

**BRUSET SOM
BRYTER NED**

**MAN SLÅSS FÖR
SINA KOMPISAR**

**SKRÄMMANDE
NY TIDSÅLDER**

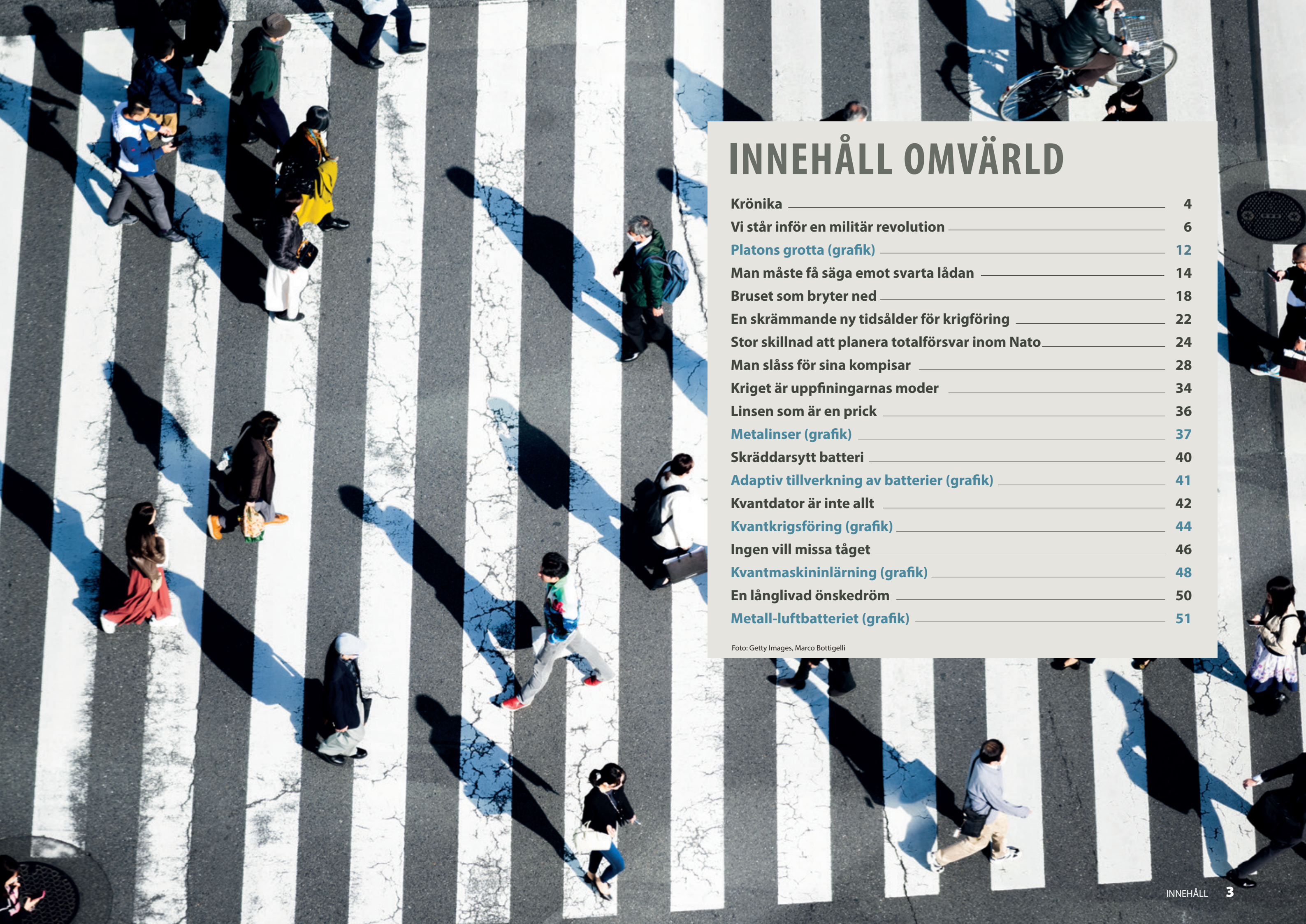
OMVÄRLD

TEKNISK PROGNOSE 2024

TEMA:

MÄNNISKAN

Vakande ögon i skyn, maskiner som fattar beslut i svarta lådor, bruset bryter ned oss på kontoret och i stridsvagnen. Människan blir mer och mer uppkopplad digitalt i en cybervärld. Det nya kriget är här och det militära yrket förändras.



INNEHÅLL OMVÄRLD

Krönika	4
Vi står inför en militär revolution	6
Platons grotta (grafik)	12
Man måste få säga emot svarta lådan	14
Bruset som bryter ned	18
En skrämmande ny tidsålder för krigföring	22
Stor skillnad att planera totalförsvar inom Nato	24
Man slåss för sina kompisar	28
Kriget är uppfostringsmoder	34
Linsen som är en prick	36
Metalinser (grafik)	37
Skräddarsytt batteri	40
Adaptiv tillverkning av batterier (grafik)	41
Kvantdator är inte allt	42
Kvantkrigsföring (grafik)	44
Ingen vill missa tåget	46
Kvantmaskininlärning (grafik)	48
En långlivad önskedröm	50
Metall-luftbatteriet (grafik)	51

Foto: Getty Images, Marco Bottigelli

KRÖNIKA

Människans roll i framtidens militära system

Vi står inför en ny era av militära system. En värld där digitalisering och automatisering snabbt förändrar vår verklighet. Den ökade användningen av artificiell intelligens (AI), robotik och automation ställer oss inför nya utmaningar och frågeställningar. En central fråga är hur vi hanterar dessa förändringar och vilka krav som kommer att ställas på framtidens officerare och ledare. Valet föll därför denna gång på temat – människan.

De avancerade AI-modellerna idag bedöms av vissa att nå en motsvarande IQ-nivå på 157, och den snabba utvecklingen gör att vissa bedömare tror att de nya modellerna som är planerade att lanseras under 2025 kommer att passera IQ185. Mänsklig IQ ligger runt 100.

MED DEN ÖKADE digitaliseringen kommer en risk för kognitiv överbelastning, oavsett diverse AI-hjälpmedel som digitala assistenter. Officerare och beslutsfattare måste hantera stora mängder data och fatta snabba beslut. Snabba beslut har alltid varit viktiga i militära situationer där vi ställs inför en duell mot en motståndare. Reglementen och militära läroböcker genom tiderna har ofta betonat behovet av chefens förmåga att ta initiativ och agera resolut. I armereglementet från 1964 kan man t.ex. läsa ”Obslutsamhet och uraktlåtenhet att handla ligger en chef mera till last än misstag i fråga om val av medel.” Detta ställer höga krav på chefens analytiska förmåga och stresshantering. Men det förhållningssättet förutsätter på sätt och vis att det är en annan mänsklig beslutsfattare vi ställs emot. Om striden leds helt utan mänsklig inblandning – av en maskin med långt högre

IQ än oss själva – vad händer då? Innebär det att etiska dilemman får stå tillbaka eller missas de helt för vi hinna inte ens uppfatta dem förrän det är för sent? Är OODA-loopen obsolet?

Framtidens officerare kommer inte bara att leda människor, utan även smarta maskiner. Detta kräver en ny typ av ledarskap som kombinerar teknisk kompetens med mänsklig empati. Ledare måste förstå både de tekniska aspekterna av AI och robotik samt hur dessa system påverkar människorna de leder. Men om framtidens krigföring blir allt mer autonom och maskindriven, kan det leda till att den traditionella militära hierarkin förändras? Istället för att utbilda officerare till att leda soldater i fält, kan deras roll förändras till att övervaka och programmera autonoma system?

Frågan uppstår, vad blir människans roll i det militära systemet i framtiden? Om AI-system och robotar kan fatta snabbare, mer exakta beslut och agera utan att påverkas av stress eller emotionella faktorer, kan det vara bättre att helt och hållet ta bort den mänskliga faktorn från vissa militära operationer? Men om så är fallet, vem tar det yttersta ansvaret när något går fel?

KONFLIKTEN I UKRAINA har visat hur privatpersoner och civila kan bli aktiva deltagare i kriget genom användning av modern teknik. Mobiltelefoner och sociala medier används för att skicka underrättelser och koordinera aktioner. Den digitaliserade krigföringen gör det svårare att skilja mellan civila och militära aktörer, vilket leder till en ökad risk för att civila dras in i konflikter på ett oönskat sätt. Idag har mobiltelefonen och civila drönare hamnat i centrum. Men vi kan nog anta att det civila samhället kommer att förfoga över många olika typer av autonoma system i framtiden som kan användas i en konflikt. De senaste årens snabba utveckling inom AI-området kommer oundvikligen att ställa den mänskliga aktören oavsett nivå, militär eller civil i en helt ny situation.

Man kan lätt fråga sig – är människan på väg ut ur systemet? Detta nummer av Omvärld väcker nog fler frågor än svar. Men ta del av innehållet och skaffa dig en egen uppfattning. Ju fler som börjar fundera på människans roll i det framtida försvaret desto bättre. Än så länge är det människan i centrum. □



Mikael Schönström, fil.dr. FMV
mikael.schonstrom@fmv.se
Projektledare Omvärldsbevakning
med teknisk prognos.

VI STÅR INFÖR EN MILITÄR REVOLUTION

Det nya kriget där artificiell intelligens i ett rasande tempo snabbt identifierar mål och som autonomt utan mänsklig interaktion föreslår och beslutar om vilka som ska dödas är ingen framtida skräckvision. Det kriget är redan här, det drivs av Israel och är på väg i Ukraina, säger Håkan Silverup, major och doktorand i sociologi. Han genomför nu sin forskarutbildning på Lunds Universitet och studerar generaler och amiraler och, som han själv beskriver, suttit som en fluga på väggen för att ta reda på vad de gör i sin vardag – hur deras verklighet ser ut.

Håkan Silverup berättar historien om Platons grotta för att beskriva hur vetenskapliga studier kan stödja och hjälpa till att förklara och förstå sociala konstruktioner och fenomen. Metaforen grottan är ett klassiskt exempel i filosofin som har tolkats av många och kan sägas illustrera att vi inte alltid själva ser verkligheten som den är utan som ett skuggspel.

– Ett skuggspel som kanske inte är den sanna verkligheten, vad nu en verklig verklighet är. För verkligheten är subjektiv som kanske inte är den verkliga sanna representationen av vår verklighet. Metaforen beskriver mänskligheten som fångar fastkedjade i en grotta. Bakom dem finns en eld vars sken bildar skuggor som syns på grottväggen framför fångarna. Fångarnas världsuppfattning bildas från skuggorna som projiceras framför dem, som i sig är ett bedrägligt sken och en verklighet skapad av någon annan. En dag lyckas en fånge smita ut, och ser vad som orsakar skuggorna. När fången återvänder för att berätta vad han sett möts han av misstro, "Inte kan vi tro på dig", säger Håkan Silverup.

– Jag känner mig ibland som den som smitit ut från grottan. Det är lättare att se vad som sker när man står utanför. Min resa handlar kanske inte om den geografiska förflyttningen utan mer om en vetenskaplig kunskapsresa genom en lång akademisk bildning på civila universitet.

Vad är det som Håkan Silverup ser?

– Det handlar om etik, våld och det militära yrket, den militära praktiken. Jag menar att vi står inför ett paradigmskifte vad gäller militärens yrkesroll, oaktat om det är officer eller specialistofficer. Det nya autonoma kriget innebär ett så stort steg att man kan tala om en ny militär revolution, ibland kallad RMA. (Se ruta nedan)

– När jag ryckte in som värnpliktig vid flyget i Karlsborg hade jag gått yrkesskola och var elektriker inriktad mot processindustrin. Befälen tyckte att jag skulle satsa på att bli flygmekaniker efter värnplikten, det här var under Viggeneperioden. Tiden gick via olika tekniska befattningar och jag gick sedan majorkursen för att bli chef för ett tekniskt kompani. Så blev det inte, tydligen hade jag utmärkt mig på kursen och föreslogs att bli adjutant hos dåvarande flygvapenchefen ▷





Foto: Getty Images, rbkomar

Mats Nilsson och sen också Jan Andersson. Då öppnades en helt ny värld för mig. Efter att ha varit adjutant och tjänstgjort utomlands och på förband hamnade jag på ledningsstaben i Högkvarteret för att stödja försvarsmaktsledningen i strategisk ledning samt forskning och utveckling för det framtida försvaret.

Livet för den unge Håkan Silverup i Mariestad hade inte bara kretsat kring elektricitet och reglersystem.

– Min bror jobbade i bokhandeln och försåg mig med böcker. Jag ville förstå världen och fick inte nog av att läsa och fundera på hur saker fungerade. Väl på ledningsstaben började en akademisk karriär vid sidan om det militära arbetet med veckovisa pendlingsresorna mellan Ängelholm och Stockholm.

– Jag läste in en fil.kand. i sociologi på Lunds universitet och en master i samma ämne på Stockholms universitet. Jag gick även en termin på King´s College i London och läste fördjupad militär sociologi, som sponsrades av Försvarsmakten. Dock har i princip alla studier skett utanför tjänstetid, på kvällar, nätter och helger. En av mina chefer, generallöjtnant Dennis Gyllensporre tyckte att jag skulle doktorera och jag försökte förgäves att

»Det går mycket fortare idag än vad vi kunde föreställa oss för 20 år sedan. Med artificiell intelligens och automatiserade system för verkan och ledning får en officer nästan ingen tid alls att analysera ett taktiskt och operativt beslutsunderlag.«

bli doktorand vid Försvarshögskolan. På egna meriter blev jag antagen vid Lunds universitet och sociologiska institutionen. Pandemin och kriget i Ukraina har försenat studierna med några år och jag hoppas att bli klar i slutet av 2025 eller början av 2026.

JAG HAR MÅNGA frågor att ställa och svaren finns inte alltid i Försvarsmakten. Jag måste söka mig utanför det militära etablissemang för att finna de teoretiska och vetenskapliga förklaringarna – på samma sätt som fången i Platons grotta sökte jag förklaringarna och svaren utanför Försvarsmakten, säger Håkan Silverup.

– Hur är militären organiserad, hur konstrueras den militära praktiken, hur påverkar tekniken människan? Vilken blir människans roll i det nya? Vad är det nya i vårt samhälle? Det är frågor som en sociolog ställer. Visionen om det nya kriget där sensorer kopplas direkt ihop med vapen är här och är till stora delar utan mänsklig interaktion. Hur kommer den militära yrkespraktiken se ut, vad gör det nya kriget med oss människor i det militära perspektivet?

– Det går mycket fortare idag än vad vi kunde föreställa oss för 20 år sedan. Med artificiell intelligens och automatiserade system för verkan och ledning får en officer nästan ingen tid alls att analysera ett taktiskt och operativt beslutsunderlag. Systemet arbetar i realtid och till stora delar autonomt. När sensorn hittar ett mål kan man skjuta direkt för att förgöra och döda, menar Håkan Silverup. Under min tid i flygvapnet kunde det ta mellan sex och tolv timmar från det att ett spaningsplan landade tills filmerna framkallades och tolkades - vilket ledde till ett beslut om en insats med attackviggen. Så, planeringcyklar på 12, 24, 48 och 72 timmar står sig slätt med det nya systemet som agerar i realtid.

Håkan Silverup beskrev det nya kriget i en debattartikel i september 2024 i Dagens Nyheter och hänvisade bland annat till en text i +972 Magazine som bevakar konflikten Israel–Palestina. Siffran 972 är i sig intressant då det är riktnummer som är gemensamt för båda sidor. Här skildrar Håkan det israeliska militära ledningssystemet Lavender som gör upp mållistor och kan registrera upp till 500 mål om dygnet. I detta system är människan näst intill urkopplad och systemet i sig är automatiserat från upptäckt av mänskliga mål till verkan med vapen. Detta ledningssystem har kallats för assassination factory, likt en fabrik med löpande band, som automatiserat och autonomt utför det dödliga militära våldet.

– I USA talar man om en kill-chain, den tid det tar från att sensorn upptäcker något till att målet träffas.

Idag är tiden mellan upptäckt och verkan i målet extremt kort med de nya tekniska systemen. Farten ökar med framtidens tekniska lösningar. Med innovationer som Military internet of things, nanoteknik, kvantdatorer, robotisering och generativ AI kommer farten att stegas rejält.

– När snabbheten tar över blir det på bekostnad av etiken, man kan säga att man blir etiskt fartblind, säger Håkan Silverup. Mänskliga beslut beror mycket på sinnesstämning och beslut som görs av människor kan svårigen förutse vad de kommer allt leda till. Det skulle då tala för att maskinen har en högre etik och precision i sina beslut. Att man kan skapa digitala algoritmer som är mer etiska än människan och är mer följsam till krigets lagar, menar Håkan Silverup.

