



BEVINGAT

Nr 6/2021

FLYG- OCH RYMDTEKNISKA FÖRENINGEN

Redaktör: Ulf Olsson (ulf.olsson.thn@gmail.com)



På väg mot rymdkrig?

Sid 9



Gruvor i rymden
En framtida konflikt?

Sid 11



Slagfältet rymden
Sid 15



Upprustning i rymden
Sid 18



Krigföring i rymden
Sid 21

Jetmotorer med växlade fläktar Claes Eriksson

Sid 2



Rapport från Rymdforum 2021

Ariel Borenstein
Sid 6

Bland nyheterna

Rymdbolaget rensar rymden ..30
Jordens biomassa bedömd.....31
Tempest på gång32
Lundaforskare mäter utsläpp...33
Europa värms upp snabbast.....34
Svenska Heart får struktur.....35
Rymdbolagets Ka-band.....36
RUAG i Galileo.....37
AAC Clyde xSPANSION.....38
Gripen E serielevereras39
Luleås störningsfria laddning...40
Luleås gruvdrönare.....41
Eddy de Lamotte får pris.....42
Ericssons laserenergi43



Rymdflygplanens
historia sid 23



Byggda för fart
Sid 26

Vill du se tidigare nummer
av Bevingat, veta mer om
Flygtekniska Föreningen
eller bli medlem?

Gå då till: <http://ftfsweden.se>



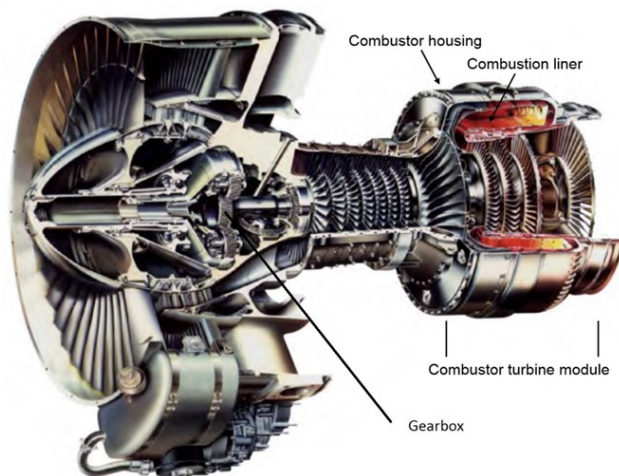
Sid 44

Candy och Svartskägget

Jetmotorer med växlade fläktar

Av Claes Eriksson

Det har under lång tid funnits jetmotorer där man växlat ned varvtalet på fläktaxeln för att få lägre fläktvarvtal och större fläkt samt behållit en mindre lågtrycksturbin, som gått med högre varvtal med färre steg med mindre radie och då blivit lättare och billigare. Detta har numera blivit en vanlig lösning på nya jetmotorer då man vill gå upp i bypassförhållande med stora fläktar, som ger en bättre framdrivningsverkningsgrad och mindre buller.



Alla stora kolvmotorer hade reduktionsväxlar till sin propeller, likaså har alla turbopropmotorer en "power gearbox" där propelleraxelns varvtal växlas ned för att driva en "constant speed prop" vars anfallsvinkel kan kontinuerligt styras från flöjning till maximal dragkraft. Detta genom en egen reglerenhet "propeller electronic controller" som är kopplad till bl.a. hydraulpump "feather pump" med styrning av propellerbladen genom en "pitch control unit" ihop med en "overspeed governor", propeller avisning via "brush blocks", "beta tube" för att mäta luftens anfallsvinkel till bladen. På de senaste motorerna tex TP400M är propellerstyrboxarna integrerade i motorns styrenhet "FADEC" eller "ECU".

En av de tidigaste växlade jetmotorerna var Lycoming ALF502 för BAe146, som byggde på Lycoming T55 grundmotorn. Det är en helikoptermotor utvecklad från T53-motorn känd som motorn i UH-1 Vietnam helikoptern "Huey".

T-53 var konstruerad av Lycoming Turbine Engine Division i Stratford, Connecticut av ett team lett av Anselm Franz, som var chief designer av Junkers Jumo 004 motorn i Tyskland. Han valde att ha tyskar från Junkers på Lycoming bl a som planeringschef och produktionschef. Från en ingenjör på GE hörde jag att de tre satte sig vid pianot på Lycoming's julfester och sjöng tyska sånger från kriget.

Om T-53 var en lyckad konstruktion för sin tid kan inte samma sägas om ALF502. Prototypen YF102 utvecklades av Stratford Army Engine Plant i Connecticut genom att addera ett fläktsteg till Lycoming T55 motorn. Sex motorer byggdes för Northrop YA-9 Prototype Ground-Attack Aircraft. Dessa motorer återanvändes sedan för C-8A Quiet Short-Haul Research Aircraft (QSRA).

ALF 502 certifierades 1980 och valdes till British Aerospace 146 och Bombardier Challenger 600. Den strypta FADEC-försedda LF 507 användes på Avro RJ uppdateringen av BAe 146.

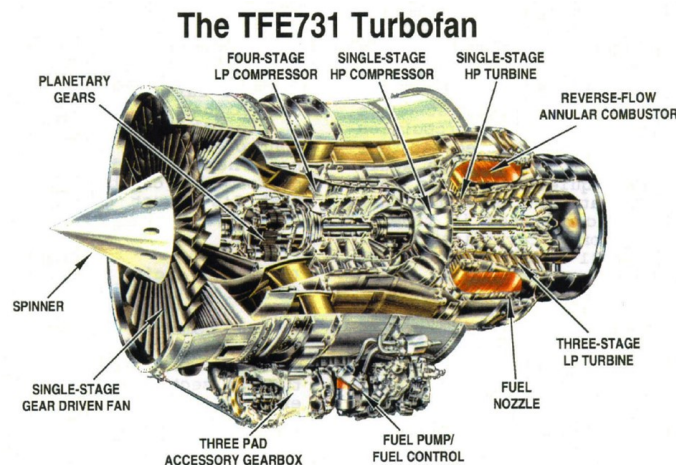
ALF502 hade massiva problem med främst oljesystemet och Malmö Aviation hade en liten motorverkstad för LF507 i Skåne för sina fyrmotoriga Avro RJ-plan.

En annan mera lyckad konstruktion kom från AI-Reaserch Garrett TFE731 utvecklad från DC-10'ans APU. Även denna hade barnsjukdomar. Det är inte lätt att ersätta en APU eller turbo-prop power gearbox med en fläkt.

Främst är det fläktinstallationen med dess axiala dragkraft som måste balanseras med trycksatt kammare bak vid lågtrycksturbinen för att alltid hålla lager No. 1 "Thrust Bearing" axialkrafterna inom lagrets tillåtna gränser. Även de som konverterar bildieselmotorer till flygmotorer har detta problem med propellerlagret förutom problem med reduktionsväxel och hög kontinuerligt uttagen effekt, som belastar topplock och turbo.

Garrett Supply och Airsupply drevs av Cliff Garrett och skapade 1939 ett litet forskningslaboratorium för att bedriva "air research" i utvecklingen av trycksatt flyg för passagerarflygplan. AI Researchs första "lab" var en liten butiksbyggnad på Melrose Avenue i Los Angeles.

Att behöva skala ner sin personalstyrka till bara 600 anställda i slutet av WWII stimulerade Garrett att leta efter nya inkomstkällor. Han hittade dem i de små turbinerna som patentingenjören Walter Ramsaur hade fulländat sedan 1943. För att jetpiloter skulle kunna uthärda värmen, som genererades av luftfriktionen av flygning i överljudsart, måste man hitta ett sätt att kyla cockpit. Ramsaurs kylturbin gav svaret. Genom att använda motorns "service bleed air" luftavtappning som är varm och trycksatt genom en kylturbin sänker man både temperatur och tryck för att sedan mata in den kylda luften i cockpiten.



Växlade fläktar

När upprustningen kom igång började Garrett att producera totalt 700 tillbehörsprodukter. Med marinens beställning av en motor self-starter hade Garrett Corp. 1951 en \$120 miljoner orderbok, nog för att hålla 5500 arbetare på tre skift upptagna under åtminstone de nästa tre åren.

Detta blev starten för Garretts många olika produkter, som kombinerade radialkompressorer/turbiner, planetväxlar och aluminiumgjutgods till Air Turbine Starters, Air Cycle Machines (tryckluftsdreven luftkonditionering med kompressor, fuktavtappning, kylare och kylturbin som även driver kompressorsteget för att öka på kylningens effektivitet och ha nytta av axeleffekten som uppstår i kylturbinen) och APU's. Så man kan se på motorn ovan att de kombinerat alla dessa teknologier i den växlade jetmotorn.

Denna motor finns på ett antal mindre flygplan. Sedan motorn introducerades 1972 har över 11 000 motorer byggts och flugit över 100 miljoner flygtimmar.

Den första produktionsmodellen, TFE731-2, började rulla av monteringslinjen i augusti 1972 och användes på Learjet 35/36 och Dassault Falcon 10, som båda gick i produktion 1973.

TFE731-5-modellen certifierades 1982, och ett decennium senare byggdes en motor, som använde TFE731-5 kärnmotor och en TFE731-3-fläkt och kallades TFE731-4, avsedd att driva Cessna Citation VII-flygplanet.

Den senaste versionen är TFE731-50, baserad på -60 som används på Falcon 900DX.

Lista över användningar nedan:

BAe 125/Hawker 800

Cessna Citation III/VI/VII

Dassault Falcon 10

Dassault Falcon 20 (retrofit)

Dassault Falcon 50

Dassault Falcon 900

Gulfstream G100 (ex IAI Astra)

IAI Westwind

Learjet 31

Learjet 35

Learjet 40

Learjet 45

Learjet 55

Learjet 70

Lockheed JetStar/Jetstar II

North American Sabreliner 65

Experimental Yak-40MS upgrade

Pratt&Whitney har studerat växlade fläktar under lång tid och satte A320neo motorn PW1100G i produktion och även dess mindre kusin PW1500G för Airbus A220 och PW1900G för



Embraer ERJ E2 serien.

P&W försökte först bygga en växlad turbofläkt omkring 1998 med PW8000, som var inriktad på intervallet 25 000–35 000 lbf (110–160 kN). Detta var en uppgradering av den befintliga PW6000 som endast satt i Airbus A318 och man ersatte fläktsektionen med en växellåda och en ny enstegsfläkt och siktade på 8-10% lägre driftskostnader, motsvarande \$ 600,000 per flygplan årligen.

Det första testet av en Pratt & Whitney växlad turbofläkt utfördes i november 2007 i West Palm Beach, Florida. I juli 2008 döptes GTF om till PW1000G, den första i en ny rad "PurePower"-motorer. Pratt & Whitney hävdar att PW1000G är 16% mer bränslesnål än nuvarande motorer som används på regionala jetplan och trafikflygplan, samt att den är upp till 75% tystare. Som de andra växlade fläktarna hade emellertid PW1100G sina barnsjukdomar, dock inte i själva planetväxeln.

Både CFMI och P&W har genom IAE lovat Airbus att ta fram versioner av sina motorer med 35 000 lbf dragkraft medan de nu endast har certifierat 33 000 lbf versioner av LEAP och PW1133G.

Ivriga att skydda sin växande närvaro på trafikflygplan som A320neo studerar Pratt uppgraderingar för PW1100G-versionen, som kommer att ge möjlighet till ytterligare dragkraft för tyngre viktapplikationer som Airbus A321XLR, samtidigt som tiden på vingen bibehålls. Fokus ligger på att leverera ytterligare kraft och tillförlitlighet för samma reducerade bränsleförbrukning som baslinjemotorn.

Växlade fläktar

Den första leveransen var till Lufthansa istället för Qatar Airways på grund av rotorböjning, eller termisk böjning, detta på grund av stigande värme i lågtrycksturbinen efter motoravstängning efter föregående flygning. Temperaturskillnader på överdel och underdel av turbinhusen gjorde att lagerlägena kom ur position och att motorn lätt ovaliserades, detta leder till att rotorn relativt till husen verkar böjd ”rotor bow”. Förskjutning av lagerläge orsakar en liten obalans och potentiellt minskas det snäva avståndet mellan främst högtryckskompressorns bladspetsar och kompressorhusets plasmanötskikt, ofta en Metco variant. Alla produktionsstandardmotorer har nu ett modifierat axelparti mellan tredje och fjärde axellagret för att hjälpa till att styva upp axeln. Detta gjorde att man inte behövde jämna ut temperaturerna och kyla husen genom att rotera motorn mha startmotorn en längre tid innan man slog på bränsle och tändning, vilket var en initial lösning mot ”rotor bow”.

Då de indiska bolagen IndiGo och Go Air arbetar i en fuktig, varm, förorenad och salt miljö byttes 42 PW1100G motorer i förtid på dessa företags flygplan. Obligatoriska kontroller och möjliga reparationer skulle ske efter endast tre flygtimmar i stället för tio, för att upptäcka om metallpartiklar kunde komma in i oljesystemet, vilket utlöste detektorer. Pratt & Whitney upptäckte dessa problem 2015 och reviderade designen 2016 efter den 160:e motorn med förbättrade lagerutrymmen och dämpning för det tredje och fjärde lagret för att kompensera rotorböjningen. Att ha ”soft bearings” låter rotorn centrera sig själv längs sin huvudtröghetsaxel men det påverkar bladtoppspelen då rotorn kan lägga sig där den vill. Genom att öka hållbarheten av det tredje lagerhusets lufttätning certifierades den uppgraderade koltätningen.

Tretton motorbyten berodde på brännkammainspektioner, som avslöjade blockerade kylhål i brännkammarens flämrösvägg, tydligen på grund av saltare luft, och Pratt & Whitney utvecklade och testade en mer hållbar brännkammardesign för att ta itu med ett ljudresonansproblem. Spirit Airlines rapporterade att motorns bleedventiler frös ihop ibland på grund av kalla temperaturer på fyra av dess fem A320neos, ett problem som också upplevdes av IndiGo, vilket ledde Spirit till att införa ett höjdtak på 30 000 fot (9 100 m) för sina flygplan.

År 2017 var IndiGo tvungen att ”grounda” 7st A320neo pga brist på reservmotorer, vilket förvärrades av en ny indisk skatt på varor och tjänster, som hindrade import av reservmotorer. Utan tillräckligt med reservmotorer var flygbolaget tvunget att ställa av så många som nio jetplan vissa dagar. IndiGo var tvungen att byta ut 69 motorer från mitten av 2016 till början av 2018.

Knife edge seal

I februari 2018, efter fel under flygning på PW1100G med modifierad knivseggstättning, gav EASA ut en AD för återmontering av den tidigare modellen av knivseggstättningen. Airbus stoppade nyproduktionen ett tag så att alla PW1100G motorleveranser kunde gå till kunder som reservmotorer.

För att lösa problemet kom en ny konfiguration. Under tiden påtvingade EASA och FAA att PW1100G A320neos ej fick ha samma bristfälliga knivseggskonfiguration på båda motorerna och förbjöd ETOPS, men den indiska DGCA gick längre och gav flygförbud på alla A320neo med en omodifierad PW1100G motor.

Motorvibrationer

I september 2018 upplevde A320neos PW1100Gs ökande motorvibrationer, ibland före 1 000 flygtimmar och mestadels vid hög effekt i stigningsfasen, vilket krävde motorbyte. Lufthansas A320neos fick flygförbud 254 dagar efter den första leveransen, 13 gånger sämre än för deras A320ceos

I oktober 2018 var cirka 10 P&W-drivna A320neos vanligtvis fast på backen för motorreparationer vid en viss tidpunkt.

Oxidation

Pratt & Whitney har sänkt livslängden på PW1500G (installerad på Airbus A220) och PW1900G (installerad på Embraer E190/E195-E20) fläktskiva efter att skador upptäcktes under rutinmässig motoröversyn. Dessa oxidationsskador minskar lågcykel utmattningskapaciteten och kan leda till sprickbildning innan komponenten når sin livslängd.

En ny Airbus A220-300 som flögs med AirBaltic omdirigerades till Bordeaux, Frankrike, efter att besättningen tvingats stänga av vänster motor på grund av ett problem. Flygplanet levererades till flygbolaget i december 2019.

PW1500G motorn sitter på Airbus A220. Den 13 oktober 2018 stängdes en schweizisk A220-motor av efter att en felaktig O-ringtätning på motorns oljekylare lett till en oljetrycksförlust.

Den 25 juli 2019 hade en Airbus A220-300 vid Swiss International Air Lines en motoravstängning (IFSD) och omdirigerades till Paris-Charles de Gaulle. Fläktsteget på dess PW1500G havererade, separerade och lämnade motorn medan planet steg genom 32 000 fot.



På PW1500G motorn så är fläktdisken och fläktbladen integrerade i en blisk ”Integrally bladed rotor”. Dessa saknar då dämpningen, som en bladad disk har i fläktbladsinfästningen där man ofta har flera lager av nötskydd som plasma ”CuInNi” och bakad torrfilm ”Molybden-disulfid”. Så en blisk är då mera känslig för vibrationer. I detta fall var det en High Cycle Fatigue ”HCF” driven spricktillväxt som startade i fläktbladets framkantsradie. En resonans mellan fläktvarvtal och steg 3 LPC bladen som går med olika varvtal pga den nedväxlade fläkten, även en akustisk ton genererad av 2.5 bleed ventilens kanal vid höga varvtal och speciella atmosfäriska förhållanden. En EEC mjukvaru-uppdatering, som ändrade LPC kompressorns variabla ledskene-schema ökade chansen för fläktbladsfladder.



Den 16 september 2019 inträffade en liknande olycka strax innan planet nådde 10 000 fot och besättningen återvände till Genève. Inspektionen visade att fläktrötorn hade separerat och att det fanns ett hål i fläkthuset. Den 26 september 2019 utfärdade FAA ett luftvärdighetsdirektiv, som föreskrev boroscope-inspektioner av motorerna.

Den 15 oktober 2019 gick en annan motor sönder och besättningen omdirigerades till Paris-Charles de Gaulle. Swiss parkerade sin flotta för inspektion, men återtog några flygplan till flygstatus samma dag efter motorkontroller

Efter dessa motorfel utfärdade Transport Canada ett "Emergency AD" som begränsade motoreffekten till 94% av N1 över 29 000 fot (8 800 m), vilket kopplade bort autothrottle för stigning över denna höjd innan den återtog i "cruise". För PW1500G är N1 lågtrycksspolens varvtal nominellt 10 600 varv/min. Med fläkten växlad med ett förhållande på 1:3.0625 är dess nominella varvtal 3461 varv/min. "Top of climb" är den mest krävande punkten aerodynamiskt för en turbofläkt, där kompressorn snurrar snabbast.

Motorerna som var inblandade i incidenterna i juli och september hade 154 respektive 230 cykler, medan oktoberhaveriet inträffade på en motor med 1 654 cykler sedan den var ny, men inom 300 cykler efter en elektronisk motorstyrningsuppdatering. Pratt & Whitney rekommenderar inspektioner av motorer med upp till 300 cykler efter uppdateringen.

En annan PW1500G drabbades av ett okontrollerat motorfel den 12 februari 2020 ombord på A220-300 som tillhör Air Baltic under flight BT-677 från Riga, Lettland till Malaga, Spanien.

Det kan tyckas vara mycket problem på en ny motortyp men historiskt är det ganska normalt och P&W har löst alla historiska problem och PW1100G motorn är idag mycket tillförlitlig på A320neo.

Även den konkurrerande motorn LEAP-1A på A320neo har haft problem bl a med de keramiska tätningssegmenten i HPT där keramiken lossnat, PW4000 hade tidigt liknande problem innan P&W löste det. LEAP-1A har inte lika många och inte lika offentliga problem. Den liknar mycket en nerskalad 787 Dreamliner GEnX motor och verkar ha tagit nytta av dess utveckling och drifterfarenheter.

Även nya produkter under utveckling hos GE/CFMI och Rolls Royce får växlade fläktar. RR har utvecklat en ersättare till sin

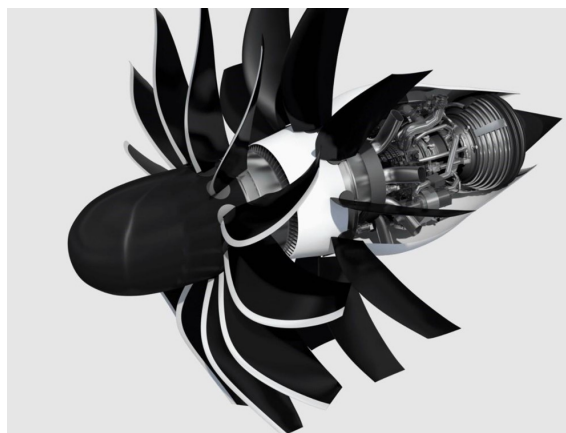
Trent familj, The Ultrafan. Den döps säkert så småningom om till en flod som alla andra civila RR jetmotorer. Man döpte den senaste till Pearl efter Pärlfloden i Kina som rinner ut i gamla Kronkolonin Hong Kong, den första RR jetmotorn som är döpt efter en utländsk flod. (Jmf. med Nene, Conway, Avon, Spey, Tay, Trent)

Den har fått "GE9X" teknologi och är unik för RR genom att dess IPC är kort och HPC lång och att dess tyskutvecklade planetväxel har ett högre utväxlingsförhållande jämfört med PW1100G, som driver solhjulet och tar ut fläktvarvtal på ringhjulet medan RR roterar planeten och tar ut fläktvarvtal på ringhjulet.

CFMI, det gemensamma företaget mellan General Electric och Safran, orsakade en mindre sensation tidigare i år genom att avslöja planer på att utveckla en öppen fläktdemonstratormotor. Känd som RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines) riktar sig programmet till en 20% minskning av bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp jämfört med nuvarande motorer och är helt klart avsedd som en efterföljare till den nuvarande Leap-1 turbofläkten i 20 000–35 000 lb. dragkraftsklassen. Demonstratorprogrammet räknar med att kulminera 2024-2025 med flygprov av en enstegs, växeldriven fläkt i kombination med aktiva statorer – en design som aldrig tidigare testats i full skala.

Denna motor har icke vridbara fläktblad men vridbara ledskenor, som då kan ta bort swirl från fläktströmmen och omvandla till axialhastighet liknande det som Fan Exit Guide Vanes gör på en vanlig jetmotor.

Utöver prov av en växeldriven rotor mer än 12 ft. i diameter kommer RISE också att innehålla en serie tekniker som alla stöder CFM: s långsiktiga hållbarhetsmål för att driva nästa generations trafikflygplan. Dessa inkluderar flera nya brännkammardesigner för att säkerställa framtida kompatibilitet med både hållbara flygbränslen (SAF) och flytande väte. Andra tekniker inkluderar också motorer och startgeneratorer för hybrid-elektrisk anpassning, en kompakt högtryckskärnmotor och ett termiskt återhämtningssystem för att förvärma förbränningsluft med spillvärme från avgaserna via en värmepump.



Rymdforum 2021

Av Ariel Borenstein

Det finns en förening som heter Rymdforum. Det är en stor förening och bland medlemmarna hittar vi Sveriges största rymdföretag – Swedish Space Corporation, GKN, RUAG och OHB – och några kommuner med stor rymdverksamhet – Kiruna och Trollhättan. Vartannat år ordnar föreningen en rymdkonferens. Jag deltog i oktober vid Rymdforum 2021 som hölls i Göteborg.

Representanter för svenska rymdföretag och svensk rymdforskning samlas för att lyssna på det senaste inom svensk och internationell rymdverksamhet. I år hade man en bredare ansats än vanligt. Det handlade bl. a. om rymdpolitik, satellit-tjänster, rymdförsvaret och nya företag.

Fyra välkomsthälsningar mötte oss måndag morgon 11 oktober: Axel Josefson är kommunstyrelsens ordförande i Göteborg. Stefan Bengtsson är rektor för Chalmers Tekniska Högskola. Sandi Habinc är VD för Cobham Gaisler (företaget som är huvudarrangör). Olle Norberg är ordförande för föreningen Rymdforum. Han är chef för Institutet för rymdfysik, men har tidigare varit både Generaldirektör för Rymdstyrelsen och Vice rektor för rymd på Luleå Tekniska Universitet.

Temat den första förmiddagen var rymdpolitik.

Matilda Ernkrans är minister för högre utbildning, forskning och även rymdverksamhet. Enligt korridorsnack på Rymdforum2021 är hon mycket engagerad i Sveriges rymdverksamhet. Men överhuvudtaget har de senaste regeringarna, både borgerliga och socialdemokratiska, ökat farten vad gäller svensk rymdverksamhet.

En utredning om den statliga rymdverksamheten blev klar 2015 och 2018 kom den socialdemokratiska regeringen med en programförklaring för statlig rymd.

Vi kunde också lyssna på Marie-Louise Hänel Sandström, riksdagsledamot för M och engagerad i rymdfrågor. Enligt henne ser alla partier rymdforskning som ett prioriterat område. Axel Josefson, ordförande för Göteborgs kommunstyrelse, gav oss information om Göteborgs-regionen. Bl.a. berättade han att Väst-Sverige sysselsätter fler än hälften av alla som jobbar i landets rymdindustri och företagen i regionen står för 2/3 av landets omsättning i rymdbranschen.

Rymdstyrelsens GD.

Anna Rathsmann är generaldirektör för Rymdstyrelsen. I sitt tal på Rymdforum tog hon upp många intressanta trender inom svensk rymdverksamhet. Rymdstyrelsen fick i december 2020 i uppdrag av regeringen att utreda hur en s.k. rymdlägesbild ska utformas. Med det menas att Sverige bör bevaka vad som sker i rymden vad gäller utrikespolitik, säkerhet och försvar. Sommaren 2021 redovisade Rymdstyrelsen sin utredning.

Det finns ett avtal mellan ESA och EU om hur Europas rymdverksamhet ska bedrivas. Avtalet heter Agenda 2025 och drar upp riktlinjerna för europeisk rymdverksamhet, i första hand för de fyra närmaste åren men också på längre sikt.

Utredningen om en ny rymdlag är i full gång, lagförslaget ska presenteras för rymdministern i november. Enligt Anna Rathsmann kan den nya lagen börja gälla från januari 2023. Den nuvarande rymdlagen är gammal och den nya lagen ska ta ställ-

ning till modern rymdverksamhet på 2000-talet.

Rymdstyrelsen fick höjda anslag i budgetpropositionen för 2020, med 150 miljoner mer varje år framöver. Under 2021 satsar regeringen också 60 miljoner för en fortsatt utveckling av forskningsinfrastrukturen vid Esrange.

Sveriges nya forskningssatellit, med utforskning av atmosfär och norrsken, heter MATS (Mesospheric Airglow/Aerosol Tomography and Spectroscopy). Planerad uppskjutning är i slutet på 2021.

Svenska rymdföretag, bl.a. OHB Sweden och Omnisys, har erhållit i uppdrag från ESA att bygga Arctic Weather Satellite. Den ska gå i polär bana och ge förbättrade väderprognoser.

Nästa år hålls ett möte för rymdministrar inom EU. Rymdstyrelsen efterlyser dialog med Sveriges rymdföretag inför det mötet.

För övrigt önskar sig Anna Rathsmann en mer fokuserad inställning till rymdverksamhet inom svensk politik. Nuvarande ministern Matilda Ernkrans har ansvarsområdena högre utbildning, forskning och rymden. Dags för en Rymdminister?

Mer rymdpolitik.

Inom ämnet rymdpolitik kunde vi också lyssna till Mattias Petschke från EU. Susanne Aalto, professor i radioastronomi vid Chalmers, berättade om rymdens roll för universitet, studenter och entreprenörer.

Josef Aschbacher är ny generaldirektör för ESA. Han talade till oss i ett inspelat inlägg och betonade att samarbete är viktigt, både inom ESA och internationellt.

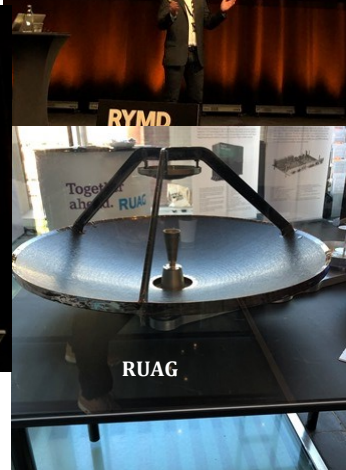
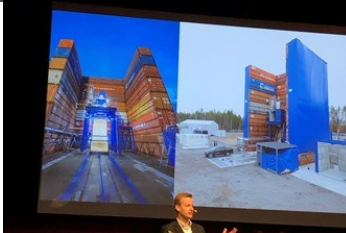
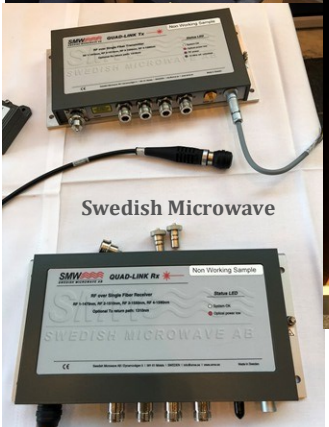
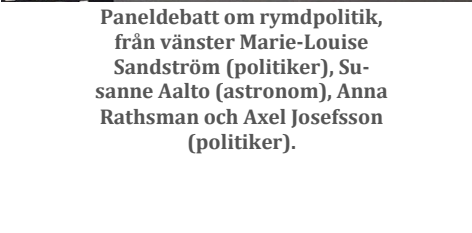
Fikapaus.

En av poängerna med sådana här konferenser är pauserna: då kan man dricka kaffe eller äta lunch, mingla med andra rymdmänniskor och besöka utställarnas monter. Vid årets Rymdforum fanns många utställare, allt från stora etablerade företag som Swedish Space Corporation, GKN, RUAG och OHB till start-ups som Porkchop.

Tjänster och teknik.

På eftermiddagen handlade det om tjänster som satelliterna erbjuder, samt om rymdteknik. Maxar Technologies bygger en 3D-modell av planetens hela yta! Kommunikation är ett av de stora användningsområdena för satelliter. Gustav Wikström från Ericsson gav oss en inblick i framtidens satellitnätverk, och Mats Andersson berättade om hur hans företag Forsway skapar kostnadseffektiv internet i länder där behovet är stort, men det inte finns så gott om kapital.

Kapital var för övrigt ämnet för två talare: Det handlade om rymdinkubatorn Innovatum Science Park i Trollhättan, men också om kapitalbehovet inom EU för rymdverksamhet.



Gaisler processorer på planeter

Rymdforum 2021

Tekniken då?

Måndagen på Rymdforum 2021 avslutades med ett föreläsning-block med rubriken Teknik. Jag hade tyvärr inte möjlighet att delta på just det, så jag kan bara låta er ta del av en lista över föredragshållarna och ämnet för deras presentationer:

Agnès Salvatori – Airbus Defense and Space: Vilken ny teknik möjliggör konkurrenskraftiga rymdsystem?

