

AVARUUSLUOTAIN

Rymdsonden Spaceprobe
3/2010, vol. 45



Suomalaiset
aurinkokuntaa valloittamassa

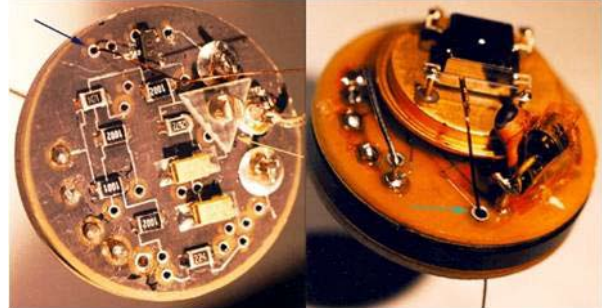
Suomalaista avaruusteknologiaa ASPERAsta MetNetiin

Ari-Matti Harri

Tässä katsauksessa jatkan siitä, mihin Risto Pellinen päätti oman artikkelinsa (25 vuotta avaruuslaitteiden rakennusta Suomessa: näin se alkoi, *Avaruusluotain 2/2010*). Tarkastelen Ilmatieteen laitoksen (IL) avaruustutkimuksen vaiheita noin 15 viimeisimmän vuoden ajalta. Liityin Ilmatieteen laitoksen geofysiikan osaston avaruustutkimusyksikköön heinäkuussa 1988 ja siirryin johtamaan avaruustekniikan ryhmää vuonna 1990. Minulla on siis ollut ilo osallistua läheisesti hyvin mielenkiintoiseen ajanjaksoon IL:n ja koko Suomen avaruustoiminnassa. Voidaan hyvillä mielin sanoa, että IL:n avaruuslaitetoiminta on ollut hyvin tuloksellista: noin 25 vuoden aikana olemme suunnitelleet ja valmistaneet noin 50 avaruuslaitetta. Tällä hetkellä avaruudessa lentää viisi luotainta, joiden kyydissä on IL:n toimittamia tieteellisiä mittalaitteita: NASAn Stardust sekä ESan SOHO, Mars Express, Venus Express ja Rosetta.

Toiminnan kolme tukijalkaa

Ilmatieteen laitoksen avaruusinstrumenttien valmistamiseksi Ilmatieteen laitoksen avaruusinstrumenttien valmistaminen alkoi vuonna 1985 digitaalelektronikan suunnittelusta ASPERA-instrumenttiin. Sen anturiyksiköstä vastasi



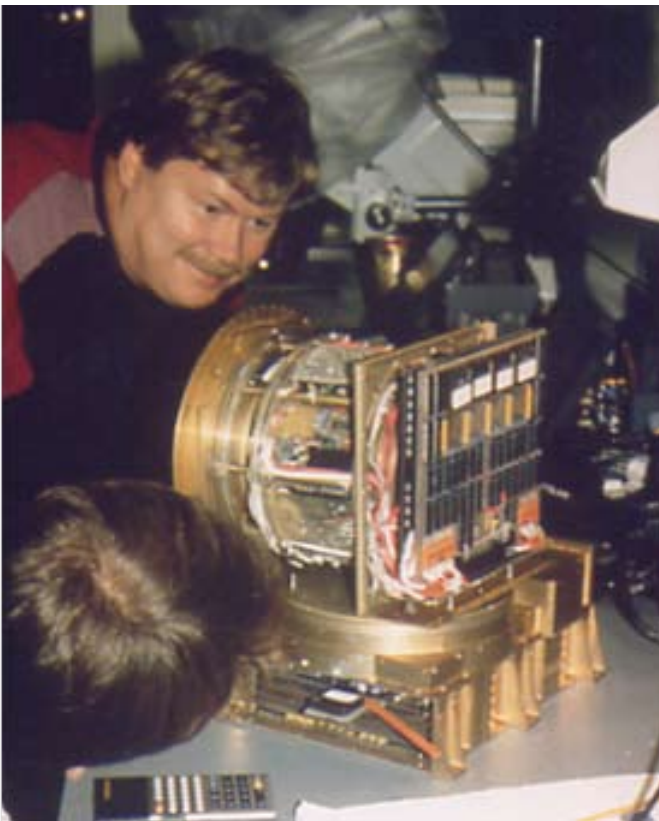
Tammikuussa 1999 laukaistun Mars Polar Landerin mukana lentänyt EGA-P, miniaturisoitu paineanturijärjestelmä. Kuva: Ilmatieteen laitos.

