

# BC-bulletinen

Nr 11 November 2003

*Innehåll:*

PSI - Ny metod i kampen mot proliferation

Biotekniken ger spännande applikationer för totalförsvaret



Umeå 2003-11-03

Temat för BC-bulletinen är denna gång proliferation inom områden som rör utveckling av biologiska och kemiska vapen. I begreppet innefattas både spridning av material, teknik och kunskap. De flesta bedömare är eniga om att risken för proliferation inom massförstörelsevapenområdet ökat under senare år och utgör en viktig faktor att beakta vid hotbilsbedömning. Magnus Normark beskriver i den första artikeln proliferation i ett globalt perspektiv. Han behandlar den aktuella utvecklingen avseende proliferationsproblematiken och de åtgärder som vidtagits för att förhindra spridning av vapen och teknologi, bl.a. det förslag som lanserats av USA under året. USA är stark aktör i det internationella arbetet med att förstärka kontrollmekanismerna för handel med produkter med dubbel användning.

Undertecknad behandlar i BC-bulletinens andra artikel bioteknikens utveckling och dess applikationer. Biotekniken medför att en lång rad totalförvarsrelevanta tillämpningar utvecklas eller har utvecklats. Parallellt med denna utveckling har risken för missutnyttjande av bioteknologin kontinuerligt diskuterats bland forskare. Att denna oro var befogad visades avslöjanden i början av 1990-talet - i Sovjetunionen utnyttjades bioteknik för att skapa förstärkta biologiska vapen. Åtgärder för konvertering av detta vapenprogram och finansiellt stöd till tidigare vapenforskare för civila applikationer har införts för att förhindra proliferation till fler aktörer. Biotekniskt kunnande finns idag i allt fler länder och tillgängligheten av nya rön inom området är stor vilket utgör en risk för att nya aktörer tillägnar sig teknik och kunskap för ett offensivt syfte.

*Lena Norlander*

# PSI - Ny metod i kampen mot proliferation

Magnus Normark

## Proliferation – ett globalt problem

Hotet om spridning av produkter med dubbla användningsområden (PDA) till länder som misstänks ha ambition att producera kemiska och biologiska stridsmedel har länge ansetts utgöra ett hot av global karaktär. Även om inte omfattningen av handel med PDA ökat under de senaste åren finns trender som visar att proliferation är ett växande problem. Bland annat har allt fler länder en egen väl utvecklad industri vilket medför ett minskat behov av importerad utrustning, ämnen och kompetens från andra länder. De internationella mekanismer som, framförallt under 1990-talet, byggts upp i syfte att kontrollera spridningen av PDA till ”problemstater” har inte vidareutvecklats i samma takt som proliferationsverksamheten har hittat nya vägar att komma runt dessa mekanismer. Därutöver har det växande hotet från ickestatliga aktörer medfört ytterligare en försvårande omständighet i arbetet att förhindra spridning av kapacitet att producera och nyttja ickekonventionella vapen.

Trenden är att antalet länder med den teknologiska kunskapen och kompetensen för att producera dessa vapen ökar vilket medför att det finns allt fler potentiella proliferatörer i världen.

## Internationella konventioner och exportkontroll

Alla stater som har ratificerat Biologiska- och Toxinvapenkonventionen (BTWC) och Kenvapenkonventionen (CWC) har bland annat förbundit sig att inte bistå andra att utveckla kemiska och biologiska stridsmedel<sup>1</sup>. Det finns idag ingen mekanism som har till uppgift att tillse efterlevnaden av ickespridningsartiklarna i respektive konvention. Samtidigt finns artiklar i båda konventionstexterna som uppmuntrar till handel med teknologi, ämnen och kunskap på det kemiska och biologiska området för fredliga syften<sup>2</sup>. Det finns därmed en inneboende konflikt i båda konventionerna som bidragit till olika synsätt på arbetet med att förhindra proliferation av PDA.