Pierre-Philippe Mathieu – ESA: Tillväxt av AI för jordobservation

David Moloney – Chief Scientist Ubotica Technologies: Push-to-launch: disrupting Earth Observation

Vincenzo Palermo – Chalmers: Graphene materials for aerospace applications

Jr-Tai Chen – CTO, SweGaN: Unik GaN-on-SiC halvledare för högeffektförstärkare.

Måndagen avslutades med besök på Universeum, med utställning om rymden och middag bredvid ett gigantiskt akvarium. Stora fiskar simmade lojt förbi, och hänsynsfullt nog innehöll middagen ingen fiskrätt.

New space, en flyggeneral och hållbar rymd.

Den trend inom rymdverksamhet som benämns New Space handlar om ny teknik och miniaturisering. Ny teknik har gjort det möjligt att bygga små kraftfulla satelliter och som en följd av det uppstod behov av små kraftfulla raketer!

New Space var temat på morgonen under konferensens andra dag. Tony Azzarelli från en brittisk intresseorganisation för den nya privata rymdverksamheten, Access Space Alliance, samt Roger Walker från ESA gav en bild av läget just nu och framöver.

Marknader som kommer att blomstra är cubesats och small sats i relativt låga banor, små satelliter i höga banor, och olika typer av satellittjänster, speciellt inom kommunikation. Flera stora satellitnätverk håller på att skapas för att ge bredband över hela planeten. Prognosinstitutet räknar med att om tio år kommer minst 40.000 satelliter att kretsa kring jorden.

Jörg Spurman från tyska företaget Rocket Factory Augsburg är en representant för New Space. Han berättade om företagets raketer och framhöll hur bra och kostnadseffektiva de var! Deras raket ska kunna lyfta en satellit på 1,3 ton i omloppsbana, vilket placerar den i ett mittensegment vad gäller lyftkapacitet, mellan alla nya raketer med lyftkapacitet mellan 50 och 1200 kg, och

t.ex. SpaceX med raketer som kan lyfta 10 ton. Rocket Factory Augsburg testar sina raketer på Esrange.

Efter grandiosa prognoser om alla dessa raketer och satelliter kom så Luc Piguet från Clear Space och pratade om rymdskrot! Satelliterna skjuts upp, utför sina uppdrag och sedan blir de rymdskrot. Clearspace bygger en satellit som ska fånga in döda satelliter med någon sorts gripklo. Den här bärnings-farkosten ska sändas upp 2025 för att testas.

Säkerhet och hållbarhet.

Efter New Space tog konferensen ett brett samhällsgrepp, med många presentationer om rymdens betydelse för nationell säkerhet, samt om hållbarhet. Några exempel: "Rymdens betydelse för svensk säkerhetspolitik" (Kristoffer Hallgren från FOI) och "Agenda 2030- rymdverksamhetens bidrag" (Tobias Edman från Rymdstyrelsen). Mest intryck gjorde dock Mats Helgesson – f d chef för Sveriges Flygvapen. Han bedömer att Sverige behöver göra stora förbättringar av sin militära rymdkapacitet.

Forskning om och utforskning av rymden.

Det sista blocket av föreläsningar på tisdag eftermiddag handlade om rymdforskning. Gabriella Stenberg Wieser är ju nationell kändis efter sin medverkan i Fråga Lund. Denna gång berättade hon att forskningen om Venus tagit fart, trots att planeten är höljd i dimma och det är väldigt hett på ytan.

IRF bidrar med instrument till Indiens farkost ISRO Venus Orbiter (Shukrayaan) som ska sändas iväg om några år. USA planerar att sända två farkoster till Venus, DaVinci och Veritas. Bl. a. ska man försöka sig på att landa en sond på ytan.

Andra forskare som föreläste var David Parker från ESA, som berättade om Europas planer på utforskning av solsystemet och Carina Persson som är professor på Chalmers och pratade om exoplaneter.

Meteorologen Adam Dybbroe från SMHI gav oss information om den nya vädersatelliten Arctic Weather Satellite. Den ska gå i polär bana och ge förbättrade väderprognoser. Svenska rymdföretag, bl.a. OHB Sweden och Omnisys, har erhållit i uppdrag från ESA att bygga Arctic Weather Satellite.

Avslutning.

Rymdforum 2021 avslutades med att Olle Norberg tackade alla som medverkat, och önskade oss välkomna till Rymdforum2023, var det än kommer att gå av stapeln.

Är vi på väg mot rymdkrig?

Samhället har blivit allt mer beroende av rymdtekniken. Tusentals satelliter skickas upp för framtidens internet. Geopositionerande satelliter används för allt från precisionsjordbruk till precisionsbombningar. På sikt kan månen och asteroiderna bli en råvarukälla för de sällsynta metaller som behövs för det fossilfria samhället. Men det finns inga avtal som reglerar vad nationer och enskilda får göra i rymden. Därmed ökar risken för militära konfrontationer. Rymden har fått ett strategiskt värde i sig själv. Det är hög sannolikhet att en framtida konflikt antingen börjar eller snabbt sträcker sig ut i rymden.

[Aerospace America](#)

FOI Omvärldsanalys rymd 2020: [foi.se](#)

Hela rymdområdet växer i omfattning för varje år som går. Statliga och privata investeringar ökar, tjänstesektorn blir större, fler företag startar upp verksamhet inom rymdområdet, antalet rymdnationer ökar och gränserna för vad som är tekniskt möjligt förflyttas längre ut i rymden och i solsystemet. Efterhand som rymddomänen växer, ökar beroendet av rymden både civilt och militärt. Rymdverksamhet blir därför ett allt viktigare instrument för samhällsutveckling, ekonomi samt för försvars- och säkerhetspolitik.

Teknikutvecklingen inom rymdområdet går snabbt och visar inga tecken på att mattas av. Det sker stora framsteg på flera områden och ytterligare innovationer kan förväntas förändra området inom de närmaste åren. Hela området påverkas av utvecklingen, från tillverkning och uppskjutning av satelliter till nyttolaster och dataanvändning.

Antalet aktörer inom uppskjutningsbranschen ökar också, framförallt inom segmentet för mindre bärraketer för uppskjutning av små satelliter. En viktig ny teknik är återanvändbarhet av bärraketer och raketsteg. Flera aktörer försöker uppnå detta. Den ökade konkurrensen och möjligheten att återanvända delar av bärraketerna har pressat ner priset per kilo för uppskjutning med en faktor tio på bara de senaste tio åren.

Kina och USA, de två dominerande rymdnationerna, är på en farlig kollisionsskurs mot månen och Mars. Situationen liknar rymdkonkurrensen mellan Sovjetunionen och USA på 1960- och 70-talen och den involverar både utomjordisk rymd och jordbana, men det syns inga bevis för att Kina och USA är engagerade i den typ av diplomatisk uppsökande verksamhet, som föregick Apollo-Soyuz-uppdraget och samarbetet mellan USA och Ryssland inom den internationella rymdstationen ISS.

Kinas nationella rymdförvaltning, CNSA, landade sin Zhurong-robotrover på Mars i maj, efter att 2020 ha återlämnat mån-jordprover till Kina från Chang'e 5-landaren, som följde med i landningen av Yutu-2-rovern på månen 2018. Närmare



jorden bygger Kina sin egen rymdstation, Tiangong, och har sedan juni haft tre taikonauter ombord på den planerade stationens kärnmodul Tianhe. En statlig kinesisk raketillverkare meddelade också i juni att den planerar att utföra sitt första bemannade uppdrag till Mars 2033.

Kina hävdar att dess avsikter i rymden är fredliga, men USA är mer än skeptiskt. Enligt den årliga hotbedömningsrapporten från 2021 från US Office of Director of National Intelligence fortsätter Kina att föra ut nya destruktiva och icke-destruktiva mark- och rymbaserade antisatellitvapen (ASAT), som kommer att vara integrerade i potentiella militära kampanjer från PLA [Folkets befrielsearmé]. Med fler regerings- och kommersiella satelliter i omloppsbana än någon annan nation har USA massor av potentiella mål för kinesiska vapen.

Delvis som ett svar på detta skapade USA den amerikanska rymdstyrkan 2019. Bland sina aktiviteter finansierar den nästa generation av den markbaserade antisatellitstyrkan, Counter Communications System Meadowlands. Varje Meadowlands-system, som består av signalprocessorer och annan utrustning, är ett icke-kinetiskt vapen och en efterträdare till US Air Force's Counter Communications System som började sin verksamhet 2004.

Samarbete i rymden mellan Kina och USA har prövats. På 1990-talet tillät USA att kommersiella satelliter byggda i USA kunde skjutas upp på kinesiska raketer, ett experiment som slutade 1999 när en

kongressutredning drog slutsatsen att amerikanska entreprenörer olagligt överförde raket "know-how" till Kina.

Förhållandet försämrades ytterligare för ett decennium sedan, när en ändring infördes i en proposition för försvarsdepartementets anslag från 2011 som förbjöd bilateralt samarbete mellan USA och Kina i rymden. Detta ändringsförslag gör att NASA och CNSA inte kan arbeta tillsammans utan en certifiering från FBI och kongressens godkännande. Så länge ändringen kvarstår är det inte ens möjligt för NASA att prata med Kina om möjligheten till kinesiskt deltagande i ISS eller dess efterföljare.

Det fanns ett fönster när kineserna verkligen ville samarbeta med USA och meningsfulla relationer, både institutionella och personliga, byggdes, men det fönstret är stängt nu. Även om de två nationerna skulle vilja samarbeta, råder det oenighet om vem som ska ta första steget.

Kina verkar söka konfrontation med väst. För Kina går antipatin troligen tillbaka till USA: s deportering av ingenjören Xuesen Qian 1955. Som experter inom rymdhistoria berättade för BBC 2020, kom Qian till USA 1935 för att studera flyg- och astronautteknik och kom så småningom till Caltech i Kalifornien. Där fick han vänner bland medlemmar i universitetets "Suicide Squad" - så kallad eftersom gruppen försökte bygga en egen raket på campus.

Gruppens raketarbete uppmärksammades av den amerikanska regeringen, som 1943 gav finansiering för att skapa Jet Propulsion Laboratory under ledning av Qians akademiska mentor, Theodore von Kármán. Qian och andra Suicide Squad-kollegor fick säkerhetsklareringar på högsta nivå för det statligt finansierade projektet.

Men sedan spred sig antikommunistisk McCarthyism över USA på 1950-talet. Både Qian och en annan medlem i Suicide Squad anklagades för att vara medlemmar i kommunistpartiet. Efter fem år av delvis husarrest i Kalifornien deporterades Qian till Kina med sin fru och två amerikanskfödda barn. Efter den erfarenheten svor Qian enligt BBC att han "aldrig skulle sätta sin fot i Amerika igen." Qians husarrest och deportation var dock långt ifrån slutet på hans vetenskapliga karriär och i Kina är han känd som "Chinese Rocketry's Father".

Utöver CNSA är det People's Liberation Army Strategic Support Force som har militär kontroll över rymdinsatser samt elektroniskt- och cyberskydd. På detta sätt innehåller PLA: s strategiska stöd-styrka element som liknar US Space Force, National Security Agency och Space Command .

När det gäller CNSA: s internationella samarbete har det historiskt sett varit långsammare än NASA: s, som är öppna för att dela sina planetära och kosmiska data (t.ex. marsjordens kemiska sammansättning) med det internationella vetenskapliga samfundet. Liknande data från CNSA: s Zhurong-rover har varit långsamma att nå forskare utanför Kina.

Månen och Mars verkar bli nästa mål för både USA och Kina. Att åka till Mars i och för sig skapar egentligen inget hot, men för att komma dit behöver man djupa rymdspårningsfunktioner och man vill också ha ett nätverk av jordbaserade observationsposter så att man kan spåra sina Mars-sonder. Om man kan spåra sina egna sonder finns det ingen anledning att tro att man inte också kan spåra andra rymdfarkoster, inklusive satelliter i geostationär och låg jordbana.

Naturligtvis kommer det inte att bli något roverkrig på Mars, eller ens månen. Dessa vetenskapliga experiment är för dyra och för långt borta för att dras in i en sådan kamp. Men kanske kan det samma inte sägas om föremål i jordbana, till exempel satelliter, eller till och med potentiella resurser på månytan.



Bild Svenska Rymdsällskapet

Flera länder har eller planerar att skapa militära rymdstyrkor i någon form, en tydlig signal om att rymden blir allt viktigare i modern krigföring. USA har tydligt sagt att man tror att det är hög sannolikhet att en framtida konflikt antingen börjar eller snabbt sträcker sig ut i rymden. USA har därför skapat en rymdstyrka (Space Force) som en separat vapengren. Flera andra länder bland annat Frankrike, Storbritannien och Japan betraktar numera rymden som en operativ domän och anpassar både organisation och doktrinutveckling därefter.

Dessa åtgärder syftar till att både kunna skydda egen rymdinfrastruktur och för att kunna möta konflikter, kriser och krig som uppstår i, involverar eller är riktade mot rymden. För att kunna uppnå detta läggs stor vikt vid domänförståelse vilket involverar det traditionella begreppet rymdlägesbild, samt kunskap om taktisk och strategisk rymdkrigföring.

Nya innovationer har tillsammans med en snabb teknikspridning inneburit en stor ökning av antalet aktörer i rymden, och därmed en kraftig ökning av antalet satelliter i bana runt jorden. För de närmaste 5-10 åren finns planer på flera stora konstellationer med hundra till tiotusentals satelliter i varje och antalet satelliter kommer troligtvis att mångdubblas.

Teknikutvecklingen går snabbt, inom 10-20 år kommer vem som helst att kunna koppla upp sig på nätet med hjälp av satelliter oavsett plats på jorden. Det kommer att vara möjligt att från en satellit kunna ta en bild över vilken plats på jorden som helst och få tillgång till den i realtid. Med hjälp av AI och maskininläring kommer stora mängder data att kunna processas från ett antal olika källor för att snabbt få ett beslutsunderlag. Tjänsterna kommer att säljas kommersiellt vilket innebär att de kommer vara tillgängliga för alla.

En följd av denna utveckling är en målmedveten upprustning av vapensystem med syfte att påverka eller skydda satelliter. Störning och förnekande av tillgång till satellitkommunikation och satellitbaserade PNT-tjänster (position, navigation och tidssynkronisering) samt cyberkrigföring mot rymdbaserade tjänster sker redan på regelbunden basis. Tester av antisatellit vapen har nyligen genomförts av både USA och Kina. Även Ryssland och Indien har testat sådana vapen på senare år, både kinetiska och icke-kinetiska. Det innebär att både den upplevda och faktiska hotnivån har ökat.

Det är en genomgående global militär begreppsförändring som pågår. FN försökte ta tag i dessa frågor 1967 när man antog yttre rymdfördraget. Bland andra principer står det i fördraget att "yttre rymden inte är föremål för nationella krav på suveränitet". Detta fördrag förutsåg dock inte uppkomsten av kommersiella rymdföretag, som ville utnyttja rymden oberoende av nationella regeringar.

I ett försök att bygga vidare på detta fördrag lade USA 2020 fram en separat gemensam uppsättning standarder för hur nationer och deras kommersiella företag ska bedriva sin forskning på månytan som kallas Artemis -avtalen. Medan tolv länder inklusive Förenade Arabemiraten, Japan och Storbritannien har undertecknat dessa avtal, har Kina och Ryssland inte gjort det.

En lovande väg framåt, skulle vara att behandla rymden, oavsett om det är planeter, månar eller kometer, som en global allmänning, liknande internationella vatten. Detta är något som redan diskuteras i FN av USA och Luxemburg, som har planer på att bli Europas nav för gruvarbete i rymden. Ännu har man dock inte gjort några framsteg och upprustningen i rymden fortsätter.

Gruvor i rymden-en framtida konflikt?

När världen nu ska lämna den fossila energin blir man allt mer beroende av sällsynta jordartsmetaller, som krävs för modern dator- och tillverkningsteknik för allt från solpaneler till halvledare. De är nu koncentrerade till vissa områden på Jorden som Kina, men de finns också på månen, Mars och asteroiderna. Omställningen till en ny energiteknik och utvecklingen inom rymdindustrin kan starta historiens största rusning efter råvaror med ökande risk för internationella konflikter.

<https://www.milkenreview.org/articles/mining-in-space-is-coming>

[Asteroid mining - Wikipedia](#)

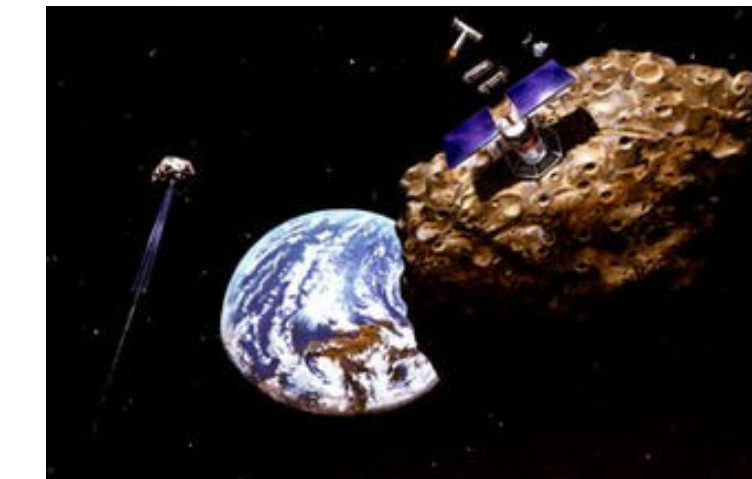
[China's Space Mining Industry Is Prepping For Launch - Forbes](#)

Jorden går nu in i en osäker period där en ny energiteknik baserad på nya råvaror skall etableras samtidigt som nya stormakter växer fram och utmanar den nuvarande ordningen. Under de senaste decennierna har planetvetenskap bekräftat det som man länge har misstänkt. Himlakroppar är potentiella källor för dussintals mineraler, som på rätt tid och plats är otroligt värdefulla. Det finns planeter, dussintals månar, tusentals stora asteroider och miljontals små sådana, som utan tvekan innehåller enorma mängder material som kommer att vara knappa och mycket värdefulla på jorden.

Utsikterna för rymdbrytning drivs av tekniska framsteg inom rymdindustrin, som sänker både uppskjutnings- och driftskostnader. Privata företag, som en gång var begränsade till statliga kontrakt och leverans av telekommunikations satelliter till omloppsbana, framträder nu som ledande när det gäller att utveckla rymdturism, rymdtillverkning och satelliter för specialiserade tjänster. Rymdssektorn, med ett börsvärde på 400 miljarder dollar, kan växa till så mycket som 1000 miljarder år 2040 när privata investeringar ökar.

USA utvann de första utomjordiska materialen i rymden från månen under Apollo-uppdragen, följt av Sovjetunionen under obemannade Luna-uppdrag och ännu förblir vetenskapliga prover målet med gruvdrift. Förra året samlade NASAs Osiris-Rex-uppdrag en liten mängd material från asteroiden Bennu för återkomst till jorden 2023. I december förra året returnerade Japan ett prov av asteroiden Ryugu med farkosten Hayabusa 2. Flera veckor senare returnerade Kinas Chang'e 5-uppdrag de första månproverna sedan 1970 -talet.

Ekonomiska, vetenskapliga och till och med säkerhetspolitiska fördelar ligger till grund för en framväxande geopolitisk tävlan för att bedriva rymdbrytning. USA växer snabbt fram som en föregångare, delvis på grund av sitt ambitiösa Artemis-program för att leda ett multinationellt konsortium tillbaka till månen. Förra året tilldelade NASA fyra företag kontrakt för att utvinna små mängder månregolit år 2024. Uppdraget understryker gruvdrif-



tens begynnande karaktär: NASA betalar inte mer än \$ 15 000 för ett halvt kilo, en bråkdel av en bråkdel av kostnaden för ett sådant uppdrag. Men det inleder eran av kommersiell rymdbrytning.

USA är också ledande när det gäller att skapa en laglig infrastruktur för mineralutnyttjande. USA har antagit världens första lag om rymdresurser, med erkännande av privata företags och individers äganderätt till material, som samlats i rymden.

USA är dock inte ensamma. Luxemburg och Förenade Arabemiraten kämpar för att kodifiera sina egna lagar om rymdresurser i hopp om att locka investeringar med affärsvänliga juridiska ramar. Kina anser enligt uppgift att rymdresursutveckling är en nationell prioritet, en del av en strategi för att utmana USA: s ekonomiska och säkerhetsmässiga företrädare i rymden. Samtidigt har Ryssland, Japan, Indien och EU alla sina egna ambitioner om rymdbrytning.

Provinsamlingen accelererar, med senaste uppdrag riktade mot Mars. Japan planerar att besöka Mars två månar och extrahera ett prov från en av dem. NASA: s robotrover Perseverance kommer att samla in borrhade prover på Mars som senare kan återföras till jorden i samarbete med EU. Perseverance bär också redskap för det unika MOXIE - experimentet på Mars, ett försök att producera syre på planeten med teknik som

så småningom kan ge syre för astronauter att andas och för att tanka rymdfarkoster.

Vatten kan vara det mest attraktiva att utvinna på kort sikt, eftersom det med hjälp av solenergi eller kärnklyvning kan delas upp i väte och syre för att göra raketdrivmedel, vilket underlättar tankning i rymden. Så kallade "sällsynta jordartsmetaller" är också potentiella mål för marknaderna på jorden. Bestående av 17 element, inklusive lantan, neodym och yttrium, krävs dessa kritiska material (varav de flesta idag bryts i Kina till stora miljökostnader) för elektronik och de är flaskhalsar i övergången från fossila bränslen till förnybara energikällor som stöds av batterilagring.

Månen är troligen den första platsen för kommersiell gruvdrift. Månen har flera fördelar. Den är relativt nära, vilket kräver en resa på bara några dagar med raket och med ett kommunikationsglapp på bara ett par sekunder, en fördöjning som är tillräckligt liten för att möjliggöra fjärrstyrning av robotar från jorden. Dess låga tyngdkraft innebär att relativt liten energiförbrukning kommer att behövas för att leverera utvalda resurser till jorden.

Upptäckten i oktober i år av is i kratrar på månen togs därför som ett stort genombrott. Månen kan se uttorkad ut - och i jämförelse med jorden är den det. Men de senaste sondererna har bekräftat betydande mängder vattenis i permanent skuggade kratrar vid månpolerna.

Gruvor i rymden

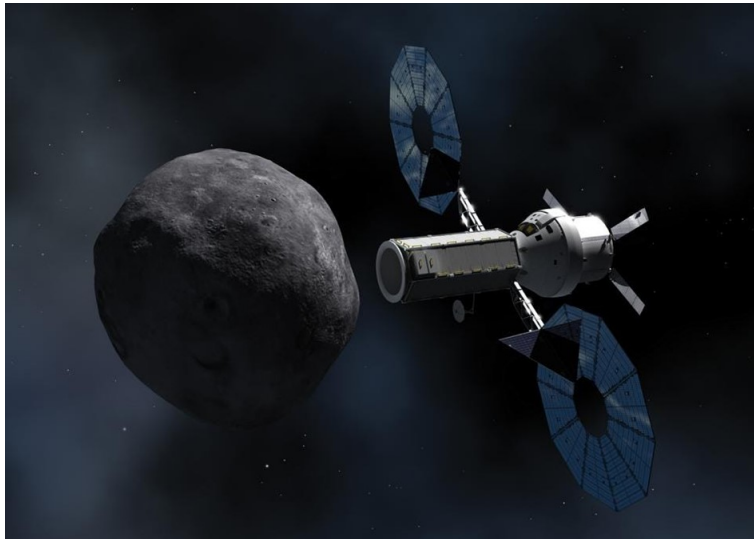
Vidare verkar det som om solvinden har planterat betydande avlagringar av helium-3 (en tung isotop av helium) i månens ekvatoriella områden. Helium-3 är ett potentiellt bränsle för andra och tredje generationens fusionsreaktorer. Isotopen är full av energi (visserligen svår att släppa loss på ett kontrollerat sätt) som kan bli en källa till ren, säker energi på jorden eller för att driva snabba rymdskepp senare under detta århundrade. På grund av dess vatten och helium-3-avlagringar kan månen bli ett avstamp för ytterligare utforskning av solsystemet.

Rymdbrytning där kan vara avgörande för uppdrag till Mars, men med tanke på Mars avstånd och relativt höga gravitation (dubbelt så mycket som månen) verkar utvinning och export av mineraler till jorden därifrån mycket osannolik. Snarare kommer det mesta av resursutvinningen på Mars att fokusera på att tillhandahålla material för att tanka rymdfarkoster och möjliggöra bosättning där. Månen kan dock bli viktig för framtida bosättningar på Mars. På grund av Mars lägre gravitation går det åt mindre energi för trafik från Mars till månen än från Jorden till månen.

Asteroider är ett annat nära mål för gruvdriften. Det finns alla möjliga rymdstenar, som rusar genom solsystemet, med varierande mängder vatten, sällsynta jordartsmetaller och andra material ombord. Asteroidbältet mellan Mars och Jupiters banor innehåller de flesta av dem, varav många är större än en kilometer i diameter. Även om asteroidbältets potentiella vatten- och mineralrikedom är enorm, utesluter det långa avståndet från jorden och erforderliga restider och energiförbrukning dem som mål på kort sikt.

Mera intressanta är mindre asteroider nära jorden. Även om de är mycket längre bort än månen, kan många av dem nås med mindre energi. Vissa är till och med små nog för att göra det tekniskt möjligt att dra dem till Jordens bana för gruvdrift. Utveckling av en infrastruktur för att ändra asteroidbanor kan ge en stor avkastning på investeringen.

De mest lovande råvarorna på asteroiderna är platina, palladium, guld och en handfull sällsynta besläktade metaller. På grund av deras benägenhet att interagera med järn sjönk dessa så kallade siderofila element mestadels mot metallkärnan på vår planet tidigt i dess bildning och är därför relativt knappa i jordskor-



pan. Uppskattningar av deras överflöd på vissa asteroider, såsom den gåtfulla Psyche 16 bortom Mars bana, visar koncentrationer flera gånger högre än vad som kan hittas i jordiska gruvor.

För närvarande är malmens kvalitet och kostnaderna för den utrustning som krävs för att utvinna den okända och kan bara spekuleras i. Vissa ekonomiska analyser tyder på att kostnaden för att föra asteroidmaterial till jorden långt överskrider deras marknadsvärde, och att asteroidbrytning inte kommer att locka till privata investeringar till nuvarande råvarupriser och kostnader för rymdtransport. Andra studier tyder på stor vinst genom att använda solenergi. Potentiella marknader för material kan identifieras och vinst genereras om extraktionskostnaden sänks. Till exempel kan leverans av flera ton vatten till låg jordbana för raketbränsleberedning för rymdturism generera en betydande vinst om rymdturismen i sig visar sig vara lönsam.

År 1997 spekulerades det i att en relativt liten metallisk asteroid med en diameter på 1,6 km innehöll mer än 20000 miljarder dollars värde i industriella och ädelmetaller. En jämförelsevis liten asteroid med en medeldiameter av 1 km kan innehålla mer än två miljarder ton järn-nickelmalm eller två till tre gånger världsparproduktionen 2004.

Asteroiden Psyche 16 tros innehålla så mycket nickeljärn, att det skulle täcka världens behov i flera miljoner år. Nickel är å andra sidan ganska rikligt förekommande och bryts på många markbundna platser, så den höga kostnaden för asteroidbrytning kanske inte gör det ekonomiskt lönsamt.

Inte alla utvalda material från asteroider skulle vara lönsamma med tanke på kostnaden för transporten av ekonomiska mängder material till jorden. Platina är dock mycket sällsynt i geologiska formationer på jorden och är därför värt att transportera även i små kvantiteter. Platinan från en 30 meter lång asteroid kan vara värd 25–50 miljarder US-dollar.

Någon ekonom påpekade dock att en extern källa till ädelmetaller skulle sänka priserna och lönsamheten. Om platina-gruppmetaller skulle motivera de bokstavligen astronomiska kostnaderna för rymdbrytning, måste man kunna räkna med långvariga höga priser under ett decennium eller så och den typen av situation är nästan okänd inom materialindustrin.

För att vara livskraftig kommer kommersiell rymdbrytning naturligtvis att behöva verka i en mycket större skala än de vetenskapliga grävningarna. Medan alla prover som hittills har samlats består av mindre än ett ton material, måste en enda rymdbrytningsoperation kunna hantera hundratals eller tusentals ton.

Rymdbrytning liknar markbaserad gruvdrift, med prospektering följt av utvinning, bearbetning och distribution till användare. Men de flesta rymdbrytningsmål har liten eller ingen atmosfär och upplever extrema temperatursvängningar mellan skugga och solljus. Strålning från både solen och kosmiska källor genomsvärar rymdmiljön och hotar elektroniken för att inte tala om människors hälsa. Även ytan på himlakroppar utgör en utmaning för gruvmaskiner eftersom de består av steniga material som kallas regolit istället för mer välkänd jord.

Tyngdkraften utgör också ett problem. Att fly från jordens gravitation gör transporten av de volymer av material som behövs i en gruvverksamhet enormt dyr. Falcon Heavy, den stora raket som utvecklats av Elon Musks SpaceX, skall kunna transportera en nyttolast till Marsbana för så lite som 5 357 dollar per kilo. Det är en drastisk minskning av normala kostnader. Ändå, till dessa priser, skulle bara ett enda halvtons borrhugg till asteroidbältet ta upp ett mindre gruvbolags årliga prospekteringsbudget.

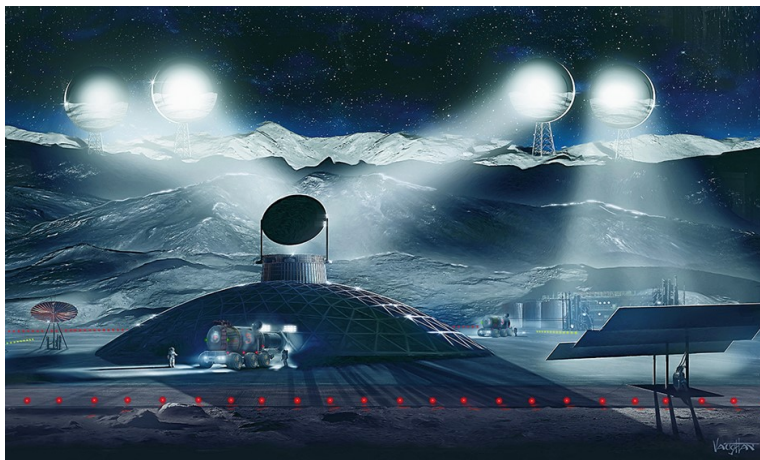
Att skjuta upp något i rymden är också en påfrestande process och utrustningen måste överleva hög acceleration och akustiska krafter. Uppdrag i rymden måste dessutom fungera också i mikrogravitation t ex vid gruvsdrift på en asteroid eller i minskad gravitation på månen eller Mars.

Energi är en annan fråga. Den internationella rymdstationen, med 35 000 kvadratmeter solceller, genererar upp till 120 kilowatt el. En borrhugg skulle behöva ett liknande kraftverk och de flesta gruvföretag driver flera riggat åt gången. Strömkraven ökar också drastiskt när man går från prospekteringsborrning till gruvsdrift och bearbetning.

