

VÄRLDENS
RYMDCENTRUM

RÖSTA FRAM
ÅRETS NATO-BY

LKAB I SPETSEN
FÖR NYA GRUVAN

OMVÄRLD

TEKNISK PROGNOSE 2023

TEMA:

GRÖNA NORRLAND

Den gröna omställningen är det största som hänt i Norrland sedan gruvorna och vattenkraften kom.

FMV





INNEHÅLL OMVÄRLD

KRÖNIKA	4
GRUVAN GER OCH TAR OCH KIRUNA FLYTTAR	6
KOMPETENS OCH ENERGI OLÖSTA FRÅGOR	14
DEN STORA SATSNINGEN PÅ ÖVRE NORRLAND STÄLLER ALLT PÅ SIN SPETS	18
ESRANGE – HÄR HÄRSKAR RYMDEN OCH ÖDEMARKEN	22
EN SKOG AV ANTENNER RIKTADE MOT RYMDEN	30
VI DRÖMMER OM ATT FÅ LÄMNA SOLSYSTEMET	36
FRÅN TEXAS TILL KYLAN RÄTTA STÄLLET FÖR EN RYMDFORSKARE	40
VI KANSKE SKULLE RÖSTA FRAM ÅRETS NATO-BY	44
NORDISKA LÄNDER TAR POLARPRISET	48
HÄR BÖRJAR KAMPEN FÖR LIVET	52
ROBOTAR TAR ÖVER FRAMTIDENS GRUVA	54
90 PROCENT AV AUTONOMIN ÄR MJUKVARA	58
NORRLANDSKUSTEN STÄLLER OM TILL GRÖNT	64
AI RESONERAR MEN SÄGER INTE HUR	71
RADARNES HJÄRNA KAN FÅ PLATS PÅ ETT CHIP	74
KONSTEN ATT NAVIGERA UTAN SATELLITER	77
NY TYP AV HÅRDVARA SKRÄDDARSYDD FÖR AI	78
SERGEANT SIRI STABENS SPINDEL	80
NY TYP AV GEL KAN GE BÄTTRE SENSORER	83

Foto omslag: Getty images

KRÖNIKA

SVERIGES SÄKERHET OCH EKONOMISKA FRAMTID BYGGS I NORRLAND

Norrland – Sveriges största landsdel, som kanske många bara har en diffus uppfattning om. Långt bort, avfolkningsbygd, arbetslöshet, dålig infrastruktur. Har man gjort militärtjänst i Norrland har man kanske ytterligare uppfattningar, kallt, mörkt, väglöst och ensamt. Landsdelen utgör 59 procent av Sveriges yta och är således cirka 265 000 kvadratkilometer stort, vilket kan jämföras med Storbritannien (något mindre) eller Italien (något större). Det är ungefär bara var tionde svensk som kan kalla sig norrlänning.

Att det pågår en industriell revolution i Norrland kanske de flesta inte har uppfattat. Men det är inte konstigt med tanke på vår centrering kring Stockholm och andra storstadsregioner, där trots allt de flesta svenskar bor.

STARKA TRENDER I omvärlden, både geopolitiska och klimatmässiga har successivt satt Norrland på den mediala kartan. Oundvikligen måste vi förflytta oss från fossila energislager mot förnybara – inte bara för att minska koldioxidutsläpp men även för att minska beroendet av gas och olja som ofta kommer från stater

»Nya infrastrukturer måste byggas, gamla rustas upp, och dessa måste återigen in i försvarsplaneringen. Hur ska vi försvara detta enorma område med sina strategiska värden, och för Sverige viktiga infrastrukturer med malmbanan, gruvor och järnverk?«

som har en helt annan uppfattning om samhället än vår egen. I Norrland finns vatten och glesbygd där enorma vindparker etableras – dessa utgör grunden för förnybar energi och den gröna omställningen. Tillgången till förnybar energi har gjort att det är intressant för energiintensiva verksamheter att etablera sig i Norrland, från datacenters till konstgödsselfabriker.

Behovet av viktiga insatsråvaror och mineraler till bland annat batterier gör att det finns ett stort intresse att utöka gruvdriften i befintliga gruvor men även att starta nya för att komma åt så kallade sällsynta jordartsmetaller. Kritiska råvaror har blivit svårare och dyrare att komma åt på grund av att länder som Kina inte längre är lika villiga att exportera till exempel grafit som är en viktig råvara till batterier, på grund av den globala teknologiska kampen. Globaliseringen har förändrats och nu skapas nya leveranskedjor där länder prioriterar handel med parter som man uppfattar att man kan lita på och som har en liknande agenda.

Geopolitiska spänningar och krig i Europa har också medfört att samtliga nordiska länder nu är med i Nato vilket ytterligare har satt Norrland och Nordkalotten på kartan.

NÄR VI BESTÄMDE oss för att Omvärld denna gång skulle få ett icke tekniskt tema, utan ett geografiskt, var det med känslan av att något håller på och händer i Norrland som vi borde undersöka och analysera. Under arbetets gång har det bara förstärkts. Norrlands strategiska betydelse för Sveriges framtid kan inte nog understrykas. Sveriges säkerhet och ekonomiska framtid byggs nu till stor del i Norrland. Vilka möjligheter och nya skyldigheter skapar detta? Nya infrastrukturer måste byggas, gamla rustas upp, och dessa måste återigen in i försvarsplaneringen. Hur ska vi försvara detta enorma område med sina strategiska värden, och för Sverige viktiga infrastrukturer med malmbanan, gruvor och järnverk?

DET ÄR INTE BARA skog och vatten i Norrland. Högteknologi på internationellt högsta nivå finns inbäddat i de norrländska vidderna och längs kusten. Eiscat och Esrange runt Kiruna, ett kompositkluster runt Piteå, ett batterikluster runt Skellefteå. Forskning pågår kring framtidens energisystem, autonomi och rymdteknik vid lärosäten som Luleå tekniska högskola. Närliggande inkubatorer och innovationshubbar lägger grunden för ett dynamiskt näringsliv där nya idéer får prova sin livskraft. Luleåföretaget Arctic Space Technologies som till exempel bygger en mottagarstation för satellitdata i Öjebyn utanför Piteå, med namnkunni-



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

ga kunder som Viasat och OneWeb, är bara ett i raden av exempel som förändrar bilden av Norrland.

Bostäder måste byggas och kommuner måste planera långsiktigt för att attrahera arbetskraft från många olika länder. När en grupp italienare stormar in i en pizzeria i Boden strax före nio en vardagskväll för att äta middag och ägaren egentligen tänkt stänga eftersom det varit helt folktomt sista timmen, då de flesta bodensare redan ätit middag för länge sedan, inser man att något håller på att händer. På barerna i Luleå trängs nationaliteter från Brasilien, Grekland, Nederländerna och intensiva samtal förs om teknik och ekonomi – ytterligare tecken på att detta bara är början på en förändring som kommer att pågå länge och som kommer att förändra det norrländska samhället i grunden och bilden av densamma. Det kalla Norrland har blivit hett. □

Det heta Norrland

Tusen miljarder ska satsas på Norrlands gröna omställning. Det betyder 100 000 nya jobb. Och en enorm utbyggnad av energiproduktionen. Omställningen är lika stor som när gruvorna och vattenkraften kom. Initiativet kommer från marknaden och regionerna.

Men det händer mer än den gröna satsningen. Norrland är hett. Esrange byggs ut för att kunna skjuta upp satelliter. Den stora radaranläggningen Eiscat i Sverige, Finland och Norge är ett öga riktat mot skyn. I det norrländska rymdklustret finns också forskningen på plats. Nu är Norrland också en angelägenhet för Nato. Inte minst Malmabanen behövs rustas upp.

-  Malmabanen
-  Tänkt pipeline för vätgas
-  Norrbottenabanan

Rymd

1. Esrange – Space Center
2. EISCAT3D – forskningsradar
3. SSC – Swedish Space Corporation
4. IRF – Institutet för rymdfysik
5. LTU – Luleå tekniska universitet, rymdingenjörutbildningen
6. Rymdgymnasiet

Gruvor

1. LKAB, Kiruna gruva + Per Geijer – järnmalm och jordartsmetaller
2. LKAB, Svappavaara gruva – järnmalm
3. LKAB, Malmberget Gällivare – järnmalm
4. Talga, grafitbrytning Vittangi – grafit
5. Copperstone, Kiruna – koppar
6. Boliden, Laver Boliden, Älvsbyn – koppar
7. Jokkmokk Iron, Kallak – järnmalm
8. Boliden, Aitikgruvan – koppar

Grön omställning

1. LKAB, SSAB och Vattenfall, Hybrit Gällivare – tillverkning av järnsvamp
2. LKAB, Reemap Luleå – jordartsmetaller, fosfor ur gruvavfall samt gips
3. SSAB, Luleå – masugnen ska ersättas med elektrostålverk
4. H2 Green steel, Boden – stålproduktion, egen järnsvampstillverkning med hjälp av vätgas
5. Northvolt, Skellefteå – batterifabrik
6. Fertiberia, Lantmännen och Nordion Energi, Power2earth – tillverkning av konstgödsel med vätgas
7. Smurfit Kappa, Piteå – sidostrommar
8. Markbygdens vindkraftspark

Rymd

Kiruna är ett centrum på världens rymdkarta. Esrange byggs ut för att kunna skjuta upp satelliter. Platsen blir därmed unik i Europa. Unik är också glesbygden. Testområdet är lika stort som Luxemburg. I rymdklustret ingår forskningen vid Rymd Campus. Ett pågående projekt är den stora radaranläggningen Eiscat som ligger i Sverige, Finland och Norge.

Transport

Malmabanen är gammal och sliten. Här går halva Sveriges godstrafik. Tre ursparningar på kort tid och inträdet i Nato har visat på sårbarheten. Trafikverket ska få regeringens uppdrag att omprioritera nationalplanen där landets alla infrastrukturprojekt ställs mot varandra. Flygförbindelserna är ett bekymmer. Umeås närmaste stad är Vasa i Finland. För att flyga dit måste man åka via Stockholm och Helsingfors. Norrbottenabanan har börjat att byggas.

Energi

Det är ingen akut brist på energi, vindkraften spelar en stor roll. Problemet är att endast vattenkraften kan lagra energi. Hur det stora framtida energibehovet ska täckas är en öppen fråga. Vätgasen ersätter koksen i Luleå stålverk. Det är en grundpelare i den gröna omställningen. Vätgas nämns som en framtida stor energibärare.

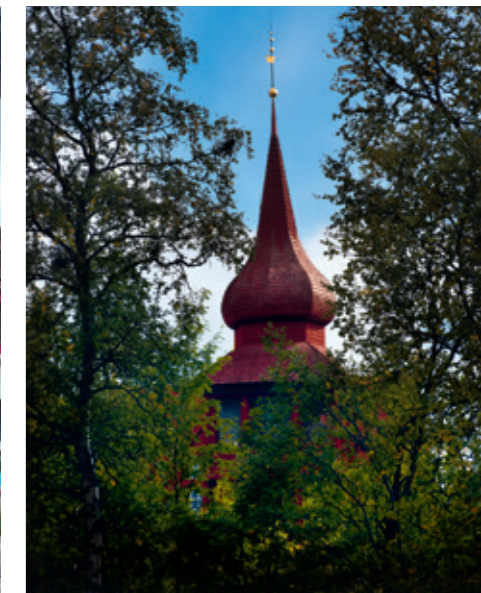
Folk

I Norrland bor en miljon. Nu ska det till ytterligare 100 000. Det motsvarar den totala folkmängden i Luleå och Boden. Läger man på kommunerna Piteå och Älvsbyn skulle området bli Sveriges femte största kommun. Att öka befolkningen med 20 procent kommer att innebära en stor arbetskraftsinvandring. Det är stor brist på experter som inte finns i Sverige. Men också brist inom alla övriga yrkeskategorier när samhällena växer så mycket.

Källa: Dagens Industri, LTU, Smurfit Kappa

GRUVAN GER OCH TAR OCH KIRUNA FLYTTAR

I 60 år stod de här – Ralph Erskines berömda hus. Kiruna var en frisk fläkt norr om polcirkeln. Nu har sprickorna från gruvan ätit sig fram till staden. Det gamla centrum är förvandlat till en park. Gruvan som skapade staden flyttar på den.



Om drygt tio år ska hela flytten vara genomförd. Ett nytt centrum växer upp, bostäder byggs för 6 500 människor och LKAB betalar. Varje natt vid tvåtiden går salvan i underjorden. Kirunaborna är vana. Det vore kanske konstigare om den dova vibrationen skulle utebli. En natt 2020 dundrade det ordentligt. En Kirunabo trodde att snön rasat från taket innan insåg han att det var i maj. Det var Sveriges största gruvskalv, 4,8 på Richterskalan. Området där skalvet skedde stängdes och händelsen påverkar hela berget.

DET KAN OCKSÅ vara skakigt ovan jord. Till exempel i kommunledningen. Johan Bergstad, med rötterna i Kiruna tillträdde som kommundirektör i februari 2022 och avgick i september 2023. Innan dess hann han berätta om läget i Kiruna.

Han talade om en kommun med en "anorektisk" servicenäring. Väntetiden hos frisören är en månad. Det är svårt att locka folk till Kiruna och utvecklingen går åt andra hållet. Befolkningen har minskat från 30 000 till 20 000. Näringslivet säger att det behövs 7 500 nya människor för att klara omställningen.

Johan Bergstad beskriver en ond cirkel med höga priser – gruvan gör att det är ständigt ▽

»Vi är Sveriges största kommun, men har ingenstans att ta vägen.«

högkonjunktur – Sveriges högsta medelinkomst och brist på bostäder. Han är inte främmande för arbetskraftsinvandring för att bemanna kommunen och ha engelska som koncernspråk.

Kiruna är känt för att vara Sveriges största kommun, hälften så stort som Nederländerna där det bor 16 miljoner. Johan Bergstad säger att "vi är Sveriges största kommun, men har ingenstans att ta vägen". Marken utanför tätorten ägs i princip av staten. Av 10 000 kvadratkilometer äger Kiruna 30. Eftersom Kiruna ligger ovanför odlingsgränsen bestämmer staten över all markförsäljning vilket påverkar bostadsbyggandet.

LISTAN ÖVER PROBLEM är lång men Johan Bergstad tror på framtiden. Gruvan levererar årligen miljarder till samhället, gruvan går i spetsen för den gröna omställningen och ska satsa 400 miljarder. Och sedan finns mjölkkon turismen.

Johan Bergstad efterlyser en övergripande hand som pekar ut färdriktningen. Det gäller inte minst Malmbanan som svarar för nästan hälften av det tonnage som går på svenska järnvägar. Banan är gammal och sliten. Stålverket i Luleå fick ta malm från Kanada för att banan är för dålig. I Boden planeras ett jättestålverk. Norge vill skicka sin lax på malmbanan. Fisken har lika stort ekonomiskt värde som malmen. Banan är enkelspårig och frågan om dubbelspår skjuts på framtiden. I trafikplanen för riket tävlar malmbanan med tunnelbanan.

Frågan om dubbelspår fick en ny aktualitet veckan före jul 2023 när ett malmtåg spårade ur i Vassijaure och rev upp en stor del av rälsen. Jan Moström, VD för LKAB säger att med ett dubbelspår skulle banan i stort vara igång direkt. Stängningen får stora konsekvenser för de närmaste åren, säger



Johan Bergstad Kiruna kommun pekar ut rivningsgränsen. Den berömda kyrkan räddas till en ny plats. Den rullar iväg nästa år.

Jan Moström och menar att det inte längre går att blunda för vilken samhällskritisk och känslig infrastruktursom malmbanan är. LKAB bryter malm och lagrar pellets som kanske motsvarar upp till 400 tåg. Varje dag går normalt tio tåg till Narvik.

NATO HAR SKICKAT budskapet till Sverige att rusta upp järnvägarna. Malmbanan kan i framtiden bli ett Natointresse. Johan Bergstad har varit officer vid regementet i Kiruna som lades ned 2000 och inledde en karriär i it-branchen och har varit it-chef i Försvarsmakten och är väl insatt i Kirunas militära betydelse. Malmfälten spelade en stor roll under andra världskriget. Storbritanniens ledare Winston Churchill var inte främmande för att ockupera malmfälten och dra in Sverige i kriget. Den svenska malmexporten till Tyskland var på sin tid mycket omdiskuterad. Gruvorna har inte spelat ut sin säkerhetspolitiska roll och Johan Bergstad menar att man på allvar måste fundera på om LKAB kan fortsätta att bryta malm om det blir en väpnad konflikt på Nordkalotten. I dag märks ett ökat intresse från försvaret för de resurser som finns i Norrbotten och inte minst på rymdsidan. □



Den stora flytten

Gruvan skapade Kiruna och gruvan äter Kiruna. En sprickzon vandrar mot staden och 2004 meddelade LKAB att det var dags att börja planera flytten. Ett nytt centrum invigdes 2022. Hela flytten beräknas vara klar 2036 och går på minst tolv miljarder och det är LKAB som betalar.

Malmkroppen Luossavaara

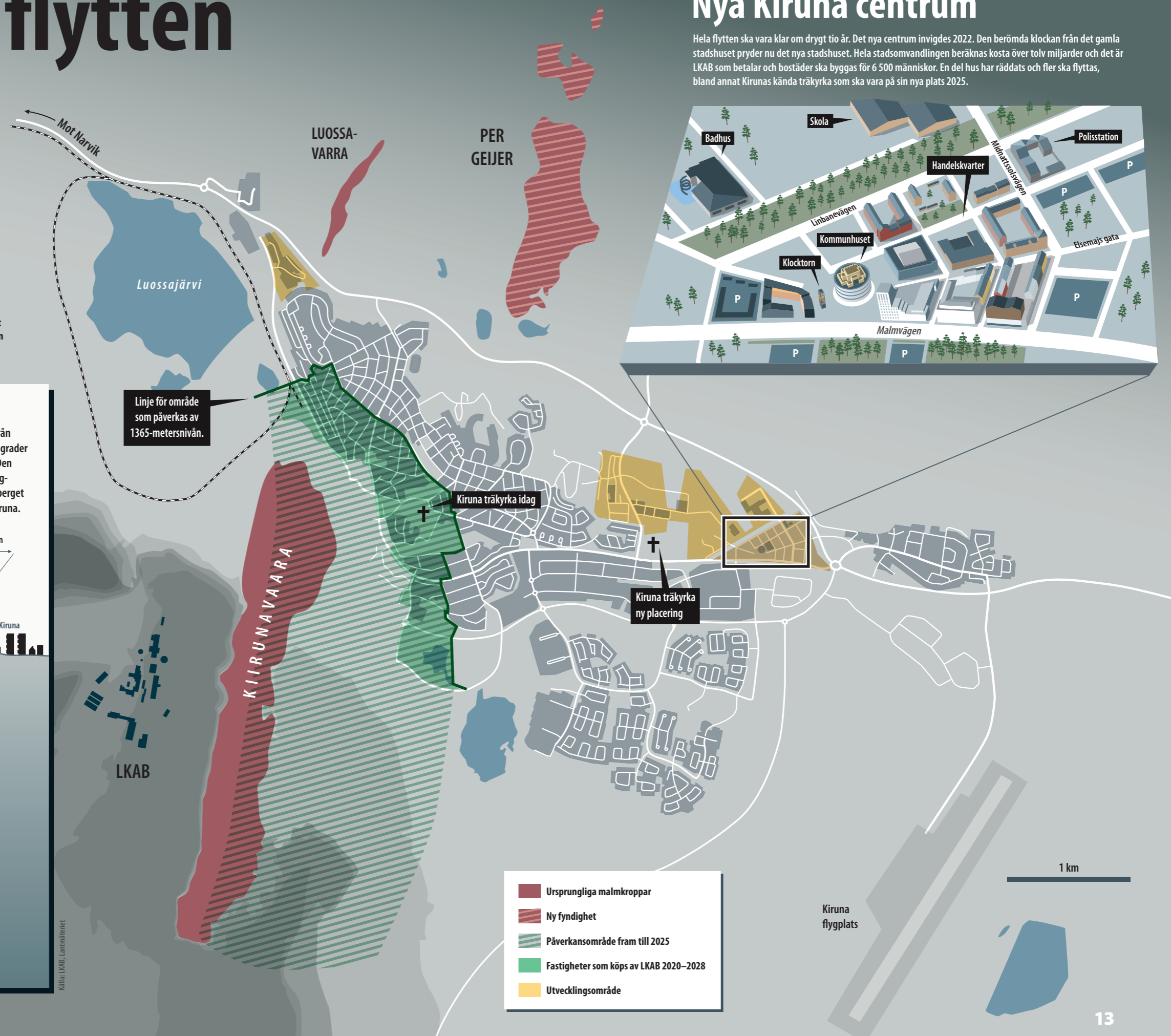
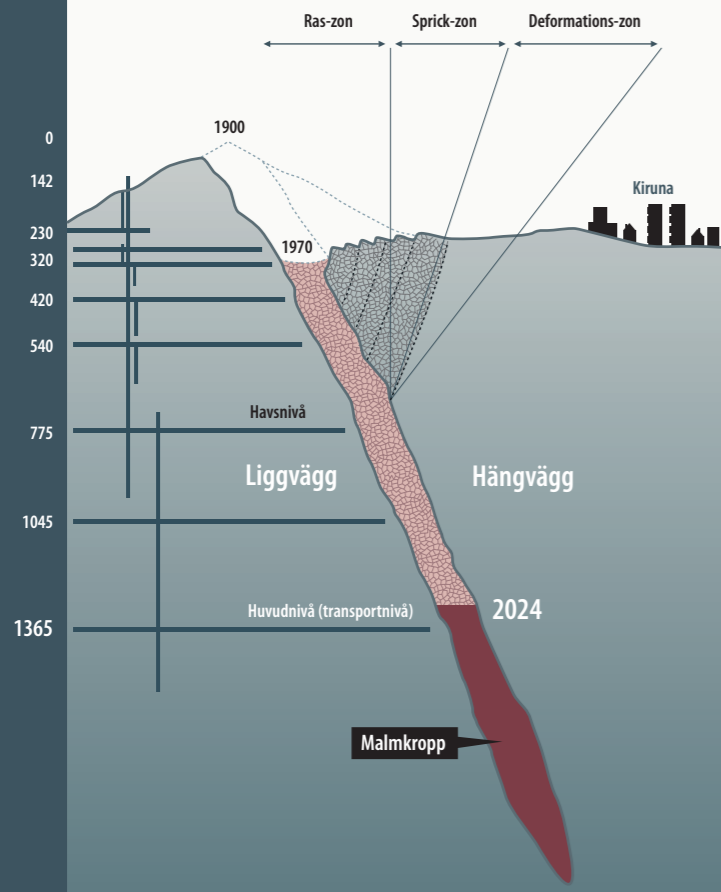
Den mindre malmkroppen Luossavaara är ett av gruvbergen i Kiruna. Den har stora järnmalmfyndigheter men LKAB lade ner brytningen 1966.

Malmkroppen Per Geijer

Per Geijer är en malmkropp som ligger ett par kilometer norr om den malmfyndighet som bryts i Kirunavaara. I malmkroppen finns såväl järnmalm och fosfor men också Europas största fyndighet av jordartsmetaller.

Malmkroppen Kiirunavaara

Gruvbrytningen sker med skivrasbrytning. Järnmalmen tas underifrån malmkroppen. Tomrummet fylls av gråberg. Malmkroppen lutar 60 grader in mot Kiruna. Bergmassan ovanpå malmkroppen är hängväggen. Den massa som malmkroppen vilar på kallas liggvägg. Gråberg från hängväggen rasar in och fyller tomrummet. Spänningar i berget gör att berget ovanför spricker och vid markytan bildas sprickor som rör sig mot Kiruna.



Nya Kiruna centrum

Hela flytten ska vara klar om drygt tio år. Det nya centrum invigdes 2022. Den berömda klockan från det gamla stadshuset pryder nu det nya stadshuset. Hela stadsomvandlingen beräknas kosta över tolv miljarder och det är LKAB som betalar och bostäder ska byggas för 6 500 människor. En del hus har räddats och fler ska flyttas, bland annat Kirunas kända träkyrka som ska vara på sin nya plats 2025.

- Ursprungliga malmkroppar
- Ny fyndighet
- Påverkansområde fram till 2025
- Fastigheter som köps av LKAB 2020–2028
- Utvecklingsområde

Kompetens och energi olösta frågor

Tusen miljarder ska satsas på Norrlands gröna omställning. Den rullar på oavsett regering. Näringslivet har insett att grönt ger pengar. Det stora problemet är kompetens och energi, säger Pär Weihed, prorektor vid Luleås tekniska universitet, LTU. Det krävs 100 000 nya jobb och svenskarna är trögrörliga. Den gröna satsningen kommer att kräva en gigantisk arbetskraftsinvandring.

Pär Weihed har tagit det för sörslänningar ovanliga steget att flytta till Norrland.

– Jag läste geologi i Göteborg och fick ett sommarjobb på Boliden. Då hade jag aldrig varit norr om Östersund. Du kan hämta en geologhammare i förrådet. Sedan ska du åka till Jokkmokk. Det som började som ett sommarprojekt övergick med tiden till doktorandstudier. Jag

ville arbeta med tillämpad naturvetenskap och då råkade det bli geologi. Det ledde med tiden till tio år vid Sveriges geologiska undersökning, SGU. Och nu har jag aldrig arbetat med geologi söder om Västerbotten. 1996 fick jag ett erbjudande om att bli adjungerad professor i malmgeologi vid Luleås tekniska universitet. Efter 17 års pendlande till Uppsala är Pär Weihed bosatt i Luleå och saknar inte vintrarna i Uppsala. Då är det bättre med rejäla vintrar. LTUs motto är att bra idéer skapas i minusgrader.

Foto: LTU

Pär Weihed säger att den gröna omställningen kommer att dominera forskningen de närmaste tio åren.

– Det blir centrumbildningar med industrin på områden som energi och särskilt vätgas. På toppen av detta har vi digitaliseringen och artificiell intelligens som på bred front kommer in i samhällets alla delar.

LTU ÄR TROTS namnet inte enbart inriktat på teknik. Här finns också mycket humaniora, samhällsvetenskap, vård och lärarutbildningar.

– En stor fråga är hur samhället hänger med i omställningen. Hur bygger man det goda samhället? Kulturutbudet och allt sådant flyger lite grann under radarn, men har stor betydelse för samhället. Inte minst när det gäller att locka människor till Norrland.

– Den gröna omställningen innebär en så stor samhällsomvandling att man får gå tillbaka i tiden när vattenkraften och gruvorna kom till Norrland för att hitta en motsvarighet, säger Pär Weihed. Mycket är intecknat och mycket pågår. Man kan säga att batterifabriken Northvolt i Skellefteå är först och i någon mening är fabriken fortfarande i startblocken. Northvolt etablerade sig i Norrland för den gröna energins skull. Att det dessutom fanns litium tre mil väster om fabriken kom som en glad överraskning.

Pär Weihed pekar på två stora problem som måste lösas – kompetens och energi.

– Omställningen kräver cirka 100 000 nya arbetstillfällen. I dag bor cirka en halv miljon i Norrland. Med Norrland menar jag Norrbotten och Västerbotten. Det är alltså en folkökning ▶

»De gamla miljöbovarna malmen, vattenkraften, skogen och stålindustrin blir nu de gröna pionjärerna. Kunderna sägs vara villiga att betala mer för grönt stål. Grönt säljer och det är en stor förändring.«

med tjugo procent. Sörlänningarnas mentala bild av Norrland är byggd på fördomar.

Detta tillsammans med att svenskarna är Europas mest trögrörliga folk innebär att den gröna satsningen innebär en gigantisk arbetskraftsinvandring. Det är inget konstigt med det. När SKF expanderade i Göteborg på 1950-talet tog man arbetare från norra Italien. Northvolts batterispecialister finns inte ens i Europa. Ibland sägs det att människor från hundra olika nationer arbetar för Northvolt.

Arbetsinvandring är inget nytt. Pär Weihed påminner om att det var tyska smeder som på 1600-talet lärde svenskarna att gjuta kanoner.

– Och krigen finansierades med gruvorna i Falun och Sala.

– De gamla miljöbovarna malmen, vattenkraften, skogen och stålindustrin blir nu de gröna pionjärerna. Kunderna sägs vara villiga att betala mer för grönt stål. Grönt säljer och det är en stor förändring.

Men för att göra det gröna stålet krävs massor av energi.

– Alla förstår nog inte energiproblemen. Att skapa energi är en sak. Sedan ska den lagras och fördelas. Den frågan är fortfarande till stor del olöst. Det är osäkert om man klarar alla satsningar. Räcker energin? Det här ställer kommuner inför svåra val. Vindkraft är nog bra, men inte i vår kommun. Jag tror på en blandning av

flera energikällor där kärnkraften ingår. På LTU studeras vätgassatsningen i centrumbildningen CH2ESS och energiförsörjningen i Arctic center for energy i Skellefteå.

FÖR DRYGT FEMTIO år gick landshövding Ragnar Lassinantos dröm i uppfyllelse. Luleå fick en teknisk högskola. Vid starten 1972 fanns 50 studenter. Nu är det 18 000.

– Ett lärosäte är inte bara en stor arbetsgivare utan det skapar också dynamiska miljöer på orten. Från början styrdes Luleås tekniska högskola av basnäringarnas behov. Nu har utbildningsgraden i Norrland ökat enormt och studenternas andel av Luleås befolkning är också stor.

Norrland har fyra lärosäten – Gävle, Umeå, Mittuniversitetet i Sundsvall och Östersund samt Luleås tekniska universitet som i sin tur är utspritt från Kiruna till Skellefteå – en sträcka på 50 mil.

– I området Luleå–Boden bor ungefär 100 000 människor. Läger man till kommunerna Piteå och Älvsbyn talar vi om ett område som skulle ge en femteplats på Sveriges kommunlista. Det sätter ett intressant perspektiv.

Till Luleå kommer man för att studera och kanske åka skidor. Inte för att bli norrlänning.

– Sextio procent av de som studerar för att bli civilingenjörer kommer från södra Sverige. Nu måste arbetsgivarna här visa att det finns arbete. Försvaret ska också öka. Jag tycker att varje termin borde inledas med att studenter och arbetsgivare möts.

PÄR WEIHED HAR arbetat många år med att leta efter råvaror i berggrunden.

SGU jobbade fram till på 1980-talet med prospektering och myndigheten hade över 800 anställda. Staten hade koll på landets råvaror. På 1980-talet lade man ned prospekteringen och all kompetens försvann på ett bräde. Samtidigt bantades försvaret, intresset sjönk för självförsörjning och nu ser vi konsekvenserna. Prospekteringen sker numer av privata företag och mycket av green fields prospekteringen sköts av små juniora prospekteringsbolag. De letar guld. Det innebär att samhällets behov av att trygga försörjningen av råvaror inte har lyfts fram i tillräckligt stor utsträckning. Kineserna



gör tvärtom. De är långsiktiga och har starka intressen i världens råvaruindustri.