De teknologiskt högt utvecklade länderna anser att konventionens skrivelser inte räcker till för att kontrollera exporten av PDA. Till dessa stater hör medlemmarna i Australiengruppen (AG) som är en exportkontrollregim bildad 1985 i syfte att samordna kontrollen över export av kemiska utgångsämnen, biologiska organismer och tillverknings- och laboratorieutrustning som kan få användning vid framställning av såväl kemiska som biologiska stridsmedel. Sverige anslöt sig till AG 1991 vilket innebär att den svenska exportkontrollagstiftningen, genom EU, harmoniseras med de beslut som fattas inom AG<sup>3</sup>.

Australiengruppen lider dock av stora svagheter i kampen mot proliferation. Exportkontrollen omfattar av naturliga skäl endast den export som sker från medlemsstaterna<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Enligt artikel III i BTWC och artikel I i CWC.

<sup>2</sup> Enligt artikel X i BTWC och artikel XI i CWC.

<sup>3</sup> EU kommissionen är en av AG's 34 medlemmar. Se <http://www.australiagroup.net/en/agpart.htm>

<sup>4</sup> Högt teknologiskt utvecklade länder som Ryssland, Kina och Indien är inte medlemmar av Australiengruppen.

Under början av 1990-talet utgjorde AG en effektiv kontrollmekanism gentemot de aktörer som sökte anskaffa den typ av utrustning som fanns på regimens kontrollistor. Men i takt med att utanförstående länders industri utvecklats har exportkontrollens effektivitet sakta urholkats. Idag arbetar AG hårt med att sprida kunskap och erfarenheter om exportkontrollverksamhet till andra länder genom sin s.k. ”outreach-verksamhet” bl.a. i syfte att begränsa denna urholkningstendens<sup>5</sup>. Australiengruppen har även sedan 2002 inkluderat kampen mot terrorism i riktlinjerna för sin verksamhet. Detta innebär bland annat att exportkontrollverksamheten måste omarbetas för att även omfatta den småskalighet som kan antas utgöra en stor skillnad mellan statliga offensiva program och terroristers verksamhet. Därutöver krävs att detaljnivån avseende köpare och slutanvändare av den exportkontrollerade utrustningen övergår till att omfatta hela spektrat från statliga aktörer och stora industriföretag till enskilda individer samt en översyn av vilka organismer, kemikalier och utspridningsutrustningar som bör kontrolleras. Denna omställning innebär således en mycket svår balansgång för kontrollregimens strävan efter en allomfattande effektiv exportkontroll där både statliga och ickestatliga aktörers eventuella strävan efter ickekonventionella vapen ska bekämpas samtidigt som verksamheten inte får utgöra ett onödigt stort hinder för legal forskningsverksamhet.

## **Proliferation Security Initiative**

### **USA:s svar på problematiken**

För de stater som under de senaste åren har fått uppleva en väsentligt förändrad hotbild med avseende på ickekonventionella vapen och dess vapenbärare är den negativa utvecklingen vad gäller proliferation särskilt otillfredsställande. Den 31 maj lanserade president George W Bush ett nytt offensivt grepp i kampen mot spridningen av ickekonventionella vapen och därmed relaterad materiel - Proliferation Security Initiative (PSI). PSI syftar till att på ett operativt plan fysiskt stoppa och kontrollera transporter som på ”rimliga grunder” misstänks utgöra proliferation av ickekonventionella vapen, bärarsystem (ballistiska robotar o.dyl.) och därmed relaterad utrustning<sup>6</sup>. Målsättningen är att möjliggöra operativa insatser mot internationella transporter till sjöss, i luft och på land i en global omfattning och närhelst det är nödvändigt. 11 stater är idag anslutna till PSI varav samtliga är stora handelsnationer. Medlemsstaterna är USA, Storbritannien, Tyskland, Frankrike, Italien, Portugal, Spanien, Holland, Polen, Australien och Japan.

PSI lanseras inte som en organisation utan som en verksamhet, vilket innebär att diskussionen om eventuell tillökning av medlemmar blir inaktuell. Verksamheten förankras gentemot det internationella samfundet genom hänvisning till FN säkerhetsråds ”Presidential Statement” från 1992 om det ökade hotet från spridning av ickekonventionella vapen och behovet av att medlemsländerna ökar sina försök att stoppa denna trend. PSI hänvisar även till uttalanden om behovet av ökade resurser i den kamp mot proliferation som G8-länderna och EU annonserat under senare tid<sup>7</sup>.