Kom också ihåg att efter att rymdresurserna har samlats in måste en leveranskedja leverera materialet till kunderna. Att föra tillbaka material till jorden skulle vara mycket dyrt. Japans Hayabusa 2 satellit spenderade sex år och 16,4 miljarder yen (157 miljoner dollar) på att transportera ett enda gram material från asteroiden Ryugu till jorden.

På lång sikt kan produktion i rymden för att försörja jorden driva massiv tillväxt inom rymdindustrin, men inte med råvaror som konkurrerar med markproducerade. Jordmarknaderna kommer sannolikt att vara mest mottagliga för exotiska specialiserade material och legeringar, som tillverkas under mikrogravitationsförhållanden, stora satellittjänster som rymdbaserad solenergi eller unika produkter som helium-3 och sällsynta jordartsmetaller. De två sistnämnda är särskilt lovande, eftersom de kan ge stora bidrag till global utfasning av kolbaserade bränslen efter 2050.

På kort sikt kommer det som finns i rymden att stanna i rymden. Stödet av besättning och robotutforskning med resursutnyttjande på plats, troligtvis på månen under 2020-talet och Mars på 2030-talet, ger det största löftet om att starta rymdbrytning. Konstruktion av månbasen från



lokala material kan kraftigt minska viktkraven i transporter från jorden. Om vattenbaserade drivmedel utvecklas till ett konkurrenskraftigt pris kan de hitta en klar marknad för rymdfarkoster, som går från jordbana till geosynkron bana eller djup rymd.

Även om osäkerheterna fortfarande är höga, lovar rymdbrytning förr eller senare att kraftigt påskynda rymdutforskning och stärka jordiska ekonomier. Även om industriell verksamhet i rymden mycket väl kan orsaka konflikter med vetenskapliga prioriteringar, kan den infrastruktur som den skapar tjäna vetenskapen med tankning i omloppsbana, minskade uppdragskostnader, rymdtillverkning och mer allmänt djupare kunskap om hur man fungerar i rymdmiljöer.

Om det för bara några decennier sedan var lätt att avfärda tanken på rymdindustrin i allmänhet och rymdbrytning i synnerhet som science fiction, är det idag ganska klart att rymdbrytning tillsammans med dess åtföljande utforskning och industrialisering, är nära förestående.

För att styra dessa framväxande intressen har vi nu bara en föråldrad fördragsram från det kalla kriget. Vi behöver nya avtal för att underlätta privata investeringar och säkerställa internationellt samarbete ty när mänsklig industriell verksamhet sprider sig ut i rymden följer oundvikliga tvister om ägande och styrning.

Naturligtvis förutsätter frågor om rymdresursers ekonomiska värde att äganderätten är väldefinierad och säker. Rymdlagstiftningen om äganderätt utvecklas snabbt. Men många frågor återstår, vilket förvärrar den ekonomiska osäkerheten.

Till att börja med tillhör inte rymden något land, vilket komplicerar traditionella metoder för resursfördelning, fastighets-

rätt och handel. Yttre rymden ligger utanför alla nationers territoriella jurisdiktion, vilket innebär att internationell lag är grunden för rymdlag och lag om rymdresurser. Det primära styrande fördraget för internationell rymdlagstiftning, yttre rymdfördraget från 1967, förbjuder att enskilda nationer tillägnar sig himlakroppar, såsom månen eller asteroiderna. Huruvida rymdbrytning är tillåten enligt fördraget är fortfarande mycket kontroversiellt.

Utformat på höjden av det kalla kriget för att hindra vapenkapplöpning i rymden, föreställde sig inte rymdfördraget dagens privata och kommersiella satsningar. Det hindrar nationer från att göra anspråk på himlakroppar genom att plantera en flagga eller genom att ockupera ett område. Det förbjuder emellertid inte klart att äga och använda resurser när de extraheras från en himlakropp. Andra delar av fördraget innebär faktiskt att sådan användning är tillåten.

Tidigare och pågående uppdrag från USA, Sovjetunionen, Japan och Kina för att förvärva vetenskapliga prover har aldrig allvarligt ifrågasatts som brott mot fördraget. Ett andra internationellt fördrag som uttryckligen skulle fastställa global styrning av kommersiell rymdbrytning, månavtalet, har i stort sett avvisats av de flesta länder och alla länder med medel och motiv för att bryta i rymden.

USA har länge ansett att yttre rymdfördraget tillåter kommersiell resursutvinning. President Obama undertecknade världens första nationella lag om rymdresurser 2015. Lagen erkände amerikanska invånares rättigheter att äga material, som samlats i yttre rymden, men USA har ännu inte inrättat ett tydligt regleringssystem för att godkänna sådana uppdrag.



Trump -administrationen byggde vidare på dessa tidiga aktiviteter genom att inkludera rymdbrytning som en del av sin bredare prioritering av rymdutforskning.

Andra nationer följer USA: s ledning när det gäller att utveckla lagstiftning och politik för rymdresurser. Som tidigare nämnts har Luxemburg antagit en egen rymdbrytningslag som prioriterar rymdresurser och bildar partnerskap med rymdorganisationer över hela världen.

Förenade Arabemiraten går mot en liknande lag, eftersom landet ser rymden som en del av den oljerika statens moderniseringsplaner. När Japan fortsätter vetenskapliga provtagningssupdrag överväger regeringen för närvarande en egen lag för rymdbrytning.

Naturen i Kinas rymdambitioner är inte lätt att dechiffrera, men rymdbrytning och månutforskning är helt klart en del av strategin. En rad aktiviteter bland Kinas privata och statligt ägda företag är ett bevis på Kinas växande ambitioner på ekonomisk och militär dominans av rymden. Den 19 oktober provade Academy of Aerospace Solid Propulsion Technology (AASPT) – som tillhör China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC) – "den kraftfullaste fasta raketmotorn med den största dragkraften i världen hittills." Med 500 tons dragkraft är den avsedd att driva Kinas tunga lyft-raketer för bemannade månlandningar, utforskning av rymden och utvinning av resurser där.

Den globala gröna energiomställningen ökar efterfrågan på strategiska mineraler, som är allt svårare att få tag på. Här har Kina för närvarande ett monopol på utvinning och bearbetning av sällsynta jordartsmetaller. Det är 17 mineral, som är nödvändiga för modern dator- och

tillverkningsteknik för allt från solpaneler till halvledare.

Kina har också ett stort engagemang i den globala försörjningen av kobolt, volfram och litium. Med 30 % av den globala brutna malmen, 80 % av de globala bearbetningsanläggningarna och ständigt ökande investeringar runt om i världen, har Kina över 36 miljarder dollar investerade i gruvprojekt enbart i Afrika.

Pekings rymdprogram visar tydligt att kineserna också vill skärpa greppet om rymdbaserade resurser. Jordartsmetaller är ganska vanliga i solsystemet. I vilken grad är fortfarande okänt, men detta och militära tillämpningar är utan tvekan en drivande faktor för Kinas ständigt ökande rymdambitioner.

Just nu är kostnaden för att fånga och bearbeta asteroider mycket större än för traditionella gruvtekniker. Detta håller på att förändras, men liksom i traditionell gruvdrift och raffinering av sällsynta jordartsmetaller ligger Kina långt före USA och resten av världen när det gäller industripolitik och nya investeringar.

Den yttre rymdens okontrollerade karaktär och bristen på nationellt ägande skapar helt klart en möjlighet till konflikt. Även om företag har rätt att äga en resurs när de extraherar den, har de inte nödvändigtvis rättigheter till en resurs medan den förblir på plats. Om två företag från olika nationer vill bryta samma område, har båda tekniskt sett rätten att göra det. "Först till kvarn" kan fungera för en nations aktiviteter, men ingenting hindrar företag från ett annat land att bygga angränsande gruvor, med åtföljande ekonomiska och operativa risker. Rymdens internationella karaktär förvärrar bristen på ägande, eftersom tvister mellan företag från separata län-

der blir en fråga om internationella relationer.

För att börja ta itu med dessa utmaningar förhandlade USA fram Artemis-avtalen 2020, ett multilateralt avtal för att vägleda månutforskning på kort sikt. Undertecknarna av avtalen inkluderar många amerikanska rymdpartners: Storbritannien, Luxemburg, Förenade Arabemiraten, Australien, Kanada, Japan, Italien och Ukraina. Många av överenskommelserna är naturliga förlängningar av yttre rymdfördraget och är en välkommen utveckling. Men andra aspekter av avtalen är problematiska. De utesluter för närvarande stora aktörer som Ryssland, Kina och Indien. De tillhandahåller "säkerhetszoner" runt gruvplatser, vilket väcker farhågor om uteslutning av andra länder från de bästa platserna.

Utöver kommersiella frågor dyker miljöproblem upp. Miljökonsekvenserna av rymdbrytningsaktiviteter är fortfarande spekulativa, men de kan undergräva säkerheten för bemannade och robotuppdrag. Apollo -uppdragen avslöjade att landning eller avfärd från månen kan kasta stora mängder månregolit långa avstånd, kanske till och med ut i månens bana. Utan en månatmosfär för att sakta ner den eller bryta ner den kan regoliten skada rymdfarkoster.

Gruvverksamhet i sig kan på samma sätt orsaka problem med regolitdamm och förslag om att bedriva rymdbrytning med bakterier väcker frågor om hur kommersiell verksamhet kan försvara sökandet efter liv eller till och med hota ömtåliga utomjordiska system med invasiva arter som levereras av människor.

Sammantaget innebär omställningen till en ny fossilfri energiteknik och utvecklingen inom rymdindustrin en ökande risk för internationella konflikter om strategiska råvaror.

Slagfältet rymden

Även om en konflikt i rymden troligen kommer att utlösas av en strid om fjärran resurser så kommer den förmodligen att utkämpas betydligt närmare jorden. Herravälde över rymden handlar om att manipulera himmelska kommunikationslinjer och det finns en utbredd okunnighet om den roll som rymdtekniken har kommit att spela som kritisk infrastruktur. Rymdteknik är idag lika användbart för precisionsbombning som för precisionsjordbruk.

Burgeoning Satellite Industry Paving Way To \$1 Trillion Space Economy
Orbits explained: It's hard to get into space -- but nifty once you ...
Vetenskapliga artiklar med "Quantum Cryptography and Satellites."

Den jordnära rymden börjar cirka 100 km ovanför oss, även om gränsen är något godtycklig. NASA sätter gränsen vid bara 50 miles dvs 80 km. Lite högre än så är den mest populära delen av rymden på ca 200 km över jordytan, kallad låg jordbana, eller LEO. Det är här man hittar den internationella rymdstationen tillsammans med satelliter för väderprognoser, spioneri, tv, avbildning och i allt högre grad satellitbaserat bredband.

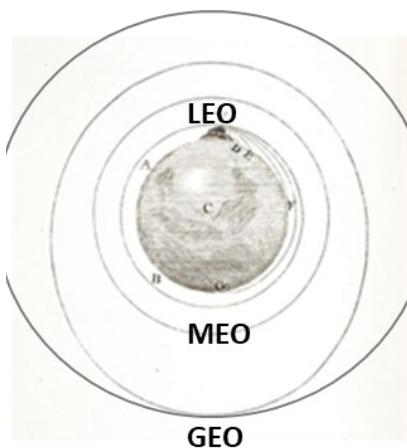
Medium jordbana (MEO), som når upp till cirka 36000 km över jorden, är en öken jämfört med LEO. Men det finns några anmärkningsvärda invånare i denna zon, särskilt navigationssatelliter.

Precis ovanför den övre gränsen för MEO finns geosynkron bana (GEO), en plats där omloppstiden matchar jordens rotation så att en satellit förblir på exakt samma plats på himlen sett från jorden. Det är särskilt användbart för kommunikation eftersom man kan rikta en fast markantenn direkt mot satelliten. Radioöverföring och signalstyrka är dock sämre än med rymdfarkoster i nedre banor.

Det finns också många andra banor, som polära som passerar över båda jordens poler. Även om många banor är cirkulära är vissa långsträckta och mer elliptiska, viket saktar en satellits hastighet när den är längre bort från jorden. Det mesta av Ryssland ligger t ex långt norr om ekvatorn, vilket begränsar en geostationär satellits användbarhet. Så ryssarna kom med ett alternativ som kallades Molniya-banan. I Molniya-banan rusar en satellit över Australien vid sin lägsta punkt i omlopp, kallad perigeum, och minskar sedan farten naturligt när den når sin högsta punkt ovanför Moskva, kallad apogeum.

Ellipser är också praktiska för att byta omloppsbana. NASA:s Apollo-uppdrag började med att skjuta upp rymdfarkosten i jordens omlopp, sedan fördes den in i en elliptisk bana som sträckte sig mot månen.

Folk i allmänhet har nog ännu inte förstått hur beroende vi har blivit av den jordnära rymden. Återanvändbara raketer och andra förbättringar har sänkt kostnaderna



för uppskjutningar. Mellan 2010 och 2020 ökade antalet operativa satelliter, som kretsar kring jorden, från 958 till 3 371, enligt Satellite Industry Association. År 2030 kan det vara så många som 100 000 operativa satelliter i omloppsbana.

Satelliterna och uppskjutningarna för att leverera dem är de mest synliga delarna av en global rymdekonomi, som beräknas växa från 400 miljarder dollar till 1000 miljarder år 2040. Det drivs till stor del av megakonstellationer i låg jordbana (LEO) för bredbandsuppkoppling, som ökar runt om i världen. Det fördubblas i princip vart tredje år. SpaceX Starlink är på väg till mer än 2200 satelliter i sin konstellation. Amazons Project Kuiper planerar 3200 satelliter. OneWeb föreställer sig hela 48 000 satelliter. Företag baserade i Kanada, Ryssland och Kina planerar också för mer satelliter.

Befintliga satellitoperatörer diversifierar och omvandlar också i vissa fall kommunikationstjänster, som traditionellt tillhandahålls av geosynkron jordbana (GEO). Till exempel planerar det kanadensiska företaget Telesat, som nu driver 13 satelliter i GEO, att investera cirka 5 miljarder dollar i ett nytt LEO-nätverk som heter Lightspeed.

På kort sikt förutses stora förändringar inom marksegmentet avseende antenner och framförallt inom tjänstesektorn där olika tjänster i allt större utsträckning automatiseras med maskininlärning och

AI (artificiell intelligens).

En viktig teknik som sedan länge används militärt är satellitbaserad positionering, navigering och timing, eller PNT där det mest kända systemet är amerikanska GPS. De senaste åren har andra liknande system utvecklats och färdigställts av Ryssland (GLONASS), Kina (BeiDou) och Europa (Galileo). Alla dessa system har idag en global täckning och är operativa. Det finns också regionala system hos Japan (QZSS) och Indien (IRNSS), med liknande funktion för specifika geografiska områden.

Det globala positioneringssystemet har blivit avgörande för nästan alla sektorer av kritisk infrastruktur. GPS berättar var vi är och hjälper oss att komma dit vi ska, spelar en avgörande roll i finansiella transaktioner och aktiehandel, prognostiserar vädret, övervakar jordbävningar och håller kraftnätet surrande.

Det finns 31 satelliter i GPS-konstellationen och 24 anses vara det minsta för att konstellationen ska fungera. Dessa två dussin är utspridda i sex omloppsplan. De återstående sju är i huvudsak reserver, som kan roteras in vid behov. GPS-satelliterna är faktiskt bara mycket exakta atomur, kopplade till en radio som sänder en tidssignal. På marken tar en GPS-mottagare, som en iPhone eller Galaxy-telefon, tack vare ett GPS-chip upp signalerna från fyra eller flera satelliter. Genom att mäta små skillnader i signalernas ankomsttid, hela vägen ner till nanosekunder, kan den beräkna var man är och om man är i rörelse.

US Space Force driver och underhåller GPS-konstellationen. Ursprunget till GPS sträcker sig tillbaka till amerikanska försvarsdepartementets hemliga arbete på 1970-talet. Det är ingen tillfällighet att den amerikanska rymdstyrkan, som avknoppades för ett och ett halvt år sedan från flygvapnets rymdkommando, fortsätter sitt GPS-uppdrag. GPS tjänade t ex som en militär resurs under Operation Desert Storm, när det hjälpte till att vägleda amerikanska och allierade styrkor över ökenområden till en snabb seger över Irak.

Samtidigt är det en tjänst, som används av miljontals civila och företag världen över. År 1983, efter att ett Korean Air Lines passagerarplan avvikit in i sovjetiskt luftrum och skjutits ner, vilket dödade 269 människor, avklassificerade president Ronald Reagan GPS för att ge civila flygplan tillgång till navigationssignalerna.

För väpnade styrkor är GPS och dess avläggare de huvudsakliga systemen för PNT idag och kommer vara så även de närmaste åren. Även om den krypterade tjänsten inom det europeiska Galileo beräknas bli operativ inom ett par år är det i huvudsak ett civilt system.

PNT-systemens störkänslighet har varit ett orosmoment under flera år och det sker regelbundet medveten störning av GPS-systemet både civilt och militärt. Militärer måste oroa sig för att fiendliga styrkor stör GPS-signaler för att dölja trupprörelser eller för att förhindra vänliga styrkor från att komma dit de ska eller om vapen träffar sina mål.

De flesta väpnade styrkor nyttjar idag olika kommersiella ryddbaserade system och detta kommer sannolikt att öka. I lokala konflikter mot tekniskt lågt kvalificerade motståndare har dessa system fungerat relativt väl. Däremot är det oklart hur sårbara systemen egentligen är i en global konflikt eller mot en kvalificerad motståndare.

För de som inte äger egna rymdsystem är frågan om tillgänglighet till systemen viktig. Framförallt FN driver på den internationella diskussionen kring framtida riktlinjer och avtal, men det är osäkert hur tillgänglighet kommer att garanteras för ett system och hur de kontraktsbundna åtagandena kommer att uppfyllas vid en konflikt.

I en värld där det varje dag hanteras enorma mängder data, är skydd och kryptering av dessa data av enorm betydelse. Konsten att säkra överföring av sådan data mellan två parter utan att tredje part avlyssnar kallas kryptografi. När man använder mobiltelefoner, sociala medier, bank, datamoln, e-post, telefonlås och så vidare, så är man beroende av krypteringsprotokoll för att skydda sin information.

Världen förändras snabbt och datorer utvecklas för att få mer kraft. Nu utvecklas kvantdatorer, som använder kraften i



kvantmekaniken för att beräkna saker mycket snabbare. Dessa kvantdatorer sätter konventionella krypteringsmekanismer ur spel!

Quantum Key Distribution, eller QKD, är en typ av kvantkryptografi. Det utnyttjar den grundläggande osäkerheten hos kvantpartiklar som fotoner för att koda in information i dem för att skapa en säker nyckel.

En grundläggande grundsats i kvantmekaniken är att varje form av mätning förändrar en partikels kvanttillstånd. Om någon försöker mäta kvanttillståndet för fotonerna som en annan har skickat, skulle han oundvikligen ändra dem och på så sätt göra sin närvaro känd. Om han försöker göra en kopia av dem utan att ändra dem, skulle han upptäcka att han är blockerad.

Det finns olika typer av Quantum Key Distribution QKD-protokoll, vissa använder enstaka fotoner, andra använder svaga sammanhängande laserpulser och andra använder intrasslade fotonkällor för att nämna några. Den första framgångsrika demonstrationen av QKD från rymden var av Kinas MICIUS-satellit, som lanserades 2016. Men det finns fortfarande mycket arbete att göra för att bevisa att sådana satellit-till-jord-QKD-scenarier kan vara pålitliga och effektiva innan de kan användas för kommersiella ändamål.

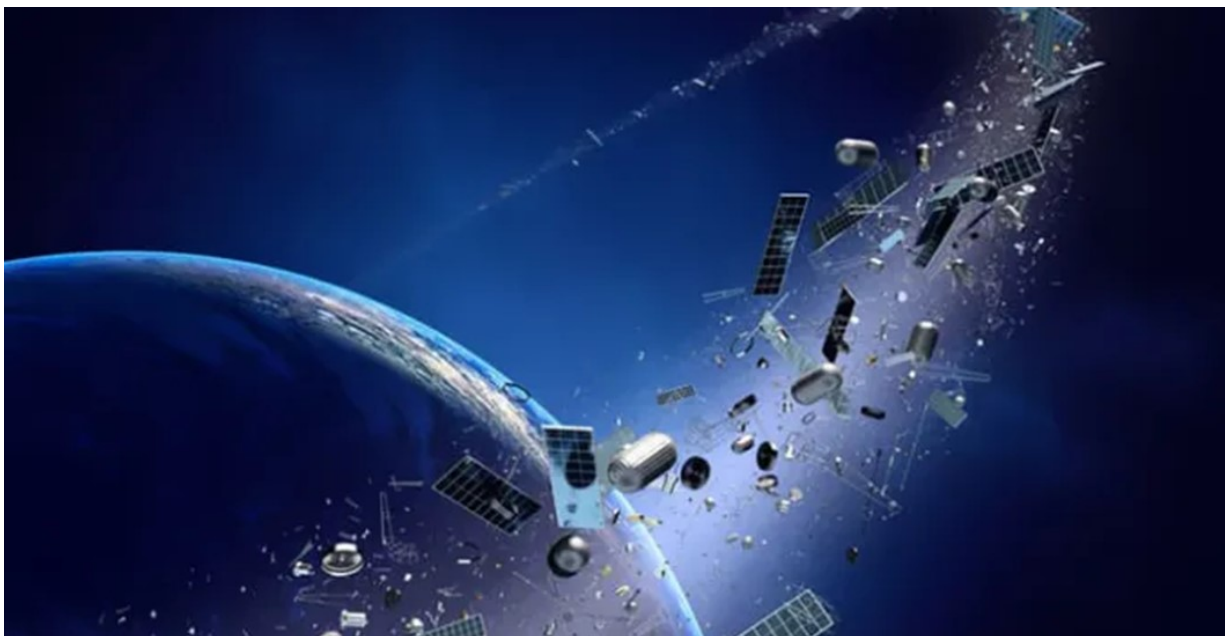
Den ökande mängden satelliter och en mer komplex säkerhetssituation har också inneburit att fler aktörer har behov av en rymdlägesbild och det finns idag ett

flertal kommersiella aktörer som erbjuder denna typ av tjänster.

Övervakningssatelliter var en av de första militära tillämpningarna av rymdsystem och tekniken utvecklas fortfarande. Det sker idag stora framsteg både på sensor och tjänstesidan. En sensorteknik som utvecklats snabbt är SAR, syntetisk aperturradar, där det idag finns kommersiella konstellationer som erbjuder högupplösta bilder.

För optiska system börjar upplösningen på de kommersiella systemen närma sig en gräns för vad som är fysiskt möjligt och utvecklingen är idag fokuserad på multi- och hyperspektrala sensorer. Högupplösta IR-kameror är en efterfrågad förmåga som ännu inte kommersialiserats. Framöver är det framförallt nya tekniker för sensorfusion och nyttjande av AI som väntas få stor effekt för hur ryddbaserad spaning bedrivs.

Tjänstesidan fokuserar på att erbjuda en analys av satellitbilderna, dvs tyngdpunkten ligger inte längre i att leverera rådata. Flera aktörer erbjuder enkla nätbaserade gränssnitt där det går att antingen prenumera på analyser eller köpa enstaka satellitbilder och analyser. I flera fall levereras bilderna av satelliter som ingår i en konstellation vilket innebär att tid till leverans är relativt kort. Beroende på vad som efterfrågas handlar det om dagliga leveranser till som längst ett par dagar.



Även om mycket utveckling görs för att satellitnavigeringssystem ska vara robusta och störtlåga är det troligt att andra typer av alternativa navigeringsfunktioner utvecklas för att begränsa det kritiska beroende som idag finns till satellitnavigeringssystem. För militärt bruk studeras även möjligheten att bygga tätt integrerade system bestående av kortvägs- och satellitsystem. Genom en kombinerad nätstruktur bedöms ett sådant system skapa en redundans som tidigare inte medgivits med separata system.

Satellitsystem för tidig förvarning har traditionellt varit inriktade på att upptäcka ett strategiskt kärnvapenhot i form av interkontinentala ballistiska missiler. I samband med att nuvarande amerikanska satelliter har genomgått ett generationsskifte uppges de numera även ha kapacitet att upptäcka, klassificera och förvarna om andra typer av missilupp-skjutningar.

Militärt sett har rymdbaserade förmågor börjat användas mer taktiskt och det finns en efterfrågan att snabbt kunna upprätta, fokusera eller vidmakthålla en förmåga som täcker in ett specifikt geografiskt område. Det är vad som kallas en responsiv rymdförmåga, vilken bygger på korta ledtider och snabb uppskjutning.

Satelliter kan idag utvecklas och skjutas upp med betydligt kortare ledtider än förut. Det finns även flera olika aktörer som erbjuder uppskjutning idag. Nya mobila och mer flexibla koncept är i utvecklingsskedet vilket ytterligare ökar möjligheterna till uppskjutning med kort

varsel. Det kan i vissa avseenden vara viktigare att få tillgång till den efterfrågade förmågan snabbt men med avkall på kvalitén, exempelvis lägre upplösning på satellitbilder.

Det ökande militära intresset för rymden och utveckling av offensiva förmågor som antisatellitvapen ASAT-vapen tvingar också fram en utveckling av mer motståndskraftiga satelliter och satellitkonstellationer.

Manövrerande satelliter, dockning och formationsflygning med satelliter, RPO (rendezvous and proximity operations), är ett samlingsnamn för aktiviteter som rör precisionsmanövrar mellan två eller flera närbelägna satelliter. Standardförfarandet bygger på koordinerade manövrar, men även icke-kooperativa manövrar utvecklas.

Utvecklingen av RPO påskyndas av den kommersiella sektorn där fokus ligger på OOS (on-orbit servicing). OOS innebär olika åtgärder för att förlänga livstiden för satelliter som redan ligger i bana runt jorden. Dessa åtgärder kan exempelvis vara att tillföra mer bränsle, uppdatera hårdvara, byta ut nyttolaster med mera.

En utveckling av konceptet är det bredare OSAM-begreppet (on-orbit service, assembly and manufacturing) som i när-tid även omfattar att montera ihop separata satellitelement i omloppsbana. Detta gör det möjligt att snabbt skapa satelliter med mer komplexa och stora strukturer än vad som idag är möjligt att skjuta upp i ett stycke.

RPO kan också användas militärt för satellitinspektioner och signalspaning. Genom att manövrera nära en annan satellit kan den inspekteras och dess förmåga bedömas. Om den manövrerande satelliten läggs i närliggande bana kan även riktad kommunikation avlyssnas. USA, Ryssland och Kina har idag satelliter som genomför manövrar som tyder på att denna typ av operationer genomförs. I princip kan även en manövrerande satellit användas som ett rymdvapen.

Den rent militära användningen av rymdbaserade system är redan många. I vissa avseenden nyttjas de för att stödja och förstärka redan existerande militära förmågor, i andra avseenden för att skapa nya förmågor och möjliggöra operationer, som annars inte skulle vara möjliga. Det civila samhället är också på väg att bli allt mer beroende av satelliterna. Sårbarheten ökar därför vid en eventuell militär konflikt.

Med tanke på den betydelse rymden har fått för att moderna samhällen ska fungera, så är det högst troligt att en militär konflikt involverar rymden eller rent av inleds där. Rymden har naturligtvis alltid haft en militär betydelse, men detta ökar när vi blir mer beroende av det som sker där. Det är därför den amerikanska militären har grundat sin nya rymdstyrka och flera andra länder följer efter.

Upprustningen i rymden

Även om rymden domineras militärt av de båda supermakterna USA och Kina så försöker många fler länder flytta fram sina positioner. År 2019 förklarade Nato rymden som sin femte operativa domän, och bara under det senaste året har Frankrike, Tyskland, Italien, Japan och Storbritannien inrättat militära kommandostrukturer inriktade på rymdoperationer. Australien kommer att ansluta sig till denna växande skara med bildandet av en rymdavdelning i början av 2022. Ryssland och Indien finns förstås redan där.

Aviation Week: [International Militaries Reach For The Stars](https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--5077--SE)

FOI: <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--5077--SE>

Spacepower and Space Warfare - Pure

De flesta av dessa länder använde redan aktivt rymden för kommunikation, forskning och observation, men bildandet av dessa nya kommandostrukturer återspeglar rymdens växande militära betydelse.

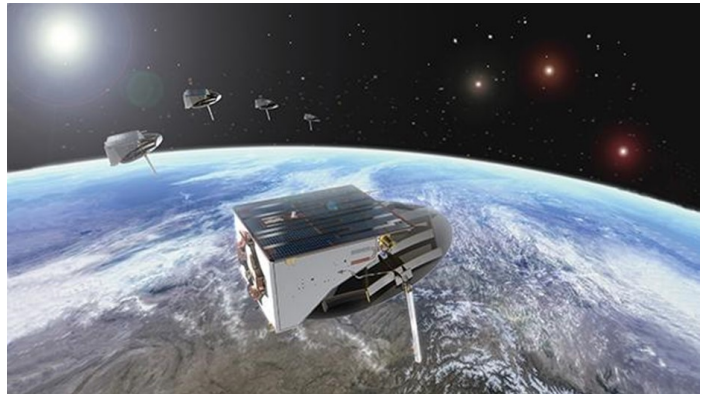
Nu mer än någonsin är länder beroende av rymden för viktiga militära och ekonomiska funktioner. En brittisk regeringsrapport från 2017 om potentiella störningar av globala navigationssatellitssystem (GNSS) påpekade att kostnaden för den brittiska ekonomin av ett fem dagars avbrott i GNSS-signalerna kan vara så mycket som 5,2 miljarder pund (63 miljarder kronor) och att detta sannolikt kommer att öka när folk blir mer beroende av satellitbaserade kommunikationstjänster som de som tillhandahålls av SpaceX: s Starlink eller OneWeb.

Med tanke på effekterna av en överlägsen rymdförmåga på markbunden krigföring är det inte förvånande att jordens största militära makter har aktiva antisatellit- eller kontra-rymdvapenprogram och utplaceringar för att förneka himmelska kommunikationslinjer till fiender och skydda sina egna.

Dessa vapens angreppsmetoder kan vara kinetiska, elektromagnetiska, laser- eller elektromagnetiska, och effekterna kan vara permanenta och reversibla. Rymdvapen kan vara baserade var som helst, med mål var som helst och använda alla medel för förstörelse, skada eller störningar av rymdkommunikation.

Amerikansk militär är beroende av rymdsystem för att projicera makt över hela världen. USA har integrerat rymd- och informationsteknik i sina väpnade styrkor till en högre nivå än andra stater på jorden. Den amerikanska militärens användning av sitt "globala informationsnät" (GIG) kan inte fungera utan den kritiska infrastrukturen i rymden. Sammansmältningen av rymdteknik och miniaturiserad datateknik på satelliter, militärfordon, vapenplattformar och individuell mobil kringutrustning har skapat ett allt omslutande nät. Kommunikationsreläer förenar amerikanska styrkor över hela världen med den politiska ledningen i Washington. Satellittelemetri berättar för trupper och missiler var de än är vart de är på väg, på vilken mark och vilka förhållanden de kommer att vara, och om fienden. Flygplan kan lämna sina baser och få aktuella måldata på väg.