Ruotsin avaruustekniikan laitos (IRF, Institutet för rymdfysik), joka on edelleen tärkeä yhteistyökumppanimme. ASPERAn digitaalelektronikan kehittämisen myötä mikroprosessorijärjestelmistä muodostui yksi toimintamme tukipilareista. Tätä osaamista olemme hyödyntäneet lukuisissa avaruusohjelmissa. Mikroprosessoritekniikan rinnalle otimme jo 1990-luvun alussa mukaan avaruuslaatuiset ohjelmoitavat FPGA-piirit.

ASPERAn kaltaisia spektrometrejä on Ilmatieteen laitoksessa valmistettu tähän mennessä 4 kappaletta, joista yksi lentää parhaillaan Marsin ympäri Mars Express Orbiterin kyydissä ja toinen Venuksen ympäri Venus Express Orbiterissa.

Toinen tekninen tukijalkamme on ollut anturitekniikka. Siihen panostaminen alkoi 1988 Vaisalan anturitekniikan soveltamisesta Venäjän Mars-96-luotaimen Marsin ilmakehää mittaaviin instrumentteihin ja on jatkunut näihin päiviin saakka. Marsin empiirisen tutkimuksen vaikeus tuli ilmi Mars-96-luotaimen epäonnistuessa tehtävässään. Toimitimme vastaavia instrumentteja myös Mars Polar Landerin (NASA) ja Beagle 2:n (ESA) kyytiin, mutta nuokin luotaimet epäonnistuivat Marsiin laskeutumisessa. Tammikuussa 2005 saavutettiin valtava menestys, kun Cassini-luotaimen Huygens-laskeutujan (NASA/ESA) kyydissä ollut Vaisalan anturitekniikkaan perustunut HASI/PPI-instrumentti mittasi tarkasti Saturnuksen Titan-kuun kaasukehän profiilin. Tälle mahtavalle onnistumiselle saatiin pian jatkoa, kun NASAn Phoenix-luotain laskeutui onnistuneesti Marsiin toukokuussa 2006. Senkin kyydissä oli Vaisalan anturitekniikkaan perustuva paineinstrumentti, joka lähetti Maahan ensiluokkaisia havaintoja Marsin kaasukehästä. Seuraavan kerran IL:n suunnittelema paine- ja kosteusmittalaitteita lentää Marsiin NASAn Mars Science Laboratoryn mukana vuonna 2011.

Ilmatieteen laitoksen avaruustekniikan kolmas tukijalka on avaruusinstrumenttien ja kokonaisten suurten avaruusohjelmien tieteellinen ideointi, käynnistäminen, toteuttaminen ja tieteellinen hyödyntäminen. Hyviä esimerkkejä ovat mm. Marsin havaintoasemaverkon raken-



Ensimmäinen Aspera-plasmaspektrometri työn alla, laitetta tutkimassa elektroniikkasuunnittelija Pekka Riihelä. Kuva: Ilmatieteen laitos.