Med lanseringen av PSI har begreppet ”Preventive Interdiction” aktualiserats och det skapar en bredare bild av den amerikanska policyn att bekämpa säkerhetsrisker på

---

<sup>5</sup> Både Ryssland och Kina har idag en exportkontrollagstiftning som i vissa avseenden är mer långtgående än den lagstiftning som vissa medlemstater av AG har. Implementeringen av effektiv tillämpad exportkontroll är dock ännu ett stort problem i båda staterna.

<sup>6</sup> “Proliferation Security Initiative: Statement of Interdiction Principles”, Paris den 4 september 2003

<sup>7</sup> Se Proliferation Security Initiative: Statement of Interdiction Principles

”bortaplan” i ljuset av en allt mer komplex hotbild efter ”11 september”. I januari 2002 lanserade USA ”Container Security Initiative” (CSI) som är ett annat initiativ som syftar till att reducera hotbilden genom att etablera s.k. ”pre-screening” av gods<sup>8</sup>. Varje år transporteras mer än 16 miljoner containrar till USA med gods som skulle kunna utgöra ett hot mot landets säkerhet. CSI innebär att containrar kontrolleras i ursprungshamn och/eller i transithamn innan det når någon av USA:s 301 hamnanläggningar.

Det är uppenbart att PSI är en verksamhet som står mycket högt på USA:s och övriga deltagarländers säkerhetspolitiska agenda då verksamheten utvecklats i rask takt sedan konceptet lanserades. PSI-verksamheten har byggts upp successivt under de senaste månaderna, framför allt genom de möten som i år (2003) hållits i Madrid (12 juni), Brisbane (9-10 juli), Paris (3-4 september) och senast i London den 9-10 oktober. Tre övningar har redan ägt rum och ytterligare sju övningar är planerade att genomföras fram till mars 2004. Första övningen, ”Exercise Pacific Protector”, som genomfördes i Korallhavet utanför Australiens kust i september omfattade bordning och inspektion av ett handelsfartyg under japansk flagg. Nordkoreansk media reagerade skarpt på övningen och menade att den var en militär provokation riktad mot Nordkorea<sup>9</sup>. Men kopplingen mellan det nya initiativet mot proliferation och den nordkoreanska problematiken har dock tonats ned av PSI-staterna som hävdar att initiativet inte är riktad mot någon specifik aktör utan mot samtliga aktörer involverade i proliferationsrelaterad verksamhet. Den innefattar inte bara de länder som försöker anskaffa ickekonventionella vapen utan även de som sprider utrustning och de som agerar som transitaktörer för sådan verksamhet.

### **PSI och internationell lag**

Med målsättningen att agera var som helst och när som helst följer ett omfattande behov för PSI-verksamheten att erhålla stöd, samarbete och resurser från så många länder som möjligt och från alla delar av världen. Idag bedriver de elva PSI-staterna ett intensivt arbete med att sprida och förankra de principer för verksamheten som fastslogs vid Parismötet i september (Statement of Interdiction Principles). De utgör ramverket för verksamheten och vad PSI-deltagarna förbinder sig att verka för. Hittills har ett 50-tal länder ställt sig bakom initiativet och de principer som utverkats enligt PSI<sup>10</sup>.

Idag råder en stor osäkerhet om hur PSI-verksamheten förhåller sig till internationell rätt. Att stoppa och genomsöka fartyg på internationellt vatten eller flygplan över internationellt luftrum skulle kunna ses som en krigshandling. PSI anger i sina principer för verksamheten att de internationella lagarna kommer att följas. Men här kan gråzoner lätt uppstå som skulle kunna skapa allvarliga politiska dilemman. Inte minst Kina har visat stor tveksamhet till PSI's metoder i kampen mot proliferation. Kinesiska utrikesministeriets talesman K. Quang har i en diskussion om PSI's metoder, utan att direkt kritisera PSI, uttalat att det bästa sättet att förhindra spridning av ickekonventionella vapen är genom dialog<sup>11</sup>. USA och övriga PSI-medlemmar är väl medvetna om att en av verksamhetens svagheter är svårigheten att förena den med internationell lag. PSI arbetar med att korrigerera detta, bland annat genom att föreslå tillägg i internationella