Vid sidan om maskinernas krig finns fortfarande det manuella kriget kvar. Fortfarande kastar man handgranater, skjuter med handeldvapen och gräver skyttegravar.

– Det stora är att automatiseringen övergår till autonomi. Att både vapen- och ledningssystem självständigt agerar är inte nytt. Attackrobotar till Viggen valde själva sina mål när de lämnade planet. Skillnaden är att det nu är hela kedjan som blir allt mer autonom.

MED AI OCH autonoma system finns ingen plats för den noble riddaren, den store fältherren på sin vita springare. Dagens officerare som ska verka i den moderna militära organisationen måste ha ingående specialiserade kunskaper om management och teknik i vardag som i krig. Dagens militära problem och organisering är extremt komplex och kan inte lösas av enskilda individer. Dagens militära organisering och konstruktion är gjorda för enkla problem. Teorier, metoder och tankemönster från dåtiden är anpassade för en enda domän – idag är det fem, som ett exempel.

Samhället i övrigt går mot en djupare specialisering i sina områden. En läkare utbildas i nästan elva år för att kunna en begränsad del av kroppen.

– Man måste hitta nya verktyg för det moderna och ett sådant är kunskap – en heterogen och ingående militär expertis. För mig är försvaret fortfarande till stor del kvar i grottan, förtrollad av det bedrägliga skenet från skuggor som har rötter från en svunnen tid, menar Håkan Silverup.

– En norsk militär forskare, Tone Danielsen varnar för att om inte norska försvaret tänker om gällande sin syn på kunskap, en mer specialiserad och heterogen ansats, kommer försvaret snart att vara den sämst utbildade delen av norska samhället. Einstein sade att den kunskap som formulerar problemet inte kan inte lösa det. Einsteins visdom ligger i att man måste kunna omformulera problemet och ta en annan väg in än hur det är konstruerat. Då krävs en ny syn på kunskap än den som konstruerar militärens kunskapsbas idag.

– Det här är inget nytt, sociologer som Bengt Abrahamsson, Morris Janowitz, Samuel Huntington och Charles Moskos såg förändringen av militärens yrkespraktik för flera decennier sedan. ▸

SAMHÄLLET OCH MÄNSKLIGHETEN har förändrats radikalt från bondesamhället, via industrialiseringen till dagens samhälle av information och digitalisering där vi nu ser något nytt.

– Det nya kriget utvecklas i takt med att samhället förändras. Människan kopplas mer och mer ihop digitalt med en cybervärld. Det talas om en ny civilisation efter det vi nu kallar informationssamhället. Det är svårt att beskriva övergången när den sker och hur det kommer att se ut. Japans regering har lanserat tanken på society 5.0, en femte utgåvan av mänsklighetens civilisation. Det talas ibland om det smarta samhället där allt är sammankopplat, människa, via teknik och cyber. Med digitalisering, AI och ChatGPT är samhällets strukturer och organisering på väg mot något nytt. Detta undgår inte heller den militära institutionen. Och hur kommer vi svenska militärer anta detta nya? Vad blir den militära yrkespraktiken i society 5.0, frågar Håkan Silverup.

I DET NYA kriget blir våldet än mer byråkratiskt som den fabrik av krigets löpande band man ser i Israel. Det är i sig inte är något nytt, krig utövas av gigantiskt stora och rationella byråkratiska organisationer. Denna militära organisering blir allt som oftast instrumentell och känsloladdad och får vanliga människor att utöva det militära dödliga våldet utan att ifrågasätta det, säger Håkan Silverup.

–Våldet som social konstruktion finns inbyggt i den militära kulturen i både vardag, fred och krig. Våldet lärs in i vardagen och tillämpas i striden. Vardagens träning av våldet ter sig nyckfull då det sker en djup socialisering med våldet som utgångspunkt. Militära organisationer har stora problem med oönskat beteende och trakasserier som är en del i den social konstruktionen av det militära våldet – för det är en inneboende kraft som är större än bara att utöva det militära våldet.

– Studier visar att försvarsmakter är värst på sexuella trakasserier och övergrepp. I USA beräknas det ske 30 000 fall om året. Det är i första hand en social utstötningsprocess av de svaga, och dit hör kvinnor och män som inte anses hålla måttet och räknas som svaga. Detta skapar en förgiftad kultur av våld, säger Håkan Silverup. Det finns en stereotyp inställning att tuffa och fysiskt starka människor har större chans att överleva i krig.

– Kraftiga övertramp förekommer också i Försvarsmakten. Det händer att befäl slår soldater och att kvinnor blir sexuellt trakasserade. Förklaringen, i viss del, är den inneboende kraften med väpnat militärt våld. Det militära våldet som tränas för krig har också avarter – våldet är nyckfullt. Militären måste förstå våldets sociala konstruktion. Om inte militären lyckas med det har vi ett demokratiskt problem, menar Håkan Silverup.

– Våldet tar oanade vägar och måste förstås. Jag skrev en artikel i kriminalvårdens tidskrift med anledning av ett svenskt fall av tortyr på ett fängelse där man

»Det nya kriget utvecklas i takt med att samhället förändras. Människan kopplas mer och mer ihop digitalt med en cybervärld.«

kan anta att fängelseledningen inte hade en aning om vad brutalt våld är och hur det konstrueras i fängelser. Det finns ingående forskning som visar hur fängelsemiljön brutaliserar människor.

– Människan blir i vissa situationer brutal och våldet kan svårligen kontrolleras. Även i den mest moraliska av alla försvarsmakter, den israeliska, förekommer det övervåld. Bland annat torteras och skändas fångar, ser vi i rapporter från kriget. Jag föreläser om det militära dödliga våldet och brukar fråga vilket våld som är nödvändigt för att möta Rysslands extremt brutaliserade våld? Nu höjs det röster för att öka det militära våldet med klustervapen vilket i sig brutaliserar kriget än mer. Det är ett verkligt militärt moraliskt dilemma – hur krig brutaliserar människor.

MED KRIGET I Ukraina ställdes försvarsledningen inför en situation som inte har skett sedan andra världskriget. Ett krig i Europa i vilket Sverige aktivt och passivt deltar. Håkan Silverup har nu i mer än 400 timmar varit en fluga på väggen och följt generalerna och amiralerna i deras vardag och deras diskussioner under kriget.

– Det är en unik studie, säger Håkan Silverup. Forskningen har en sociologiskt och etnografisk ansats på vad den högsta militära ledningen gör i vardagen – så det är en studie i andan av Platons grotta – hur spelas deras verklighet upp, hur konstrueras skuggspelet som förekommer hos generalerna, som så få har tillgång till, och kan möjligen för första gången vetenskapligt förstås. Det kommer att vara en upptäckt vad generalers verkliga verklighet är. Det kanske kan bli en bok med tiden som förhoppningsvis kommer att väcka en viss debatt. □



»Människan blir i vissa situationer brutal och våldet kan svårligen kontrolleras.«

RMA i korthet

Michael Roberts var 1944–46 brittisk kulturattaché i Stockholm. Han gillade Sverige och svensk kultur i allmänhet och svensk historia och Gustav II Adolf i synnerhet. Han talade svenska och översatte Bellman och Birger Sjöberg till engelska. Han valdes 1963 in i Vetenskapsakademien.

Han var under många år professor i historia i Belfast. 1955 höll han en föreläsning som lämnar ringar på vattnet även i dag. Han studerade Europa 1560–1660 och beskrev Gustav II Adolfs krigskonst som en revolution in military affairs, RMA. Och därmed hade akademien fått något att vrida och vända på. Vad var RMA? Vad var inte RMA?

RMA försökte förklara hur ett splittrat Europa med vapen erövrade världen. Den moderna europeiska staten var gjord för krig. RMA nämndes i alla verk av betydelse som handlade om Europa och krig. Debatten löpte från antika Kina fram till industrisamhället. Men den höll sig inom akademien. Så kom första Irakkriget och den sovjetiske marskalken Nikolaj Ogarkov, som förmodligen läst mer än militärkurser, skrev att det vi nu såg i form av nätverk, precisionsvapen och sensorer var en militärteknologisk revolution. Pentagonstrategen Andrew Marshall – som blev 98 år och tjänstgjorde under åtta presidenter – hängde på och så rullade RMA-tåget igång. En pensionerad amerikansk amiral, William Owens höll föredrag i Stockholm och ledde konsultföretaget Saic som fick ett stort uppdrag att studera det svenska försvaret ur ett RMA-perspektiv.

FOA och FMV gjorde 2001 en ambitiös studie, Forma (forskning om RMA). Studiens populärversion tolkades av Natovänner som ett bevis på att Sverige inte kunde försvara sig. Så den ”försvann” från FOA.

I dag kan den beställas från Totalförsvarets forskningsinstitut.

RMA-vågen ebbade ut och in kom nästa våg – NBF, det nätverksbaserade försvaret.

Michael Roberts böcker om svensk historia på svenska finns fortfarande att köpa. □

PLATONS GROTTA

Platons grottoliknelse bygger på att våra förutfattade meningar och brist på information gör att vi blir oförmögna att se den sanna verkligheten – det som händer utanför grottan, den sanna verkligheten som vi alla lever i. Militärens verklighetsbegrepp riskerar på samma sätt att till viss del bli illusorisk, snedvriden och tappa sin djupaste relevans. Militären krigar sällan det fullständiga kriget varvid man lätt skapar en skenbar verklighet i vardagen – en fiktiv verklighet.



MAN MÅSTE FÅ SÄGA EMOT SVARTA LÅDAN

Framtidens officerare ska leva i en värld där de svarta lådorna blir fler och större. Hur ska de förberedas för det? En officer utbildas för att kunna besluta och bedöma i svåra situationer. För att förstå den svarta lådan måste man förstå varifrån lådan har fått det som den presenterar. Och officeren måste lära sig att det ibland är rätt att bryta mot order och regler, vilket ju är precis vad en AI är uppbyggt utav, regler. Det säger Daniel Thenander, som arbetar som lärare i militärteknik vid Försvarshögskolan, FHS.

Det som påverkat Daniel Thenanders förmåga till att analysera mänsklig kompetens är förutom att vara officer, civilingenjör och civilekonom, den erfarenhet han fått av att som han skämtsamt kallar det, utöva extremsporten "att vara människa bland människor".

– Detta har varit en viktig del för att förstå det hot som den regelbaserade världen idag möter när ledande statschefer hävdar fejk news och våra närmsta fiender använder den dagligen med stöd av automatiserade system baserade på AI-teknologi, bland annat sociala medier, säger Daniel Thenander.

Ett bra exempel på att bryta mot regler var när dåvarande sovjetiske överstelöjtnanten Stanislav Petrov 1983 kanske räddade världen från en kärnvapenkatastrof. Den svarta lådan sade åt honom att ameri-

kanska kärnvapenrobotar var på väg. Stanislav Petrov kunde de amerikanska och sovjetiska kärnvapendoktrinerna. Han litade på sitt sunda förnuft och hade en egen förståelse. Enligt reglerna skulle han skicka informationen från lådan upp i hierarkin. Risken var då stor att det skulle resultera i att Sovjet avfyrade kärnvapenrobotar, så Stanislav Petrov väntade. Minuterna tickade iväg och inget hände. Han kunde andas ut och behöll sin hemlighet under många år. Han var en person som kunde ta ett eget beslut trots trycket från organisationen och gruppen.

DANIEL THENANDER SÄGER att hans huvuduppgift som lärare är att sätta in det som lärs ur i ett sammanhang: varför – därför.

– Nyckeln till förståelse är att se till nyttan. Jag kanske inte fattar vad som finns i lådan eller hur den kommer fram till beslut, men jag måste förstå

Foto: Getty Images, Heath Korvola

nyttan med lådan. Jag kan se lådan som en begriplig förenkling. En pilot får den viktigaste informationen presenterad framför sig på en genomsiktig skärm, sammanfattat på en Head-Up-Display. Enkelhet har alltid varit bäst för att skapa förståelse, detsamma gäller för all kommunikation, säger Daniel Thenander som är kommunikolog och har studerat det gemensamma inom kommunikation och förändring.

Vi lever i en vardag av svarta lådor och har aldrig använt så mycket teknik som idag, men tekniken är inkapslad, funktionen dold. Förr kunde en normalhändig person komma långt med en verkstadshandbok för att meka med bilen, idag kan man som bäst fylla på spolarvätska. Armbandsklockan har alltid varit en form av svart låda, men den smarta klockan ger sken av att vara mänsklig. Den belönar ett motionspass med uppmuntrningar, bra jobbat! Det går bra nu. ▸

»Förr kunde en normalhändig person komma långt med en verkstadshandbok för att meka med bilen, idag kan man som bäst fylla på spolarvätska.«



»Vi har alla liknande potential medan generellt män har smalband och kvinnor bredband. Vilket skulle kunna vara en anledning till att kvinnor kan bearbeta information bättre och därmed ta bättre beslut och således vara bättre officerare.«

– Datorn är en annan svart låda som Steve Jobs gjorde begriplig med ett gränssnitt som var logiskt och intuitivt, det fick jag lära mig i min första kurs på högskolan, säger Daniel Thenander. En del var med PC, den andra delen med Mac, och min första upplevelse var att Mac var gjord för användare medan PC för utvecklare. Mac:en byggde bland annat på bilder istället för text.

– Det farliga med den svarta lådan är att vi tror att den är mänsklig, säger Daniel Thenander. Den svarta lådan har ingen själ, ingen moral och saknar förmågan till att bygga relationer oavsett hur många neurala nätverk den simulerar en hjärna med. Artificiell intelligens, AI och generativ AI är bara ettor och nollor. När texten presenteras ska man veta att den bara är statistik. AI är så svårt att förklara att det växt fram ett begrepp, förklarbar AI. Men är det artificiell intelligens om den går att förklara? Jag tror inte det, en människa som inte kan värdera till exempel känslor kallas ibland för psykopat. Innebär det att den svarta lådan också kan påvisa psykopatiska beteenden?

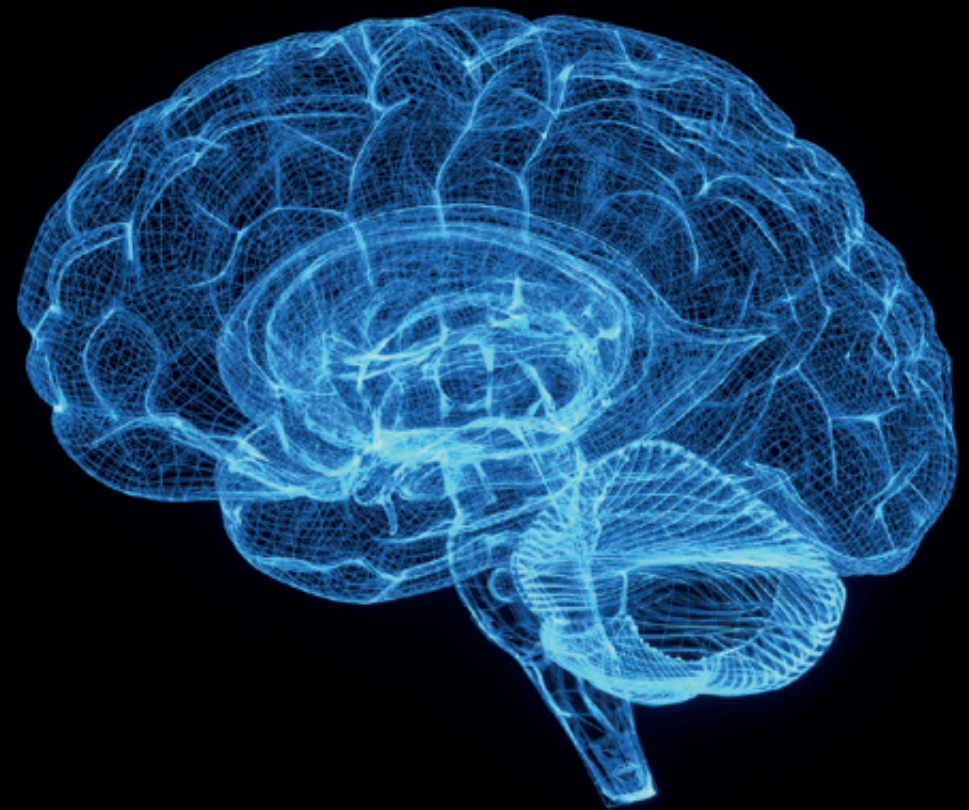
– Vi kan gå till vår egen svarta låda, säger Daniel Thenander, det är för de flesta av oss vår hjärna. Vi vet inte hur vi tänker även om vi kan bygga teorier om det. På FHS använder vi vedertagna begrepp i undervisningen för att underlätta lärandet. Men vi kan inte titta in i hjärnan på studenten och se om begreppen hjälper. Allt kanske inte kan förstås, då blir det viktigt att förstå nyttan. Till exempel behöver Försvarsmakten ha en spårbarhet i sin organisation och därför bli bättre på att dokumentera för att kunna svara på frågan, hur man kom fram till ett beslut. Det hänger fortfarande mer på den som dokumenterar än på rutiner och processer. Det är särskilt viktigt när Försvarsmakten växer. Det kommer in fler kompetenser, men många personer saknar en koppling till det militära sammanhanget.

