

## Vilka står bakom ODIN och varför?



*Sverige, Frankrike, Kanada och Finland står bakom satsningen på Odin. Samarbetet bottnar bland annat i ett gemensamt intresse för de båda forskningsområdena, atmosfärforskning och astronomi. Men även tidigare lyckade samarbeten och den jämförelsevis låga budgeten har gjort projektet intressant.*

Det finns ett stort allmänt intresse för hur det står till med ozonhålet, det vill säga nedbrytningen av ozon i den del av atmosfären som kallas för stratosfären. Folk vill veta hur och om hålet kommer att minska eller öka under det kommande århundradet. Och nu är en viktig tidpunkt att göra mätningar för att förstå grunderna bakom nedbrytningen av ozon, till exempel hur nedbrytningen påverkas av höga klorhalter i atmosfären. Kanada, Finland och Sverige ligger på ungefär samma höga breddgrad och det är därför naturligt att atmosfärforskarna är intresserade av vad som händer vid polerna med det skyddande ozonet. Frankrike bedriver dessutom egen forskning på området bland annat vid Esrange i Kiruna.

Det är mycket svårt och kostsamt att klara av ett satellitprojekt på egen hand. Därför är det naturligt för små och medelstora länder att samarbeta med varandra. Det internationella samarbetet med Odin har gjort det möjligt för länderna att ställa sina egna frågor och utveckla sina särskilda intressen inom rymdforskningen. Det är mycket viktigt att hämta in egen kunskap och delta i kompetensuppbyggnad bland forskning och industri. Först då är det möjligt att avgöra vilken utveckling som är bäst för respektive land i framtiden. Det är forskarna från alla Odin-länderna överens om.



Odin passar väl in i de forskningsprogram som det europeiska rymdorganet, ESA, och amerikanska NASA bedriver. Erfarenheterna från Odin kommer också till pass i de oftast avsevärt större projekt som ESA och NASA bedriver. Ytterligare ett skäl till att forskarna från flera länder gärna ville vara med i Odin-projektet är att det är ett mycket flexibelt projekt. Andra större satelliter med fler instrument och fler inblandade i projektet ger mindre utrymme för den enskilde forskaren att påverka instrumentkonstruktion och observationsprogram.

Rymdstyrelsen är central förvaltningsmyndighet under näringsdepartementet med ansvar för all statligt finansierad nationell och internationell rymdverksamhet i Sverige vad gäller forskning och utveckling. Rymdstyrelsen är kontaktorgan för internationellt rymdsamarbete.

Det svenska rymdprogrammet genomförs till största delen i internationellt samarbete, främst inom ramen för europeiska rymdorganet ESA, samt genom bilateralt samarbete.



Besöksadress: Solna strandväg 86, Solna  
Postadress: Box 4006, 171 04 Solna  
Tfn: 08-6276480  
Fax: 08-6275014  
E-post: rymdstyrelsen@snsb.se  
www.snsb.se

Jettlag Kommunikation AB, 2001, ab Firmatryck Nynäshamn, Omslagsfoto: Bill Frymire/Pressens Bild.

# odin



**Satelliten Odin – skarpa ögon i rymden**



## Satelliten Odin med skarpa ögon i rymden

Den svenska satelliten Odin är den sjätte i raden av högteknologiska små, svenska forskningssatelliter. Odin är på ett vis en allseende varelse, liksom guden i den nordiska mytologin. Satelliten kan nämligen rikta sina instrument mot både rymden och mot vår egen planet.

Satelliten Odin har två uppdrag – att studera atmosfären och att undersöka rymden. Mätinstrumenten ska hjälpa forskarna att identifiera olika molekyler och ge svar på hur mycket av olika ämnen som finns i de områden Odin riktas mot.

När Odin-projektet fortfarande befann sig på ett tidigt stadium upptäckte atmosfärforskarna att de kunde utnyttja samma utrustning för att göra mätningar i jordens atmosfär som astronomerna använder för att utforska rymden. De båda grupperna av forskare – aeronomer och astronomer – tog kontakt och samarbetet om Odin inleddes. I Odin-projektet är atmosfärforskarna mest intresserade av vatten, klormonoxid och ozon. Astronomerna intresserar sig främst för vatten- och syremolekyler i rymden.

Orionnebulosan i infrarött, IRAS Project, IPAC.

Odin är också viktig för rymdindustrin i de länder som deltar i projektet. Den svenska rymdindustrin har till exempel fått i uppdrag att utveckla och konstruera helt ny teknologi för att möta forskarnas krav.



### Oden i mytologin

Satelliten Odin är döpt efter den fornnordiske guden Oden – gudarnas konung. Namnet är väl valt, eftersom Oden var en allvetande gud. Genom att offra sig själv fick han hemliga kunskaper om bland annat runor och genom att kasta sitt ena öga i jätten Mimers brunn fick han del av alla Mimers kunskaper. Oden inhämtade också rapporter från sina båda kunskapare, korporna Hugin och Munin, om händelser i världen.