---

<sup>8</sup> US State Department, International Information Programs, 22 februari 2002, <http://usinfo.state.gov/topical/pol/terror/02022505.htm>

<sup>9</sup> ”N Korea says new alliance is provocation”, Washington Times den 15 September

<sup>10</sup> Australiens Utrikesdepartement, den 30 oktober 2003, [www.dfat.gov.au/globalissues/psi/](http://www.dfat.gov.au/globalissues/psi/)

<sup>11</sup> ”Security: WMD Interdiction exercise sparks doubts on legality” Liloyd's List, den 8 september 2003

konventioner<sup>12</sup>, men idag kan i princip ett fartyg på internationellt vatten endast stoppas om dess flaggnation ger sitt medgivande, såvida fartyget inte begår brott i form av sjöröveri, slavhandel m.m. Det finns dock uppgifter som anger att USA har lagt ett förslag som bygger på att om flaggnationen inte ger ett svar inom fyra timmar ska detta betraktas som ett medgivande<sup>13</sup>.

Mycket tyder på att operativa insatser av det slag som genomfördes mot det nordkoreanska fartyget So San på internationellt vatten i december 2002 kommer att undvikas av PSI i framtiden, just med anledning av frågan om vad som är lagligt agerande på internationellt territorium. Spanska och amerikanska militära resurser stoppade fartyget So San och omhändertog en leverans av Scud-robotar som var på väg till Jemen. Jemen protesterade öppet och krävde leveransen åter vilket fick till följd att robotarna snabbt släpptes till dess rättmätige ägare. I So San-fallet fanns inga hinder mot att stoppa och borda fartyget då fartyget seglade under kambodjansk bekvämlighetsflagg. Kambodjanska myndigheter kontaktades och gav sitt medgivande till insatsen mot fartyget. Däremot uppstår problem när misstänkt gods hittas i lasten. Enligt amerikanska källor från utrikesdepartementet anser USA att man hade rätt att beslagta godset om så hade ansetts nödvändigt. Den amerikanska källan hävdade bland annat att huruvida det är legalt att leverera robotar från Nordkorea eller inte beror på många faktorer varav en är om USA anser att den enskilda leveransen kan påverka sin säkerhetspolitiska situation.<sup>14</sup> Det är dock ytterst tveksamt om Jemen och andra delar av det internationella samfundet delar den uppfattningen.

Däremot är det mer troligt att insatser på nationellt territorium kommer att öka då det finns betydligt större handlingsutrymme att vidta åtgärder inom det egna territoriet. Ett exempel på denna typ av insatser är då taiwanesiska myndigheter den 8 augusti 2003 tvingade det nordkoreanska fartyget Be Gaehung att lossa sin last vid den taiwanesiska hamnen i Kaohsiung då godset inte var korrekt deklarerat. Därigenom beslagtogs kemiska ämnen som kan användas för produktion av raketbränsle.

### **Det nordkoreanska dilemmat**

Kina, Ryssland och Sydkorea utgör viktiga aktörer i kampen mot Nordkoreas export och import av teknologi för ballistiska robotar och ickekonventionella vapen. De tre länderna gränsar mot Nordkorea och viktiga nordkoreanska transportvägar till och från länder i Mellanöstern och Sydasiens går via dessa länders territorium. Men samtidigt är det inte troligt att Kina, Ryssland och Sydkoreas ger sitt stöd till PSI-verksamheten med hänsyn till de kraftiga reaktioner detta initiativ har väckt i Nordkorea<sup>15</sup>. Enligt officiella ryska uttalanden blir ett direkt deltagande i PSI svårt just med anledning av att många bedömare kopplar PSI-verksamheten till den nordkoreanska problematiken<sup>16</sup>.

