära moln. Moln av partiklar (aerosoler) är en indikation på en attack med biologiska stridsmedel. LR-BSDS kan inte särskilja moln som innehåller biologiska partiklar från moln som inte innehåller biologiska partiklar. Systemet finns monterat på helikoptern UH 60 Blackhawk. LR-BSDS kan detektera moln på upp till 30 kilometers avstånd, men är inte ”ögonsäker” inom ett avstånd på 2,5 km. Systemet väger 560 kg och tar upp en volym av 2,3 m³.

Ur taktisk synvinkel är LR-BSDS NDI tänkt att flygas så nära frontlinjen, för de egna styrkorna, som möjligt. På grund av det låga antalet av dessa system är det inte tänkt att LR-BSDS ska användas för att upptäcka utsläpp som uppkommer över områden som den egna armén redan förfogar över. Där tar BIDS över.^{13,14}



Namn	Long Range Biological Standoff Detection System (LR-BSDS)
Typ av instrument	Avståndsdetektor
Detektionsprincip	IR LIDAR
Detektionsgräns	30 km
Vikt	560 kg
Storlek	2,3 m ³

WindTracer

WindTracer har utvecklats av CLR Photonics med stöd av Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) och amerikanska armén. Den kan detektera och spåra aerosolmoln samtidigt som den lokala vindhastigheten mäts (riktning och fart). WindTracer detekterar aerosolmoln på avstånd upp till 14 km horisontellt och 10 km vertikalt. Fältförsök gjorda i september 2000 i Dugway har visat att WindTracer detekterar aerosoler som simulerar biologiska stridsmedel. Känsligheten uppges vara i storleksordningen tiotals till hundratals ACPLA, men instrumentet kan enbart se att det finns ett moln, inte om det är ett biologiskt moln. Instrumentet kan monteras i helikopter, flygplan, båt, hjulfordon och fasta installationer. Försöksavdelningen i Dugway använder WindTracer som referenssystem.



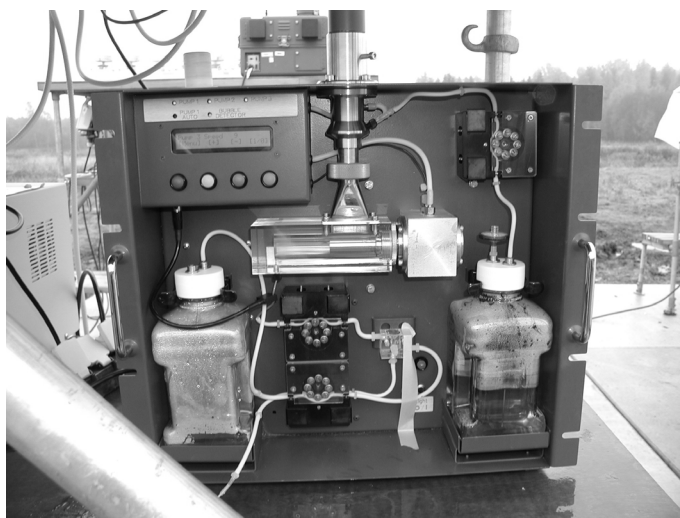
Namn	WindTracer
Tillverkare	CLR Photonics
Typ av instrument	Avståndsdetektor
Detektionsprincip	IR LIDAR
Detektionsgräns	15 km (longitud), 6 km altitud
Vikt	129 kg
Storlek	1 m ³
Hemsida	www.ctilidar.com

Koncentratorer

Biotrace Intelligent Cyclone Air Sampler

Biotrace har kommersialiserat en aerosolprovtagare som utvecklats av Dstl, Porton Down med en koncentrationsfaktor på en miljon. Den första versionen heter Mk3 Cyclone Air Sampler och tekniska data har tagits från den.

Luftflödet kan varieras mellan 500 liter och 750 liter per minut. Luft sugas in genom ett insugsrör och träffar en våt yta (wetted-wall cyclone). Där fastnar mer än hälften av partiklarna. Ytan sköljs, vilket gör att partiklarna följer med vätskeflödet. Biotrace Mk3 utgör en del av Biotrace Biological Detection System (BBDS) som beskrivs i kapitlet punktdetektorer. Mk3 drivs med 240 V växelström, väger 25 kg och har måtten 48,5 cm × 46,5 cm × 36,0 cm.¹⁵ FOI NBC-skydd har detta instrument och har använt det vid fältförsök i Kanada, England och senast i Sverige.^{16,17}



Instrument	Biotrace Intelligent Cyclone Air Sampler
Tillverkare	Biotrace
Teknik	Wetted wall cyclone
Luftflöde	500 - 750 liter per min
Vätskeflöde	50 - 1400 µl per min
Koncentreringsfaktor	~ 10 ⁶
Storlek	48,5 cm × 46,5 cm × 36 cm
Vikt	25 kg
Strömförsörjning	240V AC, 50 Hz, 10 A
Hemsida	www.biotrace.com

Biotrace Slitsamplers

Slitsamplers suger in luft genom en smal spalt ("slit") och partiklarna impakteras direkt på en roterande odlingsplatta. Efter inkubation i värmeskåp räknas kolonierna i sektorer, vilket ger tidsupplöst information om halten odlingsbara partiklar i luften. Slitsamplers används bla som referensinstrument vid fältförsök när olika B-indikeringsinstrument testas. Nackdelen med detta system är att bakterierna måste odlas före räkning. Detta tar i storleksordningen 18-24 timmar.



Instrument	Biotrace slitsampler
Tillverkare	Biotrace
Teknik	Luft till agar-provtagare (impaktor med roterande agaryta)
Luftflöde	Ca 28 liter per min
Agarplattor	15 cm diameter agarplattor med lämpligt odlingsmedium
Strömförsörjning	240V AC, 50 Hz
Hemsida	www.biotrace.com

XXM Virtual Impactor

Dycor's XXM är en aerosolkoncentrator/vätskeprovsamlare. Partiklar i storleksordningen ~1-50 µm kan koncentreras. XXM kan samla in luft och koncentrera luftflödet för att låta något annat instrument bestämma partikelstorleken. Den kan även användas för att koncentrera partiklarna i en vätska, med Liquid Impingement Module (LIM). XXM har testats vid fältförsök av USA:s, Kanadas och Storbritanniens arméförband. Försök har även gjorts av FOI NBC-skydd under hösten 2003. Resultaten redovisas i en kommande FOI-rapport^a.

Vid drift med 220 V växelström är luftflödet 850 L/min (650 L/min vid 24 V likström). I nästa steg är luftflödet 12 L/min, vilket ger en teoretisk koncentreringsfaktor på ca 70 (55). XXM utgör koncentreringssteg i FLAPS och BARTS.



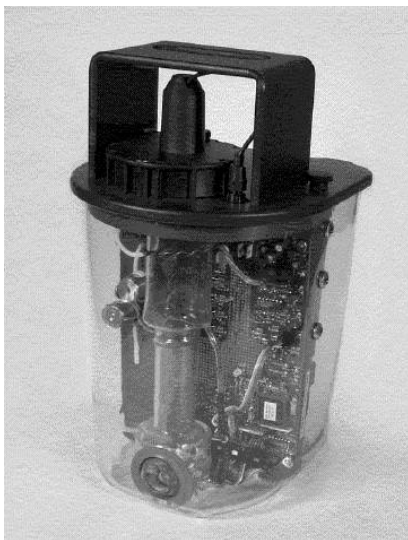
Till vänster XXM/2A som koncentrator till en UV-APS. Till höger En militär version av XXM med LIM.

Instrument	XXM Virtual Impactor	
Tillverkare	Dycor	
Teknik	Virtuell impaktor, luft till luft	Cyklon med liquid impigment module (LIM)
Luftflöde	850 L/min, AC, eller 650 L/min, DC	
Koncentrering till luft	70 ggr AC, 55 ggr DC	
Storlek	46 cm × 46 cm × 22 cm, 58 cm × 46 cm × 22 cm (LIM)	
Vikt	17 kg, 25 kg med LIM	
Strömförsörjning	110V eller 220V AC, 50/60 Hz, 24 V DC	
Effekt	750 W	
Hemsida	www.dycor.com	

^a Johansson, C. och T. Berglund. Utvärdering av XXM-2A aerosolkoncentrator. FOI-rapport, 2004.

SASS 2000 Plus™

SASS 2000 Plus™ har utvecklats av Research International och används som koncentrator till RAPTOR™. SASS 2000 koncentrerar partiklar mellan 2 och 10 µm med hög effektivitet till en vätska. Partiklar mellan 0,5 och 1 µm koncentreras endast hälften så effektivt. Genom att recirkulera vätskan (där partiklarna fastnar) fås en koncentreringsfaktor på 50 000 trots att luftflödet genom koncentratorn endast är på 260 liter per minut. Det låga luftflödet gör att SASS kräver låg effekt (8,4 W), kan köras på 12 V uppladdningsbara batterier och väger 3,7 kg (inklusive batterier). Måtten är på 18,4 cm × 21,3 cm × 34,3 cm.