– Kina har 90 procent världens sällsynta jordartsmetaller. Europa producerar inget. USA stängde västvärldens största gruva för dessa metaller av miljöskäl utan att det amerikanska försvaret protesterade. Det har varit billigare att köpa från kineserna och låta någon annan ta miljökonsekvenserna. Nu börjar visserligen västvärlden att vakna och producera egna jordartsmetaller – som man skickar till Kina för förädling. Skulle Kina strypa tillförseln av dessa kritiska metaller skulle det ta Europa minst tio år att komma ifatt och på den tiden har Europas högteknologiska industri slagits ut. Jag blir nästan blek om nosen när jag tänker på vad som kan hända och det är förvånande att västvärlden inte sett detta beroende ur ett säkerhetspolitiskt perspektiv.

LKAB SÄGER SIG klara trettio procent av Europas behov av jordartsmetaller. Det motsvarar cirka 300 000 ton om året. Fyndigheten har varit känd i hundra år, men det först nu som det är lönsamt att utvinna metallerna.

– Sällsynta jordartsmetaller finns i alla permanentmagneter. Det är inte svårt att inse dessa metallers strategiska betydelse. En del jordartsmetaller finns i såväl Sverige som Finland och om man letar så hittar man.

Vad gäller vanliga metaller är det nästan lika illa Europa konsumerar tjugofem procent av jordens metaller och producerar ynka tre procent. LKAB levererar nittio procent av Europas järnmalm.

– Nu diskuteras dual use, det vill säga att teknik har både ett civilt och militärt värde, på ett sätt som akade-

min inte gjort tidigare. Det har blivit ett rätt uppvaknande för många lärosäten där man tittat på forskningsarbetet med Kina med nya ögon. Det har varit en viss naivitet, säger Pär Weihed.

Pär Weihed pekar på andra brister i beredskapen.

– Kriget i Ukraina har ställt saker på sin spets. När frihandeln inte fungerar blir det kritiskt. Vi skulle inte klara en bister vinter utan att importera mat och staten har knappast några beredskapslager av olja längre.

Med Ukrainakriget kom också ett ökat intresse hos akademien för försvaret.

– Vi har en dialog med försvaret om gemensamma intressen. Främst gäller det kompetens, utbildning och fortbildning. Vi har samma problem med att få folk till Norrland. Hur kan man locka ungdomar till Boden? Andra områden är rymden där LTU har sitt rymdcampus tillsammans med institutet för rymdfysik i Kiruna och vi märker ett ökat rymdintresse från försvaret.

– Nato har en enorm forskningsbudget och där kanske det kan bli något. Vi forskar om polarmiljön. Hur klarar människor och materiel kylan?

– Geopolitiskt är Nordkalotten en extremt strategisk plats där det kan bli konflikter om råvaror, transporter och handelsleder. Öppnas Nordvästpassagen halveras tiden mellan Europa och Asien.

Norrlandssatsningen innebär stora möjligheter men också en ökad sårbarhet. Vem ska försvara Norrland?

– Vätgasnäten ska försörja hela norra Sverige och Finland med rörledningar. En träff där kan slå ut ett helt ekosystem. Ett utbyggt elnät är på samma sätt en risk. En precisionsrobot kan slå ut hela landets elförsörjning och vi har ingen reserv. □



DEN STORA SATSNINGEN PÅ ÖVRE NORRLAND STÄLLER ALLT PÅ SIN SPETS

Sverker Sörlin är uppvuxen i Åsele. Nu har det runnit mycket vatten i Ångermannaälven. Sverker Sörlin är professor vid Kungliga tekniska högskolan och forskar om resursbrist. Ur det perspektivet ställer satsningen nu på Norrland allt på sin spets.

Sverker Sörlin är i grunden historiker med inriktning på idéhistoria. Hans doktorsavhandling från 1988 är en studie i politisk idéhistoria med avstamp i den stora Norrlandssatsningen från 1870 till 1920.

– Hela mitt liv har jag ägnat åt egen forskning. Jag har nästan alltid varit på universitet eller motsvarande i Sverige eller utomlands. Jag är också författare och har under många år regelbundet medverkat i Dagens Nyheter. Dessutom har jag haft utredningsuppdrag och varit rådgivare i bland annat miljöpolitik.

Sverker Sörlin är uppvuxen i den norrländska glesbygden i det lilla samhället Åsele "mitten mellan Norge och Kvarken".

– Våra kulturkontakter följde älvdalarna. Vi åkte till Höga kusten, Sollefteå och Kramfors. Jag växte upp två timmar från Ådalen och två timmar från Norge. Då hade Åsele kanske som mest 6 000 invånare och idag är det inte ens hälften. En väldig åderlätning på folk och det finns inte mycket som talar för en expansion.

Sverker Sörlins forskning nu handlar mycket om begreppet antropocen, ett uttryck som myntades runt år 2000 och som betecknar att jorden gått in i en tidsålder som människan skapat.

– Drivkraften i den är att kapitalet måste förräntas. En stor del av världens samlade pensionskapital satsar på börser. Den enklaste modellen för att få kapitalet att växa är att fortsätta expansionen, säger Sverker Sörlin. Ta ut mer resurser. Den materiella omsättningen

skapar antropocen. Detta sker med massor av olika beslut. Ytterst måste vi ha en politik om vad man bör och inte bör göra.

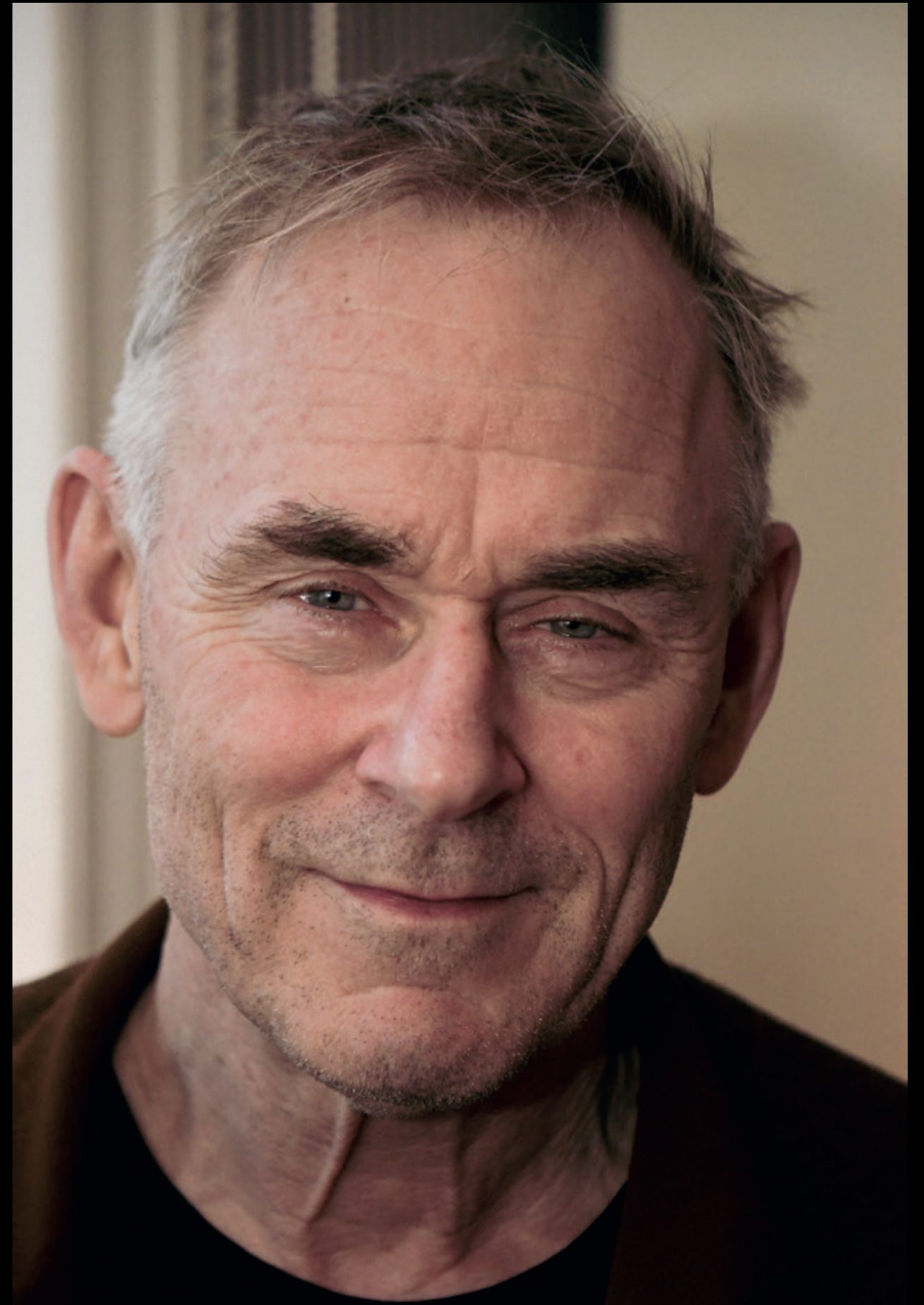
– Norrbottensatsningen sätter det här på sin spets. Det blir en brännpunkt för de moraliska, politiska, ekonomiska och tekniska frågorna. De går inte att skilja på dem. I grunden handlar det om hur vi formar vår framtid.

DET KRÄVS EN AVVÄGNING

– Norrbotten är bara en av tusentals utvinningsplatser i världen. Antropocen kännetecknas av att vi gör stora avtryck. I längden är det ohållbart, vi kan inte öka resurstrycket. Ur det perspektivet är expansionen i norr inte bara en fördel. Det måste göras en avvägning och det diskuteras för lite om konsekvenserna.

– Man måste försöka se till det totala resultatet. Norrland har Sveriges största kalhyggen. Men det är också viktigt att ha mycket skog som står kvar på rot och växer och minskar koldioxiduttaget. Skogsägarna tänker förstås annorlunda, men i Bryssel där man tittar på hela Europa är det något man måste tänka på.

Sverker Sörlins bok Framtidslandet kom 1988 och har mot bakgrund av dagens Norrlandssatsning tryckts i ny upplaga med ett efterord av författaren. Boken omspannar tiden 1870–1920 då det moderna Sverige tog form. Ett bondeland blev industrialiserat. Demokratin fick sitt genombrott. Det moderna partisystemet tar form med Norrlandsfrågan. ▷





FEL SYN PÅ NORRLAND

– Föreställningar om Norrland bygger till viss del på en felsyn, säger Sverker Sörlin. Det var lätt att sitta vid en bättre middag i London på 1800-talet och rita upp Norrlands resurser på kartan som en fältherre.

– Under slutet av 1800-talet och början av 1900-talet var det en väldig inflyttning till malmfälten. Det blev snabbt en blandad befolkning och särskilt i Kiruna. Det har funnits ett arv av inflyttning och språklig och kulturell blandning sedan lång tid tillbaka. När den statligt stödda kolonisationen inleddes på 1500-talet var samerna den dominerande gruppen och de fick också långt senare status som urfolk. I söder tycker man att däruppe finns det norrlänningar som talar dialekter och där finns samer. Tittar man tusen år tillbaka ser man att här talades ryska, flera olika samiska språk, finska och olika varianter på nordiska språk som då inte var så separerade som de skulle bli sedan.

– När man tänker utifrån på Norrbotten så föreställer man sig vildmark och ett hårt klimat. Men det är viktigt att inte falla offer för SJ-schablonen – som den trädde fram i väntsalarnas affischer – på vackra vildmarker. I själva verket är det ett hårt åtgånget landskap som är väldigt industrialiserat. Det är en frukt av den resurs- och export-baserade ekonomin. Infrastrukturen är väldigt synlig med kraftverk, stora kalhyggen, gruvor, stålverk och kraftledningar. Älvarna industrialiserades också, de byggdes ut för flottning..

– En del av infrastrukturen byggdes upp för 100 eller 150 år sedan och nu är den gammal som Malm-banan som elektrifierades från starten. Och ingen investerar i den som man borde göra. Det är typiskt att den gamla infrastrukturen har fått ett kulturhistoriskt värde, som "Norrbotten industriella megalandskap", från Kiruna västerut men en fungerande infrastruktur för vår tids behov saknas.

– Bilden av norra Sverige är på många sätt falsk. Norrbotten är en stor bidragsgivare till bruttonationalprodukten och per capita är man en ännu större bidragsgivare. Redan för 150 år sedan betraktade man Norrland som en källa för slumrande naturresurser som

bara var att hämta. Då var målet att befolka Norrland. Man talade om det nya Amerika som skulle minska utvandringen, det stora problemet som skulle lösas då var fattigdomen. Nu är hotet klimatet. Då var satsningen nationell, nu är det viktigt att man tänker globalt.

SATSNINGAR DÅ OCH NU

– Projektet att utveckla Norrland var då mer inriktat på arealtäckande områden med jordbruk och industri och inte punktvis som i dag: enskilda utvinningsplatser. Det finns i dag blandade känslor om utvecklingen – alla kanske inte kan få del av den. Förra gången kunde människor i alla fall drömma om en bättre framtid. Man kunde man få med sig anhängare i städer och på landsbygden, och även i söder, därför att det fanns en föreställning om att satsningen skulle gynna alla.

– Norrlandsfrågan var en av de stora politiska frågorna med många bottnar. En var att utveckla Norrland och resurserna. En annan var att befolka landsdelen. Starten på epoken var de svåra åren med svälten på 1860-talet. Många som bodde i Norrland var sårbara, bodde enskilt i byar. Samtidigt satt dessa fattiga människor mitt i det resursrika Norrland med mineraler och skog.

– Då hade man bred uppslutning kring de norrländska projekten. I dag har det vuxit fram en skeptisk opinion. En del i näringslivet i södra Sverige och vissa ekonomer och experter säger att det blir för mycket av det goda i norr, särskilt gäller det energin. Det sticker i ögonen när man ska förse statliga industrier med energi. Några av satsningarna utgör en stor del av det framtida beräknade totala svenska energibehovet. Ska projekten förverkligas på kort tid kommer de förmodligen att äta upp en stor del av den framtida energibudgeten, vilket är en utmaning i alla händelser men som alltså betonas särskilt av de som kritiserar satsningarna i norr.

DEN POLITISKA STRIDEN

Som Sverker Sörlin visar i sin bok Framtidslandet sammanföll debatten om Norrlandsfrågan med ▸

»Våra kulturkontakter följde älvdalarna. Vi åkte till Höga kusten, Sollefteå och Kramfors. Jag växte upp två timmar från Ådalen och två timmar från Norge. Då hade Åsele kanske som mest 6 000 invånare och idag är det inte ens hälften.«

»Bilderna av norra Sverige är på många sätt falsk. Norrbotten är en stor bidragsgivare till bruttonationalprodukten och per capita är man en ännu större bidragsgivare.«

starten för det moderna partiväsendet. Det bildades partifalanger som till viss del lever vidare över hundra år senare.

Vilka politiska mönster fanns det förr?

– Det normala vänster–höger följdes inte, säger Sverker Sörlin. De största anhängarna till satsningen fanns till höger, men högern var också starkt påverkad av industriliberalismen, Manchesterliberalismen som sög upp en del av den gamla högern, brukshögern. De värdekonservativa – präster och agrarer – fruktade att industrierna skulle separera familjerna. Männerna jobbade i industrin och kvinnorna var hemma. Till skillnad från jordbruket som höll ihop familjerna.

– De konservativa skeptikerna på högernsida fann stöd till vänster bland småbrukarvänner – de som ansåg att industrialiseringen hotade deras självständighet. Motsättningen gällde alltså inte i första hand inte mellan vänster och höger utan mellan vilken typ av samhälle man skulle ha i Norrland. På ena sidan fanns marknadsliberalismen och i sällskap med den fanns även en stor del av den moderna nya socialdemokratin. Den var industrivänlig och man tänkte på arbetarnas löner och jobb. Det fanns två falanger i partiet. En agrarvänlig och en industrivänlig. De spåren finns kvar i partiet, till exempel i kärnkraftsfrågan.

– August Strindberg engagerade sig i frågan om Sverige skulle vara ett jordbruksland eller inte. Han tyckte att Sverige hade för mycket av rå industrialisering och klandrade inte i första hand industrialisterna utan socialdemokratin som han tyckte borde värna om den lilla människan. Strindberg anklagade partiledaren Hjalmar Branting för att vilja ha ett ”industri-kollektiv-socialist-automatsamhälle”.

DET FINNS RISKER

– Man fixar inte så här stora projekt lätt, säger Sverker Sörlin. Vem styr hela satsningen? Staten, regionerna, kommunerna? Under 1900-talet gick det trögare i norra Sverige. Skogen behövde inte så mycket folk och inlandet avfolkades. Statliga och andra offentliga sats-

ningar höll emot när välfärd och skola byggdes ut. Det gick någorlunda så länge man hade en liten flyttning från jordbruksbyar till samhällen som Åsele. Inlandets samhällen kunde expandera till 1960-talet. På längre sikt blev det en dränering. Jag tror inte att människor ställer upp när det inte finns en framtid på sikt. Man måste kunna leva där.

– Det finns inbyggda risker. Tänk om den planerade omställningen går långsammare än man trott och hoppats. Vem ska betala räntorna på lånen? Om arbetskraften ledsnar och flyttar, eller aldrig ens flyttar dit? Man måste göra något nu med energin. Då investerade staten och den övriga utvecklingen kunde ske stegvis. Den industriella delen kunde växa kontinuerligt, som sågverken. Dagens anläggningar är i en större skala och på färre platser.

BLOMSTRANDE SAMHÄLLEN

– Det har uppkommit en intressant diskussion om att skicka vindkraften till Norrland som då blir lite av Sveriges bakgård. Det är redan delvis ett faktum. Det är ingen trevlig framtid som jag inte tror att någon vill ha. Därför kommer det en reaktion också i norr mot tanken på ett samhälle där man fraktar ut resurser och fraktar in och ut de människor som ska göra de nya jobben. Vi riskerar att få ett pendlarsamhälle. Därför är det här en så otroligt viktig fråga. Ska man ha den här typen av satsningar måste det ske i blomstrande samhällen. Samhällen som människor vill leva i, det ska vara konkurrens om att få vara där.

Tanken på att folk måste kunna leva och arbeta i samhällen och ha en framtidstro är inte ny. Det skedde när Kiruna växte upp från en by till ett gruvsamhälle och när universitetet blåste liv i den sömniga garnisonsstaden Umeå där den stora frågan blev: hur skulle man få folk att stanna och vilja leva där?

– Kiruna blev en realiserad utopi skapad av geologen Hjalmar Lundbohm som kanske var mer intresserad av kultur än mineraler. Han handlade i gammal svensk bruksanda och ansåg att gruvbolaget måste ta

hand om människornas hela liv, ge dem bostäder och bra jobb och få dem att trivas. Med järnvägen kom ett starkt uppsving. Nya samhällen växte upp längs Malm-banan som blev en kulturbärare. I Kiruna förenades Hjalmar Lundbohms kulturvänner med staten som byggde infrastrukturen. Det var en klok, samhällsbyggande allians.

– Det var skillnad jämfört med i dag. Nu saknas helhetsansvaret. Industrierna räknar med att kommunerna fixar det goda livet, men de har inte samma kraft som samhället förr. Staten har haft rollen som utjämnare för att skapa jämlika livsvillkor. Den typen av stark stat har dragit sig tillbaka. Och det krävs mer idag för att få de kräsna att stanna. Vem ska stå för det? Kommunerna är för små. De lånar och hoppas att det ska gå bra. Vem ska betala för kulturen, för livet mellan husen? När universitetet kom till Umeå ställdes kommunen inför frågan att få folk att stanna kvar. Man satsade målmedvetet på kultur och fritid. Så kom Norrlandsoperan och en lång rad andra kulturinitiativ. Det blev en positiv spiral.

LIVSKVALITET OCH PRODUKTION

– Hela tiden i Norrlandsfrågan löper debatten om produktion och livskvalitet som en röd tråd. Vi kallar det för civilisationskritik. De civilisationskritiska reflexerna slår till när man ska bygga samhällen. För hundra år sedan var det inget snack. Man måste flytta upp. Nu kan man pendla. Det är en farlig frestelse. Man får en osund samhällsutveckling. Debatten under de senaste åren har inte handlat om – utan hur. Det har tillkommit en negativ opinion och en regional konkurrens mellan norr och syd. Det står och väger nu. Jag är osäker på hur mycket regeringen vill satsa. Den tidigare var nog mer positiv. Men det kommer ju nya regeringar.

Det goda Norrland

En del av felsynen på norra Norrland är att det är en fattig del – en fjärdedel av Sverige – som resten av landet måste hålla under armarna. För nästan 90 år sedan slogs den bilden sönder.

– Ludvig Nordström, författare och radiojournalist gjorde en reportageresa 1938. Ju längre norrut han kom desto mer förtjust blev han för det var så industrialiserat. Han jämförde med Skåne som han uppfattade som efterblivet. Folk bodde i jordhålor på landsbygden. De stora godsens byggde på ett gammalt feudalt system med underlydande. I Norrland var det hårt men samtidigt en viss frihet, det var nytt och modernt. Han besökte gärna gruvorter och älskade industrier. Det där med solnedgångar som Naturskyddsföreningen tycker om är inte mycket att ha, ”grått är den vackraste färgen av alla, krigsskepp och järnvägsbroar är det vackraste ett människoöga kan se”. Han ville riva Gamla stan och bygga höghus. Otidsenligt nu förstås, men



samtidigt en tro på att det gick att förändra.

– Det finns en dröm om det goda Norrland. Om utvecklingen går bra med rätt stuk på samhällsbyggen kan man få en positiv trend. Det kan uppstå en lockelse med Norrland. Inte minst utanför Sverige. Det betyder inte att attraktionskraften i storstäder minskar. Folk flyttar inte till Stockholm för att de är tvungna utan för att de vill, det här är utvecklingen är och det är här man kan göra karriär och förverkliga sina intressen, också de smala.

– En del av förbannelsen med Norrland är att det är för få orter som kommit upp i den nivån att de blivit självgenererande, säger Sverker Sörlin. Man talar om rulltrappsregioner. Det är bara är att ställa sig i rulltrappan och åka upp vad det än gäller. Det kommer med storlek och mångfald. Om mångfalden saknas kan det gå utför, även i storstäder som Detroit.

Och som Sverker Sörlin skriver i sitt efterord:

Den som lever få se. Historia är fakta, framtiden är öppen. Dagens framtid är morgondagens historia.

Man måste vara ödmjuk, man måste handla fast man inte vet allt. □

Esrange – här härskar rymden och ödemarken

Då och då åker det upp en raket med ett brak. Eller så stiger en ballong, ibland tre gånger så stor som Globen till väders på sin väg till Kanada. Och dygnet runt arbetar parabolantennerna som står likt vita champinjoner i terrängen. Det är genom uppskjutnings- och kommunikationsförmågorna vid rymdbasen Esrange utanför Kiruna som pengar tickar in till det statliga rymdbolaget Swedish Space Corporation, SSC.

Mattias Abrahamsson ser ut över sitt revir. Han har varit här i många år och följt utvecklingen.
– Det finns ingen annan plats på jorden där man kan göra det som görs på Esrange. Man kan göra delar, men saknar helheten. Vi kan sända upp ballonger, skjuta raketer, ta emot satellitdata och styra satelliter. Vi har marksystem för mätningar och kan testa raketmotorer. Och snart kan vi även skicka upp satelliter som första aktör ifrån kontinentala EU.

– Vi är som en flygplats och ett flygbolag på samma gång. Ibland är vi det ena, ibland det andra, men även båda delarna. Till Esrange kommer kunder från nästan hela världen. De har med sig personal, ibland egna raketer och experiment som färdigställs tillsammans med SSC:s personal. Vi ansvarar för säkerheten. Då är vi som en flygplats. Vi kan också agera flygbolag när kunden bara vill låta sitt experiment flyga med som

passagerare. Då är det vi som har köpt raketerna, fixar iordning experimentet, skjuter upp raketerna och hämtar tillbaka nyttolasten efter landning.

Mattias Abrahamsson säger att verksamheten är beroende av att det är folktomt. Det är brist på sådana områden i Europa. I Sverige är det förutom Esrange endast Vidsel och nationalparkerna vid norsksvenska gränsen som kan komma ifråga. Esrange område där raketer kan falla ner är dubbelt så stort som Luxemburg, 120 km gånger 75 km.

– Det finns flera fördelar med att vi har ett sådant stort markområde till vårt förfogande. Andra anläggningar i Europa, till exempel Storbritannien, Frankrike och Norge, måste skjuta över havet och då blir det svårare att ta hand om grejerna efteråt. Däremot kan norrmännen skjuta högre, upp till 1 700 km, vilket är dubbelt så högt som vi klarar. De skjuter ut över Norska havet, ibland mot Nordpolen, och får oftast inte tillbaka utrustningen. ▷

Sondraketer skjuts upp från detta hus. Nu byggs Esrange ut för att skjuta upp satelliter.



»En tankad raket är i princip som en bomb. Den är en blandning av metan och syre.« *Mattias Abrahamsson*

FÖR VARJE ÅR byggs det fler parabolantennor på Esrange för att kunna hålla kontakt med alla nya satelliter i omloppsbana. I dag snurrar cirka 7 000 satelliter runt jorden. Om 15 år kan det vara så många som 75 000. De flesta är små och går i låg omloppsbana.

– Varifrån ska alla satelliter skjutas upp, frågar sig Mattias Abrahamsson. Och var ska alla raketer som behövs komma ifrån? Med kriget i Ukraina kom nya behov av kommunikationstjänster som påverkade hela satellitbranschen. Nu kan civila satelliter följa den ryska artillerielden i realtid. För satelliter som går i polära banor har Esrange ett nästan perfekt geografiskt läge. Det finns ännu bättre, exempelvis på Svalbard, men där är infrastrukturen sämre än här.

När samhället gick på sparlåga under pandemin hände stora saker på Esrange. En ny anläggning för uppskjutning av satelliter byggdes på basen. Härifrån kan man nu skjuta upp satelliter med mindre raketer eller testa raketer som kan lyfta och landa igen, likt raketerna från SpaceX, Elon Musks företag. Ytterligare en större uppskjutningsplattform är på gång för raketer som kan lyfta mer än ett ton till omloppsbana. Ett stort hus har också byggts för sammansättning av de raketer som ska sändas upp från anläggningen.

ESRANGE HAR TIDIGARE haft gott samarbete med Ryssland och Kina, men den tiden är förbi. I stället har Försvarets intresse för Esrange ökat. Att snabbt kunna skjuta upp satelliter vid akuta kriser, så kallad rapid responsive blir nu en allt attraktivare förmåga.

Elon Musk visade att företag kunde ge sig in i den sektor som tidigare dominerats av stater. Två tyska företag är redan på plats i Esrange för att testa nästa generations europeiska raketmotorer. Att göra det i Tyskland innebär två års väntetid då det är brist på testplatser för civila företag i landet.

På vintern är det raketsäsong på Esrange. Det djupa snötäcket är en bra dämpare och sjöarna är frusna.

På området finns även ett rakethus. Där förvaras raketerna som efter flygningen bär spår av frätande saltsyra som bildas i förbränningsprocessen.

– En del av våra forskningsraketer kan jämföras med fyrverkerier – de har ett skal som omsluter ett fast bränsle, och en öppning som de brinnande gaserna släpps ut genom. Skillnaden är att vårt bränsle är ett sprängämne, och inte det svartkrut som man använder till nyårsraketer. I princip är det en bomb, vilket gör att vi måste hantera dem varsamt, säger Mattias Abrahamsson. Raketerna köps in från Brasilien, Tyskland och Kanada. En tom raket

kostar mellan tre och fyra miljoner beroende på storlek.

De stratosfäriska ballongerna som släpps upp från Esrange har också sina egna hus på basen. Det krävs stora maskiner för att lyfta och transportera ballongerna och deras nyttolaster. Under sommaren 2024 ska den största ballongen någonsin på Esrange sändas upp från basen. Den kommer vara tre gånger så stor som Globen i Stockholm, nära två miljoner kubikmeter i volym. Att fylla den med helium kostar över 3 miljoner kronor, och ballongen kan kosta lika mycket. Den ska lyfta en nyttolast på tre ton och hela ballongfärden kostar cirka 15 miljoner. Ballongen och gasen är engångsartiklar. Ballongen kan flyga på fyra mils höjd i flera dygn med nyttolasten hängandes under. Det kan till exempel vara ett teleskop för studier av rymden. Resan brukar sluta i USA eller Kanada där ballongen landar och hämtas upp av personal på marken. En kortare flygning på några timmar för att exempelvis mäta ozonskiktet kostar någon miljon att genomföra.

ESRANGE ÄGS AV det statliga rymdbolaget Swedish Space Corporation, SSC, vars huvudkontor ligger i Solna och där tillverkas även instrument för experiment. En av bolagets största återkommande kunder är den europeiska rymdorganisationen ESA. Omsättningen är cirka 1,3 miljarder.

Esrange byggdes 1966 av ESRO, föregångaren till dagens ESA, som en europeisk anläggning. Sverige bjöd på marken, det var en skattefri zon och huvudkontoret låg i Frankrike. Från början var det tolv länder som tillsammans drev Esrange men idag är man nere i fyra. 2015 bestämdes att Esrange skulle fortsätta utvecklas som en nationell resurs för internationella samarbeten.

Verksamheten på basen kan delas in i följande grupper:

- Stöd för vetenskapsprojekt ombord på sondraketer och stratosfäriska ballonger som sänds upp från basen. Även raketmotortester genomförs kontinuerligt på basen. Inom kort kommer även uppskjutning av satelliter läggas till bolagets repertoar.
- Ta emot och sända satellitdata, samt styra och kommunicera med farkoster. SSC har experter som arbetar på de största europeiska rymdorganisationernas anläggningar i Tyskland, Nederländerna och Spanien.
- Analys av rymddata. Kunderna är exempelvis företag som vill veta hur företaget eller underleverantörerna påverkar miljön, eller som vill effektivisera sina verksamheter genom att analysera satellitdata med hjälp av AI.
- Global satellitkommunikation. SSC har ett nätverk av markstationer på 10 platser världen över samt 8 partnerstationer. Tillsammans med antennerna på Esrange kan stationerna täcka varje varv som satelliterna i polär bana gör runt jorden.



VID DE FLESTA raketuppskjutningarna från Esrange handlar det om att ge forskningsexperiment åtkomst till tyngdlöshet. Faktum är att det är cirka hundra gånger bättre tyngdlöshet i en sondraket än på den internationella rymdstationen ISS. Varför? Bland annat för att det rör sig människor ombord på rymdstationen, och att den innehåller utrustning som vibrerar och rör sig. I en raket är dessa störningar betydligt färre. Vad man däremot får ombord på rymdstationen är tyngdlöshet som varar längre. På en sondraket varar den i drygt fem minuter. På den korta tiden kan man dock genomföra experiment som:

- Visar att stamceller i tyngdlöshet har högre celledelning än på marken. Man vet inte varför, men förstärker att det är värdefull kunskap som kan komma att användas inom exempelvis diabetesforskningen.
- Danska forskare har testat produktion av solceller där föroreningar inte samlas på samma sätt som på jorden.
- Materialforskning där man har möjlighet att studera exempelvis hur legeringar bildas i tyngdlöshet.