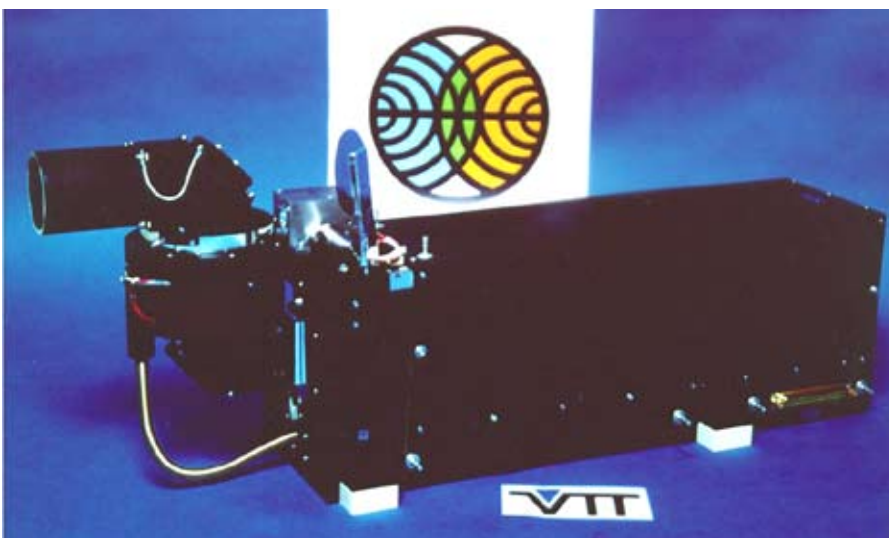
Mars-96 METEGG-laskeutujan testejä Moskovassa. Kuvassa vasemmalta leipurinhatut päässään Pekka Riihelä (IL) ja Isto Järvinen (Finnyards Oy, nyk. Patria Oy). Kuva: Ilmatieteen laitos.

tamiseen keskittyneet ohjelmat Mars-96, Mars NetLander ja MetNet, sekä Auringon aktiivisuutta mittaava SWAN-instrumentti SOHO-luotaimen (ESA) kyydissä. Samaan joukkoon kuuluu myös Saturnuksen kuuhen Titaniin lentänyt HASI/PPI-instrumentti. ESAn komeettoja tutkivassa Rosetta-ohjelmassa Ilmatieteen laitoksella on erittäin merkittävä rooli: toimitamme Rosettaan neljä erillistä avaruuslaitetta tai niiden merkittäviä osia. Tällä hetkellä on käynnissä myös suuri kansainvälinen IL:n johtama Mars MetNet -ohjelma, jossa kehitetään uudentyypistä laskeutujaa Marsin kaasukehän tutkimista varten.

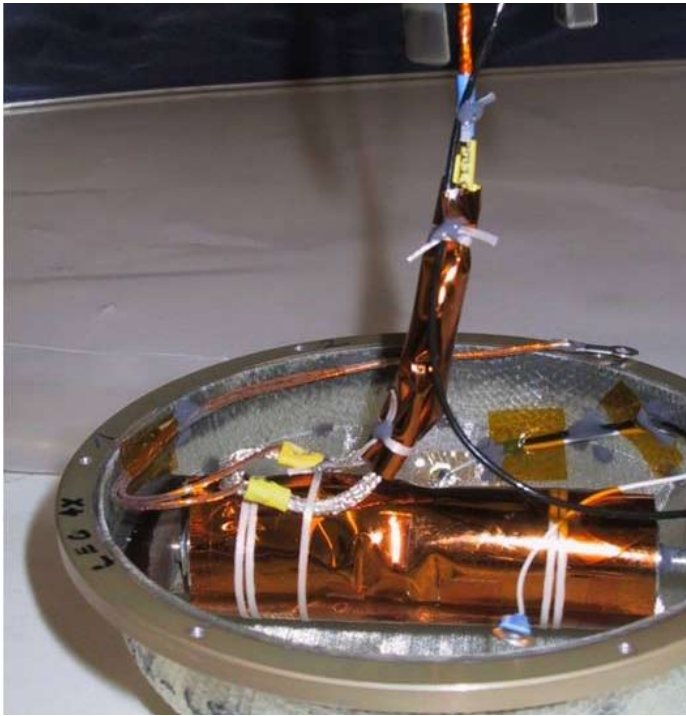
Rahoituksen aallokossa

Voidaan sanoa, että IL:n avaruustoiminta on edennyt aalloissa rahoituksen tahdissa. Ensimmäisen suuren aallon sai aikaan Risto Pellinen 1980-luvun puolessavälissä käynnistämällä IL:n ja samalla Suomen varsinaisen avaruustutkimustoiminnan. Uuden teknologian kehittäminen vastaamaan avaruustutkimuksen haasteita sai suopean vastaanoton rahoittajien taholta, ja IL:n avaruustoiminta lähti kovaan kasvuun. Tähän kasvuvaiheeseen liittyivät myös ensimmäiset jännittävät infrastruktuurihankinnat: 90-luvun alussa hankittiin laminaarivirtauskaappi avaruselektronikan juotostöitä varten sekä ensimmäinen iso lämpötestauskaappi. Vuosien saatossa laitteistoa on uusittu, ja nykyään IL:n kellarissa toimii pieni mutta moderni ja hyvin toimiva avaruuslaitteiden rakennuslaboratorio.