Instrument	SASS 2000 Plus™	
Tillverkare	Research International	
Teknik	Virtuell impaktor, luft till vätska (som recirkuleras)	
Koncentreringsfaktor	50 000	
Luftflöde	260 liter/min	
Ljudvolym	58 dB (A)	
Effekt	8,4 W vid 0,7 A/8,4 V	
Storlek	3,7 kg 18,4cm × 21,3cm × 34,3cm	
Övrigt	En peristaltisk pump pumpar vätskan vidare. SASS 2000 är ett koncentreringssteg/provinsamlare till RAPTOR.	
Hemsida	www.resrchintl.com	

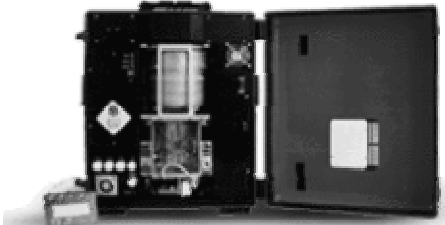
SASS 3000™

SASS 3000™ har utvecklats av Research International och impakterar aerosol på ett mikrofiberfilter, som är elektrostatiskt. Detta filter sägs vara 50 gånger effektivare på att adsorbera partiklar än glas eller konventionell filter i cellulosa. På filtret sitter även ett datachip som kan lagra datum, temperatur, luftfuktighet och position (instrumentet har en inbyggd GPS). Instrumentet kan även fjärrstyras via RS232 eller via satellit (tillval, då krävs ett kort som möjliggör satellitkommunikation samt antenn). SASS 3000 är vattentätt, vilket gör det möjligt att sanera det med 1 till 5 % klorkalk.

Instrument	SASS 3000™	
Tillverkare	Research International	
Teknik	Impaktion på mikrofilter	
Koncentreringsgrad	0.5 µm dia: 50% 1.0 µm dia: 75% 2.0 µm >dia: 90%	
Luftflöde	300 liter/min	
Ljudvolym	60 dB (A)	
Storlek	1,9 kg, 18 cm × 19 cm × 12 cm	
Strömkälla	Inbyggda uppladdningsbara batterier. 100 V - 240 V AC/50 Hz - 60 Hz	
Temperaturintervall	- 40°C till 70°C (användning/lagring)	
Hemsida	www.resrchintl.com	

SpinCon® Based Air Sampler

SpinCon® kan samla in bioaerosoler, partikulärt material och löslig gas. Spincon samlar in 450 liter luft per minut och koncentrerar partiklarna till vätska. Användaren kan välja att koncentrera aerosolen till ett prov på 10 ml eller till ett kontinuerligt vätskeflöde. Provet kan samlas in under fem minuter till sex timmar, vilket ger en teoretisk koncentreringsfaktor från 225 000 till 16 miljoner. Detta instrument används i det amerikanska postverkets varningssystem, BioHazard Detection System (BDS).

Instrument	SpinCon® Based Air Sampler	
Tillverkare	Sceptor Industries Inc	
Teknik	Virtuell impaktion till vätska	
Samplingstid	5 min till 6 timmar	
Luftflöde	450 l/min	
Provvolum	10 ml/kontinuerlig	
Partiklar som koncentreras	Partiklar > 0,2 µm	
Storlek	46 cm × 38 cm × 20cm	
Vikt	21 kg	
Strömkälla	120 V AC eller 12 V/24 V DC	
Temperaturintervall	2°C till 50°C	
Hemsida	www.sceptorindustries.com	

BioCapture™ BT-550

BioCapture™ BT-550 från MesoSystems är ett handburet instrument för detektion av biologiska agens i aerosolform. Partiklar som är större än $0,5\ \mu\text{m}$ koncentreras till en liten volym vätska, som analyseras med BTA™ Test Strips. Den analysen tar ytterligare cirka 30 minuter och är helt automatisk. Instrumentet väger ca 4,5 kg. Vid provtagning öppnar man en lucka i instrumentet och trycker fast en kassett innehållande tre lufttäta behållare. En av behållarna innehåller en tvättlösning. Den andra behållaren innehåller provlösningen som partiklarna ska koncentreras till. Den tredje behållaren är tom från början, men kommer att innehålla provet efter provtagningen. Luft sugas in genom att flänsar, monterade på en skiva med hål i mitten, roterar med hög hastighet. Partiklarna impakteras på flänsarna, som sköljs med en vätska. Partiklarna följer med vätskan genom hålet till provbehållaren.

MesoSystems utvecklar en ny modell som enligt uppgift kommer att börja säljas under 2004. Den har bättre specifikationer gällande luftflöde och provvolym, vilket ger högre koncentration. Den nya modellen är mer fälmässigt anpassad (tål stötar, fukt, mm) än den förra.

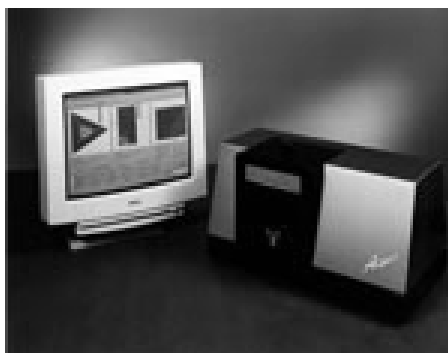


Namn	BioCapture™ BT-550
Tillverkare	MesoSystems
Teknik	Impaktion på roterande armar. Vätska som sköljer av partiklar som fastnar på armarna.
Partiklar som koncentreras	$0,5\ \mu\text{m}$ till $10\ \mu\text{m}$
Luftflöde	150 l/min
Provvolym	10 ml
Tid för provtagning	< 10 minuter
Storlek	30,5 cm × 13 cm × 15 cm
Vikt	4,5 kg
Strömkälla	Batteri 12 V
Hemsida	www.mesosystems.com

Varningsinstrument (realtidsinstrument)

BIRAL ASAS/Aspect

Den militära beteckningen av instrumentet är BIRAL Aerosol Size and Shape Analyzer (ASAS), och utgör varningssystemet i PBDS och IBDS (beskrivs i kapitlet Integrerade system). Den analyserar storlek, form och antal partiklar mellan 0,5 µm och 20 µm. I realtid kan upp till 10 000 partiklar per sekund analyseras med avseende på storlek och form. Den kan operera mellan 5°C och 40°C och väger 20 kg. Partiklarnas form mäts med tre fotomultiplikatorer och karaktäriseras av en asymmetrifaktor, som kan ha värden mellan 0 (sfär) och 100 (fiber). Storleken mäts av en fjärde fotomultiplikator, genom att mäta hur lång tid det tar för partiklarna att passera en laserstråle.¹⁸



Namn	Aspect/ASAS	
Tillverkare	Biral	
Mätprincip	Aerosolkoncentration Aerodynamisk storlek Partikelform	Max 10 000 st per sek 0,5 µm till 20 µm Assymetrifaktor
Analys	Koncentration vs storlek Koncentration vs assymetri Koncentration vs tid Konturplot av koncentration vs storlek och assymetri.	Populationens assymetri i en triangulär plot.
Instrumentets storlek	20 kg	
Hemsida	www.biral.com/particle/aspect.htm	

En ny version som mäter storlek, antal, form och fluorescens på partiklar i aerosol är under utveckling (har testats vid fältförsök i England 2001 och i Sverige 2003). Ljuskällan är en kontinuerlig laser med våglängden 266 nm. Fluorescensen mäts genom att reflektera ljus mellan 30° och 140° mot en fotomultiplikator, sedan ljus under 295 nm filtrerats bort. Framåtspritt ljus mellan 4° och 30° avbildas på en cirkulärt segmenterad kisel-detektor uppdelad i 31 segment för att mäta formen. Detektorn är uppdelad i tre ringar, som i sin tur är uppdelade i flera segment. Den innersta ringen mäter kontinuerligt och används som trigger för de övriga kanalerna. Publicerade data visar att tekniken har potential att kunna användas vid klassificering av partiklar.¹⁹ Detta instrument går under beteckningen FL-ASAS och finns inte för försäljning ännu.

TSI Model 3321 APS

Aerodynamic Particle Sizer® (APS) tillverkas av TSI och mäter luftburna partiklars aerodynamiska diameter med en time-of-flight-teknik. Instrumentet bestämmer storleken av partiklar med diameter mellan 0,5 och 20 µm.



En aerosol accelereras genom ett munstycke och passerar två laserstrålar med ett känt avstånd mellan dem. Partiklarna reflekterar laserljuset mot en detektor. Varje partikel ger upphov till två reflektioner med en viss tid emellan dem. Tidsskillnader mellan partiklarna beror på olika aerodynamisk storlek. Om två partiklar passerar laserstrålarna nästan samtidigt fås mer än två reflektioner. Detta detekteras som en särskild händelse, men ingår inte i statistiken för partikelstorlek och koncentrationsbestämningen. Instrumentet mäter även intensiteten för ljusreflektionerna. Den informationen kan också användas för storleksbestämning, men presenteras av detta instrument separat.

