



PDF -kopio



Maaliskuun ensimmäisenä päivänä, yöllä kello 03.08 Suomen aikaa koitti suuri hetki. Vuosikymmenen ajan rakennettu suuri ympäristötutkimussatelliitti Envisat tärisi Ariane 5 -kantoraketin kyydissä, kun raketin moottorit räjähtivät eloon ja työnsivät kahdeksantonnisen satelliittijärkäleen kiertoradalle. Mukana taivaalle nousi myös suomalaista avaruustekniikkaa sekä palanen maamme avaruusajan historiaa.

JARI MÄKINEN

JARI MÄKINEN ja EUROOPAN AVARUUSJÄRJESTÖ, kuvat



Bussillinen mittalaitteita avaruudessa

Satelliittien lähettäminen avaruuteen on nykyisin periaatteessa jo tavallista arkitutiinia, mutta aina välillä raketin nokkaan nostetaan tavallista, lähes sarjatuotantona tehtävää tietoliikennesatelliittia erityisempi avaruuslaite, jolloin väkeä ympäri maailman kerääntyy laukaisupaikalle seuraamaan laukaisua sydän kurkussa.

Erityisesti suurten tiedesatelliittien taivaalle ampumiset ovat hyvin tunnepitoisia tapahtumia; sadat insinöörit ja tutkijat ovat rakentaneet omilla tahoillaan omia osiaan satelliittiin vuosikausia, minkä jälkeen laukaisu on totuuden hetki. Se on myös vedenjakaja satelliitin suunnittelun ja valmistamisen sekä sen käyttämisen ja tieteen tekemisen välillä; valmistajat hyvästelevät lapsensa, ja lennonjohto ottaa uuden tapauksen huostaansa. Tutkijat siirtyvät puolestaan havaintojen valmistelusta varsinaiseen tiedon keräämiseen ja sen analysointiin.

Euroopan avaruusjärjestön tuorein tiedesatelliitti Envisat on erinomainen esimerkki kaikesta edellä mainitusta. Lisäjännitystä sen laukaisuun toi viime kesänä tapahtunut Ariane 5 -kantoraketin toimintahäiriö, jonka seurauksena kaksi tietoliikennesatelliittia joutui väärälle radalle. Näistä toinen, Envisatinkin kannalta tärkeä Artemis saatiin pelastettua sen omien rakettimoottorien avulla, mutta vastaavanlainen ongelma olisi ollut todella paha paikka Envisatille. Niinpä Arianen ärein ja tuorein versio laitettiin lentokieltoon siihen saakka, kunnes sen ylin vaihe oli testattu perusteellisesti ja hyväksytty uudelleen käytettäväksi.

Nyt se toimii täydellisesti, ja Ariane kyyditsi raskaan lastinsa erittäin tarkasti halutulle radalle noin 800 kilometrin korkeudessa Maan ympärillä.

Valoja sademetsän päällä

Arianet laukaistaan matkaan Kouroun avaruuskeskuksesta Ranskan Guyanasta. Paikka sopii erinomaisesti satelliittien lähettämiseen, koska se sijaitsee miltei päiväntasaajalla aivan meren rannalla. Mitä lähempää päiväntasaajaa satelliitti voidaan laukaista, sitä enemmän maapallon oma pyörimisliike antaa ilmaista vauhtia satelliitille: sen ansiosta Kourousta voidaan lähettää samantehoisella raketilla raskaampia satelliitteja kuin esimerkiksi Cape Canaveralista Floridasta.

Sijainti Etelä-Amerikan ylälaidalla mahdollistaa Kouroun käyttämisen sekä päiväntasaajan päälle laukaistavien tietoliikennesatelliittien



ENVISAT Kouroun S5-hallissa kuukautta ennen laukaisua. Vaikka satelliitin laukaisuvalmistelut tapahtuivat puhdistilassa, on instrumenttien päällä heliiumilla täytetyt huput, jotta herkkään optiikkaan ei tarttuisi ylimääräistä pölyä. Ne luonnollisesti poistettiin ennen laukaisua, samoin kuin kymmenet muut punaisin nauhoihin merkityt osat.

että Maan napojen kautta kulkevalle polaariradalle lähetettävien kartoitusatelliittien laukaisupaikana.

Niin Yhdysvalloilla kuin Venäjälläkin on erilliset lähetyspaikat näitä erityyppisiä laukaisuita varten, koska turva-aluevaatimukset poikkeavat

toisistaan; nousevan raketin alla pitää olla paljon tyhjää ja asumatonta tilaa.

Ranskalaiset ovat olleet paikalla jo 1700-luvulta alkaen, ja aivan Kouroun avaruuskeskuksen edustalla meressä sijaitsevat Pirunsaaret ovat jättäneet Guyanalle kovin



SAKSASSA Darmstadtin lähellä sijaitseva Euroopan avaruusoperaatiokeskus ESOC vastaa nyt myös Envisatin lennonvalvonnasta. Valtaosa tieteellisestä tiedosta vastaanotetaan Kiirunassa ja Italian Frascatissa olevien maa-asemien kautta, mutta Envisat voi lähettää tietojaan maahan myös Artemis-tietoliikennesatelliitin kautta.

kyseenalaisen maineen.

Kapeaa rantakaistaletta lukuunottamatta maa on sademetsän peittämää vaikeakulkuista maastoa, missä eläminen ja oleminen ei eurooppalaisille ollut helppoa ennen nykyajan tekniikkaa ja lääketiedettä.

Koska Guyanassa ei pahemmin hiekkarantoja ja kulttuurikohteita ole, täyttyvät pääkaupunki Cayenen lentävät koneet Ranskassa käyvistä paikallisista, luontoturisteista ja avaruusväestä. Ranskan Guyana saa lähes puolet tuloistaan avaruudesta, ja rakettien laukaiseminen hakkaa kirikkaasti perinteisesti suurimman elinkeinon, kalastamisen. Rommin tislaminen jää sekin kauaksi raketitbisneksistä.