Kina och Indien är exempel på stormakter som redan drar nytta av rymden vid sidan av Förenta staterna och fortsätter att investera i rymd för militär modernisering. Kina utvecklar en betydande jord- och rymdobservationsförmåga vid sidan av bredare militära moderniseringskampanjer, inklusive rymdkrigskapacitet. Kina har snabbt gått från ett relativt underutvecklat land som ödelagts av omstörtning, erövring, imperialism, systematisk plundring av dess befolkning, inbördeskrig och katastrofal misskötsel till en modern rymd-



makt med få jämlingar och förmodligen bara en överlägsen. Kina har agerat snabbt för att utveckla ett brett spektrum av rymdkapaciteter och har idag omfattande rymdsystem, som är mindre kapabla men parallella med USA:s.

Även Indien har utvecklat en stor och robust infrastruktur i rymden. Indien har ett sedan länge etablerat rymdprogram under överinseende av den indiska rymdforskningsorganisationen (ISRO), som grundades i augusti 1969. Idag påstås Indien ha ett av de mest omfattande inhemska satellitkommunikationsnätverken i Asien.

Japan har också markerat sin avsikt att investera i rymden. Japan Air Self-Defense Force (JASDF) etablerade sin rymdoperationsskvadron i maj 2020 och kommer att inviga en rymdoperationsgrupp i slutet av detta budgetår.

Australien ser ut att bli nästa att etablera en rymdenhet. Rymdavdelningen, som bildades under Royal Australian Air Force (RAAF), förväntas starta i början av 2022 med flyg-, land- och sjöpersonal. Den australiensiska regeringen säger att den kommer att inleda en "granskning av rymden" för att studera hur rymdfunktioner hanteras, förvärvas och drivs. Några detaljer har avslöjats om planerna, men operativa detaljer för enheten saknas och större klarhet kommer när Air Vice-Marshal Catherine Roberts tar över som första chef för rymdkommandot i januari 2022.

I Europa är läget som vanligt splittrat och småskaligt. Ryssland och England går sin egen väg och drömmer om den tid som var. Ryssland har åtminstone ett stort sovjetiskt arv inom rymdbaserade vapen och kan återuppta utvecklingen av orbital inspektion och dockningsteknik. Ryssland fortsätter att ha kapacitet inom jordobservation, rymdobservation, kommunikation och navigationstjänster i varierande grad och fortsätter att utveckla nya system. Ryssland integrerar också rymd- och informationsteknik i sina väpnade styrkor. Det enhetliga satellitkommunikationssystemet utgör nu "rygggraden" i den ryska militärens infrastruktur för kommunikation.



Anti-satellitvapen visas under Republic Day Parade den 26 januari 2020 i New Delhi, Indien.

Liksom Ryssland går Storbritannien allt mera sin egen väg i Europa. Man har haft ett konstant intresse för rymden, särskilt genom att använda sitt Skynet -kommunikationssystem, men har varit mer beroende än Frankrike eller Tyskland av USA:s rymdkommando. Kontrollant av Storbritanniens rymdbaserade system har i stor utsträckning varit det strategiska kommando, som övervakar Storbritanniens tre vapengrenar. Det är oklart hur mycket av den strategiska kommandokontrollen, som kommer att överföras till UK Space Command under Royal Air Force (RAF). Det inrättades den 1 april, öppnade sitt huvudkontor vid High Wycombe nära London i juli och är bemannat av personal från Royal Army, Royal Navy och RAF.

Storbritanniens rymdkommando kontrollerar landets rymdoperationscenter och har ansvaret för RAF Fylingdales på North Yorkshire-myrrarna, platsen för en radaranläggning, som ingår i det amerikanska nätverket Ballistic Missile Early-Warning System och har använts i stor utsträckning för att stödja amerikanska rymduppdrag och satellitspårning.

Den brittiska regeringens ökning av försvarsutgifterna i oktober 2020 inkluderade planer på att spendera 1,4 miljarder pund under de kommande tio åren på rymdbaserade funktioner, inklusive en underrättelse-, övervaknings- och spaningskonstellation.

Storbritanniens rymdkommando driver också på en rad teknologidemonstratorer, som ska göra det möjligt att bedöma vad man ska satsa på. En del arbete med rymdbaserade funktioner leds av UK Defense Science and Technology Laboratory (DSTL) och inkluderar Titania, en optisk kommunikationssatellit planerad att sändas upp 2023 och Carbonite-2 full-motion video-satelliten lanserad år 2018. DSTL samarbetar också med Airbus om studier av Project Oberon, ett kluster av högupplösta syntetiska radarsatelliter (SAR).

Det saknas dock fortfarande tydlighet om riktningen för Storbritanniens militära rymdambitioner. En efterlängtat rymdförsvars-strategi på gång sedan åtminstone 2018 förblir opublicerad. Man kommer sannolikt att prioritera närmare internationella partnerskap, framför allt med USA, men också genom initiativet Combined Space Operations Center, som inkluderar Australien, Kanada, Frankrike, Tyskland, Nya Zeeland och USA. Förhandlingar pågår också för Storbritannien att vara

värd för US Space Force:s framtida Deep Space Advanced Radar Capability (DARC) för att övervaka satellitaktivitet i banor upp till 36 000 km ovanför jorden. Andra DARC-platser är planerade i Nordamerika och Australien.

Washingtons beslut att bilda den amerikanska rymdstyrkan har satt den militära användningen av rymden på den politiska kartan på ett nytt sätt. Även om många av de europeiska länder, som har bildat rymdkommandon, har betraktat beslutet som speländrande, handlar skapandet av deras militära formationer, åtminstone för tillfället, mest om att omorganisera stolarna i olika försvarsministerier för att se till att hålla kontakten med den amerikanska rymdstyrkan. Om det finns en rymdcentrerad struktur inom amerikanska Pentagon, måste ju en allierad till USA kunna kommunicera med den.

Därför är det osannolikt att skapandet av nya militära strukturer i Europa utanför Ryssland för att fokusera på rymden kommer att resultera i betydande nya försvarsprogram. Även om kostnaden för rymdåtkomst sjunker, kommer satsningar för många av de mindre allierade att vara av begränsad omfattning.

Ett land som kanske inte tillhör denna kategori är dock Frankrike, som redan har en stark rymdnärvaro genom sin rymdorganisation CNES och program som jordobservationskonstellationen SPOT. Den franska luft- och rymdstyrkan är mitt i en stor expansion efter skapandet av Frankrikes rymdkommando sommaren 2019. Utbyggnaden inkluderar byggandet av ett kommando-och-kontrollcenter som planeras vara operativt 2025. Detta kommer att förena personal som för närvarande är utspridd på fyra platser, bland dem en rymdövervakningsanläggning i Lyon. Tanken är att samla all Frankrikes expertis inom operationsstöd, omloppsövervakning och aktivt försvar och få det att växa medan know-how inom satellitkontroll överförs från CNES.

Frankrike siktar också på att ha en fullvärdig organisation för att skydda sina satelliter i mitten av detta decennium. Enligt planerna kommer det att omfatta ett stort utbud av sensorer i omloppsbana och på marken. CSO-2, den andra av tre jordobservationssatelliter med en ny generation optiska sensorer, skickades upp i slutet av förra året.



För att sänka sårbarheten kan man sända hundratala små satelliter till låg jordbana

Frankrikes första patrullsatellit i geostationär omloppsbana är avsedd att sjösättas år 2023. Ett "aktivt försvars"-system, som förväntas använda rymdbaserade riktade energivapen, planeras att börja användas 2030. Franska luft- och rymdstyrkans första virtuella övning för militära operationer i rymden - en veckolång simulering av olika hot mot satelliter för att testa det kommande rymdkommandots reaktion - ägde rum i mars.

Bland rymdkommandots uppdrag är Eutelsat 36D-satelliten. Planerad för lansering under första halvåret 2024, kommer den att vara värd för en ultrahögfrekvent militär kommunikationslast som försvarsministeriet beställt. Nyttolasten ska användas av de väpnade styrkorna, särskilt specialstyrkor, i Frankrike, andra europeiska länder och Nato-allierade. I juni meddelade den franska försvarsministern Florence Parly och den amerikanska arméns generaldirektör James Dickinson, befälhavare för US Space Command, att deras samarbete i rymden skulle intensifieras och att gemensamma övningar skulle organiseras. Permanenta positioner skapades också för en fransk officer vid US Space Command och för en amerikansk officer i franska rymdkommandot.

Precis som Frankrike har Italien också varit en långsiktig användare av rymdbaserade kommunikations- och observations-satelliter. Man inrättade formellt sitt Joint Space Operations Command (COS) i januari 2020 för att utveckla ett större samarbete inom luft-, missilförsvar och rymdlägesnätverk för att försvara sin rymdbaserade kapacitet. Ett separat kommando i Rom driver landets Sicral-konstellation av kommunikationssatelliter och COSMO-SkyMed jordobservationskonstellation.

Det italienska flygvapnet har separat ökat intresset för rymdverksamhet under de senaste åren genom sitt sedan länge etablerade General Office for Space. Flygvapnet har också arbetat med Italiens nationella forskningsråd om studier för att utforska uppsändning av små satelliter med bäraketer monterade på högpresterande stridsflygplan. I juli tecknade flygvapnet avtal med industrin och akademien om att öka vetenskaplig och teknisk forskning om kommersiella rymdfärder.

Innan bildandet av ett eget rymdkommando i juli hade Berlin redan erfarenhet av militär rymd efter att ha drivit en konstellation av radarspaningssatelliter kallad SAR-Lupe i 15 år. SAR-Lupe sattes i omlopp 2006 och kontrolleras av Tysklands Strategic Reconnaissance Command, en separat organisation direkt under försvarsdepartementet skild från de enskilda väpnade styrkorna.

Tysklands rymdkommando syftar till att samla tidigare expertis och kapacitet och bli en central kontaktpunkt för multinationella partners. Den nya organisationen är baserad på Uedem, nära den tysk-nederländska gränsen vid Natos kombinerade luftoperationscenter för norra Europa. Rymdkommandot har till uppgift att skydda tyska flygvapnets rymdsystem och vid behov försvara dem genom att övervaka rymdaktiviteter. Tyskland har däremot inga planer på att skaffa vapen för att bekämpa satelliter. Fokus ligger på utbildning, tidig varning och kommunikation med internationella partners som USA, Frankrike eller Storbritannien.

På andra håll i Europa investerar Nederländerna också i rymden. I juli lanserade Virgin Orbit en nanosatellit Brik II stor som en mjölkkartong som en del av en demonstration för att undersöka potentialen för nanosatellitteknologi för militärt bruk. Ombord finns flera experiment som rör kommunikation och signalstörningar.

För Sveriges del publicerade FOI "Omvärldsanalys Rymd 2020 Fokus på försvar och säkerhet". Rapporten syftar till att ge en översikt av rymdområdets utveckling, framförallt under de senaste tre åren, och vilka trender som kan utläsas genom att studera hur omvärlden agerar inom området. Detta sätts i ett svenskt sammanhang för att lyfta fram utmaningarna och möjligheterna ur ett försvars- och säkerhetsperspektiv.

Rapporten belyser vikten av att Sverige hanterar rymdverksamhet ur ett helhetsperspektiv, där nationella och internationella, samt civila och militära aspekter tas i beaktande. En helhetssyn på rymdområdet är avgörande för att framgångsrikt konkretisera den nationella rymdstrategin.

Rapporten drar slutsatsen att framtida kriser och konflikter kommer att involvera rymddomänen, eller till och med inledas där. För att hantera detta i ett framtida totalförsvar behövs det en samordning och samsyn avseende försvars- och säkerhetsrelaterad forskning samt teknikutveckling inom rymdområdet. Det kommer också att behövas en god kunskapsnivå hos berörda myndigheter och en god medvetenhet om den internationella utvecklingen av rymddomänen hos beslutsfattare för att kunna stödja både totalförsvars- och försvarsplanering. Sverige behöver också bygga upp en beredskap för att hantera andra aktörers agerande i rymden.

Krigföring i rymden

Med skapandet av US Space Force och i och med att andra nationer följer efter är det absolut nödvändigt att bättre förstå de grundläggande principerna genom vilka framtida rymdkrig kan vinnas. Herravälde i rymden handlar i stor utsträckning om att behärska eller förstöra kommunikationslinjer.

Aviation Week: [Opinion: Rules For Space Warfare](#)
ON WAR IN SPACE

[War in Space May Be Closer Than Ever - Scientific American](#)

[This is what "war in space" probably would look like in the near future](#)

Ur en geopolitisk synvinkel verkar det troligt att vi kommer att se människor slåss om månen eller asteroiderna inom en inte alltför avlägsen framtid. Mest troligt är att infrastrukturen i form av alla satelliterna i närheten av Jorden kommer att dras in i en sådan kommande konflikt.

Sedan mitten av 1970-talet och tillkomsten av anti-satellitvapen i Sovjetunionen och USA har rymden behandlats som en omtvistad domän av USA, Ryssland och framväxande makter som Kina och Indien. Även om inga krig ännu har brutit ut i rymden, så har makter som Kina (2007), Indien (2019) och Ryssland (2021) visat sin förmåga att slå ut satelliter.

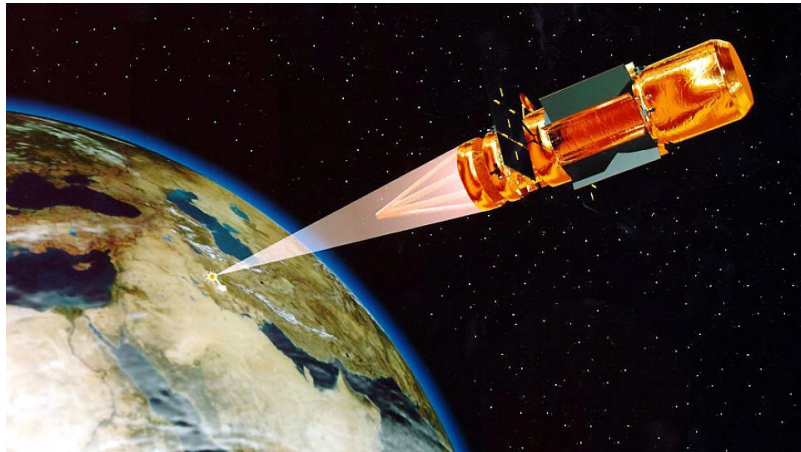
Till skillnad från ett krig på Jorden, som vanligtvis involverar en ansträngning att dominera en fysisk plats, så upptar satelliter i omloppsbana inte en enda plats. Därför betyder att kontrollera rymden inte nödvändigtvis att fysiskt erövra rymdens sektorer.

Snarare innebär kontroll över rymden att minska eller eliminera motståndarens satellitkapacitet samtidigt som man säkerställer att man behåller förmågan att fritt använda sin egen för kommunikation, navigering, observation och alla andra allt viktigare sätt på vilka militärer förlitar sig på rymden.

Ett krig i rymden skiljer sig i viktiga avseenden från ett krig på jordytan. Satelliter rör sig snabbt men förutsägbart. Satelliter i vanliga cirkulära banor rör sig i hastigheter mellan 3 km/s och 8 km/s, beroende på deras höjd. Däremot färdas en genomsnittlig geostationär satellit bara cirka 0,75 km/s. Utrymmet är också stort. Volymen mellan låg jordbana och geostationär bana är cirka 190 gånger större än Jordens volym.

Medan satelliter rör sig snabbt är utrymmet stort, och det gör att målmedvetna manövrar verkar relativt långsamma. När en satellit väl är i omloppsbana kräver det tid och en stor ändring av hastighet för att utföra manövrar.

Timing är därför allt. Inom atmosfärens gränser kan flygplan, stridsvagnar och



fartyg nominellt röra sig i vilken riktning som helst. Satelliter har inte den friheten. På grund av jordens gravitationskraft rör sig satelliter alltid i antingen en cirkulär eller elliptisk bana, ständigt i fritt fall runt Jorden. Att få två satelliter på samma plats eller ett vapen på samma plats som en satellit kräver noggrann planering och perfekt timing.

Med tanke på allt detta kommer manövrar och krigshandlingar att behöva planeras långt i förväg. Varje konflikt i rymden kommer att vara mycket långsammare och mer medveten än en på Jorden. Det kräver mycket mer långsiktigt tänkande och strategisk placering av resurser. Att ha dyra militära rymd- eller markbundna tillgångar i fel positioner från början gör dem värdelösa för snabba konflikter.

Det kommer att finnas viktiga punkter i rymden som gör det möjligt för motståndare att fördela sina antisatellitsystem för att maximera tidpunkt och tempo för sina attacker. De kommer att variera för olika konfliktzoner och operativa avsikter. Rymdlägesmedvetenhet kommer därför att vara nyckeln till avgörande rymdoperationer.

Eftersom det är mycket svårt att byta banor i sista minuten kan omedelbar rymdstrid endast utkämpas med de aktuella resurserna. Rymdstyrkor under omedelbar attack kan inte omfördela eller söka förstärkning (och allierade nationer kommer sannolikt inte heller att kunna hjälpa). Således är positionering av rymd-tillgångar före konflikten en av de viktig-

aste aspekterna av rymdstrategier. Avgörande kommer att vara att ha resurser i rymden, som är överlägsna i antal och teknisk kvalitet, stödda av den politiska viljan att snabbt och fullt ut använda dem.

När det gäller vapen finns det förutom markbaserade missiler flera sätt på vilka satelliter kan attackeras. Radiosignaler kan användas för att störa en motståndares satelliter, eller förstöra dem genom att skicka skadliga kommandon. Detta skulle vara en förlängning av elektronisk krigföring som redan används i sjö- och luftstrider.

Vissa nationer, som Frankrike, har gått så långt som att tala om att placera ut vapen i rymden, men satelliter som använder kinetiska vapen för att skjuta ner mot-satta satelliter verkar osannolikt för närvarande, med tanke på den extraordinära energi som krävs för att manövrera ett sådant vapen till en riktig bana. Mer sannolikt skulle vara att åstadkomma en kollision mellan satelliter, som inträffar när två banor korsar varandra.

Nationer torde ha ett starkt incitament att inte våldsamt förstöra andras satelliter på grund av potentialen att skapa farligt skräp, som potentiellt skulle påverka egna tillgångar i rymden. Skräp som genereras i rymden blir kvar där. Men i krigets omedelbarhet kan förstås en nation besluta att det är värt att permanent förlora tillgången till vissa platser i omloppsbana på grund av skräp, för att vinna ett markbaserat krig.

På grund av rymdkrigens nyhet kommer motståndare inledningsvis inte att förstå den bästa teorin, doktrinen, strategin, taktiken och tekniken för att genomföra optimerade rymdkrig. Stora misstag kommer att göras av båda sidor.

På grund av de stora avstånden i rymden och lättheten att dölja satelliter kommer osäkerhet och förvirring att dominera i varje rymdkonflikt. De mest noggranna planer och antagandena kommer att visa sig vara falska.

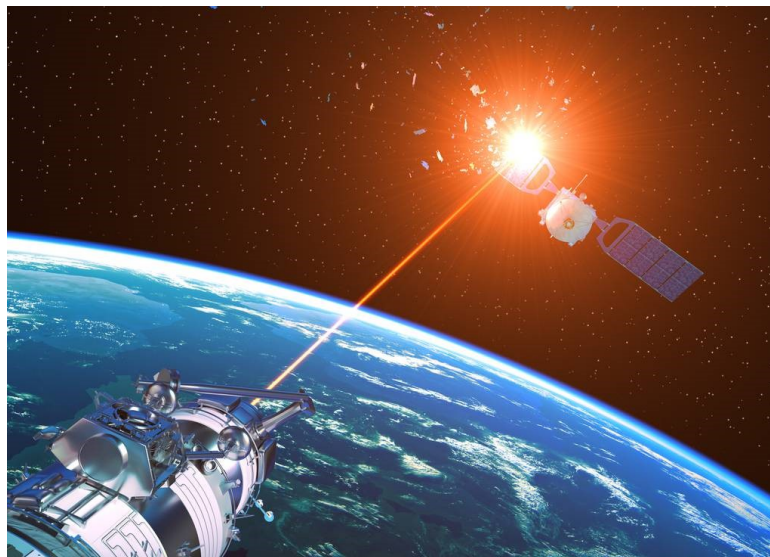
Bristen på historisk erfarenhet inom detta nya militära område kommer sannolikt att leda till strategisk förlamning. Osäkerhet och förvirring kan verka självavskräckande.

Om oväntade attacker inträffar är angriparens identitet och avsikt okänd och normalt tar det månader att bedöma om ett satellitfel beror på naturliga eller avsiktliga orsaker. Om ursprungslandet för rymdattacker ska verifieras innan några svar godkänns kan det vara för sent.

Vad som menas med att "vinna" i rymdkrig är inte klart definierat. Det kan komma att bestämmas av ett politiskt ledarskap med begränsad teknisk eller militär kunskap och kan baseras på rent politiska, propagandistiska eller misslyckade doktrinära principer. Motståndare kommer säkert att ha helt olika definition av att vinna, vilket innebär att båda sidor kan uppfatta att de har "vunnit" rymdkonflikten. På grund av rymdkrigens nyhet kommer motståndarna inte att förstå fullt ut de politiska, diplomatiska, ekonomiska och internationella konsekvenserna av att använda rymdvapen.

Efter ett större rymdkrig kan nationella och internationella protokoll, fördrag, uppföranderegler och allianser komma att ändras radikalt. Rymdstrategier som används under konflikten bör ta hänsyn till detta för att placera sig i en gynnsam position, efter konflikten. Först efter genomförandet av ett stort rymdkrig kommer motståndare och andra nationer att lära av kriget och bygga upp adekvata rymdvapenfunktioner, som förmodligen kommer att förbli hemliga.

Förberedelser pågår. Från 1985 till 2002 fanns ett United States Space Command, som 2002 slogs samman med United States Strategic Command, vilket lämnade United States Space Force (tidigare Air Force Space Command till 2019) som den primära ameri-



kanska militära rymdstyrkan.

Kina är en snabbt växande rymdmakt, med ambitiösa planer på en rymdstation, en månbas och en Marsbas. Till skillnad från USA, där NASA är civilt med öppna planer, blandas Kinas rymdprogram med dess militär och verkar under en slöja av sekretess.

Den ryska rymdstyrkan, etablerad den 10 augusti 1992, som blev en oberoende sektion av den ryska militären den 1 juni 2001, ersattes av den ryska flygförsvarsstyrkan med start den 1 december 2011, men återupprättades som en del av den ryska Aerospace Forces den 1 augusti 2015.

2019 genomförde Indien ett test av ASAT-missilen, vilket gör det till det fjärde landet med den förmågan. I april 2019 etablerade den indiska regeringen Defense Space Agency eller DSA.

Fram till 1980-talet designade och provade Sovjetunionen och USA en mängd olika vapen utformade för krigföring i yttre rymden. De föreslagna systemen sträckte sig från åtgärder så enkla som mark- och rymdbaserade antimissiler till järnvägsvapen, rymdbaserade lasrar, orbitalminor och liknande vapen. Med den fortsatta utvecklingen av elektronik, fokuserades uppmärksamheten på de stora taktiska fördelarna med att beröva en motståndare satellitbaserade övervaknings-, kommunikations- och positioneringssystem. För detta ändamål forskar USA (och förmodligen andra länder) på grupper av små, mycket mobila satelliter som kallas "microsats" (ungefär storleken på ett kylskåp) och "picosats" (ungefär 1 kubikfot i volym) kvicka nog att manövrera

runt och interagera med andra kretsande föremål för att reparera, sabotera, kapa eller helt enkelt kollidera med dem.

Riktade energivapen som lasrar, linjära partikelacceleratorer eller partikelstrålebaserade vapen, mikrovågor och plasmabaserade vapen är också mer praktiska och effektiva i ett vakuum (dvs. rymden) än i jordens atmosfär.

Ännu är det inte känt att någon egentlig krigföring har ägt rum i rymden, även om ett antal prov och demonstrationer har utförts. Internationella fördrag finns på plats som försöker reglera konflikter i rymden och begränsa installationen av rymdvapensystem, särskilt kärnvapen.

Men det är inte bara konflikter mellan stater, som kan utlösa krig. Privata rymdföretag håller på att skapa en ny situation. Över två dussin företag har ambitiösa planer. SpaceX och Blue Origin med de två rikaste personerna i världen i spetsen, leder satsningen. Värdet på den privata rymdindustrin förutspås tredubblas till slutet av årtiondet. Apples ekonomi är större än alla utom sju länder. Amazon har en ekonomi som liknar Rysslands eller Brasiliens.

Med få lagar och förordningar i rymden kommer företag inte att möta några etiska begränsningar för sitt betende. Kommer historien att upprepas? Det holländska Ostindiska Kompaniet kontrollerade för fyra hundra år sedan halva världens handel och hade 40 krigsfartyg och 10 000 soldater. Kanske kommer framtidens krig att föras mellan företag och inte mellan stater.

Rymdflygplanens historia

Drömmen om att flyga hela vägen till rymden började när det första flygplanet flög vid Kitty Hawk 1903. Trots många planer, prototyper och experimentella flygningar sedan dess har endast två rymdplan någonsin tagits i bruk, rymdfärjan och den topphemliga lilla obemannade Boeing X-37B. Endast den senare är kvar i tjänst, men kan rymdplanet komma igen under 2000-talet?

BBC Future: Återuppliva det återanvändbara rymdplanet

Project 921-3 Tengyun Space Plane - GlobalSecurity.org

ESA - Space Rider

Det är enkelt att se fördelarna med rymdflygplan. Idén är att flyga till en rymdstation och tillbaka precis som man flyger i ett flygplan från Göteborg till London. Eftersom rymdflygplan använder landningsbanor kan de starta och landa oftare. Och om man vill hämta ner en satellit, är ett rymdplan och inte en kapsel med besättning, som återvänder till jorden via fallskärm den enda lösningen. Rymdflygplan kan också användas för att testa militär utrustning och till och med för att fånga fiendens satelliter.

Tanken är inte ny. Ryssen Friedrich Zander publicerade redan 1911 planer på ett interplanetärt rymdflygplan byggt av brännbara legeringar av aluminium. Det skulle starta som ett konventionellt flygplan och sedan bränna upp sina vingar som bränsle när det nådde den övre atmosfären och inte längre behövde dem. År 1921 presenterade han rent av idén för Vladimir Lenin på en uppfinnarkonferens, som denne av någon anledning hade hamnat på.

Den ryske rymdpionjären Tsiolkovskiy påpekade 1929 att ett flygplans höjd inte behöver begränsas till atmosfären om raketframdrivning användes. Detta inspirerade raketentusiaster i Sovjetunionen och ledde till utveckling av experimentella och militära raketplan under 1930-talet.

Lite senare 1944 under andra världskriget föreslog två tyska forskare, Eugen Sänger och Irene Bredt, ett koncept för ett hypersoniskt raketdrivet flygplan som kunde bomba USA. Ett sådant flygplan skulle stiga till cirka 40 km innan det stängde av sina motorer och seglade tillbaka till kanten av atmosfären. Där skulle det återigen avfira sina luftandande motorer och hoppa tillbaka ut i rymden. Farkosten skulle upprepa denna hoppande rörelse längs kanten av jordens atmosfär ungefär som en sten som hoppar över vatten, tills den nådde sin destination, New York. Uppenbarligen tänkte inte Hitler på idén, fast han vid det laget behövde alla möjliga slags vapen efter att ha gett sig i krig med resten av världen. Förslaget påverkade kanske ändå formen på det första amerikanska rymdflygplanet, X1, det första raketdrivna flygplanet, som bröt ljudbarriären den 14 oktober 1947.

På 1950-talet lade raketpionjären Wernher von Braun fram sin vision av en "raket med vingar" och US Air Force dämde av Sängers idé. Inom X-15-programmet gjordes nästan 200 flygningar från 1959 till 1968 och man nådde Mach 6.7, den högsta hastigheten hittills i ett bemannat flygplan.

Boeing X-20 Dyna-Soar var ett amerikanskt program för att utveckla ett rymdplan, som skulle kunna användas för en mängd olika militära uppdrag, bland annat flygspaning, bombning, rymdräddning, satellitunderhåll och för att sabotera fiendens satelliter. Programmet avbröts dock 1963 till förmån för det raketbaserade Gemini-programmet



Rymdskytteln

för att man snabbare skulle få upp människor i rymden.

Den ursprungliga Gemini-rymdfarkosten skulle flyga ut i rymden på en raket och landa på en landningsbana som en skärmflygare, men man insåg att det var lättare att landa med fallskärm i vatten. Hemliga sovjetiska projekt misslyckades också. MiG-105, till exempel, var en bemannad provfarkost utvecklad för ett sovjetiskt rymdflygplan. Det flög första gången 1976 men avbröts två år senare.

Dyna-Soar programmets teknik ledde fram till Space Shuttle, eller officiellt Space Transportation System. Det var en bemannad rymdfarkost, som användes av USA:s rymdstyrelse NASA mellan åren 1981 och 2011 för transporter till låg rymdbana. Den första rymdfärjan, Columbia, sändes upp 1981. Totalt har fem exemplar av Space Shuttle tagits i bruk, varav två förolyckats (Columbia och Challenger) och tre tagits ur drift (Discovery, Endeavour och Atlantis). Systemet lades ner 2011. Den sista flygningen var med Atlantis som lyfte fredagen den 8 juli 2011.

USA är inte det enda land som är intresserat av rymdflygplan. Den sovjetiska Buran var inspirerad av NASA:s rymdfärja. Den flög obemannad 1988, men fullbordade aldrig ett bemannat uppdrag före Sovjetunionens fall. Japan började forska om rymdflygplansteknik 1987. Europeiska rymdorganisationen har haft liknande tankar och Tyskland gav sig på 1990-talet in på det senare inställda Sänger-konceptet med ett tvåstegs rymdflygplan. Storbritannien har utvecklat flera rymdflygplanskoncept, varav några daterar sig till 1950-talet. Planerna för europeiska och japanska rymdflygplan var fortfarande bara planer och Kinas avsikt att bygga ett eget rymdflygplan hölls tillbaka av att raketer var en snabbare väg ut i rymden. Kina lanserade sina första taikonauter i rymden 2003 istället för som planerat 2020.

Den senaste amerikanska forskningsinsatsen var det högprofilerade National Aerospace Plane (NASP), eller X-30, som avbröts 1994 på grund av budgetnedskärningar. Motiveringen till NASP var att det skulle göra det möjligt för mycket korta flygtider från USA:s västkust till Japan.