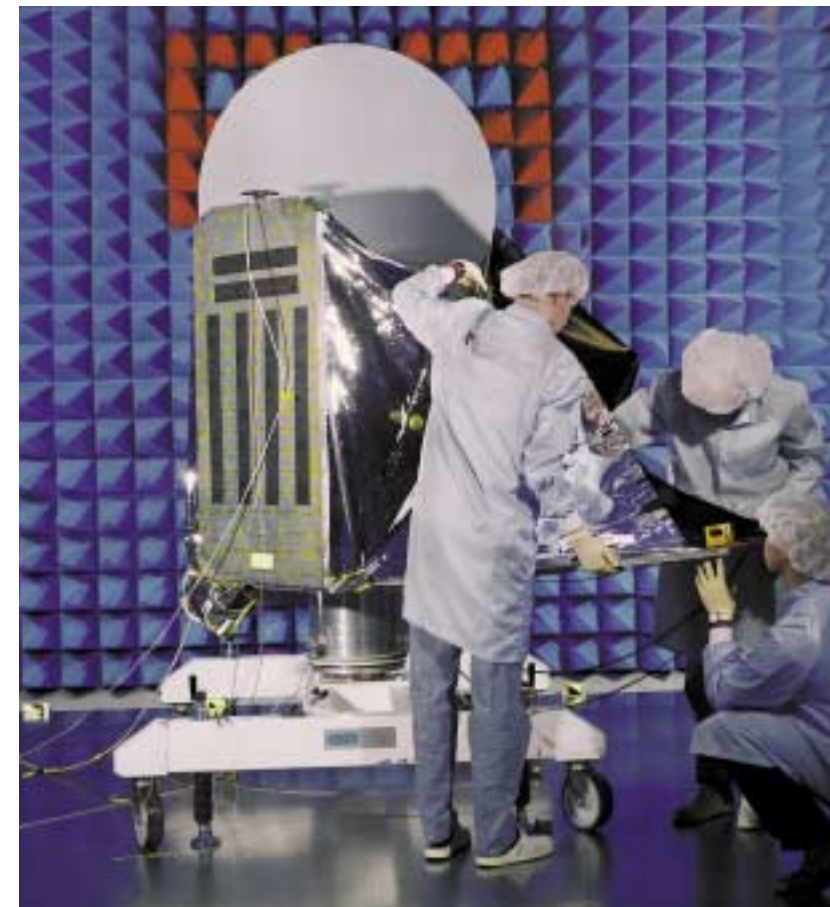
Källa: Nationalencyklopedin. Illustration: © Peter Madsen.

## ODIN söker svar på grundläggande frågor

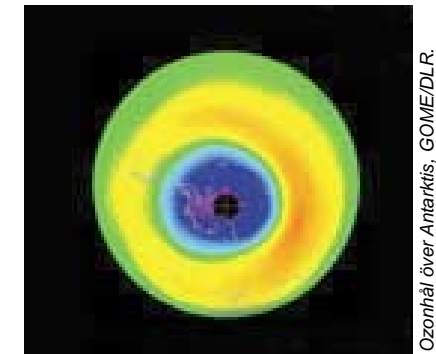
Odin är en satellit för grundforskning. Vi behöver mer kunskap för att förstå komplexa förhållanden, det har historien visat genom alla tider. Och Odin kommer att hämta in mycket speciell kunskap – både från rymden och från vår atmosfär.

Satelliten kommer att undersöka atmosfären, bland annat med avseende på hur ozon bildas och bryts ned och hur det påverkar ozonhålet. Med mer kunskap närmar vi oss svaren på viktiga frågor om till exempel hur föroreningar påverkar atmosfären.

Satelliten kommer också att sprida nytt ljus över de kemiska processer som styr förloppen när nya stjärnor bildas. Odin kommer också att studera kometer, som är restprodukter från stjärnfödselar och som kan ge nya ledtrådar till hur vårt eget solsystem ursprungligen skapades.



Testarbete på satelliten, Saab Ericsson Space AB.



Ozonhål över Antarktis, GOME/DLR.

## Kunskap på vägen mot mindre ozonhål

Odin kommer att mäta hur vattenånga, klorföreningar, ozon och andra ämnen fördelar sig i atmosfären. Det kommer att ge aeronomerna – atmosfärforskarna – nya kunskaper om bland annat ozonnedbrytningen nära polerna och om de mystiska nattlyssande moln som ibland kan beskådas om sommaren på våra breddgrader.

Satelliten kommer att undersöka hur klorföreningar i jordens atmosfär påverkar uttunnningen av ozonskiktet. Det hjälper forskarna att se om den minskade användningen av freon har gett något resultat.

Odin undersöker samspelet mellan de kemiska ämnen som är inblandade i ozonnedbrytningen. Mätningarna sker i en tid då halterna av klor förväntas sluta att öka i stratosfären. Klor är ett av de ämnen som orsakar ozonnedbrytning. Därför hoppas många att nedbrytningen av ozon också ska minska och att ozonskiktets skydd mot UV-strålning ska återställas.