Namn	TSI Model 3321 APS	
Tillverkare	TSI	
Mätprincip	Optisk storlek Aerodynamisk storlek	0,37 µm till 20 µm 0,5 µm till 20 µm
Mätområde	0,001 st/ml till 10 000 st/ml	200 000 cps
Luftflöden	Aerosol Skyddsflöde Totalt	1,0 liter per min 4,0 liter per min 5,0 liter per min
Analys	Konc vs aerodynamisk diameter. Konc vs optisk diameter.	Konc vs aerodynamisk o optisk diameter
Driftförhållande	10°C till 40°C vid drift, 10% till 90% RH	
Storlek	38 cm × 30 cm × 18 cm, 10 kg	
Strömförsörjning	85 V till 260 V AC (50/60 Hz), 24 V DC	
Datakommunikation	RS 232	
Hemsida	www.tsi.com/particle/homepage/particlehome.htm	

TSI Model 3314 UV-APS

Ultraviolet Aerodynamic Particle Sizer® (UV-APS) tillverkas av TSI. Den mäter partiklars aerodynamiska diameter på samma sätt som APS, men ger även information om partiklarna fluorescerar eller inte. Instrumentet bestämmer storleken av partiklar med diameter mellan 0,5 och 15 µm.



UV-lasern exciterar partiklarna vid 355 nm beroende på modell och fluorescensen detekteras mellan 400 nm och 580 nm. Under dessa betingelser kan man detektera NADH och riboflavin, som är ämnen som finns i celler. Luftflödet genom instrumentet är 1 liter per minut. Tiden mellan varje mätning kan varieras mellan 1 sekund och 18 timmar. UV-lasern har en dödtid (återhämtningstid) på 200 µs, vilket bestämmer den övre detektionsgränsen till 60 000 partiklar per liter luft, men redan vid ca 30 000 partiklar per liter minskar fluorescensandelen per partikel.²⁰ Detta tyder på problem att träffa partiklarna med UV-strålen vid exakt rätt tidpunkt eller att detektionen av fluorescensen inte görs optimalt. Om andelen fluorescens per partikel jämförs mellan olika slags organismer är det därför viktigt att jämförelserna görs vid samma koncentrationer, eller vid låga koncentrationer där dessa problem inte fås. Andelen fluorescens per partikel beror på hur mycket partikeln fluorescerar (som i sin tur beror på storleken på partikeln och vilken bakterie som studeras) och på bakteriens fysiska kondition. Om den är död, svälter eller av andra orsaker inte har tillräckligt hög ämnesomsättning kan mängden NADH vara för låg för att bakterien ska kunna detekteras. Även om man vid kontrollerade försök kunnat visa att andelen fluorescens emitterad per partikel är beroende av vilken slags bakterie som studeras²¹, går det inte att klassificera mikroorganismer med detta instrument. Det ger dock betydligt högre specificitet än en vanlig partikelräknare och en van användare kan även utnyttja utseendet på aerosolpartiklarnas storleksfördelning för att avgöra om aerosolen som mäts är naturlig eller ej.

FLAPS

Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer (FLAPS) var det första instrument som kunde bestämma storleken av aerosoler och samtidigt, genom att mäta fluorescens, avgöra om partiklarna innehåller levande organismer. Detta gör det möjligt att i realtid särskilja levande organismer från andra partiklar. FLAPS systemen är ursprungligen utvecklade på DRDC Kanada och byggs av Dycor med komponenter från TSI

Den första versionen, FLAPS1, använde en HeCd laser. Den används fortfarande som referensplattform vid DRDC Suffields (Defence R&D Canada – Suffield) fältförsök. Den används även vid utveckling av nya ljuskällor. FLAPS1 var det första instrument som kunde detektera 10 ACPLA i luft med normal bakgrund och ge automatisk varning inom 15 sekunder. Idag används FLAPS2, som baseras på en TSI Model 3314 UV-APS, har detektionsgränsen på mellan 4 och 7 ACPLA beroende på typ av bakterie.⁵ Den har en diodpumpad Nd:YLF-laser, vars ljusfrekvens tripplats så att den ger ljus med våglängden 355 nm. FLAPS2 utgör varningssystemet i BIDS och CIBADS, som beskrivs i kapitlet Integrerade system.

FLAPS3, som använder en ljuskälla med hög verkningsgrad^a och förbättrad optik, är under utveckling. Den har enligt förstahandsuppgifter²² fungerat bra vid ett fältförsök vid DSTL i England 2001. Den användes även under hösten 2001 i Washington, där postkontoret i Brentwood antogs vara kontaminerat av antrax. Det visade sig då att den nya designen gör att FLAPS3 är lätt att sätta upp och använda under svåra yttre omständigheter. FLAPS 2 och 3 har även testats i Sverige under tre veckor 2003. Resultaten av mätningarna som gjordes av naturlig bakgrunds aerosol utanför FOI NBC-skydd och ett fältförsök som utspelade sig på SkyddsCentrums övningsfält kommer att rapporteras i kommande rapporter. Under bakgrunds-mätningarna användes FLAPS3 dygnet runt i en vecka utan minsta problem. I tabellen nedan presenteras de specifikationer som gäller den kommersiella version av FLAPS3 som snart finns att köpa.

Målet med den nya versionen har varit att minska instrumentets storlek och pris. Därför har man övergått från att tidigare ha mätt den aerodynamiska storleken till att i den kommande versionen mäta den optiska storleken. En annan förändring ligger i ljuskällan. Tidigare versioner av FLAPS har haft lasrar med våglängder mellan 340 nm och 360 nm. Lasern i FLAPS2 är både dyr och känslig för påverkan från omgivningen. Det behövs till exempel ett kylsystem för optimal drift, samt en upphängning av optiken för att förhindra att stötar påverkar upplinjeringen. I FLAPS3 är ljuskällan en laserdiod på 405 nm.

Under utvecklingen har DRDC gjort en noggrann undersökning av hur bytet av laser påverkar prestandan. Jämförelsen har gjorts genom att bygga in en laser diod på 402 nm i en FLAPS1. Med en spegel gick det sedan att välja mellan ljus från HeCd-lasern och laserdioden. Det kombinerade systemet har jämförts med en FLAPS2. Resultaten visar att fluorescenssignalen som uppmätts med FLAPS2 var starkare än för FLAPS1. Fluorescenssignalen varierade inte märkbart vid omkoppling mellan de båda ljuskällorna i FLAPS1. Detektionsgränserna för FLAPS1 med HeCd-lasern respektive med laserdioden var jämförbara. Den samlade bedömningen är att diodlasern fick godkänt vid jämförelsen, och att de övriga fördelarna (storlek, vikt, pris, mm) ger en övervikt för diodlasern.²³

De första modellerna hade optimerats för att excitera NADH. Version 3 är inte optimerad för att excitera NADH. Detektionsgränsen verkar dock inte påverkas så mycket, vilket pekar på att det

^a En hög andel av den förbrukade effekten avges som ljus

är andra molekyler som exciteras. Flavin mononukleotider (FMN) är en grupp molekyler som absorberar ganska bra vid 400 nm, men de absorberar bättre vid lägre våglängder.⁷

Namn	FLAPS3	
Tillverkare	Dycor (tillsammans med TSI och DRDC)	
Mätprincip	Optisk storlek, fluorescens	
Känslighet	17 ACPLA för <i>Bacillus Subtilis</i>	
Laser	Diod på 405 nm	
Effekt	225 W	
Strömförsörjning	24V DC, 100-240 V AC	
Detektorer	Optisk storlek mellan 0,5 µm till 15 µm Detekterar fluorescens i två fönster: 430-500 nm, 500-600 nm	
Analys	Konc vs aerodynamisk diameter. Konc vs optisk diameter.	Konc vs aerodynamisk o optisk diameter
Storlek instrument luftintag Transformator	35,5 cm × 58,5 cm × 38 cm, 28,6 kg 25,4 cm hög × 20,3 cm diameter 30,5 cm × 20,5 cm × 12,5 cm, 5 kg	
Datakommunikation	RS232, 38400 baud Tillval: radiomodem, 902-928 MHz, 1 Watt	
Hemsida	www.dycor.com www.dres.dnd.ca/ResearchTech/Products/CB_PRODUCTS/ index_e.html	

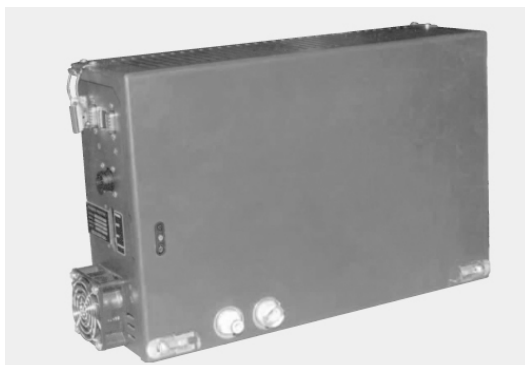


BARTS

BARTS (Biological Agent Real Time Sensor) är utvecklad för att ge samma prestanda som FLAPS2 till lägre kostnad, storlek, vikt och effekt. BARTS kan användas som en fristående detektor eller del av ett integrerat detektionssystem (4WARN).²⁴ BARTS har en laser med våglängden 355 nm, som ger ljuspulser på 500 ps med frekvensen 10 kHz, med en medeleffekt av 5-10 mW. Detektionen görs av en PSI optisk cell designad för två fotomultiplikatorer (en för ljusspridning och en för fluorescens). Detta gör det möjligt att mäta form och optisk storlek på partiklarna. Mjukvaran tolkar och visar uppmätta data. En MesoSystem Micro Vic koncentrerar aerosolen och ger ett luftflöde genom instrumentet på 28 liter per minut.