Seuraava aalto käynnistyi viitisen vuotta myöhemmin, ja liittyi otsoniongelman tutkimukseen. Keski-ilmakehän otsonin vähentyminen oli maailmanlaajuinen uhka, jonka tieteellinen selvittäminen oli ensiarvoisen tärkeää. Siksi tuohon alaan liittyvään tutkimukseen ja avaruuslaitteiden kehitykseen kanavoitui runsaasti rahoitusta. 2000-luvulle tultaessa näiden kahden aallon voima heikkeni ja IL:n avaruustoimintaa kohdennettiin ja organisoitiin uudistettiin. Näiden operaatioiden ansiosta avaruustutkimus kytkeytyi vahvemmin IL:n muuhun toimintaan. Näin saavutettiin merkittäviä synergiaetuja,



SWAN-instrumentti, joka tuottaa edelleen ensiluokkaisia havaintoja Auringon aktiivisuudesta toimittuaan jo 15 vuotta toimineessa SOHO-luotaimessa. Kuva: Ilmatieteen laitos.



Rosetta-luotaimen mukana matkaavan Philae-laskeutujan PP-instrumentti, joka sijaitsee laskeutujan jalassa. Kuva: Ilmatieteen laitos.

“Meillä on rahat muttei kokemusta!”

Näillä sanoilla erään italialaisen tutkimuslaitoksen edustaja kyseli keväällä 1989 professori Pelliseltä Ilmatieteen laitoksen halukkuutta osallistua HASI-instrumentin ehdotukseen Cassini/Huygens-missiota varten. Kysyjä oli tietoinen IL:n anturiteknoologiaan liittyvästä osaamisesta sekä IL:n vaativasta osuudesta Mars-96-ohjelmassa. Tämän yhteydenoton jälkeen päätettiin Ilmatieteen laitoksella osallistua HASI-instrumentin ehdotuksen tekemiseen ESAn Huygens-missioon. Päätös ei ollut helppo, koska samaan aikaan Ilmatieteen laitoksen ryhmä työskenteli hyvin tiukan aikataulun puitteissa Mars-96-ohjelman laitekehityksen parissa. Osallistumispäätös osoittautui onnekkaaksi, koska Mars-96-luotaimen laukaisu epäonnistui, kun taas Huygens suoritui loistavasti. Näin Huygensin hieno onnistuminen oli Ilmatieteen laitoksen ryhmän kannalta tavallaan kaksinkertainen onnistuminen.

Ilmatieteen laitoksella aloitettiin työ Titanin kaasukehää tutkivan HASI-instrumenttiehdotuksen tekemiseksi. Ensimmäinen toimi oli se, että Ari-Matti Harri osallistui yhteistyön aloittaneeseen HASI-neuvotteluun Roomassa Istituto Astronomicossa joulukuussa 1989. Samalla saatiin neuvottelukoketus kaikkiin muihinkin HASI-tiimin jäsenorganisaatioihin. Kotimaassa aloimme myös neuvotella teollisuuden ja tutkimuslaitosten kanssa. Tärkeimmät yhteistyökumppanit olivat anturiteknoologian toimittajana Vaisala Oy, aerodynamiikan suunnittelijana TKK:n Aerodynamiikan laboratorio (Professori S. Halme, T. Siikonen ja Bo Fagerström) sekä mekaniikkasuunnittelijana Suomen Optomekaniikka Oy.