Mätningarna från Odin kommer att resultera i en tredimensionell karta över atmosfären som visar de ämnen som instrumenten kan mäta. Med hjälp av sinnrika metoder kommer kartan att visa fördelningen av dessa ämnen i hela atmosfären.

Att bygga upp kartbilderna över atmosfärens kemi kan delas upp i två steg. Det första steget är att översätta signalerna till fysikaliska data som ämneskoncentration och temperatur. Det andra steget är att skapa en bild som visar hur ämnena fördelar sig i jordens hela atmosfär vid varje mättidpunkt. Därefter finns en god grund för att förstå de dynamiska processer som ständigt verkar i atmosfären.



Nattlysende moln, Pekka Parviainen, Universitetet i Åbo.



## Moln som lyser om natten

*Ibland kan vi på nordliga breddgrader se moln som lyser på natten. Det är de så kallade nattlysende molnen. Odin ska undersöka hur förekomsten av nattlysende moln samspelar med koldioxidhalten i atmosfären.*

Säsongen för nattlysende moln i Stockholm sträcker sig mellan midsommar och mitten av augusti. De kan skiljas från vanliga moln genom att de vanliga molnen ser svarta ut på natten medan de nattlysende molnen – som namnet antyder – lyser.

Det finns indikationer på att de nattlysende molnen blir allt vanligare. De observationer som finns idag är inte säkerställda och nu vill Odins aeronomer skapa en grund för vidare observationer.

Ett skäl till att det är intressant att mäta förekomsten av nattlysende moln är att de kan ha en koppling till hur mycket koldioxid som finns i atmosfären. När koldioxidhalten ökar blir det varmare närmast jordens yta och kallare högre upp i atmosfären. Ökande förekomst av nattlysende moln kan därför vara ett synligt tecken på en klimatförändring.

## Där nya världar skapas

*Vi människor har under alla tider funderat över hur vi har kommit till. Nästan alla människor ställer sig någon gång frågan: "Var kommer jag ifrån?" Den kedja av händelser som till slut bildar liv måste börja med att bilda en sol – en stjärna. Det är inte minst därför som Odins astronomer vill undersöka hur stjärnor bildas.*

Odin är ett viktigt verktyg för de astronomer som undersöker hur stjärnor blir till. De känsliga instrumenten kan fånga upp signaler som forskarna använder för att räkna ut vilka molekyler som finns i de ytterst tunna gasmoln i rymden som så småningom kommer att bilda nya stjärnor, de så kallade interstellära molnen. Odin ska framförallt visa hur koncentrationen av vattenånga och syrgas varierar i molnen och hur dessa ämnen påverkar molnens benägenhet att bilda nya stjärnor.

Det får inte bli för varmt när en stjärna ska födas – åtminstone inte till en början. När ett gasmoln börjar dra ihop sig genom sin egen tyngd är det viktigt att temperaturen i molnet inte ökar för då kommer det inre trycket att hålla emot gravitationskrafterna som drar ihop gasmolnet. Att förstå hur kylningen av gasen går till är alltså mycket viktigt för att vi ska kunna förstå hur en stjärna kan bildas. Odin undersöker vatten och syrgasmolekyler, eftersom forskarna har goda skäl att tro att dessa ämnen effektivt strålar ut värmeenergi och kyler omgivningen.

Om kylningen är tillräckligt effektiv kommer gasmolnet att kunna dra ihop sig i en så kallad gravitationell kollaps, som så småningom leder till att en eller flera stjärnor bildas. Under kollapsen sker en enorm ökning av gasens täthet. Under slutstadiet av kollapsen blir temperaturen och tätheten i centrum så hög att en kärnreaktion startar och ger stjärnan energi under mycket lång tid.



Mosaik av Orionnebulosan, C. O'Dell and S. Wong (Rice U.), NASA.