DANIEL THENANDER TALAR mycket om knopp och kropp. Och att kroppen är byggd med diagonaler. En skada i den högra hjärnhalvan påverkar den vänstra delen av kroppen. I hjärnan går ord långsamt från vänster till höger medan bilder går snabbt från höger till vänster. Hjärnans "kabel" Corpus Callosum har olika tjocklek hos män och kvinnor.

– Vi har alla liknande potential medan generellt män har smalband och kvinnor bredband. Vilket skulle kunna vara en anledning till att kvinnor kan bearbeta information bättre och därmed ta bättre beslut och således vara bättre officerare.

– Även en organisation kan ses som en svart låda som vaktas av allt från kundtjänstens konstgjorda röster till kommunikatörer. Att kontakta Försvarsmakten kan vara som ett mörker, det är som att prata med en robot när du inte vet vem du ska tala med, säger

Foto: Getty Images, Andriy Onufriyenko



Daniel Thenander. En chef administrerar medan en ledare skapar utveckling.

DET GÅR DOCK att bryta upp den svarta militära lådan. I Afghanistan var det en amerikansk general som hade videokonferens med alla berörda oavsett grad eller rang. Alla fick tala fritt och tack vare ett nytt sätt att kommunicera transparent, öppet och bidragande. Därmed gick man från fyra rader om dygnet till 400 på en kort tid genom att alla fick samma bild och förståelse och kunde dra åt samma håll. Tekniken gjorde den svarta lådan tillgänglig. En soldat idag kan få veta i stort vad brigaden gör utan att se allt i detalj. Den svarta lådan måste stödja människor och bygga på människors förståelse. Så var det inte förr men bristen på insyn accepteras inte idag för vi lever i ett helt annat samhälle idag. Många av de högre cheferna inom Försvarsmakten som jag träffat är väldigt kompetenta och otroligt erfarna, frågan är om de är medvetna om sin egen svarta låda då de flesta gjort karriär på att förminska och förvalta en försvarsmakt som idag kräver innovation och tillväxt. Det sker ett kulturskifte där vi går från en förvaltningslogik till att skapa krigsförmåga då vi till viss del kan använda AI till att sköta regler och förvaltning. Men jag har svårt att se att en svart låda ska sköta vår förmåga till att kriga.

– Håkan Silverups metafor om Platons utforskande av vår skugga kan ses som en liknelse med den svarta lådan, ett system som vi inte förstår ännu, och då blir utforskandet av vår egen svarta låda, hjärnan, än mer kritisk och måste sättas i centrum för vår egen individuella förmågeutveckling. Att fokusera på att nyttja

AI och dess förmågor måste sättas i perspektivet att tekniken i sig inte har ett egenvärde, bara om vi som människor kan nyttja den.

– På samma sätt måste vi se oss själva och vårt egenvärde som innefattar att ta beslut, bedöma och värdera information, oavsett vart den kommer ifrån.

AI kan hjälpa oss med att hantera informationsflödet för att minska risken att vår kognitiva förmåga drabbas av att vårt arbetsminne överbelastas som Martin Larsson säger i en annan artikel.

– Det kommer att krävas mer av vår kognitiva förmåga. Enligt Nato väntas den kognitiva krigsföringen övergå i en sjätte domän, den mänskliga hjärnan. Därför måste vi utveckla oss själva, inte bara utveckla tekniska system och öka användningen av AI. Självklart ska vi hänga med och utveckla vår förmåga till att nyttja AI och autonoma system, men inte mer än att vår egen svarta låda, hjärnan, får hänga med som bedömare.

– Vi måste kvarstå som kvalitetssäkrare för mänsklig kompetens, att ta beslut och göra bedömningar, för att säkerställa att inget autonomt system tar dessa beslut på bedömningar gjorda på statistiskt sammansatta ordföljder av bokstäver. Ett hjälpmedel kan vara att studera hjärnan som en funktionell helhet och det som Matti Bergström, systemisk hjärnforskare, kommit fram till för cirka 20 år sedan. Istället för att vänta på en superintelligens som springer ur en AI, måste vi utforska våra egna beteenden och vad som styr dessa på individnivå och hitta vårt egenvärde och använda det för att kunna vara människa bland människor.

Det är det som kan ge nytta för att leva, inte att tekniken i sig ska styra våra liv och än mindre våra krig. □



BRUSET SOM BRYTER NED

Bruset finns på kontoret. Bruset finns i stridsvagnen. Bruset bryter ned den kognitiva förmågan. I det ligger saker som att kunna fatta beslut, vara koncentrerad, planera och att vara flexibel. Vi måste lära oss att använda hjärnan rätt. Om 20 år kommer den kognitiva förmågan utgöra 75 procent av en soldats stridsvärde.

Vår huvuduppgift är att öka Försvarsmaktens förmåga. Människan är en stor förmågeskapare och kan man bara höja nivån lite grann på den stora massan så ger det en stor effekt på helheten. Vi lägger en grund, förbättrar arbetsmiljön och med utbildning och träning kan vi öka den kognitiva förmågan, säger Martin Larsson vid Försvarshälsan vid Ledningsregimentet i Enköping.

Martin Larsson är hälsopedagog. Det är tre års utbildning där man lär sig om sömn, mat och hälsa och hur det påverkar människan. Martin Larsson arbetade i elva på på Danderyds sjukhus med att rehabilitera personer som fått nedsatt kognitiv förmåga efter hjärnskador.

– Jag kom till Försvarsmakten som hälsopedagog till Försvarshälsan för att i första hand arbeta med arbetsmiljö och levnadsvanor. Försvarshälsan funktionstyrts av generalläkaravdelningen på försvarsstaben.

– Hit kom den som hade ont i foten. Nu är vi också utredande och försöker förstå varför. Vi är inte bara förebyggande utan också vad vi kallar stärkande för att få en buffert mot ohälsa och höja kapaciteten. Det finns en poäng med att ha verksamheten internt. Man

kan koppla vad som sker till sammanhanget, säger Martin Larsson.

– Vår pedagogik går ut på att med användarvänligt studiematerial höja medvetenheten om vikten av att ta hand om sig. En resiliert hälsa ökar motståndskraften mot till exempel infektioner, sjukdomar och psykisk ohälsa som i krig är vanligare än stridsskador. Robusta personer klarar påfrestningar bättre. Vi har ett lag med läkare, sjuksköterskor och psykologer som ser till hela människan, säger Martin Larsson.

KOGNITION ÄR ATT ta in och hantera information och intryck. Man kan inte klara mer information än vad man kan ta till sig. Annars belastas den kognitiva förmågan.

– I gårdagens stridsvagn kanske det räckte med att dra i några spakar. Nu är en operatör omgiven av skärmar, blinkande lampor, information i hörlurar och samtidigt ska människan ha överblick över läget och veta vad som ska göras. Miljön är mer komplex samtidigt som den kognitiva belastningen, bruset ökar, säger Martin Larsson.

– Bruset finns även på kontoret. Man är inne i något och så knackar det på dörren. Hjärnan har, ▸

»När man har ätit och sovit för lite klarar man ändå av det fysiska ett bra tag. Det första som faller är den kognitiva förmågan«

likt en dator, mappar och flikar som slås samman när vi störs. Det tar minst en kvart att komma på spåret igen. Ju större störning desto mer tid går åt för återhämtning.

I BEGREPPET FYSISKT stridsvärde ingår psykologiska faktorer som motivation och motståndsvilja. Martin Larsson menar att en tredje faktor förutom det fysiska och psykiska är den kognitiva förmågan.

– Den är inte definierad, men om tio år kommer den nog att tas mer på allvar och spela en större roll. Kognitiv förmåga ingår bara till viss del i dagens urvalsprocess.

Martin Larsson talar om hjärnans förmåga, arbetsmiljö och ergonomi. På samma sätt som vi ska sitta rätt på stolen ska vi också använda hjärnan rätt. Som exempel på kognitiva förmågor nämner Martin Larsson, beslut, planering, uppmärksamhet, situationsuppfattning och flexibilitet. Listan kan göras mycket längre.

– När man har ätit och sovit för lite klarar man ändå av det fysiska ett bra tag. Det första som faller är den kognitiva förmågan, säger Martin Larsson.

Om baskunskaper är grunden till huset är de kognitiva förmågorna huset. Ju bättre grund desto större hus. Vi kan lära oss ett ordbehandlingsprogram, men det gör oss inte till skribenter. För det behövs bland annat kreativitet. På samma sätt så ger formella kunskaper inte hela bilden av en människas förmåga.

– En studie av amerikanska militärer visade att de som gick vidare i karriären inte nödvändigtvis var de med de bästa formella kunskaperna, säger Martin Larsson. Det var förmågorna som avgjorde och jag tror att deras betydelse kommer att öka.

– När man går från en statisk till en dynamisk miljö räcker inte baskunskaperna. Plötsligt händer något oväntat i lägesbilden. Då krävs det kognitiva förmågor för att se genom krigets dimmor. Och när vi börjar bli trötta är det större risk att vi låter det automatiska tänkandet ta över på bekostnad av det eftertänksamma tänkandet.

MARTIN LARSSON SÄGER att innovationsförmåga kan tränas. Kriget i Ukraina har visat att kriget föder

innovationer, men man kan enligt Martin Larsson höja innovationsförmågan genom träning i fred.

Kriget i Ukraina och Mellanöstern har väckt frågan om krig har tagit en ny form. Det talas om det nya kriget, slagfältet där det inte går att gömma sig, autonoma beslutssystem i vars höga tempo människan har svårt att hänga med. Svenska soldater kanske skickas till Arktis.

– Det blir fler hårda miljöer som vi måste anpassa utbildningen till, säger Martin Larsson. Det kommer att krävas mer av soldaten på samma sätt som kraven ökar på arbetsplatser och i skolor. Det blir färre enklare arbeten och försvaret kallar inte in några malajer. Försvarsmakten är liten och måste satsa på kvalitet och då måste man satsa på människor, säger Martin Larsson.

Martin Larsson tror att det alltid kommer att finnas en människa i beslutsprocessen. De svarta lådorna kan visserligen ta över många kognitiva förmågor som planering, situationsmedvetenhet och beslutsfattande men lådorna är skapade av människan och kan samtidigt vara till en stor hjälp.

– Om den kognitiva förmågan för 20 år sedan utgjorde 25 procent av en soldats förmåga är den idag hälften och om 20 år kommer en soldats totala förmåga att till 75 procent bestå av kognitiv förmåga. Det är ungefär vad som idag krävs av officerare på taktisk och operativ nivå. □

» Om den kognitiva förmågan för 20 år sedan utgjorde 25 procent av en soldats förmåga är den idag hälften och om 20 år kommer en soldats totala förmåga att till 75 procent bestå av kognitiv förmåga«



En skrämmande ny tidsålder för krigföring

Det talas nu mycket om det så kallade nya kriget. En del hävdar att det är en militär revolution. Kriget i Ukraina har blivit ett genombrott för drönare. Slagfältet har blivit genomsnittligt. Det finns ingenstans att gömma sig.

Alastair Finlan är professor i krigsvetenskap vid Forsvarshögskolan och säger att krigets karaktär snabbt har förändrats i Ukraina.



Ny teknik som drönare som via en kamera styrs av en operatör, så kallad first person view, FPV, kamikaze-drönare med lång räckvidd, hypersoniska robotar och precisionsglidbomber har kraftigt komplicerat modern krigföring. Nu kan en dyr stridsvagn eller en grupp av stridsvagnar som kostar miljontals kronor med värdefulla utbildade soldater förstöras av FPV-drönare som kostar bara tusentals kronor av människor utan militära färdigheter. Alla viktiga militära och civila mål som ledarskapshubbar och vital industri kan träffas exakt med robotar och drönare med lång räckvidd.

Alastair Finlan säger att det är en "skrämmande ny tidsålder" för krigföring som kräver ny taktik, strategi och tänkande kring användandet av militär makt.

EN ÖVERSTE I Österrike, Dr Markus Reisner, hävdar att det finns arméer i evolution som till exempel inom Nato och därmed också i Sverige och arméer i revolution som i Ryssland och Ukraina. Problemet för arméer i evolution är att anpassa sig till den nya verkligheten

på slagfältet eftersom arméer i revolution har en fördel över dem.

– Tillsammans med artificiell intelligens tror jag att vi ser en ny militär revolution, revolution in military affairs, RMA utvecklas och det är avgörande att arméerna anpassar sig snabbt. Annars kommer nästa krig efter Ukraina att bli smärtsamt för arméer som inte inser att ny teknik och gammal teknik som artilleri och luftvärn samt behovet av ett stort antal soldater är avgörande för framgång. Rymdbaserade förmågor som satelliter har skapat ett transparent slagfält. Detta innebär att gamla idéer om att använda traditionella militära formationer som brigader och divisioner behöver en ny doktrin, säger Alastair Finlan.

I Ukraina, Gaza och Libanon drabbas civila. Militären talar om oönskade sidoskador. Andra hävdar att civila är måltavlor.

Alastair Finlan menar att det är en stor skillnad mellan kriget i Ukraina och krigen i Gaza och Libanon.

– I Ukraina är militära mål i fokus. I Gaza och Libanon är det civila som står i fokus. Varje krig har ett syfte. Det kan skilja mycket mellan olika syften och antalet döda civila är en tydlig indikator på vad syftet är.

En amerikansk överste och flygteoretiker John Warden utarbetade en teori för hur ett land skulle angripas. Han delade upp samhället i fem koncentrisk ringar. Ledarskapet har högst prioritet och befolkningen kommer före krigsmakten som är den yttersta ringen. Teorin är omstridd. Gäller den fortfarande?

– Ja, men med dagens vapen kan det göras snabbare och med mer flexibilitet och med mycket mindre risk för piloter om drönare och robotar används. Den stora skillnaden idag är att takten i operationerna kan vara mycket snabbare.

Kommer det att lyckas?

– Det beror på samhällets motståndskraft och styrkan i den politiska viljan och den militära förmågan att försvara viktiga mål.

Sverige och Finland är nya medlemmar i Nato som nu kan spela en större roll i norra Europa och på den allt viktigare Nordkalotten. I Sverige handlade Natofrågan i början om att vi skulle få hjälp av Nato. Nu är det tydligt att Nato vill ha något av Sverige. Nato har lämnat de låga anslagens tid. Men därmed är inte alla problem lösta. Och vad kan de svenska bidragen vara?

– Nato är en mycket gammal allians, men det tog många år innan den blev effektiv. Mot slutet av det kalla kriget var den mycket effektiv med innovativa idéer om krigföring och strategi, säger Alastair Finlan.

»Varje krig har ett syfte. Det kan skilja mycket mellan olika syften och antalet döda civila är en tydlig indikator på vad syftet är.«

– Det finns många bra förmågor i Nato, men problemet är att kriget i Ukraina har tömt alliansen på resurser i form av robotar, artilleri och ammunition. Nato måste också anpassa sina idéer om modern krigföring eftersom erfarenheterna från Ukraina har visat på många brister.

– Sverige är en bra partner för Nato eftersom vi tillför mycket till alliansen, från baser till försvarsindustri och en djup förståelse för de unika svårigheter som krigföring i norra Europa innebär.

Den svenska försvarsindustrin har sedan andra världskriget varit en del av säkerhetspolitiken. Neutraliteten skulle försvaras med ett starkt försvar och en egen försvarsindustri. Nu bygger Sverige säkerheten på en allians. Gäller fortfarande det säkerhetspolitiska argumentet för en stark försvarsindustri?

– Den svenska försvarsindustrin är viktigare nu än någonsin. Den är en vital del av det svenska försvaret. Det är avgörande att den nu har resurser att starta massproduktion av viktig militär utrustning och framför allt ammunition. Modern krigföring använder enorma mängder ammunition, men det tar tid att tillverka precisionsvapen.

Regeringen och militärledningen säger att det säkerhetspolitiska läget nu är värre än under kalla kriget när världen ett par gånger stod nära kärnvapenkatastrofen. Men har inte säkerheten stärkts nu när Sverige inte längre ska klara sig på egen hand utan har en militärallians i ryggen?