Till de mer udda försöken hör exempelvis ett costaricanskt forskningsprojekt där man undersökte hur en särskild svamp angriper bananer, eller ett annat experiment som studerade en liten krabba som jagar mygglarver. Ja, det är närmast obegränsat hur tyngdlösheten i rymden kan användas för att studera sådant som kan hjälpa livet på jorden. Och den som har en slant över kan köpa sig en raketfärd.

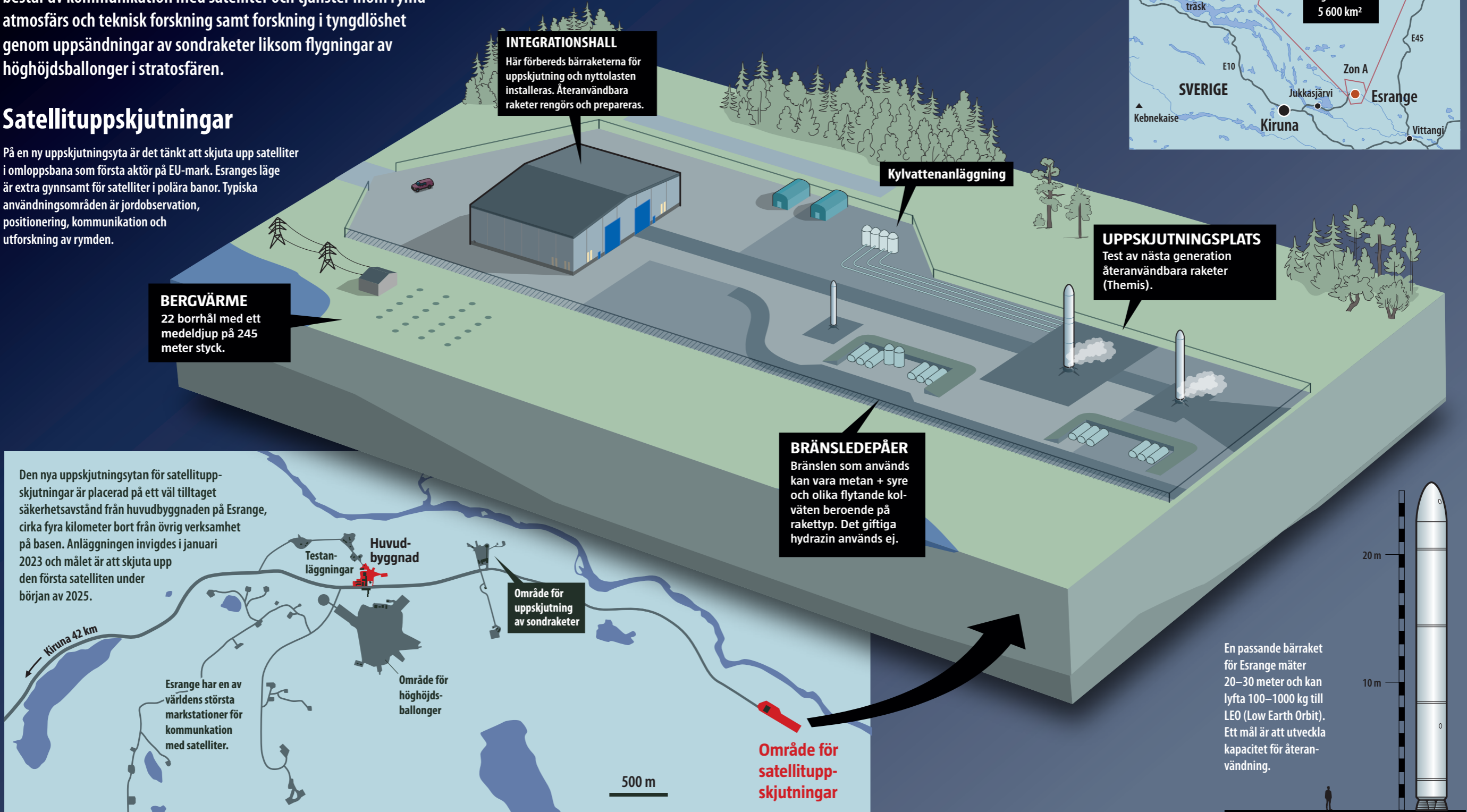
– Vi har bland annat skickat upp några personliga föremål, klockor, samt frön och växtdelar. Ett bryggeri funderade på att skicka upp en tunna öl för ett jippo, men det tackade vi nej till. Varje kilo man vill skjuta upp med vår ”fraktraket” kostar några hundra tusen kronor, avslutar Mattias Abrahamsson. □

Esrange Space Center

Esrange invigdes 1966 av det som i dag kallas European Space Agency. 1972 tog SSC (Swedish Space Corporation) över ägandet. Verksamheten består av kommunikation med satelliter och tjänster inom rymdatmosfärs och teknisk forskning samt forskning i tyngdlöshet genom uppsändningar av sondraketer liksom flygningar av höghöjdsballonger i stratosfären.

Satellituppskjutningar

På en ny uppskjutningsyta är det tänkt att skjuta upp satelliter i omloppsbana som första aktör på EU-mark. Esranges läge är extra gynnsamt för satelliter i polära banor. Typiska användningsområden är jordobservation, positionering, kommunikation och utforskning av rymden.



INTEGRATIONSHALL
Här förbereds bärraketerna för uppskjutning och nyttolasten installeras. Återanvändbara raketer rengörs och prepareras.

Kylvattenanläggning

UPPSKJUTNINGSPLOTS
Test av nästa generation återanvändbara raketer (Themis).

BERGVÄRME
22 borrhål med ett medeldjup på 245 meter styck.

BRÄNSLEDEPÅER
Bränslen som används kan vara metan + syre och olika flytande kolväten beroende på raketttyp. Det giftiga hydrazin används ej.

Den nya uppskjutningsytan för satellituppskjutningar är placerad på ett väl tilltaget säkerhetsavstånd från huvudbyggnaden på Esrange, cirka fyra kilometer bort från övrig verksamhet på basen. Anläggningen invigdes i januari 2023 och målet är att skjuta upp den första satelliten under början av 2025.

Huvudbyggnad

Område för uppskjutning av sondraketer

Esrange har en av världens största markstationer för kommunikation med satelliter.

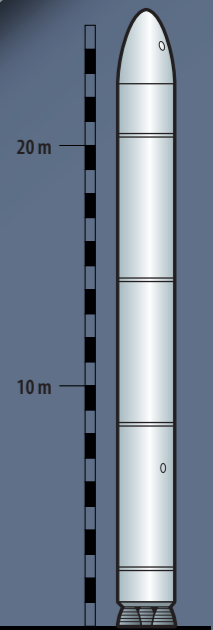
Område för höghöjdsballonger

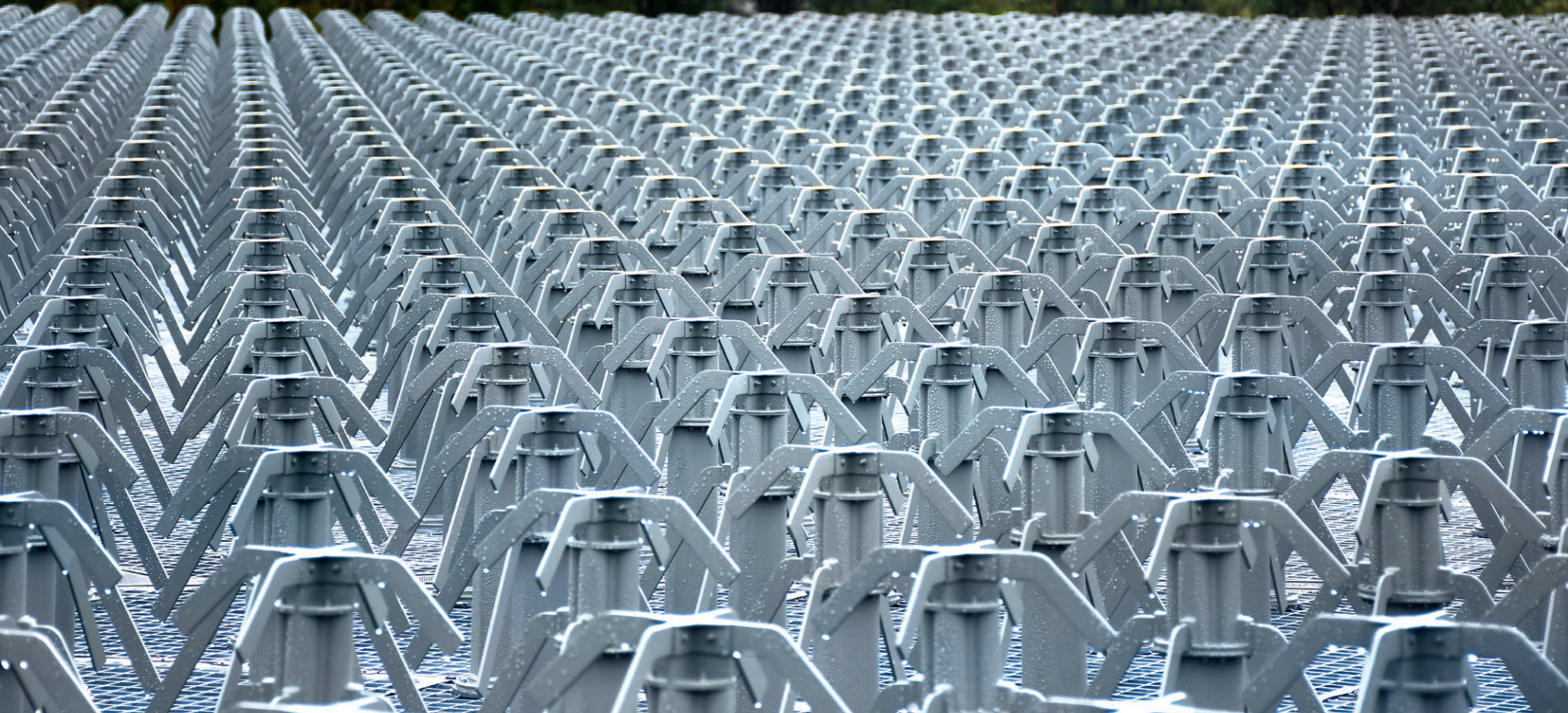
Område för satellituppskjutningar

500 m



En passande bärraket för Esrange mäter 20–30 meter och kan lyfta 100–1000 kg till LEO (Low Earth Orbit). Ett mål är att utveckla kapacitet för återanvändning.





EN SKOG AV ANTENNER RIKTADE MOT RYMDEN

I Kaisaniemi, en udde i Torneträsk låg en gång ett mobiliseringsförråd för Försvarsmakten. Nu är platsen på väg att ingå i en triad av radarstationer för rymdforskning och som kommer att sakna motsvarighet i världen under de närmaste decennierna.

Mitt i ödemarken ligger anläggningen som ett rymdskepp med tio tusen antenner riktade mot oändligheten. Platsen är nog så vald. Den ligger där norrskenets ses bäst under den så kallade norrskensovalen.

Stationen i Kaisaniemi ingår i ett system av tre stationer. De andra ligger i Skibotn, Norge och Karesuvanto i Finland.

Den norska stationen är störst, den är både sändare och mottagare och de båda andra endast mottagare. Skibotn har tiotusen gruppantennor. Kaisaniemi och Karesuvanto har femtusent vardera. Ytterligare två platser är planerade. Under 2024 ska anläggningarna komma i gång. Total drift dröjer.

Gruppantennor utgör tillsammans en så kallad fäststörd radar. Det betyder att radarns energi kan styras med mjukvara och kraftfulla datorer. Riktningen kan ändras på tusendelar av en sekund, till skillnad från det tunga disk-baserade system där en riktningssändning tog flera minuter. Den nya forskningsradarn kan följa många fenomen, till exempel göra hundratals mätningar som tillsammans ger en så kallad volymetrisk bild av ett norrsken.

– I stället för att titta på en punkt i atmosfären kommer forskarna att kunna studera volymer snarare än enskilda punkter, säger Johan Svensson som är projektledare.

EN BILLIGARE DATAKRAFT har drivit på utvecklingen av fäststörd radar. För att ta emot den enorma mängd av information som anläggningarna producerar krävs kraftfulla maskiner med hög beräkningskapacitet. I Kalix byggs ett datacenter som via optisk fiber ska ta emot information från Sverige, Finland och Norge.

För det internationella forskarsamhället öppnas en ny dörr till rymden. Man kan studera hur atmosfären är kopplad till jorden, rymdväder, klimatförändring på jorden, rymdskrot, solvindar och mycket annat. Sandkornstora partiklar som går i den övre atmosfären orsakar mikrometeoror vilka kan ses på den nya radarn. Satelliter är ett problem – radarekon från dessa stör mätningarna och måste filtreras bort. Å andra sidan är världsläget nu annorlunda än när anläggningarna projekterades 2017. Rymdlägesbilderna har blivit ett hett ämne såväl militärt som civilt.

Bakom projektet står *EISCAT, European Incoherent SCArter* som grundades 1975 av forskningsråd i sex länder.

Dr. Axel Steuwer, EISCAT:s direktör har 20 års erfarenhet av att arbeta i stora internationella vetenskapsorganisationer. Han kom till Kiruna 2023 och har doktorerat i Cambridge i ämnet materialvetenskap.



Axel Steuwer (överst) leder hela Eiscat och Johan Svensson är projektledare för anläggningen i Kiruna.

Samtal hade pågått sedan 1969 om att bygga en forskningsanläggning norr om polcirkeln som skulle bygga på tekniken om inkoherent spridning. Verksamheten finns förutom i Sverige, där huvudkontoret ligger vid Rymdcampus i Kiruna, i Norge och Finland. I dag har EISCAT forskningsanläggningar ovan polcirkeln i Sodankylä, Finland, Kiruna, samt Tromsø och på Svalbard i Norge. Medlemsländer är Sverige, Finland, Norge, Storbritannien och Kina. Forskningsinstitut i Tyskland, Sydkorea, USA och Ukraina är med i samarbetet. Det kinesiska medlemskapet har blivit ett dilemma. Kina



Under skogen av gruppantennor står containrar. Varje modul är kopplad till en grupp om 91 antenner.

har levererat en del av hårdvaran till de tre länderna. På sensommaren 2022 kom ett skepp lastat från Kina till Narvik. Tanken från början var att kinesisk personal skulle montera sin utrustning, men så blev det inte.

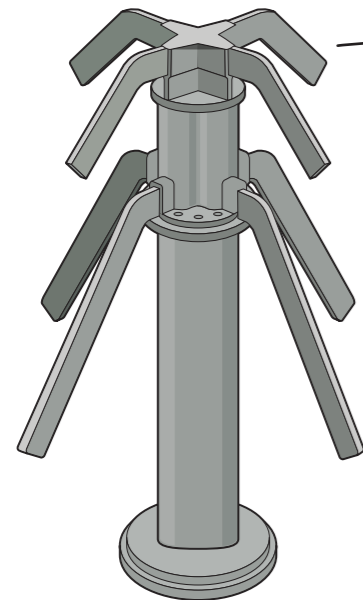
HELA PROJEKTET BERÄKNADES vid tiden för projektering kosta 1,2 miljarder kronor och finansieras av medlemsländerna och EU. På grund av finansiella begränsningar byggs för närvarande ett system baserat på tre stationer och med begränsad kapacitet till en kostnad av ca 700 miljoner kronor.

EISCAT-3D kommer genom sin design och placering att sakna motsvarighet i världen och är naturligtvis en kapacitet som försvaret saknar. När projektet drog igång inte Ukrainakriget och Finland och Sverige var alliansfria länder.

Johan Svensson, projektledare för EISCAT-3D, berättar att det inte kommer att drivas i sin nuvarande form som ideell förening, men att det på uppdrag av regeringen nu pågår en studie för hur föreningen kan övergå till ett svenskt aktieföretag, delägt av de tre nordiska länderna Sverige, Norge och Finland. □

EISCAT_3D

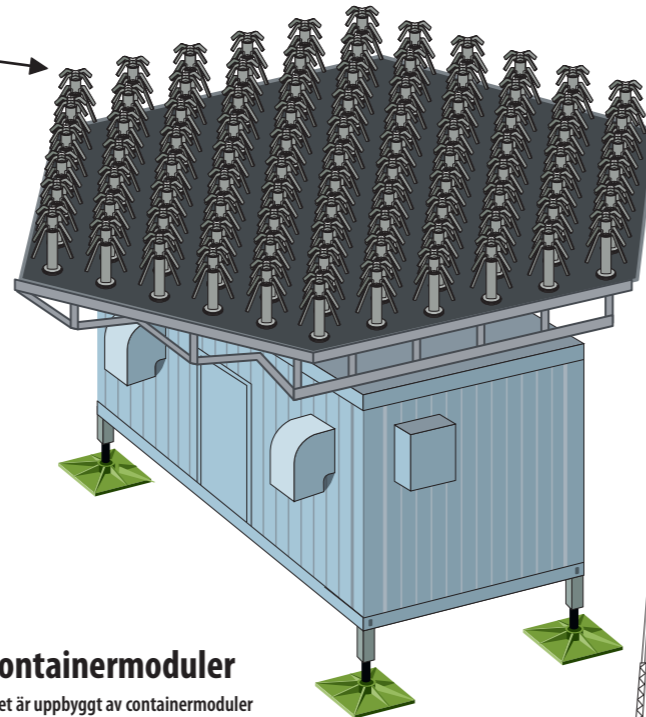
Strax nedanför fället, i Kaiseniemi mellan Kiruna och Riksgränsen står en imponerande anläggning. Tusentals antennelement som med ytterligare tusentals på liknande radaranläggningar i Norge och Finland och kraftfulla datorer tillsammans utgör en riktbar radar – en gigantisk radarapertur.



Dipolantennelement

Utgångspunkten i systemet är så kallade dipolantennelement vars spröt är avpassade efter den våglängd som man önskar sända eller ta emot på. EISCAT_3D sänder och tar emot radiovågor vid 233 MHz.

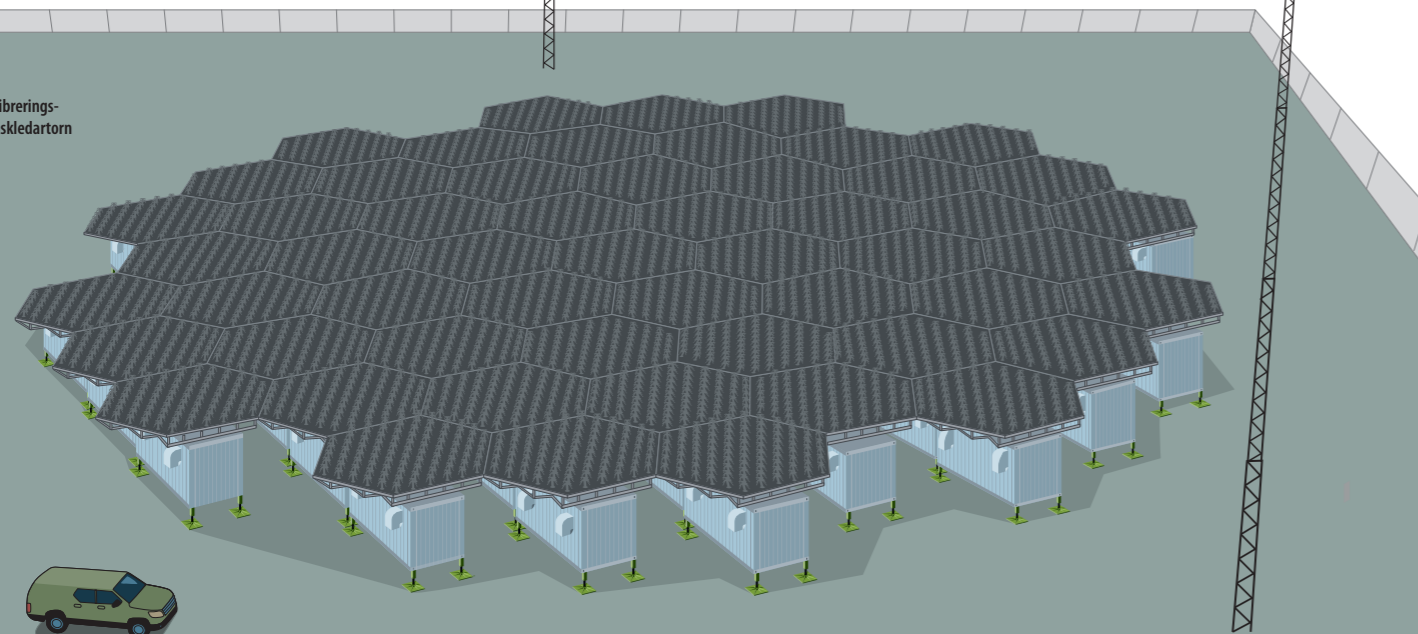
91 antenner
på varje
container



55 containermoduler

Systemet är uppbyggt av containermoduler som på taket har sexkantiga plattformar vilka rymmer 91 antennelement vardera. De 55 modulcontainrarna i Kaiseniemi rymmer sammanlagt 5 005 antennelement.

Kalibrerings-
och åskledartorn



91 antenner x 55 moduler = 5 005 antennelement

Utöver antennkomplexet rymmer platserna transformatorbyggnader, kontor, verkstäder och personalutrymmen. De fyra masterna är kombinerade kalibrerings- och åskledartorn. Anläggningarna har tillgång till flera megawatt elenergi.

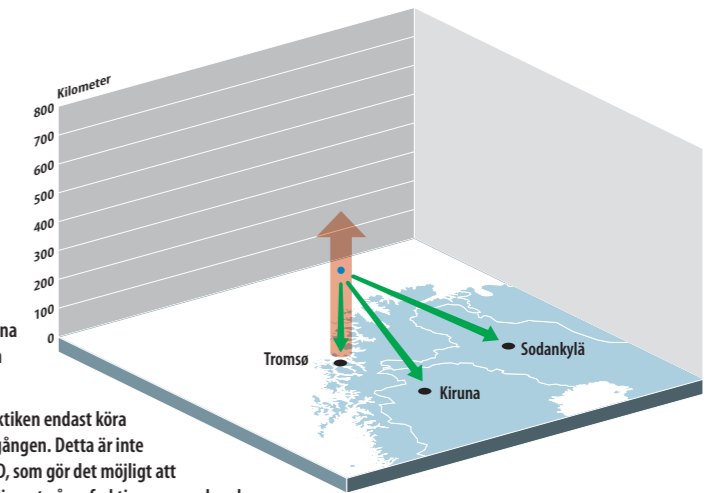
Det ursprungliga EISCAT – stora parabol

Den första versionen av EISCAT (European Incoherent SCATter Scientific Association) grundades 1975 av sex medlemsländer och består av parabolantennor. Sändare och mottagare finns i Tromsø i Norge och enbart mottagardel i Sodankylä i Finland samt i Kiruna i Sverige. Anläggningen opererar i UHF- och VHF-bandet. Ytterligare två UHF-antennor placerade på Svalbard ingår i systemet.



Det äldre EISCAT-systemet består av stora reflektor-baserade antenner och mycket känsliga mottagare som mäter jonosfärisk plasma i och runt norrsken-zonen. Bilden visar hur antennen i Tromsø är riktad vertikalt och mottagningsplatserna är riktade för att skära den utsända pulsen på 250 km höjd.

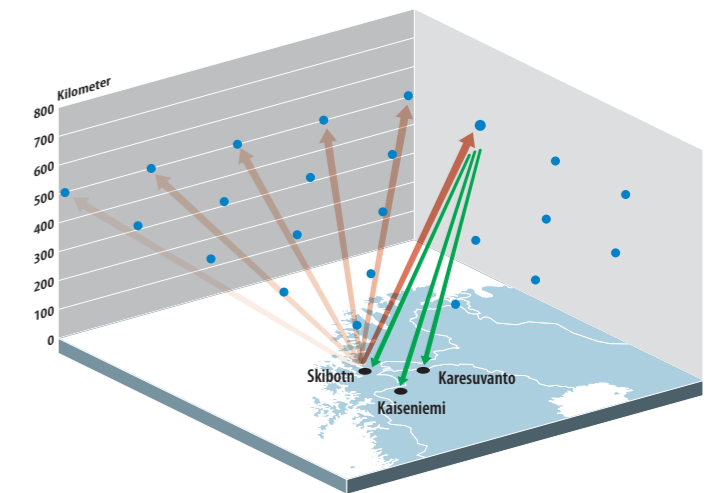
Systemet kan i praktiken endast köra ett experiment åt gången. Detta är inte fallet för EISCAT_3D, som gör det möjligt att skifta mellan experiment på en fraktion av en sekund.



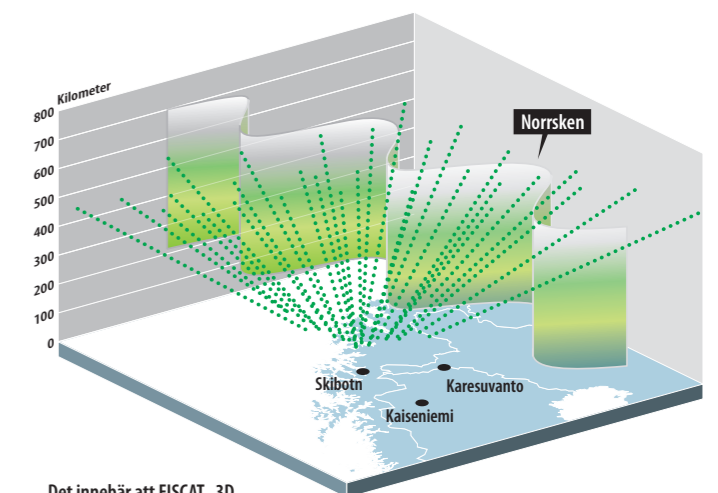
EISCAT_3D – 20 748 antennelement på tre platser

EISCAT_3D är en extremt mångsidig och till stor del mjukvarudefinierad anläggning. Den består av en sändare och mottagare i Skibotn i Norge som sänder radiovågor vid 233 MHz och mottagare i Karesuvanto i Finland samt Kaiseniemi i Sverige. På grund av det stora antalet små antenner som kombineras till en stor antenn kommer upplösningen och flexibiliteten i systemet att vida överstiga den nuvarande parabolbaserade systemet.

I dagsläget är det närmare 10 000 antenner installerade i Skibotn och cirka 5 000 i vardera Kaiseniemi och Karesuvanto. De två sistnämnda orterna har dock 5 000 antenner var lagrade för en framtida uppgradering.



Med EISCAT_3D kommer mottagningsplatserna att kunna producera flera samtidiga strålar. En betydande förbättring är förmågan att sända sekventiella pulser i väldigt olika riktningar. Med de äldre EISCAT-systemen måste man flytta massor av antennhårdvara för att titta i olika riktningar. För EISCAT_3D görs pekningen elektroniskt och är extremt flexibel.



Det innebär att EISCAT_3D kan se i tre dimensioner och i realtid kan följa exempelvis ett norrsken.

Källa: Eiscat.se

VI DRÖMER OM ATT FÅ LÄMNA SOLSYSTEMET

I april 2023 sände European Space Agency, ESA upp en rymdsond mot Jupiter. Ombord finns två instrument tillverkade av Institutet för rymdfysik, IRF i Kiruna. 2031 beräknas sonden komma fram för att undersöka Jupiters tre isiga månar. Här arbetar vi långsiktigt säger Olle Norberg, generaldirektör vid IRF som söker sina rötter tillbaka till 1950-talet. Vår dröm är att få skicka våra instrument även utanför solsystemet.

IRF studerar plasmaegenskaper i rymden och nära jorden. Rymdväder, norrsken, jonosfären och magnetosfären är arbetsfält. IRF bygger och använder avancerade instrument. De kan vara på marken eller sändas upp med ballonger, sondraketer eller rymdsonder. Ett relativt nytt område är rymdlägesbild som är både av civilt och militärt intresse.

Olle Norberg berättar att hälften av institutets intäkter kommer från projekt.

– Vi har många internationella kontakter och samarbetar med universitet som använder de data våra instrument samlar in.

OLLE NORBERG KOMMER från Kiruna och började sin rymdbana som ingenjör vid Esrange dit han återkom som platschef 2001. Då hade han doktorerat och arbetat som forskare och projektledare vid IRF. Sedan blev han GD för Rymdstyrelsen och vicerektor vid Luleå tekniska universitet för att återkomma som GD vid IRF 2021.

– Vår verksamhet är långsiktig. Vi har 40 olika mätinstrument i norra Sverige och tar fram långa mätserier. Vi utvecklar instrument, tar fram en modell, simulerar och tillverkar ett flertal instrument i huset – det är vår

specialitet. Vi testar och kalibrerar så att instrumenten uppfyller de krav som till exempel ESA ställer upp. Man måste kunna förstå data och simulera. Vi har instrument, tillverkade här i huset, på många platser i rymden. Det är en styrka för oss att vi kan vara med i hela processen från framtagning av ett instrument till dataanalys.

– I centrum för forskningen och vår del av rymden är solen. En extremt jobbig stjärna att jobba med, säger Olle Norberg. Vi försöker att förstå solvinden, en "vind" av partiklar med en hastighet av cirka 400 km i sekunden. Det är cirka två miljoner ton i sekunden som strömmar ut. Vinden kan tillta till stormar som kan störa jordens magnetfält och leda till effekter som att strömmar skapas i t.ex. kraftledningar och skadar transformatorer.

JONOSFÄR KALLAS DEN del av en himlakroppss övre atmosfär som joniseras av strålning i rymden och därför utgörs av plasma. Jonosfären har hög elektrisk ledningsförmåga och väckte tidigt försvarets intresse. Försvarets forskningsanstalt tillhörde pionjärerna inom jonosfärforskningen.

– Under andra världskriget förstod man att det var nödvändigt att förstå jonosfären för att kunna kommu-

nicera med kortväg på långa avstånd. Radiovågorna studsar på de olika skikten i jonosfären och man kan få så långa studsar att det täcker hela jorden. Hela vår kommunikationsvärld hänger på att vi förstår jonosfären, säger Olle Norberg.

En del av jonosfärforskningen handlar om norrsken.

– Ju mer man tränger in i detaljerna desto svårare blir det, säger Olle Norberg. Det finns områden där laddade partiklar brakar in i jordens atmosfär. Vid en viss mängd partiklar med höga energier kollapsar systemet och då blir det utbrott som vi kallar för norrsken.

Vart ska man åka och vad ska man studera? Från idé till att få upp ett instrument i rymden kan det ta tio år. Nu har månen blivit intressant igen och IRF är djupt inblandat.