## Konsten att upptäcka molekyler i rymden

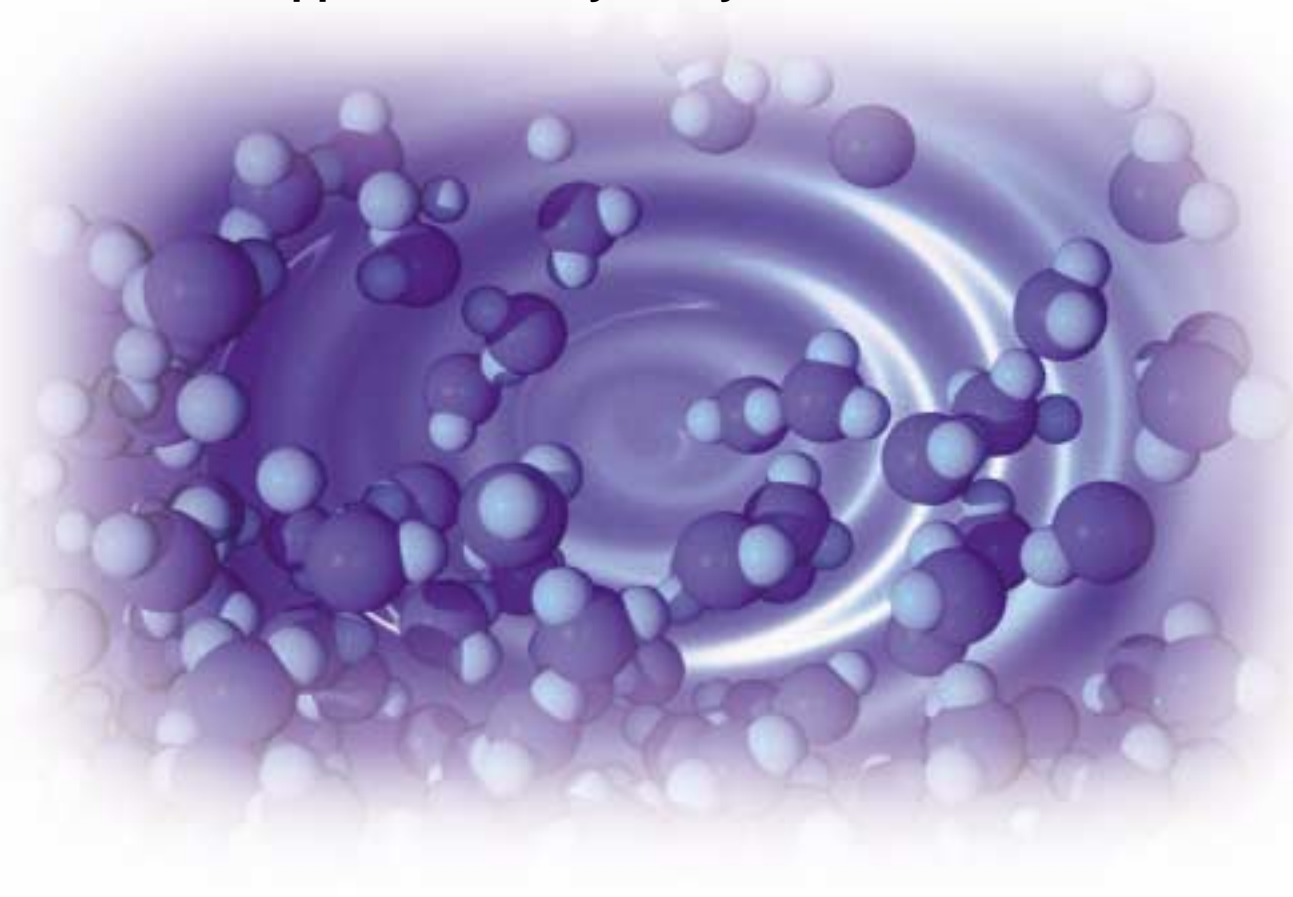


Foto: Jacob Halaska/Pressens Bild.

*Känslighet, flexibilitet och att vara placerad utanför atmosfären är viktiga förutsättningar för att Odin ska kunna se vad som händer långt borta i rymden där stjärnor bildas. Det känsliga radioteleskopet mäter enskilda molekylers unika signaler som astronomerna därefter använder för att räkna ut hur nya solsystem blir till.*

Den strålning som radiomottagaren på Odin kommer att observera är elektromagnetiska signaler från atomer och molekyler. Signalerna sänds ut vid bestämda våglängder och kallas för spektrallinjer. Linjerna är unika för varje slags molekyl – därför kan de användas för att identifiera molekyler på mycket stora avstånd.

Molekylerna i de kalla interstellära molnen (något till några tiotal grader över absoluta nollpunkten, -273°C) strålar huvudsakligen vid radiovåglängder och infraröda våglängder.

Det verktyg som radioastronomerna använder för att upptäcka atomer och molekyler ute i rymden är ett radioteleskop försett med en känslig radiomottagare. Instrumentet kan upptäcka radiovågor som är under en millimeter korta, till exempel signaler från syre och vatten i de interstellära molnen.

Styrkan med Odin är att teleskopet befinner sig utanför jordens atmosfär. Då stör inte atmosfären de svaga signalerna från syrgas- och vattenmolekylerna i de interstellära molnen.

En annan stor fördel med Odin är att mätinstrumentet är flexibelt och kan användas på många olika sätt. Radioteleskopet har fem mottagare, fyra av dem kan ställas in på olika våglängder. Det ska forskarna utnyttja för att söka av alla våglängder de kan i riktning mot intressanta mål på himlen, som till exempel molekylnolnet i riktning mot stjärnbilden Orion. Odins mottagare kommer att vara ungefär fem gånger känsligare än NASA:s senaste radioteleskop i rymden, på satelliten SWAS.

## Antenner och samarbete – nytta uppstår runt Odin

*Odin ger inte bara nytta i form av kunskap om rymden och atmosfären. En direkt följd av projektet är den nyutvecklade teknologi som finns på satelliten och de nya internationella nätverk av forskare och företag som har byggts upp inom projektet.*



Odin i renrummet i Svobodny, Rymdbolaget AB.