Lasern som används i BARTS, Nanolase, bedömdes av företaget vara den bästa kompromissen mellan pris och prestanda. BARTS räknar partiklar tillförlitligt, men bestämningarna av partiklarnas storlek är osäkra pga att tvärsnittet av laserljusets intensitet inte är homogent.

Vid fältförsöken vid DRES i juni 2001 koncentrerades aerosolen med en XMX (beskrivs i avsnittet Koncentratorer) för att öka känsligheten. Åtta utsläpp av tio kunde detekteras av BARTS i realtid. De andra två detekterades inte heller med FLAPS (som användes som referenssystem).



Namn	BARTS
Tillverkare	Computing Devices Canada
Mätprincip	Aerosolkoncentration Optisk storlek
Analys	Koncentration vs storlek
Laser	355 nm Pulsad, 500 ps, 10 kHz, 5-10 mW
Koncentrering	Micro Vic
Instrumentets storlek	20 kg
Hemsida	www.computingdevices.com/land/4warn/

MAB

Biological Alarm Monitor (MAB) varnar om partiklar i luften innehåller grundämnen som är vanliga i biologiska organismer. Detektorn mäter grundämnessammansättningen av enskilda partiklar med flamspektroskopi (samma teknik som används i AP2C för C-indikering). Biologiska mikroorganismer har en sammansättning som avviker från andra partiklar som kan förekomma i luft (rök, damm, diesel, ammunitionsrester, ...). Storleken på partiklarna kan också bestämmas. Instrumentet kan fjärrstyras. Responstiden är under en minut. Vätgasbehållaren räcker för kontinuerlig drift i 10 dagar med en återfyllningsbar behållare. Under hösten 2003 och våren 2004 testas detta instrument av FOI NBC-skydd. Utvärderingen kommer att presenteras i en kommande rapport.

Namn	MAB	
Tillverkare	Proengin	
Mätprincip	Flamspektroskopi	
Analys	Grundämnessammansättningen av enskilda partiklar. Storlek (mellan 1 µm och 12 µm) Koncentration	
Instrumentets storlek	30 cm × 16 cm × 45 mm (80 cm hög med insugsrör monterat)	
Vikt	8 kg	
Luftflöde	60 liter per min	
Temperatur vid drift	-10°C till +50°C	
Temp vid förvaring	-39°C till +55°C	
Datakommunikation	RS 485	
Strömförsörjning	12 V till 32 V	
Hemsida	www.proengin.com/fp_mab.htm	

Masspektrometer

CBMS Block III

Chemical Biological Mass Spectrometer (CBMS) Block III är en fältmässig (testad enligt US Army military specifications) mobil mass-spektrometer av jonfälletyp för identifiering av kemiska stridsmedel och klassificering av biologiska stridsmedel. I kombination med Bruker Virtual Impactor och Bruker Pyrolyzer, detekteras och klassificeras biologiska stridsmedel. Systemet styrs med en PC-baserad pekskärm dator.

Virtual Impactor samlar upp och koncentrerar partiklarna direkt i ett provrör som finns i Bruker Pyrolyser. Där upphettas provlösningen och övergår till gasfas. Provet överförs sedan till mass-spektrometern där gasen bombarderas med en elektronstråle vilket ger laddade molekyelfragment. Dessa analyseras sedan med avseende på massa och laddning. Resultatet visas i ett spektrum och jämförs med ett bibliotek av kända spektrum från potentiella biologiska stridsmedel. Idag finns de flesta kända biologiska ämnen som kan utgöra ett hot med i biblioteket. Detektionsgränsen för exempel BG-sporer är 100 ng i manuellt läge och 1 µg i automatiskt läge, vilket motsvarar cirka 20 000 respektive 200 000 sporer. Med den koncentrerings som fås av Virtual Impactor är den lägsta aerosolkoncentrationen som kan analyseras några ACPLA.



Instrument	Chemical Biological Mass Spectrometer (CBMS)
Tillverkare/försäljning	Bruker Daltonics
Mätprincip	MS/MS
Analystid	3 min
Känslighet	1 ACPLA
Instrumentets storlek	65 cm × 47 cm × 35 cm
Vikt	65 kg
Datakommunikation	RS 232
Strömförsörjning	24 V
Hemsida	www.bdal.com/cbms.html

Sensorer för genetiskt material

HANAA

Handheld Advanced Nucleic Acid Analyzer (HANAA) är ett handburet instrument där PCR används för att amplifiera antalet DNA-sekvenser till detekterbara nivåer. Provet prepareras manuellt och en mindre mängd överförs till ett plaströr som pluggas in till instrumentet. Med HANAA kan fyra prover analyseras samtidigt och exempel på bakterier som testas är *Escherichia coli*, *Bacillus anthracis* och *Erwinia herbicola*.



Instrument	HANAA
Utveckling/tillverkare	Lawrence Livermore National Laboratory, Environmental Technologies Group (ETG) / Smith's Industries
Mätprincip	DNA-signatur och PCR
Analystid	< 30 min vid låga koncentrationer
Känslighet	Principiellt kan 10 bakterier detekteras i en volym av 10 µl
Instrumentets storlek	ca 20 cm × 10 cm
Vikt	< 1 kg
Strömförsörjning	12 V Batteri
Hemsida	www.llnl.gov/str/JanFeb02/Langlois.html

Bio-Seeq™

Bio-Seeq™ är ett handburet instrument där PCR används för detektion av bakterier och virus. Mättekniken liknar den i HANAA och baseras på en metod utvecklad av Lawrence Livermore. Med detta instrument är det möjligt att samtidigt analysera sex olika prover. Provbearbetningen görs separat och provet, som är i ett provrör, placeras sedan i instrumentet. Bio-Seeq™ är speciellt designat för analyser i fält. Instrumentet har extra stora tangenter för att underlätta hantering med skyddshandskar. Detta instrument ingår i det svenska NBC-kompaniets utrustning.



Instrument	Bio-Seeq™
Tillverkare	Smiths Detection
Mätprincip	DNA-signatur och PCR
Analystid	20 min
Känslighet	1 CFU ^a
Instrumentets storlek	28 cm × 9 cm × 18 cm
Vikt	2,9 kg med batterier
Datakommunikation	RS-232
Strömförsörjning	12 V batteri
Hemsida	www.smithsdetection.com

^a CFU-Colony Forming Units

RAPID

Ruggedized Advanced Pathogen Identification Device, RAPID™, detekterar och identifierar mikroorganismer utifrån specifika DNA sekvenser och PCR teknik. Detta instrument är speciellt anpassat för fältmässiga förhållanden. Programvaran är indelad i två lägen, en avancerad form för design av analysprotokoll och en enklare version som kan användas ute i fält. Provet prepareras och placeras i instrumentet varefter detektionen sker genom att mäta fluorescensen. Idaho Technology tillverkar specifika testreagens för detektion av *B. anthracis*, *Clostridium botulinum*, *Brucella species*, *Yersinia pestis*, *Francisella tularensis*, *Salmonella enteritidis*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes* och *Campylobacter jejuni*. Upp till 8 mikroorganismer kan identifieras samtidigt.



Instrument	RAPID™
Tillverkare	Idaho technology
Mätprincip	DNA-signatur och PCR
Analystid	Upp till 32 preparerade prover kan amplifieras och analyseras på mindre än 20 minuter.
Instrumentets storlek	49 cm × 36 cm × 27 cm
Vikt	22 kg (inkluderar ryggsäck och tillbehör)
Datakommunikation	Windows NT interface
Strömförsörjning	110/120 V
Hemsida	www.idahotech.com

APSYS

Med APSIS kan patogena bakterier, sporer och virus detekteras genom mikroorganismernas specifika DNA/RNA sekvenser och PCR teknik. Amplifiering med PCR kombineras i detta instrument med DNA mikromatris teknik. Provet förbehandlas först enligt standardiserade preparationsprotokoll och tillsätts manuellt till en kassett som sedan pluggas in i instrumentet. Upp till åtta kassetter kan samtidigt processas. Efter amplifiering och hybridisering av DNA sekvenserna flyttas kassetterna till en APSIS läsare där resultatet registreras och analyseras med hjälp av ett datorprogram. Instrumentet är speciellt designat för att användas under extrema förhållanden som detektion i fält.