– Jo, jag håller med om det. Det finns många fördelar med att vara med i Nato, men det finns också en brasklapp som Storbritannien oroade sig för under hela kalla kriget. Kommer USA att strida i en kris för att skydda Europa? Det har alltid funnits en stark isolationistisk trend i USA som ofta påverkas av vem som är president. Hittills har USA alltid ställt upp, men det finns ingen garanti. □



Foto: Getty Images, yangphoto

STOR SKILLNAD ATT PLANERA TOTALFÖRSVAR INOM NATO

Samhället rustar åter för krig. De som byggde upp civilförsvaret under kalla kriget hade färsk erfarenheter från andra världskriget. Nu ska nya generationer skapa det nya civila försvaret under andra förutsättningar. Det gamla tankegodset är delvis obsolet, säger Freddy Jönsson Hanberg styrelseordförande i Totalförsvarsstiftelsen. Det behövs nytänk som till exempel en central stab för det civila försvaret.

Under Kalla kriget hade staten en helt annan rådighet över samhällets resurser än i dag och det kommer att ta lång tid att bygga en tillräckligt god beredskap, säger Freddy Jönsson Hanberg.

– Det finns stora brister över hela linjen. Det dröjer länge innan det ekonomiska försvaret har fått en struktur. Bäst har det gått med anpassningen till Nato eftersom vi tack vare medlemskapet i Partnerskap för fred landade springande. Det är ett annat hot- och risklandskap nu. När det kalla kriget slutade började digitaliseringen som förändrat hela samhället. Under kalla kriget hade få svenskar deltagit i strid. Med insatserna i Balkan och Afghanistan har många fått stridserfarenhet. Det är en enorm skillnad att planera totalförsvaret inom ramen för Nato. Förut skulle vi göra allt själva. Nu kan vi få hjälp av andra. Den viktigaste aktören för samhällets robusthet är EU vars direktiv i dessa frågor är på väg att bli lag. Nato har även en civil beredskap, men inte alls i samma omfattning som EU.

Några tecken på omställningen:

- Den helt nya myndigheten för totalförsvarsanalys skall mäta hur det går med planering och genomförande av totalförsvarets återuppbyggnad.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB byter namn till myndigheten för civilt försvar under ledning av generalen Mikael Frisell som kommer från Försvarets materielverk.

– Vilken roll som den nya myndigheten kommer att spela är inte klart. En del uppgifter som till exempel cyberförsvar kan lämpligtvis överföras till det nationella cyberförsvarscentret under ledning av Försvarets radioanstalt, FRA. Om MCF ska få mer rådighet än MSB handlar till stor del om de grundlagar som reglerar hur myndigheter ska samverka. Man kan tänka sig en motsvarighet till den förvaltningsberedskap i form av en nödlägeslagstiftning som finns i Finland där en myndighet har rådighet över andra myndigheter, säger Freddy Jönsson Hanberg. ▸

»När det kalla kriget slutade började digitaliseringen som förändrat hela samhället. Under kalla kriget hade få svenskar deltagit i strid. Med insatserna i Balkan och Afghanistan har många fått stridserfarenhet.«



Foto: Getty Images, Sean Gladwell

Freddy Jönsson Hanberg, styrelseordförande för Totalförsvarsstiftelsen.

PLANERINGEN AV DET militära försvaret styrs till stor del av kriget i Ukraina. Militärer över hela världen analyserar, drar slutsatser och omprövar. Försvarsmyndigheter har fått uppdrag att omsätta erfarenheterna.

I Ukraina spelade internet redan från första dagen en viktig roll. Civila använde sina mobiler för att hålla försvarsledningen underrättad. Och nu kan man få varningar i en app om hot från flyganfall och andra strider.

– Något sådant har jag inte hört talas om i Sverige, säger Freddy Jönsson Hanberg. Det närmaste vi kan komma är väl sms om viktigt meddelande till allmänheten.

Cyberattacker och samhällets sårbarhet är ett mantra som upprepas. Det digitala samhället saknar en plan B. Men kan inte förlita sig på digitala lösningar.

Nu när Ukrainakriget är på väg in i sitt tredje år verkar det som om det trots allt fungerat.

– Internet skapades ju för att informationen skulle hitta vägar och nå fram. Bandbredden kanske inte är densamma, men det fungerar.

En intressant jämförelse är kraftförsörjningen där Ukraina har ett decentraliserat nät och Sverige ett centraliserat.

– I det svenska elnätet skickas strömmen över landet i ganska ”smala rör”. Ukrainas elnät är inte alls lika sårbart. Med förnybara energisystem har Sverige försökt återgå till den decentraliserade distributionen med lokala nät, men problemet är att när allt ska vara uppkopplat i nationella och internationella nät skapar det obalanser. Om något händer så kopplar man bort de lokala näten. På enstaka platser försöker man återskapa den ödrift som en gång byggdes av beredskapsskäl. Det finns fungerande modeller för ödrift, men det måste finnas på många platser för att vara effektivt. Jag ser tyvärr ingen systematisk utbyggnad av ödriften.

I FÖRSVARSPROPOSITIONEN HÖSTEN 2024

talas om ett väpnad angrepp på Sverige och grannländer. Freddy Jönsson Hanberg ser ett möjligt grundscenario i att Finland och Baltikum angrips och Sverige, Danmark och Norge ska under Nato-ledning lämna stöd. Ryssland kommer i så fall att försöka störa det svenska stödet så man får räkna med fjärrbekämpning. Det stora angreppet i form av land- och sjöinvasion av Sverige är inte troligt. Möjligt kan Gotland vara hotat.

»Jag tycker att man skulle inrätta en civil motsvarighet till försvarsstaben. Den civila försvarsstaben skulle arbeta ungefär som försvarsstaben med att samla kunskap, prata med Natoländer och skriva reglementen och upprätta strukturer.«

Under det kalla kriget fanns det väl utbyggda kanaler mellan de militära och civila befälhavarna. Gemensamma staber byggdes i bergum. Chefen för militärområdet planerade kriget tillsammans med de civila befälhavarna, landshövdingarna.

– Sedan några år rör vi oss mot det gamla upp-lägget. Ett problem är att militärregionerna inte är geografiskt identiska med de civila regionerna. Det krävs nu en interimstyrning för att reglera samarbetet. Jag tycker att man skulle inrätta en civil motsvarighet till försvarsstaben. Den civila försvarsstaben skulle arbeta ungefär som försvarsstaben med att samla kunskap, prata med Natoländer och skriva reglementen och upprätta strukturer. Det kunde göras

på samma sätt som det fungerar med Socialstyrelsen som inte bestämmer över regionerna utan påverkar med direktiv, något som kallas kunskapsstyrning.

ANDRA SAKER SOM Freddy Jönsson Hanberg understryker vikten av är beredskapsavtal med grannländer. Det fungerade ganska bra under pandemin. Man måste till exempel ha mediciner i lager. Vissa industrier som jästfabriken i Upplands Väsby och cementfabriken i Slite har nu utpekats som riksintressen.

– Så visst går det här rätt håll, säger Freddy Jönsson Hanberg. □

MAN SLÅSS FÖR SINA KOMPISAR

Vad kan vi lära av historien om dagens frågor som rekrytering, planering och föreställningar om hotet? Nato innebär något nytt, men det finns en tidlös faktor som är avgörande – hur får man människor att gå ut i strid? Vad motiverar en soldat att riskera livet? Man slåss för sina kompisar, säger Lars Ericson Wolke, militärhistoriker.

Hur ställer man om ett fredssamhälle där de flesta sitter i storstädernas kontor till en stridande armé? Under kriget, 1808–09, var de flesta som drog ut i krig medvetna om vilka färdor de skulle möta. Finns den insikten i dag?

– Mycket av det där kan förändras om det blir allvar. Då ändras inställningen. Problemet är att inte tillräckligt många har grundutbildning. Den tidlösa faktorn är att få förband och enskilda att fungera i den väpnade striden. Det är inte alltid det går. Världskriget visade att soldaten inte slåss för fosterlandet eller politiska system. Han slåss för sina kamrater. Du kan inte slänga bössan och svika kompisarna. Det är en återkommande och oerhört viktig faktor. Det går inte att förutsäga hur hållbar den är i ett skarpt läge. Den gällde även under 1808–1809 års krig. Soldaterna var inte inkallade under så lång tid, men de bodde grannar i soldattorpen och kompisarna i armén kom hemifrån. Det var det sammanhållande kittet, säger Lars Ericson Wolke.

– I den klassiska skildringen av första världskriget På Västfronten intet nytt kommer huvudpersonen hem på permission och möts av människor som inte fattade

ett dugg av verkligheten. Till slut längtade han tillbaka till kamraterna vid fronten för dem kunde han prata med.

Det var länge sedan Sverige var i krig. Däremot har landet levt länge under ett militärt hot. Lars Ericson Wolke betonar att under kalla kriget var det väldigt få som hade upplevt en strid.

– Vi har ett mycket, mycket mindre försvar än under kalla kriget. En sak som skiljer är att huvuddelen av de fast anställda under internationella insatser har upplevt potentiell dödsfara. Det hade nästan inga andra än Kongosoldaterna varit med om under kalla kriget. Det gör oss mera jämlika med andra Natoländer med liknande erfarenheter. Det är en oerhört viktig faktor.

SVERIGE HAR GÅTT från det kalla krigets militära hot till en lång fredsperiod för att nu åter hamna i ett läge där ett krig inte är otänkbart. Och om kriget kommer strider vi som Natoland. Vad skiljer dagens situation från det kalla krigets?

– Man kan dela upp det kalla kriget i olika skeden. Fram till 1970-talet var den generation som då styrde blivande beslutsfattare redan under beredskapen. Alla beredskapssoldaters berättelser fanns fortfarande. Beslutsfattarna för femtio år sedan förstod vad krig >



Foto: Historiska media/Johanna Jeanson

och krigsfara innebar. Då var inte Natosamarbetet allmänt känt. De flesta trodde att vi var ensamma. Då var det inte så mycket att snacka om. Alla som kunde måste bidra, säger Lars Ericson Wolke.

– Jag har funderat på hur det skulle fungera om den här väldiga armén på 800 000 mobiliserades plus alla andra, som till exempel det frivilliga försvaret. Dessutom, fram till 1960-talet planerades stora evakueringar från tätorter. Jag undrar om det inte hade blivit brist på människor någonstans om alla var på väg till det som de var uttagna till eller evakuerade. Folk räckte helt enkelt inte till för alla uppgifter. Det känns som det här var överplanerat. Fanns det verkligen folk för alla planer? Nu var det väl inte tänkt att allt det här skulle verkställas, det fanns ju olika alternativ, men icke desto mindre.

OM DU INTE planerar kommer övningarna slag i slag. Du vet inte vad du ska göra och även om du vet det kanske du inte har förberett förband och

»Ukraina har visat att det moderna kriget är antikt och modernt i en blandning. Det var väl ingen som trodde att första världskrigets skyttegravar skulle komma tillbaka och artilleristormar och sådana saker. Det är den blandning man kommer att få.«

andra åtgärder. Man måste planera för alternativ. Ukraina har visat att det moderna kriget är antikt och modernt i en blandning. Det var väl ingen som trodde att första världskrigets skyttegravar skulle komma tillbaka och artilleristormar och sådana saker. Det är den blandning man kommer att få, säger Lars Ericson Wolke.

– Det viktigaste med planeringen att man har en mental beredskap för att det oförutsägbara kan inträffa. Planeringen på regional nivå mellan det civila samhället och de militära staberna skapade kontaktytor. Man visste vem som kunde och vem som ansvarade för vad. Det var bara att lyfta telefonluren. Då kunde det inte ske saker som i Skåne i snöstormen när inget hände och ingen tog ansvar för någonting. I det gamla samhället fanns en kultur att någon skulle ta ledarstaven, och om

den föll bort skulle någon annan ta över. Man kunde inte sitta och vänta på att något skulle hända. Att någon utifrån skulle fixa det. Det tror jag är en viktig lärdom både från beredskapsåren och kalla kriget. Det måste finnas en grundinställning på olika nivåer.

DET GAMLA SAMHÄLLET bestod av massor, dagens samhälle sägs vara en massa individer. En bärande idé i massamhället var värnplikten. Med den följde försvarets folkliga förankring.

– Visst kan man säga att det var mer av kollektiv förr. Folk och försvar grundades under kriget. Här ingick bland andra fackföreningar, jordbruksrörelsen, arbetsgivare, politiska partier och försvaret. När man plockat ihop det här så fick man med nästan alla svenskar. Så funkade det inte idag. På det sättet är det mer individualistiskt.

– Idén om värnplikten var att det skulle bli billigare – även om det inte var ett offentligt argument. Man hade skyldighet – eller som i Frankrike under revolutionen – en rättighet att försvara sitt land. Vi hade våra yrkessoldater – på papperet hade de bättre utbildning. Åtminstone fram till början av 1900-talet när värnplikten slår igenom.

– Men det är en chimär att yrkessoldaterna alltid är vältrimmade och alltid övar. En kompanichef på Livgardet på 1800-talet, ägde formellt de värvade året runt. Men han kunde friställa delar av kompaniet under några månader. Det var kompanichefens sätt att spara pengar. Vad det gjorde för utbildningen behöver man inte ens tänka på, säger Lars Ericson Wolke.

– På 1700-talet inställde man många övningar för att spara pengar, men också av politiska skäl. När man drog samman folk i storläger, visade det sig att soldaterna saknade grundläggande utbildning på kompani- och bataljonsnivå. Grundutbildningen måste köras först vilket innebar att man aldrig hann öva i större förband. Officerarna fick aldrig chansen att leda större förband.

– Det blev som under den trettio år långa time out som växte fram här runt 2000. Då fick vi en officerskår som aldrig hade lett stora förband. När det dyker upp en brigadgeneral, Jan-Gunnar Isberg, som leder en internationell brigad i Kongo 2003–2005, så är han unik – han kan något som många av hans kolleger saknar.

SÅ AVSKAFFAR MAN invasionsförsvaret och stora delar av förbanden. Då börjar vi närma oss något som vi kanske får uppleva i Nato, då chefer och även staber måste kunna leda stora förband. Ska vi skicka en bataljon till Lettland måste den röra sig i ett sammanhang. Man kan inte ha en massa lösa bataljonsgrupper. Och vem ska leda bataljonen? ▸



Foto: Armémuseum

Del av miljonarmén på marsch. Övning i skydd mot massförstörelsevapen. Det var uniform i vadmal, kpist, stridssele, hjälm med hjälmduk och skyddsmask. Det här var den uniform som svenska män skulle slåss och dö i. Och man gjorde det för sina kompisar i ledet.



Foto: Getty Images, Wally Santos

»Ukraina har visat att det moderna kriget är antikt och modernt i en blandning. Det var väl ingen som trodde att första världskrigets skyttegravar skulle komma tillbaka och artilleristormar och sådana saker. Det är den blandning man kommer att få.«

FAKTARUTA

Lars Ericson Wolke är mycket. Inte minst en folkbildare. Han skriver böcker, håller föredrag och medverkar i radio och tv och är medlem i Kungliga Krigsvetenskapsakademien. I grunden är Lars Ericson Wolke forskare och militärhistoriker. 1988 skrev han doktorsavhandlingen "Borgare och byråkrater. Omvandlingen av Stockholms stadsförvaltning 1599-1637". Den första i en lång rad av böcker. Efter några år på Armémuseum blev det 17 år på Krigsarkivet. 2000 fick han en forskar- och läartjänst vid Försvarshögskolan i militärhistoria där han 2008 blev professor.

Mer att läsa: <https://ericsonwolke.com/om/>

Om inte vi kan så måste någon annan göra det. Vi kommer inte att kunna styra över våra egna förband som förr, säger Lars Ericson Wolke.

– När värnplikten kommer används hela samhällets resurser. Det behövs stora förband för att täcka hela den svenska ytan. Samtidigt finns en diskussion om antalet värnpliktiga. När Frankrike förlorar mot Tyskland 1870–71 funderar man på hur det gick till. Värnpliktsutbildningen ansågs vara för kort och förlängdes från tre till fem år. Till slut säger nationalförsamlingen stopp, det här gröper ju ur hela samhället.

– Man kommer inte bort från att man behöver värnplikt kanske i kombination med ett yrkesförsvar. Det vi lärt oss under 1800- och 1900-talen är att försvaret måste kunna konkurrera med den civila arbetsmarknaden för att få tillräckligt med yrkessoldater. Det kan bara ske i korta skeenden. När sågverksindustrin drog igång i Norrland på 1800-talet blir det svårt att rekrytera soldater. Sågverken betalar för bra. Det gäller under 1900-talet också tills man avskaffar de sista värvade soldaterna 1952. Tanken var att yrkessoldaterna skulle bli underbefäl och underofficerare. Men man får inte tillräckligt många.