En forsknings satellit är ett verktyg för att söka svar på forskares frågor, samtidigt som utvecklingen av avancerade instrument ger rymdindustrin nya teknologiska utmaningar. Projektet Odin har präglats av nytänkande och samarbete mellan forskare och företag inom olika områden och från flera länder. Tillsammans har det gett upphov till nya affärsmöjligheter, teknikutveckling och ett ökat utbyte av kunskap mellan de medverkande länderna.

Odin är en avancerad satellit där stora delar av tekniken är helt nyutvecklade. Exempel är nya antenner, transistorer, datahanteringsmetoder, mätinstrument och ett nytt styrsystem.

Odins antenn har faktiskt den mest exakta reflektorytan i världen för sitt användningsområde. Ett helt nytt verktyg har utvecklats för att kunna tillverka en parabolantenn med en så noggrann yta.

### Svenska industriföretag som bidragit till Odin

Rymdbolaget AB, huvudleverantör  
Saab Ericsson Space AB  
ACR Electronics AB  
Omnisys Instruments AB  
SaabTech Electronics AB f.d. Celsius Tech Electronics AB  
Kildal Antenna Consulting AB  
Avantel AB

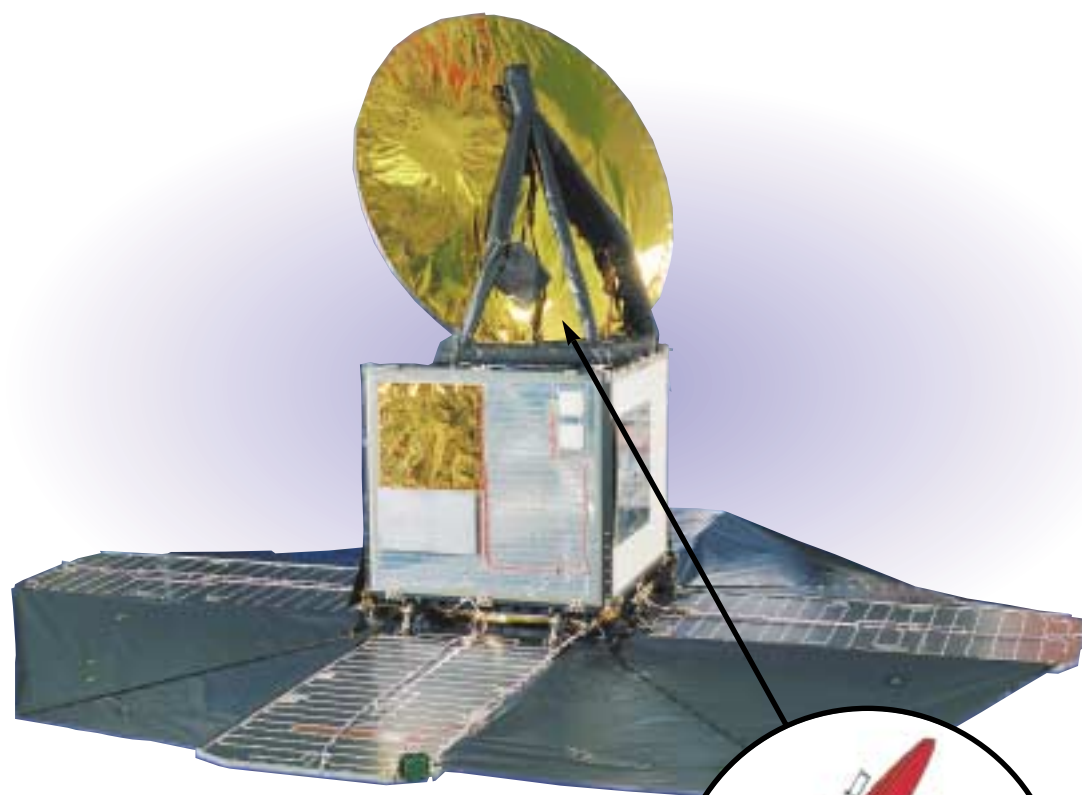
Och samma teknik har redan använts igen för att göra en stor antenn till Sirius – en ny europeisk telekommunikationssatellit.

Odin-projektet har byggt upp och förstärkt samarbetet mellan franska, kanadensiska, finska och svenska forskare och rymdindustri. Det har också medfört nya tvärvetenskapliga kontakter mellan två skilda forskningsområden – aeronomer och astronomer. Rymdverksamhet genomförs nästan alltid som internationella projekt. Därför är Odin också en viktig brygga till framtida internationella samarbeten för såväl industri som forskare.

*Rymdbolaget är huvudleverantör och ansvarigt för utveckling och projektledning av Odin.*



Saab Ericsson Space AB.



## ODINs skarpa ögon sitter på radioteleskopet

Tillverkare, utvecklare och designer har överträffat sig själva när de har byggt Odins submillimetryradiometer. Resultatet är ett känsligt radioteleskop som kan riktas både mot atmosfären och mot rymden och som dessutom är känsligare än något annat tidigare radioteleskop i rymden..