– Vilka instrument ska man ha med sig och hur ska de klara av månstoftet? Hur får man en månbas att fungera en längre tid trots stoftets skadliga egenskaper, frågar sig Olle Norberg.

Han säger att forskarna har ett stort inflytande på rymdresorna. Forskarna kommer med förslag och sedan röstar man inom ESA. När ett uppdrag är klart så har man fått tio nya frågeställningar.

DET STÖRSTA PROJEKTET för IRF som pågår nu är ESA:s rymdmission till Jupiter för att studera jätteplanetens tre isiga månar. 2023 lyfte raketerna och den beräknas vara framme i juli 2031. Av de tio instrumenten har IRF ansvar för två. De data som instrumenten samlar in tros sysselsätta forskare i ytterligare 20 år. Nästa projekt för IRF är en resa till Venus.

– IRF har skickat instrument till många platser i solsystemet och drömmen är att resa ännu längre, säger Olle Norberg. Då måste man ha en sond som flyger väldigt snabbt och det kan gå om man sätter på två extrasteg på en jätteraket. Jorden snurrar runt solen med 30 km i sekunden så den farten har man till godo.

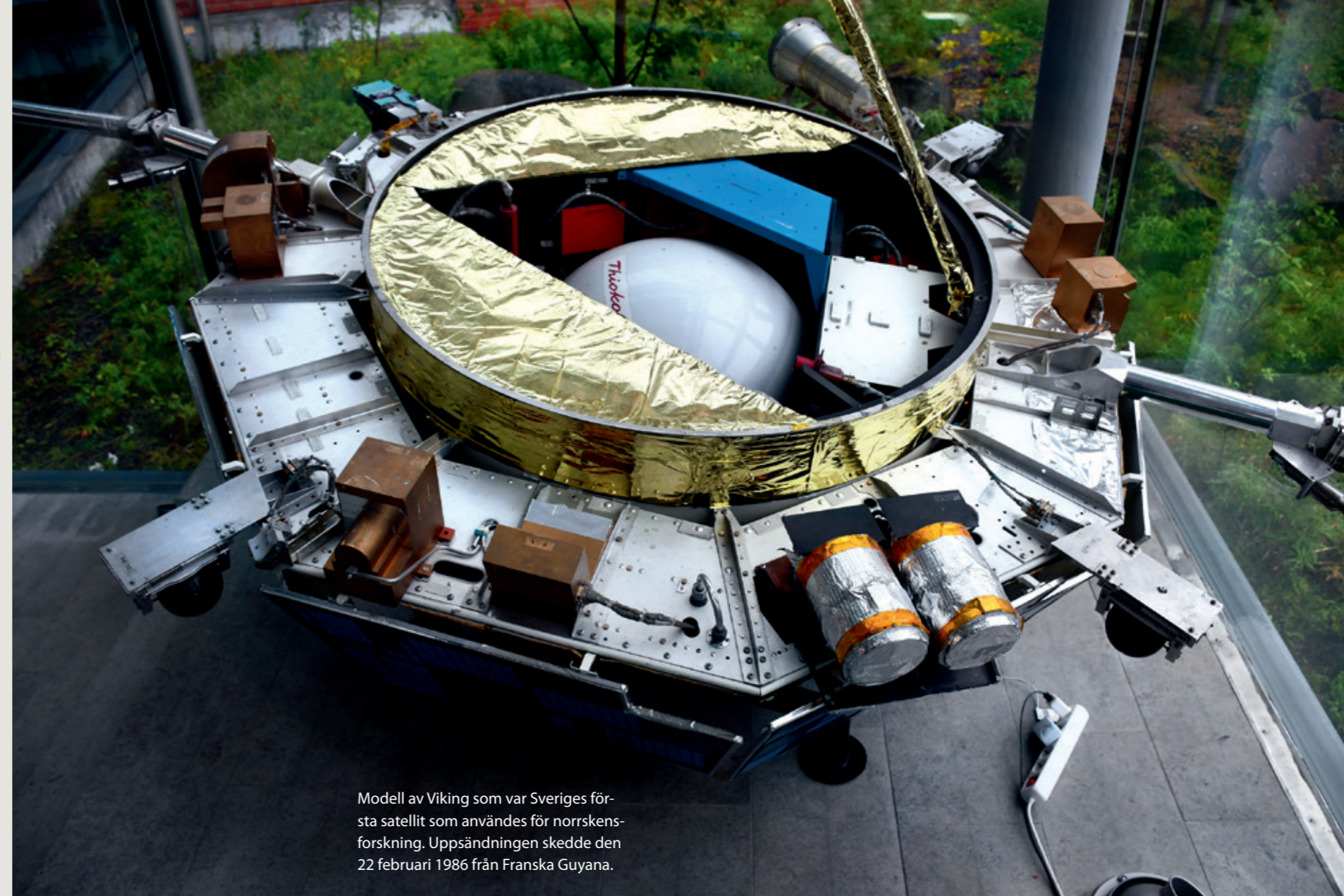
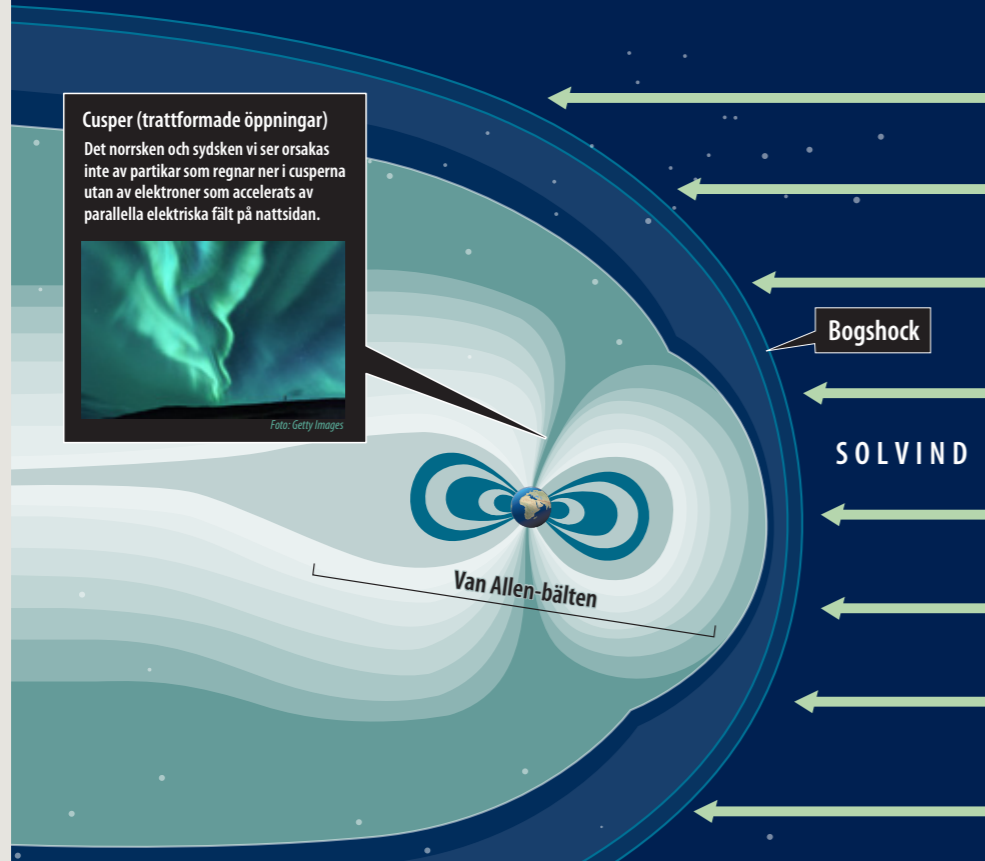
Johan Kero är chef för programmet för Sol-rymd och atmosfärforskning vid IRF. Han kommer ursprungligen från Råneå utanför Luleå och har en bakgrund som civilingenjör i rymdteknik. Därefter disputerade han med en avhandling om radarmätningar av meteoriter och kan nu titulera sig meteordoktor. Johan Keros forskningsprogram studerar bland annat rymdobjekt och rymdväder och kan sägas förvalta arvet från IRF:s jonosfärforskning som påbörjades under 1950-talet.

Vid Esrange har IRF ett radarsystem för meteoriter och atmosfärdynamik. Runt om i norra Sverige finns fjärrstyrda optiska stationer med känsliga sensorer som kan se på en enskild spektrallinje, en viss färg, i norrskenet och räkna fotoner.

– Med en vanlig kamera får man vackra bilder, med en optiskt system som detta blir det vetenskap, säger Johan Kero. Vi arbetar med olika frågor som har anknytning till informationen från våra instrument. Flera av ▸

Van Allen-bälten

Solvinden är ett så kallat plasma som består av laddade partiklar som färdas ut från solens övre atmosfär med en hastighet av 300–750 kilometer per sekund. När solvinden når jordens magnetfält skapas en bogshock som påminner om den framför ett fartyg som färdas på havet. Magnetfältet tvingar de laddade partiklarna att färdas runt jorden istället för att bombardera jordytan.



Modell av Viking som var Sveriges första satellit som användes för norrskenforskning. Uppsändningen skedde den 22 februari 1986 från Franska Guyana.

mätningarna är kopplade till rymdlägesbild, framförallt rymdväder. Rymdväder styrs av solens aktivitet och jordens magnetfält. Vi gör långa mätningar för att se hur rymdväder förändras över tid, men vi använder även realtidsdata från satelliter som ligger mellan oss och solen för att göra prognoser för de närmaste timmarna. På så vis kan vi förutse vad som sker när det kommer en solstorm. En solstorm kan störa jordens magnetfält och påverka kraftledning samt eldistribution. Vid en så kallad geomagnetisk storm 2003 fick Malmö ett stort strömavbrott. Liknande händelser har historiskt sett skett oftare än vad man trott. Det är viktigt för samhällets beredskap att följa rymdläget. På uppdrag av ESA gör vi prognoser om jordens magnetfält.

EN ANNAN DEL i rymdlägesbild är information om objekt i rymden. Med radar och optiska instrument kan man mäta in satelliter och rymdskrot som går i låg omloppsbana.

– Tekniken är ungefär densamma som för att observera meteoriter och beräkna deras ursprungsbanor i solsystemet, säger Johan Kero.

Rymden nära jorden är full med skrot från rymd-

»Rymden nära jorden är full med skrot från rymdverksamheten. Delar som krockar med varandra och ger upphov till ännu fler delar.«

verksamheten. Delar som krockar med varandra och ger upphov till ännu fler delar. Det blir inte bättre av att till exempel Ryssland 2021 sköt sönder en egen satellit. Skrotet ligger kvar i jordbana i decennier innan det återinträder i atmosfären och brinner upp.

– Vi mäter med radar och gör statistiska tolkningar. Det finns kataloger med rymdskrot och i våra mätningar hittas små delar som inte är registrerade. Det kan vara så små delar som ett mynt som ändå utgör fara för rymdfart eftersom det far fram i bana runt jorden med sju kilometer i sekunden.

JOHAN KERO HAR undersökt meteoriter med hjälp av radarstationer i Sverige, Finland och Norge. Systemet var ursprungligen gjort för att forska om norrsken. Johan Kero utvecklade en teknik för att studera meteoroiderna i 3D. De tre parabolerna kunde riktas mot en gemensam volym. Det nya systemet EISCAT_3D (se sid 34) består av radaranläggningar i Sverige, Kaseiniemi, Norge, Skibotn och Finland, Karesuando, och kan konfigureras för att snabbt skapa en överblick av vad som händer inom en betydligt större volym i den jordnära rymden. En liten meteoroid som krockar med

jordens över atmosfär i mätområdet ger upphov till ett joniserat plasma som syns på radar. Ett sådant system kan även mäta in satelliter och rymdskrot som passerar genom mätområdet.

Under kalla kriget tävlade USA och Sovjet om att först komma till månen. Efter kalla krigets slut inleddes ett rymdsamarbete mellan Ryssland och USA om den internationella rymdstationen vilket fortfarande pågår. Det fanns då ett amerikanskt intresse att styra bort de ryska forskarna från kärnvapnen.

– Kina planerar en månbas och vi har sedan länge inget samarbete med Ryssland, säger Olle Norberg som tillsammans med Johan Kero kan vittna om ett ökat rymdintresse från försvaret. Rymdlägesbild är av intresse både civilt och militärt. Hur påverkas satellitnavigation av rymden? Den som vill dölja sig i mörker kanske vill kanske veta hur stor risken är för kraftigt norrsken? IRF har studerat rymdväder i 70 år och borde vara en naturlig civil partner i en svensk organisation för rymdlägesbild, säger Johan Kero. □



Efter elva år i USA har Rene Laufer lärt sig att sälja. Han och Olle Persson sätter Kiruna på rymdkartan.

FRÅN TEXAS TILL KYLAN RÄTTA STÄLLET FÖR EN RYMDFORSKARE

I cykelstället, utanför Rymdcenter står sparkarna med budskapet att bra idéer växer i kyla. Många skräms nog av kylan i Kiruna, men inte Rene Laufer. Det här är rätt ställe att vara på. Åtminstone om man lever i rymdvärlden.

Rene Laufer, kommer från Tyskland och har varit över en stor del av världen och föreläst om rymdforskning. Han har varit professor i Sydafrika och kunde från sitt fönster i sovrummet i USA höra hur de raketerna sköts upp.

Efter elva år vid universitetet i Texas spolades Rene Laufer bort av Trumpvågen. Det fanns lokala röster att vinna på att minska det utländska inflytandet. Rymdavdelningen vid universitetet dränerades på experter inklusive Rene Laufer.

Så var skulle han slå sig ned? Med tanke på hans internationella status låg världen öppen.

– Mina kolleger undrade om jag hade något på gång. Jag svarade Kiruna. Oj, sade de. Det är ju världens rymdcentrum. Åk till vilken rymdkonferens som helst och nämn Kiruna. Det är något alla i branschen känner till med respekt.

I september 2020 kom Rene Laufer som professor till Kiruna och Luleås tekniska högskolas minsta campus, space campus.

– Det finns få platser i världen där man skjuter upp saker. Det var det som lockade mig. Kiruna är den rätta platsen och strategiskt viktig.

I KIRUNA SER man i första hand gruvan. Den är påtaglig. Den gräver upp miljarder varje år. Malm-tågen rullar, halva staden rivs och flyttas och utan gruvan stannar kommunen. Världens gruvindustri är mäktig. De fem största gruvföretagen investerar mer i forskning än hela världens civila rymdsektor. Från Kirunas horisont är rymden avlägsen och rymdforskarna håller till några kilometer utanför centrum. Här finns en uppgift för en bra säljare.

– Efter elva år i USA har jag lärt mig att sälja, säger Rene Laufer. Argumentet är klustret forskning-företag-uppskjutningsplatsen Esrange. Klustret ligger bra till i starten och det är viktigt att man gör det bästa möjliga av det. Jag är inte så säker på att alla i Sverige förstår vilken tillgång Kirunas rymd-kuster är, säger Rene Laufer. Fler och fler europeiska länder kommer hit och forskar. Vill de skjuta upp något i rymden vill de helst göra det i ett vänligt land inom EU eller Nato.

– I hela världen finns bara Florida och södra Australien som kan göra det som vi gör i Kiruna. De flesta uppskjutningställen ligger avlägset – där man förr byggde fängelser. Andøya i Norge ligger vid en liten by långt från högskolor och företag. Storbritannien har drygt sju platser – samtliga endast i power point. Men det räcker inte med en plats för att skjuta ▷



upp raketer. Man måste ha experter på marken. Det är dyrt och tidskrävande att bygga upp en expertgrupp och ofta hyrs expertisen in. På Esrange finns de på plats.

I KIRUNA FINNS landets enda civilingenjörsutbildning i rymdteknik samt mastersutbildningar i rymdvetenskap och rymdteknik samt rymdfarkost-design.

– Vi kan ha studenter, företag och varför inte officerare. Vi kan gå från idé till koncept och hela kedjan till Esrange och uppskjutning och ta reda på data från satelliten. Studenterna kombinerar teori och praktik. De lär, bygger satelliter och testar i rymden. I verkstaden finns utrustning för det praktiska arbetet som till exempel en vakumkammare som kan simulera rymdmiljön. Mitt uppe i allt det moderna ligger en Teknikens Värld från 1958, året efter Sputnik. Sju sidor om det amerikanska rymdprogrammet utlovas..

Hit kommer studenter från hela världen. En glad man lyser mot hos från ett foto. Banerjess som gjorde post doc- studier vid LTU i Luleå. Som doktorand i Indien var han med och skrev mjukvaran till den indiska månlandningen.

Rene Laufer beskriver i korthet några viktiga rymdtrender.

- Kubsatelliternas revolution. Kombinationen av små satelliter och superteknologi. Med 20 små satelliter och en superdator kan man göra fantastiska saker. Under kalla kriget var det ungefär 300 uppskjutningar om året. Nu är det färre uppskjutningar, men en uppskjutning kan innehålla 100 satelliter.
- Mjukvaran och inte hårdvaran är kärnan i satelliterna. Nya begrepp dyker upp som svärmar av satelliter, konstellationer och databehandling nära källan, edge computing. Man kan simulera satelliten och gå från modell till uppskjutning. Att bygga satelliterna är inte som att bygga bilar. Det är små serier och man kan inte pröva sig fram i verkligheten. En bil testas tills man är nöjd och startar massproduktion.
- Företagen står på kö för att skjuta upp konstellationer. Det finns många start up-företag i Europa. Vilka kommer att överleva? De som var tidigt ute och skaffade sig en säker finansiering. De andra får det svårare. Det finns inte plats för alla.

OM KIRUNAKLUSTRET, TILL vilket man kan räkna radaranläggningen Eiscat (se sid 30) är en sådan sällsynt tillgång i västvärlden är det rimligt att även Nato ser värdet. Ett hett ämne är responsive space, förmågan att snabbt få upp en satellit.

Rene Laufer går tillbaka till Falklandskriget 1982 när

Argentina erövrade öarna och Storbritannien skickade iväg en flottstyrka.

– För Sovjet fanns nu tillfälle att för första gången sedan Vietnamkriget studera ett Natoland i krig. Men man kom inte tillräckligt nära med sina fartyg. Sovjet hade många raketer och rymdkapslar på lager och sköt totalt upp 29 spanings satelliter under kriget. Många satelliter gick på låg bana vilket förkortade livslängden till knappt tio dagar. Sovjet tog bilder på nästan allt som hände med de brittiska fartygen. Det Sovjet gjorde då var responsive space fast begreppet inte fanns.

För cirka 20 år sedan väcktes i USA tanken på att med kort varsel skicka upp små satelliter. Det fanns modularitet, små satelliter på hyllan och raketer på lager.

Om en amiral för några år sedan frågat Space Command om han kunde få en satellit som bevakade ett krisområde så hade nog svaret blivit att "det kan vi göra, men det tar tre år". Snart tar amiralen sin kundvagn, plockar ned satelliter från hyllan, kör till raketlagret och skaffar en bra raket. Så är satelliten uppe och passerar dagligen krisområdet. Det här går att göra från Esrange och vi diskuterar saker som rymdläget, space awareness, med Försvarsmakten, säger Rene Laufer. □

»Responsive space går att göra från Esrange och vi diskuterar saker som rymdläget med Försvarsmakten«

Vi kanske skulle rösta fram årets Nato-by

Boden. Bara namnet kunde en gång få mönstrande stockholmare att darra. Sveriges i särklass största garnison och en central del av Norrlands försvar. Av de många hundraåriga kasernerna är de flesta idag statliga byggnadsminnen. Här fanns en gång alla truppslag i armén. Nu återstår bara två regementen. En byggnad har tillkommit – staben för norra militärregionen.

Här sitter överstelöjtnant Claes Christensson, uppvuxen i Spånga, och chef för stabens underrättelse- och säkerhetstjänst.

– Norra regionen utgör ungefär halva Sverige och här bor 1,2 miljoner människor. Staben ska förutom underrättelse- och säkerhetstjänst svara för territoriell ledning, produktion och ledning av hemvärnet, samverkan inom totalförsvaret samt möjliggöra för militära operationer – svenska eller Natoleda. Vår stora uppgift är världlandsstödet

Det innebär att i ett krisläge ta emot utländska förband. En stor omsvängning för Boden som fram till så sent som 1997 var förbjudet område för utlänningar. Nu tränar Natosoldater regelbundet i Bodennområdet som en förberedelse för att kunna verka i arktiska förhållanden.

Claes Christensson förklarar att världlandsstödet innebär en massa saker som ska förberedas.

– Soldaterna ska bo någonstans, de ska äta och de ska skyddas. Det är viktigt att få flödena att fungera. Hamnar, flygplatser, järnvägar och vägar måste skyddas av oss. Vi behöver ett tätare civilt skyddsnet och ersätta stuprören med hängrännor.

– Det gäller att höja beredskapen hos de som bor här. Vi kanske varje år skulle rösta fram årets Nato-by. Den by som kommit längst att ta emot utländsk hjälp. Det handlar om försvarsvilja och prioriteringar. Maten kanske måste ransoneras för att räcka till alla. Vi måste förstå att Nato är en svensk angelägenhet.

PÅ SAMMA SÄTT blir Sverige en angelägenhet för Nato. Järnvägen måste fungera och alla nya företagstableringar i Norrland måste kunna skyddas. En del av dessa har såväl säkerhetspolitisk och strategisk betydelse. Det blir en angelägenhet för Nato att kunna skydda Norrland.

I den gamla hotbilden skulle de sovjetiska divisio-



»Arktis blir allt viktigare och det ställer särskilda krav på soldater. Man måste vara väl förberedd för att klara väglös vinterterräng, mörker, bitande kyla och långa avstånd. Därför ökar Natoövningarna här.«

Claes Christensson

nerna rulla in från Finland på väg mot Norge. 200 000 skulle försvara Norrland. Under kalla kriget utbildades en halv miljon soldater. I mitten av 1960-talet fanns fem Norrlandsbrigader. Nu är alla sedan länge nedlagda. En halv miljon minor låg i förråden.

Nu är det andra scenarier. Det talas om Arktis, Nordkalotten och Nordvästpassagen. Det som dominerar hotbilden från Bodens horisont är Rysslands försvar av Murmansk. Där finns kärnvapenubåtarna vilka utgör den så kallade andraslagsförmågan.

– Vi kan se hur kriget i Ukraina gör att ryska styrkor tunnans ut, men försvaret av Murmansk släpper man inte på, säger Claes Christensson. Flygbaser rustas upp och infrastrukturen förstärks.

– Arktis blir allt viktigare och det ställer särskilda krav på soldater. Man måste öva för att klara väglös vinterterräng, mörker, bitande kyla och långa avstånd. Därför ökar Natoövningarna här.






Så spelet om Nordkalotten går hela vägen från kärnvapenstrategier till Bodens byar. □

Nytt kallt krig

Ett nytt kallt krig tar form i Arktis. I de värsta scenarierna kan en konflikt i Arktis utlösa ett kärnvapenkrig. Den gamla kärnvapen avskräckningen som byggde på två stater gäller inte längre när Kina har kärnvapen. Kinas inflytande i Arktis ökar.

Bakom den ökade spänningen ligger klimatförändringar och Ukrainakriget. Isen smälter, farleder öppnas under längre tid på året och de rika naturfyndigheterna blir lättare att utvinna. Med ökad Natonärvaro blir Ryssland mer utsatt. Alla länder runt Arktis utom Ryssland är Nato-länder. Här ligger den ryska andraslagsförmågan. Ryssland måste i en konflikt få ut kärnvapenubåtar från Kola. De måste via Barents hav gå utanför Norge och passera sensorskedjan som går från Grönland, via Island till Storbritannien. Med Finlands och Sveriges Natointräde kopplas Östersjöområdet strategiskt samman med Arktis.

Rysk civil och militär infrastruktur i Arktis och i Östersjön

-  Större flygplats/flygbas
-  Mindre flygplats/flygbas
-  Militär flottbas
-  Civil hamn
-  Arktisk bas

GIUK-gapet

För att hindra de sovjetiska ubåtarna från att nå Atlanten skapades under kalla kriget en övervakningszon som löper från Grönland till Storbritannien via Island. Nu har spänningen i området skärpts.

USA ligger efter

Efter kalla kriget sågs Arktis som ett avspänningsområde. Militärbaser avvecklades för att nu upprustas som bland andra den stora basen på Grönland, Pituffik, före detta Thule. Ett nytt Natokommando har inrättats i Norfolk för Atlanten, Arktis och Skandinavien. En ny strategi för Arktis kommer under vintern. Den bygger på ökad militär närvaro, mer övningar med allierade, fler isbrytare, modernisering av radardekjan mot nya hot som hypersoniska robotar och kryssningsrobotar och bättre kartering. Militärt ligger USA cirka tio år efter Ryssland i Arktis. Nato är sårbart i norr. Det behövs en strategisk bubbla för att avskräcka Ryssland och få bättre kontroll på Kina. Hittills har USA främst betraktat Arktis ur det nord-amerikanska och kanadensiska perspektivet. Den militära närvaron består främst av ubåtar. Det är brist på ytfartyg som klarar isförhållandena i norr och USA har bara några få isbrytare.



Ryssland – pressad stormakt

Den ryska ekonomin bygger på olja och gas. Ryssland tar konsekvenserna av klimatförändringarna på allvar och rustar nu upp sina militära och civila infrastrukturer i Arktis. Ryssland har 40 isbrytare. När den skyddande isen försvinner ligger den norra kusten öppen. De fossila källorna på fastlandet börjar sina vilket gör de arktiska fyndigheterna än viktigare. Dessa källor och farlederna måste skyddas. I den nya marinstrategin ska vattnen "försvaras till varje pris". För att utvinna källorna har Ryssland varit beroende av investeringar från Väst. Efter överfallet på Ukraina har dessa försvunnit och Kina har trätt in vilket innebär ett ökat beroende. Kriget i Ukraina har inte drabbat flyg och marin i Arktis. Däremot har arktiska arméförband gått under i kriget. Av Rysslands elva kärnvapenubåtar är de flesta stationerade på Kola. Dessa utgör landets andraslagsförmåga i ett kärnvapenkrig.



Den dolda skattkistan

Förbränningen av fossila bränslen gör klimatet varmare vilket i sin tur gör att enorma gas- och oljefyndigheter i Arktis blir lättare att utvinna. Det beräknas att 30 procent av världens icke upptäckta gasfyndigheter kan ligga i Arktis och motsvarande siffra för oljan är 13 procent.



Av kanske större betydelse är förekomsten av metaller. Grönland, som är tre gånger så stort som Texas, kan innehålla en fjärdedel av jordens sällsynta jordartsmetaller. Gas och olja värmer upp jorden. Jordartsmetaller behövs för den gröna omställningen. Ett stort problem är att avgöra vem som äger fyndigheterna i Arktis som saknar nationsgränser. Staterna runt Arktis gör alla olika anspråk på fyndigheterna.

Källor: Economist, New York Times, Reuters
Källa kartunderlag: Jonas Kjellén, Totalförsvarets forskningsinstitut



Klimat och konflikter

Arktis värms upp tre till fyra gånger snabbare än genomsnittet för jorden. Vart tionde år minskar polarisen med 13 procent. Dessutom släpper permafrosten sitt grepp vilket gör att byggnader, anläggningar och flygfält inte längre står på fast mark och det blir svårare att bygga nytt.

Isfria vatten

Den gamla drömmen att hitta en väg mellan Atlanten och Stilla havet är på väg att infrias när isen smälter. Nordostpassagen följer den ryska kusten, Nordvästpassagen går vägen via USA och Kanada. 2014 gick ett fartyg från Kanada till Kina utan hjälp av isbrytare på 26 dagar. Via Panama-kanalen skulle det ha tagit 41 dagar.

Östersjön och Arktis

Med Finland och Sverige i Nato ingår Österjöområdet strategiskt med Arktis. Den norska gränsen ligger nära Kola. Nu utgör även Finland, som har Europas största artilleri, ett hot ur ryskt perspektiv. Om Sverige, Finland, Norge och Danmark samlar sina flygvapen i området är det en styrka som är större än brittiska flygvapnet.

Kina – nästan en polarnation

Kina har förklarat landet som en nära polarnation och bygger en sidenväg i polarområdet. Kina har gjort, och ska göra, stora investeringar i infrastruktur och har övertagit Västs roll som stöd till Ryssland att utvinna naturresurserna. Därmed får också Kina ett ökat inflytande i Ryssland och hela polarområdet. Kina har ett trettioårigt avtal om gasimport och har haft övningar i Barents hav tillsammans med Ryssland.



NORDISKA LÄNDER TAR POLARPRISET

1958, året efter Sovjets Sputnik, gick världens första atomubåt, Nautilus under Nordpolens is som en amerikansk maktdemonstration. USA stod i begrepp att införa kärnvapen på ubåtar och ville visa sin förmåga. Nu är efter en lång fredsperiod polarområdet åter säkerhetspolitiskt i brännpunkten. Hur verkar man i kyla? Svaret är att fråga de som vet, de nordiska länderna och några till.

Foto: Getty images

Detta är bakgrunden till ett samarbetsavtal om forskning mellan USA, Norge, Danmark, Finland, Sverige, Kanada och Nya Zeeland. Avtalet heter International Cooperative Engagement Program for Polar Research, ICE-PPR.

En av de ansvariga på svensk sida är Ebba Mårtensson som arbetar med forskning på Högkvarteret. – Avtalet är ett viktigt verktyg för att kunna genomföra samarbete på ett enkelt och effektivt sätt med dessa nationer inom främst forskning, utveckling, testverksamhet och experiment kopplat till kallt klimat. Vi har inte så många konkreta projekt att visa upp än. En del projekt har hållit på länge, men man har inte kommit vidare för det har fattats ett avtal att arbeta under. Nu handlar det om att bygga nätverk och överskrida gränser, dels mellan nationer och dels mellan den civila och militära forskningen. Det är en lite ovanligare form av samarbetsavtal med tanke på antalet nationer och hur avtalet är skrivet. Målet var att få till ett enklare och snabbare sätt till samarbeten och till exempel kan man ha informationsutbyte direkt under avtalet. Inte minst hoppas USA att det ska få försvarsgrenarna att komma närmre varandra genom att samlas i gemensamma projekt under ICE-PPR.

NYA ZEELAND KÄNNES som en lite främmande fågel bland de nordiska länderna, men förklaringen är enligt Ebba Mårtensson att avtalet, när det skrevs under 2020, inte skulle kunna tolkas enbart med koppling till Arktis och avtalet definieras därför av att länder som ligger norr om eller söder om den sextionde breddgraden kan vara med.

– Nya Zeeland har en forskningsstation på Antarktis och har för närvarande störst intresse av frågor som rör kläder, överlevnad och havsvågor.

Ebba Mårtensson är från början försvarsmeteorolog och har bland annat varit med och tagit fram en prognosmetod för vädret under havsytan, oceanografiska prognoser. Och hon är även känd för allmän-



heten som tv-meteorolog. Vädret i polarområdet är speciellt, säger hon.