FOLKFÖRANKRING, FOLKFÖRSVAR, planering för det oväntade – allt hänger på att det finns en föreställning av hotet.

– Hotbilden är insikten om att det kan komma ett krig. Den fanns under kalla kriget, säger Lars Ericson Wolke. Varje stift skulle planera för provisoriska krigsskyrkogårdar. Söder om Stockholm och i Brommaområdet planerades för massgravar om det värsta inträffade. Det var inget som man talade öppet om, men det fanns insikt om att det värsta skulle kunna inträffa. Den hotbilden har tack och lov försvunnit när hotet inte har upplevts som lika starkt. En hotbild behöver man alltid. Hotbilden är det som man planerar mot. Om man inte har den minsta aning om vad man ska planera mot blir det genast svårare.

– 1992 firade Krigsskolan, som det hette då, vid Karlberg, 200-årsjubileum. Två seklers historia berättades i scener. Det fanns en röd tråd. I varje scen strök det omkring en svartklädd figur i slokhatt. Han bröt på tyska eller ryska. Det var hotbilden. I slutscenen försvinner gubben, då finns det ingen hotbild. Det utbryter kaos, man visste inte vad man skulle göra. 1992 sker omställningen till internationella insatser och politikerna söker en roll för försvaret.

– I dag finns någon form av hotbild i och med Natomedlemskapet. Det handlar inte nödvändigtvis om att ryssarna går iland i Nynäshamn. Eller som när jag gjorde lumpen – kommer det överraskande anfallet är det Värtahamnen eller Arlanda. Realistiskt

eller inte så fanns det en föreställning om något konkret. Gotland ska vi bara inte prata om. Vad är hotet idag? Rimligen Natos främsta försvarslinje. Om den är hotad blir det en hotbild. En försvarslinje är korridoren mellan Polen och Litauen.

– Med all rätt tittar vi på Gotland även idag. Hur ska Gotland försvaras? Den frågan har varit aktuell i sekler. Ur det perspektivet utgör Kaliningrad ett hot. För en rysk försvarsplanerare är Kaliningrad hotat från Gotland och Bornholm. Och ger man sig ut på Östersjön så är man rökt. Ryssland hamnar väldigt fort i en situation där det bara är kärnvapen som kan avskräcka.

ARKTIS, NORDKALOTTEN ÄR ett strategiskt område. Avlägset från Stockholms horisont, men i strategisk planering ligger Arktis inte långt borta, säger Lars Ericson Wolke.

– Under 1930-talet och en större delen av kalla kriget fanns planer på besätta Åland. Visserligen ligger Åland nära Stockholm, men framför allt var det viktigt att kontrollera Åland så att en angripare inte skulle komma upp i Bottenviken och hota Norrlands veka liv. Det gäller fortfarande. Vi kan inte försvara Nordkalotten om en kraftfull angripare stävar upp i Östersjön med system som ganska snart täcker Nordkalotten. Och då blir Åland viktigt även ur ett Arktis-perspektiv. En hotbild med Ryssland innehåller många olika alternativ såväl militärstrategiska som geografiska.

– Och om det inte stannar vid Ryssland utan det blir en konflikt mellan USA och Kina. Vad betyder det för Nato? Vad Washington tycker kan vi ganska enkelt räkna ut. Vill Europa hålla kvar USA i Nato kan man erbjuda stöd utanför Europa, eller att ta större ansvar för Europa. Med Natomedlemskapet har hotbilden blivit mer komplex, men rimligen har möjligheten att möta den ökat, säger Lars Ericson Wolke. Hotbilden måste vara lokal för att bli begriplig samtidigt som man måste planera för olika alternativ.

– I dag säger man självklart att vägnätet och järnvägsnätet måste byggas ut för att klara Natos transporter. Om man inte kan försvara Göteborg är Trondheim alternativet. Det var det under kalla kriget också. Då behövs utbyggnad av vägar och järnvägar och skydd – och allt måste planeras. Man måste planera västerut även om hotet kommer från öster. Det är mer komplext än det kan verka på ytan. □

KRIGET ÄR UPPFINNINGARNAS MODER

I skuggan av Ukrainakriget letar försvaret efter innovationer. Uppstartsföretag anses intressanta. Det är här de nya idéerna föds. USA drar lärdomar från Ukrainakriget. En sådan är att den som kämpar för sitt liv är den bästa innovatören.

Ukraina rasar drönarkriget. 90 procent av de ukrainska drönarna är tillverkade på garagenivå. Drönarna kan programmeras om på en dag. Dröner- och telekriget är en ständig kamp om att göra de smartaste mjukvarorna på kort tid. I ett webinar med tidskriften The Economist beskrivs det nya kriget. Slagfältet är genomskingligt. Det finns ingenstans att gömma. Det som blir upptäckt av sensorerna matas in i databasen där artificiell intelligens, AI väljer rätt vapen för insats. Människans roll blir att trycka på knappen. En process som tidigare kunde ta dagar kan nu gå på sekunder. Den så kallade beslutscirkeln snurrar allt fortare. En del fruktar att människan kastas av den karusellen.

– AI ska inte ses som något enskilt. Den används för att göra befintliga system bättre. Drönare blir en del av artilleriet. Robbie Boyd, fd general var nyckeltalare vid en heldagskonferens om teknik och innovationer som Försvarets materielverk, FMV arrangerade i Stockholm 12 september 2024. Evenemanget lockade 250 personer vilket säger en del om det nyvaknade intresset för militär teknik.

För sju år sedan började överste Rickard Stridh som Försvarsmaktens forskningschef. Ryssland hade

invaderat Krim och startat ett krig med ombud i östra Ukraina.

– Men det var ändå en helt annan värld mot idag. Större delen av min tid i försvaret har präglats av brist på resurser. Nu ska vi växa utan att gå i fällan och planera för morgondagens krig. Vi ska både ersätta det som vi skänkt bort och bygga för en framtid. Därför är den tekniska prognosen viktig. Och vi vill nå ut till företag, inte bara de stora och etablerade, utan till de mindre som inte har arbetat med försvaret.

MICHAEL WALLENIUS är i grunden teknisk fysiker men framförallt en idéspruta, arbetar inom mobilitetsbranschen, och har varit med i hemvärnet i mer än 12 år, där han hittat allvarliga brister och försöker att göra något för att förändra och förbättra.

– Vi startade företaget Nerio Defense AB i januari. Vi är sex seniora gubbar som grundat bolaget, varav tre av oss är aktiva hemvärnsmän. Vi satt i skogen och gnällde över sambandsutrustningen. Vi bär omkring på en massa tung utrustning som i ett modernt perspektiv har stora brister. Vi verkar i en annan och modernare värld där man kommunicerar med annat än rösten. Utrustningen i hemvärnet är en produkt

från 1980-talet. Med en stor låda på 15 kg som med tilläggsutrustning kan skicka som högst 200 tecken.

– Vi lever i en värld av sakernas internet, sitter i skogen och har blivit innovatörer. Om gruppen blir beskjuten ska vi först skjuta tillbaka, sedan ta hand om skadade och längst ner på listan kommer kommunikationen – att tala om för staben vad som händer. Så även om man inte kan säga att våra liv står på spel som i Ukraina är det ändå något åt det hållet. Vår innovation har ändå fötts ur ett behov att öka chansen att överleva i en strid.

– Tänk om man hade en sensor på vapnet som visar att det skjuter och var man är. Samtidigt kommer det data från andra soldaters sensorer. Staben får direkt en bild av läget. Informationen ska spridas till alla. Vi kan inte kasta bort tid med att springa omkring med papper i staberna.

En tung stridsvagn väger runt 60 ton. Det ska mycket till för att slå ut en sådan pansarbässa. Eller? Ryska drönare har stoppat Amerikas bästa stridsvagnar. Men det finns fler hot. En hackare kan angripa mjukvaran i stridsvagnen.

– Allt blir mer digitalt, särskilt i de stora systemen. Mjukvara måste testas hela tiden och säkerhetsuppdateras, säger Stefan Brodin vid företaget Clavister. Testerna ska helst göras kontinuerligt. Blir det för jobbigt får man leva med en ökad sårbarhet. Så det är inte bara ett tekniskt problem. Det är en spel om risker. Att bara mäta räcker inte.

En drönare i Ukraina kan uppdateras på dagen. Det kan ta ett år att uppdatera en stridsvagn om man inte har processerna på plats. Begränsningarna idag är inte i första hand tekniken utan människorna och processen.

Vad kan hända om stridsvagnen får ett virus?

– Den kan smitta andra i samma eller andra förband. Virus kan ligga latent och bryta ut när angriparen trycker på knappen.

Vid den här typen av attacker hjälper inte vanligt pansar utan det krävs någon form av cyberpansar.

Teknikutvecklingen går mot att även här använda AI och då för att upptäcka och stoppa virus, innan de hinner slå ut systemet.

SMARTA KLOCKOR HAR funnit länge. Men handleden är ett dåligt ställe för sensorer, säger Mikael Eriksson vid företaget Skugga som hittat ett nytt område för smarta glasögon för det vackra folket – soldaterna i fält. Huvudet är det bästa stället för sensorer. Huvudet rörelser säger mycket mer om hur man går och hur kroppen mår än en armbandsklocka, säger Mikael Skugga. De smarta glasögonen sätts in i vanliga glasögon. I den ena skänkeln sitter sensorpaketet och i den andra batteriet.

Uppstartarens början är sällan en dans på rosor. De flesta uppstartare kommer inte igång. Haitham El-Ella och hans företag AdamantQ hade det lite svårt så sent som 2022. Då gjorde Teknisk prognos en intervju med honom då han satt i ett litet rum i Lund med sina idéer om en atomklocka.

– För två år sedan började diskussionerna om investeringar och på sommaren 2023 hade det löst sig. Vi är fyra nu i företaget och vi har levererat till en kund. Vi har ett projekt med FMV och skall bygga ett eget labb i Lund. Med framgångarna kommer kravet på att ha ett eget renrum.

Haitham El-Ella visar sin produkt, ett atomur, inte större än en kapsyl. För över 20 år sedan talades det om nätverksförsvaret och smarta puckar. Så här ser en smart puck ut i dag.

– Den kan göras hälften så stor. Produkterna blir mindre och kundkretsen större. Marknaden är ung, och det är inte många som har känsla för tekniken. Jag jobbar fortfarande dygnet runt och varje dag förfinas min bild av vad som finns vid horisonten.

Michael Schönström vid FMV kan andas ut efter en heldag med innovationer. Nästa år är det dags för nya puckar. Den här gången vände man sig till små företag som arbetar med den nya tekniken. □

Mikael Eriksson, Skugga. överst, Haitham El-Ella, AdamantQ samt Michael Wallenius, Nerio Defense.



LINSEN SOM ÄR EN PRICK

Den är en liten prick på en millimeter. Den kallas metalins. Ljuset bryts i en nanostruktur vars geometri kan anpassas beroende på tillämpning. Forskare vid Harvard visade 2018 att man kan fånga ljuset och skapa en bild i regnbågens färger. Fotobranschen talar redan om revolutionerande nya kameror. Lars Sjöqvist vid Totalförsvarets forskningsinstitut FOI är expert på laser och optik. Han varnar för att dra för höga växlar på tekniken på kort sikt men ser också stora möjligheter i framtiden.

Stefan Silfverskiöld vid Förvarshögskolan har studerat en rapport som FMV beställt från det tyska Fraunhoferinstitutet och utvecklat ett möjligt tekniskt systemspelkort och scenario för år 2040 som bedömts av Lars Sjöqvist.

Lars Sjöqvist tycker att det är jättespännande och det är lite magiskt att den här tekniken fungerar.

– Det dröjer innan den kan lösa militära problem, men det kommer att finnas tillämpningar som kan lyftas in från den civila utvecklingen till Förvarsmakten lite tidigare. I första hand kan det att handla om linser i mobiler eller att kanske projicera något på en soldats eller sjömans öga.

– Det är teoretiskt omfattande att förstå hur det här fungerar, säger Lars Sjöqvist. Bland problemen som behöver lösas är att det kräver mycket datakraft och infrastruktur i tillverkningsteknik för att skapa nanostrukturer. Det är svårt att ställa in avstånd till det man vill avbilda. Fast det händer ganska mycket på området och det sker en snabb utveckling av integrerade kretsar där man kan tänka sig att metalinser används. Man försöker att bygga en sensor på ett chip. ▶

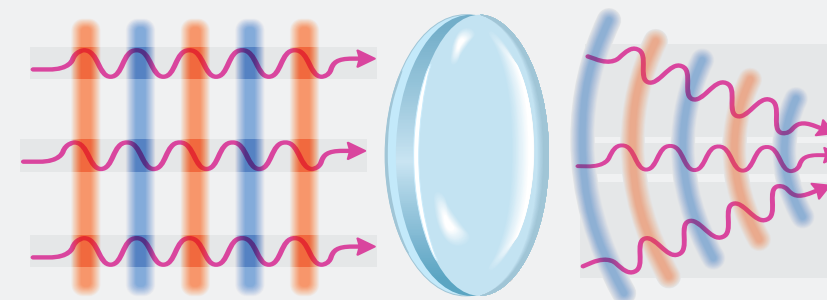
METALINSER

Metalinser är ultratunna optiska komponenter som använder nanostrukturerade ytor för att fokusera och modifiera ljus. I framtiden skulle de kunna ersätta traditionella linser i optiska enheter. I labbmiljö har det gjorts betydande framsteg inom design och produktion av de nanostrukturer som krävs för att teknologin ska fungera.

KONVENTIONELL LINS

Målet med en konventionell optisk lins att förändra vågfronterna hos horisontellt inkommande ljusvågor. Det behövs krökta vågfronter för att kunna fokusera ljusvågor till en punkt, exempelvis näthinna i ett öga.

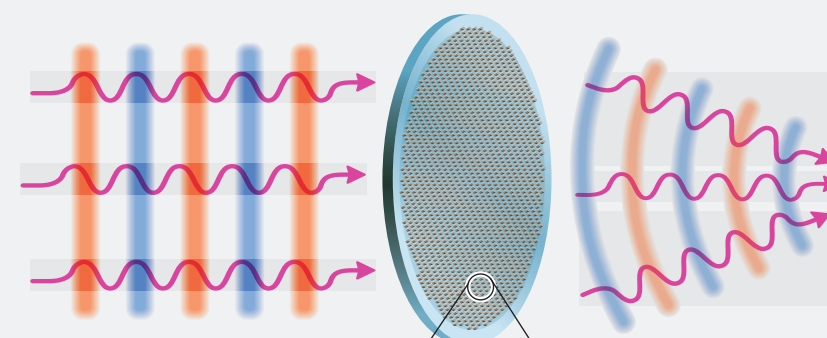
Ljus färdas olika fort genom en lins beroende på hur tjockt materialet är, så hos en konventionell, bikonvex lins blir vågfronten krökta på grund av att färdhastigheten hos linsen nära dess centrum är större än närmare kanterna, där linsen är tunnare.



METALINS

En metalins, å andra sidan består av ett genomskinligt substrat täckt med små stavar eller fenor i nanoformat – en så kallad metasurface.

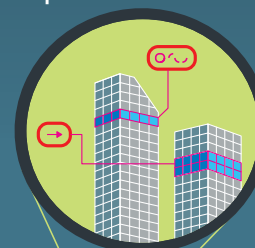
Det är denna metasurface som, beroende på design, kan generera överlappande färdhastigheter så att krökta vågfronter bildas på ett liknande sätt som hos en konventionell lins.



EXEMPEL PÅ TILLÄMPNINGAR

Militärt skulle framtida metalinser kunna vara av intresse på grund av sin minskade storlek, vikt, kostnad och mekaniska robusthet jämfört med konventionell optik.

Låg-viktshjälm
med förstärkt
verklighet
och nattseende



Miniatyr-
kameror
på små
plattformar

Fordons- och
flygplans-
inbyggda sensorer



Ställbara stavar
i nanostorlek

1 µm

Jag ser metalinsen som en antenn. Fast det är en lins också. Den lilla pricken och det stora teleskopet som är riktat mot rymden gör egentligen samma sak – man fångar in fotoner och försöker att skapa bilder.

Att göra en praktisk användbar metalins för en våglängd, vilket innebär att den klarar en färg, kan enligt Fraunhofer vara tillgängligt 2040. Då får man en lins som är inställd på ett visst avstånd. Att ändra avståndet genom att ändra strukturen på ytan är svårare.