Rymdflygplan

24

Trots allt slutade USA inte att drömma om ett återanvändbart rymdplan och 1994 inleddes ett tredelat teknikdemonstrationsprogram. DC-X, Delta Clipper, gjorde fyra framgångsrika flygningar som demonstrerade dess vertikala landningsförmåga. Testerna avslutades dock den 31 juli 1996, då fordonet välte och exploderade efter sin fjärde flygning. X-33 lyftkroppskonceptet kallades Venture Star. Den hade en ny aerospikemotor och skulle starta vertikalt men landa som ett flygplan. X-34 var en enstegs raket med korta vingar och en liten stjärtyta som kunde flyga till Mach 8. Den skulle bäras upp ombord på ett L-1011-flygplan. Båda avslutades i slutet av 1990-talet.

Ur dessa projekt föddes den obemannade Boeing X-37B. Boeings förslag om en större, bemannad version avvisades dock. Boeing X-37 är en obemannad återanvändbar experimentrymdfarkost tillhörande USA:s flygvapen och byggs på Boeing X-40, som började utvecklas 1999 av NASA. År 2004 övertog USA:s försvarsdepartement projektet i sin helhet. Från början var det tänkt att farkosten skulle skjutas upp med USA:s rymdfärjor, men efter olyckan med rymdfärjan Columbia bestämdes att man skulle använda en Delta II-raket för uppskjutningen. Senare bytte man till en Atlas V-raket då denna rakettyp klarar större aerodynamiska påfrestningar än vad Delta II gör. X-37 omges av mycket hemlighetsmakeri. Det uppges att den skall kunna stanna i omloppsbana i upptill 270 dygn. Vad den gör där vet bara de invigda.

Den europeiska rymdorganisationen ESA har kontrakt med de italienska Thales Alenia Space och Avio för Space Rider - Europas första rymdplan - för uppskjutning 2023 på en förbrukningsbar Vega C-raket. Enligt kontraktet kommer Thales Alenia Space Italy att bygga Space Riders återanvändningsmodul medan Avio levererar en förbrukningsbar servicemodul och framdrivningssystem.

Space Rider är en vidareutveckling av ESAs Intermediate eXperimental Vehicle (IXV), suborbital återinträdesfarkost, som flög sitt första och enda uppdrag 2015 och tillbringade nästan en timme i rymden innan en landning på vatten och återhämtning. Space Rider kan bära upp till 800 kg nyttolast. Dess förbrukningsbara servicemodul kommer att förlänga Space Riders vistelse i omloppsbana, så att rymdflygplanet kan fungera som en fritt flygande plattform för ett brett spektrum av uppdrag, som liknar det amerikanska X-37B.

En sak är dock säker. Oavsett vilken framtid rymdplanet har kommer det att involvera Kina. Kina avslöjade Tengyun-projektet 2016, som syftar till att utveckla ett återanvändbart rymdplan. Rymdplanet består av två steg med det större flygplanet som bärflygplan, som kommer att landa precis som ett normalt plan,

En liten modell visades vid Zhuhai Airshow 2018. Demonstration och verifiering av rymdskeppet Tengyuns horisontella start, horisontella landning (HTHL) ska vara färdigt 2025 och den första flygningen för det kinesiska rymdplanet ska ske 2030. Enligt tidigare rapporter kommer Tengyun att kunna bära både besättning och last till omloppsbana. Det kommer också att kunna lyfta upp satelliter. I oktober 2019 genomförde den kinesiska akademien för rymd och aerodynamik framgångsrikt ett vindtunnelexperiment,



där det andra stegets flygplan fritt lossnade från första steget.

Rymdplanet skall använda en motor med kombinerad cykel som gör att det kan starta från en flygplats och flyga till omloppsbana. Den horisontella starten skulle drivas av en turbofläkt eller turbojetmotor följt av en ramjetmotor för att ta planet uppåt genom atmosfären. När rymdfarkosten når överljudshastigheter byter den sedan till en scramjet-motor som tar den genom atmosfären från 20 kilometer till 100 kilometer över havet. När det väl är genom denna "nära rymd" -miljö kommer rymdplanet antligen att använda sina inbyggda raketmotorer för att manövrera till omloppsbana.

Rymdplanet liknar brittiska Skylon, som också använder en kombinerad cykelmotor och raketmotor för att uppnå hypersoniska hastigheter. I stället för en scramjet för hypersonisk flygning använder den brittiska versionen av rymdplanet förkylda jetmotorer. Båda rymdplanen är under utveckling och förväntas börja flygprovningen 2020 med utplacering före eller före 2030.

Rymdindustrin har inte utvecklats på det sätt som förespråkare av rymdflygplan tänkte sig. Robotiseringen innebär att man inte behöver skicka så många människor till rymden. Det finns också, enligt vissa analytiker, liten efterfrågan för närvarande på att föra satelliter tillbaka till jorden eftersom de har längre hållbarhet och har blivit billigare att bygga och ersätta. Raketer är faktiskt allt vi behöver för tillfället.

Men det är ändå bara med vingar som något som liknar flygtrafik kan uppnås i rymden. Drömmen om de graciösa rymdplanen är fortfarande levande, även om ambitionen för deras faktiska roll kan ha krympt. Vi litar fortfarande på raketer för att skicka ut astronauter i rymden och föra dem tillbaka till jorden i kapslar upphängda i fallskärmar.

Så finns det då en framtid för rymdplanet? Rymdflygplan innebär ju stora och dyra tekniska utmaningar. Material behövs som är tuffa och lätta nog för att överleva täta returresor till rymden och det är problem med att integrera de två eller tre olika typerna av framdrivningssystem, som behövs för olika steg i flygningen.

Rymdflygplan



Men rymdplan kan användas för att testa militär utrustning och till och med för att fånga fiendens satelliter. Rymdplanens teknik överlappar också hypersoniska vapen och flygplan. Ett rymdplan är ett avgörande framtidsvapen och representerar trenden med att integrera luftfart och rymdteknik. Många länder har utvecklat rymdplan, inklusive USA med sin X-37B, som många militära observatörer hävdar är en prototyp till en rymdfighter.

Ett rymdplan kan användas för rekognosering, som anti-satellit-vapen, för att upptäcka-ballistiska missiler och markattacker. Och det kan också skicka satelliter och astronauter till rymden till en lägre kostnad än raketer, eftersom de kan återanvändas och använda standardflygplatser.

Tvästeg till bana (TSTO) betyder att rymdplanet består av två flygplan, med det första steget som bär det andra steget. Det första steget kommer att ge kraft till rymdplanet vid start och när det når en viss höjd och hastighet kommer det andra steget att lossas från det första och driva sig vidare ut i rymden, medan det första steget kommer att landa precis som ett normalt plan.

Det finns två typer av "riktiga rymdplan". Den enklaste versionen är när rymdplanet skjuts ut i rymden fäst på en traditionell vertikal starttraket, som rymdfärjan. Det svåraste är när startfarkosten lyfter horisontellt och när båda stegen är rymdplan.

För verklig återanvändbarhet och flexibilitet och för minskad dragkraft kommer bevingade flygplansfarkoster att behövas. Det är bara med vingar som något som liknar flygtrafiken kan uppnås i rymden.

En av de främsta fördelarna med vingarna är att de hjälper till att lyfta farkosten. Med en vertikalt avfyrad raket måste motorn ge en acceleration som är högre än ett "g" för lyft. Med vingar är det bara nödvändigt att ha tillräckligt med dragkraft för att accelerera på landningsbanan för att göra starten tillräckligt kort. Ett typiskt värde för horisontell startflygplan är acceleration av $g/2$ eller mindre än hälften

av vad som krävs för vertikal start. Den dragkraft som krävs från motorerna är därför mindre i samma utsträckning. Vingar gör också farkosten mer lämpad för återhämtning följt av en konventionell landning..

Men om ett bevingat rymdflygplan skulle ha många fördelar, finns det också många problem. Den ena är att den i motsats till raketen måste hålla sig inom atmosfären under sin uppstigning till rymden. Det innebär att uppvärmningen och belastningen av kroppen är högre. Stagnationstemperaturerna kommer att vara mycket höga jämfört med vad typiska material tål. Hypersoniska flygplan måste lindas in i en värmebeständig, flexibel hud som eventuellt består av exotiska keramiska kompositer. Eftersom stora cockpitfönster gör det möjligt för värme att stråla in i cockpit, måste små fönster av porthålstyp användas vid starter och landningar. Piloten förlitar sig på videoskärmar anslutna till externa sensorer.

Lyft-till-motståndsförhållandet L/D är mycket viktigt. En typ av fordon som har föreslagits för att maximera detta är "waveriders". Nonwieler, 1963, utformade begreppet vågridare som en överljuds- eller hypersonisk farkost, som har en stötvåg längs hela sin framkant. På grund av detta kan högtrycket bakom stötvågen under farkosten inte läcka till den övre ytan. Det höga trycket under fordonet bevaras vilket resulterar i högre lyft. Farkosten verkar köra ovanpå sin egen stötvåg, därav termen vågridare.

Det hastighetshöjdsband där flygning som upprätthålls av aerodynamiska krafter är tekniskt möjlig kallas flygkorridoren. Vanligtvis antas det att fordonen flyger med ett konstant dynamiskt tryck q . Om q är för litet kan vingytan som krävs för lyft bli mycket stor. För att hålla upp dragkraften bör q också vara så hög som möjligt. Därför vill man flyga hela vägen med högsta tillåtna q utan att de strukturella krafterna och fordonets motstånd bli för stora. Ett typiskt värde kan vara $q=50$ kPa. Detta gör banan för ett luftande rymdflygplan mycket annorlunda än för en raket.

Fåglar är byggda för fart

Fåglars flygning är starkt relaterad till deras kroppars uppbyggnad. Vissa fåglar är födda som ultimata hastighetsmaskiner andra för att stanna så länge som möjligt i luften och speciellt vingarna skiljer sig åt.

Top 10 Fastest Birds In The World

List of birds by flight speed - Wikipedia

How Fast and High Do Birds Fly? - Stanford University

Man kan säga mycket om hur en fågel lever bara utifrån dess vingform. Platta vingar med ganska högt sidoförhållande mellan längd och bredd som saknar slitsar och med fjädrar vid basen som effektiviserar bakkanten in mot kroppen, finns hos falkar, svalor och andra specialister på höghastighetsflygning.

Vid varje vingpets bildas en virvel i spiral när luft spills från högtrycksområdet under vingen till lågtrycksområdet över den. Att smalna av spetsarna minskar det område som utsätts för den motstånd-inducerande bildningen av virvlar.



Tornseglare är extremt anpassade till ett liv i luften och efter att de kläcks befinner sig många individer i luften från det att de lämnar boet tills de häckar första gången, vilket sker efter två till tre år. De uppträder mycket sällan på marken och ofta påstås det att de inte kan, eller har mycket svårt att lyfta från plant underlag. Detta är emellertid inte fallet för en frisk fågel. Utanför häckningstiden uppehåller de sig i luften under flera månader ofta utan avbrott. På högsommaren är de sociala fåglarna mycket närvarande i luftrummet över städerna med sina gälla skrik. Vid sina störtdykningar kan de uppnå hastigheter på över 200 km/h.



White-throated needletail bor i de stengiga kullarna i Sibirien och Asien. Med en



maximal hastighet på 170 km/h är det världens snabbaste fågel i flaxande flygning. Den har långa böjda vingar och kraftfull kropp och är en flyttfågel. Innan vintern börjar flyttar den mot Sydasiens och Australien. I slutet av vintern återvänder den till sina häckningsområden.

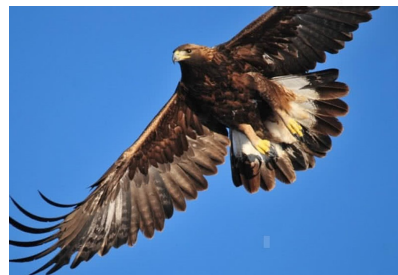
Avsmalnande vingar med högt förhållande mellan längd och bredd finns på svävande sjöfåglar. De flesta har vingar som smalnar av mer eller mindre till en punkt vid deras yttre spets.



Gråhuvad albatross är en stor havsfågel som häckar huvudsakligen i södra Atlanten. Som namnet antyder har den ett blågrått huvud och nacke och svartgrå stjärt. Med sitt 2,2 meters vingspann kan albatrossen flyga med en maximal hastighet på 125 km/h. Under foderfärden de med normal hastighet på 110 km/h utan vila. Den utnyttjar starka stormar för att flyga snabbare.

Slitsar mellan fjädrarna vid vingpetsen sänker hastigheten med vilken luft som strömmar över vingpetsen kan orsaka tillräckligt med turbulens för att lyftkraften ska minska och fågeln börja sjunka. Slitsar underlättar således manövrering i låg hastighet.

Golden Eagle är den största rovfågeln i Nordamerika. Denna kraftfulla örn har



en längd mellan 50-100 cm och väger upp till 7 kg med en vingbredd av 2,3 meter. De dyker på sitt byte från hög höjd. Under ett dyk kan örnen nå en maximal hastighet på 320 km/h. Med de långa, breda vingarna kan den sväva i luften under lång tid. Den har också en mycket stark syn och kan upptäcka bytet från stora höjder. Den kan flyga på en höjd av 4500 meter.



Andinska kondoren är en massiv rovfågel som bor i de höga topparna och gräsbevuxna slätterna över hela Sydamerika. Det är en stor flygande fågel som väger upp till 15 kg. Andinska kondorer har det längsta vingspannet för någon rovfågel i världen. De älskar att glida i vinden och kan nå en maximal höjd på 4500 meter. Det är den nationella fågeln i Bolivia, Columbia, Chile och Ecuador. Tyvärr är den majestätiska fågeln en hotad art. Överjakt och livsmiljöförlust är huvudorsakerna.

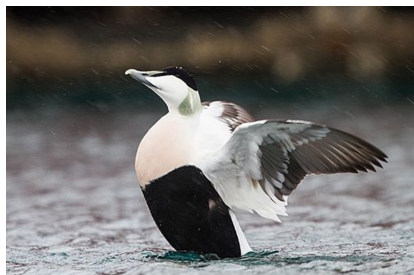


Spur Winged Goose är en stor vattenfågel som finns i våtmarker över hela Afrika. Den kan ha en längd mellan 75-100 cm och väga upp till 7 kg. Den har en vingbredd mellan 1,5-2 meter. Med en maximal hastighet på 140 km/h är det den snabbaste gåsen i världen.

Vingar som är mer välvda (bågformade i tvärsnitt), med lågt sidoförhållande och välutvecklade slitsar, kännetecknar gamar och andra svävande landfåglar, medan spetsiga vingar med extremt högt sidoförhållande kännetecknar albatrosser och andra oceaniska svävare. Däremot har hökar som svävar över öppet land vingar med lägre sidoförhållande; och hökar, som jagar i skog (och ugglor som också jagar där) och måste kunna vända snabbt har ett ännu lägre sidoförhållande.

Intressant nog finns det lite samband mellan storleken på en fågel och hur snabbt den flyger. Både kolibrier och gäss kan nå ungefär samma maxhastigheter.

I allmänhet följer fåglar det skämtsamma råd, som ofta ges till piloter - "fly low and slow" De flestas hastigheter ligger i intervallet 30 till 50 km/h, med en ejder som har den snabbaste exakt klockade hastigheten på cirka 123 km/h.



Ejderen är en stor och tung dykare som mäter 60-70 cm. Det är en kortflyttande flyttfågel som häckar i norra Europa, nordöstra Sibirien, norra Nordamerika och arktiska delen av Atlanten. Den flyttar i stora flockar och övervintrar ofta könsseparerat. Den förekommer främst i marina miljöer men besöker insjövattnen tillfälligtvis.

vis.

Ejderen lever mest av kräft- och blötdjur som den dyker efter eller snappar på måttligt djup. Under häckningstiden tar den även insekter. Vingarna är breda, korta och små i förhållande till kroppen. Vingspannet ligger på 95-105 cm. Den väger ca 2 kg. Ejderens kroppsstorlek i förhållande till dess relativt små vingar och dess begränsade bröstmuskelmassa gör att den ligger nära gränsen för flygförmåga vid vindstilla förhållanden.

Det är naturligtvis en avsevärd skillnad mellan den hastighet med vilken en fågel kan flyga och den hastighet med vilken den normalt flyger. När fågeln är nära sin boplatz kan man förvänta sig att den ska minimera sin energianvändning per tidsenhet, det vill säga minimera sin ämnesomsättning, eller maximera den sträcka den färdas per förbrukad energienhet. En gam som svävar på himlen på jakt efter bytesdjur kan, som piloten på ett observationsflygplan, maximera uthålligheten; en sjöfågel som flyger till avlägsna födosöksplatser kan, som en Concorde som möter motvind på en transoceanisk flygning, maximera räckvidden. Fåglar kan också välja att maximera hastigheten, som när de jagas av ett rovdjur eller tävlar för att försvara ett territorium. Eller så kan de välja någon kompromiss mellan hastighet och räckvidd.

Mätningar visar att fåglarna i allmänhet kompromissar mellan att maximera sin räckvidd och att minimera sin ämnesomsättning med mer tonvikt på den förra. Flyghastigheterna varierar mycket, men nära den lägsta ämnesomsättningen kräver ganska stora förändringar i flyghastigheten inga dramatiska öknings av energiförbrukningen. Till exempel kunde en mås, vars mest effektiva svävande flyghastighet var 35 km/h, flyga i allt mellan 25 och 45 km/h utan att öka sin ämnesomsättning med mer än 15 procent.

De flesta fåglar flyger under 150 meter förutom under migration. Det finns ingen anledning att förbruka energi för att gå högre och det kan finnas faror som starka vindar eller rovfåglar på lägre höjd. När de flyttar stiger dock fåglarna ofta till relativt höga höjder, möjligen för att undvika uttorkning i den varmare luften nära marken.

I allmänhet verkar långväga migranter börja på cirka 1500 meter och sedan gradvis klättra till cirka 6000. Precis som för jettflygplan ökar den optimala kryssnings-

höjden för fåglar när deras "bränsle" förbrukas och deras vikt minskar. Gamar stiger ibland över 3000 meter för att skanna större områden efter mat. Fåglar kan flyga på höjder som skulle vara omöjliga för fladdermöss, eftersom fågellungor kan extrahera en större del av syre från luften än vad däggdjurslungor kan.

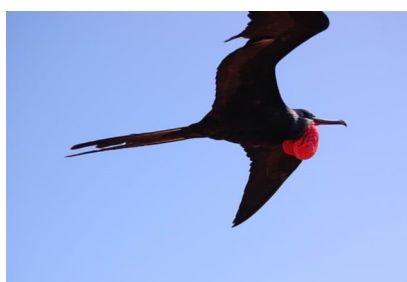


Sångsvanen är en stor flyttfågel som är uppkallad efter sitt "kikande" läte. De bor i översvämmade gräsmarker, våtmarker, tundror, sjöar och dammar i södra Eurasien. De är anmärkningsvärda för sin långa hals och gula och svarta näbb. På vintern migrerar svanarna till norra Europa. Under migration bildar de stora flockar som innehåller tusentals individer. De flyger i "V"-formationer under sin resa till vintern. Svanar flyger vanligtvis på en höjd av 2500 meter under migration, men de kan nå en maximal höjd på 8000 meter från havsnivån.

Det kanske mest imponerande höjrekordet är för en flock sångsvanar som sågs på radar anlända över Nordirland på migration och som visuellt identifierades av en flygbolagspilot på 8700 meter.

Utvecklingen har försett fåglar med många fysiska egenskaper förutom vingar och fjädrar. Ett av kraven är att kombinera styrka och låg vikt. Ett sätt att åstadkomma detta hos fåglar är genom sammansmältning och eliminering av vissa ben och "pneumatisering" (urholkning) av de återstående. Några av ryggbakbenen och några ben i bäckengördeln hos fåglar är också sammansmält till en enda struktur. Inte bara är några fågelben, till skillnad från våra, ihåliga, men många av hållarna är dessutom kopplade till andningsorganen. För att förhindra att de cylindriska väggarna på en fågels stora vingben buktar sig, har benen inre stagliknande förstärkningar.

Pneumatiseringen av fågelben ledde till tron att fåglar hade skelett som vägde proportionellt mindre än däggdjurens. Noggranna studier har visat att så inte är fallet. Mer krav ställs dock på en fågels skelett än på ett landlevande däggdjur. Det krävs ett stort och fast bröstben till vilket vingmuskulerna kan förankras. Således, medan vissa ben är mycket lättare än sina motsvarigheter hos däggdjuren, är andra tyngre. Resultaten kan bli ganska spektakulära: skelettet av en fregattfågel med ett tvåmeters vingspann väger mindre än fjädrarna som täcker det!



Fregattfågeln är en stor havsfågel som finns i tropiska regioner runt om i världen. Den har en vingbredd på 2,3 meter och jämfört med kroppsvikten det största vingspannet i världen. Fregattfågeln kan uppnå en maximal hastighet på 150 km/h. Den är också känd för att kunna stanna i luften upp till en vecka. Till skillnad från andra snabba fåglar kan fregattfåglar inte gå så bra på land, särskilt inte på havsstränder. För att fånga byten som flygfisk, krabbor och kräftdjur glider fregattfåglarna i luften och plockar sitt byte i rätt ögonblick.

Alla fåglar har inte samma grad av skelett-pneumatisering. För att minska sin flytförmåga och göra dykningen lättare har vissa dykande fåglar som lommar relativt fasta ben. Dessa fåglar är i allmänhet mindre skickliga flygare än de med lättare skelett.

Fåglar har hittat andra sätt att lätta på belastningen förutom att urholka sina ben. Till exempel håller de sina fortplantningsorgan (testiklar, äggstockar och ägglare) små under större delen av året, och förstör dem kraftigt bara under häckningssäsongen.

Fåglarnas andningsorgan är också anpassade till flygets krav. Som man kan förvänta sig, är en fågels andningssystem proportionellt större och mycket effektivare än vårt, eftersom flygning är en mer krävande aktivitet än att gå eller springa.

En genomsnittlig fågel ägnar ungefär en femtedel av sin kroppsvolym åt sitt andningsorgan, ett genomsnittligt däggdjur bara ungefär en tjugondel. Däggdjurs andningsorgan består av lungor som är blinda säckar och av rör som förbinder dem med näsan och munnen. Under varje andetag byts bara en del av luften som finns i lungorna ut.

Däremot är fåglarnas lungor mindre flexibla och relativt små, men de är sammankopplade med ett system av stora, tunnväggiga luftsäckar i de främre och bakre delarna av kroppen. Dessa är i sin tur kopplade till luftrummen i benen.

Evolutionen har skapat ett genialiskt system som gör att luften passerar i ett enkelriktat tvåstegsflöde genom fågelns lungor. En andetag av inandningsluft passerar först in i de bakre luftsäckarna och sedan, vid utandning, in i lungorna. När ett andra andetag andas in i de bakre säckarna, rör sig luften från det första andetaget från krympande lungor till de främre luftsäckarna. När den andra utandningen inträffar, rör sig luften från det första andetaget från de främre luftsäckarna och ut ur fågelns, medan det andra andetaget rör sig in i lungorna.

Luften rör sig alltså i en riktning genom lungorna. Alla fåglar har detta enkelriktade flödessystem. De flesta har ett andra tvåvägsflödessystem som kan utgöra så mycket som 20 procent av lungvolymen.

I båda systemen leds luften ner i fina tubuli som är sammanflätade med kapillärer, som transporterar syrefattigt venöst blod. I början av tubuli är den syrerika luften i nära kontakt med det syrehungriga blodet. Längre ner i tubuli är syrehalten i luft och blod i jämvikt.

Fåglarnas lungor är anatomiskt mycket komplexa, men de skapar en "tvärströms-cirkulation" av luft och blod som ger en större kapacitet för utbyte av syre och koldioxid över de tunna mellanliggande membranerna än i däggdjurslungor.

I motsats till vad man en gång trodde, är rytmen hos en fågels tvåtaktpump inte relaterad till vingslagen. Flygrörelser och andningsrörelser är oberoende. Hjärtat gör den pumpning som krävs för att få syresatt blod till vävnaderna och för att föra syrefattigt blod (laddat med koldioxid) bort från dem. På grund av effektiviteten hos fågelns andningsapparat kan

förhållandet mellan andetag och hjärtslag vara ganska lågt. Ett däggdjur tar ungefär ett andetag för var fjärde och ett halvt hjärtslag (oberoende av däggdjurets storlek), en fågel ungefär ett var sjätte till tiende hjärtslag (beroende på fågelns storlek).



Med en toppfart på 390 km/h är pilgrimsfalken den snabbaste levande varelsen på jorden. Den finns på alla kontinenter utom Antarktis. Den vuxna falken har långa spetsiga vingar med kraftiga muskler. Den dyker på små fåglar från hög höjd. Normalt kan den döda sitt byte på nolltid på grund av den förvånande dykhastigheten.

Till skillnad från andra fåglar har falkarna ett starkt hjärta och mycket effektiva lungor, så att deras kropp får tillräckligt med syretillförsel även i den stora hastigheten de uppnår under ett dyk.

En fågels hjärta är stort, kraftfullt och av samma grundläggande design som ett däggdjurs. Det är en fyrcammarkonstruktion av två pumpar som arbetar sida vid sida. En tvåkammarpump tar emot syrerikt blod från lungorna och pumpar ut det till de väntande vävnaderna. Den andra pumpen tar emot syrefattigt blod från vävnaderna och pumpar det in i lungorna. Denna segregering av de två typerna av blod (som inte förekommer helt hos reptiler, amfibier och fiskar) gör en fågels cirkulationssystem, liksom dess andningssystem, väl rustat för att klara flygets påfrestningar.

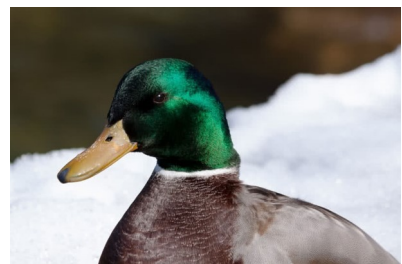
Fåglar



Flygande på en höjd av 11000 meter är annars Ruppells gam den högst flygande fågel som någonsin registrerats. Jämfört med marknivån är det mycket mindre syre på en så stor höjd, men Ruppells gam har en speciell typ av hemoglobin som gör syreintaget mer effektivt. Den har en ungefärlig längd på 1 meter och väger mellan 7-9 kg. Vingarna på Ruppells gam mäter mellan 2,3-2,5 meter. Den kan flyga med en hastighet av 35 km/h och kan stanna i luften i timmar.



Vit stork är en populär vadarfågel, som är känd för sin distinkta långa hals som mäter upp till 110 cm. De bor i varmare regioner över hela Europa och västra Centralasien. Storkarna har en vingbredd på 2,3 meter och deras vackra fjäderdräkt förekommer huvudsakligen i vitt. Vita storkar är starka migrerande fåglar. De tillbringar vintersäsongen i det tropiska Afrika och under migration bildar de stora flockar som innehåller tusentals medlemmar. Storkar kan nå en maximal höjd av 4800 meter.



Gräsanden är en flyttande anka som finns i Nordamerika och Europa. Gräsänderna är anmärkningsvärda för sitt skimrande gröna huvud och sin ljusgula näbb. Innan

vinterns början flyger gräsänderna till södern där temperaturen är mild. Gräsänder brukar flyga på en höjd av 300-1000 meter, men de har också setts flyga så högt som 6000 meter.



Vanlig trana är den högst flygande fågeln i världen näst Ruppells gam. De är kända för att flyga över Himalaya på en höjd av 10000 meter. Tranor lever i norra delar av Europa och Asien. Den medelstora fågeln har en vingbredd mellan 1,8-2,4 meter och övervintrar i norra Afrika. Tranor bildar stora "V"-formationer under migration.

Flygmuskulerna hos de flesta fåglar är röda till färgen ("mörkt kött") på grund av närvaron av många fibrer som innehåller röda syrebärande föreningar, myoglobin och cytokrom. De är också rikt försedda med blod och är designade för uthållig flygning.

Ljusare muskler ("vitt kött"), med många färre sådana fibrer, finns hos fasaner, ripa, vaktel och andra hönsfåglar. Dessa är också väl försedda med blod och är tydliga kapabla att bära en tung arbetsbörda under en kort tid, men tröttnar snabbare.



Fasanen är en hönsfågel som ursprungligen bara fanns i södra Asien, men som introducerats till många platser runt om i världen däribland Europa och det finns tusentals i Sverige, där den på många håll har förvildats.

Slutligen gör det förstås föga nytta att kunna flyga snabbt eller länge om man

alltid kraschar in i saker. Även om fåglar har hittat många sätt att effektivisera, lätta eller helt eliminera onödiga delar (som urinblåsor), har de inte sparat in på nervsystemet. Fåglar har hjärnor som är proportionellt mycket större än ödlors och faktiskt jämförbara med gnagares. Hjärnan är kopplad till skarpa ögon och har gott om bearbetningscentra för att koordinera informationen som tas emot från dem. En fågels nerver kan snabbt överföra kommandon från hjärnan till musklerna som driver vingarna. Det är en kombination av synskärpa och snabbt beslutsfattande, Svalorna som tumlar om i luften har ett extremt effektivt regelsystem.



Gyrfalken är den största falken i världen. Den är känd för sina snabba dyk och långa spetsiga vingar. Den kan ha en längd mellan 50-60 cm och väga upp till 1,3 kg med en vingspännvidd av 125 cm från spets till spets. De dyker brant för att fånga byten från stora höjder och kan då nå en maximal hastighet på 210 km/h. Trots det har den också exceptionell kontroll under sitt snabba dyk. Dykningen innehåller många faser i vilka den ökar eller minskar hastigheten genom att ändra vingarnas position för att slutligen träffa rätt på det kanske rörliga bytet.

Liksom moderna missiler använder den proportionell navigering, där systemet ständigt förstörar upp synfältet och gör små justeringar på vägen. På samma sätt använder en falk proportionell navigering genom att göra små justeringar i vingsposition och hastighet före träffögonblicket.

Förändrad B21



30 okt Aviation Week Det har gjorts ändringar i konfigurationen av Northrop Grummans hemliga B-21.

Även om B-2:ans layout erbjöd utmärkt sikt framåt, behövde B-21-piloter bättre sikt i sidled, särskilt på sidorna av cockpiten under tankning. Återgivningarna av B-21 visar också andra synliga förändringar från flygvinge-layouten av B-2 som möjliggör avslöjar framsteg inom smygdesign (flyttade motorinlopp), ett lättare flygplan (mindre landningsställ) och en växling till hög- höjdoperationer (en V-formad bakkant). B-2 visade sig vara en operativ framgång men en kommersiell besvikelse, med endast 21 flygplan beställda istället för de 132 planerade. Trettio år efter B-2:ans första flygning omfattar flygvapnets framtida bombplansflotta nu 225 flygplan. Efter de planerade pensioneringarna av B-2 och Rockwell B-1B i slutet av 2030-talet, skall det framtida flygvapnets flotta omfatta 150 B-21 och 75 Boeing B-52 – om Northrop kan leverera det nya bombplanet till den planerade kostnaden på cirka 511 miljoner dollar.