Kun ranskalaiset päättivät laukaista oman satelliittinsa 60-luvun alussa, he kävivät raketitukikohtaansa valitessaan läpi koko joukon maita Pohjois-Afrikasta Tyynen valtameren saariin. Guyana osoitautui parhaaksi ja sieltä paikaksi valittiin Kourou-joen suulla, noin 70 kilometriä pohjoiseen Cayenestä oleva alue.

Rakettilaukaisu Kourousta alkoivat vuonna 1964, ja kymmenen vuotta myöhemmin ranskalaiset tarjosivat paikkaa myös vastaperustetun Euroopan avaruusjärjestön ESA:n käyttöön. Eräs tärkeimmistä ESA:n projekteista oli Ariane-kantoraketti, jonka ensimmäinen lento tapahtui jouluna vuonna 1979.

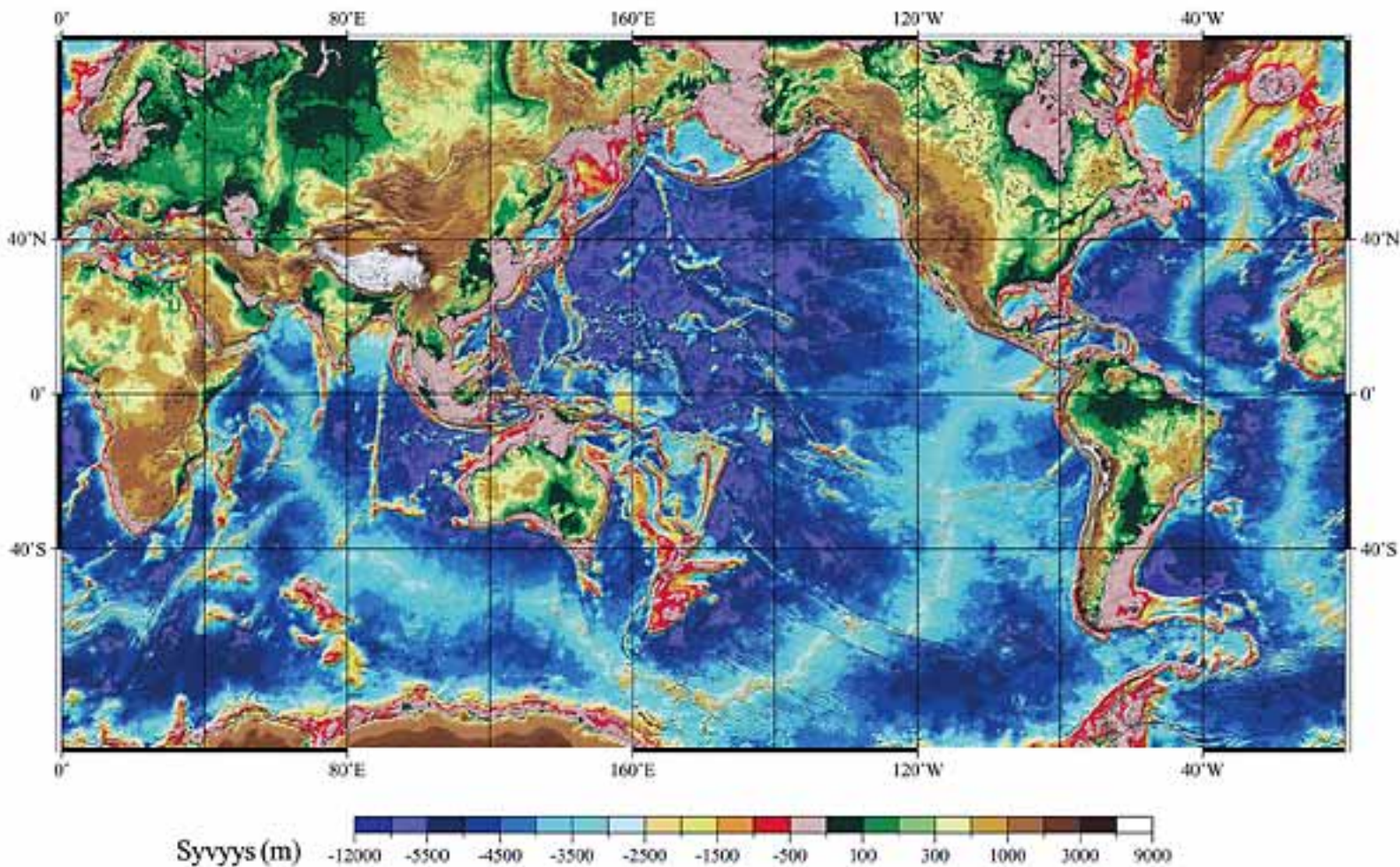
Nyt valmistelussa on Arianen lento 150, ja vaikka Envisatin laukaisusta on kulunut vasta kuukauden päivät, on tässä välissä jo yksi Ariane ehtinyt jylistä ylös avaruuteen sademetsän reunalta.

Jättsatelliitin viimeiset hetket Maan pinnalla

Envisat on hyvä esimerkki siitä, miten satelliitti valmistellaan laukaisuun ja lähetetään avaruuteen. Nopeimmillaan satelliitti singotaan kiortoradalle parissakymmenessä päivässä siitä, kun se saapuu Kouroun halliin, mutta Envisatin tapauksessa aikaa vierähti yhdeksän kuukautta. Envisat itse olisi tosin ollut valmis raketikytyin jo heinäkuussa, mutta Ariane-perheen uusimman version toimintahäiriö pakotti sen odottamaan monta kuukautta.

Kun kantoraketien osat kuskataan Euroopasta laivalla Atlantin toiselle puolelle, lennätetään satelliitit yleensä rahtikoneella. Kosmisen näköisiä laatikoita nokastaan purkavat Jumbo Jetit ja Antonov 124 -rahtarit ovatkin tuttu näky Cayenen lentoasemalla.