Forskare vid Harvard visade i laboratoriet 2018 en metalins som klarade regnbågens alla färger. Ljus rör sig med olika hastigheter. Rött går fortare än blått. Objektivet i en kamera är konstruerat så att alla färger når samma pixel samtidigt. Det är därför ett objektiv består av olika linselement med buktiga ytor. Harvards metalins består av miljoner små fenor i nanostorlek gjorda av titanoxid. Genom att påverka fenorna ändras mönstret på ytan och alla färger kommer samtidigt ut på andra sidan linsen. Nästa steg är att göra linsen större – man siktar på en centimeter.

LARS SJÖQVIST PEKAR på några av hindren med teknologin. Det är svårt att tillverka och skala upp. Man måste få fotoner att ta sig in i eller ut ur den lilla pricken. Från objekt på längre avstånd kommer det in många andra fotoner som man inte vill ha.

Metalinsen finns idag bara på labbet. Forskarna lär sig att tillverka den och se om linsen stämmer med vad man räknat fram.

Fördelarna är att metalinsen är liten, billig, robust och lätt. Den kan sitta på enheter som kan avvaras. På minussidan hamnar svårigheten att variera avstånd. En annan svaghet är att det krävs sällsynta jordartsmetaller för tillverkning.

Stefan Silfverskiöld ser en möjlig användning av metalinser i simulatorer som kan bli mindre, billigare och lättare än de är idag. På så vis kan de bli mobila och kan flyttas ut på övningsfälten. Kanske kan man väva in linserna i uniformen, spela in vad soldaterna gör och därifrån utveckla stridsteknik. Kanske kan metalinserna även vara till hjälp vid striden genom att ge en bättre lägesuppfattning. En annan tanke är att använda linsen som en biokemisk sensor som kan varna för CBRN-hot.

En bedömargrupp bestående av officerare från Försvarsmakten, forskare från FOI, experter från FMV, forskare, officerare och studenter från FHS bedömde att de tekniska systemspelkorten i de framtagna scenarierna hade potentiellt osäker militär nytta. Det fanns en enighet om den höga potentialen, men för att den ska kunna förverkligas krävs att den civila utvecklingen ger resultat och kan lyftas in i Försvarsmakten. Främst kanske blickarna riktas mot att spelindustrin ska driva utvecklingen. □

»Fördelarna är att metalinsen är liten, billig, robust och lätt. Den kan sitta på enheter som kan avvaras. På minussidan hamnar svårigheten att variera avstånd. En annan svaghet är att det krävs sällsynta jordartsmetaller för tillverkning.«

SKRÄDDARSYTT BATTERI

Ett batteri som har högre energitäthet och kan skräddarsys för svårtillgängliga utrymmen. Batteriet kan halvera soldatens börda och göra hälsovård smartare. Så är visionen om batterier som tillverkas med additiv 3D-teknik. Potentialen är stor, men forskningen är bara i början. En nackdel är att tillverkningen kräver giftiga vätskor. I första hand tillverkas elektroder.

Daniel Thenander, tekniklärare vid Försvarshögskolan och Martin Skarstind, batteriexpert vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI har granskat en rapport från det tyska Fraunhoferinstitutet som beställts av Försvarets materielverk, FMV.

Martin Skarstind säger att det ligger väldigt långt bort och att produktionen måste vara superren vilket gör den dyr.

Daniel Thenander tror på idén om det handlar om små engångsenheter som obemannade system som är ett mellanting mellan drönare och vapen, patrullrobot eller på engelska loitering munition. Mer populärt är benämningen kamikazedrönare.

– Uthålligheten är poängen. Kan man fylla hålrum i en drönare så sparar man vikt vilket ökar räckvidden. 3D-tekniken är revolutionerande. En annan sak är vad den ska användas till förutom att tillverka reservdelar och hur ska tekniken passa in i försvarets värdekedja? Vem ska tillhandahålla material för tillverkningen? Är det Försvarsmakten, FMV eller någon annan? En annan osäkerhet är om batterierna ska gå att ladda upp. Om inte så begränsas användningen till engångsbruk. Vi bedömer att den militära nyttan är osäker.

Fraunhofer beskriver den militära användningen som bred allt från smarta tyger, bärbara sensorer till drönare, robotar, smarta vapen och smart ammunition. När batterier kan monteras på platser som man tidigare inte tänkt på kan soldaten få smarta glasögon och kontaktlinser som ger soldaten en bättre lägesbild i realtid.

Den civila användningen dominerar, och här nämns i första hand sakernas internet och en smartare sjuk- och hälsovård.

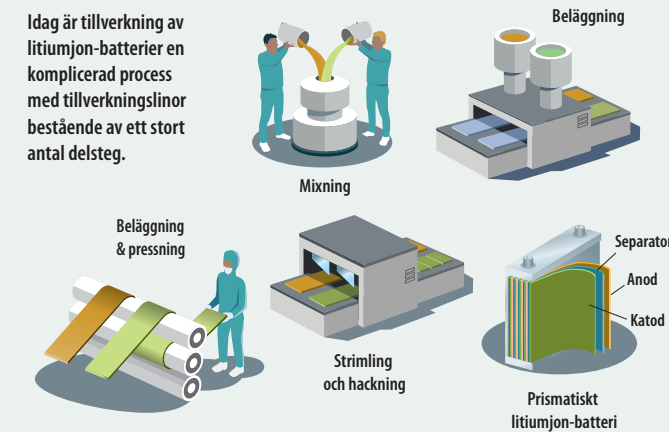
Forskningen leds av USA och Kina och i Europa ligger Tyskland långs fram. Det militära intresset för tekniken är svalt. □

ADDITIV TILLVERKNING AV BATTERIER

Additiv tillverkning av batterier innebär användning av 3D-printing-teknik för att skapa enskilda komponenter eller kompletta battericeller lager för lager.

TRADITIONELL TILLVERKNING

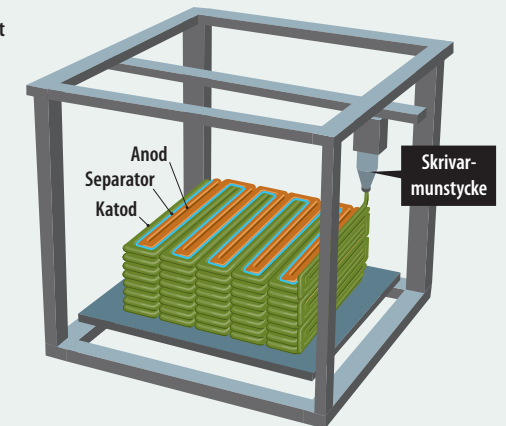
Idag är tillverkning av litiumjon-batterier en komplicerad process med tillverkningslinor bestående av ett stort antal delsteg.



ADDITIV TILLVERKNING

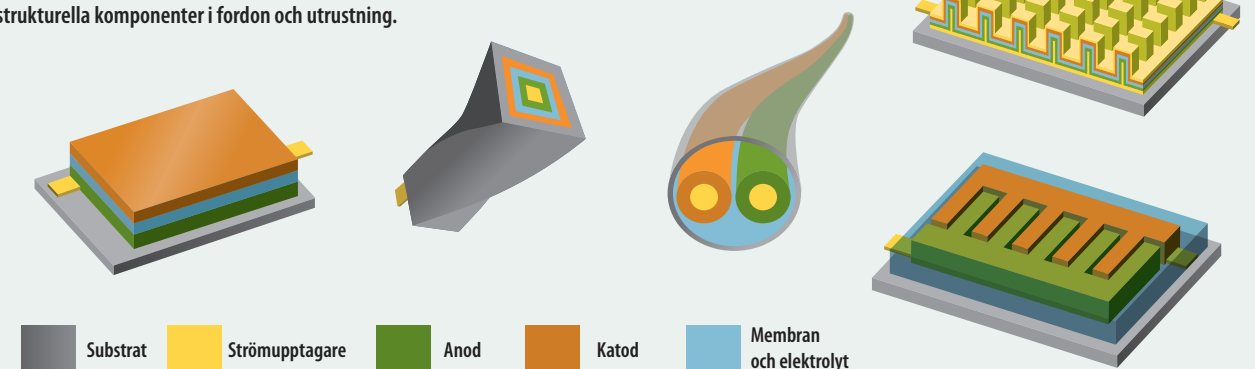
Genom att bygga upp ett batteri lager för lager med en 3D-skrivare kan tillverkningsprocessen förenklas.

Även om det ställs höga krav på ren miljö samt säker hantering av råvaror skulle viss tillverkning även kunna utföras i fält.



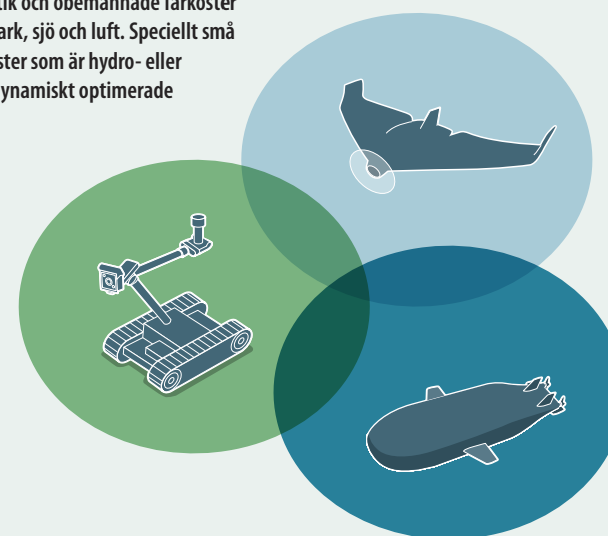
TÄNKBARA FORMER FÖR 3D-PRINTADE BATTERIER

3D-printing möjliggör produktion av batterier i komplexa former som kan skräddarsys för specifika enheter och applikationer. Detta ger flexibilitet i designen av produkter och sträcker sig från fibrer i kläder till strukturella komponenter i fordon och utrustning.



TILLÄMPNINGAR

Robotik och obemannade farkoster för mark, sjö och luft. Speciellt små farkoster som är hydro- eller aerodynamiskt optimerade



Exempel på utrustning och batterisystem som skulle kunna integreras i uniformen



KVANTDATOR ÄR INTE ALLT

Jakten på en fungerande kvantdator drivs av Google och andra storföretag. Det finns en hajp kring kvantfysiken. De stora vinster som kan göras civilt förväntas också gälla på det militära området. En vision är att koppla samman kvantsensorer i ett kvantkommunikationsnätverk. Det ligger mycket långt borta, men andra framsteg på kvantområdet kan komma tidigare än vad man trott.

Gunnar Hult, professor vid Försvarshögskolan och Per Jonsson vid Totalförsvarets forskningsinstitut har analyserat en rapport om kvantkrigföring från det tyska Fraunhoferinstitutet som beställt av Försvarets materielverk. Fraunhofer menar att kvanttekniken ska sättas in i ett större sammanhang – utvecklingen av genomgripande försvarsteknologier som till exempel sensornätverk, nät som kopplar samman alla enheter och nät med artificiell intelligens, AI.

Gunnar Hult betonar att det finns en hajp kring kvant. Per Jonsson håller med, men säger också att det finns områden som inte berörs av hajpen och som är av stort militärt intresse.

I hajpen ingår föreställningen om kvantdatorn som en superdator.

– Det är förstås slutmålet och skulle man uppfinna en fungerande kvantdator så vore det fantastiskt, men det finns delmål på vägen. Det är inte omöjligt att det, om inte alltför lång tid, kommer enklare kvantdatorer som kan lösa optimeringsproblem.

Ett sådant är att planera rutter för enheter som ska gå till olika platser och utföra olika uppdrag. Det

behöver inte vara perfekt. Det räcker med att det är tillräckligt bra. Samma gäller för att simulera material och peka åt vilket håll man ska titta och ta fram en tillräckligt bra lösning.

– Kan man koppla ihop kvantmätningar så får man mycket bättre prestanda. Det ligger inte om hörnet, men inte så avlägset som vi tidigare trott.

Per Jonsson säger att det är relativt enklare och kostar mindre att bygga en sensor än en kvantdator. Olika typer av sensorer växer fram i laboratorierna. Det är här den militära kvantutvecklingen finns – inte hos kvantdatorerna.

Sensorer för tröghet, magnetfält och gravitation kan minska beroendet av navigering och positionering med hjälp av satelliter. Per Jonsson tror att stormakterna som har strategiska ubåtar lägger ned mycket pengar på att forska om detta.

En bredbandig frekvensanalysator skulle innebära en stor fördel. Istället för att ha en antenn för varje frekvens bygger denna analysator på kvantteknik och så kallade atomfällor känner av den elektromagnetiska strålningen över hela frekvensbandet.

– Vi vet inte om försöken i laboratorier och i fält har visat att de här sensorerna fungerar, men potentialen finns och jag skulle inte bli förvånad om sensorerna är verklighet inom tio år, säger Per Jonsson.

Kvantradar har lagts fram av Kina som något revolutionerande, men när forskare i Väst tittade på kvantradar blev slutsatsen att den inte kommer att fungera.

Kina satsar stort på kvantkommunikationsnät. Per Jonsson tror inte att dessa kommer att spela någon större militär roll. Det finns andra metoder för att

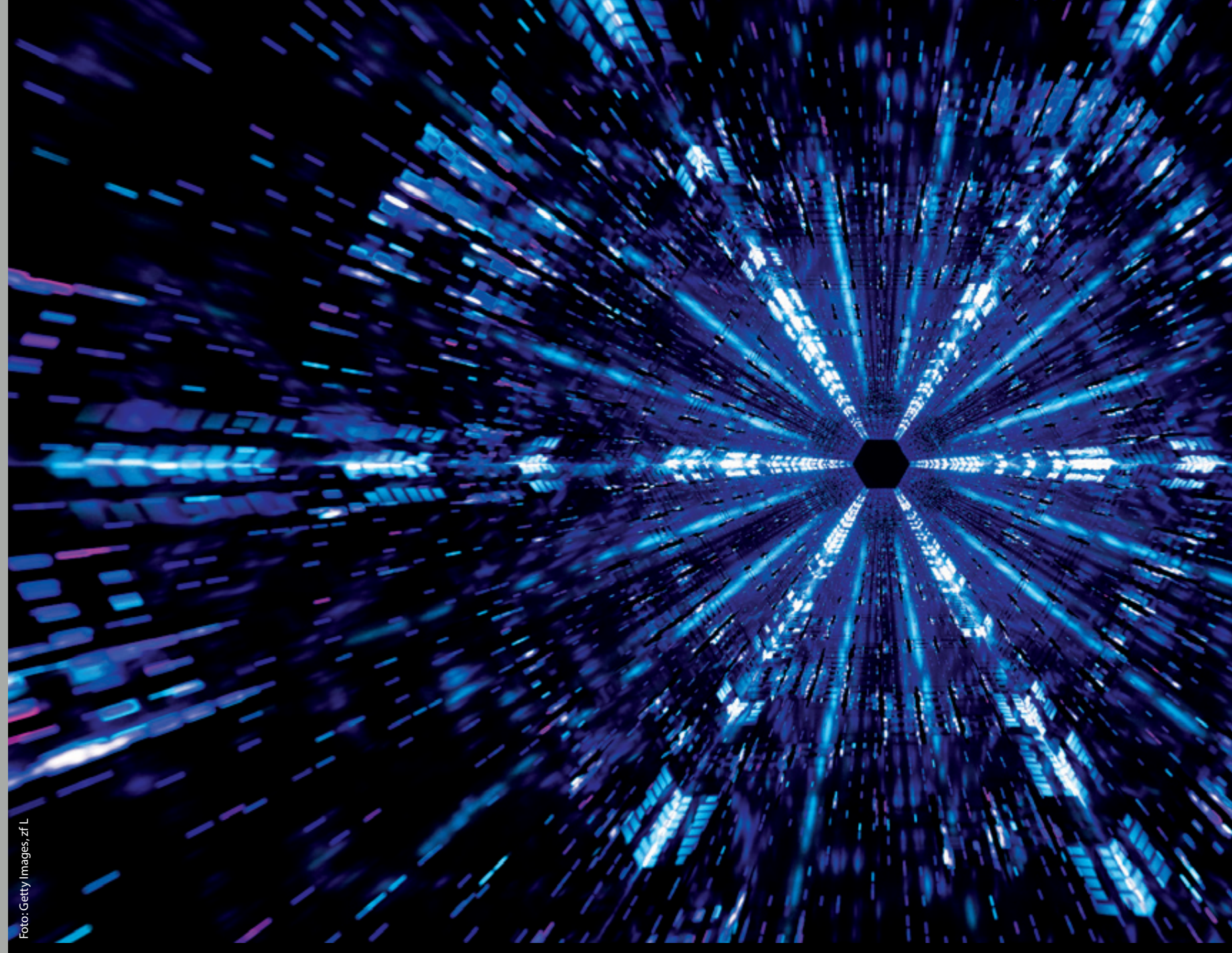
skydda krypton från en eventuell kvantdator.