### **PSI – en framgång eller grogrund för konflikter?**

PSI har potential att formas till ett effektivt verktyg i kampen mot proliferation men idag saknas det stöd från omvärlden som krävs för att PSI ska kunna agera effektivt i

---

<sup>12</sup> Bland annat genom amerikanska förslag på tillägg i The Convention of the Suppression of Unlawful Acts against the Safety of Maritime Navigation och dess protokoll från 1988.

<sup>13</sup> Michael Richardson, The Straits Times, den 25 oktober 2003

<sup>14</sup> State Dept Background Briefing on PSI, Federal News Service, den 9 september 2003

<sup>15</sup> Se KCNA, 13 september, ” U.S. Moves against DPRK under Fire”

<sup>16</sup> Uttalande av Leonid Moiseev, rysslands ambassadör i Australien, The Australian, den 14 oktober 2003

enlighet med dess målsättning. Någon resolution från FN:s säkerhetsråd till stöd för PSI-verksamheten är inte att vänta även om Ryssland och Kina skulle ändra sitt ställningstagande och ge sitt uttalade stöd. Detta då FN-resolutioner traditionellt endast utfärdas gentemot en specifik statlig aktör.

Det finns tecken på att utvecklingen styrs hårt av USA och att den lilla kärna av stater som PSI idag utgörs av kommer att förbli den grupp som har störst insyn i trender och tendenser inom området och som har inflytande över verksamhetens utveckling. Det innebär att övriga stater som ställer sig bakom initiativet riskerar att marginaliseras till en resursbas att utnyttja när uppgifter tyder på att dessa behövs vid varje enskilt tillfälle men som inte har något egentligt inflytande i hur verksamheten ska utvecklas eller inom vilka ramar den ska utföras. En sådan utveckling av PSI riskerar att skapa politiska konflikter på hög nivå och medföra att det internationella stödet för PSI-verksamheten som idag är ganska substantiellt kommer att reduceras med tiden.

Om däremot PSI-verksamheten i någon mån utvecklas genom ömsesidig samverkan och transparens och inte överskrider gränsen för vad som är förenligt med internationell rätt kan det amerikanska initiativet leda till att staters resurser i kampen mot proliferation koordineras på ett effektivt sätt. Därigenom kan den bli en framgång i kampen mot spridningen av ickekonventionella vapen och därmed relaterad utrustning.



# Biotekniken ger spännande applikationer för totalförsvaret

Lena Norlander

Utvecklingen inom områden med koppling till bioteknik har under de senaste decennierna gått mycket snabbt. FOI har nyligt sammanställt en rapport<sup>17</sup> som ger en exposé över de biotekniska tillämpningar som finns idag och vad den framtida teknikutvecklingen kan leda till i 5, 10 och 15 års perspektiv. Bioteknikområdet<sup>18</sup> karakteriseras av en snabb och stark utveckling vilken medför en rad försvarsintressanta tillämpningar. Området är brett och synergieffekter mellan bioteknik och andra områden medför att applikationerna spänner över ett flertal fält.

De flesta tillämpningarna återfinns inom det farmaceutiska och medicinska området då det främst är intresset från läkemedelsindustrin som varit pådrivande. De snabba och parallella utvecklingarna inom genetisk forskning och datorområdet har inneburit att det idag finns nya förutsättningar för diagnos och behandling av sjukdomar samt för läkemedelsutveckling. Utvecklingen av biosensorer och chipteknologi har tillsammans med den explosionsartade kunskapen om arvsmassan hos människa och hos ett flertal smittämnen öppnat nya möjligheter till tidig diagnos av infektionssjukdomar. Det möjliggör exempelvis mätning av små förändringar i kroppen vilket kan indikera en speciell infektion innan den gett symtom. Detta medför optimala möjligheter till behandling. Även andra typer av sjukdomar kommer sannolikt att kunna diagnosticeras betydligt tidigare i framtiden. Det kommer också att vara möjligt att med hjälp av enkla tester undersöka risken för att utveckla specifika sjukdomar, t.ex. diabetes. Arvsmassan ger information om den mest optimala behandlingen för en individ och varnar samtidigt för överkänslighet för vissa typer av farmaceutiska preparat.