Boeing EcoDemonstrator



30 okt Aviation Week Nästan ett decennium efter att ecoDemonstrator-programmet startade blir det allt viktigare. En ny uppsättning av 20 tekniker fortsätter att utvärderas på det senaste flygplanet, som ingår i programmet – en 737-9 lånad från Alaska Airways. En del av fokus ligger på fortsatta teman som avancerad flygelektronik, minskning av buller och användning av hållbara flygbränslen (SAF). I år tänjer man på gränserna för produktionssystemet för SAF och försöker nå den certifierade 50:50-blandningen. Tidigt i år meddelade Boeing att de har för avsikt att certifiera alla sina produkter för att använda 100 % SAF till 2030. 737-9 har även använts för marktester av ett nytt brandsläckningsmedel för flygplan som är tänkt att ersätta Halon 1301, som inte längre tillverkas. Programmet har också testat akustiska beläggningar i den bakre fläktkanalen på en av flygplanets CFM Leap 1B-motorer, för att utvärdera potentiella ljudreduktioner på nuvarande motorer. 737-9-proven inkluderar också samarbete med US National Oceanic and Atmospheric Administration för att mäta växthusgasnivåer i atmosfären. För att minska miljöpåverkan under hela livscykeln, är kabininteriören delvis konfigurerad med sidoväggspaneler gjorda av återvunnet kolkompositmaterial. ecoDemonstratorn används också för prov av ultraviolett (UV) ljus från kabinens tak för att sanera interiören.

Luftfartsvision 2045



28 okt Actualidad Aeroespacial I ett unikt samarbete har mer än 25 flyg- och rymdorganisationer gått samman för att skapa en vision för 2045. Under de kommande två decennierna måste breda och kollektiva förändringar göras för att förverkliga denna vision och tillsammans bygga framtidens kompletta luftfartssystem. Organisationen och förvaltningen av luftrummet måste vara decentraliserad, harmoniserad, integrerad och högautomatiserad. Digitalisering och tekniska framsteg bör prioriteras för att möjliggöra de säkraste och mest effektiva flygförhållandena för alla bemannade och obemannade flygplan, inklusive realtidsdata, uppkoppling och data-säkerhet. Utveckling måste till inom hybridteknik, renare bränslen, elektrifiering, kolavskiljning och flygvägsoptimering för att förbättra branschens miljömässiga hållbarhet och hjälpa samhället att nå sina klimatmål. Stadsinfrastruktur måste digitaliseras för att tillåta flygoperatörer att skapa sammanlänkade transportnätverk, inklusive flygtaxi och drönare.

Rymdbolaget rensar rymden



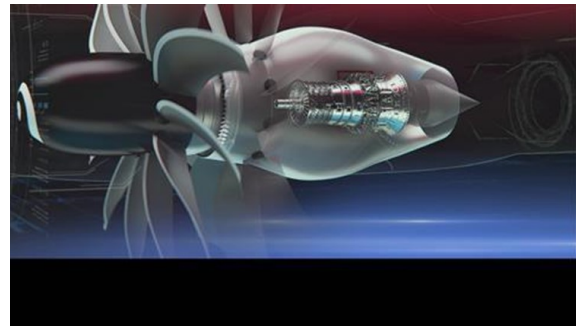
1 nov SSC Swedish Space Corp och Bradford ECAPS undertecknar MoU om borttagning av rymdskräp. Från och med 2024 kommer SSC och Bradford Space att erbjuda borttagning av orbitalt skräp som en kommersiell tjänst från Esrange Space Center i norra Sverige. De nya tjänsterna kommer att ta itu med frågan om att vanliga banor blir allt mer överbelastade när fler aktörer kommer åt rymden, vilket skapar en fara för andra rymdfarkoster som använder dessa banor. En Bradford Space-satellitbuss, kallad 'Square Rocket', med betydande delta-V-kapacitet kommer att sättas in i omloppsbana via uppskjutning från Esrange Space Center för att sedan möta och ta bort skräpet. Målbanorna är polära med hög lutning, inklusive den gemensamma Sun Synchronous Orbit (SSO). Tjänsten för borttagning av orbitalskräp kommer att tillhandahållas från den nya anläggningen som nu byggs vid Esrange Space Center – klar för uppskjutningar 2022. Tjänsten kommer att visa upp Sverige som ledande inom skräpbekämpning och en förespråkare för en hållbar användning av rymden. Tidigare i år lanserade SSC ett nytt program inom Space Situational Awareness (SSA), som syftar till att bidra till säkrare och mer hållbara rymdoperationer. Programmet består av flera initiativ som tar upp detektion, spårning, identifiering av konstgjorda rymdobjekt samt bearbetning, katalogisering och analys av SSA-data.

Jeff Bezos rymdstation



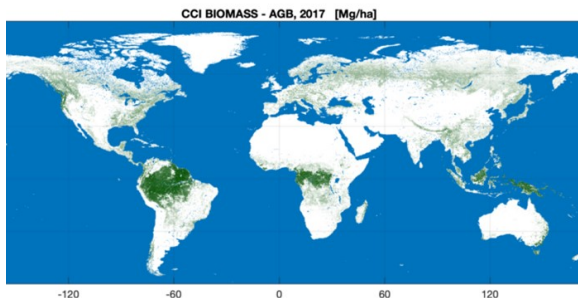
31 okt BBC World News (UK) Jeff Bezos avslöjar planer för Orbital Reef, en "space business park". Bezos säger att han hoppas kunna etablera rymdstationen "Orbital Reef" i slutet av årtiondet. Reklammaterial som släppts av hans företag Blue Origin hävdar att stationen kommer att vara en "business park" i rymden och kommer att ta emot upp till tio personer. Företaget kommer att samarbeta med Sierra Space och Boeing för att bygga den. Blue Origin sa att stationen på 3 000 kvadratmeter skulle ge kunderna en idealisk plats för "filmskapande i mikrogravitation" eller "att bedriva spjutspetsforskning" och att den också skulle inkludera ett "rymdhotell". Vid en presskonferens för att lansera initiativet avböjde chefer från Blue Origin och Sierra Space att ge en uppskattning av byggkostnaderna, men projektet tycks ha säkrat kraftig finansiering från Bezos, som har åtagit sig att spendera 1 miljard dollar per år på Blue Origin.

Effektivare turbojetmotorer



28 okt FlightGlobal GE och P&W vinner NASA-kontrakt för effektivare turbofläktkärnor. Kontrakten faller under NASA:s Hybrid Thermally Efficient Core-projekt – ett försök att utveckla en "high-power-density" turbofläktkärna som är 5-10% mer bränsleeffektiv än nuvarande teknik. P&W kommer att "utveckla avancerad högtrycksturbinteknologi som kommer att minska bränsleförbrukningen och utsläppen för nästa generations flygplan. Mer specifikt kommer P&W:s ansträngning att fokusera på utveckling av kolmatriskompositer (CMCs) som är "kapabla att arbeta vid högre temperaturer än nuvarande CMCs". Företaget kommer också att utveckla "miljöbarriärbeläggningar och avancerade kylnings- och aerodynamiska metoder. GE:s arbete ligger i linje med ett bredare teknologiutvecklingsprogram kallat RISE som leds av CFM International, som GE och Safran Aircraft Engines samäger. Genom RISE utvecklar CFM en motor med öppen fläkt (även kallad "propfan") för att på sätt att öka den termiska effektiviteten.

Jordens biomassa bedömd



2 nov Actualidad Aeroespacial ESA och NASA har publicerat den första globalt harmoniserade bedömningen av jordens biomassa. Multiple Mission Algorithms and Analysis Platform (MAAP) ger tillgång till biomassainformation från NASA och ESAs jordobservationsdata. Det revolutionerande öppna verktyget är nu fullt operativt och tillgängligt online. MAAP är kulmen på en tvåårig insats av NASA och ESA och gör det möjligt för internationella forskare att tillsammans utveckla algoritmer och koder, samt analysera och visualisera stora datamängder från källor som satellitinstrument, den internationella rymdstationen (ISS) och luft- och markkampanjer. Den stora datamängd och högpresterande datoranvändning som krävs för MAAP, tillsammans med delade koder och kataloger, lagras och hanteras i datamolnet och delas mellan NASA och ESA. MAAP kommer att tillåta forskare att enkelt arbeta med stora datamängder på global skala. Den initiala tillämpningen av MAAP fokuserar på biomassa ovan jord för att hjälpa till att bestämma storleken och kolinnehållet i jordens skogar. Även om biomassa är den första tillämpningen av MAAP, kan den enkelt anpassas för utforskning av en mängd olika vetenskapliga data och discipliner. MAAP innehåller för närvarande data från uppdrag som NASA:s Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) och den gemensamma Nasa/ESA AfriSAR-kampanjen.

NASAs ecoflygplan 2040



3 nov Aviation Week NASA lanserar ett teknikiniciativ riktat mot ett flygplan med noll miljöpåverkan för efter 2040. Den långsiktiga planen är avsedd att ta ett steg längre än det kommande X-planer för hållbar flygning (SFD), som förväntas starta flygprov 2026 och syftar till att mogna nyckelteknologier, som fokuserar på flygplan för 2035. De nya målen för 2040 inkluderar bullerreduktioner på så mycket som 52 dB; NOx-utsläpp från landning och start på mer än 80 % under CAEP 6; kryssnings-NOx-utsläpp mer än 80 % lägre än klassens bästa flygplan från 2005 och upp till 80 % lägre bränsle- och energiförbrukning jämfört med samma distans från 2005. Även om vätebränslen och elektrisk teknik sannolikt kommer att studeras i 2040-plus-programmet, har NASA inte formaliserat sin forskningsmetod för detta. Studierna kan ändå inkludera mer elektrifierade och hybridelektriska koncept för större flygplan. Den nya studien kan också återkomma till aspekter av mer futuristisk teknik. Dessa inkluderar multifunktionella lättviktsstrukturer och elektrifierade framdrivningssystem för flygplan, såväl som nya former som konceptet stagade vingar, Transonic Truss-Braced Wing (TTBW), med högt sidoförhållande som studerats med Boeing.

Fångad drönare



7 nov [Daily Mail \(UK\)](#) En C-130 har för första gången återhämtat en Gremlin-drönare under flygning.

En X-61 Gremlin Air Vehicle (GAV), en obemannad spaningsfarkost utvecklad av Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), har återvunnits under flygningen för första gången. Under demonstrationen utförde två av drönarna autonoma flygningar innan en GAV återfanns av en C-130. Den andra drönaren förstördes under flygningen. Demonstrationen är en viktig milstolpe i den amerikanska militärens arbete mot att använda ett moderskepp för att sätta in svärmar av drönare över ett slagfält. Utvecklad av Dynetics, ett amerikanskt försvars- och rymdföretag som också bygger NASA:s nya månlandare, kan GAV integreras med attack-, spanings- och fraktflygplan såväl som markstödssystem hos den amerikanska försvarsmakten. GAV:erna kan också förses med en mängd olika sensorer och andra uppdragsspecifika nyttolaster och de kan också starta från en mängd olika militära flygplan på ett säkert avstånd från en krigszon.

Tempest på gång



8 nov [Aviation International News](#) Det brittiska Future Air Combat System (FCAS) har gått in i en "koncept- och utvärderingsfas". Tempest skall bli en smygande sjätte generationens fighter och möjliggöra utveckling och tillverkning på halva tiden och för halva kostnaden mot föregångare. Tempest är en spelförändrande blandning av svärmande drönare och obemannade flygplan. Det handlar om vapnen, sensorerna, deras anslutning till stridsutrymmet och hur information flyttas runt i nätverket. Huvudparterna BAE Systems, Leonardo, MBDA, Rolls-Royce och Saab kommer att vara kopplade till varandra och till den bredare försörjningskedjan genom den senaste informations- och nätverkstekniken för öppna system. De kommer att dela design- och utvecklingsmodeller. Maskininlärning och artificiell intelligens (AI) kommer att spela en stor roll. Man lär sig bl a av Saabs erfarenheter av digitalisering på Gripen E och T-7. T-7 är det nya skolflygplan för det amerikanska flygvapnet som Saab har gjort med Boeing.

Embraer för nollutsläpp



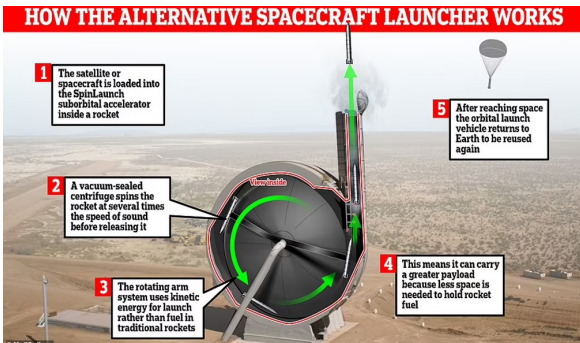
8 nov [Aviation International News](#) Embraers familj av nya flygplan skall ge noll koldioxid. Embraer presenterade en familj av 9 till 50-sitsiga flygplan med en blandning av väte, dubbelbränsle och elektriska framdrivningssystem. Det första konceptet är den hybridelektriska Energia Hybrid E9-HE, som kommer att ha nio säten och vara klar för tjänst 2030. Framdrivningssystemet kommer att bestå av en kolvmotor plus ett par elektriska motorer som används för start- och stigning. E9-HE kommer att ha en räckvidd på upp till 500 nm. Den kommer att producera 90 procent mindre koldioxid än nuvarande flygplan med hållbart flygbränsle, eller 50 procent lägre om man använder jet-A-bränsle. Den bakre flygkroppsmonteringen av motorerna kommer att ge en 60-procentig minskning av ljudnivån. En helelektrisk E9-FE med aktermonterade kontraroterande propellrar skall även ha plats för nio passagerare, men med en reducerad räckvidd på 200 nm. E19-H2FC-modellen med 19 sitsar kommer att använda vätgas i bränsleceller för att driva ett par bakmonterade elmotorer. Med en räckvidd på 200 nm beräknas den vara klar 2035. Senast 2040 siktar Embraer på att introducera E50-H2GT för mellan 35 och 50 passagerare med antingen vätgas eller SAF/jet-A drivna gasturbiner med en beräknad räckvidd på 350 till 500 nm.

Airbus flög som gäss



9 nov [Aviation Week](#) Airbus sparar bränsle genom formationsflygning över Atlanten. Två Airbus A350 anlände till Kanadas Montreal-Trudeau internationella flygplats efter att ha släppt ut 6 ton mindre CO2 genom att flyga i gäslänkande formation över Atlanten från Toulouse. Flygningen bekräftade potentialen för mer än 5% bränslebesparing på långdistansflygningar genom återvinning av vakuumenergi. Genom att flyga i kölvattnet 3 km bakom det ledande flygplanet A350-900 MSN1 kunde efterföljaren, A350-1000 MSN59, minska motorns dragkraft och bränsleförbrukning. Flygningen, i reglerat transatlantiskt lufttrum, var den sista demonstrationen under Airbus fello'fly-projekt. För att upprätthålla en jämn flygning inom uppströmmen från ledarflygplanets vingtoppsvirvel, måste följaren fälla nosen nedåt så att den sjunker i förhållande till den uppåtgående luften. Lyftkraften, normalt vertikal, lutas då något framåt. Detta motverkar en del av motståndet, vilket kräver mindre dragkraft för att upprätthålla horisontell flygning. Detta minskar bränsleförbrukningen. I Airbus fello'fly koncept dirigerar flygtrafikledningen båda flygplanen att anlända till samma klareringspunkt men på två olika flyghöjder åtskilda av 1 000 ft. Detta är det närmaste flygplanen kan flyga tillsammans enligt gällande regler.

SpinLaunch



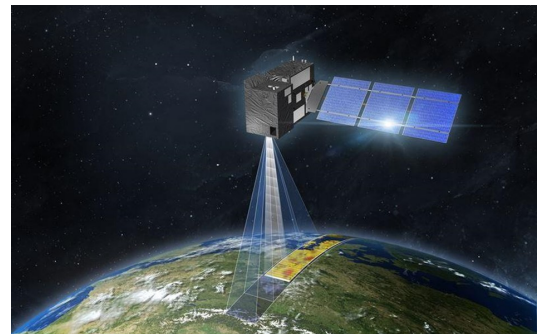
11 nov Space News SpinLaunch genomförde det första provet av en suborbital accelerator. SpinLaunch utvecklar ett alternativt uppskjutningssystem som avfyrar nyttolaster med hypersoniska hastigheter från en markbaserad centrifug. Provet ägde rum den 22 oktober i Spaceport America i New Mexico, där företaget byggde en version av sin accelerator med en diameter på 33 meter. Den snurrade upp en tre meter lång projektil och kastade den i hög hastighet mot himlen. Systemet designades för att testa det övergripande konceptet bakom SpinLaunch, som använder en centrifug i en stor vakuumbakare för att accelerera en projektil och släppa den i hypersoniska hastigheter. Acceleratorn fungerar som ett första steg i ett uppskjutningssystem, med projektilen som bär raketmotorer i ett övre steg för att placera en nyttolast i omloppsbana. Företaget har letat efter kustnära platser för att bygga en större version av acceleratorn, cirka 100 meter i diameter, som behövs för uppskjutningar i omloppsbana. Företaget tror man kan skicka små nyttolaster till rymden flera gånger om dagen till mycket lägre kostnader än konventionella raketer.

"Livets träd" som antenn



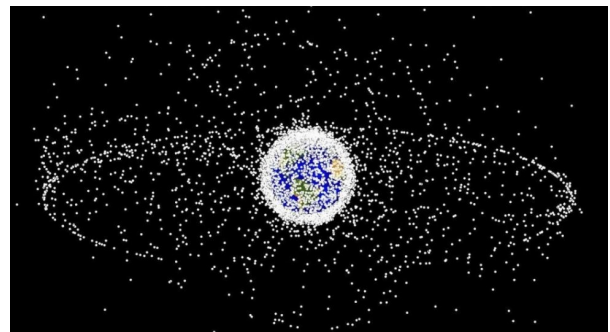
15 nov CNET News NASA-forskare hoppas att sjungande träd kan hjälpa oss att nå en annan planet. Livets träd är en del av ett initiativ att designa en framtida rymdfarkost för att nå Proxima B, en exoplanet 4,2 ljusår bort. Att resa den sträckan tar 6 300 år och tanken är att varelser där ska kunna lyssna till hur jorden låter. Ett vetenskapsprojekt kallat The Tree of Life, förbinder jorden och yttre rymden genom en sång, som skickas via radiovågor mellan en kretsande rymdfarkost och en osannolik teknisk komponent: en uppsättning av levande träd som har aktiverats för att fungera som stora, levande antensystem på 350 till 500 nm. Digitala sensorer tar upp förändringar i trädens miljö, och anpassad programvara översätter dessa datapunkter till ljudfrekvenser som strålar till den lilla, avlägsna rymdfarkosten. I sin tur kommer farkosten att skicka tillbaka data om sin egen operativa kapacitet. När ljuset, vattnet och temperaturen vid träden förändras, ändras också sången, volymen och själva ljudet. På kort sikt hörs förändringar i sången när dag övergår till natt, när moln passerar över trädet, när årstiderna ändras, etc.. Men på mycket lång sikt - decennier eller århundraden - kommer man att höra stora globala förändringar i klimat och andra förändringar på vår planet.

Lundaforskare mäter utsläpp



2 dec afonbladet Satellitmätningar verktyg för att minska utsläpp. En forskargrupp i Lund har tagit fram en modell där satellitmätningar kan beräkna enskilda länders koldioxidutsläpp – från rymden. Förhoppningen är att mätningarna kan fungera som ett viktigt verktyg för att minska de globala utsläppen. I dag rapporterar enskilda stater de egna koldioxidutsläppen, baserat på aktivitetsdata som exempelvis energianvändning, men uppskattningarna är långt ifrån exakta. För att förbättra precisionen finns i framtiden planer på att etablera ett gemensamt system för alla världens länder, baserat på oberoende satellitmätningar – något som bland annat en grupp forskare vid Lunds universitet har undersökt i en studie. Forskarna hoppas nu att satellitmätningarna kan fungera som ett viktigt verktyg för att minska de globala koldioxidutsläppen. Resultaten från studien, som publiceras i den vetenskapliga tidskriften *Environmental Research Letter*, kan komma att användas i arbetet med de satelliter som EU under kommande år kommer att skicka iväg inom jordövervakningsprogrammet Copernicus.

Ryssland sköt ner satellit



15 nov AP Ryssland provsköt en anti-satellit, eller DA-ASAT-missil, som träffade en rysk satellit. Det skapade ett fält av skräp i låg omloppsbana kring jorden med mer än 1 500 bitar, som sannolikt också kommer att generera tusentals bitar av mindre orbitalskräp. Det har skapat faror för satelliter som förser människor runt om i världen med telefon- och bredbandstjänster, väderprognoser, GPS-system som stödjer det finansiella systemet, inklusive bankautomater, samt underhållning, radio och TV via satellit. Skräpet kommer att fortsätta att utgöra ett hot mot aktiviteter i yttre rymden under många år framöver, och utsätta satelliter och rymduppdrag för risker samt tvinga fram fler manövrar för att undvika kollisioner. Besättningen ombord på ISS var tvungen att snabbt ta på sig sina rymddräkter och hoppa in i sina rymdfarkoster ifall stationen skulle träffas av något passerande skräp. Till och med en färgfläck kan göra stor skada när den kretsar i 28 000 km/h. Något större kan vara katastrofalt. Ett liknande prov av Kina 2007 resulterade också i otaligt skräp. Anti-satellitmissiltester av USA 2008 och Indien 2019 utfördes på mycket lägre höjder, långt under rymdstationen, som ligger på cirka 420 kilometer.

Europa värms upp snabbast

15 nov SPACE Europa värms upp snabbare än resten av världen och forskarna är förbryllade. Världen är inte i närheten av att begränsa den globala temperaturökningen till 1,5 grader Celsius. Faktum är att de senaste förutsägelseerna visar att globalt sett kommer klimatet att bli i genomsnitt 2,4 grader C varmare jämfört med den förindustriella eran, om inte utsläppen av växthusgaser drastiskt minskas. Men inte alla delar av världen kommer att drabbas lika mycket. Europa har faktiskt redan passerat tröskeln på 1,5 grader C och är för närvarande 2,2 grader C varmare än det var före den industriella revolutionen enligt det europeiska jordobservationsprogrammet Copernicus. Det här har säkerligen något att göra med närheten till Arktis, inlandsisen runt nordpolen, som är jordens i särklass snabbaste uppvärmningsområde. Där är det redan 3 grader C varmare än under förindustriell tid. Forskare vet att hastigheten på den arktiska uppvärmningen underlättas av förändringar i planetens albedo, förmågan hos en yta att reflektera solljus. Den orörda vita isen runt polerna fungerar som en spegel och reflekterar det mesta av det inkommande solljuset snarare än att absorbera det. När isen smälter bildas sjöar på inlandsisen som ändrar dess albedo. Vattnet absorberar mer solljus och värms upp. Men konstigt nog är samma effekt inte observerbar i Antarktis. Forskare tror att Antarktis större motståndskraft kan bero på det faktum att det är en riktig kontinent och inte bara en flytande ismassa.

Den snabbare uppvärmningen i Arktis leder också till snabbare upptining av permafrost, eller permanent frusen jord som hyser orörda rester av döda djur och växter. Allt som krävs är att temperaturen håller sig över 0 grader C under en period. Marken, som har varit frusen i årtusenden, börjar då smälta, vilket utlöser förfallet av allt som finns därinne. Det sönderfallande materialet frigör koldioxid och metan, potenta växthusgaser som ytterligare påskyndar uppvärmningen. Den onda cirkeln snurrar allt snabbare.



En nyligen genomförd studie baserad på data från de europeiska Sentinel-1- och Sentinel-2-satelliterna fann att denna permafrosttining bokstavligen gör marken runt den norra polcirkeln ostadig. Inom de närmaste 30 åren kommer 55 % av byggnader, vägar och rörledningar som ligger inom 100 kilometer från den arktiska kusten att befinna sig på en instabil, smältande mark.

Bland de många fulla effekterna av klimatförändringar som de arktiska regionerna kämpar med är allt vanligare sommarbränder. De nordöstra delarna av Sibirien, som den ryska Sacharepubliken, har drabbats mest. När bränderna rasar i närheten av Arktis lägger sig askan som de producerar på inlandsisen, vilket ytterligare förändrar dess albedo. Europa kommer att uppleva mer frekventa extrema väderhändelser som översvämningar som ett resultat av den snabba uppvärmningen. COP26-toppmötet ger dock ett visst hopp. Mer än 100 nationer har förbundit sig att minska utsläppen av metan, som är 80 gånger högre än koldioxid, med 30 % i slutet av detta decennium.

Jodjonmotor



18 nov CNET News Forskare provar jonmotor som drivs av jod. Jonframdrivning kan köras kontinuerligt under långa tidsperioder, och ge en rymdfarkost ohygglig hastighet längs vägen. En nackdel är dock att man vanligtvis använder xenon som drivmedel. Så var det t ex med JAXAs Hayabusa2-uppdraget. Xenon, en tung ädelgas, är exceptionellt sällsynt på jorden, dyr och svår att underhålla. Det är därför det franska flygföretaget ThrustMe föreslår att man använder jod istället för xenon. Jod är otroligt utbrett, billigt och lätt att lagra. Tång, tryckfärg, mejeriprodukter och till och med bordssalt är rika på det icke-reaktiva ämnet. ThrustMe använde sitt system i forskningssatelliten Beihangkoshi-1, som drivs av det globala rymdföretaget Spacety. Farkosten sköts upp i omloppsbana av en Long March 6-raket den 6 november 2020. Sedan dess har ThrustMe-teamet granskat varje aspekt av framdrivningssystemet, och enligt dess observationer fungerade allt som förväntat. Jod är frätande i fast tillstånd, men det är nödvändigt att lagra det som ett fast ämne för billigast underhåll. Man kom runt det hindret genom att använda keramiska behållare. Det fasta jodet kunde lätt värmas upp till en gas och joniseras för att användas i Beihangkoshi-1.

Världens snabbaste elflyg



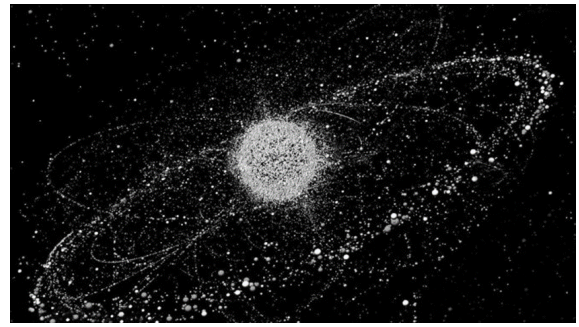
22 nov CNN Rolls-Royce säger att de har utvecklat världens snabbaste helelektriska flygplan. Flygplanet - kallat "Spirit of Innovation" - uppnådde en maximal hastighet på 623 km/h under flygning. Företaget sa också att planet uppnådde den snabbaste tiden för att stiga 3000 meter med en tid på 202 sekunder. Flygplanet använder en elektrisk drivlina på 400 kW och det mest effektiva framdrivningsbatteripaketet, som någonsin konstruerats inom flyg. Det är resultatet av ett projekt som kallas ACCEL, eller Accelerating the Electrification of Flight. Partners i initiativet inkluderar elmotor- och styrenhetsspecialisten YASA och nystartade teknikföretaget Electroflight. YASA är ett helägt dotterbolag till Mercedes-Benz. Under de senaste åren har ett antal företag försökt utveckla planer och koncept relaterade till låg- och nollutsläppsflyg. I september förra året lyfte till exempel ett flygplan med vätgasbränslecell i England för sin första flygning. Samma månad släppte Airbus också detaljer om tre vätgasdrivna konceptplan och den europeiska flygjätten hävdade att de skulle kunna börja användas 2035.

Kinas hypersoniska missil



23 nov [The Guardian \(UK\)](#) Kinas hypersoniska missil gick jorden runt. Kina och Ryssland utvecklar sina egna versioner av hypersoniska missiler och USA har gjort utvecklingen av hypersoniska vapen till en av sina högsta prioriteringar. Pentagon insisterar på att de är på väg att leverera offensiva hypersoniska vapen i början av 2020-talet, men ett amerikanskt prov misslyckades förra månaden. Kina har däremot redan avfyrat sin andra missil. Nu tros provet även ha inkluderat frisläppandet av en separat missil från en moderfarkost, som färdades fem gånger ljudets hastighet. Varken USA eller Ryssland har visat samma förmåga. Den potentiella rollen för den släppta missilen var oklar, men det kinesiska provet orsakade alarm i Pentagon och USA:s underrättelsetjänst. Bäraketen, en långdistansmissil, bar den styrda hypersoniska stridsspetsen ett varv runt jorden och släppte den sedan mot ett mål inne i Kina. Den hypersoniska missilen, som till skillnad från ballistiska missiler kan styras, missade målet med 32 km, vilket var "nära nog" med tanke på att det var ett första prov.

Rymdskräp måste regleras



23 nov [Actualidad Aeroespacial](#) Rymdskräp kan förstöra marknaden för satelliter med låg omloppsbana runt jorden. Rymdskräp kan föröda den framväxande marknadens för satelliter med låg omloppsbana kring jorden, säger GlobalData. Det ledande data- och analysföretaget noterar att regleringen av rymdskräp inte har uppdaterats tillräckligt snabbt och det kan orsaka en stor störning i rymdekonomin. Mer än hälften av jordens aktiva satelliter har sänts upp under de senaste två åren. LEO-satelliternas korta livslängd kan skapa ett minfält av mindre, ospårbara fragment som kretsar i förödande hastigheter. En kaskad av kollisioner mellan dessa fragment och satelliter är en stor blind fläck i internationell rymd-lagstiftning. Även om förfining av teknik för spårning av rymdskräp ger visst hopp, förblir många mindre fragment omöjliga att spåra. Tekniken för bortskaffande av rymdskräp är på samma sätt i sin linda.

Knuffar bort asteroid



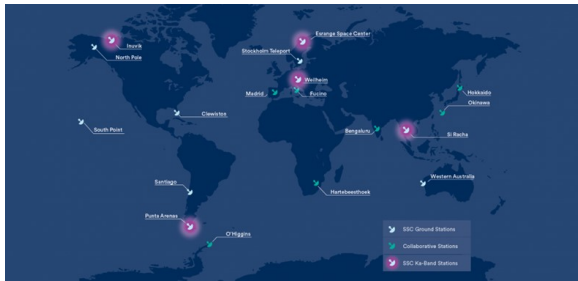
23 nov [Reuters](#) NASA avser att prova rymdfarkoster för att avleda asteroider. Rymdfarkosten DART buren ombord på en SpaceX Falcon 9 raket och ungefär lika stor som en varuautomat, släpptes några minuter efter uppskjutningen för att påbörja en tio månaders resa ut i rymden, cirka 11 miljoner km från jorden. Asteroiden som DART siktar på utgör inget verkligt hot och är liten jämfört med den katastrofala Chicxulub-asteroiden som träffade jorden för cirka 66 miljoner år sedan, vilket ledde till utrotning av dinosaurierna. DART:s mål är en måne vid asteroiden lika stor som en fotbollsstadion som kretsar runt en fem gånger större stenklump i ett binärt asteroidsystem som heter Didymos, det grekiska ordet för tvilling. Planen är att flyga DART-rymdfarkosten direkt in i månen, kallad Dimorphos, i 24 000 km/h och stöta till den tillräckligt hårt för att ändra dess omloppsbana runt den större asteroiden. Rymdfarkosten DART, kubformad med två rektangulära solpaneler, kommer att komma fram till Didymos-Dimorphos-paret i slutet av september 2022.