Kvantproblemen är välkända. Det saknas minnen och repeterare. Kvantdatorer är extremt känsliga för störningar i form av vibrationer och elektromagnetisk strålning som kan komma från själva enheten.

Listan på militär användning av kvantteknik är lång. Det talas om bättre navigering och positionering, bättre precision, uthålligare undervattensfarkoster och betydande förbättringar vad gäller ledning och underrättelser.

Forskningen är främst civil. De stora techföretagen som IBM och Google satsar hårt. Nato har pekat ut kvanttekniken som viktig. Kina sägs betrakta kvanttekniken som en väg att erövra världen. □

Foto: Getty Images, zfl



KVANTKRIGSFÖRING

Begreppet kvantkrigsföring syftar generellt på användningen av kvantteknologier på det framtida slagfältet, kvantteknologier som bygger på kvantfenomen som exempelvis superposition, kvantspinn och sammanflätning. Genom att bemästra dessa kvantfenomen skulle man kunna övervinna vissa grundläggande begränsningar och restriktioner inom den klassiska fysiken och på så sätt utveckla helt nya typer av sensorer och sätt att kommunicera. Förutom extremt noggranna atomklockor som redan idag används för PNT (Positionering, Navigation och Timing), forskas det idag på en rad andra kvanttillämpningar.

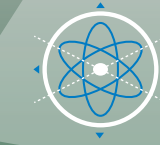
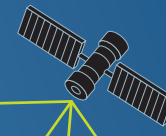
Gravimeter

Ett instrument som mäter gravitationsfält. Skulle kunna upptäcka okända tunnlar. Kan bygga på atominterferometri (5).

Kvantkommunikation

Ett kvantinternet skulle kunna länka samman flera kvantdatorer och därmed skapa en distribuerad kvantdator med fler kvantbitar. Det skulle dock kräva utveckling av fungerande kvantminnen och kvantrepeaterare.

En annan funktion skulle kunna vara att distribuera kvantkrypto nycklar. Se nedan (2).



Kvantbaserad tröghetsnavigering

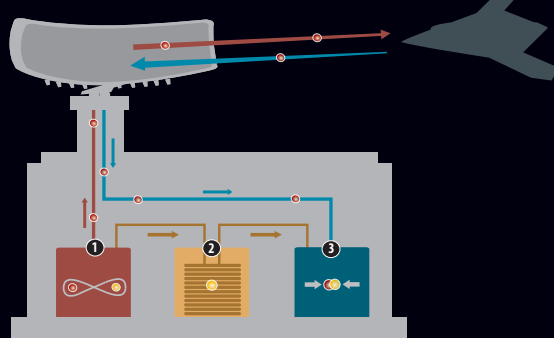
Skulle kunna känna av acceleration, rotation och gravitation med extrem precision. Skulle möjliggöra tröghetsnavigation utan ständig omkalibrering i luften, på mark och till sjöss. Kan bygga på atominterferometri (5).

Gravimeter

Ett instrument som mäter gravitationsfält. Skulle kunna detektera en ubåt i undervattensläge. Kan bygga på atominterferometri (5).

1. Kvantradarar

Kvantradararnas princip bygger på att förbättra radarnas prestanda genom att utnyttja sammanflätning mellan mikrovågspulser för att på så sätt lättare upptäcka mål i det omgivande bakgrundsbruset. Det krävs dock mycket forskning innan en fungerande kvantradar eventuellt kan tas i bruk.



- 1 I en generator skapas ett mikrovågspulspar som är sammanflätat. En av pulserna skickas mot målet.
- 2 Samtidigt håller man kvar den andra mikrovågspulsen i en fördröjningslinje.
- 3 När den ivägskickade mikrovågspulsen återvänder jämförs den med pulsen som varit kvar i fördröjningslinjen. Korrelationen mellan de båda gör att målet kan framträda tydligare.

2. Kvantnyckeldistribution

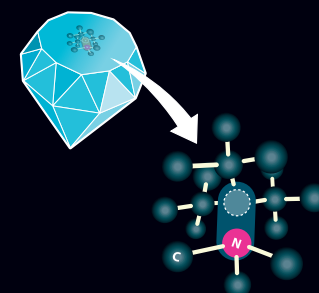
Vid kvantnyckeldistribution kan man använda fotoner. De har en kvantegenskap som kallas polarisation.



Polarisation är en kvantegenskap som kan manipuleras och mätas. Men enligt kvantfysikens lagar är det omöjligt att mäta eller kopiera ett okänt tillstånd hos en kvantpartikel utan att märkbart ändra det, enligt det så kallade "no-cloning theorem". Därför kan man vara säker på att upptäcka om en utomstående försöker avlyssna och stjäla en krypteringsnyckeln.

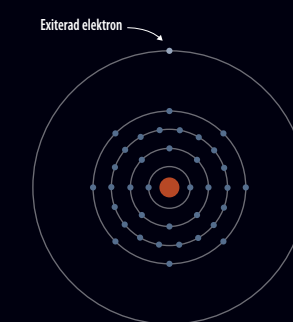
3. NV-center

Ett sätt att mäta magnetfält är att utnyttja speciella elektrontillstånd hos så kallade NV-center (Nitrogen Vacancycenter). NV-center kan uppstå i diamanter där en kolatom ersatts av en kväveatom.



4. Rydberg-atomer

Rydberg-atomer (atomer med en högt exciterad elektron i sitt skal) har egenskapen att dom är icke-resonanta, dvs. de behöver inte ställas in på en specifik mottagningsfrekvens. Det är detta som gör dom lämpliga för antenner med ultrabreddbands-egenskaper.



Kvantmagnetometer

Utnyttjar egenskaper hos atomer eller joner för att mäta styrkan och ibland riktningen hos magnetiska fält. Kan användas för positionering. Se NV-center nedan (3).

Ultrabreddbands-antennor

Sensorer som bygger på Rydberg-atomer skulle kunna fungera över ett mycket brett frekvensområde och därför kunna utnyttjas för ultrabreddbandsövervakning av det elektromagnetiska spektrumet. Se Rydbergsatomer (4).

5. Atominterferometri

Atominterferometrar utnyttjar kvantinterferensen från ultrakalla atomära materialvågor. Dessa delas med hjälp av laserpulser upp i två eller flera banor som sedan återkombineras efter interaktion med en av banorna. Ett interferensmönster uppstår som kan registreras via CCD-kameror.

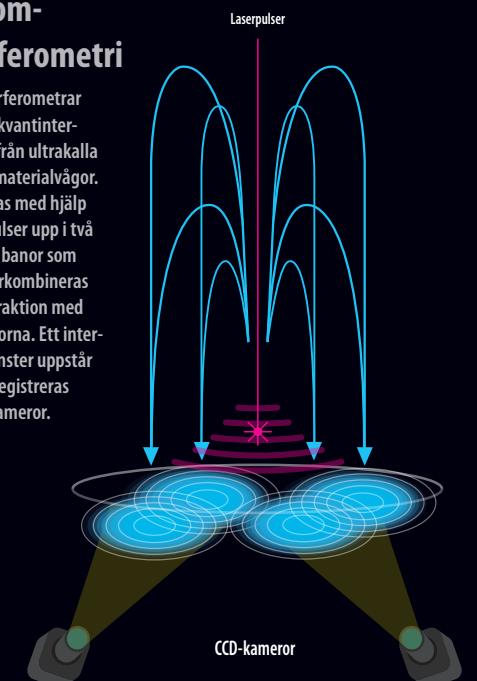




Foto: Getty Images, Hiroshi Watanabe

INGEN VILL MISSA TÅGET

Tåget finns inte, lok och vagnar saknas och rälsen är inte utlagd. Resmålet är oklart, men antas vara fantastiskt. Och ingen vill missa tåget – om det skulle gå. Det säger Ronnie Johansson vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI. Tåget är kvantmaskinlärning, KML – och det lär dröja innan det står färdigt för avgång då det kräver vidare framsteg inom både kvantdatorer och mjukvara.

Ronnie Johansson arbetar vid enheten för beslutsstödsystem i Kista och studerar bland annat kvantteknologier. Tillsammans med Vera van Zoest vid Försvarshögskolan har han analyserat en rapport om läget för kvantmaskinlärning från det tyska institutet Fraunhofer som beställts av Försvarets materielverk.

Förhoppningen är att KML ska kunna dra nytta av kvantdatorns potential att göra vissa beräkningar som klassiska datorer inte klarar av, men Ronnie Johansson är tveksam till att KML kommer att ge meningsfulla fördelar inom överskådlig tid. Han tror att man i varje fall på kort sikt får hålla till godo med KML-metoder som visserligen är snabbare men mer begränsade än de som används i klassiska datorer idag.

– Den längst hängande frukten är en kvantoptimering för att förbättra den vanliga maskinlärningen. Man får då en hybrid mellan en klassisk dator och en kvantdator. Den så kallade Grovers algoritm utvecklades redan på 1990-talet visar att det skulle vara möjligt.

Den militära nyttan bedöms vara osäker. Tänkbar militär användning är bland annat beslutstöd, spaning, analys av stora datamängder, cyberförsvar, meteorologi och medicin.

Listan på svårigheter är lång. Kvantdatorer är extremt känsliga för störningar. Vibrationer, buller och elektromagnetisk strålning kan få det känsliga kvanttillståndet att kollapsa. En KML-dator blir stor, dyr i drift och kräver mycket energi och data kan inte lagras en längre tid. Och ett stort problem är, som Ronnie Johansson påpekar, att överföra data i klassisk form till format som KML-datorn förstår. Dock finns en vision om att kvantsensorer kan kopplas upp direkt mot KML-datorn. Samtidigt utmanas nyttan med KML av ständigt förbättrade metoder för klassiska datorer, vilket kräver ännu bättre kvantdatorer och –mjukvara.

För att få KML-tåget att rulla en bit så krävs en fungerande kvantdator med tillhörande algoritmer.

– Och där är vi inte idag, säger Ronnie Johansson. Forskningen tar små steg framåt. Det är svårt att bygga en kvantdator som överträffar en klassisk dator. Forskare och utvecklare lär och experimenterar. IBM har kanske kommit längst men har tvingats sänka ambitionen. För att öka intresset för kvantdatorer har IBM skapat en utvecklingsplattform, Qiskit, som man kan använda för att göra egna kvantalgoritmer. Så kan man via en molntjänst skicka dessa till IBM:s kvantdator. Det går också att simulera en kvantdator på en vanlig dator. Denna "torrhackning" – utan tillgång till riktig kvantdator – har kommit först på de senaste åren. Algoritmerna kanske inte går att köra ordentligt, men det är en kul aspekt att det ändå skrivs kod i väntan på kvantdatorn.

– Men vem vet, säger Ronnie Johansson. Fraunhofer talar om att KML kan vara verklighet om 15 år. Vad trodde vi för 15 år sedan? Det har hänt mycket bara på de senaste fem åren. Det går inte att utesluta ett teknikgenombrott som ställer allt på huvudet. □

KVANTMASKININLÄRNING

Kvantmaskininläring (QML) är ett teknikområde där kvantdatorer används som stöd för maskininläring (ML). Idag används klassiska datorer till maskininläring men med en fullt fungerande kvantdator hoppas man kunna accelerera beräkningshastigheten betydligt.

3 STEG TILL KVANTMASKININLÄRNING

1. FUNGERANDE KVANTDATORER

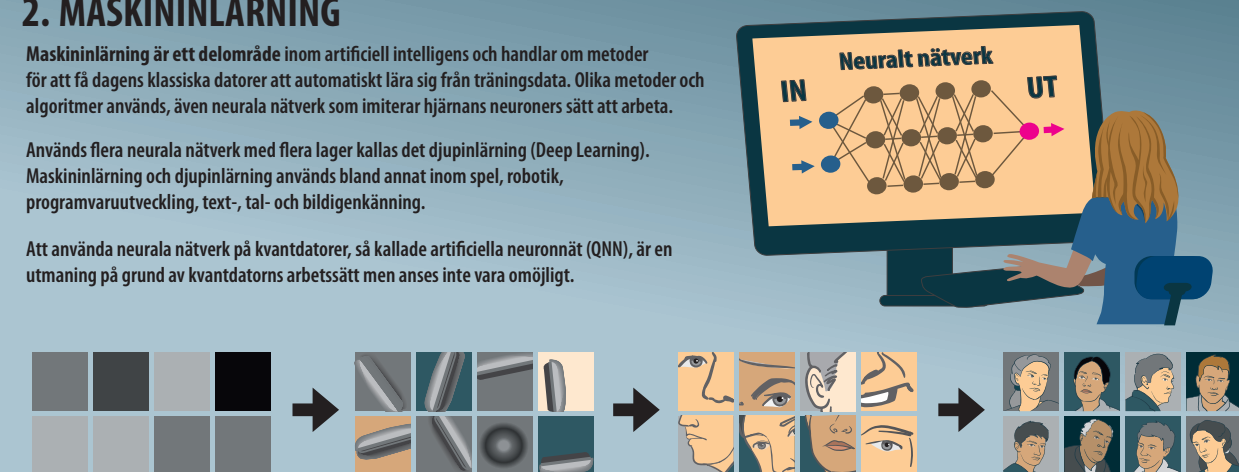


2. MASKININLÄRNING

Maskininläring är ett delområde inom artificiell intelligens och handlar om metoder för att få dagens klassiska datorer att automatiskt lära sig från träningsdata. Olika metoder och algoritmer används, även neurala nätverk som imiterar hjärnans neuroners sätt att arbeta.

Används flera neurala nätverk med flera lager kallas det djupinläring (Deep Learning). Maskininläring och djupinläring används bland annat inom spel, robotik, programvaruutveckling, text-, tal- och bildigenkänning.

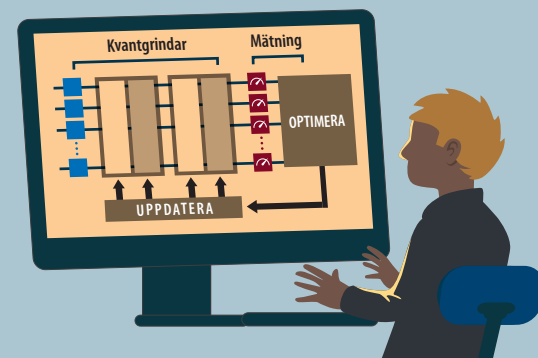
Att använda neurala nätverk på kvantdatorer, så kallade artificiella neuronnät (QNN), är en utmaning på grund av kvantdatorns arbetssätt men anses inte vara omöjligt.



3. LÄMPLIGA KVANTALGORITMER

En kvantdators arbetssätt skiljer sig markant från en klassisk dator. Kvantdatorn befinner sig i superposition av många värden innan en mätning görs. Det är själva mätningen som får kvantbitarnas tillstånd att kollapsa till ett specifikt svar. Många kvantalgoritmer kräver att dessa steg upprepas flera gånger för att optimera de önskade resultaten. Trots alla dessa upprepningar skulle en välfungerande kvantdator vara mycket effektivare än en klassisk dator för vissa typer av tillämpningar, men inte för alla.

Dessutom kräver kvantbearbetning av klassiska data att dessa kodas om till kvanttillstånd. Det är en beräkningskostnad som är särskilt relevant för att avgöra om det är möjligt att uppnå hastighetsökningar i kvantmaskininläring för klassisk data jämfört med klassisk maskininläring.



KVANTDATORER OCH DESS UTMANINGAR

De bästa kvantdatorerna idag jobbar med hundratal kvantbitar. Problemet är att dessa kvantprocessorer är väldigt känsliga för sin omgivning vilket gör att kvanttillståndet snabbt kollapsar på grund av dekoherens och därför inte förmår att prestera bättre än dagens klassiska datorer. Denna nuvarande status kallas NISQ (noisy intermediate scale quantum) då vi har datorer med hundratal kvantbitar men utan felkorrigering. Enligt Microsoft Azure Quantum's schema betraktas NISQ som nivå 1, den lägsta av nivåerna för implementering av kvantdatorer.

HYBRIDLÖSNING

Används en NISQ-dator vid experiment med exempelvis kvantmaskininläring kan en speciell klass av algoritmtyper användas som kallas variational quantum algorithms (VQAs). VQAs är hybridalgoritmer, det vill säga de använder både en klassisk dator och en kvantdator. Den klassiska datorn används för merparten av beräkningen medan kvantdatorn används för den del av beräkningen som inte kan utföras effektivt på en klassisk dator.

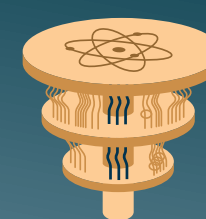
Genom att delegera arbete till en klassisk dator minskar dessa algoritmer antalet operationer som krävs för att köras på en kvantdator och minimerar därmed påverkan av felkällor utan att tillämpa kvantfelkorrigeringstekniker.