## Profylax och behandling

När Sverige i ökad utsträckning deltar i internationella fredsbevarande och fredsframtvängande insatser ställs stora krav på att deltagarna är väl förberedda och har ett gott skydd. Ett primärt krav är att förhindra att svenskar under utlandstjänstgöringen drabbas av de infektionssjukdomar som naturligt grasserar i de aktuella regionerna eller exponeras för biologiska stridsmedel. Verksamma vacciner saknas mot många svåra virusjukdomar och mot flera potentiella biologiska stridsmedel. Vaccinutvecklingen karakteriseras av en strävan mot renare (ger inga bieffekter) och mer riktade vacciner som enbart fordrar ett vaccineringstillfälle och som ger skydd mot flera sjukdomar samtidigt. Inför ett FN-uppdrag skulle exempelvis en specialkomponerad regionspecifik ”vaccin-cocktail” kunna ges. I ett längre perspektiv kan alternativa vaccinationsvägar bli möjliga – kanske kommer framtidens vacciner att kunna ätas i stället för att de injiceras, vilket idag är den gängse metoden.

Framställningen av läkemedel har också revolutionerats av bioteknikens möjligheter och allt fler biotekniskt producerade produkter blir tillgängliga. I framtiden kan risken

---

<sup>17</sup> Biotekniken - ett expansivt forskningsområde med intressanta applikationer för totalförsvaret. FOI-R--0842--SE

<sup>18</sup> Enligt *European Federation for Biotechnology* definieras bioteknik som en syntes av biokemi, mikrobiologi och ingenjörsvetenskap med syfte att tekniskt utnyttja egenskaper hos mikroorganismer, cell- och vävnadskulturer eller beståndsdelar från celler.

för bieffekter minskas genom att läkemedel produceras i växter och djur. Därmed kan de i läkemedlet ingående molekylerna få den modifiering som gör att de accepteras som artegna produkter av människans organ och vävnader. Nya metoder för behandling av sjukdom eller i förebyggande syfte kommer att utvecklas som ett resultat av den omfattande kartläggningen av människans och ett stort antal smittämners arvs massa. Bland annat förväntas vi få en förbättrad insikt i hur kroppens försvarsmekanismer fungerar vid skada eller infektion.

## **Sensorer ger yttre och inre kontroll**

Ett område som FOI-rapporten belyser är sensorer och möjligheterna att med hjälp av dessa ”läsa av” omgivningen. Idag finns kommersiella portabla utrustningar som larmar för närvaro av kemiska stridsmedel och det har även utvecklats prototyper för motsvarande system för biologiska stridsmedel. I framtiden kommer sensorer och analysinstrument att kunna miniaturiseras till små enheter, exempelvis frimärksstora biosensorer, s.k. biochip, med kapacitet att samtidigt reagera på en lång rad ämnen. Ett biochip i form av ett armbandsur skulle kunna larma för förhöjda halter av skadliga ämnen i omgivningen och därmed bidra till att förebygga bestående skador. Ett annat biochip som opererats in under huden läser samtidigt av en rad fysiologiska parametrar hos individen. Den amerikanska marinen utför tester där bl.a. soldaternas hjärt- och andningsfrekvens samt blodtryck mäts kontinuerligt genom personliga sensorer som överför data till sjukvårdsledningen. Vid tecken till skada eller sjukdom kan relevant behandling därmed mycket snabbt sättas in. En fortsatt utveckling inom detta område bedöms inom en tioårsperiod förbättra sjukvårds- och sjuktransportledning i kris- och krigssituationer.

Utvecklingen av miniaturiserade system gör det möjligt att i framtiden integrera biosensorer i olika övervakningssystem, kopplade till kroppsinbäddade instrument för läkemedelsadministrering. Detta skulle kunna medföra kontrollerad läkemedelsdosering när nivåer av kritiska ämnen i kroppen blir alltför höga eller låga.

I en senare utvecklingsfas kan flera olika steg i en analysprocess integreras till en enhet, bl.a. lab-on-a-chip, där olika analystekniker kan kombineras på en mycket liten yta. I framtiden kan kanske vattenprovtagning och analys ske i ett integrerat fältanpassat system av en CD-skivas storlek. Inom dessa områden är det uppenbart att det finns attraktiva applikationer för svenskt totalförsvaret.