Envisat saapui Antonovin ma-



MILLAINEN on Maan oikea muoto? Yhdistämällä eri mittalaitteiden tietoja Envisat voi mitata tarkasti meren pohjan syvyyden ja maan pinnan korkeuden. Simuloidussa kuvassa näkyvät hyvin vuoret, jäätiköt ja merensyvänteet.

hassa Guyanaan viime vuoden toukokuussa. Se lennätettiin sinne kahdessa osassa, huoltomoduli ja hyötykuormaosa erikseen. Ne kuljetettiin saman tien Kouroun avaruusataman uuteen S5-rahdinkäyttelyrakennukseen ja liitettiin heti tarkistusten jälkeen toisiinsa. Suuret erilliset osat – kuten antennit, tutka ja aurinkopaneeli – kiinnitettiin satelliittiin vasta tämän jälkeen.

Kesäkuun lopussa Envisat oli jo kunnollisen satelliitin näköinen eli suurikokoinen laatikko, johon oli kiinnitettynä erilaisia epäsäännöllisen muotoisia laatikoita, torvia ja varsia. Tieteistarinoiden sulavalinjaiset avaruusalukset eivät muistuta lainkaan oikeita avaruuslaitteita, sillä lähes kaikki satelliitit ovat aurinkopaneeleilla, antennilla ja erilaisilla laitteilla koristeltuja laatikoita.

Kun Ariane 5 laitettiin lentokieltoon heinäkuussa, Envisat osittain purettiin ja laitettiin odottamaan. Kun Arianen ylimmän vaiheen moottorin toiminta oli selvitetty, sen toimintaa korjattu ja sitä oli testattu lukuisia kertoja, annettiin

raketille laukaisulupa viime tammi-kuussa. Lähtölaskenta käynnistettiin heti uudelleen ja Arianen sekä Envisatin valmistelut laukaisua varten aloitettiin.

Envisat testattiin osin uudelleen, jotta voitiin olla varmoja siitä, ettei kuusikuukautinen varastointi ollut vaikuttanut siihen. Sen valmistelu on sujunut testeistä alkaen hyvin ja aikataulussa. Suurimmat yksittäiset tehtävät olivat aurinkopaneelin ja tutka-antennin avausmekaniikan tarkistaminen ja virittäminen lentoa varten.

Tammikuun lopussa aloitettiin Envisatin tankkaaminen, mihin liittyen S5-hallin pihalla oli kiinnostava näky: parkkipaikallinen autoja nokka kohti ulosajotietä ja jokaisessa avaimet virtalukossa. Envisatin polttoaineena käytettävä hydratsiini on hyvin vaarallista ainetta, joten tankkauksen aikana paikka oli jatkuvassa evakuointivalmiudessa.

Helmikuun aikana satelliitti siirrettiin kantoraketin kokoamisrakennukseen ja asennettiin Arianen nokkaan kiinni. Kaikki ennen lentoa poistettavat osat – kuten optisten instrumenttien suojuukset – irrotettiin, ja kaikki juuri ennen lähtöä liitettävät osat kiinnitettiin, minkä jälkeen edessä olivat enää laukaisuharjoitukset ja itse laukaisu.

Laukaisujärjestyksessä edeltävä Ariane 4 saatiin onnistuneesti taivaalle 23. helmikuuta, jolloin alkoivat Envisatin viimeiset päivät Maan pinnalla: raketin nokkakartio suljettiin, systeemit testattiin, laukaisuproseduurit käytiin läpi useita kertoja, ja viimein laukaisupäivänä 28.2. raketti rullattiin ulos kokoomisrakennuksestaan.

Loistava laukaisu

Päivä alkoi kaikkea muuta kuin innostavasti, sillä Kouroussa satoi kaatamalla ja pilvet viilsivät puiden latvojen korkeudella. Säätieteilijät ennustivat kuitenkin illemmaksi parempaa säätä, joten valmistelut jatkuivat.

Koska satelliitti haluttiin laukaista juuri tietyllä radalle, oli laukaisuikkuna vain 15 sekunnin pituinen ja se avautui täsmälleen kello 22.07.59 paikallista aikaa. Ja kuin taikaiskusta taivas selkeni paria tuntia aikaisemmin.

Tuhannet laukaisua seuraamaan saapuneet ihmiset pidättivät henkeään ja toivoivat parasta kellon tikittäessä kohti nollahetkeä; kaikkien viivytysten jälkeen valmistelut sujuivat hyvin vihreiden merkkivalojen loistaessa lennonjohdon näyttötauluilla, joten hetkellä nolla oli kaikki »go». Tai koska Kouroussa laukaisut hoidetaan ranskaksi, »tous les parametres sont nor-

maux».

Juuri oikeaan aikaan Ariane 5:n voimakas Vulcain-moottori jysähti käyntiin ja sylkäisi ensimmäiset liekit ulos suuttimestaan. Sen työntövoiman vakiinnuttua syttyivät suuret apuraketit, minkä jälkeen noin 750 tonnia painanut kantoraketti nousi ilmaan. Suuren rätinän ja voimakkaan valon saatelemana se kipusi ylemmäs koko ajan kiihtyvällä vauhdilla ja kaartui uljaasti kohti pohjoista horisonttia.

Parin minuutin kuluttua apuraketit olivat tehneet tehtävänsä ja ne irtaantuivat kahtena selvästi näkyvänä valopisteenä kohti korkeuksia kiitävästä keskiosasta. Sen kärjessä hytkyi Envisat elämänsä kovimmassa koitoksessa, sillä nousun jälkeen se tulisi olemaan vain avaruuden painottomuudessa.

Vaikka avaruudessa rakenteet voisivat olla paperista tehtyjä, pitää avaruuslaitteet tehdä tukeviksi – vain ja ainoastaan laukaisun muuttamien raastavien minuuttien tähden.

Arianen suuri ensimmäinen vaihe hiipui yhdeksän ja puolen minuutin kuluttua lähdistä, minkä jälkeen edellisellä lennolla pettänyt ylempi vaihe syttyi täsmälleen suunnitellulla tavalla ja alkoi osaltaan kiihdyttää Envisatia. Parinkymmenen minuutin kohdalla oli sekin tehnyt tehtävänsä. Se käänsi

satelliitin oikeaan asentoon ja irrottautui: kello näytti 26 minuuttia ja rapiat, kun Envisat oli oikealla radallaan ja lensi omavaraisesti. Arianen lento oli päättynyt ja Envisatin alkanut. Maassa tuhannet käsiparit ratkesivat aplodeihin ja sampanjapullot pamahtivat auki.