Klassisk dator



Optimering av parametrar

Kvantdator

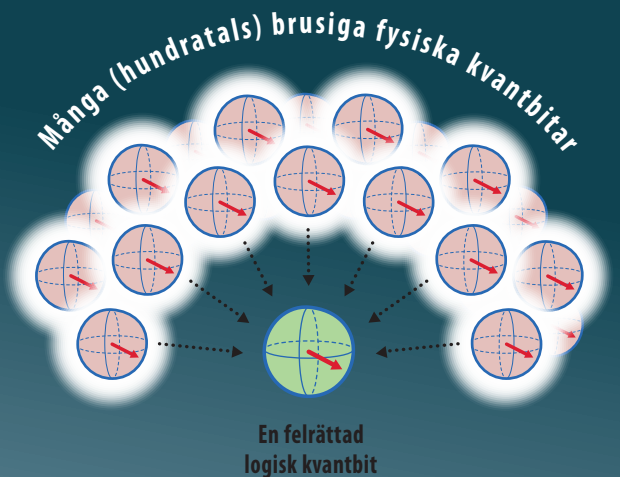


Preparering och mätning av kvanttillstånd

KVANTFELKORRIGERING

Ett annat spår är att tillämpa kvantfelkorrigering för att komma runt problemet med störningar och brus som orsakar dekoherens. Vid kvantfelkorrigering använder man många brusiga fysiska kvantbitar för att skapa en felrättad logisk beräkningskvantbit. Det krävs ett stort antal fysiska kvantbitar av bra kvalitet – uppskattningsvis hundratal – för att få en logisk kvantbit att fungera bra.

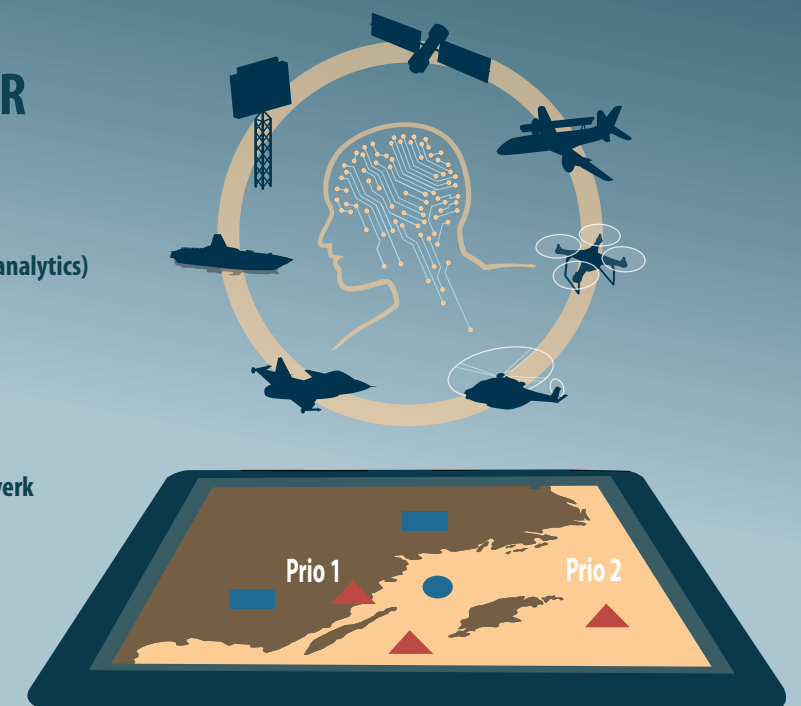
Om man siktar på att bygga en välfungerande storskalig kvantdator med 1000 felrättade logiska kvantbitar, kan den komma att behöva 100 000 till uppemot en miljon fysiska kvantbitar för att den ska kunna köra felfria operationer. Lyckas man, uppstår nya problem med att få alla dessa kvantbitar att interagera med varandra.



MILITÄRA TILLÄMPNINGAR

Följande militära områden skulle kunna dra nytta av fullt fungerande kvantmaskininläring.

- Klassificera stora mängder sensordata (big data analytics)
- Klassificera data från kvantsensorer
- Bearbeta sensordata från obemannade system
- Navigering av obemannade system
- Upptäcka cyberattacker på datasystem eller nätverk
- Upptäcka nya material
- Bearbetning av medicinska bilddata



EN LÅNGLIVAD ÖNSKEDRÖM

Ett batteri som är billigare, mindre och har nästan samma energitäthet som bensin. Och dessutom delvis går på luft. Det låter som en önskedröm och den har levt sedan 1878 när det första batteriet med elektroder av metall och luft konstruerades. I dag används metall-luftbatterier i hörapparater.

Johan Granholm, tekniklärare vid Forsvarshögskolan och Charlotte Ihrfors, operationsanalytiker vid Totalförsvarets forskningsinstitut har analyserat en rapport i ämnet från det tyska institutet Fraunhofer som beställts av Försvarets materielverk. Charlotte Ihrfors har disputerat kemi i Uppsala.

Johan Granholm ser energitätheten som en stor fördel. När batterierna går att ladda förväntas de bli billigare än dagens batterier.

– I våra diskussioner blir det som vanligt en blandning av varför det är bra med batterier och i så fall varför just denna typ. Vi har gått tillbaka till tidigare diskussioner och fann några områden där metall-luftbatterier skulle fungera alldeles utmärkt. Dessa områden är mikro-uaver, mekanisk åsna, obemannade ytfarkoster, drönare som byter miljö, drönartaxi och hårdvara för artificiell intelligens.

Johan Granholm ser militära tillämpningar för små bärbara enheter, sensorer och stora batterier för att lagra energi och stabilisera elnäten. Det har även diskuterats att använda dessa batterier under havsytan. I så fall skulle man få ta med sig syret. Och det görs idag på våra ubåtar så det är inget nytt. Frågan är om det blir mer eller mindre effektivt. Tanken med metall-luftbatterierna är man inte ska behöva släpa med sig något extra.

Tekniken, när den är utvecklad, bedöms ha en militär nytta för Försvarmakten. Den är inte banbry-

tande och berör främst lägre nivåer.

Hur långt bort dessa batterier ligger beror enligt Johan Granholm på den civila batteriutvecklingen.

– Vi har sett andra batteriteknologier som rört sig mycket snabbare än väntat och andra som kört in i en återvändsgränd därför att satsningen minskat. Jag tror inte att vi behöver vänta till 2040 på >

»Vi har sett andra batteriteknologier som rört sig mycket snabbare än väntat och andra som kört in i en återvändsgränd därför att satsningen minskat. Jag tror inte att vi behöver vänta till 2040 på att dessa batterier ska vara fullmogna och militära tillämpningar kan komma tidigare än så.«

METALL-LUFTBATTERIET

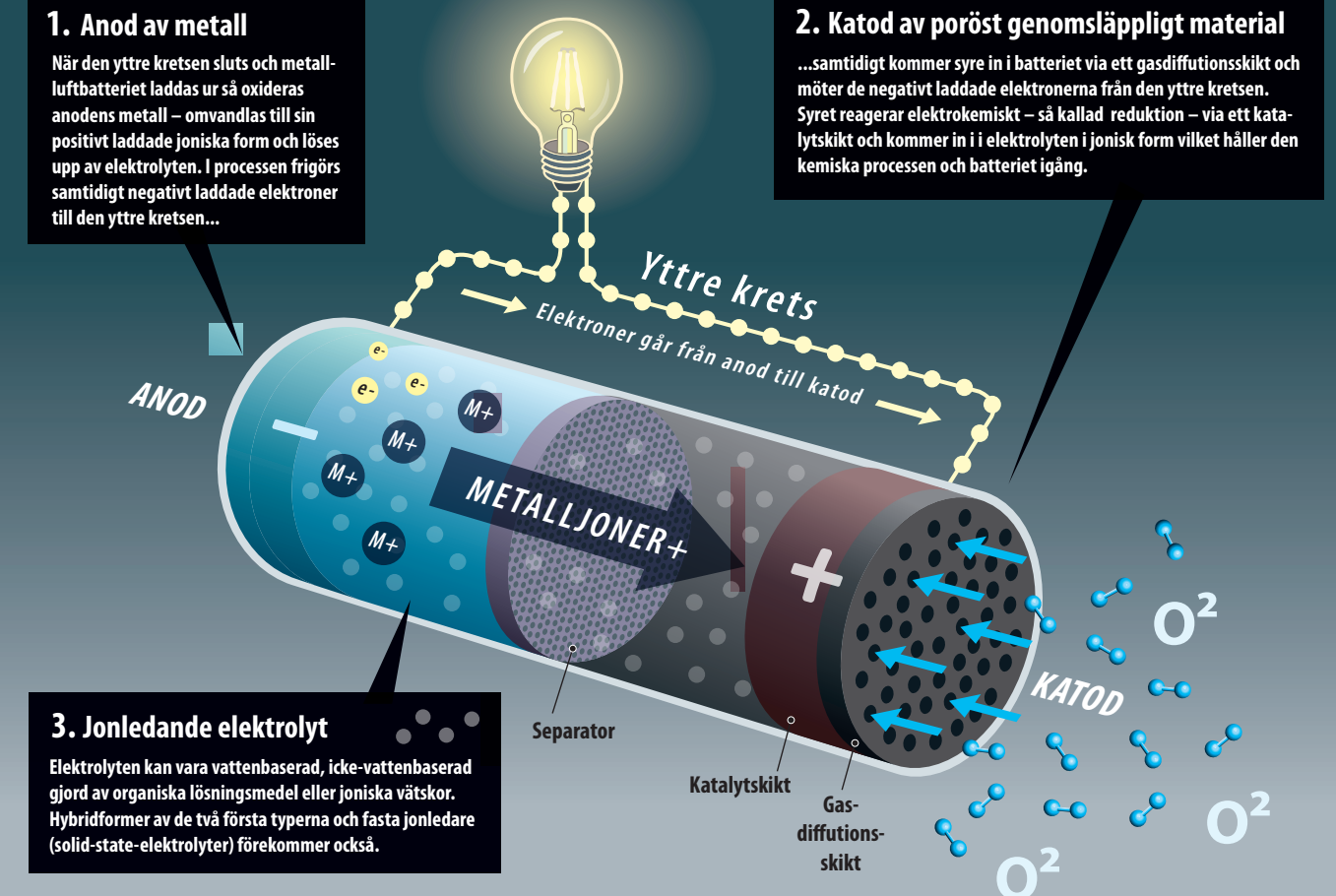
Metall-luftbatterier representerar en lovande framtid inom energilagring med möjligheten att övervinna begränsningarna hos nuvarande batteriteknologier, särskilt när det gäller teoretisk energitäthet. Dessa batterier fungerar genom att använda en metallanod och syre från luften som katodreaktant, vilket eliminerar behovet av att lagra syre inom batteriet och potentiellt möjliggör högre energitäthet.

1. Anod av metall

När den yttre kretsen sluts och metall-luftbatteriet laddas ur så oxideras anodens metall – omvandlas till sin positivt laddade joniska form och löses upp av elektrolyten. I processen frigörs samtidigt negativt laddade elektroner till den yttre kretsen...

2. Katod av poröst genomsläppligt material

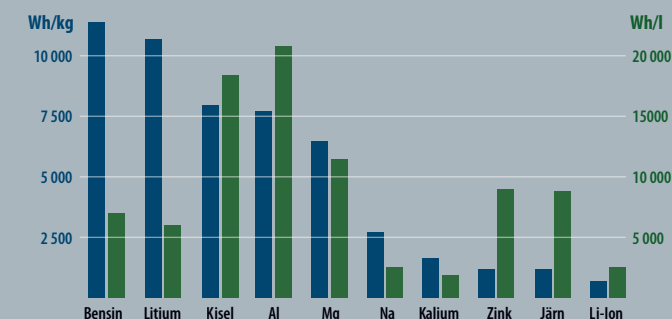
...samtidigt kommer syre in i batteriet via ett gasdiffusionskikt och möter de negativt laddade elektronerna från den yttre kretsen. Syret reagerar elektrokemiskt – så kallad reduktion – via ett katalytiskt skikt och kommer in i elektrolyten i jonisk form vilket håller den kemiska processen och batteriet igång.



3. Jonledande elektrolyt

Elektrolyten kan vara vattenbaserad, icke-vattenbaserad gjord av organiska lösningsmedel eller joniska vätskor. Hybridformer av de två första typerna och fasta jonledare (solid-state-elektrolyter) förekommer också.

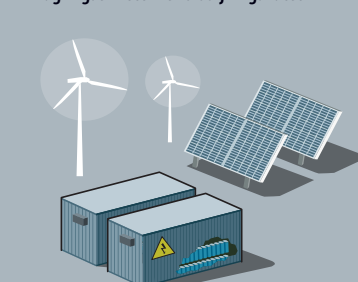
Teoretisk energitäthet i relation till vikt respektive volym



För batterier med luftkatod, är det valet av metall på anodsidan ger batteriets dess namn och bestämmer batteriets spänning. Litium-luft, kisel-luft, aluminium-luft är de metallval på anodsidan som ger högst energitäthet i relation till vikt (Wh/kg). Prioriterar man energimängd i relation till volym (Wh/liter) så är Aluminium-luft effektivast följt av kisel-luft.

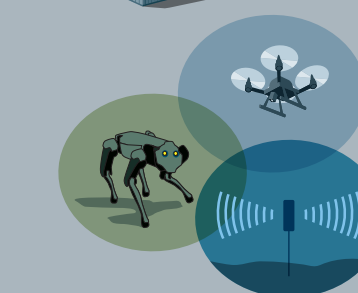
Möjliga tillämpningar

Lagringsenheter i elförsörjningsnätet



Batterisystem som bärs av soldater – minskad vikt

Utökad räckvidd för obemannade system på land, sjö och luft.



Undervattenssensorer med låga energikrav skulle kunna använda specialiserade metall-luftbatterier som använder havsvatten som elektrolyt

att dessa batterier ska vara fullmogna och militära tillämpningar kan komma tidigare än så.

Charlotte Ihrfors betonar att batteriutvecklingen beror på många faktorer, varav alla inte är tekniska.

– 1910 fanns det i USA fler el-bilar än bensinbilar, säger Johan Granholm. Då köpte oljebolagen batteritillverkarna och lade ned dem och vi fick ett 60 år långt avbrott i batteriutvecklingen. Rockefeller och Standard Oil hade mest pengar och det avgjorde.

Johan Granholm pekar på att om inte om hade varit så hade försvaret haft en familj av splitterskyddade enhetsfordon varav flera åtminstone delvis hade el-drift.

I Hägglunds stora projekt, SEP hade man kommit långt i batteritänkandet, men den kunskap som finns idag saknades på 1990-talet. 2010 lades projektet ned, pansarfordon köptes från Finland och Hägglunds såldes till Europas största försvarskoncern BAE

– Batteriforskningen går i vågor. Gamla idéer som legat på hyllan kan få nytt liv, säger Johan Granholm.

I två scenarier prövas metall-luftbatteriernas egenskaper. En skadad person evakueras i skärgården med hjälp av en obemannad farkost som hämtar soldaten på land och sedan rullar ned i vatten. Fördelarna är låg signatur och uthållighet. I ett annat scenario ersätts stabsplatsen stora diesel-elverk av en battericontainer.

– På en stabsplats finns en enorm mängd dieselgeneratorer. De ger ifrån sig värme och avgaser och visar tydligt var stabsplatsen finns, säger Johan Granholm och pekar på att Ukraina 2022 lätt kunde anfälla ryska stabsplatser med värmesökande vapen.

Fördelarna med metall-luftbatterierna är främst energitätheten och tillgången på luft. De sägs dessutom bli billigare, lättare, mindre och säkrare. Nackdelarna är främst den risk som litium innebär. Charlotte Ihrfors understryker att de problem som finns med metall-luftbatterierna är samma som för övriga batterier.

Tillgången på ren luft kan vara ett hinder om partiklar fastnar i den porösa luftpolektrodens hålrum. Å andra sidan behövs luftrening för ett vanligt dieseldrivet elverk.

Forskningen bedrivs civilt och i första hand i Kina som satsar hårt på batterier generellt. □



**Publikationen Omvärld är sammanställd av FoT-projektet
Omvärldsbevakning med teknisk prognos.**

TEXT OCH FOTO: Jan-Ivar Askelin om inget annat anges

GRAFIK: Martin Ek

GRAFISK FORM: Peter Ehrlin

TRYCK: FMLOG Försörjning Grafisk Produktion

OMSLAGSFOTO: Getty Images, Ippei Naoi

FMV dokumentbeteckning: 24FMV2096-22 ISBN: 978-91-87723-26-1