## **Biomaterial i många olika applikationer**

Den bioteknologiska utvecklingen har medfört att en mängd olika biomaterial idag kan framställas. Bland annat finns biomaterial för behandling av kroppsskador vilket kommer att förbättra möjligheterna att påskynda läkningsförloppet hos människor med svåra kroppsskador (trauman). Idag finns exempelvis biotekniskt framställd hud, blod och tillväxtfaktorer. Även skador i nervsystemet kommer i ökad utsträckning att kunna repareras. Utvecklingen av artificiellt blod har kommit längst och det finns idag prototyper (utvecklade av forskare vid FOI) som genomgår kliniska prövningar vid svenska sjukhus. Ett annat expansivt område är framställning av artificiell hud som skapas genom att odlade celler behandlas med bl.a. tillväxtfaktorer och det finns kommersiella produkter tillgängliga redan idag. I framtiden kommer det troligen också att finnas artificiella transplanterbara organ, bioorgan, vilket kommer att medföra stora förbättringar vid behandling av omfattande kroppsskador.

Andra typer av biomaterial utgörs av extremt starka fibrer som kan användas för att förbättra skyddskläder, t.ex. skottsäkra västar, och fallskärmar. Bland de mer spektakulära biomaterialen är spindelsilket, vars extraordinära egenskaper har attraherat forskare under det senaste decenniet. Spindelsilkesfibrer kan idag produceras i bl.a. växter och bibehåller då den naturliga styrkan och elasticiteten. Problem kvarstår dock med att finna metoder för att framställa ett material som är likvärdigt med spindelns trådar.

Ett annat koncept är kombinationen enzym-polymer i skyddskläder och återanvändbara svampar för sanering av kemiska stridsmedel. Försök pågår för att utnyttja konceptet genom att binda nedbrytande enzymer till textilfibrer för framställning av lätta och smidiga skyddsdräkter mot kemiska stridsmedel.

Biomaterial kan även utnyttjas inom molekylär elektronik vilket innebär att molekyler ingår i system för elektronik och informationsbehandling. Dagens samhälle är beroende av datorer och elektronik för att fungera och systemen ska klara av att hantera en ständigt ökande mängd information vilket kräver nya koncept. Kanske har vi i framtiden biodatorer där hårddisken lagrar stora mängder information i biologiskt material. Biodatorer som innehåller DNA beräknas i jämförelse med dagens datorer bli ca en miljard gånger mer energieffektiva och ha en biljon gånger högre lagringskapacitet. Men ännu återstår många år av utvecklingsarbete innan det finns en funktionell prototyp till biodator.

## **Prestationshöjande föda**

En spännande applikation av biotekniken är möjligheterna att ”förstärka” grödor och annan föda. Amerikanska armén bekostar utveckling av s.k. funktionell föda som har högre energiinnehåll och som ska bidra till att den enskilde soldaten presterar mer och har längre uthållighet. Sambandet mellan energirik och näringsriktig kost och den individuella prestationen är väl dokumenterad, t.ex. kan muskelmassan förbättras, immunförsvaret stärkas och förmågan att motstå stora påfrestningar ökas. Dessutom ger en mindre portion tillräcklig näring och energi vilket innebär förbättrade möjligheter att fältanpassa mat.

Utveckling och framställning av funktionell föda är ett resultat av att växter med hjälp av genetiska metoder tillförts främmande arvs massa som gör att de producerar önskvärda substanser, t.ex. vitaminer eller ämnen som förstärker immunförsvaret. Det kan även vara ämnen som har en positiv inverkan på både fysisk och psykisk prestationsförmåga, t.ex. koffein. Med den ökade kunskapen om människans arvs massa kan det på längre sikt bli möjligt att skräddarsy individanpassad kost för vistelse i specifika miljöer, exempelvis för FN-tjänstgöring.