Instrument	APSYS
Tillverkare	Bruker Daltonics
Mätprincip	DNA-signatur och PCR
Instrumentets storlek	60 cm × 52 cm × 60 cm
Vikt	30 kg
Datakommunikation	PC
Strömförsörjning	220 V/24 V
Hemsida	www.bdal.de

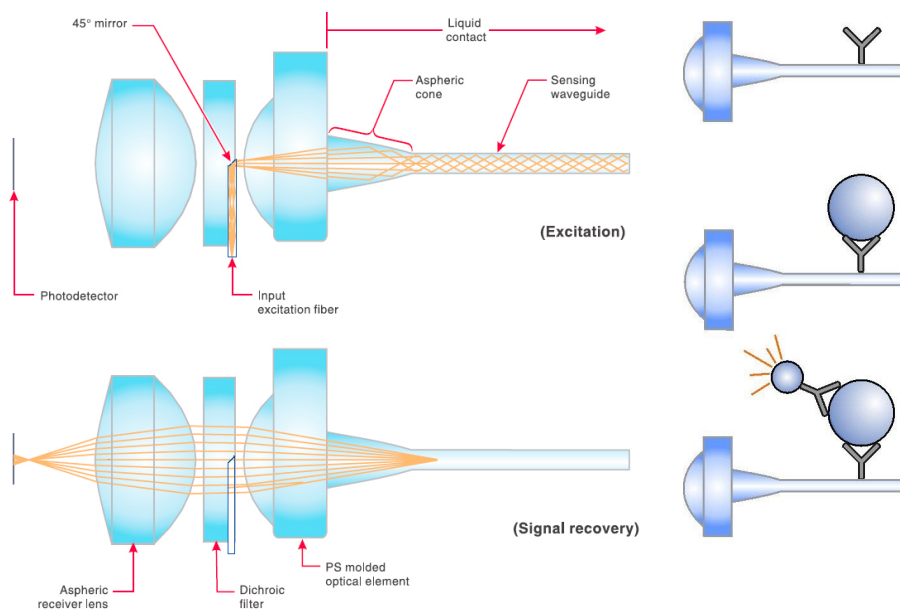
Detektorer som använder antikroppar

RAPTOR™

Rapid Automatic and Portable Fluorometer Assay System (Raptor) är en bärbar automatiserad fiberoptisk biosensor för detektion av ämnen som toxiner, bakterier, virus, explosivämnen och kemiska föroreningar. Den är speciellt anpassad för att användas i fält. Med Raptor är det möjligt att mäta prover tagna från grundvatten, jord, luft, kött och kroppsvätskor. En viss förbehandling utav proverna kan behövas, detta inkluderar utspädningar och filtreringar. Analyserna kan utföras på fyra olika sensorytor samtidigt och ytorna kan användas upp till ungefär 30 gånger eller tills ett högt positivt svar erhållits. Resultatet visas på en display men instrumentet kan även kopplas till en PC och användas därifrån.

Mätsystemet baseras på ”sandwich-modellen”, antikropparna är immobiliserade på ytan av fyra optiska fibrer. Dessa fibrer är monterade i en engångsförpackning, RAPTOR™ Assay Coupons. Förpackning innehåller också flödeskanaler som leder provvätskan till de fiberoptiska sensorytorna. Ämnen i provet som bundits till de immobiliserade antikropparna detekteras sedan med hjälp av ytterligare en antikropp som är fluorescensmärkt. En diodlaser skickar ljus genom den optiska fibern vilket exciterar fluorescensproberna och fluorescensen registreras av en detektor, se figuren nedan.

Exempel på ämnen som detekteras med detta instrument är ricin, stafylokock enterotoxin B (SEB), kolera toxin, *B. anthracis*, *Y. pestis*, *F. tularensis*, *E. herbicola*, *Bacillus subtilis* och Vaccinia virus. Raptor kan kopplas ihop med en luftkoncentrator, SASS 2000™ (som beskrivits under Koncentratorer), vilket gör det möjligt att koncentrera luftburna partiklar och överföra dessa i vätskeform till instrumentet.



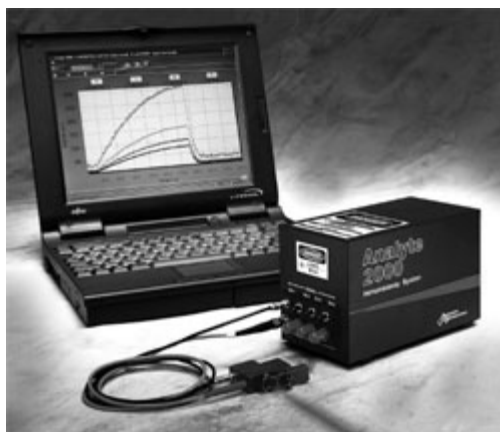
Till vänster ses en bild av hur ljus från en diodlaser leds in i den optiska fibern (översta bilden). Till höger visas principen för detektion med antikroppar enl sandwichmodellen. Ljuset från lasern exciterar fluoroforen på den inmärkta antikroppen. Fluorescensen leds tillbaka genom samma optiska fiber för detektion (nedre bilden till vänster).



Instrument	RAPTOR™
Tillverkare	Research International
Mätprincip	Antikroppar, fiberoptik och laserbaserad fluorescens
Analystid	2-12 min
Känslighet	Beror på ämne som detekteras. (Ricin 1 ng/ml, antrax 100 CFU/ml, BG 2,5 104 CFU/ml)
Instrumentets storlek	28 cm × 20 cm × 19 cm
Vikt	6,5 kg med batterier
Datakommunikation	PC
Strömförsörjning	Batteri
Hemsida	www.resrchintl.com

Analyte 2000™

Analyte 2000™ är en bärbar fiberoptisk biosensor som också tillverkas av Research International. Detektionsprincipen är liknande den i Raptor, men i detta instrument används inte Assay Coupons utan de fiberoptiska sensorytor är integrerade i kanaler. Analyte 2000™ har fyra kanaler och detektionen sker i likhet med Raptor genom en "sandwichmodell" av antikroppar. Detta instrument är betydligt mindre än Raptor men inte lika lämpligt att användas i fält. Instrumentet har främst används vid applikationer inom livsmedelsindustrin för att påvisa förekomst av bakterier, *E. coli* och *Salmonella enteritidis*, i mat och råvaror. Men det har också nyttjats för analys av föroreningar i vatten och för att identifiera toxiner.



Instrument	Analyte 2000™
Tillverkare	Research International
Mätprincip	Antikroppar, fiberoptik och laserbaserad fluorescens
Analystid	15-20 min
Instrumentets storlek	20 cm × 9 cm × 11 cm
Vikt	1,6 kg
Datakommunikation	PC
Strömförsörjning	5,3-12 V via transformator eller batteri
Hemsida	www.resrchintl.com

Bio-Detector

Bio Detector (BD) är ett transporterbart system för detektion och koncentrations-bestämningar av biologiska agens. Systemet är fältanpassat och inkluderar, flödessystem, sensorenhet, automatiskt provtagning och tillsats av reagenslösningar. Detektionen sker med hjälp av antikroppar och en potentiometrisk sensor, Light-Addressable Potentiometric Sensor, LAPS. Åtta olika ämnen i provet kan analyseras samtidigt och identifieringen sker i flera steg. Antikropparna som används för igenkänning av t.ex. bakterier i provet sitter fästade på ett membran via ett biotin-streptavidin komplex. För detektionen används ytterligare två antikroppar, en som är fluorescensinmärkt och en som är bunden till ett enzym. Ifall bakterien finns i provet håller den samman de olika antikropparna och det bundna enzymet ger en förändring i pH som detekteras med hjälp av LAPS. Förändringen är direkt proportionell mot mängden bakterier i lösningen. Bio Detector ingår i P3I-BIDS och IBDS som beskrivs under rubriken Integrerade system.



Instrument	Bio-Detector
Tillverkare	Environmental Technologies Group (ETG)
Mätprincip	Antikroppar, enzym och LAPS
Analystid	15 min
Instrumentets storlek	56 cm × 61 cm × 46 cm
Vikt	61,2 kg
Datakommunikation	RS 232
Strömförsörjning	110/220 V
Hemsida	www.envtech.com

Bio threat Alert™ Test Strip

Bio Threat Alert™ Test Strip (BTA™ Test Strip) är en visuell testmetod för detektion av bakterier och toxiner. Metoden är liknande den som används på många sjukhus för medicinska tester t.ex. graviditetstester. I testenheten finns en ”provbrunn” till vilken provet tillsätts manuellt eller via ett instrument, BioCapture™BT-550, som koncentrerar provet från en aerosol se.... Provet vandrar sedan över en testyta med kemiska reagensen, dessa är väl separerade från varandra för att minska korsreaktioner och antalet falska svar. För detektionen används två olika antikroppar, provet reagerar först med en antikropp som är märkt med kolloidalt guld. Därefter vandrar provet till en ”provregion” där en andra antikropp finns. Ifall den första antikroppen bundit till något i provet t.ex. antrax så binder också den andra antikroppen till komplexet. Denna inbindning kommer att synas som ett färgat band i ett fönster på BTA™ Test Strip enheten. I detta fönster finns även en kontrollyta som visar att metoden fungerar på ett säkert sätt. För positivt svar syns två band, ett vid provytan, S, och ett vid kontrollen, C. Negativt svar ger bara ett band vid C. Analysen av testet kan även göras med en optisk läsare, Guardian™ Reader. BTA™ Test Strip finns idag för detektion av ricin, botulinustoxin, SEB, *B. anthracis*, *Y. pestis* och *F. tularensis*.