Svenska Heart får struktur



28 nov [Actualidad Aeroespacial](#) Det spanska företaget Aernnova har valts ut av svenska Heart Aerospace för att designa och utveckla strukturen för det nya elektriska flygplanet ES-19. Flygplanet, som kan ta 19 passagerare kommer i trafik 2026. Det har en aluminiumkropp med infällbart landningsställ, hög vinge, T-format empennage och en icke-cylindrisk flygkropp för att optimera kabinens inre. Det är det första Heart Aerospace-flygplanet och drivs helt av batterier och elmotorer. Den första generationen av flygplanet kommer att ha en maximal räckvidd på upp till 400 kilometer, med hjälp av litiumjonbatterier. Räckvidden kommer att öka när batterikapaciteten förbättras. Kärnan i ES-19 är ett elektriskt framdrivningssystem. 2020 demonstrerade Heart sin första version av detta system, bestående av en 400 kW elmotor, en elmotorstyrenhet och ett batteripaket. ES-19 kommer att ha noll driftutsläpp och kommer att erbjuda betydligt lägre driftkostnader jämfört med liknande stora turbinflygplan. ES-19-flygplanet kommer också att vara tystare än sina turbopropmotsvarigheter, med mindre vibrationer och buller. Dessa egenskaper gör flygplanet idealiskt för regionala kortdistansflyglinjer. Aernnova kommer att arbeta med Heart Aerospace-ingenjörer för att designa flygplanets vinge, flygkropp och empennage. United Airlines och Mesa Airlines har beställt 200 ES-19 och investerat i Heart.

Rymdbolagets Ka-band



23 nov SSC pressmeddelande SSC rullar ut världens första globala Ka-bandnätverk. Swedish Space Corporation (SSC) rustar upp för att möta det växande kapacitetsbehovet för jordobservationsuppdrag. Genom att uppgradera sina polära och ekvatoriala lägen för att stödja Ka-bands data-mottagning med frekvenser 26,5–40 gigahertz, rullar SSC ut ett verkligt globalt Ka-bandnätverk. Denna viktiga milstolpe kommer att göra det möjligt för jordobservationsuppdrag att använda högre bandbredd och ta emot större datavolymer, vilket gör att rymdföretag kan använda sina tillgångar mer effektivt. Investeringen möter den växande efterfrågan på högre genomströmningskapacitet för jordobservationsuppdrag. Uppgraderingen sträcker sig över SSC:s strategiska platser i Punta Arenas i Chile, Sri Lanka i Thailand, Inuvik i Kanada och Esrange i Sverige, samt SSC:s partnerstation i Weilheim i Tyskland. SSC planerar för kompletterande Ka-bands-antennar, med början med två nya radomantennar i norra Sverige 2021.

Laserkommunikation provas



23 nov Actualidad Aeroespacial NASA förbereder sitt Laser Communications Relay Demonstration (LCRD)-uppdrag. LCRD kommer att visa upp de unika funktionerna hos optisk kommunikation för att öka bandbredden för att kommunicera i rymden och samtidigt minska storlek, vikt och effekt-behov. Det blir NASA:s första end-to-end laserreläsystem, som skickar och tar emot data via osynliga infraröda lasrar med en hastighet av cirka 1,2 gigabit per sekund från omloppsbana geosynkront till jorden. Med datahastigheter som är 10 till 100 gånger högre än traditionella radiofrekvenssystem, kommer laserkommunikation att förse framtida uppdrag med extraordinära datamöjligheter. Man kommer att överföra data mellan LCRD, belägen mer än 35 000 kilometer över jorden, och optiska markstationer vid Table Mountain, Kalifornien, och Haleakala, Hawaii.

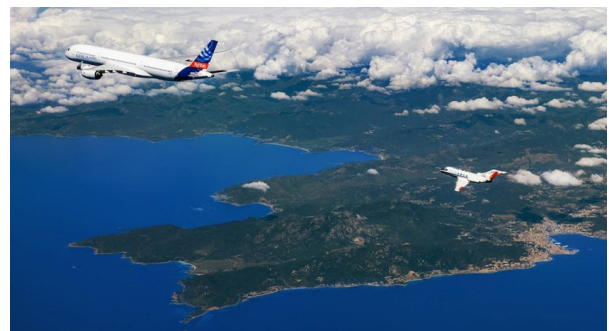
Den globala flottan av militära flygplan väntas öka från 54 497 år 2021 till 57 266 år 2031. Det mesta av denna tillväxt förväntas komma från Asien. Antalet flygplan i Asien-Stillahavsområdet förväntas öka med 10,2 % och växa med 18,8 % i Sydasiens (Aviation Week).

Solar Orbiter flög förbi



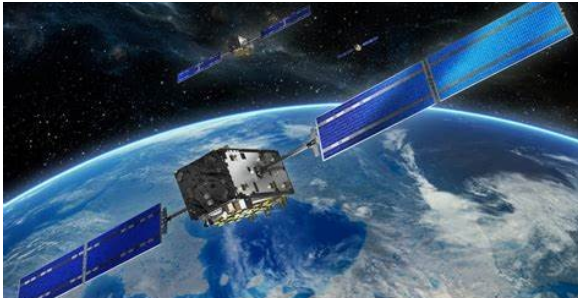
29 nov Actualidad Aeroespacial Efter ett år och åtta månader i det inre solsystemet, flög Solar Orbiter över Jorden för att bromsa ner. Detta var för att anpassa rymdfarkosten för dess nästa sex förbiflygningar av Venus enligt ESA. Under förbiflygningen beräknas Solar Orbiter ha passerat bara 460 kilometer från Jordens yta och cirka 30 kilometer ovanför den internationella rymdstationens ISS. Solar Orbiter tillbringade bara några minuter vid Jorden och fortsatte sedan mot Venus och vidare mot Solen. Solar Orbiter, som lanserades den 10 februari 2020, är det mest komplexa vetenskapliga laboratorium som någonsin skickats till Solen. Solar Orbiter kommer att avbilda Solen från närmare håll än någon tidigare rymdfarkost och kommer för första gången att observera dess outforskade polarmråden. Genom att jämföra data från dess olika instrument kommer forskare att få insikt i hur solvinden, skuren av laddade partiklar från Solen som påverkar hela solsystemet, genereras.

Airbus provar SAF



30 nov Aviation International News Airbus rapporterar lovande resultat från 100 procent SAF-tester. En A350 gjorde tre flygningar över Medelhavet följt av ett DLR Falcon-jaktplan för att jämföra utsläpp under flygning av både fotogen och Nestes hållbara bränslebearbetade estrar och fettsyror (HEFA). Forskargruppen fann att SAF släpper ut färre partiklar än konventionell fotogen vid alla provade motordriftsförhållanden, vilket pekar på potentialen för minskad klimatpåverkan och förbättring av luftkvaliteten runt flygplatser. Samtidigt har SAF lägre densitet men högre energiinnehåll per kilogram bränsle jämfört med konventionell fotogen, vilket ger fördelar på grund av lägre bränsleförbrukning och mindre bränslevikt för samma uppdrag. SAF har visat sig ha ett avsevärt lägre koldioxidavtryck över sin livscykel jämfört med konventionellt jetbränsle och nu ser man att det är fördelaktigt också när det gäller att minska icke-CO₂-effekter.

RUAG i Galileo



26 nov RUAG press RUAG Space levererade datorn ("hjärnan") och värmeisolering ("kappan") för de europeiska Galileo navigeringssatelliterna. Den 2 december skjuts ytterligare två Galileo navigeringssatelliter upp från Kourou i Franska Guyana och ökar antalet Galileosatelliter i omloppsbana från för närvarande 26 till 28. RUAG Space levererar den inbyggda datorn ("hjärnan") som styr och övervakar nyttolasten för Galileosatelliterna och många andra delsystem. Datorn övervakar också satellitstatusen, till exempel temperaturen, för att säkerställa att satelliterna är fullt fungerande. Dessutom levererar RUAG Space uppdragsantennen för Galileosatelliterna. Antennen används för att ladda upp uppdragsdata för de inbyggda signalgeneratorerna. Dessa data används för att förbättra satellitens position, vilket är viktigt för att alla ska ha bra positioneringsdata på sin telefon, bil eller klocka. Galileosatelliterna skyddas från temperaturskillnaden på 400 grader på den heta solvända sidan av en värmeisolering ("kappa") från RUAG Space bestående av flera lager av metallförångad polyimidfilm.

Navigation med magnet



2 dec Engineering360 US Air Force kommer att använda magnetisk navigering som GPS-ersättning i nödsituationer. I händelse av att fiender förstör eller inaktiverar det globala positioneringssystemets (GPS) satelliter föreslår det amerikanska flygvapnet att använda jordens magnetfält, det osynliga fältet som skapas av planetens kärna och jordskorpa, för att bestämma ett flygplans positionering. Det föreslagna systemet, som är inrymt i ett AgilePod-baserat modulärt sensorpaket, förlitar sig på en magnetometer, en enhet som mäter magnetfält eller magnetiskt dipolmoment, för att analysera jordens lokala magnetfält och på så sätt avslöja ett flygplans plats. Jordens magnetfält kan kartläggas genom att upptäcka lokala variationer i både riktning och intensitet, som produceras av bland annat järnlagringar och människotillverkade föremål. Det kan inte förstöras eller inaktiveras som satelliter och är inte sårbart för störningar som att användare hindras från att ta emot GPS-signaler. För att kunna ersätta satellitbaserad GPS i en nödsituation hoppas forskargruppen från det amerikanska flygvapnet förbättra noggrannheten, som för närvarande ligger på 13 meter, för magnetisk navigering.

Bränsle från sol och luft



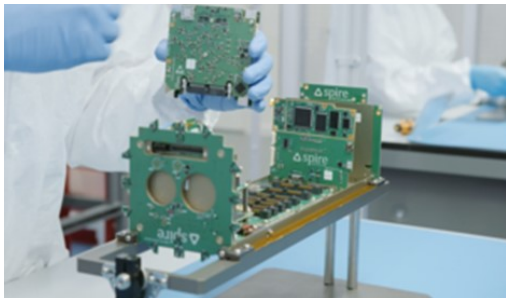
30 nov Engineering360 Hållbart bränsle kan framställas av omgivande luft och solljus. Forskare från Institutet för avancerade hållbarhetsstudier, Tyskland och ETH Zürich, Schweiz, har demonstrerat en process som producerar kolneutrala bränslen från solljus och luft. Ett takmonterat solcells miniraffinaderi syntetiserar metanol, fotogen och andra flytande bränslen i en termokemisk process i flera steg. Med hjälp av koncentrerad solstrålning spjälkar en solreaktor med hög temperatur koldioxid och vatten, som utvinns direkt från luft, och producerar syngas, som sedan bearbetas till flytande kolvätebränslen som är kompatibla med befintliga infrastrukturer för bränsledistribution, lagring och användning, och kan bidra till hållbart flyg och sjöfart. Forskarna planerar att skala upp solreaktorn på 5 kW för att utveckla en 1 MW solreaktormodul och höja processeffektiviteten genom att förbättra värmeåtervinningen mellan redoxstegen i den termokemiska cykeln.

Tankedrönare



11 nov Bloomberg Ett brittiskt försvarsföretag Ultra Electronics har avslöjat en tankestyrdrönare. En pilot kan styra drönaren och få den att lyfta, landa och till och med rotera i luften genom tankekraft. Tekniken gör att en person som sitter bakom en datorskärm kan styra rörelserna genom sin tanke och allt som behövs är att fokusera specifika cirklar på en datorskärm. Den brittiska teknikgruppen Ultra Electronics har arbetat med det hjärnstyrda drönargränssnittet i flera år, men säger att man nu har fört konceptet till prototypstadiet. Vad det innebär är en sensorutrustad pilot som tittar på en datorskärm med flera former. Inbäddade i dessa finns stimulatorer som framkallar en reaktion i ögat. Istället för att datorns kamera registrerar dessa okulära svar, plockas de upp av sensorn som är fastspänd på användarens huvud och överförs som ett kommando till drönaren. Ultra Electronics har använt tekniken för att styra olika typer av elektroniska prylar, både hushållsprodukter och försvarstillämpningar.

AAC Clyde Space xSPANCION



9 nov AAC press AAC Clyde Space med huvudkontor i Uppsala och dess partners har framgångsrikt slutfört den första fasen av xSPANCION-projektet. Tillverkningsberedning har nu påbörjats och förväntas vara klar i slutet av 2022. Målet är att skapa en satellitkonstellation som företag kan använda för applikationer som satellitbaserad kommunikation, jordobservation och fjärranalys. De små satelliterna kommer att byggas som en del av ett nytt treårsprojekt med titeln xSPANCION. Projektet stöds av den brittiska rymdmyndigheten genom ESA ARTES Pioneer Partnership Programme. Projektet täcker design av en satellitplattform och produktionsprocess, tillverkning, licensiering och lanseringskoordinering samt utveckling av ny teknik för den framtida konstellationen, såsom för framdrivning, intersatellitlänkar, säker överföring av data och ett kundgränssnitt. Företaget samarbetar med University of Strathclyde, Satellite Applications Catapult, Bright Ascension och D-Orbit UK för att designa och starta de tio satelliterna.

Privata rymdstationer?



6 dec CNBC NASA ger Blue Origin, Northrop Grumman och Nanoracks kontrakt för att bygga privata rymdstationer. Nanoracks fick mest med 160 miljoner dollar, medan Blue Origin och Northrop Grumman fick 130 miljoner respektive 125,6 miljoner. Blue Origin presenterade tidigare sin plan för en rymdstation som heter "Orbital Reef" (se bild) i samarbete med Sierra Space, Boeing, Redwire Space och Genesis Engineering. Företagen planerar att ha baslinjekonfigurationen av Orbital Reef i drift senast 2027 och fortsätta bygga den under nästa decennium. Nanoracks tillkännagav också planer på att bygga en station som heter "Starlab" i samarbete med Voyager och Lockheed Martin och siktar på att vara i drift i omloppsbana senast 2027. Northrop Grumman bygger sin egen privata rymdstation, som företaget säger till en början kommer att ha fyra astronauter och sedan utökas till en besättning på åtta. Anmärkningsvärt är att Axiom Space – ett företag som redan vunnit ett NASA-kontrakt på 140 miljoner dollar för att ansluta en beboelig modul till ISS – inte lade bud på CLD-projektet. I ett uttalande sa Axiom att de "varmt gratulerar vinnarna och ser fram emot den gemensamma visionen om ett blomstrande kommersiellt nätverk i LEO."

Ny växlad turbofläkt



2 dec Reuters Pratt tillkännager uppdatering av A320neo-motorn med mer dragkraft. Uppdateringen av Pratts GTF-motor kommer att öka bränsleeffektiviteten med 1 % och leverera 4 % högre dragkraft när den börjar rulla ut 2024. Uppgraderingen kommer när flygbolagen är under press att minska utsläppen och motortillverkarna tittar på långsiktiga framsteg som hybridelektrisk framdrivning för att förbättra bränsleeffektiviteten. Förbättringen på 1% är liten, men flygbolagen är angelägna om besparingar i en tid av stressade balansräkningar och oljepriser. CFM, samägt av franska Safran och USA-baserade General Electric, har avslöjat planer på att bygga en jetmotor med öppen fläkt, som kan minska bränsleförbrukningen och utsläppen med 20 %. Denna "RISE"-motor skulle kunna börja användas i mitten av 2030-talet.

Nya ESA-projekt



7 dec Actualidad Aeroespacial ESA väljer ut elva projekt för framtida rymduppdrag. I september förra året lanserade European Space Agency (ESA) en idéävling för framtida rymduppdrag. Baserat på mer än 200 mottagna idéer lanserar ESA Discovery & Preparation elva nya uppdrag för nästa år. Från att möta energibehoven på jorden med satelliter som genererar solenergi i rymden, till att utveckla en ny metod för att gå in i omloppsbana runt månen, täcker de elva aktiviteterna ett spännande utbud av innovativa koncept. Många av dem ger sig in i områden som ännu inte omfattas av ESA. Vissa kommer att demonstrera ny teknik, som att övervaka små bitar av rymdskräp eller den nya tekniken som behövs för flytande plattformar på Venus. Andra kommer att hjälpa till att förstå andra planetariska kroppar och lära sig att leva långt från jorden, till exempel genom att belysa och kartlägga månens permanenta skuggområden eller genom att bygga ett autonomt biologiskt system för allt astronauter skulle behöva för långvariga interplanetära uppdrag. ESA kommer att öppna åtta av aktiviteterna för industri och akademi. Av de återstående tre är två planerade att utforskas vid ESA:s Concurrent Design Facility (CDF) där man sammanför experter från olika områden för att bedöma genomförbarheten av framtida rymduppdrag. Koncepten som ska studeras vid CDF övervakar asteroiden Apophis när den flyger över jorden 2029 och utvecklar ett uppdrag för flytande plattformar på Venus. Den sista aktiviteten kommer att titta på att utveckla Europas kapacitet att tillhandahålla hållbar rymdbaserad energi.

Gripen E serielevereras



29 nov Saab press Gripen E går in i serieleveransfas för brasilianska och svenska flygvapnen. Saab höll ett högnivåmöte med myndigheter från Brasilien och Sverige för att presentera de sex första serieproduktionsflygplanen Gripen E, som har lämnat fabriken och gått in i leveransfasen, fyra flygplan för det brasilianska flygvapnet och två för det svenska. Planet är längre och bredare än dagens Gripen och har mer bränsle, vilket ger ökad räckvidd och uthållighet. Motorn i JAS 39C/D Gripen. AESA-radarn kan röra på sig inne i flygplanets noskon och därigenom fortsätta att hämta in måldata medan flygplanet flyr efter att ha avfyrat en robot. Planet har nytt gränssnitt för piloten baserat på ökad grad av sensorfusion för ökad operativ effekt. Sammantaget kommer JAS 39E Gripen ha en lägre kostnad per enhet sett till systemets hela livscykel jämfört med JAS 39C/D Gripen.

Föreslaget väteflygplan



8 dec Aviation Week Aerospace Technology Institute (ATI) presenterar långdistansflygplan med flytande väte. Utvecklat under det brittiska regeringsstödda FlyZero-projektet, inkluderar det tre slutgiltiga flygplanskoncept som täcker de regionala, engångs- och medelstora sektorerna, tillsammans med tekniska färdplaner, marknads- och ekonomiska rapporter och en hållbarhetsbedömning. Målet är att nå flygresor med noll koldioxidutsläpp i slutet av årtiondet. I början av 2022 kommer resultaten från projektet att publiceras. Den medelstora designen kännetecknas av en distinkt utbuktad främre flygkropp som innehåller kryogen bränsletankar på vardera sidan av den nedre loben samt en bakre flygkroppsmonterad bränsletank. Designern säger att flytande vätegas kommer att lagras vid minus 253°C (20K) och användningen av kindtankar kommer även att tjäna till att hålla flygplanet balanserat när bränslet brinner och eliminera behovet av ytterligare aerodynamiska strukturer. Bränsle kommer att matas till turbofläktar anpassade för väteförbränning. Planet har en 54-m vinge med högt sidoförhållande. Eftersom vingen inte behöver bära bränsle blir den lättare att optimera för en högre fart.

Mördardrönare



6 dec NBC News Billiga, lätta "mördardrönare" kan förändra markkrigföringen lika djupgående som maskingeväret. Switchblade 300, en liten, billig "kamikaze"-drönare tillverkad av AeroVironment har den amerikanska militären använt i flera år i riktade mordoperationer i Afghanistan, Irak och Syrien. De kan hoppa över traditionella försvar för att slå infanteritropper var som helst på slagfältet, och de kostar bara \$6 000 styck. Till skillnad från typiska missiler kan de cirkla ovanför ett mål, vänta på det rätta ögonblicket och slå till med otrolig precision. Dagens små dödliga drönare är svåra att upptäcka på radar och de kan till och med programmeras att träffa mål utan mänsklig inblandning, baserat på ansiktsigenkänning. Med en vikt på bara 2½ kg inklusive dess lilla stridsspets, kan Switchblade rymmas i en ryggsäck och flyga upp till 11 km för att träffa ett mål. 300-modellen är för att döda individer, medan en större version, 600, kan förstöra pansarfordon. De kallas "Switchblade" eftersom deras bladliknande vingar fälls ut vid lanseringen. Switchblade har en funktion som gör att operatören kan justera spränggradien, så att den till exempel kan döda föraren av ett fordon men inte en passagerare.

Svärmande drönare



13 dec ExecutiveGov USAs DARPA avslutar det sista tekniska experimentet för kontroll av drönarsvärmar. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) har avslutat det sista fältexperimentet i ett program som är avsett att testa förmågan hos små infanteristyrkor att använda svärmar av obemannade flygfarkoster och autonoma marksystem i stadsmiljöer. Fältexperimentet med offensiv svärmarkontrollerad taktik hölls på Cassidy Combined Arms Collective Training Facility i Fort Campbell, Tennessee, och provade öppna svärmarkontrollsystem med hundratals obemannade plattformar. Under OFFSET-programmet utvecklade systemintegratörerna Northrop Grumman och Raytheon BBN Technologies svärmsystemarkitekturer med gränssnitt för samverkan mellan människor och svärmar av drönare. Proven fokuserade specifikt på framsteg inom svärmautonomi och förmåga att samarbeta mellan människor och svärmar. Målet är att utveckla en "svärmtaktik" som kan användas för att implementera en svärmbefälhavares avsikt med hjälp av algoritmer som autonoma system kan förstå. Resultaten visar att dessa svärmsfunktioner snabbt närmar sig tillgänglighet för framtida operationer.

Luleås störningsfria laddning



26 nov Luleå TU press Luleå Tekniska Universitet studerar störningsfri laddning av elektriska flygplan. Kan en laddstation för elflygplan påverka annan elektrisk utrustning på en flygplats? Det ska forskare vid Luleå tekniska universitet ta reda på. Utredningen är en del i ett projekt som syftar till att sätta upp en 25 kilometer lång teststräcka för eldriven flygtaxi mellan Skellefteå Airport och batterifabriken Northvolt. Projektet pågår i 18 månader och förutom av parterna själva finansieras projektet av Energimyndigheten. Resan är tänkt att genomföras med en så kallad eVTOL-farkost, det vill säga en eldriven flygfarkost som startar och landar vertikalt. För att "tanka" flygplanet kommer det att behövas laddstationer avsedda för elektrifierad luftfart, vilka innehåller kraftig elektronik och hög spänning. Det finns regelverk och gränsvärden för hur den elektromagnetiska strålningen från elektroniska apparater får störa annan omkringliggande teknik och utrustning. I projektet ska forskarna vid Luleå tekniska universitet ta reda på hur den här elektromagnetiska interferensen, EMI, fungerar i relation till en flygplats.

Största flygande djuret



13 dec Der Spiegel Hur flög den största pterosaurien på jorden? Det har förmodligen aldrig funnits ett större flygande djur än Quetzalcoatlus. Den vägde 250 kilo och dess vingspann var tolv meter. En ny studie visar hur den största pterosaurien genom tiderna kunde lyfta. Forskarna tvivlar inte på att dinosaurier i denna grupp kunde flyga. Pterosaurier har enorma bröstben där flygmusklerna fäster. Hos de större arterna var det möjligen 50 kilo flygmuskler vid en totalvikt på 250 kilo. En start endast med hjälp av bakbenen verkar rimlig. Hos Quetzalcoatlus är förhållandet mellan bakben och bålängd störst bland alla kända pterosaurier. Hägrar använder fortfarande en liknande "jump start" idag. Paralleller kan också dras med beteendet hos en annan fågel som lever idag: Förmodligen använde Quetzalcoatlus, när den väl lyfte, termiska uppströmmar för att segla utan ansträngning genom luften - precis som kondoren gör idag.

Indisk flygteknik



11 dec Aviation Week Indien bygger försvarsteknik för att öka exporten. Indien är mycket starkt inom missiler, radar, ekolod, elektroniska krigföringssystem, kommunikationssystem, vapen och flygplan. Indien är helt självförsörjande när det gäller missilteknik som yta-till-yta-missiler, luft-till-luft-missiler och pansarvärnsmissiler. Antiradarmissilen Rudram-1 är på väg att börja användas 2023 med många utmanande teknologier.

När det gäller UAV:er har man utvecklat en UAV som heter Rustom-1 med cirka 10 timmars uthållighet och håller på att utveckla en medelstor lång uthållighets-UAV [MALE] med förmågan att flyga nära 9000 m med en uthållighet på mer än 18 timmar. Den kommer att ha en hel del nyttolaster för underrättelse- och övervakningsapplikationer och kommer att vara i nivå med vilken annan UAV som helst i världen.

Advanced Medium Combat Aircraft är ett femte generations stridsflygplan, medan det lätta stridsflygplanet LCA Mk. 2 är ett 4,5-generations flygplan. Båda har lite olika roller att spela. LCA Mk. 2 är en tyngre version av LCA Mk. 1A med högre kapacitet. AMCA är ett fem-plus-

generations flygplan med dubbla motorer och kapaciteter som skiljer sig från LCA. Indien har arbetat med de teknologier som krävs för generationen över fem vare sig det är material, stealth-teknologier, aerodynamik eller flygelektronik och relaterade teknologier. Man försöker utveckla motorer för aktuella krav samt olika applikationer, inklusive stridsflygplan. Det indiska kravet kräver mycket materialteknik. Man har bl a etablerat en nästan isotermisk smides-teknik för att producera högtryckskompressorskivor av svårdeformerade titanlegeringar med en unik 2000 ton isotermisk smidespress. Denna kritiska teknologi kan trimmas för att utveckla liknande flygmotorkomponenter.

Indien är i det avancerade stadiet av att utveckla en motor för kryssningsmissilen Nirbhay och arbeta med motorn för AMCA. Man söker även partners som kan samarbeta nationellt och internationellt.

Indien har provat den hypersoniska demonstratorfarkosten [HSTDV]. Scramjetmotorn har provats i ca 23 sek. Den avfyrares med en beprövad fastbränsle raketmotor, som tog den till en höjd av 30 km. Det bevisade många kritiska teknologier, inklusive den aerodynamiska konfigurationen för hypersoniska manövrar, scramjet-framdrivning för tändning och ihållande förbränning vid hypersoniskt flöde, termostrukturell karakterisering av högtemperaturmaterial och separationsmekanismen vid hypersonisk hastighet. Nästa prov är planerat med den slutliga konfigurationen av en kryssningsfarkost med långvarig scramjet-driven fas.

Indien provade en anti-satellit-missil [ASAT] under 2019. Ryssland har nyligen genomföra ett liknande prov, vilket väckte internationell kritik. Mission Shakti-provet 2019 var en teknikdemonstration och resulterade i mycket begränsat med skräp i rymden.

Luleås gruvdrönare



26 nov Luleå TU press Luleå Tekniska Universitet studerar autonoma drönare för säkrare gruvor. Autonoma drönare kan kontrollera att inga giftiga gaser finns kvar efter sprängningar i dagbrott. Luleå tekniska universitet leder projektet DRONESAFE. Projektet finansieras av Vinnova och förutom Luleå TU är Boliden och ABB projektpartners. Syftet är att utveckla robust, pålitlig och avancerad autonom artificiell intelligens för flygfarkoster, drönare, som autonomt kan utföra mätningar av giftiga gaser efter sprängning. När det sprängs i ett dagbrott, som till exempel i Bolidens koppargruva i Aitik, uppstår giftiga halter av gaser. Idag är det människor som kontrollerar en plats efter sprängning. Det är en säker och strikt reglerad procedur, men potentiellt farlig om något går fel. En annan lösning kan vara att skicka autonoma drönare till det nysprängda området och låta dem göra jobbet. Forskarna inom robotik och AI ansvarar för drönarnas autonomi. Slut användaren Boliden, definierar kraven och kommer att utvärdera den nya tekniken. Projektets tredje part, ABB, ansvarar för den sensor som mäter gaserna.

Sond till solen



18 dec SPACE För första gången i historien rör ett rymdskepp vid solen. NASA:s Parker-solsond har flugit genom solens övre atmosfär och samlat in prover av partiklar och magnetfält. Parker Solar Probe lanserades 2018 för att utforska solens mysterier genom att resa närmare än någons tidigare rymdfarkost. Tre år efter lanseringen har Parker äntligen kommit fram. När den cirkulerar närmare solytan gör Parker nya upptäckter som andra rymdfarkoster var för långt borta för att se om solvinden, flödet av partiklar från solen som kan påverka oss på jorden. 2019 upptäckte Parker att magnetiska sicksackstrukturer i solvinden, kallade kurvor, finns i överflöd nära solen. Men hur och var de bildas är fortfarande ett mysterium. Genom att halvera avståndet till solen sedan dess har Parker Solar Probe passerat tillräckligt nära för att identifiera en plats där de har sitt ursprung: solytan. Solen har ingen fast yta. Men den har en överhettad atmosfär gjord av material bundet till solen genom gravitation och magnetiska krafter. Den punkt där gravitationen och magnetfälten är för svaga för att hålla fast atmosfären kallas Alfvéns kritiska yta. Hittills var forskarna inte säkra på var exakt Alfvéns kritiska yta fanns. Den 28 april 2021, under sin åttonde förbiflygning av solen, fann Parker Solar Probe de specifika partiklarna och magnetiska förhållandena vid 18,8 solradier ovanför solytan och korsade Alfvéns kritiska yta för första gången.

Adaptiv jetmotor



18 dec Aviation Week General Electric förbereder en andra fas av markprov av XA100 adaptiva motor.

Utvecklad av GE:s Edison Works avancerade programmenhet är XA100 en av två experimentella adaptiva demonstratorer. Den andra motorn, XA101, är under utveckling av Pratt & Whitney och genomförde de första markproven i september. Den adaptiva tekniken i AETP-motorerna gör att motorcykeln kan återopptimeras under flygning från kryssnings- till stridsprestanda och vice versa. Motorerna är dimensionerade i 45 000 lb. dragkraftsklassen och är också designade för att möta tillväxtkraven för Lockheed Martins F-35. I synnerhet den tredje luftflödesströmmen i motorerna innehåller förbättrade termiska hantlingsmöjligheter som kommer att ge en större kylningsmarginal för system som kommer att inkluderas i F-35:s kommande Block 4-uppgradering. AETP har som mål att förbättra dragkraften och bränsleeffektiviteten med 10 % respektive 25 % jämfört med en 2015 toppmodern jaktmotor. GE säger att den första prototypen redan har överskridit dessa mål inklusive upp till 20 % mer dragkraft under vissa förhållanden.

