

# AVARUUSLUOTAIN – RYMDSONDEN 2/2002



Meteosat Second Generation 1 –säätökokuuta (MSG-1) liitetään Ariane 5 –kantorakettiin Kouroun avaruuskeskuksen loppuvaiheen kokoonpanorakennuksessa BAF:ssa (Batiment d'Assemblée Finale). MSG-1 laukaistiin onnistuneesti 28.8.2002 (ks. sivu 5; kuva: ESA).

Avaruusluotain  
Vol. 37 n:o 2, heinäkuu 2002

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <b>Sisältö</b>   |
| <b>Päätoimittaja:</b> Tero Siili   |  | Pääkirjoitus 3   |
| <b>Toimituksen osoite:</b> C/o Ilmatieteen laitos,<br>Geofysiikan tutkimus,<br>PL 503, 00101 HELSINKI  |  | Puheenjohtajalta 3   |
| <b>Puhelin:</b> (09) 19294660<br>(050) 5325462   |  | Avaruus uutisia 4  |
| <b>Telekopio:</b> (09) 19294603  |  | OMI – Uuden teknologian otsonimittalaite 7   |
| <b>Sähköposti:</b> Tero.Siili@fmi.fi   |  | Hyppyportti eli Webbi uutisia 10   |
| <b>ISSN:</b> 0356-021X   |  | Pienoismallirakettitoiminta 12   |
| <b>Painos:</b> 200 kpl   |  | Svensk Resumé 13   |
| <b>Ilmestymistaajuus:</b> Neljä kertaa vuodessa  |  | English abstract 14  |
| <b>Vuosikerran tilaushinta:</b> 22 €   |  | <b>Contents</b>  |
| <b>Ilmoitushinnat:</b><br>Tiedustele päätoimittajalta  |  | Editorial 3  |
| <b>Julkaisija:</b><br>Suomen avaruustutkimusseura – Sällskapet<br>för astronautisk forskning i Finland –<br>Finnish Astronautical Society,<br>PL 507, 00101 HELSINKI |  | President's section 3  |
| <b>Kauppalantie 6-8, 00320 HELSINKI</b><br>(09) 5874433  |  | Space news 4   |
| <a href="http://netlander.fmi.fi/~sats/">http://netlander.fmi.fi/~sats/</a>  |  | OMI – new technology ozone instrument 7  |
| <b>Pankkiyhdeys:</b> Merita 218518-129232  |  | Jumpgate or WWW News 10  |
| <b>Aineistopäivät vuonna 2002</b>  |  | Model rocketry 12  |
| 1/2002: 15.3.  |  | Swedish abstract 13  |
| 2/2002: 31.5.  |  | English abstract 14  |
| 3/2002: 1.10.  |  | Nimellä tai nimimerkillä kirjoitetuissa artik-<br>keissa esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajan<br>henkilökohtaisia käsityksiä eivätkä välttä-<br>mättä vastaa seuran tai lehden virallista<br>kantaa. |
| 4/2002: 15.11.   |  |  |

## Pääkirjoitus

Tervehdys ja hyvää alkavaa syksyä kaikille! Tämä numero on valitettavasti viivästynyt tämäkin materiaalivaikkeuksien vuoksi, mutta uskon tässä päteväen sanonnan *parempi myöhään...* Vakiopalstat ovat mukana – Ari-Matti Harrin *Avaruus uutisia* sekä Petri Makkosen *Hyppyportti*. Timo Roschier raportoi pienoismallirakettilennätyksistä.

Otsonitutkimusteema jatkuu tässäkin numerossa Anssi Mälkin kirjoituksella OMI-instrumentista.

Lehden aihepiireihin liittyen esittäisin tässä edelleen lopuksi toivomuksen kirjoituksista: lähettäkääpä minulle postia tai sähköpostia lehteen toivomistanne kirjoitusaiheista ja –aihepiireistä, jotta lehti jatkossa yhä paremmin vastaisi teidän jäsenten ja lukijoiden tietotarpeita.