Forsknings satelliten Odins främsta instrument är ett radioteleskop med mottagare. Radioteleskopet är särskilt konstruerat för att kunna ta emot radiosignaler i submillimeterområdet. Det innebär att instrumentet kan upptäcka radiovågor som är under en millimeter korta, till exempel signaler från syre och vatten i interstellära moln långt borta i universum.

Två parabolliknande antenner tar upp signalerna – en huvudantenn som tar upp signalerna från rymden och riktar om dem till en mindre underantenn som styr in signalerna in i radiometern. Signalen dirigeras till mottagarna och delas upp och filtreras av optiken.

Eftersom astronomer och atmosfärforskare undersöker olika saker ställer de också olika krav på Odins teleskop. Astronomerna vill ha ett så känsligt instrument som möjligt för att kunna uppfatta de svaga radiosignalerna från molekyler långt ute i rymden. Atmosfärforskarna vill istället helst att teleskopet ska ha ett så väldefinierat synfält som möjligt. Genom att utveckla en ny form och nya tillverkningstekniker har man lyckats med att tillfredsställa både astronomer och atmosfärforskare.

### Fler ögon hjälper atmosfärforskarna

En kombinerad optisk spektrograf och infraröd kamera, benämnd OSIRIS, ger atmosfärforskarna kompletterande information om viktiga spårgaser i atmosfären. OSIRIS kompletterar också mätningarna med radiometern genom att den kan mäta solljus som spritts av atmosfäriske aerosol.

### ODIN i siffror

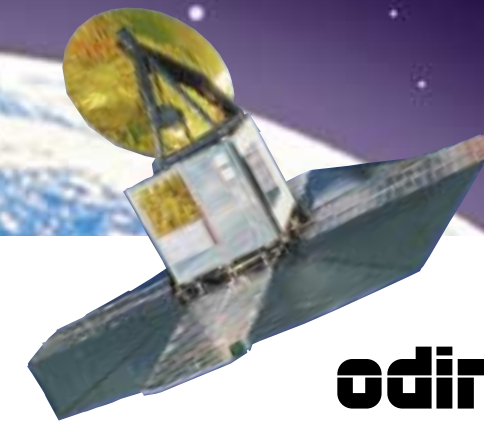
**Projektstart:** 1994  
**Kostnad:** drygt 400 miljoner kr, varav 250 miljoner från Sverige  
**Finansiering:** Rymdstyrelsen, CNES (Frankrike), CSA (Kanada), TEKES (Finland), Knut och Alice Wallenbergs stiftelse  
**Vikt:** 250 kg varav de vetenskapliga instrumenten väger 80 kg  
**Höjd:** 2 meter  
**Bredd vid uppskjutningen:** 1.1 meter med infällda solpaneler  
**Bredd i rymden:** 3.8 meter med utfällda solpaneler  
**Kraft från solpanelerna:** 340 W  
**Noggrannhet i inriktning:** ±15 bågsekunder i fast läge under upp till 60 minuter, ±1.2 bågminuter under rörelse  
**Datalänk:** > 720 kbit/s till Esrange  
**Minne:** >100 Mbyte fast minne  
**Uppsändning:** planerad till 20 februari 2001 från Svobodny, Sibirien  
**Raket:** Start 1 (konverterad SS-25)  
**Bana:** Cirkelformad polär bana, 600 km höjd  
**Livstid:** 2 år

### Radiometer

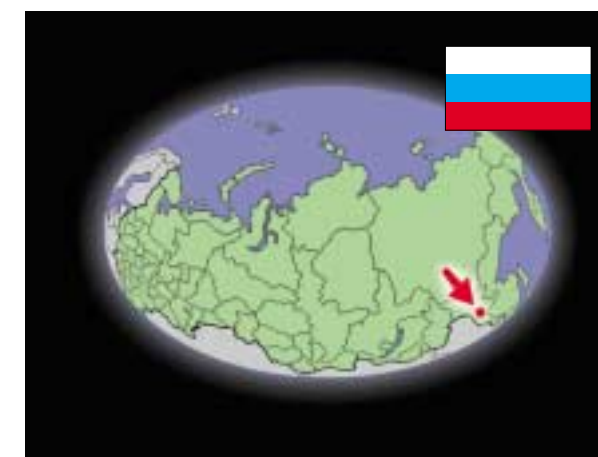
**Frekvens-täckning:** 486 – 580 GHz och 119 GHz  
**Frekvens-upplösning:** 150 kHz – 1 MHz

### OSIRIS

**Våglängds-täckning:** 280 – 800 nm; spektral upplösning: 900  
**IR-kanal:** tre spektrala band centrerade vid 1.263, 1.273, 1.530 mm



**odin**



### Uppskjutningen

Odin kommer att börja sin resa mot rymden i Svobodny, Sibirien, Ryssland. Satelliten sänds upp med hjälp av en omvandlad kärnvapenraket. Resan från jorden till omloppsbanan 600 km ovanför jordytan tar 16 minuter.



Odins bärraket, START-1, Rymdbolaget AB.