”Se oli upea laukaisu ja kaikki meni erinomaisesti», huokaisi Envisatin projektipäällikkö Jacques Louet satelliitin irrottua kantoraketista oikealla radallaan.

Louet väitti, ettei ollut lainkaan jännittynyt laukaisun aikaan, sillä hän ja koko laukaisuryhmä olivat simuloineet laukaisun monta kertaa aikaisemmin. Siitä huolimatta Louetin katse oli jokseenkin lasitunut laukaisun aikana mutta muuttui levollisemmaksi sitä mukaa, kun Ariane kipusi ylöspäin taivaalla.

Samoin Arianespacen johtaja, ESA:n entinen pääjohtaja Jean-Marie Luton huokui tyytyväisyyttä katsoessaan Ariane 5:n nousevan vakaasti kohti tähtitaivasta jättäen jälkeensä kauniin savuvan juuri Orionin alapuolelle. ”Edellisen lennon jättämä epävarmuus on nyt voitettu, ja olemme osoittaneet, että Ariane 5 toimii erinomaisesti», totesi Luton ja jätti sanomatta,

mikä merkitys lennon onnistumisella oli koko Arianespacelle, Arianen kaupallisesta toiminnasta vastaavalle yhtiölle. Arianespace on päättänyt luopua kaikista vanhoista Ariane-versioista ja siirtyä käyttämään vain Ariane 5 -rakettia, joten sen toistuva toimintahäiriö olisi saattanut olla yhtiölle jopa kohalokas.

Envisat vastasi heti radiokutsuihin ja sen suuri aurinkopaneeli avattiin. Sen asennonsäätö vakiinutettiin, ja vähitellen laukaisun jälkeinen hässäkkä muuttui tasaiseksi työksi. Ensi alkuun oli edessä Envisatin kymmenen instrumentin käynnistäminen ja sitten niiden kalibroiminen. Tieteellisten laitteiden virittämiseen ja tulosten oikeellisuuden varmistamiseen kuluu aikaa puolisen vuotta, joten Envisat aloittanee varsinaisen tieteellisen havaintotoiminnan syksyllä.

Vuosikymmenen kestänyt projekti

Alun perin Envisat oli nimeltään Polar Platform ja siitä suunniteltiin uuden kansainvälisen avaruusaseman eurooppalaisen Columbus-laboratorion vapaastilentävää osaa.

Vaikka asemalla voidaan tehdä paljon erilaisia tutkimuksia, ovat

monet koejärjestelyt kuitenkin sellaisia, että ne vaativat joko suoraa kosketusta tyhjän avaruuden kanssa, tai kokeiden onnistumisen kannalta painottomuuden täytyy olla mahdollisimman täydellistä. Asema on puolestaan suurikokoinen ja raskas rakennelma, joka omalla massallaan ja liikkeillään sotkee hieman sen sisällä vallitsevaa mikropainovoimaa, joten kaikkein herkimpiä kokeita ei voi tehdä sen sisällä.

Polar Platform olisi lentänyt erillään asemasta, mutta se olisi palannut aina välillä asemalle huoltoa ja koelaitteiden vaihtamista varten. Se olisi ollut nimensä mukaisesti alusta, joka olisi vienyt tutkimuslaitteita vähäksi aikaa pois avaruusaseman vaikutuspiiristä.

Columbus-ohjelman budjetileikkaukset tekivät Polar Platformista kuitenkin erillisen satelliitin ja sen yhteys miehitettyihin avaruuslentoihin katkesi. Vuonna 1987 aloitettu projekti muuttui vuonna 1993 ympäristötutkimukselle omistetuksi Envisatiksi.

”Päätimme tuolloin, että mukaan otetaan kymmenen instrumenttia, joiden tekemiseen osallistuu 14 eri maata», muistelee projektipäällikkö Louet ja kertoo, että

ensimmäisten osien valmistaminen aloitettiin samana vuonna. Satelliitin päätoimittaja oli Astrium-yhtiö, jonka saksalainen osa vastasi instrumenteista ja brittiläinen osa itse satelliittiosasta. Käytännössä Envisatin osia on valmistettu alihankintoina ympäri Eurooppaa, myös Suomessa.