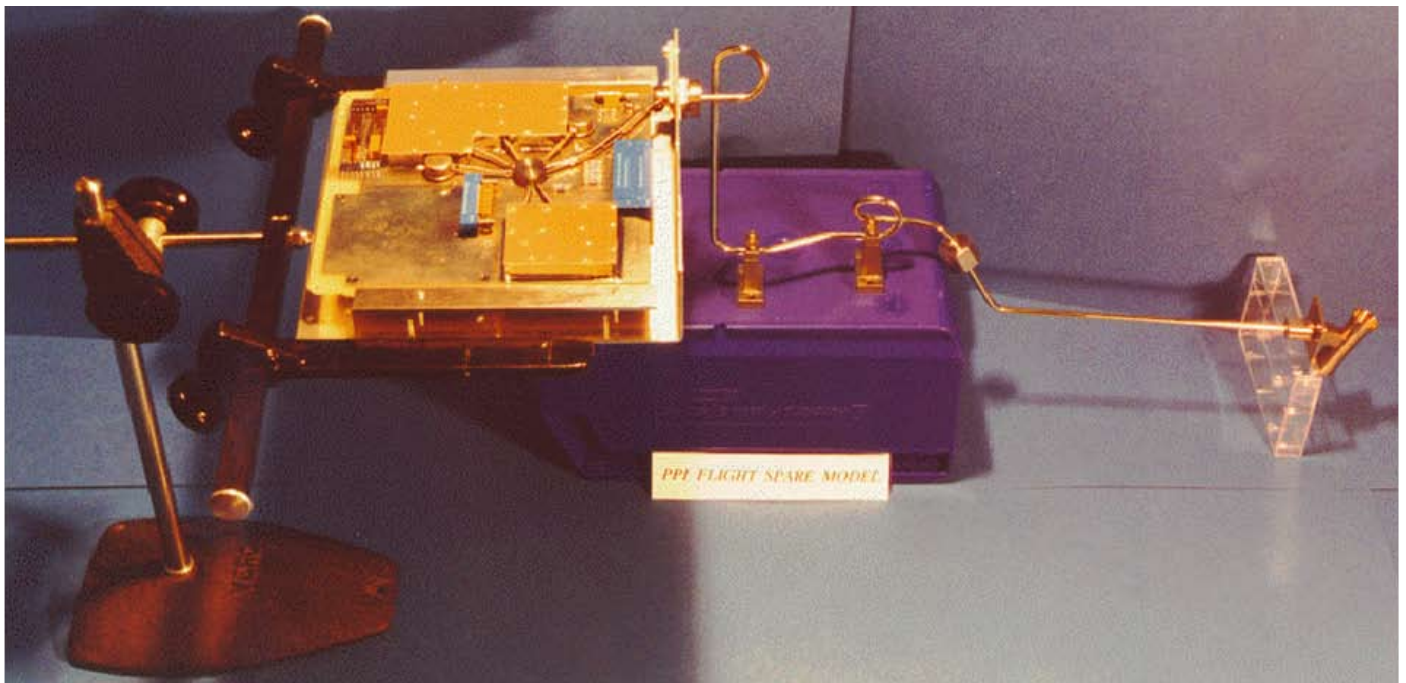
HASI-instrumentin kehitystyö eteni vauhdikkaasti instrumenttiehdotuksen kirjoittamisen tahdissa. Ilmatieteen laitoksen vastuulle tuli Titanin ilmakehän paineprofiilin mittaus laskeutumisen aikana. Myöhemmin meille selvisi, että Huygens-luotaimen kyydissä oli myös Ylinen Elektroniikka oy:n laskeutumistutka. HASI-instrumentin

joiden ansiosta avaruustutkimus jatkui uudistuneena.

Kolmas suuri aalto voidaan nimetä avaruustutkimusrahoituksen kansainvälistymiseksi. IL:n avaruustutkimus on alusta asti ollut täysin kansainvälistä toimintaa, mutta viimeisimpien 10 vuoden aikana kansainvälinen rahoitus (EU, ESA, kahdenkeskiset sopimukset) on alkanut muodostaa merkittävän osan IL:n avaruustutkimuksen budjettia. Samanaikaisesti varsinainen instrumenttien kehitystoiminta on vähentynyt ja projektien johtaminen lisääntynyt. Tällä hetkellä suuri osa IL:n avaruusinstrumenttien kehitystoiminnasta tapahtuukin kotimaisena alihankintatyönä, tai sitten ulkomaisten yhteistyökumppaneiden toimesta.