## **Bioenergi och biosanering**

Bioteknologin utnyttjas också inom områden som rör vår energiförsörjning. Forskningen kring nya energikällor är bland annat fokuserad på bakteriebaserade bränslesystem med exempelvis bakterier som producerar etanol eller vätgas. I FOI-rapporten beskrivs ett av dessa system som innehåller genetiskt förändrade bakterier. De producerar kontinuerligt vätgas från sol och vatten. Vätgasen driver sedan en bränslecell där elektricitet alstras. Naval Research Laboratory i Washington, D.C., som har expertis inom området, har nyligt uppmärksammat konstruktionen av en sockerbaserad mikro-

biell bränslecell.<sup>19</sup> Bakterierna i denna bränslecell har förmåga att utnyttja en rad olika sockerarter varvid elektroner bildas. Här sker en direkt överföring av den energi som finns lagrad i kolhydrater till elektricitet genom att de alstrade elektronerna direkt överförs till en elektrod.

En attraktiv applikation av bioteknik är sanering av förorenade områden med hjälp av mikroorganismer, som tar upp ett giftigt ämne och bryter ned det till harmlösa avfallsprodukter. Mikroorganismer som naturligt har enzymsystem för detta kan genetiskt modifieras i syfte att optimera nedbrytningen. Biosanering har testats för många olika typer av förorenad mark, bl.a. har rester av explosivämnen och petroleumprodukter sanerats med hjälp av mikroorganismer. Ett relativt nytt och lovande biosaneringskoncept är växter som på naturlig väg har anpassat sig till en hög föroreningsgrad samt har förmåga att ta upp föroreningar genom rötterna och lagra dessa i växten. Dessa växter kan i likhet med mikroorganismer modifieras genetiskt till en förbättrad förmåga att ta hand om miljöföroreningar.

## Applikationer som påverkar hotbilden

Parallellt med att bioteknikområdet snabbt utvecklats har även riskerna för att de nya rönen skulle kunna utnyttjas inom vapenprogram diskuterats. Redan under 1970-talet när bioteknikens expansiva fas inleddes fanns farhågor för att teknikerna skulle kunna utnyttjas för konstruktion av förstärkta eller nya stridsmedel. Bland de scenarier som utmålades fanns biologiska stridsmedel som förändrats genetiskt i syfte att försvara diagnostik och försämrade behandlingsmöjligheter genom att antibiotikaresistens införts. Senare har farhågorna även rört möjligheterna att förstärka den sjukdomsalstrande förmågan hos organismerna genom att de producerar ämnen som försämrar människans immunförsvar eller gör tidigare vaccinering verkningslös. Vissa av dessa farhågor har besannats, bl.a. genom att framgångarna inom det tidigare sovjetiska programmet för utveckling av biologiska stridsmedel blivit kända. I syfte att förhindra spridning av kunskap och tekniker för vapenutveckling har finansiellt stöd i form av konverteringsprogram för den offensiva verksamheten organiserats av en rad västländer.

Biotekniken har medfört att många av de tidigare svårframställda organismerna och substanserna nu relativt enkelt kan produceras med hjälp av utrustning som har dubbel användning. Det kan exempelvis vara produktionsutrustning för vacciner eller insekticider för jordbruket som utnyttjas för framställning av stridsmedel. Det är den typ av utrustning som omfattas av de i ett flertal länder införda exportrestriktionsreglerna.

Publikationer under början av det nya seklet har åter skapat diskussioner om missutnyttjande av bioteknologi. Det har t.ex. visats att ett tidigare harmlöst virus gav dödlig sjukdom efter att en immunreglerande komponent tillförts viruset. Vidare kunde ett biologiskt aktivt virus konstrueras utifrån en publicerad sekvens för dess arvs massa. Detta är kunskap som gagnar den fortsatta vetenskapliga utvecklingen men den kan naturligtvis även utnyttjas för ett offensivt syfte om intentionerna finns. Med en fortsatt snabb utveckling inom detta teknikområde är det troligt att flera nyheter kommer att skapa oro parallellt med att en mängd glädjande framgångar och applikationer presenteras.

---

<sup>19</sup> Service, R.F. (2003) *Microbes Sweet on Making Power*. Science 301 (5639), 1453-1454; Chaudhuri, S. and D.R. Lovley. (2003) *Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells*. Nature Biotechnol 21, 1229-1232.