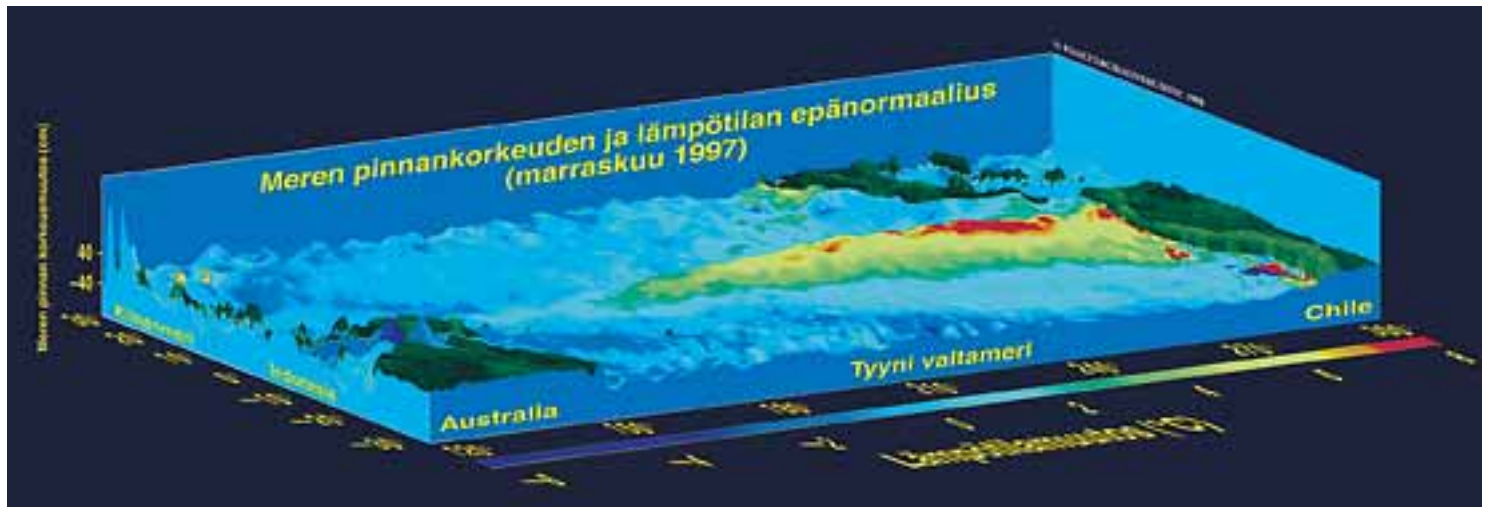
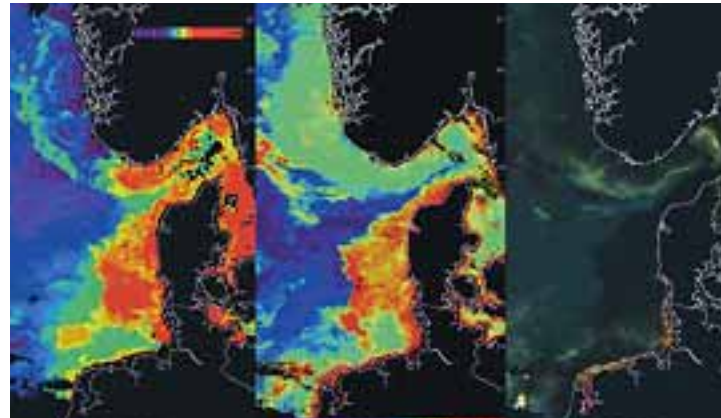
Alusta alkaen Envisat-projektissa mukana ollut, satelliitin kokoamisesta ja testaamisesta vastannut pääinsinööri Gilles Labruyère huomauttaa mielellään, että Envisat on hyötynyt kovasti siitä, että se oli alun perin mukana Columbus-suunnitelmassa.

”Kun jotain tehdään miehitettyillä avaruuslennoilla käytettäväksi, siihen suhtaudutaan hieman vakavammin ja sen luotettavuuskriteerit ovat korkeammat», toteaa Labruyère. ”Lisäksi Envisat on suurin ja monimutkaisin koskaan Euroopassa rakennettu satelliitti, mikä osaltaan on tehnyt siitä eräänlaisen silmäterän», hymyilee Labruyère.

»Koska tiesimme, että näin suuressa satelliitissa voi olla ties minkälaisia vikoja, niin päätimme, että niitä ei tule olemaan lainkaan.» Montakaan satelliittia ei ole tehty samanlaisella pieteetillä, kuin millä Envisatia rakennettiin.

Vuosi sitten satelliitti oli vielä ESTEC:issä, Hollannin Noordwijkissä sijaitsevassa Euroopan avaruustekniikan tutkimuskeskuksessa, missä se koottiin ja testattiin. Ennen nyt avaruudessa olevan varsinaisen satelliitin tekemistä siitä valmistettiin muutama koekappale koko laitteiston testaamista varten. Niitä ravisteltiin, pommitettiin radioalloilla, kuunnennettiin, laitettiin tyhjiöön ja koeteltiin kaikilla mahdollisilla ja mahdottomilla tavoilla, jotta kaikki toimisi avaruudessa hyvin. Vaikka avaruusteleskooppi Hubblea voidaan käydä vä-

SATELLIITTITIEDOISTA voidaan myös koostaa kuvia, joissa meren saastuminen näkyy hyvin konkreettisesti. Kuvassa näkyy Pohjanmerta Skagerrakin luona; sopivissa olosuhteissa mikroskooppinen fytoplankton alkaa lisääntyä epänormaalisti, jolloin mereen ilmestyy suuria levälauttoja. Levät voivat olla myös vaarallisia, joten niiden seuraaminen on tärkeää. Vasemmalla näkyy meren pintalämpötila, keskellä klorofyllipitoisuus ja oikealla näiden kooste, joka näyttää levälautat. (Plymouth Marine Laboratory, UK, kuvat)



ENVISAT ei ole ennättänyt vielä tekemään karttaa parhaillaan muhivasta uudesta El Niño -ilmioistä, mutta sen edeltäjässä ERS-2-satelliitissa olevat laitteet tekivät tämän havainnollisen kuvan edellisestä El Niñosta.

Tätä tulostetta ei saa käyttää mainos- ja myynninedistämistarkoituksiin.

lillä korjaamassa, on Envisat kerran avaruuteen jouduttuaan siellä aivan omillaan.

”Testaamme satelliitteja, koska me haluamme löytää ongelmia», totesi Envisatin testauspäällikkö Peter Dubock viime vuoden maaliskuussa.

”Jos testaamme satelliitin, emmekä löydä yhtään mitään, niin olemme itse asiassa hyvin huolestuneita, koska kaikissa satelliiteissa on ainakin jotain pientä korjattavaa», jatkaa Dubock ja kertoo Envisatista löytyneistä – ja siten mieltä rauhoittaneista – vioista: ”Huomassimme esimerkiksi, että osa satelliitin pinnassa olevista pienistä rei’istä oli liian pieniä. Kun satelliitti on aluksi ilmakehän sisällä ja nousee sitten ylemmäs, pitää ilman päästä ulos satelliitin sisältä tarpeeksi nopeasti. Nyt sen sisälle ei kuitenkaan muodostunut täydellistä tyhjiötä, mikä olisi haitannut joidenkin laitteiden toimintaa. Tämä on juuri tyypillinen testauksessa löytyvä vika, sillä se on yksinkertainen tehdä ja yksinkertainen korjata.»

GOMOS ja yhdeksän muuta mittaria

Envisatissa on kymmenen ilmakehää, maan pintaa ja meriä tutkivaa havaintolaitetta, joista otsonia mittaava GOMOS on suomalaisittain kiinnostava. Ranskalaisten kanssa yhteistyössä toteutettu laite mittaa ilmakehässä olevan otsonin pystyprofiilia ja sen avulla voidaan tehdä vuorokaudessa enemmän havaintoja kuin noin neljällä sadalla maailmanlaajuisesti lähetetyllä säähavaintopallolla.