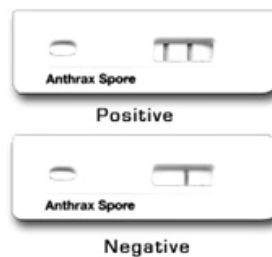


Instrument	Bio Threat Alert™ Test Strip
Tillverkare/försäljning	Tetracore
Mätprincip	Antikroppar och kromatografi
Analystid	1-15 min, beroende på koncentrationen
Känslighet	Bakterier ca 10 ⁵ CFU/ml, Toxiner 2-50 ng/ml
Instrumentets storlek	ca 3 cm × 5 cm
Hemsida	www.tetracore.com/products.html

SMART™

Detta är en visuell metod där antikroppar används i kombination med ett färgämne för detektion av bakterier och toxiner. Testbrickorna finns i olika modeller beroende på vilket ämne som ska detekteras. Testbrickan för *B. anthracis* liknar BTA™ Test Strip men i denna enhet är antikropparna inte separerade utan immobiliserade tillsammans på testpapperet. Provet appliceras i en provbrunn och vandrar över provytan till ett testfönster. Två band indikerar ett positivt resultat medan ett band anger ett negativt resultat. Det finns testbrickor framtagna för *B. anthracis*, *Y. pestis*, *Vibrio cholerae*, *F. tularensis*, botulinustoxin, SEB och ricin.

Under Gulfkriget användes två tusen SMART tickets för detektion av *B. anthracis* och botulinustoxin. Mindre än 1 % av dessa gav ett positivt svar. Kontrolltester som utfördes vid Navy's Forward Deployed Medical Diagnostic Lab visade att inget av proverna innehöll något biologiskt stridsmedel.

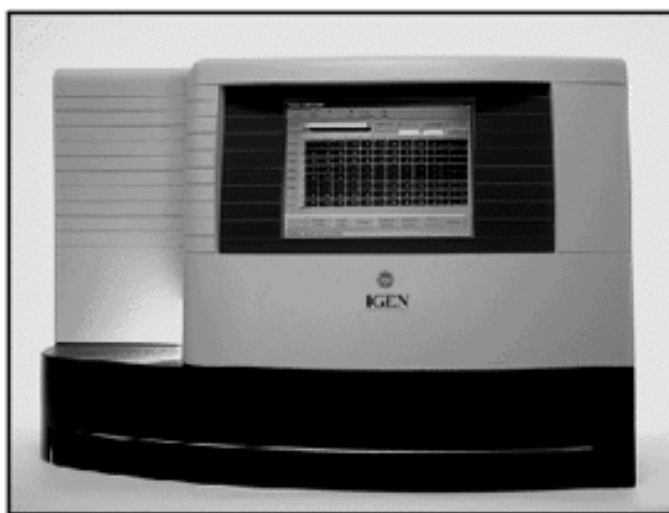


Instrument	SMART™
Tillverkare/försäljning	New Horizons Diagnostics
Mätprincip	Antikroppar och kromatografi
Analystid	15 min, beroende på koncentrationen
Testbrickans storlek	ca 3 cm × 5 cm
Hemsida	www.nhdiag.com

IGEN®

IGENE® är ett instrument där en ny typ av teknologi används för detektion av mikroorganismer. Teknologin är utvecklad av ORIGIN och baseras på inmärkningsmolekyler som avger ljus vid elektrokemisk stimuli. Principen är enligt följande, en igenkänningsmolekylen t ex en antikropp binder specifikt till något ämne i provet, därefter binder en ORI-TAG®-inmärkt antikropp in. Komplexet förankras sedan på ytan av små magnetiska kulor och överförs till en elektrodyta. På elektrodytan exciteras och emitteras ORI-TAG®-inmärkningsmolekylen under flera cykler vilket amplifierar signalen och ökar känsligheten.

Prov och reagenslösning appliceras på mikrotiterplattor och inkuberas i 15 minuter före analysen. Patogena mikroorganismer som *E. coli* och salmonella har detekterats i prov tagna från matvaror, vatten och ute i miljön. Igen systemet är införskaffat till NBC-kompaniet



Instrument	IGEN®
Tillverkare	IGEN International
Mätprincip	Antikroppar,
Analystid	45 minuter
Datakommunikation	PC
Strömförsörjning	100-120 V/ 200-240 V
Hemsida	www.igen.com

Flödescytometrar

CyFlow®

CyFlow® är en flödescytometer där DNA-signatur i kombination med ljusspridning används för detektion av patogena mikroorganismer. Den ljusspridning som sker efter det att provet bestråls med laser ger upphov till ett specifikt mönster. Detta detekteras och jämförs med DNA från kända mikroorganismer. Med CyFlow® kan antalet bakterier i provet räknas utan tidskrävande odling och det är också möjligt att skilja på levande och döda populationer av bakterier. Instrumentet är portabelt och det styrs med en standard PC. CyFlow® innehåller en diodlaser för UV/violett, blått, grön, och röd excitation. Fem olika optiska parametrar kan analyseras, FSC, SSC och tre fluorescenser plus en tidsparameter. Partiklar i flödet kan också videofilmas med en CCD kamera.



Instrument	CyFlow®
Tillverkare	Partec
Mätprincip	DNA-signatur, ljusspridning
Instrumentets storlek	43 cm × 37 cm × 16 cm
Datakommunikation	PC
Strömförsörjning	100 V/240 V, 12 V
Hemsida	www.partec.de

Microcyte® Cytometer

Detta instrument har utvecklats främst för att analysera bakterier. Det finns i olika utföranden där Microcyte Field är en robust fältvariant. För att skilja bakterierna från andra partiklar i samma storleksordning används ett fluorescerande färgämnen som binder till bakteriens DNA. Antalet fluorescerande partiklar sätts lika med antalet bakterier i provet. Instrumentet kan detektera och bestämma antal partiklar vars storlek är mellan 0,4 till 15 µm. Ljuskällan är en diodlaser vilket reducerar instrumentets storlek och vikt.

Användarvänlighet och förmåga att identifiera olika slags bakterier har utvärderats av FFI.²⁵ Detektionsgränsen för *Bacillus cereus* och *E. coli* var i storleksordningen 10^3 - 10^4 organismer/ml. Spektra från *B. cereus*, *E. coli*, *B. anthracis* och *Y. pestis* visade att instrumentet eventuellt skulle kunna användas vid identifiering.

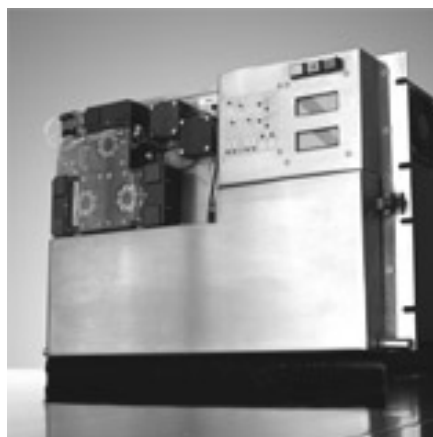


Instrument	Microcyte® Cytometer
Tillverkare	BioDetect
Mätprincip	DNA-signatur Ljusspridning, fluorescens
Analystid	10 minuter
Känslighet	10^4 organismer/ml
Instrumentets storlek	33 cm × 43 cm × 16 cm
Vikt	12 kg
Datakommunikation	Microsoft Windows NT
Strömförsörjning	12 V
Hemsida	www.geneq.com/catalog/en/microcyte

Bioluminiscens

CFAD

Continuous Flow ATP Detector (CFAD) är ett system där ATP och bioluminiscenskemi används för att detektera mikroorganismer. Med CFAD är det möjligt att skilja på ATP som finns i bakgrunden från bakteriellt ATP. Provet delas upp i två analyskanaler, i den ena kanalen extraheras allt ATP som finns i lösningen vilket ger totala halten ATP, (det som finns i de levande cellerna plus det som finns i lösningen). I den andra kanalen extraheras allt ATP utom det bakteriella. Därefter tillsätts ett enzym som avger luminiscens i närvaro av ATP. Utifrån skillnaden i luminiscens mellan de två kanalerna kan mängden bakteriellt ATP bestämmas. Det finns olika reagenslösningar och valet av reagens avgör tid och känslighet på analysen. För kontinuerlig mätning kan CFAD kombineras med Biotrace Cyclone, som återfinns i kapitlet Koncentratorer.