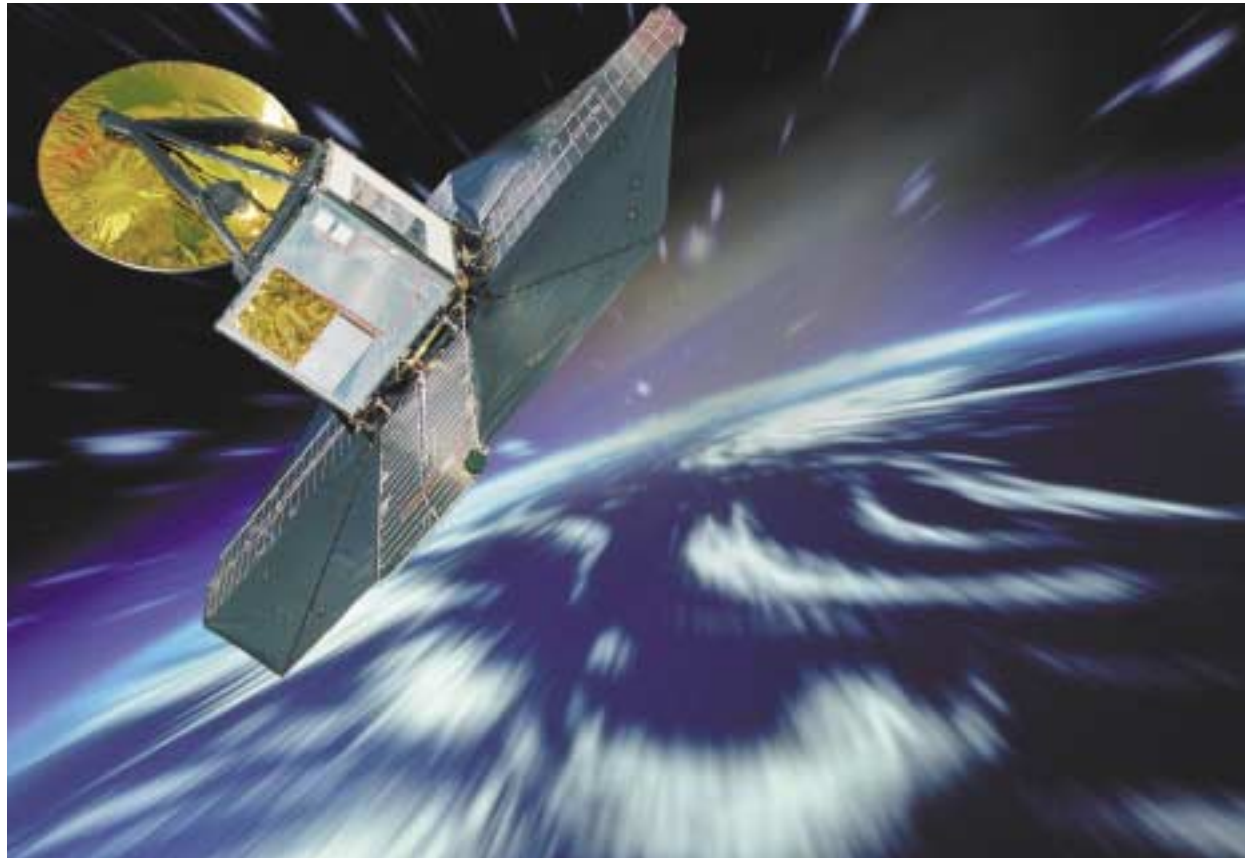


Foto: Bill Frimire/Pressens Bild och Rymdbolaget AB.

## En prickskytt bland satelliter

*Odin kan rikta sina mätinstrument mycket noggrant och röra sig med stor precision. Vare sig mätningarna gäller rymden eller atmosfären ställer satelliten in sig efter stjärnorna, med hjälp av det avancerade och nyutvecklade attitydkontrollsystemet (ACS).*

Eftersom Odins radioteleskop sitter fast på själva satelliten måste hela satelliten röra sig för att man skall kunna rikta instrumentet antingen ut mot rymden eller mot jordens atmosfär. Ett mycket avancerat peksystem (attitydkontrollsystem, ACS) gör det möjligt att med stor noggrannhet ställa in riktningen. Odins ACS kan rikta satellitens instrument mot ett område litet som en enkrona på 350 meters avstånd.

Attitydkontrollsystemet använder i första hand stjärnsensorer och gyron för att bestämma vilken riktning som satelliten har. En särskild dator har utvecklats för att hantera beräkningarna och styrningen av attitydkontrollsystemet.

När satelliten ska vrida sig till en särskild riktning för att göra mätningar ut mot rymden eller mot jorden skickas signaler till de svänghjul och elektromagnetiska spolar som får satelliten att ställa sig i en viss orientering.

För att astronomerna ska kunna mäta signaler från avlägsna objekt i rymden måste satelliten fixeras mot väl utvalda punkter på himlen och ofta under mycket lång tid. Förflyttningarna mellan olika mät-punkter måste samtidigt gå så snabbt som möjligt för att värdefull observationstid inte ska gå förlorad.