Instrumentin suunnitteluun ja tekemiseen ovat osallistuneet Ilmatieteen laitos, VTT, Patria ja Space Systems Finland.

Dubockin ryhmän työntekijät löysivät myös GOMOS:ista pienen vian, kun he oikein yrittivät. Kun instrumentille syötti uusia käskyjä hyvin nopeaan tahtiin, se nosti jossain vaiheessa kädet pystyyn ja jysähti. Se tosin saatiin aina käyntiin yksinkertaisesti uudelleen käynnistämällä. Vika on kuitenkin hyvä tietää ja tuntea, ja lisäksi sille ennätettiin tehdä jotain ennen laukaista.

”Tämä on ollut hyvin pitkä projekti, joten kun aikanaan valitsimme elektroniikkaan osia, emme olleet tietoisia siitä, että eräässä osassa on pieni suunnitteluvika», selittää Space Systems Finlandin Timo Jokitalo.

”Komentoväylää ohjaavassa mikrokontrollerissa oli juuri tuollainen vika, joten emme enää voineet vaihtaa osaa toiseen, vaan sille piti vain keksiä kiertotie, jotta



GOMOS:in tekemisestä vastannut suomalaisjoukko iloitsee onnistuneen laukaista jälkeä. Vasemmalta oikealle: Patrian Jens Lundell, VTT:n Heikki Saari, Ilmatieteen laitoksen Erkki Kyrölä ja Johanna Tamminen, sekä Timo Jokitalo ja Olaf Frauenberger Space Systems Finlandista.

ongelmaan ei törmättäisi uudelleen.»

Varmuuden vuoksi mainittakoon, että SSF ei vastannut elektroniikasta, vaan joutui näin vain sopeutumaan tilanteeseen.

”GOMOS on 160-kiloinen laite, jonka hyvin tärkeä osa on 30 cm x 40 cm oleva suuntauspeili», selittää VTT:n Heikki Saari. ”Kun satelliitti kulkee eteenpäin radallaan, etsii peili tavalta ennalta määrätyn tähden ja seuraa sitä niin kauan, että se peittyy Maan kiekon taakse», Saari jatkaa ja kertoo, että peili kykenee pitämään tähden kuvakentässä mikroradiaanin tarkkuudella, eli se pystyisi seuraamaan kilometrin päässä olevaa yhden millimetrin mittaista liikettä.

Samalla kun peili seuraa tähteä, se mittaa tähden spektriä, eli laite hajottaa valon osiin ja analysoi eri aallonpituuksia. ”Kun tähden valo kulkee ilmakehän läpi, jättävät ilmakehässä olevat kaasut merkkinsä tähden spektriin, jolloin vertaamalla tyhjän, avaruudesta tulleen ja ilmakehän eri kerrosten läpi kulkeeneen valon spektrejä toisiinsa voidaan määrittää ilmakehän koostumus eri korkeuksilla», selittää Ilmatieteen laitoksen Erkki Kyrölä, GOMOS:in tieteellinen vastaava Suomessa. ”Olemme ennen kaikkea kiinnostuneita otsonista, mutta GOMOS kykenee erottamaan myös muita kasvihuonekaasuja sekä vesihöyryä. Koska laite ei tarvitse aurionvaloa, kykenee se päinvastoin kuin useat muut instrumentit tekemään havaintojaan myös ollessaan Maan varjopuolella.»

”Tämä tähdenpeittoon perustu-



GOMOS on varsin mutkikas laite. Se koostuu vasemmalla alhaalla olevista CCD-kenoista ja muusta havaintolaitetekniikasta sekä suuresta, keskiosassa oikealla olevasta peilistä, jota kääntämällä laite etsii kohdetähtiä ja pitää ne kuvakentässään. Suomalaiskoinen elektroniikka on pääasiassa laatoissa vasemmalla ja piirilevyissä etualalla.

va mittaustapa on ollut normaali tutkimusmenetelmä tähtitieteessä jo pitkän aikaa, kun on tutkittu muiden planeettojen kaasukehien koostumusta», Kyrölä jatkaa. ”Parisatelliitissa 60- ja 70-luvuilla menetelmää koetettiin myös Maan ilmakehän koostumuksen mittaamiseksi, mutta asia jäi unohtuun 80-luvun loppuun saakka, kunnes ranskalaiset poimivat menetelmän uudelleen pohdittavaksi Mars-lennon yhteydessä.»

Ranskalaisessa ilmakehän tutkimuslaitoksessa Service d'Aéronomie:ssä nyt tutkimusjohtajana työskentelevä Jean-Loup Bertaux suunnitteli Spicam-nimistä laitetta venäläisellä Mars-96-luotaimella laukaistavaksi, mutta sille huonosti: laite päätyi punaisen planeetan kiertoradan sijaan Tyynen val-

Envisat lyhyesti

Laukaisu: 1.3.2002

Kantoraketti: Ariane 5

Massa laukaistaessa: 8 200 kg

Hyötykuorman massa

(tutkimuslaitteet): 2 050 kg

Koko laukaistaessa: 10 x 4 x 4 m

Koko avaruudessa: 28 x 10 x 7 m

Tehtävän arvioitu kesto: 5 vuotta

Instrumenttien määrä: 10 kpl

Kiertorata: 800 km:n korkeudessa, aurinkosynkroninen

Inkлинаatio: 98 astetta

Yhden kierroksen kesto:

101 minuuttia

Kustannukset: 2 253 miljoonaa

euroa (Suomen osuus noin 19

milj. euroa)

HAVAITOLAITTEET

GOMOS (Global ozone monitoring by occultation of stars): otsonin pystyprofiilin määrittäminen ilmakehässä.

SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography): ilmakehässä olevien erilaisten aerosolien ja kasvihuonekaasujen mittaus

MIPAS (Michelson interferometer for passive atmospheric sounding): stratosfäärissä olevien kemiallisten ja fysikaalisten prosessien tutkimus.