Instrument	Continuous Flow ATP Detector, CFAD
Tillverkare	Biotrace
Mätprincip	Bioluminiscens, ATP
Analystid	ca 2 min (beroende på reagens)
Känslighet	Beroende på reagens och celltyp
Instrumentets storlek	48 cm × 31 cm × 27 cm
Vikt	20 kg
Strömförsörjning	100V/240V
Hemsida	www.biotrace.com

Indikeringssystem

CBAWS/CBREWS

CBAWS och CBREWS tillverkas av Lockheed Martin. Systemen är uppbyggda av punktdetektorer som står i förbindelse med en ledningscentral. Punktdetektorerna placeras runt ett skyddsobjekt, så att C/B-moln kan detekteras innan de når fram. Ledningscentralen behandlar all information från detektorerna och varnar. En operatör kan då ge ett kommando, som startar provinsamling på filter vid valfri detektor.²⁶

Det finns två olika versioner av CBAWS. Tier-I innehåller en partikelräknare, GPS, en meteorologisk sensor, en fjärrstyrd luftprovtagare som koncentrerar partiklarna på ett filter och en radio som står i förbindelse med kommandocentralen. Detektorerna drivs med uppladdningsbara batterier och placeras på stativ, vanligen med 500 meters mellanrum. Partikelräknaren detekterar partiklar med diameter av 2 till 10 μm . För att få detektorn känslig för variationer av aerosolkoncentrationen subtraheras ett rörligt medelvärde, som beräknats från de aerosolkoncentrationer som uppmätts under de senaste minuterna, från de uppmätta aerosolkoncentrationerna. När denna differens överstiger ett visst gränsvärde varnar detektorn. En automatisk provuppsamling på filter görs om systemets B-detektor larmar. Filtret måste hämtas manuellt för analys. Det finns även möjlighet att ansluta en ACADA (en kemisk detektor, även kallas M22 och GID 3). I Tier-II har partikelräknaren ersatts av en detektor med utökad förmåga att detektera mikroorganismer. Detektionssystemet består av en laser på 266 nm, som exciterar aerosolen, och en sensor som mäter fluorescensen och ljusspridningen från aerosolen.

Nästa version heter Chemical, Biological and Radiometrical Early Warning System, CBREWS. De första exemplaren av är tidigast att vänta i början av 2004. B-indikeringsutrustningen kommer att baseras på CBAWS. Det är ännu inte officiellt om Tier I, Tier II eller någon annan detektor kommer att användas. Detektorer för C och N bestäms av köparen. Gränssnitt finns dock som möjliggör integrering i mätstationen.



BIDS

Biological Integrated Detection System (BIDS) består av ett skydd (S-788 Lightweight Multipurpose Shelter) monterat på en Humvee (M1097 HMMWV). Den är utrustad med ett B-detektionssystem, som har utvecklats kontinuerligt sedan 1996. För att klara minst tre dagars oavbruten användning innehåller BIDS-systemet även en andra Humvee, som används som underhållsfordon. Det bär med sig reservdelar och kan transportera misstänkta prov till en samlingsplats. Det medför även två av BIDS fyra besättningsmän.

Den första modellen hette non-developpmental item (NDI) BIDS. Den innehöll kommersiella instrument för detektion av aerosol (storlek/antal partiklar), bioluminiscens, flödescytometri och immunoassay-tekniker. NDI BIDS var helt manuell. Sedan kom pre-planned product improvment (P3I) BIDS. De tekniker som används i detta system är en partikeldetektor som mäter partiklarnas storlek och fluorescens med UV (FLAPS2), flödescytometri, mass-spektrometri (CBMS) och immunoassay-teknologier (Biological Detector). P3I BIDS har ett halvautomatiserat system för detektion, identifikation och provinsamling. Ett BIDS-kompani, med 35 BIDS system serverar en av USA's armékårer. Kompaniet sprids över armékårens yta och rapporterar in till kompaniets högkvarter, som placeras nära armékårens högkvarter.¹⁴ En nyare version, JBPDS BIDS, väntas vara i bruk 2003/2004. På nästa sida beskrivs JBPDS närmare.



JBPDS

Battelle och General Dynamics (som köpt upp Intellitec, en avdelning av Advanced Technology Products), utvecklar Joint Biological Point Detection System (JBPDS Block I), som kommer att ersätta alla existerande biologiska detektionssystem i USAs försvar (armén, flottan, flygvapnet och marinen). Det ska integreras på HMMWVs (JBPDS BIDS), på fartyg, på flygplatser och i hamnar. Detta system ska kunna varna, starta provinsamling, klassificera och identifiera 10 biologiska stridsmedel inom 20 minuter. Dessa funktioner kommer att vara helt automatiska. Systemet kräver ingen operatör på plats sedan det startats och kan användas enskilt eller i ett nätverk. Metrologiska instrument och GPS ingår också i systemet. JBPDS Block I är nu under produktion (sk LRIP = Low Rate Initial Production).

JBPDS Block I innehåller en BAWS III UV-laser detektor. Den exciterar aerosolen med en UV-laser på 266 nm. Detektionen görs med tre fotomultiplikatorer. Det spridda ljuset mäts vid 266 nm. Fluorescensen mäts mellan 300-400 nm och 400-550 nm, i två fönster.

Utvecklingen av nästa version JBPDS, Block II, börjar 2004. Den ursprungliga tanken var att uppgradera eller ersätta modulerna kontinuerligt i Block I, men att utnyttja samma integrering även för Block II. Detta har man gått ifrån, så Block II kan få en helt ny design som kan utnyttja torr detektion och identifikation. Målet med denna version är att minska storlek, vikt och strömförbrukning, samt att öka känsligheten. Enligt det amerikanska försvarsdepartementets (DoD) plan, kommer det att produceras ca 1100 JBPDS Block II.^{14, 27}



PBDS och IBDS

I samband med Gulfkriget tillverkade Storbritannien ett mindre antal fordon med förmåga att detektera B- och C-agens. Dessa fordon kallades Prototype Biological Detection System (PBDS). De första exemplaren av efterföljaren, Integrated Biological Detection System (IBDS), levererades formellt den 1 december 2003. Insys fick huvudkontraktet för både PBDS och IBDS. Smiths Detection är ansvarig för integreringen av instrumenten och EDS står för användargränssnittet. IBDS har i princip samma instrument som PBDS. Förbättringarna i IBDS innebär att alla instrument är helt automatiska och bättre integrerade. Riskerna för kontaminering av den del av fordonet som besättningen vistas i har dessutom minimerats.²⁸



Sensorerna för B-agens i PBDS/IBDS kan delas in i tre kategorier:

- **Ospecifik.** En snabb ospecifik sensor, ASAS, mäter förändringar av aerosolens koncentration, samt partiklarnas storlek och form.
- **Generell.** Ett effektivt provtagningssystem samlar in partiklar ur luften till en vätska. Koncentrationen ATP producerat av bakterier mäts med en Continuous Flow Luminometer, CFL.
- **Specifik.** Identifiering av vilket agens som har använts. Bio Detector (BD) detekterar bakterier och virus. Resonant Mirror (RM) detekterar toxin.

De fyra sensorerna ovan kompletterar varandra och gör det teoretiskt möjligt att detektera alla slags biologiska agens. Förutom dessa sensorer finns C-instrument, meteorologiska sensorer, GPS, radiokommunikation och övervakningskameror. Strömförsörjning, luftkonditionering och NBC-filter är integrerat med containern, så att den kan kopplas loss från fordonet. IBDS (fordon och container) kan transporteras med c130 Hercules.

NBCerberus

NBCerberus tillverkas av Smiths Detection. Namnet är hämtat från den grekiska mytologin. Där fanns en trehövdad hund, Cerberus, som vädrade utanför porten till Hades. NBCerberus är ett mobilt detektionssystem för NBC som kan transporteras med släpvagn eller lastbil. Systemets huvuduppgifter är:

- Provinsamling för B- och C-agens.
- Varning för B-agens.
 - Görs med ASPECT, som mäter partikelstorlek, koncentration och partikelform
- Identifiering av B-agens/verifiering av larm.
 - Görs med Bio Detector
- Detektorer för varning och identifiering för C-agens, samt detektorer för RN.
- GPS
- Meteorologi
- Kommunikation



CIBADS II

Canadian Integrated Biochemical Agent Detection System (CIBADS) tillverkas av General Dynamics Canada och innehåller detektions- och identifikationssystem för både B- och C-agens i realtid, eller nära realtid.²⁹ Systemet består av:

- en FLAPS 2 (Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer) för detektion av B-agens i realtid,
- en partikel-koncentrator som koncentrerar luften från 600 liter till 1 liter med 50 % effektivitet (Dycor XMx),
- ATR bio-identifikation (<15 min),
- en kemisk detektor med benämningen ICAM (utveckling av CAM) som detekterar C-agens i realtid,
- en provtagare för gaser,
- en väderstation, och GPS mm.

Vid detektion av biologiska agens ger FLAPS en signal som startar uppsamling av ett vätskeprov för analys med en mycket känslig och specifik biosensor. En kommersiell kemisk detektor används för att detektera kemiska stridsmedel och startar uppsamlingen av gas. Systemet är radiolänkat till en beslutstöds- och kontrollenhet, som kan ta emot data från många detektorer och presentera informationen på en karta. Där fås information som kan användas för riskanalys. Kontrollenheten kan även användas för att bestämma hur detektorerna ska placeras för att maximera chanserna att detektera BC-moln.