– Mild och fuktig luft över den kalla isen ger temperaturskiktningar som påverkar radarutbredning och dessutom ger upphov till dimmoln som vi behöver lära oss mer om för att kunna göra bra prognoser på. Dessutom är det naturligtvis glesst mellan observationsplatserna. Kommunikationen försvåras på grund av karaktären av jordens magnetfält på höga breddgrader vilket också gör att även om man har observationer så är det inte alltid lätt att få tag i ▶

»Kommunikationen försvåras på grund av karaktären av jordens magnetfält på höga breddgrader vilket också gör att även om man har observationer så är det inte alltid lätt att få tag i informationen. Det finns mycket att göra för att man bättre ska förstå polarvädret.«



Foto: Gettyimages

informationen. Det finns mycket att göra för att man bättre ska förstå polarvärdet.

Avtalet består av fyra forskningsområden:

- Miljö och infrastruktur
- Plattformer
- Människan
- Lägesbild

Sverige är med i ett par projekt just nu vilka handlar om:

- Nödutrustning för flygande personal. Sverige har deltagit i tester med vår nödpacke i Kanada i början av året och projektet fortsätter även nästa år.
- Ledskiktsprognoser tillsammans med Norge och Danmark.

Vi har intressen i grupper som nu diskuterar:

- Energi - det finns inga två hål i isväggen.
- Material och kläder delvis tillsammans med USA. Det finns också andra projekt som vi inte deltar i för närvarande så som:
- Ett projekt som pågått länge är ett samarbete mellan Danmark, USA och Kanada för att övervaka isberg utanför Grönland.

VARJE PROJEKT MÅSTE finna sina egna pengar. I Sverige kommer det i första hand att vara försvarsforskningsmedel. Men det behöver inte vara Forsvarsmakten som driver projekten och avtalet är gjort för att andra myndigheter och akademien ska kunna vara med.

– Vi är så klart beroende av den civila forskningen och Uppsala Universitet har samarbete inom meteorologin. Luleå tekniska universitet är också lämpliga för samarbete då de forskar på snö och kallt klimat med tillämpningar inom industri, fordonsteknik och vinteridrott. Dessutom finns många forskargrupper i Nato som vi är med i.

Chris Bassler är en av cheferna vid den amerikanska marinens forskning. När avtalet kom 2020 skrev han i en analys att avtalet är ett svar på stormakternas kamp om inflytande i polarområdet. Kina är aktivt och Ryssland har satt robotar på isbrytare och hävdar att man byggt nära 500 militära positioner i området. Amerikanska kustbevakningen har brist på isbrytare och USA saknar en egen djuphamn i Arktis. Därför kan USA lära av andra länder hur man verkar militärt i kyla. Och det är några små nordiska länder vid polcirkeln. □

Brännpunkt Arktis

Mörker, kyla, ödslighet och enorma avstånd. Kan människor – och materiel verka i Arktis? Det är ett stort område att utforska. Nu har Arktis hamnat i den säkerhetspolitiska brännpunkten. Det är ett omtvistat område där USA ligger efter Ryssland och Kina. På amerikanskt initiativ har det bildats ett internationellt forskningssamarbete, International cooperative engagement program for polar research, ICE-PPR med USA, Sverige, Norge, Finland, Kanada och Nya Zeeland.

Människan

Det går inte att skicka vanliga skyttesoldater till Arktis. Vintersoldaten måste ha ett starkt psyke och i stort sett klara sig själv. Här finns inga två hål i isväggen att ladda mobilen i. Risken för förfrysning finns ständigt. Hur stor är överlevnadschansen för en nödställd pilot? Hur håller man värmen vecka efter vecka?

- Hur man överlever, personligt skydd
- Mat och kläder
- Medicin
- Båtar och livbåtar

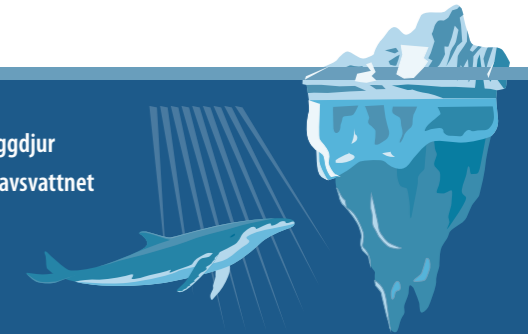


Miljö

Den kalla isen ger låga moln vilket skapar speciella skikt som påverkar radar och annat. Här uppe är det glest mellan satelliter och observationsplatser. Det är viktigt att kartlägga den arktiska miljön och förstå den militära verksamhetens miljöpåverkan.

En fördel är att gifter inte är lika farliga i kyla. Gifter håller sig ofta i fast eller flytande form när det är kallt istället för den farligare gasformen.

- Aktiva sonarer kan skada däggdjur
- Hur avfallsvatten påverkar havsvattnet
- Isberg
- Under isen
- Låga moln



Plattformer

Helikoptrar, fartyg, olika typer av drönare, flygplan och fordon. Det som kallas plattformar ställs inför nya krav i Arktis. Ett särskilt forskningsområde är tribologi – läran om hur ytor glider mot varandra. Vid extrem kyla är detta en faktor att räkna med. Vilka vapensystem kan trupperna ta med sig?



- Minröjning
- Avvisning är ett problem. Flygplan blir tyngre och får svårare att lyfta. Is kan sänka fartyg
- El och batterier en utmaning. Batterier ger sämre effekt i kyla.

Situationsmedvetenhet

Lägesbilden ska täcka luften, ytan och under vattnet. För att bygga en lägesbild och få kontroll krävs elektronik och nätverk. De sensorer som annars skickar information med radiovågor kan stöta på problem i Arktis där radiovågor utbreder sig på ett annat sätt. Rörligheten i allmänhet är begränsad och det krävs fartyg som klarar is.

- Utbredning av radiovågor
- Isgående fartyg
- Rörlighet
- Vapen



Isgående fartyg har ibland inte kontakt med gps utan måste utnyttja det som finns under isen för att navigera.

HÄR BÖRJAR KAMPEN FÖR LIVET

Människorna på marken är rustade för kylan. Uppe i luften tvingas en pilot skjuta ut sig. Han dalar ned i sin fallskärm och räddar sitt liv. Efter den omskakande upplevelsen hamnar han i den arktiska kylan för vilken han inte är rustad. Nu börjar en ny kamp för livet.

Hur en nödställd pilot överlever i kylan är ett projekt, aviation life support equipment (ALSE) som drivs inom ramen för ICE-PPR. Svensk representant i arbetsgruppen Human Performance är Johan Robinson. Han är traumatisk kirurg, docent i ortopedi och arbetar vid Försvarsmaktens Försvarsmedicincentrum i Göteborg. Han stödjer Generalläkaravdelningen vid inriktningen av den militärmedicinska forskningen. Han är också knuten till Centrum för katastrofmedicin vid Göteborgs universitet.

– ALSE-projektet studerar bland annat hur väl pilotens kläder såsom g-dräkten isolerar mot kyla. Det kan bli en skev isoleringsförmåga även om den svenska g-dräkten ändå står sig rätt bra jämfört med många andra Natoländers g-dräkter, säger Johan Robinson. Mycket i Arktis handlar om att transportera vätska från kroppen. Vätska isolerar sämre. Helst vill man ha en luftspalt.

– Om man vill skapa en ny dräkt måste den vara bekväm och kanske kunna värmas upp inifrån. Smarta kläder utvecklas mer och mer och det finns aktiva fibrer. Vi har mycket gammal kunskap att falla tillbaka på. Nu har tekniken utvecklats och kanske är ny teknik lösningen på gamla problem. Vi kan mäta mer och sätta sensorer på eller under huden.

Nu ska det göras fältförsök med en nödutrustning. Det svenska bidraget är ett bra exempel på nordisk kompetens.

ANPASSNING TILL KYLA. Kunskap finns om att den metabola värmeproduktionen (hutförbrukning) är ett sätt att anpassa sig till kyla. Den bästa anpassningen till kyla, i experimentella försök, är att utsätta försökspersoner för en mild köldstress, motsvarande vattentemperaturer över 20°.

• Men det är inte bara kylan som är problemet i Norrland: Det är i dag inte tillräckligt med sjukvård i Norrland. Den militära sjukvården i krig är beroende av den civila sjukvården. Den militära sjukvården tar hand om det akuta. Sedan måste de skadade snabbt komma till en sjukhus för bästa handvård och rehabilitering. Det är svårt att få till det här flödet. Erfarenheter från Ukraina visar att det är ett hårt psykiskt tryck på vårdpersonalen som kan ställas inför uppgifter som den inte är utbildad för.

»Det är bara vita vidder så långt ökat när och det är påfrestande att inte veta var man är. Och att inte någon annan vet det heller. Man måste klara sig själv.«

- För att klara sig längre i kylan måste man ha mer energi. Det är en utmaning att äta tillräckligt mycket när maten är kall. Flera försvarsmakter har inom ramen för ett Nato STO projekt (RTG-310) bland annat undersökt kallväder-ranson med högre energiinnehåll.
- Risken för förfrysning finns alltid där. En förfrysningsskada är något man får leva med. Har man drabbats är man känsligare för kyla.
- Autonoma transporter. Idag utvecklas logistik-kedjor där materiel och människor förs fram och skadade transporteras bakåt. Här studeras transporter med autonoma fordon. Helst ska dessa kunna hålla den skadade varm under transporten.
- Telemedicin är förutsättningskapande för sjukvårdstjänsten i Norrland. Telemedicin är verklighet redan idag. 2001 har man länkat en kirurg i New York till en operationsrobot i Strasbourg. Problemet med telemedicin vid masskadehändelser är inte tekniken utan att det inte finns tillräckligt med personal för att bemanna telemedicinskt beslutsstöd till varje sjukvårdare när det är många skadade. Här kommer medicinskt AI-beslutsstöd in i bilden. Med hjälp av förstärkt verklighet kan man överföra information. (se FHS-rapport om förklarande AI sid 71–73, alt FOI-R-5045 om AI och försvarsmedicin).

KYLA PÅVERKAR SANNOLIKT även människans förmåga att besluta. Till detta kommer den psykiska stressen av att vistas i kyla i väglös terräng där man är föga hjälpt av en karta. Det är bara vita vidder så långt ökat när och det är påfrestande att inte veta var man är. Och att inte någon annan vet det heller. Man måste klara sig själv. □

ROBOTAR TAR ÖVER FRAMTIDENS GRUVA



Foto: LKAB, Fredric Alm



Foto: LKAB, Fredric Alm

LKAB är drivande i den gröna omställningen. En gigantisk satsning som slukar lika mycket el som Finland gör av med på ett år. LKAB är också långt framme i utvecklingen av den digitala gruvan där alla maskiner under jord kommer att vara robotar. Redan idag patrullerar robohundar gruvgångarna.

Kommer det att finnas människor i framtidens gruva?
– Det blir färre än idag under jord, men lika många i bolaget i stort, säger Anders Lindberg, presschef på LKAB. Vi leder utvecklingen med att ta fram ny teknik. Vi ser framför oss autonoma

fordon och tror att de flesta maskiner under jord kommer att vara robotar. De kommer antagligen att se ut ungefär som dagens gruvmaskiner. De kommer att borra, ladda och lasta – och prata med varandra. Redan nu har vi robohundar från Boston Dynamics som går i gruvan och övervakar säkerheten. Hundarna kan bära en drönare på ryggen som den kan skicka upp eller ner i schakt. En del av våra maskiner är delvis automatiserade. Till exempel har vi fjärrstyrda lastmaskiner där operatören fyller skopan med järnmalm, sedan kör maskinerna själva och tömmer lasten i ett stört schakt. Vi planerar för att allt fler maskiner ska bli batteridrivna. I dag får många av lastmaskinerna i Kiruna elkraften via en kabel. Vår plan är att produktionen ska bli robotiserad. Däremot kommer det fortfarande att krävas människor för att bygga och underhålla infrastrukturen i gruvan.

När vi går djupare ökar den horisontella bergsprängningen. Det gör att vi troligen måste bygga smalare gångar vilken kräver mindre och fler fordon. Och det talar för att det blir mer robotar i gruvan. Det här innebär en omställning. Människor försvinner till viss del från maskinerna, men vi behöver å andra sidan fler människor som programmerar dem.

LKAB är inne i företagets största förändring genom tiderna. Gruvan är en del av den. De andra delarna är:

- Den gröna omställningen av produktionen till koldioxidfri järnsvamp.
- Utvinning av fosfor och sällsynta jordartsmetaller.

Grön omställning

Kärnan i den gröna omställningen är ett samarbete mellan LKAB, Vattenfall och stålbolaget SSAB som bildat företaget Hybrit. Genom att ta bort syret från järnmalmen skapas i slutändan fossilfritt stål. I dag tas syret bort

med koks i kundernas masugnar och restprodukten är koldioxid. I framtiden görs den processen hos LKAB med vätgas och så blir restprodukten vatten. Den koldioxidfria järnsvampen – som är 30 procent lättare än dagens pellets – ska smältas och förvandlas till råstål i eldrivna ugnar hos kunderna. Ett pilotverk i Luleå visar att tekniken fungerar och en demonstrationsanläggning i full skala ska stå klar i Gällivare inom några år. 2030 stänger SSAB masugnarna, hjärtat i stålverket och 2045 ska LKAB ha tagit det gröna steget fullt ut.

– Det är ett stort steg för ett gruvbolag som levererat järnmalm i 130 år att i stället börja leverera rent järn, säger Anders Lindberg.

Så långt ser det bra ut på papperet. Men det finns problem som Anders Lindberg räknar upp:

- Tillståndsärenden är extremt komplicerade och det är svårt att förutsäga hur lång tid processen tar. Här ska allt vägas in från påverkan från samebyar till den globala klimatförändringen.
- Energi. Den gröna satsningen kräver när den är fullt genomförd år 2050 fossilfri el motsvarande Finlands förbrukning. I dag har Norrland ett överskott som skickas söderut och även exporteras. Den energin kommer att stanna i Norrland. Men det räcker inte. Den snabbaste och billigaste utbyggnaden är vindkraft. Men LKAB tittar också på kärnkraft.
- Transport. Malmбанan är enkelspårig, nedsliten, sårbar och räcker inte till i dag.
- Kompetens. Även om LKAB inte behöver öka personalstyrkan krävs andra kompetenser.

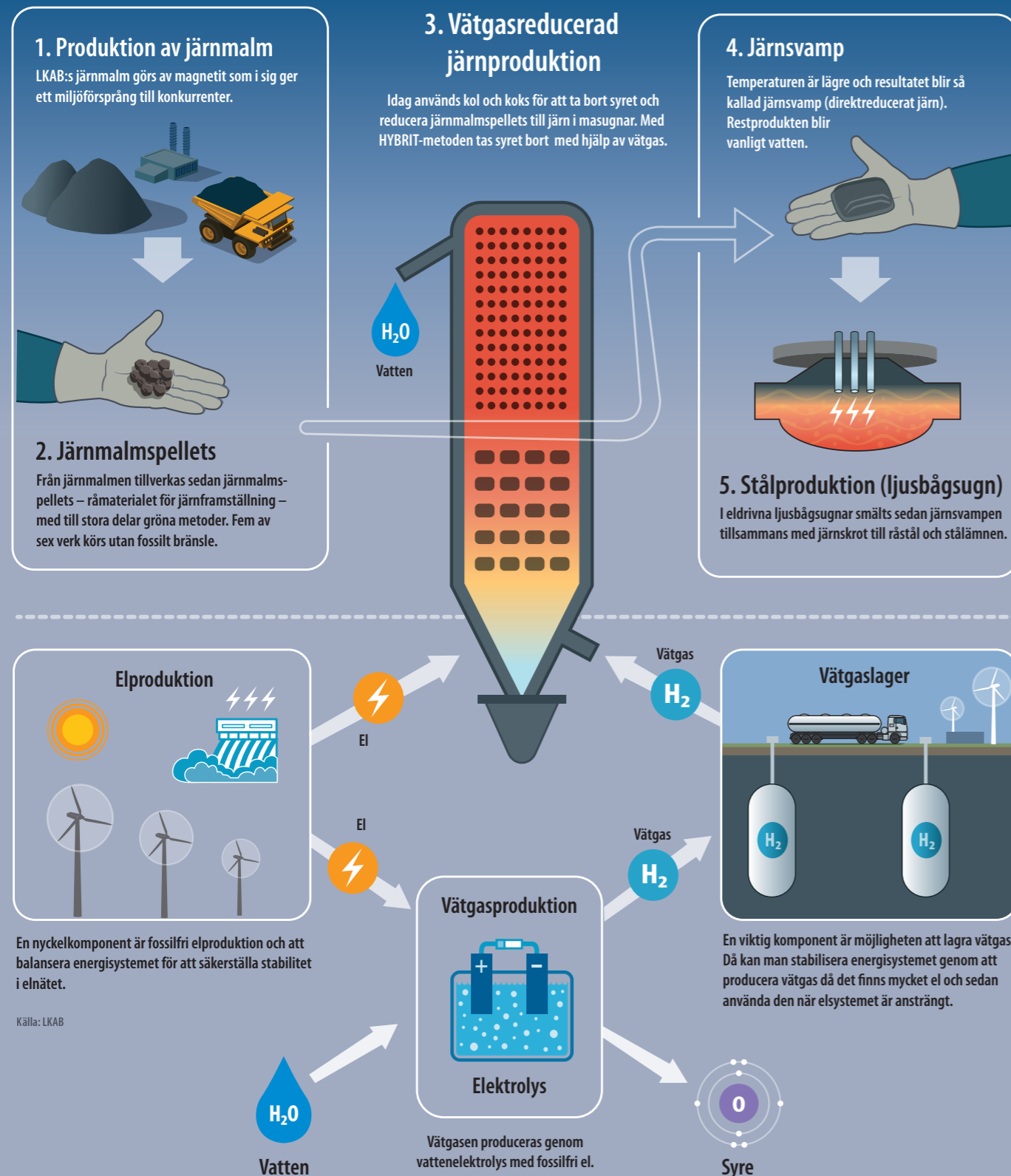
Kritiska metaller.

Det framtida gröna samhället ska elektrifieras. För det behövs sällsynta jordartsmetaller och Europa är beroende av Kina som kan utvinna dessa metaller billigt därför att man inte tar samma hänsyn till miljön och människor som man gör i väst.

Norr om Kiruna ligger den så kallade Per Geijer-fyndigheten. Den är den största rapporterade fyndigheten av sällsynta jordartsmetaller i Europa. Sällsynta jordartsmetaller finns i det vanliga avfallet från gruvorna, >

Från malm till fossilfritt stål

Det är den gynnsamma kombinationen av rika tillgångar på järnmalm tillsammans med elproduktion från förnybara källor som möjliggör satsningen på fossilfritt stål i Norrlandsregionen. Järnmalmen finns i riklig mängd vid en rad gruvorter och älvarna i kombination med allt mer utbyggd vind- och solkraft – möjliggör produktion av fossilfri el. Vätgasproduktion är en nyckelfaktor, även den ska tillverkas lokalt med grön el.



den sten som separeras från järnmalmen. Avfallet innehåller apatit som i sin tur innehåller sällsynta jordartsmetaller och fosfor. Per Geijer-fyndigheten har högre halter än det gruvavfall som nu ligger ovan jord. Fyndigheten kan brytas utan att ett helt nytt industriområde behöver byggas, eftersom Kirunagruvans befintliga infrastruktur kan användas. Hela gruvsystemet i den befintliga Kirunagruvan är som en myrstack med 60 mil vägar. Avfallet har nu blivit intressant av flera skäl:

- Det finns utvecklad teknik att ta hand om det.
- Det finns större efterfrågan och därmed högre priser.
- Det är säkerhetspolitiskt viktigt att komma bort från det kinesiska beroendet.

Fosfor som är möjlig att utvinna i enbart fyndigheten Per Geijer motsvarar hela den ryska förkrigsexporten till Europa per år.

Anders Lindberg säger att en industripark ska byggas i Luleå hamn 2027 för att utnyttja koncentrat från dagens produktion. LKAB är delägare i ett norskt företag som utvecklat en miljövänlig teknik för att separera de sällsynta jordartsmetallerna. Men det finns olika problem att lösa innan en gruva kan öppnas. Fyndigheten ligger vid en renvandringsled och det är trångt nog ändå för renarna i Kiruna. Och det är många års processer att få tillstånd att öppna Per Geijer-fyndigheten.

Malmbanan

I december 2023 spårade ett malmtåg ur vid Vassijaure nära norska gränsen. Det dröjde två månader innan malmtrafiken kom igång. 15 km av banan var helt eller delvis förstörd. På svenska sidan växte lagren till över 500 fullastade malmtåg. LKAB förlorade intäkter för hundra miljoner om dagen. Det körs vanligtvis tio malmtåg om dygnet till Narvik och det går inte att öka takten. 2021 skedde en annan urspårning. Det blev ett stopp på en dryg vecka, men det räckte för att dra i gång ett stort upprustningsprojekt som i sin tur kommer att begränsa trafiken. En tredje urspårning skedde i februari 2024 och stoppade tågen i elva dagar.

– Hade vi haft dubbelspår skulle vi ha kunnat kompensera stoppet genom att öka leveranserna till vår andra hamn. Vi har tjuvat i tjugo år om hur lönsamt det skulle vara för AB Sverige med ett dubbelspår. Vi möts av positiva signaler, men ser inget i planeringen för sträckan Kiruna–Narvik. Redan före den stora olyckan bad vi Trafikverket överväga om det gick att minska persontrafiken på Malmbanan under vissa perioder. Annars kan i värsta fall LKAB tvingas dra ned produktion, permittera personal och minska lönsamheten. Det kan tyckas vara en drastisk åtgärd att hänvisa persontrafik till buss i stället för tåg. Men man kanske inte har något val.

– Och nu finns ytterligare ett skäl att rusta upp banan. Natomedlemskapet innebär att trupp och materiel kan behöva förflyttas i stora mängder och då är det huvudsakligen järnväg som gäller. SSAB använder järnmalm från LKAB för att göra pansarplåt – något som det är stor efterfrågan på i dessa dagar.

LKAB och samhället

– Staten har tjänat stora summor på LKAB genom åren. De senaste två åren skickade LKAB in tolv och sju miljarder i utdelningar till statskassan och även lokalt stannar mycket pengar direkt och indirekt från gruvorna. Exempelvis har LKAB betalat ut och reserverat över 30 miljarder för samhällsomvandlingarna i Kiruna och Gällivare. Vi gör också lokala inköp i Malmfälten på 5–6 miljarder kronor varje år.

Klockan 01.20 varje natt går salvorna i Kirunagruvan. Efter några timmars vädring drar produktionen igång. På andra håll i gruvan har man arbetat hela natten. Varje dygn kan gruvorna som mest leverera 100 000 ton råmalm – det är sten och järnmalm. LKAB har cirka 5 000 anställda och sedan tillkommer entreprenörer. I Kiruna arbetar drygt 200 personer varav ungefär 700 arbetar under jord i olika typer av skift. Ända fram till 1978 var det förbjudet i Sverige för kvinnor att vara gruvarbetare. Nu är 26 procent av de anställda vid LKAB kvinnor och man siktar på 30 procent år 2026.

– Det blir allt fler jobb som kräver en högre kompetens, man kan inte komma in direkt från gatan och bara kvittera ut en spade och börja skotta, som det var för hundra år sedan. Vi söker till exempel geologer över hela världen och vi har människor från 15 nationer på vår geologavdelning.

Det går fort att göra bra pengar för en lastare efter ett par månaders utbildning.

– Vi vill att fler ungdomar också ska utbilda sig, bli ingenjörer och komma tillbaka. Därför kräver vi att man klarat gymnasiet med godkända betyg för en anställning. En del tycker det är ett tufft krav, men vi menar att vi breddar basen. Vi tar ett samhällsansvar och har också ett samarbete om rekrytering med många andra aktörer, exempelvis Försvarsmakten. Vi vill undvika att slåss om arbetskraften utan hellre samarbeta för att visa på möjligheterna som finns i vår region. En annan del av samarbetet med Försvarsmakten är att den som tjänstgör inom Hemvärnet, som jag gör, eller är reservofficerare, kompenseras av LKAB så att ersättningen motsvarar normal lön. Det är en satsning vi gör både för att stärka samhället och som en förmån för våra medarbetare, säger Anders Lindberg. □

90 PROCENT AV AUTONOMIN ÄR MJUKVARA

Tråkigt, smutsigt och farligt gäller fortfarande som autonomins drivkrafter. Att automatisera gruvdriften görs för att få bort människor, säger professor George Nikolakopoulos som leder autonomi från forskningsfronten.

A

n är robohunden inte människans bästa vän. Men det är på väg. Här vid avdelningen för robotik och AI vid Luleå tekniska universitet finns en robohund som känner om något föremål i närheten rör sig. Försiktigt vågar den sig fram och backar när man närmar sig hunden. Forskarna här har gett hunden en hjärna. Den kan lika gärna sitta i en lastmaskin i en gruva. Här skapas framtidens digitala gruva.

Professorn George Nikolakopoulos leder arbetet vid forskningsfronten. Han har varit mycket i Vidsel och Esrange. Samarbetet med LKAB startade för 13 år sedan – Vår uppgift är att hjälpa doktorander och forskare att utföra sina uppgifter i verkligheten. Ibland utvecklar vi vår egen hårdvara. säger Ilias Tevetzidis, senior forskare.

– Gruvindustrin ger unika miljöer att testa i stor skala. Annars skulle vår forskning stanna i labbet och vi hade kanske inte varit på det här spåret, säger Björn Lindqvist som gjort mjukvaran till den tänkande hunden.

– Vår nisch är att tillsammans med industrierna identifiera behoven, säger Ilias. Vi kan inte gå in i gruvan och testa våra egna fantasigrejer, det måste vara något som LKAB behöver.

– Tråkigt, smutsigt och farligt gäller fortfarande som autonomins drivkrafter. Folk inser inte hur farligt det är under jorden. LKAB har ett ras om dygnet. Att automatisera den delen görs för att få bort människor, säger Ilias Tevetzidis och ger ett exempel på hur kunskapen används för att få säkrare och lönsammare gruvor.

– Jag var i Boliden med en kollega och vi hade med oss en drönare som mätte farliga gaser. Bolagets manuell mätning visade värden som låg tio gånger över det tillåtna. Det blev en snabb utrymning. Vår drönare såg var det var säkert. Vi skickade vår gasmätning i realtid till Bolidens servrar. Det finns pengar att tjäna på att minska tiden från sprängning till att gruvan förklaras

säker. Smarta bultar slås in i berget. Bulten mäter gas och drönare kan flyga runt i gruvan och avläsa bultarna. Det är ett exempel på vad vi gör för att använda kunskapen till att få säkrare och lönsammare gruvor.

– Dagens autonoma system fungerar bra, men de är begränsade. Om en autonom maskin arbetar i ett område får inga andra maskiner åka in. När autonomi blir smartare kan människor komma närmare. Då blir det som med robohunden. Går jag fram till en autonom gruvlastare så kommer den att backa, maskinerna kommunicerar och släpper fram varandra, säger Björn Lindqvist.

– Människor utanför forskningen har en annan bild av vad robotik är än den som vi har och det gäller även LKAB. Vi talar om för LKAB om det finns något de kan använda och om det inte finns – går det att göra något. Alternativet för gruvan är att vända sig till företag och hoppas på det funkar, säger Ilias Tevetzidis.

– LKAB har sin egen forskningsavdelning och LKAB vill ha effektivare produktion. Vi vill utveckla forskning. Vi försöker att få de två världarna att mötas. Vi får elva miljoner i forskning från LKAB på tre år. Det blir billigare för LKAB att ta vår kunskap från ett demoprojekt och gå till ett företag som kan göra det i verkligheten än att leta blint.

Stegen från idé till verklighet kan i korthet beskrivas som att det börjar med att industrin har ett behov. Forskarna ser efter om den finns forskning på området, vad som har gjorts. Sedan utvecklas matematiken och industribehovet delas upp i algoritmer. Nu är det dags för simulering på datorer. Antingen har man tänkt rätt och det fungerar eller så får man räkna om. När simuleringen är klar tas det stora steget – det som fungerade på datorn ska nu testas i verkligheten. Mjukvaran sätts på en hårdvara. Här är största risken till att något går fel. Om det går bra är det dags att ta hårdvaran till laboratoriet. Nu ska forskarna göra det som de tänkt sig. Och slutligen kommer det stora provet – att flytta ▸



Professor George Nikolakopoulos (t v), Ilias Tevetzidis och Jakub Haluska ligger i forskningsfronten för autonomi och gruvdrift.

försöket från laboratoriet till den verkliga gruvan.

Den här processen beskriver den unika med gruppens forskning. Man får idén från branschen som testar idén i sin verklighet. Hur många forskare får vara med om det? Stegen från idé till verklighet kan ta cirka sex år. Då har man gått hela vägen från grundforskning till prototyper och till en färdig produkt. Denna produkt kan sedan beställaren, LKAB gå vidare med till en företag som tillverkar den.

Avdelningen är en kunskapsfabrik som utvecklar såväl mjukvara som hårdvara. I en drönare utgör mjukvaran cirka 90 procent. Automin sitter i en liten låda med handtag. Lådan kan flyttas mellan olika plattformar.

Den tänkande hunden har sin motsvarighet i en flygande drönare. Den uppför sig som robothunden. När någon närmar sig, den kan vara en person eller en annan drönare, så flyttar den på sig. Allt övervakas i realtid i ett laboratorium som registrerar allt i tre dimensioner.

Motorn i autonomins mjukvara är algoritmerna. Algoritmerna ska täcka allt från drönarens uppdrag ner till den lägsta nivån – varvtalet på propellrarna.

– Roboten får information om sin miljö, den beslutar med utgångspunkt från sin bild av miljön och agerar i världen, säger Björn Lindqvist. Det är vad våra system gör och det visar på bredden i komplexiteten.

Algoritmerna må vara drönarens själ, men det räcker inte. Det krävs många olika sorters kompetenser för att få fram en drönare. Det är en kedja av länkar i teknologikedjan och alla behövs.

Forskarna ger en lista vad som behövs:

- Teoretisk bakgrund om ämnet.
- Kommunikation, drönaren ska sända och ta emot.
- Mekatronik, blandningen av mekanik och elektronik.
- Batteri.

- Reglerteknik, som är det största ämnet
- Hållfasthetslära. Det måste vara balans mellan batteri, flygtid och vikt.
- Sensorer. De flesta sensorer köps.
- Datevetenskap. Olika sorters dataspråk ska översättas till något som drönaren förstår.

George Nikolakopoulos har koll på avdelningens kompetenser. Projekten växlar och nya kompetenser ska sökas. Det är här doktoranderna kommer in. Avdelningen har ungefär 15–20 doktorander och tio post doc.