MERIS (Medium resolution imaging Spectrometer): Mittaa 15 taajuuskaistalla tietoa meristä ja maan pinnasta, joista voidaan päätellä monia asioita meribiologiasta, veden laadusta ja kasvillisuudesta. Laite näkee myös pilvet ja havaitsee vesihöyryä.

ASAR (Advanced synthetic aperture Radar): kuvantava huipputarkka tutka, joka toimii pilvien läpi päivin ja öin.

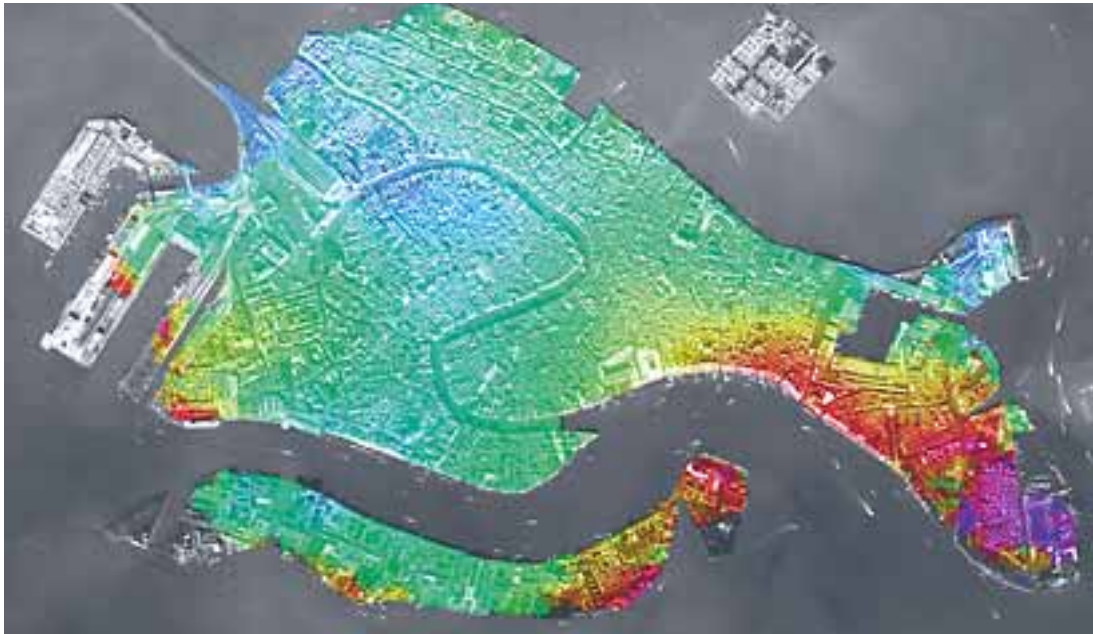
AATSR (Advanced along track scanning radiometer): meren pintalämpötilan mittaus.

RA-2 (Radar Altimeter): Tutkakorkeusmittari, joka mittaa satelliitin korkeuden pinnasta. Sen avulla voidaan mitata myös hyvin tarkasti meren pinnan korkeutta.

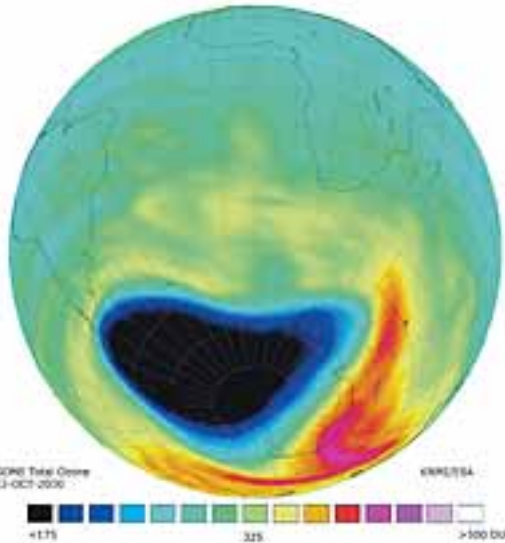
MWR (Microwave radiometer): toinen korkeusmittari, jonka avulla tutkakorkeusmittarin tietoa voidaan korjata.

DORIS (Doppler Orbitography and Radio positioning integrated by satellite): Määrittää satelliitin sijainnin muutamana senttimetrin tarkkuudella. Instrumenttien keräämän tiedon tarkastelussa on tärkeää tuntea satelliitin paikka hyvin tarkasti.

LRR (Laser retro-reflector): Laserheijastin, joka heijastaa maasemiltä lähetettyä laser-säteen takaisin maahan, jolloin satelliitin sijainti voidaan määrittää. Eräs maasemistä sijaitsee Metsähovissa Kirkkonummella.



ENVISATIN tarkka tutka on erinomainen väline maanpinnan korkeusmuutostenkin havaitsemiseen. Kuva näyttää ERS-2-satelliitin vastaavan mutta vähemmän tarkan tutkan keräämien tietojen perusteella Venetsiasta tehdyn kartan, joka paljastaa maanpinnan vajoamisen millimetrien tarkkuudella. Missä väri on sinistä, ei muutosta ole paljoakaan, kun taas keltaisissa ja punertavissa kohdissa Venetsia vajoaa. Kuva näyttää paikan päällä näkymättömät muutokset.



ERS-1-satelliitissa ollut GOME-instrumentti havaitsi maailmanlaajuisesti otsonin määrää jo varsin tehokkaasti, mutta GOMOS menee vielä pitemmälle: se pystyy kartoittamaan ilmakehässä olevan otsonin kolmiulotteisesti 1,5 kilometrin pystytarkkuudella. Etelämantereen suuri otsoniaukko tiedetään jo hyvin, mutta Eurooppaa uhkaavat pienet vikkeläliikkeiset miniaukot tekevät GOMOS:ista odottamattoman kiinnostavan laitteen.

tameren pohjaan epäonnistuneen laukaisun vuoksi.