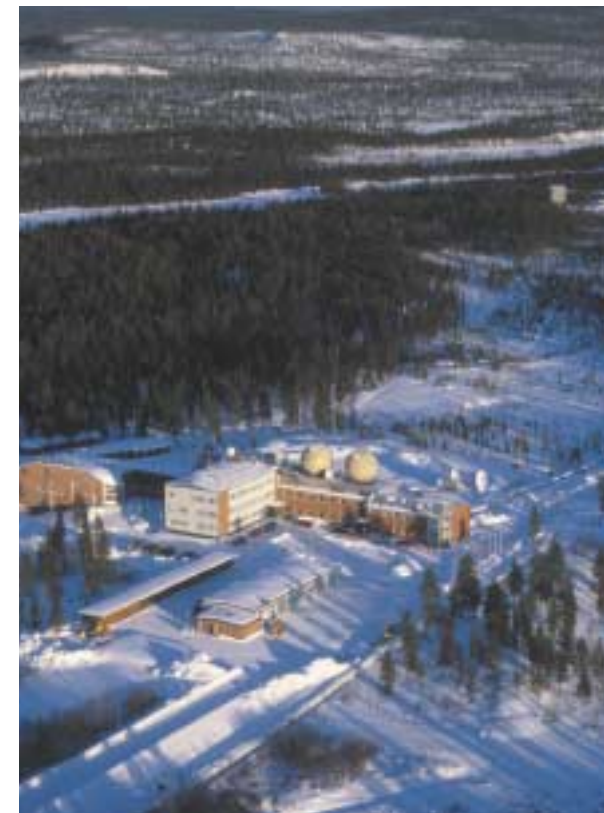
När atmosfärforskarna, aeronomerna, ska göra sina mätningar så riktar de instrumenten mot jordens kant. Antingen mäter de atmosfären på en fix höjd över jordytan, eller också låter de Odin svepa i höjddled mellan ca 7 och 120 km höjd i atmosfären, ca 40 gånger per varv. Satellitens inriktning måste kontinuerligt ändras: antingen för att kompensera för satellitens rörelse i sin omloppsbana eller för att utföra den svepande rörelsen genom atmosfären.

## Samla in, skicka vidare, och så vidare...

*Under sin karriär som forsknings satellit kommer Odin att samla in enorma mängder data. Men Odin har ett begränsat minne och skickar därför sin information till jorden 11 gånger om dygnet.*

Odin kommer att utföra sitt arbete under minst två år, om allt går enligt planerna. Under hela den tiden måste satelliten vara självförsörjande när det gäller energi. Under större delen av tiden är det inget problem eftersom solen ger mycket energi via solceller på satellitens sidor. Men när satelliten ligger i jordens skugga måste den ändå ha kraft och därför är Odin utrustad med uppladdningsbara batterier.

En gång per varv runt jorden skickar datorn ner den information som den har samlat in. Det kan bara göras mellan tre och tretton minuter varje varv, just då satelliten flyger över Esrange i Kiruna. Den korta överföringstiden har gjort det nödvändigt att utveckla en överföringsteknik som är mycket snabb. Odins dator skickar information till Esrange med en hastighet av 720 kilobit per sekund. Det motsvarar drygt tio gånger hastigheten hos ett modem.



Esrange i Kiruna, Rymdbolaget AB.

Men informationen går inte bara från Odin till marken. Satelliten är nämligen inte självförsörjande när det gäller instruktioner. Under den korta tiden över Esrange får Odin instruktioner om mätningar, inställningar och rörelser inför dess fortsatta resa runt jorden.

### Räkna med Odins data

*Data från Odins mätningar måste bearbetas innan forskarna kan använda dem. Bearbetningen gör data tolkningsbara för atmosfärforskarna och astronomerna.*

*Grundbearbetning av mätdata bygger på algoritmer och metoder som är utvecklade av forskargrupper i alla deltagande länder.*

*Rymdobservatoriet i Onsala/Chalmers är ansvarigt för den grundläggande behandlingen av data från radiometern. För astronomerna är den första databehandlingen från Onsala/Chalmers tillräcklig för att informationen ska vara användbar för deras syften. Men atmosfärforskarna måste gå ett steg längre. Deras data vidarebearbetas av Meteorologiska institutionen vid Stockholms universitet. Därefter kan olika forskargrupper arbeta med analys av data.*

*Motsvarande behandling av data från OSIRIS, den optiska spektrografen, görs i Saskatoon/Kanada (Institute of Space and Atmospheric Studies) och i Sodankylä/Finland (Arctic Research Centre).*

*Mätningarna från Odin kommer också att jämföras med andra mätningar i atmosfären för att säkerställa att data är riktiga innan forskarna drar några slutsatser ur dem. Några exempel på jämförelsemätningar är ett ballongexperiment som ska mäta halten av olika molekyler i atmosfären, ett raketexperiment som ska mäta vattenhalten. Odins data kommer också att jämföras med data från miljösatelliten Envisat som ska sändas upp i rymden sommaren 2001.*