Clean Aviation igång



20 dec Innovair Clean Aviation – efterföljaren till EU-kommissionens två gigantiska offentlig-privata partnerskap för klimatneutralt flyg, Clean Sky respektive Clean Sky 2 – är nu i gång. Clean Aviation trädde i kraft den 30 november 2021 och är en del av Horizon Europe, det nionde ramprogrammet. Sveriges flygtekniska innovationsaktörer har hållit en hög profil i de föregående satsningarna med förhållandevis stort deltagande och framgångsrika demonstratorinsatser. I och med detta är vi väl positionerade för Clean Aviation och kommer med rätt nationella satsningar att kunna ta stort ansvar för att de uppsatta klimatmålen för framtidens flyg ska kunna nås. Det nya partnerskapet innehåller tre huvudspår: hybridelektriska och helektriska koncept för regionalflyg, ultraeffektiva flygplansarkitekturer för medelstora flygplan och vätagasdrift för flera flygplansstorlekar. Liksom tidigare bygger allt på ett unikt arbetssätt där de bästa idéerna och talangerna från industri, akademi, forskningscentra och SMF sammanförs.

Eddy de Lamotte får pris



2 dec Innovair Årets projektledare 2021 utsedd

– Eddy de Lamotte från Saab.

Sedan 1995 delar Svenska ProjektAkademien ut utmärkelsen Årets Projektledare till personer som gjort utomordentliga projektledargärningar. Akademien gör bedömningen efter ledarskapets utförande, resultatet av genomförd verksamhet, projektets

omfattning och komplexitet samt nytänkande i projektarbetet. Eddy de Lamotte på Saab har av Projektakademien utsetts till årets projektledare 2021. Eddy får den prestigefyllda utmärkelsen för sitt arbete med att leda utvecklingsprojektet T-X trainer tillsammans med Boeing. Målen var att på rekordtid ta fram ett nytt avancerat skolflygplan med egenskaper som överträffade konkurrenternas, samt även att radikalt minska produktionskostnaden för de framtida serieproducerade planen. Genom att utmana befintliga arbetssätt har han inte bara lett utvecklingen av SAABs del i T-X utan också förändrat kulturen inom SAAB.

Solenergi strålas ner



23 dec Space News AFRL och Northrop Grumman testar viktig hårdvara för rymdbaserat solenergiexperiment. En satellitsolpanel designad av Northrop Grumman för att skörda energi i rymden som ska strålas tillbaka till jorden utfördes framgångsrikt i labbtester, vilket banade väg för att tekniken skulle kunna skjutas upp i omloppsbana i ett militärt experiment planerat till 2025. En "sandwich tile" designad av Northrop Grumman för detta experiment omvandlade framgångsrikt solenergi till radiofrekvenskraft, ett grundläggande steg som krävs för att bana väg för ett storskaligt solkraftuppsamlingsystem i rymden. För att få detta att fungera skall mottagningsantennerna på jorden användas för att omvandla RF-energin till användbar kraft. Rymdbaserad solenergi är ett centralt fokus för AFRL, som tilldelade Northrop Grumman ett kontrakt på 100 miljoner dollar 2018 för att utveckla nyttolasten för en demonstration som heter Arachne. Solplattan består av två lager: en panel av solceller samlar solenergi och ger ström till det andra lagret, som är besatt med komponenter, som möjliggör omvandling från sol till RF och strålförning. Om detta är möjligt kommer det att få dramatiska konsekvenser för alla sektorer av rymdverksamhet och eventuellt markenergiinfrastruktur här på jorden. Inledningsvis kommer kraft som strålas från rymden sannolikt att utnyttjas av drönare, internet-of-things-enheter och laddningsstationer för elfordon.

Teknik bakom Boeing/Saab T7



20 dec Air Force Times Boeing säger att dess högteknologiska metoder för att designa och bygga T-7A Red Hawk sparar tid och förenklar processer.

Allt finns i 3D, allt är digitalt. Boeing använde modellbaserade tekniska verktyg och avancerade tillverkningstekniker för att gå från konceptet till första flygning på tre år. Framsteg inom höghastighetsberäkning gjorde det möjligt för Boeing att få fram aerodynamiska egenskaper tidigare än vanligt. Detta sparade sju till nio månader från den typiska processen, där vindtunnelmodeller skulle ha använts för att samla in den informationen. Det var inte första gången modellbaserad teknik och 3D-verktyg användes för att designa ett plan, men Boeing använde dem i större utsträckning än någonsin tidigare. Den digitala designprocessen innebar att Boeing kunde veta exakt hur delarna skulle passa ihop och exakt var alla hål behövde vara. Det innebar att leverantören kunde förbörja alla hål så att de skulle vara fastspänningsklara vid leverans till Boeings fabrik. Genom att ha en fästelementsklar design har man eliminerat mycket av arbetet och de defekter som följer med det.

FOI Nyhetsbrev 2021-2

Typ	Totalt	LEO	MEO	GEO	HEO	UVM
Satelliter	1542	1519	1	14	8	Storbritannien 252 (16%)
Raketsteg	64	48	0	1	15	Kina 60 (4%)
Rymdskrot	476	365	15	0	96	Japan 16 (1%)
						Ryssland 12 (1%)
						Kanada 11 (1%)
						Schweiz 10 (1%)
						Övriga 83 (5%)

22 dec FOI Rymd för Försvar och Säkerhet Omvärldsbekantning nr 2 - 2021.

Den kraftiga ökningen av antal satelliter som sågs under 2020 har inte bara fortsatt utan accelererat under 2021. Ökningen kan nästan uteslutande förklaras med två aktörer – amerikanska SpaceX och brittisk-indiska OneWeb som med sina satellitkonstellationer står för nästan 60 % (888) respektive 16 % (248) av de totalt 1542 nya satelliterna. Strax utanför topplistan men värt att uppmärksamma är Finland som skjutit upp åtta satelliter hittills i år, sex från ICEYE och två statliga forskningsatelliter. Framtida satellitkonstellationer kommer att göra satellitkommunikation mer tillgänglig men det finns en del problem vad gäller säkerhet och robusthet, samt att kraven skiljer sig mellan civila och militära aktörer. Det kommer att ta ett tag innan robusta nätverk mellan satelliter i rymden (intersatellitkommunikation) och kommunikation med markstationer för vidare kommunikation till säkra robusta nätverk på jorden blir verklighet. Nya framdrivningssystem är ett aktivt forskningsområde då det finns ett stort behov av att hitta lämpliga framdrivningssystem för mindre satelliter i låga satellitbanor. Man vill undvika rymdskrot och särskilt viktigt blir det med alla nya satellitkonstellationer. Med fler satelliter ökar mängden data som skall kommuniceras. Frekvensutrymmet är hårt nyttjat och laser kan vara en teknik för att höja kapaciteten. Flera nya material är under utveckling som både är starkare och tåligare. De kommer att göra tillverkningen av raketor och motorer både billigare och enklare i framtiden.

Rysk smygdronare



23 dec air-cosmos Sukhoi S-70 Okhotnik är det första ryska flygplanet med smygegenskaper. Sedan 2011 har Sukhoi utvecklat S-70 Okhotnik stridsdrönare (fighter) kvalificerad som en "6: e generationens drönare". Den måste kunna utföra bombuppdrag, luftförsvar och fungera som en wingman för Su-57, den 5: e generationens jaktplan i det ryska flygvapnet. De första flygningarna av den tekniska demonstratorn, som ägde rum 2019 och 2020, gjorde det möjligt att för första gången se flygplanet som har alla egenskaper av stealth: flygande vingeform utan empennage, inre rustningsfack, centrala luftintag på toppen av flygplanskroppen ... Dessa flygtester ledde till att den släppte ostyrd ammunition i januari 2021 och sedan sköt ner en mål-drönare i ett flyg-till-luft-uppdrag. Enligt observationer har drönaren ett vingspann på ca 19 meter för en vikt av 20 ton. Dess operativa räckvidd skulle vara 4000 km för en hastighet av 1000 km / h med en nyttolast på 2 ton.

Q-bollar i antimateria



23 dec SPACE Konstiga kvantobjekt som kallas Q-bollar kan förklara varför det finns mer materia än antimateria. En av de största kosmologiska mysterierna är varför universum består av mycket mer materia än antimateria. Varje typ av vanlig materiapartikel har en antimateriapartner med motsatta egenskaper och när materia interagerar med antimateria förintar de två varandra. Om det i universums gryning producerades lika stora mängder materia och antimateria borde dessa ha förintat varandra och lämnat universum utan all materia. Ändå finns materia, och forskare avslöjar långsamt orsakerna till detta. En möjlig orsak kan ligga i Q-bollar, teoretiska "klumpar" som bildades i ögonblicket efter Big Bang, innan universum blåstes upp snabbt som en ballong. Inom varje Q-klump skulle det kunna ha funnits ojämliga portioner av materia och antimateria. När dessa Q-bollar "brast" skulle de ha släppt ut mer materia än antimateria och släppt loss gravitationskrusningar i rumtiden. Om dessa objekt verkligen existerade skulle vi kunna upptäcka dem med hjälp av gravitationsvågor, enligt en ny artikel publicerad 27 oktober i tidskriften Physical Review Letters.

Ericssons laserenergi



9 dec Laser-based wireless power transmission

I samarbete med PowerLight Technologies har Ericsson tagit steg mot trådlös kraftöverföring med laser. Laserbaserad trådlös kraftöverföring använder starkt riktade strålar med hög energitäthet för att överföra energi över långa avstånd genom luften. Även om konceptet är enkelt, laserenergi som faller på en solcellsmottagningsenhet, är det i praktiken väldigt ineffektivt. Mindre än 8 % av energin överförs, jämfört med cirka 10 % för mikrovågsbaserade system. Aktuell forskning från Ericsson har lett till utveckling av ett 5G-radiosystem som drivs trådlöst med hjälp av en laser. En optiskt säker laser ger tillräcklig energi för att driva basstationer och upprätthåller en backup-kapacitet som stöder funktionen när lasern avbryts. Systemet upptäcker också närvaron av föremål som korsar strålens bana, vilket inaktiverar lasern under hela störningen. Den japanska Aeronautical Exploration Agency (JAXA) forskar också om ett rymdbaserat system där solenergi överförs till jorden med hjälp av en laserstråle riktas mot en jordmottagningsenhet som matar det nationella elnätet. Båda dessa forskningsinitiativ är i sin linda, men visar på möjligheten att använda laser för att överföra energi trådlöst över avstånd.

Heart flyger skalmodell



22 dec Aviation Week Heart Aerospace har flugit en femtedels demonstrator av det nya elektriska flygplanet ES-19. Flygningen utfördes den 17 december från flygplatsen Säve nära Göteborg, varade i 4m 30s och uppnådde en maxhastighet på 150km/h. Skalmodellen är 3,5 m lång och med ett vingspann på 4,6 m och använde batterier och elmotorer och konstruerades av kolfiber och glasfiber av det svenska företaget North Sea Drones. Produktionen av ES-19-flygplan kommer dock att tillverkas av aluminium. ES-19 är en T-tail-design med höga vingar och fyra vingmonterade elmotorer som drar kraft från batterier som finns i gondolerna. Skalmodellen är en del av en bredare verifieringsstrategi som även omfattar markprovning av dess elektriska drivlina och andra delsystem, utvärderingar av batteriprestanda, plus vindtunnelförsök av ES-19 som inleds 2022. Heart hoppas kunna utföra den första flygningen av sin fullskaliga ES-19 under 2024, vilket leder till certifiering och serviceinträde två år senare. Vinnova bidrog med finansiering till skalmodellen som en del av projektet Elise - Electric Aviation in Sweden.

49. Candy och Svartskägget



Jag såg med en gång att min fru var på dåligt humör, när hon kom hem från jobbet.

-Hyreskärningen var på mig om att roboten haltar, sa hon och såg på den, där den stod och glodde i sitt hörn. Den blundade visst aldrig.

-Den haltade ju när vi kom, sa jag.

-Hon säger att det blir värre och hon skyller på dig. Du är ju hemma hela dagarna med den. Och nog haltar den mer och mer. Är det säkert att du inte är på den?

-Ja, ja. Det kan väl hända, att den får en liten spark ibland, medgav jag.

Var det så konstigt i så fall, tänkte jag. Man kan ju aldrig lita på en robot och jag retade mig mer och mer på den här. Den tog sig friheter. Ibland ville den inte alls förstå. Jag upptäckte snart att det alltid var fråga om tråkiga saker som att dammsuga under sängarna. Att väggarna var fläckiga kunde den väl inte hjälpa, men mörkt var rummet och täckt av damm och grått var golvet så att fotspåren efter både mig och roboten syntes där. Kackerlackorna verkade också bli fler, men de höll åtminstone rent från matrester. Den var rent ut sagt lat och jag gav den en spark där bak då och då för att få den att pigga till. Ibland hjälpte det, ibland inte.

-Den låtsas väl bara ha ont i benet för att slippa jobba, sa jag.

-Ånej, sa min fru och såg på mig. Det ska vara en människa för att hitta på sånt. Det skulle inte ens Candy klara av och den här är bra mycket dummare än hon. Hur som helst så vill kärningen att jag betalar reparationen, men jag har då inte råd och du tjänar ju inget.

-Men ni har ju en verkstad på jobbet, sa jag. Känner du ingen där. Dom kanske kan laga den gratis. Så gjorde vi ju på Jorden.

-Kanske det, sa hon efter att ha tänkt efter en stund. Jag ska höra med dom. Men jag orkar inte bära dit den. Det får du göra. Kom efter lunch för då håller Svartskägget på och pratar. Då är det inga terrorister där. Dom släpper ju inte in dig annars.

Alltid ska man då göra något, suckade jag för mig själv. Hon började bli allt surare för att jag inte arbetade som alla andra, men måste man bli som en marsian för att man flyttade till Mars?

Det visade sig i alla fall att det fanns en reparatör, som kunde göra det. Sagt och gjort.

När roboten hade gett mig min magra lunch, brottade jag ner den, tog den under armen, lyckades undvika hyreskärningen, tog mig upp för trapporna och började leta mig fram till stadshuset. Jag fick gå på jordiskt vis för roboten var för tung för dubbelhopp på ena foten, som annars var det normala på Mars.

Lokalerna var fulla av folk. Ur de smutsiga svängdörrarna, som ideligen öppnades och stängdes, doftade det av urin och surt vin. Fönstren var så smutsiga att de verkade matta. Överallt var det skrik och skrän. Gatan gick nedåt, gjorde en skarp krök och slutade med en trappa ner till en gränd. Där såldes det grönsaker vid några salustånd.

Gränden förde ut till en huvudgata och så var jag utanför det fattigaste området, där vi bodde. Roboten sparkade med benen. Den ville väl vända om. Jag höll den så tätt jag kunde, men snart blev den för tung. Jag ställde ner den och hand i hand vandrade vi fram genom staden under de mötandes nyfikna blickar. Med sina korta ben och småhalt som den var, så gick det inte fort och vi upptäcktes snart av en flock halvvuxna gatpojkar, som tydligen lyckats smita från jobbet i något växthus. Några av dem hade fått tag i elsparkcyklar, som de cirklade runt med. De följde oss skränande framåt gatan.

Det gick ändå någotsånär, tills vi kom till en trappa. Det är svårare att gå i trappor än folk tror åtminstone för robotar. Jag läste robotens huvud under armen och släpade den baklänges uppför trappan. Metallfötterna klinkade och slog mot vartenda trappsteg och jag blev alldeles svett. Det var mitt på dagen och domen i det här fattiga området var dåligt ventilerad. Om det är mycket folk och mycket apparater blir bubblan överhettad och luften var tryckande och kvav.

Ovanför trappan stod några bastanta medelålders kvinnor med barska ögon, raka ryggar och de feta armarna i kors. Nerifrån trappan såg jag mer än nog av deras svullna ben under den alltför korta marsianska kvinnodräkten. Ännu värre blev det när jag äntligen kom upp och de upptäckte att roboten haltade. De trängde sig fram till mig och roboten, pekade på den stackaren och överöste mig med skällsord. Pojkarna cirklade runt oss, skraktade och pekade finger lika mycket åt mig som åt dem. Två uniformerade vakter närmade sig förväntansfullt, men jag visste ju att de ville ha omedelbar ersättning för sina insatser och lyckades ta mig därifrån, medan de dividerade med karringarna om priset för att ta fast mig som

robotmisshandlare.

Jag fortsatte bland krokiga gator och gränder alla proppfulla med människor. Där var tavernor som sålde alger till folk som inte hade råd med annat. Där var öppna butiker och bås med matplatser och så mycket buller att jag kände mig yr. För att komma fram måste jag dra roboten efter mig mellan pösande kvinnomagar och ovilliga mansryggar.

Jag gick snart vilse bland okända gator och brydde mig knappt om åt vilket håll jag gick. Från en port trängde en doft av mat och jag stannade till, men då slogs dörren igen. Jag var på en stenlagd gata med små tvåvåningshus, där de skamfilade dörrarna öppnades direkt mot trottoaren och där man anade råttthål överallt. En del fönster var trasiga. I de mörka portarna och de tränga gränderna på båda sidor om gatan svärmade en förvånansvärd massa människor.

Jag kom till ett litet torg och satte mig svettig ner för att vila, medan jag höll i roboten så att den inte smet iväg. Folk kastade nyfikna blickar på oss. På torget stod salustånd, där hantverksgillenas medlemmar sålde sina produkter och bjöd ut sina varor. Varje distrikt dominerades av ett visst yrke eller näring. I det här distriktet var det hushållsföremål. Det var fina saker. Varje gille hade ansvar för sin medlemmar. De tog gemensamt ansvar för de varor de sålde. Fusk var en angelägenhet för hela gillet eftersom det kunde förstöra allmänhetens förtroende. De kände varandra och yrkets hemligheter. Det slog mig att marsianerna kunde saker, inte bara var man kunde ta reda på det, som vi jordbor. De kunde till och med göra saker själva, utan robotar.

Äntligen kom jag ut på en huvudgata och en bit framför mig såg jag porten till nästa dom. I tunnarna mellan domerna fanns stora cirkulära dörrar. Om någon dom fick en läcka stängdes de av lufttrycket. Till slut lyckades jag hitta ingången till centraldomen där stadshuset låg. När jag kom dit hade folk redan börjat samlas under den gigantiska kupolen innanför ingången. Människorna på golvet gula och vita marmor såg nästan ut att försvinna under den höga portalen.

Av någon anledning delade man ut vin gratis i små bägare. Jag tog en. Det smakade surt och verkade vara billigt, men var i alla fall vin. Runt omkring oss stod förväntansfulla människor, drack och pratade och väntade på Svartskägget. Jag och roboten hamnade alldeles framför talarstolen, som stod precis under den runda öppningen i taket, upplyst av den blekt röda himlen därovanför.

Svartskägget dröjde och jag hade gott om tid att beundra kupolens förgyllda blommor, väggarnas försilvrade dekorationer och kolonnernas gurlanger av blad och frukter. Medan jag höll fast roboten och väntade tänkte jag på vad min fru hade berättat om honom. Det var många historier och jag måste erkänna att jag fångades av det hon berättade. Han kom tydligen en gång hit till den här staden från en av de mindre bosättningarna på Mars. Hur det gick till var det ingen som visste, men det påstods att han var ett hittebarn, ett sådant som föddes i hemlighet och skickades bort för att kanske tas om hand så att hemstaden slapp att befatta sig med honom.

Förmodligen växte han upp i någon växtodling, men rymde och hamnade på gatan. Som föräldralös och svältande trashank lyckades han få hyra på ett piratskepp. Tiden som gatpojke måste ha gett honom en ständigt ruvande hämndlust, som kom honom väl till pass som pirat. Som ung och otålig matros visade han sig vara en mästare med laserkarbinen, skicklig i ohämmad närkamp och med en blodtörst som sökte sin like. Han blev piratkaptens gunstling på mer än ett sätt, men det dröjde inte länge förrän denne upptäckte att han hade en orm i sin säng. Resten var historia och Svartskägget kunde dra sig tillbaka som en rik man, respekterad av alla för de rikedomar han i förbifarten gav sin nya hemstad.

Han blev snart bekant med andra gamla pirater i samma situation och blev känd för sina fantasifulla historier på deras vindränkta kvällar. Någon föreslog att han skulle ställa upp som sagoberättare. Uttråkad som han var gjorde han så och blev en sensation.

Fritt berättande inför publik är ju ett uppskattat nöje på Mars. Inte ens de bästa influencers på Jorden torde kunna mäta sig med dessa talareshöjare. Svartskägget drog runt mellan alla talarstolar på torgen och hans föreställningar kunde pågå i flera dygn eller så länge han orkade hålla på. Och det var längre än de flesta, särskilt om den tacksamma publiken langade fram en och annan vinkaraff till talarstolen. Det räckte att ge honom ett ord för att han skulle konstruera de mest fantastiska berättelser, ofta baserade på hans verksamhet som pirat.

Han blev så småningom vän med den dåvarande borgmästaren och lyckades med sin talekonst se till att denne fick behålla sitt ämbete tills han ansåg att hans egen tid var inne. Då tog han strid med den gamle mannen, efter att denne misslyckats med en förhandling, och såg till att folket tvingade honom att avgå trots att han vägrade.

På Jorden blir man mäktig på grund av sin förmögenhet. Kanske måste det vara så i ett samhälle med miljarder människor. I de små städerna på Mars är däremot grunden för makten folket, som strömmar runt på torgen, handlande, drickande, diskuterande och grälände. Makt får man efter sin förmåga att övertyga, en del kanske säger duper, sina medmänniskor och där visade sig Svartskägget vara en mästare.

Tvister var svåra att lösa i avsaknad av en förmögen överhet med en artificiell intelligens som Cyberandens. Man väljer därför personer som är väl insatta i sedvanerätt och som kan lösa tvisterna och företräda en gentemot andra. Svartskägget var specialist på att förhandla sig till goda skadestånd för alla möjliga saker, som folk åsamkade varandra och fick på så sätt ekonomin att cirkulera. Han var bevandrad i visor, sagor och ballader, genom vilka man i minnet bevarade gamla lagar. Halva skadeståndet gick till den gemensamma kassan hos de olika bosättningarna, förbunden och gillena så att alla hade ett intresse i saken. Förhandlingar pågick därför ständigt och Svartskägget hade mycket att göra. Trots det tog han sig tid att en gång om dagen dra sina berättelser för alla som ville höra på. I själva verket var det kanske grunden för hans popularitet och maktställning.

Äntligen kom han ut ur den höga porten och hoppade upp på podiet, tung och otymplig som han var. Det höjde sig ju bara till halv manshöjd över marmorgolvet och det var ingenting på Mars. Han gick en kort stund fram och tillbaka liksom för att tänka ut vad han skulle säga. Då och då vände han sitt



enögda och svartskäggiga ansikte mot de närvarande, som spänt väntade på vad som skulle hända. Med högtidligt avmätta steg skred han så fram mot talarstolen. Han var som jag tidigare har berättat kraftigt byggd. När han lutade sig mot dess kant och grep om den med sina kraftiga händer såg man bara hans massiva svartklädda överkropp och hans mörka frodiga ansikte.

Han började tala, men så lågt att man måste anstränga sig för att uppfatta vad han sade. Alla lutade sig framåt för att höra bättre. Så blev hans stämma kraftig och grov. Jag lyssnade mot min vilja och hörde blodet susa i öronen. Fast jag inte förstod nästan något blev jag fångad av den säregna rytmen i hans tal.

Han verkade vara vid utmärkt humör denna dag och några av åhörarna viskade förväntansfullt till varann. Från talarstolen såg han ner på publikens uppvända ansikten, som upplystes av det mjuka ljuset från öppningen i kupolen. Han pekade på någon, ropade något och möttes av skratt och applåder. Den det gällde verkade glädja sig över att ha en roll i stycket.

Han fortsatte tala och gjorde utfall mot ännu den ene än den andre. Han tilltalade folk vid namn och överöste dem med skämtsamma anmärkningar som kunde vara inställsamt ömsinta eller hätskt våldsamma. De verkade flöda av kvicka infall och en och annan klok tanke.

När Svartskägget på så sätt hade fått publiken på gott humör övergick han utan vidare till något annat. Jag förstod efter en stund att det rörde sig om en tvist om någonting. En bredbent karl med krögarmage råkade i ett häftigt ordbyte med en mager och skarpögad företrädare för något annat.

Svartskägget lyssnade bistert på dem. Folk runt omkring verkade luta mest åt den tjocke, särskilt när en stackare visades upp med ett stort bandage runt huvudet och med darr på stämman drog sitt lidandes historia. Den tjocke hjälpte honom att lätta på bandaget och då såg jag att örat var borta. Det hördes suckar och tandagnissel från publiken.

Svartskägget återtog sin promenad. Det var tydligt att hans goda humör för tillfället övergivit honom. Han stannade och stirrade på de båda motståndarna med rynkade ögonbryn. Han lät blicken vandra från den ene till den andre. Under ett ögonblick tvekade han medan alla betraktade honom i spänd och förväntansfull tystnad. Han betraktade ett ögonblick den magre med en så fundersam min att denne började skruva på sig.

Plötsligt flög ett leende över hans ansikte. Han vände sig till publiken och det lät som om han ställde en fråga. En skog av armar sträcktes mot honom. Jag hade fullt upp med att hålla ordning på roboten som hela tiden ville smita iväg, men lyckades ändå sticka upp ena handen. Sedan kom en ny fråga. Jag räckte upp armen igen. Det var ju aldrig bra att skilja sig från mängden, tänkte jag, fast när jag höjde blicken såg jag att skogen av armar var klart glesare än förra gången.

Svartskägget verkade nöjd. En som stod bredvid mig sneglade på mig och fnissade. Han sade något och alla runt omkring mig såg på mig och skrattade. Jag förstod inte varför, men försökte göra detsamma. Den magre stirrade med snopen ilska på Svartskägget. Så masade sig han och hans anhängare besvikna iväg. Det lät som om några av dem dristade sig att högljutt beklaga sig. Folk lämnade plats åt dem med försmädliga leenden. Den tjocke tog den öronlöse om axlarna och drog iväg med honom och de sina.

Svartskägget såg triumferande ut över publiken. Folk kom och gick och det var alltid nya som blev stående framför honom. Han stod högt däruppe. Hans händer vilade lugnt på räcket. Plötsligt höjde han en av de väldiga nävarna och sade något som fick folk att ropa av förtjusning. Tyvärr hann jag aldrig vara med om fortsättningen för rätt som det var slet sig roboten lös och när jag vände mig om stod den och höll om benen på min fru, medan den sneglade bakåt på mig.

-Vad håller du på med, ropade hon i folkvimlet. Står du här. Det var ju inte meningen. Jag har väntat i nästan en timme. Följ med nu.

-Förstod du nånting, frågade hon, när vi gick in i stadshuset.

-Visst, sa jag stolt, men inte särskilt sanningsenligt. Jag räckte upp handen var gång han frågade något.

-Då röstade du ju både för och emot, skratade hon. Då begrep du nog inte mycket. Han ville väl veta vad folk tyckte om nånting. Sânt höll vi på med på Jorden också en gång. Det var före Cyberandens algoritmer förstas.

-Jaså, det var det där med servitörens öra, skrattade hon, när jag berättade vad som hänt. Ja, det är en röra. Folk här pratar knappt om nåt annat.

Hon berättade att pirater på permission hade besökt en krog på Phobos. Det liknade tydligen mest ett väpnat anfall. Krögaren hann nått och jämt gömma undan sina bästa varor, när piraterna svävade in genom dörrarna och knuffade och sparkade undan de stackare som inte hann undan. Efter ett antal vin-dränkta ronder började de skjuta prick på vinflaskor så att det förångade vinet spred sig som en röd dimma i lokalen. En servitör hann inte kasta sig undan laserstrålarna i dimman och fick örat avskjutet. Nu ville krögaren och servitören ha ersättning av kraftverksägarna.

-Vad har dom med saken att göra, undrade jag och medan vi tog hissen ner i underjorden berättade hon att ägarna av fusionsreaktorerna skickade ut egna pirater för att plundra Plurimax heliumtransporter. Här på Mars fanns ju knappt något helium. Men Svartskägget var emot sådana privata initiativ. Som borgmästare ville han själv köpa helium av piraterna och sälja det till kraftverken. Allt skulle köpas in av honom och fördelas efter behov.

-Han har inget emot att klämma åt ägarna, sa min fru. Nu lät han folket bestämma. Han är inte dum. Det var sånt vi kallade politik på Jorden förr i världen.

Vi kom ut i en lång korridor. Innanför de öppna dörrarna skymtade verkstäder. Det fanns inga skyltar men min fru visste vad hon letade efter. Hon stannade vid en av dörrarna och ropade ett namn. En man kom ut med en vit näsduk knuten över den gråa hårstubben. Han hade djupa fåror i ansiktet. Man åldras tidigt på Mars.

Vi släpade in roboten i verkstaden. Det verkade som gubben bodde där. En utfällbar brits hängde på väggen. Där var till och med en matberedare och en egen toalett. Här behövde man inte gå ut och tömma någon potta. Det här är förstas stadshuset och inte en skrubben under jorden, tänkte jag avundsjukt.

Vi tog av roboten glasögonen, som den alltid hade på sig, och lade upp den på ett bord. Jag och min fru fick hålla fast den och flytta på armar och ben medan den småpratande reparatören svepte över den med någon slags handhållen sond. Det var ultraljud, sa han, och det spreds ut, reflekterades, beskrev hur det såg ut under ytan och samverkade vid ytan med oförändrade ljudvågor direkt från ljudkällan. Där framkallades det med en sned



laserstråle och visades som en tredimensionell bild på väggen framför oss. Roboten låg och tittade i taket och knep ängsligt med ögonen.

-Den verkar rädd, sa min fru.

-Jo, sa den pratsamme reparatören. Den är rätt intelligent den här. Den kan nog bli rädd. Man behöver inte så mycket hjärnceller för det. Kackerlackorna ligger på 200 000 och dom är inte lätta att komma åt. Den här har nog en 30 miljoner som rättorna. Det räcker gott för en robot. Själva har vi väl en 20 miljarder om vi nu använder dom, skrockade reparatören och fortsatte med sin sond.

-Den är skadad här uppe, sa han till slut och klappade roboten på baken. En ledning ner i benet har kommit i kläm. Det är som att dra ett rep genom ett hål i en bräda, om ni förstår vad jag menar. Vi kan också råka ut för det om musklerna blir inflammerade och svullnar. Det är tur att den inte känner något. Jag får ta av honom benet och byta den där ledningen. Det tar lite tid och jag har annat att göra också. Ni får klara er utan honom i nån vecka.

-Se nu till att komma härifrån innan terroristerna får syn på dig, sa min fru, när vi gick därifrån. Dom står här och väsnas hela dagarna. Och oroa dig inte för atombomberna. Jag hörde att dom parkerades vid Venus, när dom lade ner nationerna på Jorden.

Atombomberna bekymrade mig mest bara på nätterna och till min lättnad var portalen i stadshuset tom, när jag kom dit upp. Varken Svartskägget eller terroristkärningen syntes till. Jag hoppade därifrån med lätta steg. Reparatören kunde gärna ha behållit roboten lite längre, tänkte jag. Det skulle bli skönt att slippa den ett tag.