4WARN v.2

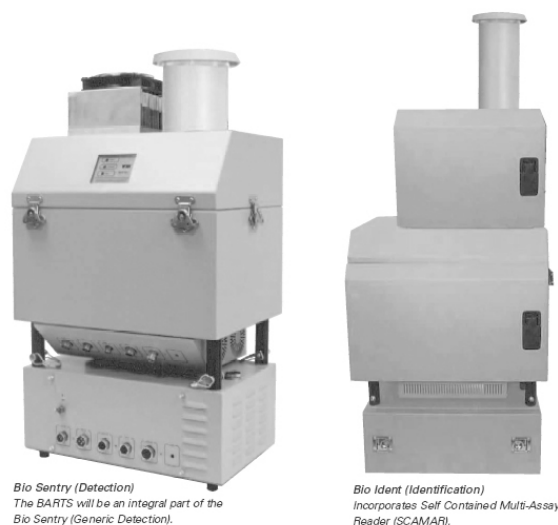
General Dynamics Canada har utvecklat 4WARN V.2, som bygger på samma princip som CIBADS. Den har ett enklare varningssystem och är mer kompakt byggd, vilket gör att den är lättare, mindre och förbrukar mindre effekt.

4WARN V.2 är ett helt automatiserat system som består av två enheter. Den ena heter BioSentry och mäter i realtid. BioSentry innehåller en BARTS, samt utrustning för provinsamling. Provet samlas upp på filter. I BioIdent detekteras kända agens med en antikropps-baserad teknik. Det finns även möjlighet att ansluta en kemisk detektor och en detektor för radioaktiv strålning. Systemet är radiolänkat till en beslutstöds- och kontrollenhet, som kan ta emot data från många detektorer och presentera informationen på en karta. Där fås information som kan användas för riskanalys. Kontrollenheten kan även användas för att bestämma hur detektorerna ska placeras för att maximera chanserna att detektera BC-moln. Larm kan skickas vidare via radio, kabel eller Ethernet. Enheterna väger 45 kg vardera.

Teknik:

- MicroVic: Koncentreringssteg till BARTS
- BARTS
- Antikropps-baserad bricka och automatisk avläsare (SCAMAR) som kan mäta 11 brickor på samma gång.
- MicroVic med Impingement Module för vätskeprov
- Port för jonmobilitetsspektrometer (C) och radiologisk sensor
- 400 W, 115/220 V AC, 12/24 V DC

Känsligheten är 10 ACPLA för *Bacillus Subtilis*, som är en sporbildande bakterie och används för att simulera Antrax, och larm fås efter 20 sekunder. Antikroppsbrickorna produceras av JPO Bio Defense. Koncentrering av prov, samt analys av Bio Ident görs på 20 till 22 minuter



Bilden visar 4WARN v2. Till vänster ses en BioSentry och till höger en BioIdent.

4WARN Urban

4WARN Urban är ett civilt indikeringsfordon som tillverkas av General Dynamics Canada. En van har byggts om så att lastutrymmet ger plats åt en operatör, som kan övervaka mätningarna. Fordonet innehåller en aerosoldetektor som bygger på fluorescens (BARTS eller FLAPS). I förarhytten finns en GPS, en väderstation och en satellittelefon. På taket finns en takbox som innehåller provtagningsutrustning och antenner.

4WARN kan fås med tillval, bestående av en Automated Ticket Reader (ATR), samt valfria kemiska och radiologiska detektorer.



Referenser

- ¹ Evans, B T., E. Yee, G. Roy, and J. Ho, *Remote detection and mapping of bioaerosols*. J. Aerosol Sci. **8** (1994) 1549-1566.
- ² Simard, J.-R., P. Mathieu, V. Larochelle, G. Roy, A. Blanchard, J. McFee, J. Ho, J.-F. Cormier and J.-F. Hébert, *Stand-off integrated active hyperspectral detection (SINBAHD): Overview and preliminary results*. DREV TR 2001-190, 2002-03-22.
- ³ Kullander, F., T. Carlsson, D. Letalick, M. Lindgren, *Particle cloud detection using coherent laser radar systems - step one*. FOI-R--0217--SE, 2001.
- ⁴ Henningson, E, J. Macher och I. Fängmark. *Testning av provtagare för mikrobiologiska aerosoler*. FOA rapport: C 40225-B2, 1986.
- ⁵ Ho, J. *Review: Future of biological aerosol detection*. Anal. Chim. Acta. **457** (2002) 125-148.
- ⁶ Hill, S. C., R. G. Pinnick, S. Niles, Y.-L. Pan, S. Holler, R. K. Chang, J. Bottinger, B. T. Chen, C.-S. Orr, and G. Feather. *Realtime Measurement of Fluorescence Spectra from Single Airborne Biological Particles*. Agency Report Number AFRL-HE-WP-TR-2001-0026. Även publicerad i Field Analytical Chemistry and Technology. **3:4-5** (1999) 221-239.
- ⁷ Andersson, P. O. *Fluorescensstudier av mikroorganismer*. FOA-R--99-01177-862--SE. 1999.
- ⁸ Iqbal, S. S. et al. *A review of molecular recognition technologies for detection of biological threat agents*. Biosensors and Bioelectronics, 15, 549-578 (2000).
- ⁹ Rowe-Taitt, C. A. et al. *Simultaneous detection of six biohazardous agents using a planar waveguide array biosensor*. Biosensor and Bioelectronics, 15, 579-589 (2000).
- ¹⁰ Center for Infectious Disease Research and Policy (CIDRAP), Academic Health Center, University of Minnesota. Texten publicerades under CIDRAP News den 26 februari 2003, men reviderades något den 10 mars 2003. Det är den reviderade texten som refereras till här.
- ¹¹ NBC Industry Group, P.O. Box 2781, Springfield, VA 22152, <http://www.nbcindustrygroup.com/>, 2001 *NBC Product and Services Handbook*.
- ¹² Suliga W., and H. Verdun. *Short range biological standoff detection system (SR-BSDS)*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ¹³ Department of Defense, *Chemical and Biological defense program*. Annual report to congress and performance plan, July 2001.
- ¹⁴ *Biological detection system technologies, Technology and industrial base study: A primer on Biological detection technologies*. Prepared for the North American Technology and Industrial Base Organization (NATIBO). Prepared by TRW Systems and Information Technology Group, 2001.
- ¹⁵ Biotrace Ltd, The Science Park, Bridgend CF31 3NA, UK. Användarmanual till Mk3 Cyclone Air Sampler (2002).
- ¹⁶ Tjärnhage, T., M. Strömqvist, G. Olofsson, D. Squirrell, J. Burke, J. Ho, and M. Spence. *Multivariate data analysis of fluorescence signals from biological aerosols*. Field Analytical Chemistry and Technology 5:4 (2001) 171-176.
- ¹⁷ Wästerby, P. Tjärnhage, T. Strömqvist, M. och Olofsson, G. *Multivariate Data Analysis of Fluorescence signals collected from Biological Aerosols During a Field Trial*. FOI-RH--0187--SE.
- ¹⁸ Kaye, P. H., N. A. Eyles, I. K. Ludlow and J. M. Clark. *An instrument for the classification of airborne particles on the basis of size, shape, and count frequency*. Atmospheric Environment. **25A:3/4** (1991) 645-654.

-
- ¹⁹ Kaye, P. H., J. E. Barton, E. Hirst, and J. M. Clark. *Simultaneous light scattering and intrinsic fluorescence measurement for the classification of airborne particles*. Appl. Opt. **39:21** (2000) 3738-3745.
- ²⁰ Agranovski, V., Z. Ristoski, M. Hargreaves, P. J. Blackall, L. Morawska. *Real time measurement of bacterial aerosols with the UVAPS: performance evaluation*. J. Aerosol Science. **34** (2003) 301-317.
- ²¹ Brosseau, L., D. Vesley, N. Rice, K. Goodell, M. Nellis, P. Hairston. *Differences in detected fluorescence among several bacterial species measured with a direct-reading particle sizer and fluorescence detector*. Aerosol Science and Technology. **32** (2000) 545-558.
- ²² Personlig kommunikation med Jim Ho (2001). DRES, Box 4000, Stn Main Medicine Hat, Alberta T1A 8K6, Canada
- ²³ Ho, J., P. Hairston. *Biological detector performance with a 402 nm laser diode*. DRES Technical Report 2000-190, July 2001.
- ²⁴ Luoma, G. et al. *A fluorescence particle detector for real time quantification of viable organisms in air*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ²⁵ Gran, H. C., G. Olsen, and J. Strand. *Evaluation of Optoflow Microcyte flow cytometer*. FFI/RAPPORT- 2002/00772.
- ²⁶ Sickenberg, D.W., F.L. Reyes and R.R. Smardzewski. *Chemical Biological Aerosol Warning System (CBAWS)*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ²⁷ Department of Defence, *Chemical and Biological Defense Program*. Volume 1: Annual Report to Congress, 2002.
- ²⁸ Day, P. J. *Biological detection systems, the industry experience*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ²⁹ Louma, G. A. *Real-time Warning of Biological Agent Attacks with the Canadian Integrated Bio-chemical Agent Detection System II (CIBADS II)*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.