*Tero Siili, päätoimittaja*

## Puheenjohtajalta

Euroopan avaruusjärjestön ministerikokous viime marraskuussa teki tiukan budjetin. Siitä huolimatta ESA:n Tiedeohjelma pystyi uudistumaan. Uusi Horizon 2000-ohjelmaa seuraava ohjelma on "Cosmic Vision 2020" – enemmän avaruuslentoja peinemmällä budjetilla. Myös satelliittikaukokartoitusmissioita syntyy ESAssa tasaista tahtia – noin neljän miljardin euron hintaisen Envisat-satelliitin jälkeen voi tehdä monta alle 400 miljoonan euron missiota. Miehitettyjen lentojen puoli sen sijaan on osin sekaisin: Columbus-avaruusasemamodulin rahoitus on jäissä, amerikkalais-eurooppalainen pelastusalus on peruutettu ainakin NASA:ssa jne. Myös Japanin NASDA suuntaa tarvitseman budjettileikkaukset Japanin ISS-osuuteen. Galileo-navigaationsatelliittien pääurakoitsijan paikasta on niin kova kisa Saksan ja Italian kesken, että siitä voi lukea lehdistä. Amerikkalaiset ovat lykäneet ensimmäisen GPS 3 -satelliitin laukaisun vuodesta 2011 vuoteen 2015 – tämä antaa mahdollisuuden Galileolle (jonka pitäisi olla valmis vuonna 2008). Galileon kolmen miljardin euron arvioitu rakentamishinta on kuitenkin pieni lohju Astriumille, Alenialle ja Alcatelille – Euroopan tietoliikennesatelliittiteollisuuden ti-

lauskanta alkaa kutistua hyvin pieneksi Galileosta huolimatta. Astrium on jälleen kesäkuussa rukannut organisaatiotaan. Alcatelin satelliittipuolen päälliköksi on valittu nainen, mikä Ranskassa ei ole kovin yleistä ja voi olla merkki muutosjohtamisesta. Myös Arianespacen 300 miljoonan euron tappiosta on vedetty johtopäätöksiä – konkurssi tuskin uhkaa, mutta Euroopan rakettiteollisuuden (ohjukset, kantoraketit) muutospaineeet ovat suuret.

Yhdysvalloissa TRW-yhtiö (kuuluisa vakoi-lusatelliiteistaan) on ostettu – se kuuluu nyt Northrop-Grumman-yhtymään, mikä lienee merkki sotilaallisen avaruustoiminnan elpymisestä Clintonin ajoista. Amerikkalaisilta on tulossa kaksi uutta sotilaallista kantorakettia EELV-ohjelman kautta – ne tulevat kilpailemaan Arianespacen kanssa. NASA pohtii ISS-avaruusaseman tilannetta kesän ajan. Sitten alkaa olla aika tehdä poliittisia ja kauppapoliittisia johtopäätöksiä.

Kesä on suomalaisittain aktiivista aikaa: 1.7.2002 lähti NASA:n Contour ja elokuussa lähtee EUMETSATin Meteosat Second Generation.

Pauli

## OMI – Uuden teknologian otsonimittalaite

Anssi Mälkki

OMI (Ozone Monitoring Instrument) on viimeisimmän neljän vuoden aikana ollut yksi suomalaisen avaruusteollisuuden ja ilmakehäkaukokartoituksen suurhankkeista. Jo aiemmin ESA:n Envisat-satelliittiin rakennettun GOMOS-laitteen yhteydessä Suomeen muodostui teollisuuden ja tutkimuksen otsoniklusteri, joka on jälleen osoittanut osaamistaan.

Alkuvuodesta 1998 NASA pyysi Hollannin avaruushallintoa mukaan EOS-Chemistry-hankkeeseensa, satelliittihankkeeseen, josta yhden partnerin vetäytyttyä puuttui oleellinen instrumentti eli otsonimittalaite. Suomen ja Hollannin avaruusteollisuus (Patria Finavitec Oy Systems ja VTT Automaatio Suomessa sekä Fokker Space b.v. ja TNO-TPD Hollannissa) olivat muutaman vuoden ajan kehittäneet uutta laitekonceptia otsonikerroksen monitorointiin ja nyt tarjottiin laitteelle lentomahdollisuutta. Tekesin johdolla luotiin Suomessa konsortio, johon liittyivät Patrian ja VTT:n lisäksi Ilmatieteen laitos hankkeen vastuullisena osapuolena Suomessa sekä Space Systems Finland Oy ohjelmistokehitykseen. Hankkeen kick-off oli aprillipäivänä 1998.

Hankkeen käynnistysvaiheessa satelliitin laukaisuun oli vain viitisen vuotta aikaa, laite oli olemassa vain suunnittelupöydällä, eikä kaikkia yksityiskohtaisia vaatimusdokumentteja tai suorituskykyanalyysijä oltu vielä saatu täysin valmiiksi. Yhdysvalloissa samaan satelliittiin tulevia instrumentteja oli kehitelty jo pidemmän aikaa, joten OMI hyppäsi aika moista vauhtia liikkuvaan junaan. Pienen käynnistysturbulenssin jälkeen tiimi alkoi kuitenkin hioutua yhteen ja tätä kirjoitettaessa instrumentti on Hollannissa kalibroitavana. Toki lähes vuoden alkuperäisestä aikataulusta jäljessä, mutta