HASI-instrumentin kokouksessa keväällä 1992, paikkana Canterbury, Englanti. Mukana Ilmatieteen laitokselta Ilkka Liede (takarivissä 3. oikealta) ja A.-M. Harri (keskirivissä 6. oikealta). Istumassa (3. vasemmalta) on HASI-instrumentin päättökija italialainen professori Marcello Fulchignoni. Kuva: Ilmatieteen laitos.



PPI/HASI-instrumentin lentomalli, joka saapui onnistuneesti Saturnuksen kuuhan Titaniin tammikuussa 2005. Kiel-tyyppinen pitot-putki ulottui Huygens-aluksen ja sen aerodynaamisen rajakerroksen ulkopuolelle. Kuva: Ilmatieteen laitos.

ehdotus luovutettiin ESAlle keväällä 1990. Tiesimme, että myös eräs toinen tieteellisesti kokenut ryhmä oli jättänyt vastaavanlaisen instrumenttiehdotuksen. Jännittävien muutaman kuukauden jälkeen saimme kuulla, että meidän HASI-instrumenttimme oli valittu Huygensin hyötykuormaan. Tästä sitten alkoi PPI/HASI-mittauslaitteen kehitystyö, joka huipentui onnistuneeseen laukaisuun marraskuussa 1997, ja sitten onnistuneeseen hallittuun laskeutumiseen Titanin kaasukehän lävitse kuun pinnalle saakka 14 tammikuuta 2005. Missio toteutui hyvin tarkasti ennakkosuunnitelmien mukaisesti, ja IL:n PPI/HASI-laite toimitti ensiluokkaisia tuloksia. Näin Titan-kuun kaasukehäprofiili mitattiin ensimmäisen kerran ihmiskunnan historiassa.

Mars MetNet ohjelma – Uuden tyyppinen tutkimusalus Marsiin

Keväällä 2000 alkoi mielenkiintoinen kehityskulku. Silloisesta Kauppa- ja Teollisuusministeriöstä (KTM) kerrottiin IL:lle, että pieniosalopetetun Neuvostoliiton vanhasta velasta Suomelle on suunnattu rahoittamaan Suomen ja Venäjän välisiä korkean teknologian yhteishankkeita. KTM toivoi hyviä projektiehdotuksia. Neuvotteluvaiheen jälkeen jätimme KTM:lle ja Venäjän kaupalliseen lähestymiseen ehdotuksen Mars Metlander -projektista, jossa kehitetään uudentyypinen laskeutuja Marsin ilmakehän tutkimusta varten. Yhteistyökumppaneita Venäjällä olisivat vanhat tuttumme IKI (Venäjän avaruustutkimuslaitos) ja Lavochkin Association, joka on suunnitellut mm. kaikki Venäjän planeettaluotaimet.

Ehdotettu hanke hyväksyttiin, ja se käynnistyi elokuussa 2001 nimellä Mars MetNet Mission. MetNet-laskeutumisalus on uudentyypinen, massaltaan huomattavasti nykyisiä Mars-aluksia pienempi. Kuvaavaa on se, että yksi tällä hetkellä Marsin pinnalla taivaltava Spirit-kulkija vie Marsiin lennätettäessä saman massan kuin kymmenen MetNet alusta. Tällä hetkellä täh-

tämme ensimmäisen MetNet-aluksen lähettämiseen Marsiin vuonna 2014. Yhteistyöhön ovat tulleet mukaan Espanjasta valtiollinen teknologiaorganisaatio INTA sekä yliopistoja. Ohjelma onkin nykyään viralliselta nimeltään "MetNet – Finnish, Russian, Spanish mission to Mars". MetNet-ohjelman suurena tavoitteena on lopulta saada aikaan Marsin pinnalle havaintoasemaverkko. Tämä vaatii yhteistyötä avaruusjärjestöjen kanssa. Nämä neuvottelut ovat parhaillaan käynnissä. □



MetNet-mallin edessä vasemmalta professori Luis Vazquez (Universidad Complutense de Madrid), A.-M. Harri (IL), J. Heilimo (IL) ja Espanjan pääministeri Zapateron erityisneuvonantaja senaattori A. Caneda. Kuva: Ilmatieteen laitos / Walter Schmidt.