– Att vara doktorand i Sverige är inte att vara student. Forskningsprojekten betalar doktoranden som kostar ungefär en miljon om året. Högskolan äger inte doktorandens resultat. Han eller hon kan gå vidare och starta ett företag med resultatet som grund, säger Ilias Tevetzidis.

Doktoranderna publicerar sina resultat och dukar upp en globalt smörgåsbord av kunskap. Det som publiceras får andra låna och därför är det svårt att patentera en mjukvara.

Det finns exempel på forskare som startat företag som i sin tur köpts upp flera gånger och hamnat hos ett av de stora företagen i gruvbranschen. □



»Roboten får information om sin miljö, den beslutar med utgångspunkt från sin bild av miljön och agerar i världen.«



Forskning på fältet

Vid avdelningen för AI och robotik vid Luleås tekniska universitet skapas framtidens digitala gruva. I ett för forskare unikt samarbete möts forskare och användaren LKAB. I en demonstrator visas att det är möjligt att lösa problemet med robotik och AI genom att utveckla state-of-the-art algoritmer. Resan till färdig produkt kan ta flera år och är i dagsläget på en utvecklingsnivå strax under ett färdigt kommersiellt system.

1. En idé föds och prövas

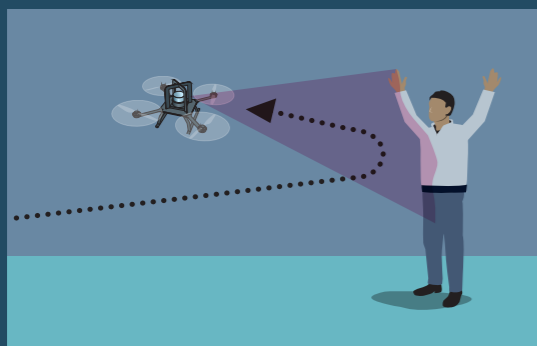


LKAB beskriver behovet och problemet. Forskarna svarar om det går att lösa med autonomi. Finns det forskning att luta sig mot? Eller ska vi göra något själva?

Hur navigerar en drönare i svåra miljöer som gruva?

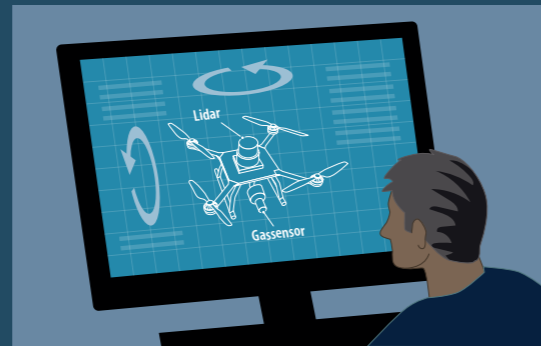
- Hinderundvikning
- Navigering
- Kommunikation
- Lokaliseringssystem

3. Sanningens ögonblick



Mjukvaran sätts på en hårdvara och prövas i laboratorium. Här är största risken att något går fel. Nu ska forskarna se om hårdvaran och mjukvaran tillsammans gör som man tänkt sig.

2. Algoritmer och simulering



Matematiken utvecklas och industribehovet delas upp i algoritmer. Det är dags att simulera. 90 procent av autonomi sitter i mjukvaran. Antingen har man tänkt rätt eller så får man räkna om tills det stämmer.

4. Fältförsök i gruvlik miljö



Slutligen är det dags för fältförsök i en gruvlik miljö. Användare och forskare möts långt från det trygga och rena laboratoriet. Kanske klarar inte en drönare vissa typer av uppvirvlande damm. Då får man gå tillbaka till ritbordet och hitta en lösning.

5. Gasnivåmätning – snabbt och säkert

LKAB är drivande i den gröna omställningen och den digitala gruvan är en del av det. Alla maskiner under jord kommer att vara robotar. De kommer att borra, ladda och lasta och prata med varandra. Framtidens gruvor blir djupare och gångarna smalare. Maskinerna blir fler och mindre och måste kunna samsas om utrymmet.

Bilden visar ett forskningsexperiment LTU gjort på uppdrag av LKAB. Här gäller det att så snabbt som möjligt fastställa hur höga gasnivåerna är nere i gruvorterna efter sprängning.

20 + 20 min

Idag kan det ta en bra stund för en karavan lastare att ta sig ner i den nedre delen av gruvan efter en sprängningsalva. För att detektera farliga gaser används handhållna detektorer. Om sensorn ger utslag får hela karavanen backa tillbaks igen. Nerfärden kan ta 20 minuter eller mer. Färden upp är lika lång.



45 sek

En drönare skulle kunna ta sig ner längst ner i gruvan och göra en mätning på under en minut.

Drönaren är inte beroende av en infrastruktur som exempelvis lokalt 5G-nät. Den kan navigera och ta sig fram till förvald punkt helt autonomt.

Källa: LTU

Norrlandskusten ställer om till grönt

Luleå, Piteå och Skellefteå. Tre kuststäder i övre Norrland som traditionellt förknippas med tung industri. Skorstenarna ryker från stålverk, skogsindustrier och smältverk. Nu ska det gröna sälja norra Sverige, gröna kommuner som satsar på forskning ska locka företag.

Här finns lärosäten, naturresurser och industri, men Tillväxtverket pekar också på problem. Det är brist på vissa kompetenser och riskvilligt kapital. Små och medelstora företag är underutvecklade. Tillväxtverket fördelar medel från den europeiska regionala utvecklingsfonden. Samtidigt har den stora gröna omställningen i norr rullat i gång.

– Det talas om tusen miljarder i industriinvesteringar, säger Ulf Westerberg som är innovationsledare vid Piteå Science Park. Men samhället kommer också förmodligen att behöva satsa mycket. Det måste finnas vård, skola, omsorg, kultur och allt annat som gör livet värt att leva. Vad händer med dagens värdekedjor? Bli den stora satsningen ett komplement eller en konkurrent. För att detta ska lyckas måste vi ha ett systemperspektiv.

ENERGI

Ulf Westerberg efterlyser också en helhetssyn vad gäller energi. Han säger att elkraft hänger ihop med uppvärmning och drivmedel för transporter. Över året är förbrukningen av el i Norrbotten stabil. I och med att vindkraften har tillkommit är dock produktionen växlande. Vattenkraften används som en regulator som nu gasar och bromsar mer än tidigare. Ulf Westerberg säger att det fungerar idag, men att man ser konsekvenserna i form av till exempel ökad stranderosion. Problemet med mer vindkraft är obalansen mellan produktion och förbrukning.

– Vattenkraften kan i motsats till andra energikällor lagra energi i dammarna, men det kommer inte att räcka. Hur bryter man ned topparna? Hur lagrar man stora mängder energi, frågar Ulf Westerberg.

Samhällets utbyggnad hör till framtiden – liksom energikutbyggnaden. Problemet idag är inte brist på energi utan att bara vattenkraften kan lagra energi. Då och då inträffar energitoppar och det är dessa som man vill kunna kapa med bättre energilagring.

LULEÅ

Teknikparker och teknikstäder. Eller som det heter Science Park och Science City har vuxit upp längs den gamla skorstenkusten. Luleå Science Park är en blandning av företag och utbildning i nära anslutning till Luleå tekniska universitet, LTU. Här finns 15 000 studenter. 40 procent av företagen är i IT-branschen. Mycket är en följd av att staten i början av seklet satsade på att utveckla universiteten. Luleå tekniska universitet, LTU är ett exempel.

– Teknikparkerna är ofta kopplade till universitet. Man vill skapa en puls på en viss plats och en miljö med kompetens, innovation, finansiering och

forskning, säger Jens Lundström som efter 20 år i Stockholm har återkommit till en förvandlad stad.

– Jag lämnade Luleå som artonåring, arbetade i Stockholm på Ericsson och med ip-telefoni och startade ett företag. När Facebook öppnade sin serverhall ändrades Luleås självbild. Om Facebook/Meta valde oss så kan väl andra göra det. I dag arbetar 1 400 på Facebook/Metas serverhallar data.

En sak är att locka hit företag. En annan att skapa nya. Jens Lundström är VD för Arctic Business som finns i teknikparkerna i Luleå, Piteå och Skellefteå.

– Det finns en trend att norra Sverige ska klättra i förädlingskedjan. Från bulkstål till specialstål, från pellets till järnsvamp, säger Jens Lundström. En annan kedja handlar om innovation. Den går från Vinnova till regioner och kommuner och i den kedjan är Arctic Business en länk med dess inkubatorverksamhet.

En inkubator prövar om idéer kan bli lönsamma, hjälper till med att starta företag i liten skala, bygger team i bolagen och kompetenser och letar efter finansierare.

– Vi försöker att skapa en entreprenörskultur hos forskare och studenter. Sedan vi började 2005 har vi satt fart på över tusen idéer och vi räknas till de bästa inkubatorerna i världen. I Sverige finns 29 stycken inkubatorer som finns nära universitet och högskolor och som delfinansieras via Vinnova.

– Det är viktigt att hitta rätt karaktärer. Att forska och komma på bra idéer betyder inte att man är bra företagare. ▷

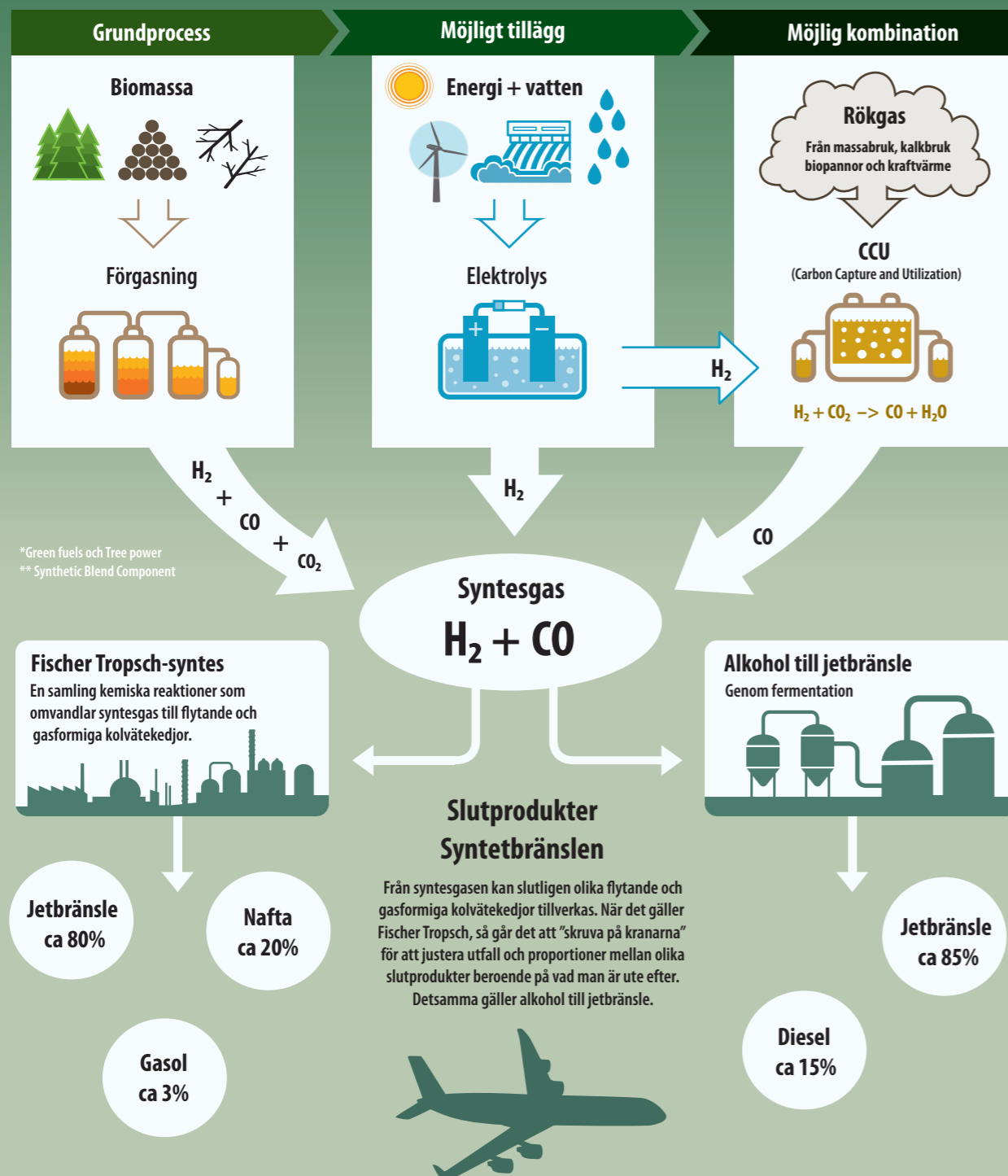


Syntesgas och gröna bränslen

Flera projekt* är igång i Norrlandsregionen för att undersöka förutsättningarna för att utnyttja restprodukter från skogsnäringen för tillverkning av gröna bränslen. Ett exempel är ett syntetiskt tillverkat biobaserat bränsle (SBC)** som är tänkt att blandas med konventionellt fossilt jetbränsle för att minska koldioxidutsläpp vid flygresor.

Biomassa är grunden – men kombinationer är möjliga

Syntetbränslen tillverkas av så kallad syntesgas, vilket i detta fall huvudsakligen utvinns från biomassa via förgasningsprocesser. Att tillföra vätegas, exempelvis via elektrolys, kan kraftigt öka mängden syntesgas, då förgasningen av biomassa ger ett överskott av kolmonoxid och koldioxid. Ytterligare en kombination är att tillföra mer koldioxid via infångning från rökgaser, för att tillföra än mer vätegas. Det blir alltså en kombination av biobränsle och elektrobränsle.



Sidoströmmar från skogsproduktion

Projektet TreePower var ett initiativ mellan en rad aktörer i Luleå och Piteå. Ambitionen var att kartlägga förutsättningar för stor-skalig inhemsk produktion av bioflygbränsle. Initiativet TreePower lever kvar, men syftet är bredare. Målet är att kartlägga och skapa förutsättningar för en stor-skalig inhemsk produktion av flera typer av hållbara drivmedel. Parter är Piteå Science Park, Luleå tekniska universitet och Invest In Norrbotten.

Kartläggningen ska bland annat utreda om det finns tillräckligt mycket biomassa för att försörja ett nytt bioraffinaderi för stor-skalig produktion av biodrivmedel. Resurser som är aktuella är primärt sidoströmmar från skogsnäringen.

Industriella sidoströmmar

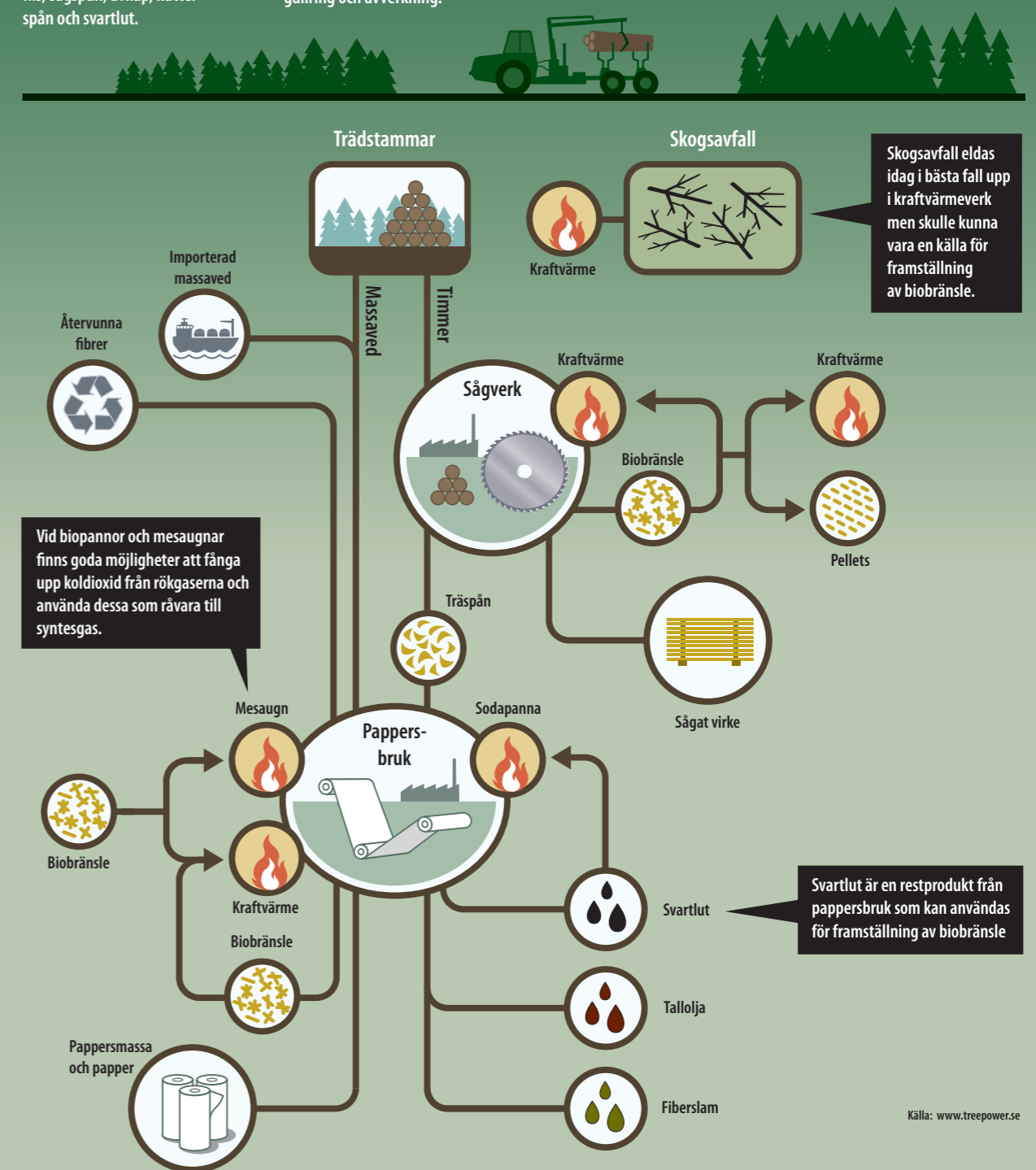
Restprodukter från sågverk och massabruk. Exempelvis bark, flis, sågspån, avkap, kutter-spån och svartlut.

Skogliga sidoströmmar

I huvudsak grenar och toppar som lämnas kvar vid gallring och avverkning.

Tänkbara returflöden

Exempelvis returträ eller annat träavfall.



Det goda exemplet som Jens Lundström pekar på är Arctic Space Technologies. Den var två ingenjörer som jobbade på ESA (Europeiska Rymdstyrelsen) och som hade kommit på ett nytt och billigare sätt att styra och hantera satellitkommunikation och antenner. De startade sedan med en antenn i Öjebyn, Piteå som nu följs av över 20 till. Sandra Nilsson är COO och företaget som ligger i Piteå växer i rymdbranschen.

SKELLEFTEÅ

Fram till 1970-talet var Umeå mindre än Skellefteå. Sedan kom universitetet och Umeå gick om och Skellefteå hamnade på efterkälken. På tretton år byggdes bara 32 lägenheter.

Nu bor 77 000 i kommunen varav hälften i tätorten. Målet är fram till 2030 öka befolkningen med 20 procent. Ytan motsvarar 80 procent av Skåne.

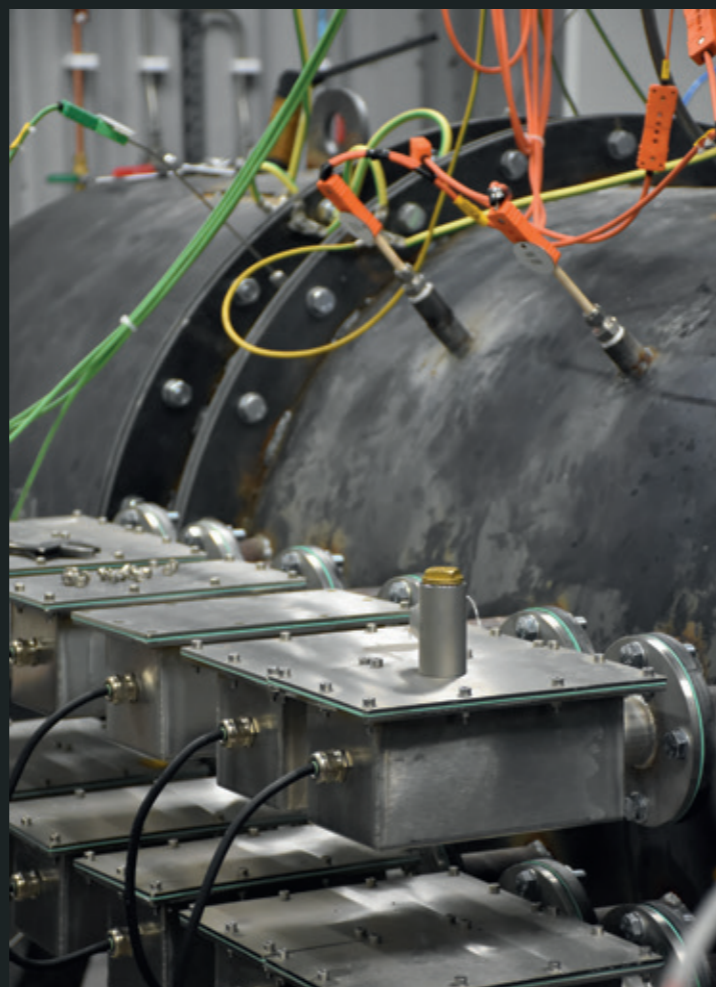
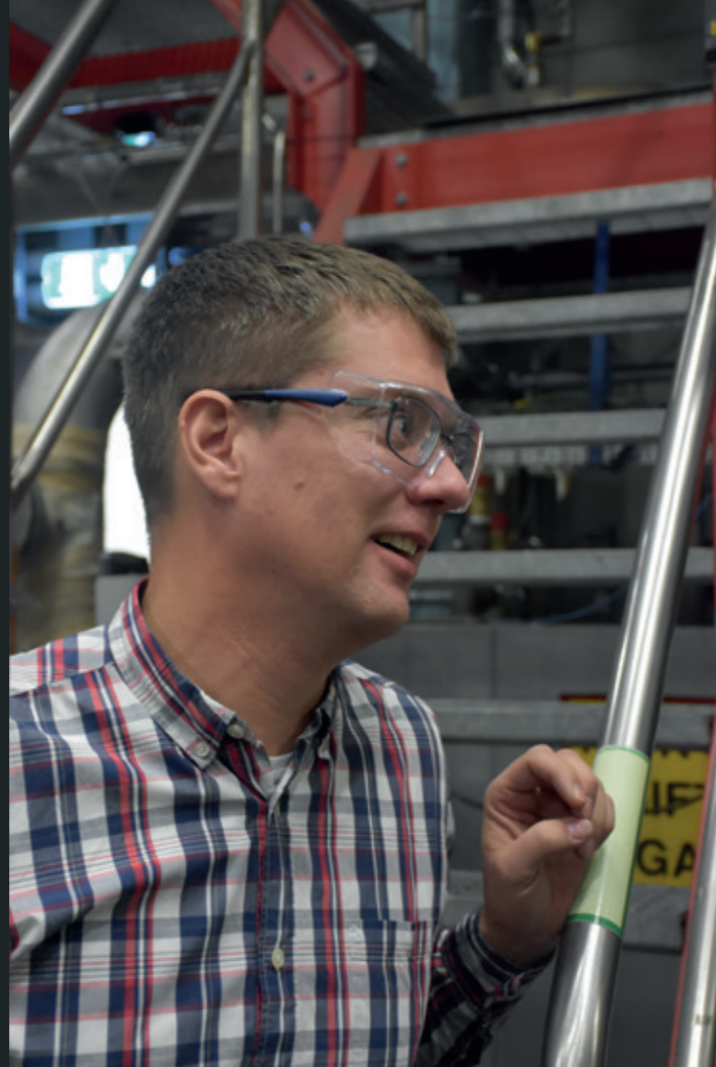
Vändpunkten kom för knappt tio år sedan. Samhället satsade och satte nya mål. Nu ska det byggas 800 lägenheter i kommunal regi. Som en symbol för den gröna omställningen står kulturhusets 20 våningar i trä. Den kommunala el-leverantören, Skellefteå Kraft är Sveriges femte största energi-producent och satsar på total hållbarhet. Bolaget har lånat namn till hockeyarenan och sponsrar det anrika topplaget Skellefteå AIK.

I centrum för uppgången och den gröna omställningen står dock ett företag – batterifabriken Northvolt som med dagens 2 000 anställda har gått om Bolidens smältverk i Rönnskär i Skelleftehamn som kommunens största privata arbetsgivare. Målet är 4 000 anställda 2026. Problemet är att få tag på folk, inte minst experter. Det kommer folk från en stor del av världen för att arbeta på batterifabriken.

Linda Fransson är affärsutvecklare för energi och har dragit sitt strå till stacken. Hon har ett förflutet som skyttedrottning för Umeå i damallsvenskan. Vid sidan om elitidrotten utbildade hon sig och kom till London. Där träffade hon en man från Nya Zeeland och flyttade sedan till Australien och Nya Zeeland. Så fick hennes man arbete vid batterifabriken och flyttlasset gick till Skellefteå. Nu bor hon i Skelleftehamn på den gamla bruksgatan. Grannarna är sydkoreaner som arbetar vid Northvolt.

Linda Franssons arbetsuppgift är att utveckla näringslivet. Listan över visioner, satsningar och företag är lång:

- Norrbotniabanan mellan Umeå och Luleå har diskuterats i decennier och har delvis börjat att byggas.
- Adopticum är en avknoppning från LTU. Företaget är inriktat på optisk mätteknik. Bakom företaget står regioner och kommuner i Övre Norrland samt EU.



- Green flight academy är en flygskola för mindre flygplan. Ett av planen är el-drivet. Elever kommer från hela världen för att få certifikat. Utbildningen tar 18 månader. Och kostar en miljon.
- Arctic Game Lab är delvis grundat av EU och finns i Skellefteå, Luleå och Boden. Man utvecklar dataspel från idé till företag.

Skellefteå Science City är ett kommunalt bolag som driver innovationer och grön omställning. Här ingår bland annat:

- ELIS som kommersialiserar elektriskt flyg. Till sammans med företaget Katla har man ett projekt som undersöker transport av gods i glesbygden med hjälp av drönare.
- Arctic center of Energy är ett kompetenscentrum som tillkommit på initiativ av Skellefteå kommun, LTU, Northvolt och Skellefteå kraft.
- Skellefteå Science Park som är en mötesplats för akademien, samhället och näringslivet.

Det finns en vision om eldrivna flygplan i det så kallade batteribältet som sträcker sig från Mo i Rana i Norge via Skellefteå till Vasa i Finland. Vasa är Umeås närmaste stad. Ska man flyga till Vasa från Umeå måste man åka via Stockholm och Helsingfors.

PITEÅ

Piteå lever och har levt på skogen. Den stora massafabriken, ägd av koncernen Smurfit Kappa med 45 000 anställda över världen, är med 500 anställda Piteås största privata arbetsgivare. Produkten, kraftliner, används som ytskikt i wellpapper. In kommer massaved i ena ändan och i den andra lastas pappersrullarna på lastbilar som går ner till hamnen. Varje dygn görs en pappersbana som skulle kunna rullas ut till Paris.

Överskottsvärmen är kopplad till kommunens fjärrvärmenät och täcker 95 procent av behovet. Delar av sidostömmarna går till ett annat företag i Piteå Sunpine, som tillverkar biobränsle och harts för bland annat målarfärg.

– Men det går att få ut mer, säger Fredrik Granberg vid LTU. Genom att dela upp ett ämne i molekyler och sätta samman dem på ett nytt sätt kan vi skapa nya ämnen. Vi tar vara på de ämnen som ingen vill ha och intresserar oss för de glömda molekylerna. Green Fuels är världens mest avancerade pilotanläggning för förgasning av bioprodukter till syntetgas och gröna bränslen. Fredrik Granberg är projektledare vid avdelningen för energiteknik vid LTU. Han har arbetat vid Kappa och forskar nu främst på biodrivmedel, vätgas och elenergi. Pilotanläggningen ligger i anslutning till massafabriken som i sin tur stödjer en del av verksamheten.

Vid anläggningen görs experiment inom ramen för projektet Centre for hydrogen energy systems Sweden, Chess som tar ett helhetsgrepp på produktion, lagring, transport och användning av vätgas.

För att stålindustrin ska kunna sänka koldioxidutsläpp krävs storskalig vätgastillverkning. En omställning till koldioxidneutral stålindustri beräknas kunna minska Sveriges koldioxidutsläpp med cirka tio procent.

En stor satsning, 81 miljoner från EU och Tillväxtverket, görs i en testanläggning för elektrolyssystem, H2-labs. Projektet ska:

- testa elektrolyt för produktion av vätgas och syrgas.
- undersöka hur man kan tillvarata och nyttja restvärme från vätgastillverkningen och hur vätgasproduktion kan göras mer energi- och kostnadseffektiv

LTU är projektägare och Green Fuels projektpart. Övriga partners är Piteå Energi, Smurfit Kappa samt H2 Green Steel.

RISE

Forskningen vid Green Fuels görs i nära samarbete med det statliga forskningsinstitutet Rise som har verkstäder och utrustning i huset. Christopher Mueller är enhetschef och kommer från Chicago. Han är ytterligare ett exempel på svenskors förmåga att locka utlänningar till norra Norrland. Och han är inte ensam utlänning. Cirka 40 procent av de anställda kommer utanför Sverige.

– Jag började min karriär på Volvo i Göteborg. Senare i karriären dök den här möjligheten upp ▶

»Genom att dela upp ett ämne i molekyler och sätta samman den på ett nytt sätt kan vi skapa nya ämnen. Vi tar vara på de ämnen som ingen vill ha och intresserar oss för de glömda molekylerna.«

Fredrik Granberg

»**Vi studerar restvaror som ingen vill ta hand om. Vi smälter ned däck och får fram molekyler som kan användas för att bygga något annat. Vi tar ut gummit som man sälja vidare.**« *Christopher Mueller*

Rise i Piteå växer kraftigt och nu är vi 40 personer här.

Ett område som Rise studerar i Piteå är kimrök som ligger högt på listan över världens mest producerade ämnen och som tillverkas i anläggningen. Kimrök kan liknas vid kol och sot som används till mycket som till exempel däck. Kimrök från utslitna däck skulle kunna utnyttjas till något annat.

– Vi studerar restvaror som ingen vill ta hand om. Vi smälter ned däck och får fram molekyler som kan användas för att bygga något annat.

Rise har en effektiv metod för att fånga koldioxid. Ett sätt är att använda ånga till att värma processen, men det går att göra effektivare med hetvatten.

Här finns en anläggning där man kan elda och analysera det mesta och här kan man bryta ned bränsle och sätta samman delarna till ett nytt bränsle.