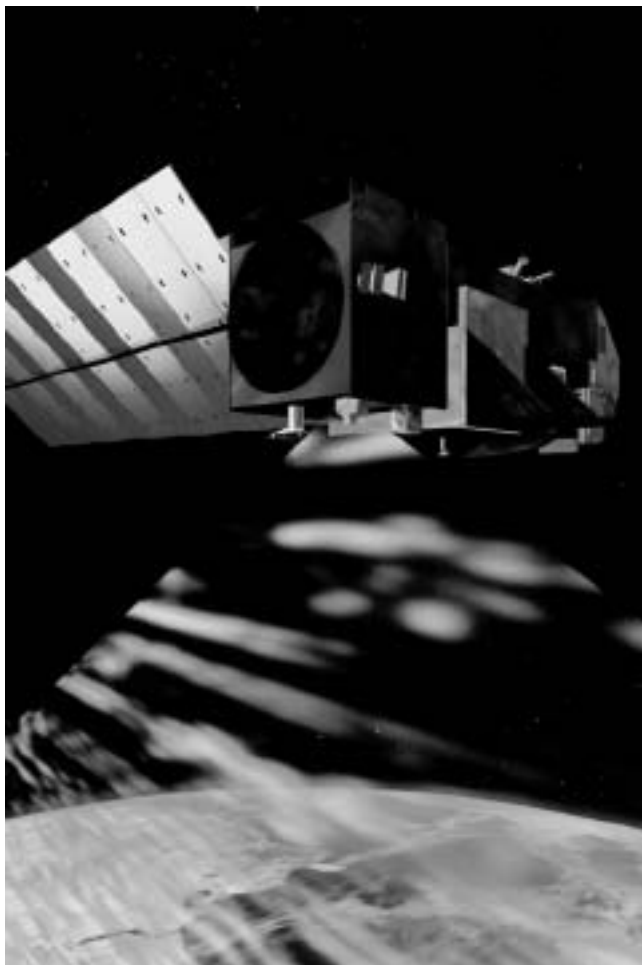
samanaikaisesti NASA on siirtänyt satelliitin laukaisupäivää (nyt tammikuu 2004), joten olemme edelleen kyydissä.

### EOS Aura

Vuonna 2001 EOS-Chemistry nimettiin uudestaan ja se sai nimekseen *EOS Aura*. Aura on latinaa ja merkitsee ilmaa – Auran sisäsatelliitit ovat Terra (maa, laukaistiin joulukuussa 1999) ja Aqua (vesi, laukaistiin 2.5.2002), joiden pääasialliset tutkimuskohteet ovat nimiensä mukaan kiinteän maan ja vesialueilla. EOS Aurassa on neljä mittalaitetta, jotka kartoittavat ilmakehää eri menetelmillä ja erilaisilla mitta-geometrioilla. OMI on tässä satelliitissa ainoa jatkuvasti suoraan satelliitista alaspäin mittaava laite, ja sellaisena tärkeä alailmakehän (troposfääri) ilmiöiden tutkimuksessa. Samoin nimensä mukaan OMI:lla on Aurassa monitorointitehtävä globaalien otsonijakauman ja napa-alueiden otsonikadon seurannassa.

### OMI-EOS

OMI on ultraviolett- ja näkyvän valon (UV-VIS; 270-500 nm) alueen spektrometri, joka mittaa satelliitista suoraan kohti maata eli on ns. nadir-instrumentti. Laitteen näkökenttä on viuhkamainen, satelliitin kulku-suuntaan poikittain oleva 114° leveä keila (kuva 1). Näin maanpinnalla nähdään kerralla lähes 2000 km levyinen kaista ja OMI onkin ensimmäinen instrumentti, joka kattaa 14-vuorokautisella kierroksellaan maapallon ympäri lähes koko ilmakehän yhden vuorokauden aikana. Samanaikaisesti OMI:n erottelukyky on parempi eli maapikselin koko on pienempi kuin aiemmilla instrumenteilla: normaalitilanteessa maapikselin koko on 13 km x 24 km. Erikois-



Kuva 1. OMI EOS-Aura-satelliitissa. OMI mittaa kohti maata viuhkamaisen alueen, jonka leveys on  $114^\circ$ , vastaten 1960 km maan pinnalla.

tilanteissa laite voidaan ohjelmoida 13 km x 12 km mittaustilaan, jolloin tosin mitattava alue kapenee puoleen. (Vertailun vuoksi: ESA:n GOME-instrumentin maapikseli on normaalitilanteessa 40 km x 320 km ja NASA:n EP-TOMS-instrumentti mittaa kerrallaan 39 km x 39 km alueen – huolimatta satelliitin noin puolta matalammasta ratakorkeudesta.)