Sen jälkeiset tapahtumat ovat puolestaan tyypiesimerkki tieteellisen havaintolaitteen tekemisen moniulotteisesta maailmasta. Kun uutta satelliittia suunnitellaan, tarjotaan tutkijoille mahdollisuus esittää ehdotuksiaan sen tutkimuslaitteiksi, minkä jälkeen eri asioita painottaen valitaan satojen ehdotusten joukosta muutama kymmenen laitetta, jotka pääsevät eteenpäin karsinnassa, ja joista lopulliset muutamat instrumentit karsitaan.

Koska Bertaux'n ryhmällä oli yhteyksiä Ilmatieteen laitokseen SOHO-aurinkotutkimussatelliitin SWAN-instrumentin pohjalta ja otsonimittaukset olivat kumpaakin osapuolta kiinnostava asia, muun-

tui Spicam nopeasti ehdotukseksi GOMOS-instrumentista. Puhtaan tieteellisen mielenkiinnon vuoksi suomalaiset ja ranskalaiset muodostivat hyvän parin myös teollisuuspoliittisesti: Suomi oli uusi tulokas ESA-yhteistyössä, ja tänne pyrittiin ohjaamaan tietoisesti "helppoja" harjoitteluprojekteja, joissa olisi mukana kokeneita tekijöitä. Niinpä päävastuu GOMOS:in tekemisestä oli ranskalaisilla, ja suomalaiset olivat mukana tieteellisessä yhteistyössä ja rakennuspuolella alihankkijoina – ja niin GOMOS hyväksyttiin Envisatin instrumentiksi vuonna 1992.

Lähes jokaisen instrumentin takana on yhteistyöröypäs, joka on onnistunut tuottamaan tieteellisesti, taloudellisesti ja teknisesti kiinnostavan ehdotuksen, joka so-

pii juuri kyseiseen hankkeeseen. Itse laitteen tekeminen on sen hyväksymisen jälkeen varsin suoraviivainen prosessi.

Elektroniikkaa ja ohjelmia

Päävastuu GOMOS:in suunnittelusta ja rakentamisesta oli ranskalaisella, nykyisin Astrium-konserniin kuuluvalla Matra-Marconi-yhtiöllä, mutta suomalaiset saivat näyttää osaamisensa ennen kaikkea elektroniikan ja ohjelmistojen tekijöinä. Projektin alkuvaiheessa vielä Hollming Elektroniikkana tunnettu yhtiö sai tehtäväkseen instrumentin tieteellisen elektroniikan, eli lähes kaiken GOMOS:ia ohjaavaa tietokoneita ja sille sähköä syöttävää laitteistoa lukuun ottamatta.

Nyt Hollming on sulautunut osaksi Patria-konsernia, jolle GOMOS oli näytettyä matkalla kohti vaativampia tilauksia.

Avaruussovelluksien tietokoneohjelmistoihin keskittynyt Space Systems Finland puolestaan syntyi GOMOS:in ansiosta, sillä yhtiön perustaja Seppo Korpela teki väitöskirjansa aiheesta ja perusti yhtiönsä sen innoittamana.

GOMOS toimii SSF:n tekemän ohjelman avulla ja sen tuottama tieto käsitellään yhtiön kehittämällä ohjelmilla.

"Koodin tekeminen avaruutta varten poikkeaa kovasti tavallisesta ohjelmoinnista, koska kaiken pitää olla niin toimintavarmaa», selittää SSF:n Timo Jokitalo. "Jokainen koordiväri pitää testata, jokaisen muutoksen pitää olla hyvin perusteltu, ja suunnitteluprosessi ennen ohjelman tekemistä on varsin raskas.»

Yleensä avaruustekniikka mielletään hyvin moderniksi, mutta näin ei ole. Koska toimintavarmuus on tärkeintä ja projektit ovat hyvin

pitkiä, vaikuttaa GOMOS:in tietokoneympäristö peräti muinaiselta.

"Jos on tottunut puhumaan pentiumeista ja sellaisista, niin GOMOS yllättää», pohjustaa Jokitalo ja lyö valttinsa pöytään: "Siinä on 16-bittinen prosessori, jossa on 128 kilotavua muistia. Sen nopeus on maksimissaan kymmenkunta miljoonaa toimenpidettä sekunnissa (MIPS:iä).» Tekniikka vastaa kymmenen vuoden takaista tilannetta, ja jos vastaava laite tehtäisiin nykYTEKNIKKALLA, olisivat luvut hieman parempia.

Vaikka lentotietokoneen ohjelmiston tekeminen on kenties kunnikkaampaa, on maalaitteistossa käytettävien ohjelmien tekeminen ollut suurempi ponnistus. Satelliitti itse on vain pieni osa koko projektia. SSF on tehnyt systeemit, joilla GOMOS:in lähettämä tieto esikäsitellään ja sen jälkeen muutetaan sellaiseen muotoon, että tutkijat pystyvät käyttämään sitä mahdollisimman hyvin.

Suurin osa GOMOS:in tiedoista käsitellään ja jaetaan eteenpäin Ilmatieteen laitoksen Sodankylän tutkimuslaitoksessa, jonne tieto ohjautuu satelliittista Ruotsissa olevan Kiirunan maa-aseman ja Italiassa olevan Frascatin kautta.

Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus VTT ei puolestaan ole tehnyt lentävään satelliittiin mitään osia, mutta ilman sitä ei GOMOS toimisi kunnolla.

"Olemme rakentaneet ultraviolettilalon ja näkyvän valon aallonpituuksilla toimivan spektrometrin maalaitteiston ja virittäneet ne mahdollisimman tarkasti», kertoo Heikki Saari VTT:n Mittaustekniikan laboratorista. "VTT oli aikanaan Ilmatieteen laitoksen kanssa ehdottamassa GOMOS:ia tehtäväksi, ja nyt oli todella sykähdyttävää nähdä kuinka se viimein nousi avaruuteen», huokasi Saari Kouroussa laukaisun jälkeen tiivistäen samalla koko suomalaisseurueen tunnelman. Samalla koko joukko jäi odottamaan viikko laukaisusta koittanutta päivää, jolloin virta kytkettiin GOMOS:iin, ja sitä hetkeä, kun laitteen ensimmäisen mittauksen tiedot ilmestyisivät kuvaruudulle.