Norra Sverige är mörker och midnattssol. Kan en solcell ta igen på sommaren vad den förlorar på vintern?

– Vi har ju lika mycket sol som Afrika. I Sverige ligger Piteå och Luleå i topp. Vinkeln till solen är lägre här och det påverkar effekten. Det finns forskare som intresserar sig för hur kylan påverkar solceller, säger Christopher Mueller.

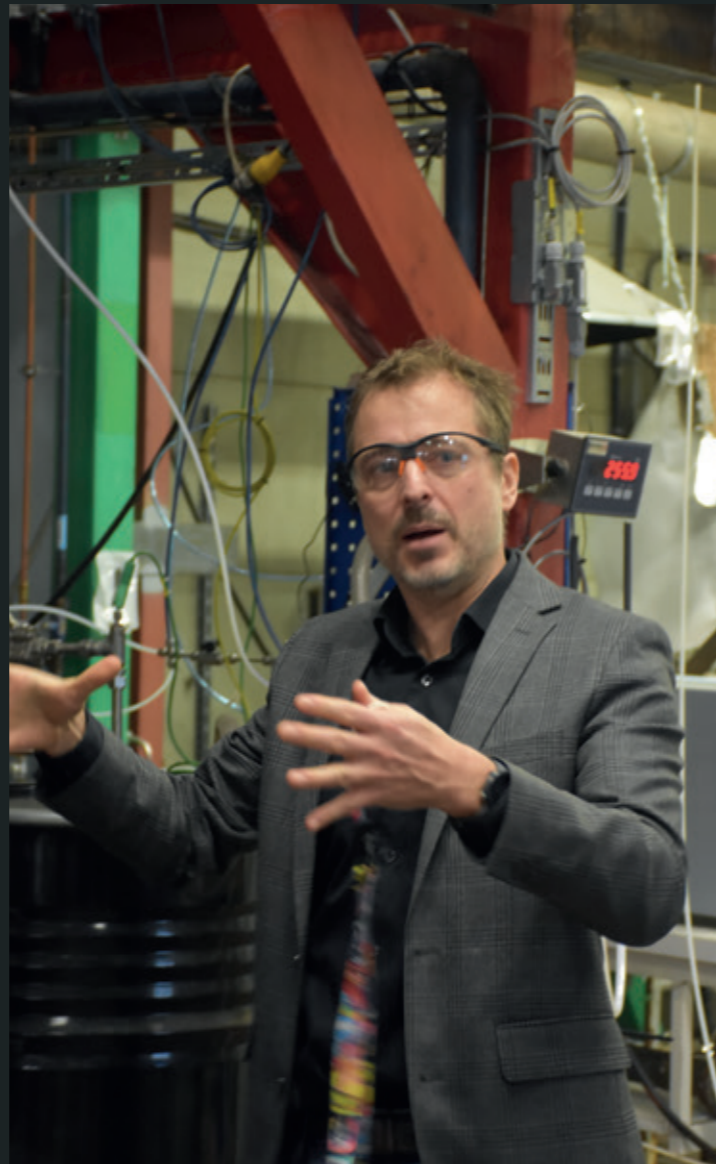
Piteå har ett kluster av kompositföretag. Störst är Hitachi Energy som gör isolatorer för högspänning. Anders Holmberg är teknisk chef och säger att världens omställning till mer elektricitet gör att efterfrågan på isolatorer ökar.

– Det är fem års väntetid på en transformator och vi anställer hela tiden, säger han. Isolatorer är den del i högspänningsapparater och ställverk som isolerar fas från jord och samtidigt bär mekanisk last.

Fabriken är över hundra år och har sina rötter i Asea. Till Piteå kom tillverkningen för över 50 år sedan. Produktportföljen har ändrats över åren men fokus har hela tiden varit produkter baserade på polymera fiberkompositmaterial. Isolatorerna som tillverkas finns i olika storlekar.

De största är riktiga bjässar och används för 800 000 till 1 100 000 V likström. Exporten går över hela världen.

– Vi har till och med slagit Kina på deras hemmaplan. □



AI RESONERAR MEN SÄGER INTE HUR

Ai har blivit så svårt att förstå att det nu krävs att ai träder fram ur den svarta lådan där resonemangen finns. Den nya vägen till att öppna lådan heter förklarande Ai.

En präst, världens smartaste man och en pojke flyger när piloten säger att vi är på väg att störta. Problemet är att det bara finns tre fallskärmar. Piloten och världens smartaste motiverar varför deras liv ska räddas. Prästen som har levt sitt liv erbjuder pojken sin fallskärm. Det behöver du inte göra säger pojken. Världens smartaste man tog min ryggsäck.

– Världens smartaste man kunde inte värdera. Frågan är om artificiell intelligens, Ai kan göra det? Jag har inte träffat på något sådant, säger Daniel Thenander, militär lärare vid Forsvarshögskolan, FHS.

Daniel Thenander har varit 15 år i försvaret och 15 år i den civila världen. Han är kommunikolog, civilingenjör och civilekonom.

– Jag har arbetat med utveckling av teknik och människor, styrning och förmågeutveckling. Jag tänker i system och hur saker och ting hänger ihop och gillar att hitta mönster. Jag har lärt mig att tänka som en ingenjör, men om jag haltar på teknikbenet blir det inte bra. Jag måste använda det andra benet också, det sociala, det som handlar om människor. Ska då tekniker bestämma vad ett system ska besluta? För text och bild går det ganska bra. Men jag blir mörkrädd om systemet ska styra en robot eller avgöra vem som är kombattant. Mitt första möte med en Mac var en upplevelse. Det här var något som var gjort för människor. Gränssnittet var intuitivt. Man fick snabbt en känsla för hur det fungerade genom sina sinnen.

Ai blir bättre, mer komplicerat och tar över allt mer. Vad kan Ai göra och vad kan det inte göra? Ai kommer fram till ett resultat men kan inte förklara hur det gick till. Den vägen är dold i en svart låda.

I en stab rapporterar en officer till sin chef om läget och kan redogöra för hur kan kom fram till sin syn på läget. Chefen kan inte fråga en maskin hur den kom fram till sin bild av läget.

Det här är bakgrunden till en rapport från det tyska Fraunhoferinstitutet om förklarbar Ai, explainable Ai, XAI som Daniel Thenander och Peter Svenmarck vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI i Linköping analyserat utifrån perspektivet svensk försvarsnytta. FHS kom fram till att XAI kan ha signifikant betydelse för förmågeutvecklingen.

– Det blir lite filosofiskt. Kommer det här att finnas 2040 och i så fall hur, säger Daniel Thenander.

Peter Svenmarck arbetar i gränslandet mellan vad en operatör ska kunna och vad tekniken gör. Ämnet lever i högsta grad på FOI som gjort försök med spaningsbilder från drönare.

Vad är XAI? Hårdvara, mjukvara eller en attityd att kunna se in i den svarta lådan? Peter Svenmarck säger att det nog är en blandning. I en vit låda har man insyn, inte i den svarta. Genom att testa efteråt kan man möjligtvis förstå hur den svarta lådan har tänkt. Utvecklingen inom XAI har en lång historia och utvecklingen har gått flera vägar. Nu har användare efterfrågat ett Ai med insyn. Man måste pröva mycket för att förstå vad förklarbarhet är. Vi kan ta fram särdrag som systemet använder och knyta det till det underlag som finns. Mer än så kan man inte begära idag.

Det finns ingen definition av vad XAI är, frågorna är många och svaren få. På vår väg till förståelse i allmänhet finns höga hinder. Det handlar om saker som den svarta lådan, hur hjärnan fungerar, hur människan och maskinen gör värderingar, skillnaden mellan kunskap och kompetens och lärarens dilemma när eleven använder Ai på hemtentan.

Svarta lådan

– Ai har blivit så svårt att förstå att vi nu måste försöka att förstå det. Vilka beslut fattas i den svarta lådan? Vi vet ju inte hur vi själva fattar beslut, säger Daniel Thenander och tar den så kallade besluts-cirkeln, ▷

ooda-loopen, (observe–orient–decide–act) som ett exempel på vår förståelse för hur vi fattar beslut idag. Vi använder besluts-cirkeln. Poängen är att öka farten och komma innanför motståndarens besluts-cirkel. Ska man använda AI i besluts-cirkeln uppstår ett problem. Farten ökar på bekostnad av insynen och militären vill ha en människa i loop.

– Hjärnan ses som en svart låda. Vi kan inte exakt beskriva hur hjärnan fattar beslut. Jag tar in information blandar den med den information jag redan har, säger Daniel Thenander. Vi har toppen av knoppen, hjärnbarken där ny information kommer in och struktureras. Botten av knoppen är hjärnstammen där det är mer kaotiska signaler. Dessa världar möts i det limbiska systemet och forskare tror att det är här som värderingar görs. Man blandar sanningar, fördomar, förväntningar med nya intryck.

– Alla kan inte värdera. Världens smartaste man i flygplanet kunde det inte. Jag har inte sett ett AI som kan värdera saker. Däremot kan AI läsa, associera och hämta information och fungerar bra med stora datamängder, big data.

– Tonåringar vill tömma sitt limbiska system och hitta sig själva. Att ett AI-system inte kan värdera ligger inte långt från en tonåring, det kan vara ganska förvirrat och tomt i knoppen. Men det är för att de ska bygga sin förmåga att kunna värdera och det är ett bra exempel på hur vår förmåga att värdera utvecklas.

Tillit

– Tilliten är avgörande. Du blir inte ÖB utan tillit. Officerare bedömer varandra efter tillit. Hur bedömer vi tillit i ett tekniskt system? Den tilliten finns inte. Hur vet vi vad som rör sig i huvudet på den som kodar? Här finns värderingar – som kanske är omedvetna, fördomar, förväntningar. Om jag kodar ett AI-system, och inte tror på att man ska förstå hur ooda-loopen går till kan jag inte heller skriva ett program för det. Å andra sidan kan man göra som Pippi Långstrump – det här har jag aldrig gjort så det kommer säkert att bli bra.

En intressant fråga är om det är skillnad på tillit i en militärallians och tillit i ett nationellt försvar. I militäralliansen byggs stora gemensamma resurser som robotsköldar. Ett mål upptäcks i Lettland, det är på väg västerut, en massa andra saker läggs in i beslutsunderlaget.

– Det kan AI göra bra men jag vill inte att AI ska fatta beslutet, säger Daniel Thenander.

– Jämfört med den civila världen finns det så många begränsningar i den militära, säger Peter Svenmarck. AI kommer på bred front och smygandes.

– AI är bra på att hantera stora datamängder. Problemet för militärer är att vi inte har dessa datamängder och en del av informationen är skyddad. Vi

har mindre data att öva på. Så jag tror att det är långt borta innan vi får AI-system som är kopplade till det militära beslutsfattandet, säger Daniel Thenander.

Kompetens och kunskap

Överstelöjtnant Stanislav Petrov räddade 1983 världen från ett kärnvapenkrig. Systemet larmade om något som såg ut som en robotattack. Stanislav Petrov visste att om informationen skickades upp i hierarkin skulle svaret bara bli ett. Så han väntade.

– Han värderade något utifrån sin kompetens. Intuition är att du har tillgång till dina sinnen, säger Daniel Thenander. Kunskap är något jag kan och vet. Kompetens är när du integrerar kunskapen. Du övar och blir kompetent.

Läkare och officerare, får akademisk utbildning och går ut i verkligheten med kunskapen.

– Jag blev inte kompetent av att gå på högskolor. Först när jag kom ut i arbetslivet blev jag en kompetent ingenjör. Hur bygger man kompetens i en AI-maskin? Jag tror att en människa måste vara med. Då krävs tillit och i vårt fall det militära sammanhanget. Hur kan man flytta kompetens från människor till maskiner och system?

– När AI kommer in i vår vardag uppstår känslan av att det verkar stämna, men ändå inte. Hur ska jag veta? Som lärare rättar jag hemtentor. Här har eleven använt ChatGPT. Är det fusk? Allt stämmer ju. Kunskapsmässigt är uppsatsen rätt. Vi kan inte bortse från att den här tekniken finns. Skolsystemet bygger fortfarande på att lära ut kunskap och kontrollera att eleven har kunskapen. Det är det vi lär AI, kunskap. Sedan finns det en idé om att AI ska förstå saker. I min värld är det associationer det handlar om. De kan vara rätt eller fel, bra eller dåliga, det beror på.

– Människans fem grundläggande sinnen som sensorer är fundamentala för att vi ska fungera. Världens smartaste man tog fel på en fallskärm och en ryggsäck. Han hade kunskapen med saknade förmågan att värdera utifrån sina sinnen. Det är en bra koppling till smart AI som inte kan värdera och koppla ihop saker. Då kommer det att halta och då får vi problem med tilliten. Det är någon som har kodat och vilken förståelse har den personen?

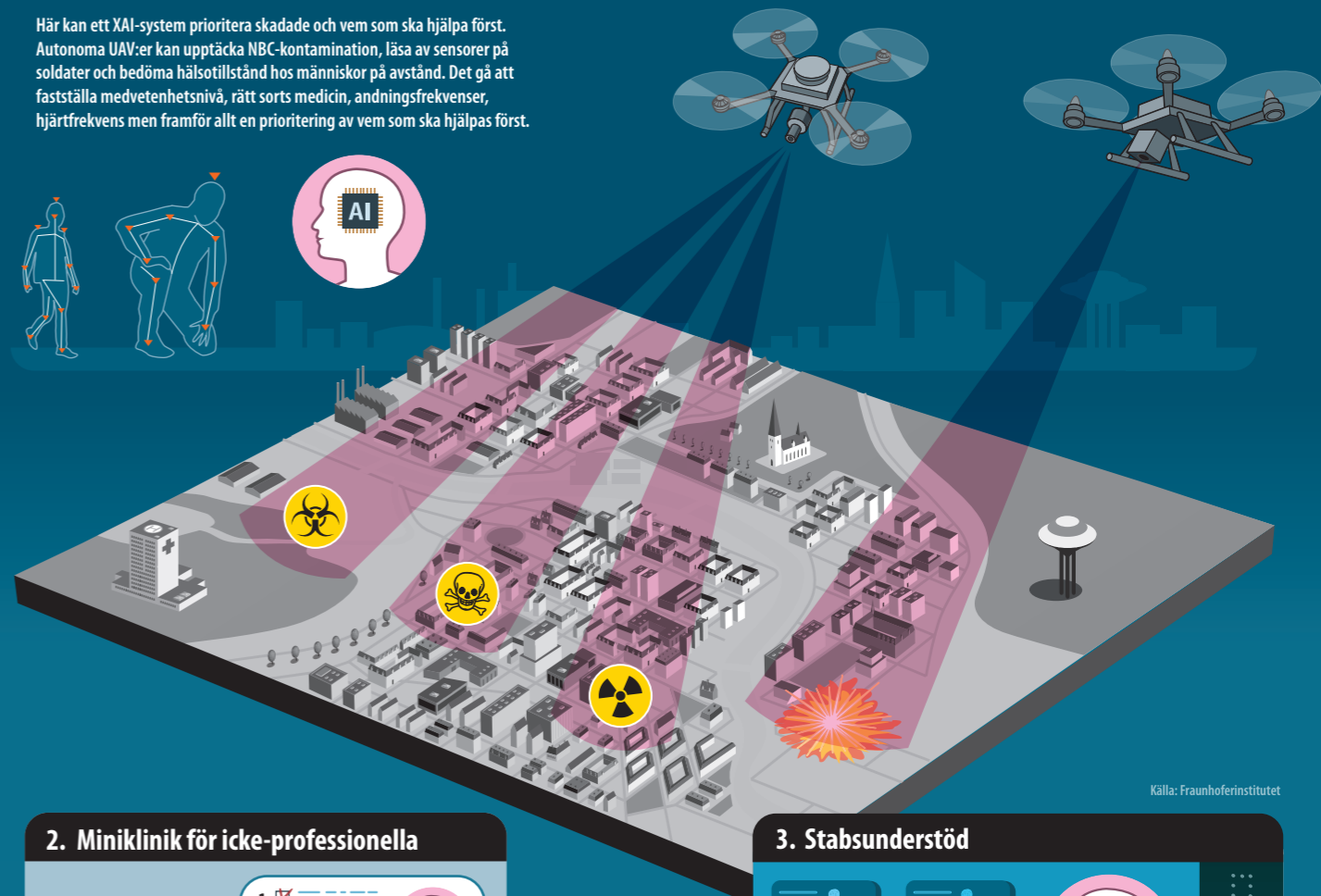
– När jag kom tillbaka till försvaret efter 15 år var jag orolig för hur jag skulle klara mig. Det visade sig att jag som var utplärd i invasionsförsvaret med stora övningar hade en annan helhetsförståelse till skillnad från de som övat stridspar och åkt på insats till Afghanistan. Inget är fel med insatser men för att nå en helhetsförståelse krävs övning i helhet. Med AI tycker jag det haltar, det är fortfarande för lite helhet för att jag ska visa förtroende för det, säger Daniel Thenander. □

XAI-triage på tre nivåer

En möjlig situation där förklarbar artificiell intelligens, XAI-system kan komma att användas i framtiden är vid prioritering av sårade i fält – så kallad triage. Här visas tre nivåer, där autonoma system med XAI kan stödja icke-expert som ska hjälpa skadade efter en massolycka. Första exemplet är en enkel triage i en NBC-förorenad miljö, sedan fysisk triage av icke-professionella och slutligen vid ledning, en C2-funktion med stöd för hur man kan agera i scenariot.

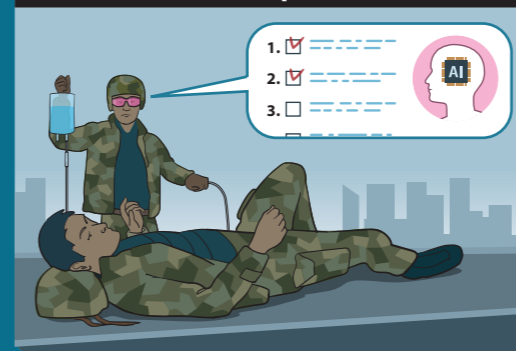
1. Drönartrriage

Här kan ett XAI-system prioritera skadade och vem som ska hjälpa först. Autonoma UAV:er kan upptäcka NBC-kontamination, läsa av sensorer på soldater och bedöma hälsotillstånd hos människor på avstånd. Det går att fastställa medvetenhetsnivå, rätt sorts medicin, andningsfrekvenser, hjärtfrekvens men framför allt en prioritering av vem som ska hjälpas först.



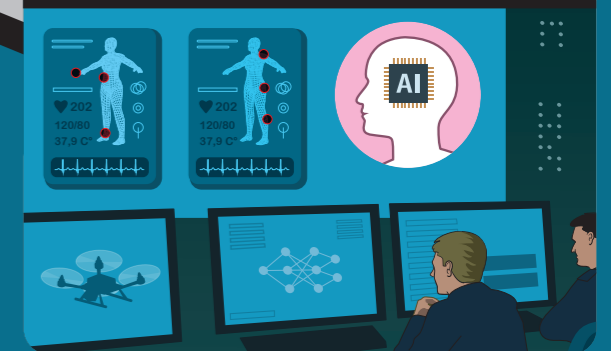
Källa: Fraunhoferinstitutet

2. Miniklinik för icke-professionella



På denna nivå kan XAI-systemet bestämma vilka åtgärder som ska vidtas baserat på olika sensorer och annan information såsom ljud, video och fysisk kontakt. Systemet kan liknas vid en "digital miniklinik" där icke-professionella kan få hjälp att ge trauma/första hjälpen, triage med hjälp av inbyggda standardfrågor och steg-för-steg-instruktioner såsom utvärdering, stabilisering och återupplivning.

3. Stabsunderstöd



I stabsmiljö kan XAI-systemet hjälpa till att övervaka triagesituationer, förklara för operatören varför en åtgärd väljs framför en annan, samt visa hur man prioriterar och optimerar resurser under den aktuella operationen.

RADARNAS HJÄRNOR KAN FÅ PLATS PÅ ETT CHIP

Radarnas rötter går långt tillbaka. Nu kommer fotonikradar och det kan leda till att radarnas hjärna ryms på ett chip. Fotonik kan beskrivas som ljusets egenskap och tekniken kring den.

Utän fotoner, laser och fiberoptik hade dagens internet inte varit möjligt. Kretsarna i dagens mikroelektronik är så små att elektronerna knappt får plats. Traditionell radar som fick sitt genombrott för över 80 år sedan brottas med problem som störande internt brus, begränsad bandbredd vid höga frekvenser och en svårighet att upptäcka små, långsamma och lågtflygande mål. Visionen är att med hjälp av fotonik skapa en ny radar.

Det tyska institutet Fraunhofer har analyserat fotonikradar i en rapport som Stefan Silfverskiöld vid Forsvarshögskolan, FHS, med stöd av Tommy Hult vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, har värderat dess potentiella militära nytta.

Stefan Silfverskiöld menar att om fotonikradar blir verklighet så kommer den att få en signifikant militär nytta för det svenska försvaret. Fraunhofer anser att utvecklingen av fotonikradar är mycket snabb och mognadsgraden enligt den så kallade TRL-skalan ligger på 4-6. Till en början är fotonikradar en hybrid av fotonik och traditionell elektronik och visionen om att lägga radarnas hjärna på ett enda chip kan komma om drygt 20 år.

I det moderna kriget spelar små obemannade flygande farkoster, UAV:er, populärt kallade drönare en allt större roll. Än så länge är de svåra att upptäcka, även om små drönare har upptäckts och skjutits ned i stor omfattning de senaste åren, och det är en av de luckor som fotonikradar tros kunna täppa till. Andra fördelar är att fotonikradar jämfört med dagens radar är energisnåla, svårare att upptäcka och störa, har

bättre signalbehandling och är mindre och enklare. Därmed kan den lättare komma att integreras i system för kommunikation och telekrigföring.

Forskningen på fotonikradar var till en början militär, men nu är drivkrafterna främst civila. Den civila teknologin kan användas för mobiltelefoni, satellitkommunikation, kabel-tv, bredbandsnät och för medicinska bilder. Fotonikradar kan utvecklas till navigationsmedel för drönartaxi, personal air vehicles med mera.

För att förverkliga fotonikradar krävs en hel kedja av olika teknologier som till exempel mikrovågsteknik, elektronik, elektro-optik, datavetenskap och materialteknik. Traditionell elektronisk signalbehandling är utrymneskrävande och energikrävande medan fotonikradar kan göras mycket liten. Den kan användas som vanlig radar – men även för passiv radar som i princip är en signalspanningsmottagare – och integreras i system för kommunikation, störskydd och telekrig. I ett första steg tros fotonikradar sitta på små obemannade farkoster som kan vara drönare i luften eller till sjöss. Dessa kan samverka, uppträda som svärmar och skapa ett nätverk med massor av antenner och mottagare. Detta gör det enklare att upptäcka små och långsamma mål.

Fotonikradar kan möjligen innebära ett stort steg i radarutvecklingen, men det finns nackdelar. Sensorerna kommer att samla enorma mängder data som ska omvandlas till information. Om inte den omvandlingen lyckas riskerar fotonikradar att drunkna i sitt eget informationsöverflöd. Ett stort problem i det moderna kriget är att få databehandlingen och analysen att hålla jämna steg med de allt effektivare sensorerna □

Fotonikradar

Photonic Radar (PR), även känd som Microwave Photonic Radar, är en ganska ny radarteknik som – precis som klassiska radarer – sänder och tar emot mikrovågssignaler. Skillnaden är att fotonikradar använder elektrooptiska komponenter i signalbehandlingsdelen vilket bland annat kan möjliggöra miniatyrisering tillsammans med extrema bandbredder jämfört med klassiska radarer.

MIMO (Multiple Input Multiple Output).

Fotonikradarnas tekniska fördelar möjliggör kraftfulla högupplösta, smidiga, miniatyriserade såväl som heterogena och distribuerade MIMO-radarsystem.

MIMO är ett koncept som bygger på ett stort antal (möjligt på avstånd från varandra vitt spridda) antennelement som var och en sänder oberoende signaler. Alla mätreturer av dessa olika signaler mottas sedan av ett stort antal antenner, och denna mängd signalkombinationer genomgår sedan gemensam signalbehandling. Resultatet blir avsevärd förbättring av signal-brusförhållande, radarupplösning, motstånd mot störningar och därmed också sannolikheten för måldetektering.

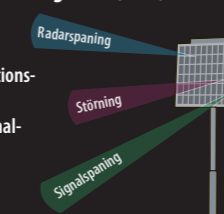
Motverka smyg

Med ett nätverk av fotonikradarar kan man motverka smygteknik då denna endast fungerar optimalt i en riktning



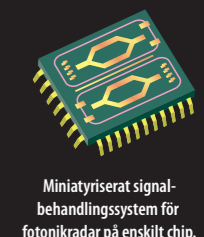
Elektroniska motåtgärder (ECM)

Med en fotonikradar kan man få en multifunktionsradar som kan radarspana, signalspana och störa samtidigt mot olika mål.



Miniatyrisering

Det finns en stark drivkraft för att miniatyrisera fotoniksystemet på ett enda chip, vilket skulle ge fundamentalt bättre prestanda och tillåta teknologin på mycket små plattformar.



Källa: Fraunhoferinstitutet

En av tre radarteknologier

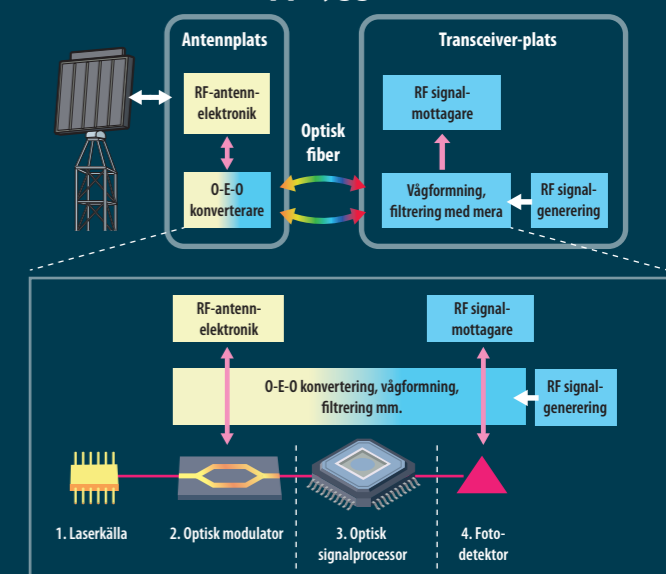
Ett konventionellt radarsystem är helt elektroniskt både i antennen såväl som den inre signalbehandlingen. En kvantradar arbetar tvärtom helt foton/optiskt i båda delarna. En fotonikradar behåller den elektromagnetiska antennen (vilken också använder fotoner men med lägre frekvens) men utför signalbehandlingen med hjälp av mikrovågsoptik vilket mångdubblar prestandan.

Antenn mm.	Signalbehandling
Konventionell radar	Helt elektronisk
Fotonikradar	Elektro/optisk
Kvantradar	Helt optisk

Till höger visas en förenklad layout av en typisk mikrovågsoptisk mottagare.

En laserkälla (1) fungerar som lokal oscillator för den optiska bärvågfrekvensen. Denna optiska bärvåg moduleras sedan av den mottagna RF-signalen som kommer från antennen med hjälp av en elektrooptisk modulator (2). Därefter genomgår den RF-bärande optiska signalen ytterligare bearbetning i en optisk signalprocessor (3). Optoelektronisk omvandling av den resulterande utsignalen uppnås sedan genom att överlagras den RF-bärande optiska signalen med den ursprungliga optiska referensfrekvensen från lokaloscillatorn på en fotodetektor (4). Detta skapar en mikrovågsslagfrekvens vid fotodetektorn som bara är RF-signalen vilket fullbordar omvandlingen – optisk-till-RF.

Fotonikradarns uppbyggnad



GNSS-fri navigation

GNSS-fri navigation har ofta sin tyngdpunkt i någon form av tröghetsnavigering som använder accelerometrar och gyroskop vilka mäter en plattformens rörelser. I det korta tidsperspektivet är precisionen bättre än GNSS, men avdriften gör att felet växer. Dagens accelerometrar är i grunden mekaniska men även metoder som bygger på kvantfenomen utvecklats. Dessa teknikers avdrift förväntas vara lägre.

Andra teknologier såsom radiopejlning, visuell navigation eller navigation med hjälp av magnet- och gravitationsfält kan fungera som stöd för att uppdatera den avdrift som förr eller senare uppstår hos tröghetsnavigeringssystemet.

Källa: Fraunhoferinstitutet

Tröghetsnavigering

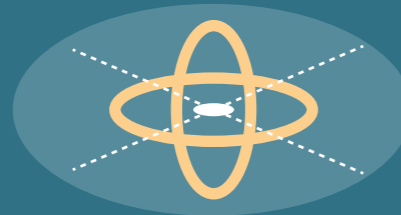
PIGA

Pendulous Integrating Gyroscopic Accelerometers

PIGA är de mest exakta accelerometrarna som används för närvarande. Ett kardanupphängt gyro sätts i rotation och den inre upphängningsaxeln är förskjutet ett definierat avstånd från gyromassans tyngdpunkt. Om en acceleration påverkar den yttre upphängningsaxeln, börjar gyroskopets rotationsaxel att få en annan precession. Denna skillnad i rörelse mäts och den effektiva accelerationen bestäms utifrån den. PIGA är i grunden mekanisk.

Atominterferometer

Teknologi som bygger på kvantfenomen. En stråle av kyllda atomer delas upp i två delstrålar, som sedan färdas i två olika banor vilka slutligen lagras över varandra (interferens). Atominterferometerns rörelser påverkar de två banorna vilka sedan jämförs med den uppmätta interferenssignalen. En nackdel är sensorns känslighet för vibrationer.



Optiska gyroskop

Ljus delas upp i två delstrålar, som styrs i motsatta riktningar i en cirkel via speglar eller optiska fibrer och sedan bringas till interferens. Om hela mätarrangemanget roterar i cirkelns plan sker en färförskjutning mellan de två ljusbanorna som är proportionell mot rotationen och kan avläsas från interferensmönstret.

NMR-gyroskop

Nuclear Magnetic Resonance Gyroscope

Använder inriktningen av atomkärnors spinn i ett magnetfält. Varje ytterligare extern rotation ändrar den uppmätta frekvensen och kan detekteras. Även denna teknologi bygger på kvantfenomen.

Radiosignaler

Radiofyrar

Radiofyrar är en äldre teknik som använder sig av markbaserade sändare för beräkning av tid och position. GNSS-systemens högre precision och bättre täckning har gjort att nästan alla radiofyrssystem har lagts ner. Moderna radiofyrstandarder, som eLORAN, har blivit aktuella igen i takt med att intresset för alternativ till GNSS har ökat.



Signals of opportunity (SOP)

Avser elektromagnetiska sändningar som kan användas för andra ändamål än avsett, som navigering. Både markbundna signaler som marksänd digital-TV, GSM eller Wi-Fi – eller satellitsignaler från nära jorden upp till geostationära banor kan användas för navigering.

Visuell navigation

Kartbaserad navigation

Här identifieras lämpliga objekt i miljön från egna optiskt registrerade bilder. Dessa jämförs med tidigare skapade kartor för att bestämma den egna positionen.



Kartoberoende navigation

Lämpliga egenskaper på bilderna registreras och spåras under en begränsad tidsperiod för att bestämma positionsändringen stegvis via ett så kallat "optiskt flöde". Liksom tröghetsnavigering ger denna mätmetod endast relativa förändringar i position och har därför lägre stabilitet än den kartbaserade navigationen på grund av en tendens till drift.

Magnetfält och gravitation

Magnetometri

Magnetfältet längs polerna tillsammans med svagare lokala effekter från exempelvis magnetiska bergslager kan användas för positionering. Speciella instrument kallade vektormagnetometrar kan användas för mönsterigenkänning utöver magnetfältets absoluta värde

Gravimetri

Jordens gravitationsfält uppvisar lokala variationer som kan användas för navigering. Markbaserade och satellitbaserade undersökningar har producerat högupplösta gravitationskartor över hela jordens yta. För att en plattform ska kunna avläsa dessa krävs dock ett ytterst känsligt instrument kallad gravitationsgradiometer.



KONSTEN ATT NAVIGERA UTAN SATELLITER

Vikingarna hittade ganska bra utan satellitnavigering. De utgick från en känd position, följde vindar, tittade på stjärnor och litade till erfarenheter och sjömanskap. Konstn att navigera utan satelliter lever fortfarande. I ubåten hörs inga signaler från rymden.

atellitnavigering, *global navigation satellite systems*, GNSS finns i vår vardag och är i praktiken grunden i militär navigering. Men signalerna från rymden är svaga. De kan störas, och överröstas med förvrängningar och förvillande och falsk information. I en del fall eller miljöer ger satelliterna inte tillräckligt bra precision.

Det tyska Fraunhoferinstitutet har studerat alternativen till satelliterna. Marcus Dansarie vid Forsvarshögskolan, FHS och Jonas Nygårds vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI har analyserat den militära nyttan för Sverige.

Drivkrafterna bakom alternativen är både civila och militära och de militära kraven är hårdast. Apple erbjuder en tjänst för att man ska hitta på en flygplats eller ett varuhus. Mobilen positionerar sig med hjälp av tillgängliga wifi-nät, eventuellt kompletterat med extra sändare. Steget därifrån är långt till att få en strategisk robot att träffa rätt mål eller att navigera en ubåt. Militärt används ofta olika metoder och källor. En kryssningsrobot har tröghetsnavigering, läser av terrängkartor och jämför bilden av målet med bilder i ett bibliotek.

De vanligaste metoderna är:

- Tröghetsnavigering. Accelerometrar och gyroskop mäter plattformens rörelser. I det korta tidsperspektivet är precisionen bättre än GNSS, men avdriften gör att felet växer. Andra källor kan användas för att rätta tröghetsnavigeringssystemet.
- Radiovågor har använts sedan andra världskriget.

Signaler från flera källor avlyssnas och positionen kan fastställas. Före satellitnavigeringen användes system som Loran och Decca över världen.

- Röntgenstrålning och pulsar kan bara användas i rymden. Den internationella rymdstationen använde metoden 2017 och Kina satsar stort på detta.
- Magnetism och gravitation är intressanta för framtiden men tekniken är inte tillräckligt mogen för att mäta sig med satellitnavigation.
- Signaler från radio, tv, mobiler, wifi är radiovågor. Om man känner källornas positioner kan deras utsändningar också användas för navigation.

FHS-experterna menar att utvecklingen sker stegvis och de underliggande teknikerna kända. Några genombrott är det inte frågan om. Fördelarna är att alternativen kan vara mindre och billigare och kan passa för mindre enheter och enskilda soldater. Den militära användningen gäller främst ubåtar, strategiska och taktiska robotar, flygkontroll och en hjälp när GNSS blir utstörd. Den militära nyttan för Sverige var svårbedömd i de scenarier som studerades i analysen. Mycket påverkas, men synen på den militära betydelsen i de studerade scenarierna var delad mellan signifikant och moderat.

Fraunhofer bedömer att teknologier som mikroelektriska mekaniska system, mems, sensorer, datakraft och halvledarkomponenter spelar en stor roll i utvecklingen. Ett lovande spår är teknologier baserade på fenomen på kvant- och atomnivå som mäter atomers vägrörelser och som skulle kunna göras så små att de får plats på ett chip. □

NY TYP AV HÅRDVARA SKRÄDDARSYDD FÖR AI

Ny hårdvara kan ge bättre ai-maskiner som blir mindre och effektivare. Än är priset avskräckande, men den civila utvecklingen kan ändra på detta.

Hårdvaran i en dator är generellt konstruerad för att kunna klara av en mängd olika uppgifter. För specifika ändamål, som att rita upp 3d-miljöer, kan man istället för att nyttja den centrala processorn använda specialiserad hårdvara och på så sätt uppnå ett effektivare resursutnyttjande. Med tiden har det visat sig att de grafiska processorerna (GPU:erna), som är specialiserade på vektoriserade beräkningar, lämpat sig väl även för AI-tillämpningar.

Hårdvaran har specialiserats än mer mot AI. Forskningen handlar inte bara om kraftfullare enheter utan även hur befintliga lösningar kan anpassas till inbyggda system. Detta har lett till snabbare och energisnålare enheter vilket ökar möjligheterna för militära tillämpningar.

En ny inriktning är att maskinen ska lära av hjärnan och inte aktivera mer än vad som behövs. Vägen dit är lång, och det kanske kostar mer än det smakar. Men om bilindustrin går i spetsen kan det driva på utvecklingen och minska kostnaden.

Johan Granholm som är lärare vid Försvarshögskolan, FHS och Edward Tjörnhammar, vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI har analyserat en rapport om AI-hårdvara från det tyska institutet Fraunhofer. Edward Tjörnhammar säger att forskning inom AI-hårdvara är en del av den klassiska dataarkitekturforskningen.

Fokus för hårdvaruforskningen är stöd för

- djupinlärning.
- neuromorfisk databehandling.
- kvantdatorer.

Djupinlärning handlar enligt Edward Tjörnhammar om att man har så mycket bra data att man slipper traggla med tabeller och kolumner.

Neuromorfisk databehandling innebär att hårdvaran ska aktivera så få beräkningsdelar i nätverket som möjligt. Hårdvaran blir lättare, mindre och energieffektivare. Datorn ska arbeta mer som en hjärna. Människan tänker i steg.

- observera omgivningen.
- förstå vad som sker.
- beslut om handling.

För att göra det aktiverar hjärnan inte mer än vad som behövs. Det är osäkert om det går att få en maskin att tänka som en människa – särskilt när steget ska tas från att lösa speciella uppgifter till mer allmänna.

Databehandling kan ske på två olika sätt, men militärt är gränserna flytande. Det finns en central databehandling i molnet, cloud computing och en lokal databehandling, edge computing. Johan Granholm säger att edge computing har vissa fördelar. Man sparar på vikt och energi, håller data för sig själv och röjer sig inte med att sända data.

Bakgrunden är föreställningen om ett militärt sakernas internet, internet of battle things där cloud computing och edge computing blandas i dimhöljda övergångar från moln till små enskilda enheter.

Det finns många militära användningar om AI får en egen hårdvara. Några exempel är:

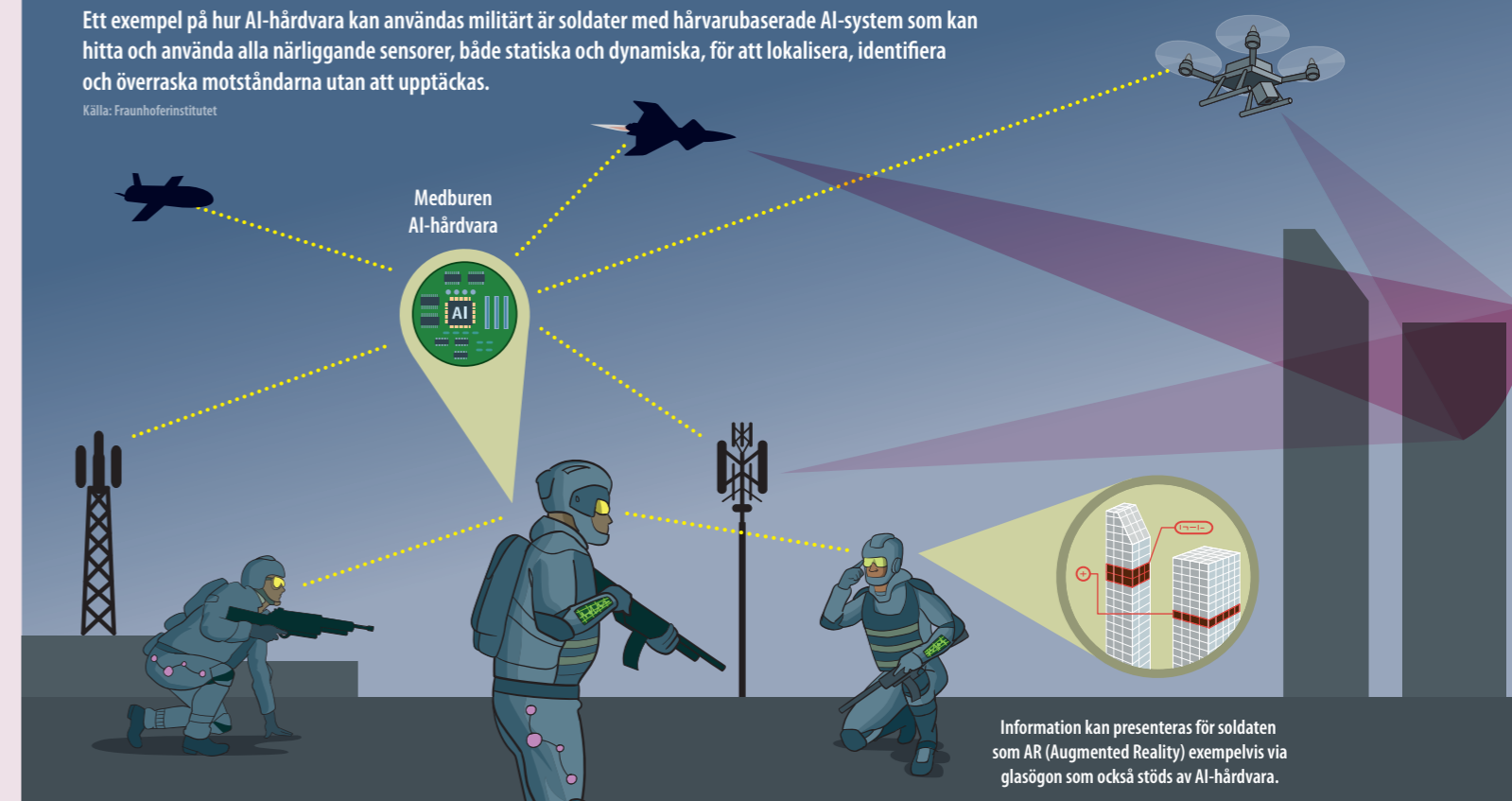
- Central analys av stora datamängder.
- Lokal databehandling, till exempel i satelliter.
- De militära sakernas internet. Sensordata grovsorteras och analyseras innan det skickas vidare.
- Satellitfri navigation för obemannade farkoster.
- Ledningstekniskt beslutstöd och simulering.
- Förstärkt verklighet.
- Hälsoövervakning av soldater.

Ny hårdvara kommer troligtvis leda till bättre AI-förmågor vilka är mer allmänt förekommande i fler system.

AI-hårdvara

Ett exempel på hur AI-hårdvara kan användas militärt är soldater med hårdvarubaserade AI-system som kan hitta och använda alla närliggande sensorer, både statiska och dynamiska, för att lokalisera, identifiera och överraska motståndarna utan att upptäckas.

Källa: Fraunhoferinstitutet



I två scenarier har den militära nyttan analyserats. En obemannad ubåt och infanterister som ska fånga sabotörer.

Johan Granholm säger att en obemannad ubåt ska analysera vad den ser och bara rapportera i en kort puls om något är viktigt. Ubåten gör samma sak som besättningen på en vanlig ubåt. Risker vägs mot hur viktig informationen är. Ubåten sparar på energi och ska kunna vara ute länge. Den har ett förutbestämt sökmönster som den kan ändra om den hittar något nytt. I en vanlig ubåt är det en uppgift för kanske tre personer. De ska fatta det svåra beslutet att gå utanför uppdraget. En obemannad ubåt ska vara lika bra som en bemannad om den ska klara långa uppdrag. Johan Granholm påpekar att principen inte är ny. Marinen har i ett halvt sekel haft trådstyrda torpeder och torpeden vet vad den ska göra om tråden går av.

Edward Tjörnhammar pekar på några problem. AI-modellkvaliteten hänger på att denna tränas på mycket data och det finns en risk att man tränas på fel saker när så inte är fallet. Det är också svårt att få systemet att uppdatera modellen genom att lära sig av misstag under uppdraget. Ovanliga situationer för modellen som den inte tränats för kan få den att sticka iväg och bete sig oberäkneligt. En förvirrad människa kan

ett steg tillbaka och fundera, ett AI-system behöver liknande kontrollfunktioner vid integration. Det är ett olöst problem att lära modellen att upptäcka om den blir vilseledd i sig själv.

Det andra scenariot handlar också om att inte bli röjd. Soldaterna plockar data från sensorer och systemet gör analysen och presenterar läget med förstärkt verklighet. Det är ett annorlunda sätt att tänka jämfört med förr då man hade en utpekad sensor. Det går att göra sensorfusion på en lägre nivå än förr och man kan gömma sig i det civila eterbruset.

Den militära nyttan med den nya tekniken bedöms vara osäker. Den är dyr både i inköp och drift. Teknikjättar som Google och Amazon driver utvecklingen som är viktig för försvaret att bevaka. En civil utveckling kan ändra priset.

Edward Tjörnhammar säger att det främst är i USA forskningen inom AI-hårdvara sker och att den svenska ligger i lä. Det finns ett försvagt intresse för arkitekturfrågor inom akademien och denna behöver en starkare finansiering för att kunna konkurrera internationellt. □

SERGEANT SIRI STABENS SPINDEL

Sergeant siri är en mjukvara, en human agent. Siri har en social sida. Hon vet när chefen är stressad, då tar hon ett steg tillbaka. En human agent är dock bäst på det tekniska och kan vara en självkörande bil.

staben sitter sergeant Siri som en spindel. Hon har koll på läget, hjälper till att fatta beslut, sammanfattar förluster efter striden, tar ett steg tillbaka när kamraterna är stressade och inte har tid. Siri är uppskattad och bättre än en människa. För Siri är en så kallad human agent. Sergeant Siri är en mjukvara och finns redan.

En human agent kan likna en människa eller vara en maskin som en självkörande bil eller en rotetvåa eller som sergeant Siri en mjukvara.

Det tyska institutet Fraunhofer har i en rapport analyserat området human agent. Eva Lagg vid Försvarshögskolan, FHS och Rogier Woltjer vid Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI har studerat rapporten ur perspektivet militär nytta för svenska försvaret. Slutsatsen är att området, om alla förväntningar slår in, kan ha signifikant betydelse.

Vad menar man med human agent? En teknologi, ett koncept, en metafor eller en vision? I FHS-rapporten är svaret att det inte är en teknologi i sig utan snarare en teknologikedja.

Agenten ska:

- klara invecklade uppgifter och till viss del kunna fatta egna beslut.
- bidra med unik kompetens och ge något som människan inte kan.
- kunna anpassa sitt beteende till laget. När får den störa? Vilket humör är människan på?

Agenten ska vara begriplig och kunna förstå uppmaningar. Detta ligger nära området förklarbar artificiell intelligens som beskrivs i en annan FHS-rapport på sidan 71–73. Då blir det en fråga om tillit och problemet med den svarta lådan. Man vet att det fungerar men inte varför. Tillit för en teknisk agent, som en maskin, kan handla

om hur pålitlig den är. Hur ofta går den sönder?

Agentens uppgifter är att avlasta människan från tråkiga och farliga uppgifter. Bäst är den på det tekniska området. Försök i USA har visat att i en simulering kan den flygande agenten slå en pilot i en luftstrid. En viktig etisk aspekt är hur fria tyglar agenten ska få. Kan den få fatta beslut som gäller liv eller död?

Agenten har två sidor – den hårda tekniska och den mjuka sociala. Fraunhofer tror att human agent kan bli verklighet runt 2040. FHS menar att det dröjer längre särskilt vad gäller beslutsfattande. Forskningen har inte kommit så långt och vi vet ju inte hur vi själva fattar beslut. För att området ska lyfta krävs ett genombrott på forskningsfronten. Först då vågar företagen satsa. Nu är de ekonomiska och finansiella riskerna för stora. Därför menar FHS, är det viktigt för försvaret att följa forskningen.

Exempel på militär användning är beslutstöd, logistik, luftförsvaret, medicinska diagnoser och övning av soldater.

I koncept och scenarier har FHS testat agentens förmåga. Ett scenario är stabsarbete där agenten gör skadebedömning efter strid och i ett annat är det en drönare som leder en drönarsvärm på ett spaningsuppdrag. Om ledardrönaren slås ut tar en annan över.

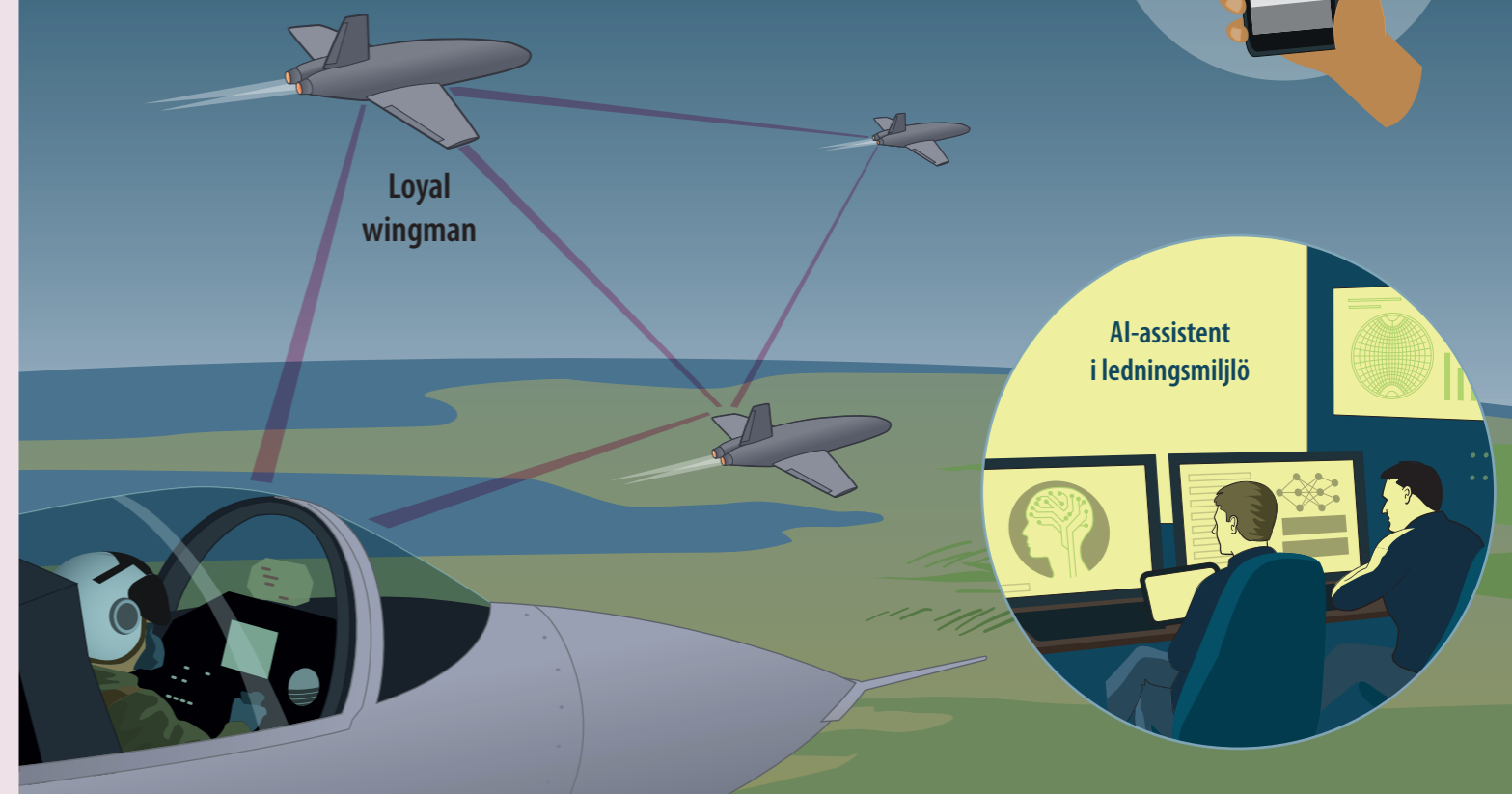
FHS ser i scenarierna många möjligheter som en bättre kontroll på läget men också begränsningar som att tekniken är känslig och kan störas av cyberattacker. Sammanfattningsvis så är tekniken dyr, men man kan spara liv, minska materielkostnader och förbättra träning och utbildning.

Forskning i Sverige bedrivs vid universitet och högskolor och vid institut som FOI. □

Human-Agent Teaming

Human-Agent Teaming kan bedrivas på flera olika nivåer. Från en AI-assistent i din telefon via obemannade jaktgruppsmedlemmar (Loyal wingman). Även expertsystem i ledningsmiljöer är ett exempel på "Human-Agent Teaming".

Källa: Fraunhoferinstitutet



»Agenten har två sidor – den hårda tekniska och den mjuka sociala. Det tyska institutet Fraunhofer tror att human agent kan bli verklighet runt 2040. FHS menar att det dröjer längre särskilt vad gäller beslutsfattande.«

Hydroorganogeler

Geler är tredimensionella nätverk bestående av flexibla, porösa polymerer där porerna är fyllda med ett lösningsmedel som kan utgöras av vatten, saltlösningar, organiska lösningsmedel eller till och med luft.

I hydrogeler är svällningsmedlet vatten. Ett känt exempel är kontaktlinser.



I organogeler är svällningsmedlet istället ett organiskt ämne och vardagliga användningsområden är kosmetika och andra produkter för personlig vård.



Hydroorganogeler kan sägas vara en hybrid mellan hydrogeler och organogeler och framställs för att förbättra prestandan för hydrogelen för specifika tillämpningar. Organiska lösningsmedel minskar gelens svällningsgrad och fryspunkt. De ger också en ökad interaktion mellan gelens polymerkedjor och förändrar därmed dess mekaniska egenskaper.

Tillämpningsområden – hydroorganogeler

Kontinuerlig mätning av position och hälsostatus, t.ex. hos soldater

Batterifria, kroppsburna sensorer, inklusive smarta textilier

Röstavläsning

Andra hälsorelaterade tillämpningar såväl inom preventiv- som akut sjukvård

Ytbeläggningar, t.ex. på plattformar eller textilier

Adaptivt kamouflage

Flexibla batterier

Sensorer och system försörjda av självgenererande energi

Sensortyper

Biosensorer

Gassensorer

Sensorer för människors hälsa

Fuktsensorer

Sensorer för realtidsmonitorering

Kolorimetriska sensorer

Tryck- och töjningssensorer

Eftersträvd sensorprestanda

God vidhäftningsförmåga

Snabb responstid

Goda antibakteriella egenskaper

Hög bekvämlighet

Hög elektrisk ledningsförmåga

Lång livslängd

God långsiktig stabilitet i torra miljöer

Hög temperaturlöslighet

Stort dynamiskt omfång

Materialegenskaper

Biokompatibilitet

Töjbarhet/elasticitet

Långsiktig stabilitet

Vidhäftningsförmåga

Elektrisk ledningsförmåga

Kyrtåligt

Värmetåligt

Självläkningsförmåga

Syntes/tillverkning

Blötläggning

Blandning

Gelering

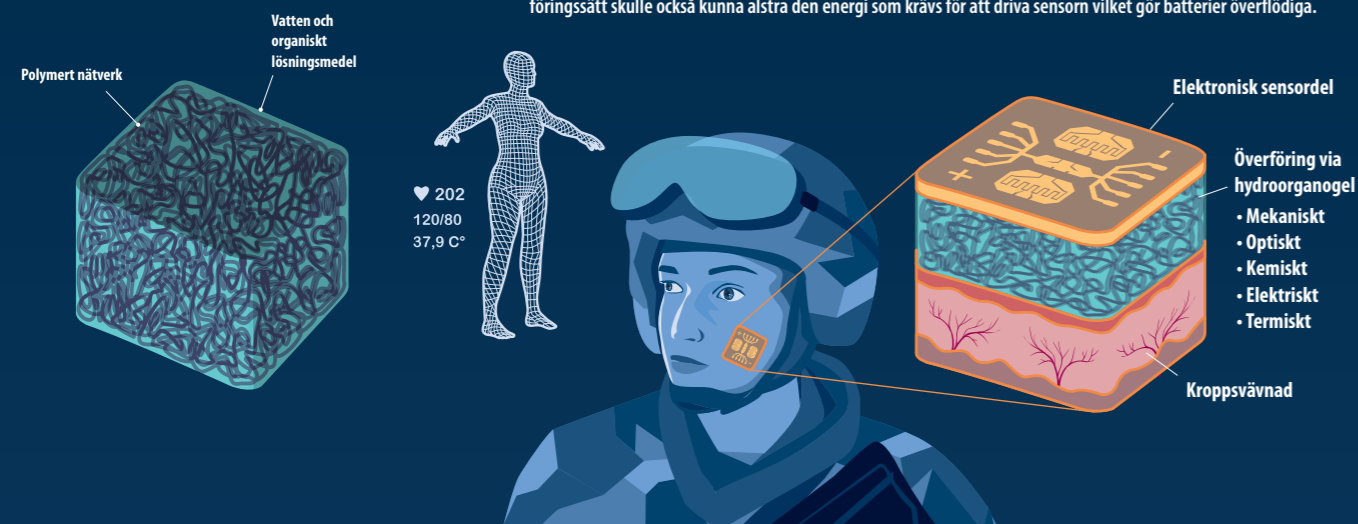
Polymerisering

Dopning

Tillverkning hydroorganogel

Framställning av hydroorganogeler kan ske på en rad olika sätt. Ett sätt är att ta en rent vattenbaserad hydrogel och lägga den i en blandning av vatten och ett organiskt lösningsmedel, varvid en del av vattnet i hydrogelen byts ut mot det organiska lösningsmedlet via diffusion.

Källa: FOI



Exempel – trådlös kroppsburen sensor

Ett exempel på en specifik framtida försvarstillämpning är smarta kroppsburna sensorer. Här kan hydroorganogelen fungera som informationsbärare mellan kroppsvävnad och elektronik. Hydroorganogelen tillåter att information överförs på flera olika sätt, såväl termiskt, elektriskt och kemiskt som optiskt och mekaniskt. Något av dessa överföringssätt skulle också kunna alstra den energi som krävs för att driva sensorn vilket gör batterier överflödiga.

NY TYP AV GEL KAN GE BÄTTRE SENSORER

Det finns många sorters geler; svartvinbärsgelé är en och kontaktlinser en annan. Nya typer av geler kan få en rad olika tillämpningar. Särskilt lämpliga är geler för sensorer, men de skulle också kunna användas exempelvis i batterier och för kamouflage.

En gel består av ett tredimensionellt nätverk som bildar porer som är fyllda med en vätska eller gas. Kännetecknande för geler är att fyllningsmedlet (vätska/gas) upptar över 90 procent av materialet. Geler kan ges egenskaper som exempelvis: biokompatibilitet, god vidhäftningsförmåga, goda antibakteriella egenskaper, hög temperaturlöslighet eller självläkning. De är dessutom bekväma att bära vilket gör att de kan fästas direkt på kroppen och utnyttjas som sensorer (kroppsnära sensorer).

Geler har därför blivit ett växande forskningsområde. Forskningen är främst civil där USA var först ute och tros vara i ledningen. Kina har en betydande gelforskning med främst kvantitet men även en ökande kvalitet. Den civila forskningen har under senare år lett till nya möjligheter för försvaret och speciellt inom området personburna sensorer.

Olika typer av geler har olika egenskaper. I hydrogeler, som är vanligast, är fyllningsmedlet vatten medan organogeler har ett organiskt lösningsmedel som fyllningsmedel. Organohydrogeler, kan sägas vara en hybrid av hydrogeler och organogeler. I organohydrogeler är fyllningsmedlet en blandning av vatten och ett organiskt lösningsmedel. Detta ger möjligheter att kombinera de bästa egenskaperna från de båda gelerna samt att modifiera egenskaperna i realtid.

Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, har skannat litteraturen för forskningsområdet och föreslår några användningar.

Töjningsegenskapen och vidhäftningsförmågan har gjort dem utmärkta som tryck- och töjningssensorer. Töjningssensorer kan användas för rörelseövervakning där den mekaniska deformationen höjer resistansen i

materialet och därmed kan töjningen detekteras elektriskt. Töjningssensorer utvärderas även för icke-verbal kommunikation och för taligenkänning i bullriga miljöer.

Gelforskningen har också revolutionerat batterifria sensorer. Den geometriska förändringen ger upphov till en mekanoelektrisk effekt som medför att sensorn genererar sin egen energi för detektering och även vidare kommunikation (trådlöst). Ett färdigt koncept för fältmässig hälsoövervakning har demonstrerats. En gel, liten som ett riskorn, kan placeras under huden och mäter syre och glukos i vävnad. Genom att lysa på gelen med speciellt ljus får man den att ge utslag.

Dessa sensorer kan användas för att följa en soldats hälsotillstånd i realtid och även hotkemikalier i omgivningen kan indikeras. Även batterifria fotodetektorer har demonstrerats där applikationer finns inom robotkottdetektion (självaktiverande, UV-detektion, för missilvarning), mörkerseende, optisk kommunikation och övervakning. Snabbheten i dessa sensorer gör att de är intressanta för tidskritiska applikationer. Det som kan göras på land kan också göras i vatten; förutom tryck- och rörelsesensorer har en ny typ av gelsonar visats som är svårupptäckt, kan arbeta i ett brett vinkelområde och har hög känslighet. Ett annat område där geler kan få betydelse är inom signaturreduktion där geler kan styras att ändra form och färg och hindra bevakning på fartyg.

Geler förväntas därför finna många försvarsapplikationer där exempelvis batterifria sensorer kan ge nya möjligheter och öka uthålligheten i olika system men också användas för en soldats hälsoövervakning. □



**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: ÅTTA45

ÖVRIGT FOTO: Getty Images

FMV dokumentbeteckning: 22FMV1402-28 ISBN: 978-91-87723-25-4