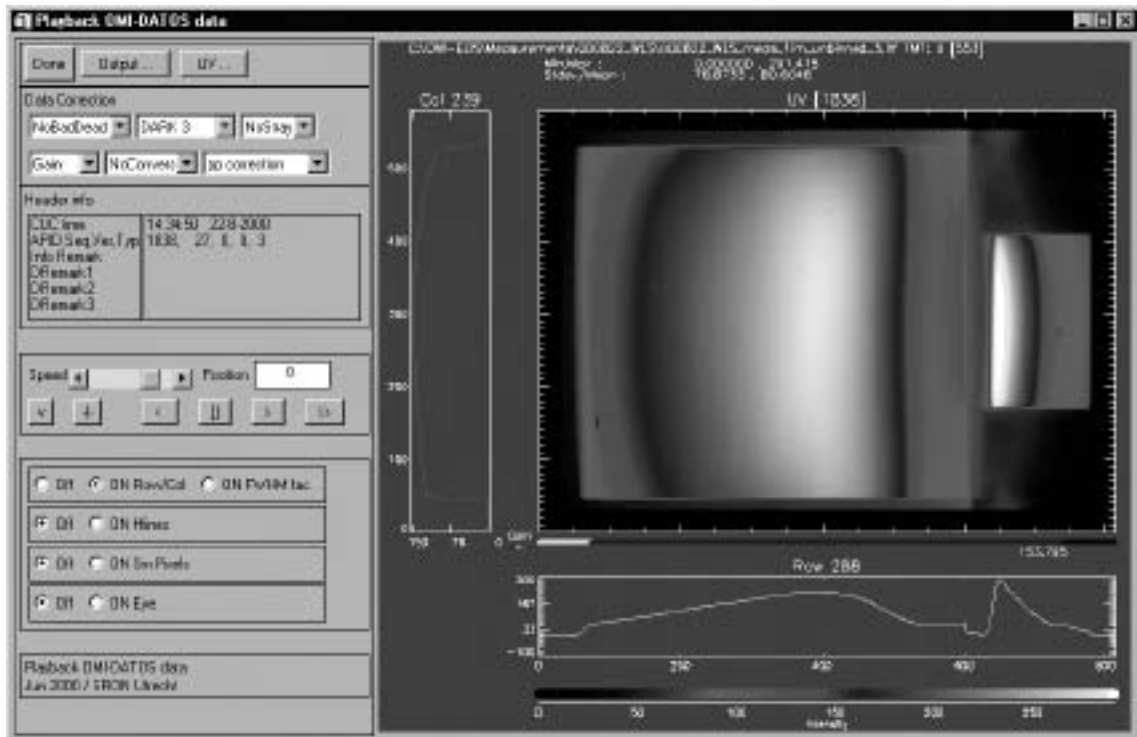
OMI:lla mitataan ilmakehästä heijastunutta ja sironnutta auringon valoa. Mittasignaali sisältää tietoa kaasusta, joihin valonsäteet ovat ilmakehässä törmänneet, ja näin OMI:n mittaamasta spektristä voidaan laskea eri kaasujen kokonaispitoisuuksia mitattavalla

alueella. Päätuotteet ovat otsoni, typpidioksidi, ilmakehän aerosolit ja pilvisyys. Lisäsuureina lasketaan myös maanpinnalle tulevan UV-säteilyn määrä. Otsonin osalta voidaan määrittää myös sen pystyjakauma eli profiili. Muita, erityisesti tutkijoita kiinnostavia tuotteita ovat rikkidioksidi, formaldehydi sekä otsonikatoa aiheuttava bromioksidi.

OMI on erittäin suorituskykyinen instrumentti. Pienen maapikselin johdosta pilvettömien pikselien todennäköisyys suurenee ja pilvien aiheuttama epävarmuus esim. otsonin pitoisuuden mittauksessa jää pois. Laaja mitta-alue puolestaan parantaa datan käyttökelpoisuutta operatiivisen sääennustuksen tarpeisiin: otsoni on kasvihuonekaasu, jonka pitoisuuden tunteminen parantaa keskipitkän ja pitkän aikavälin sääennusteiden tarkkuutta.

## Tekniikkaa

OMI:ssa käytetään ensimmäisen keran UV-VIS-alueen nadir-instrumentissa CCD-ilmaisimia. Nerokkaan optisen suunnittelun tulos on teleskoopin ja spektrometrin yhdistelmä, joka projisoi mitattavan (hyvin laajan) alueen CCD-kennolle siten, että eri rivejä vastaavat eri maapikselit ja samanaikaisesti sarakkeita kutakin maapikseliä vastaavat spektrit. Suorituskyvyn optimoimiseksi UV- ja näkyvän valon signaalit tulevat eri ilmaisimille. Lisäksi (hyvin erilaisista signaalivoimakkuuksista johtuen) UV-ilmaisimien jaetaan edelleen kahteen aallonpituusalueeseen (ks. kuva 2). Aiempien mittalaitteiden tyypillisiin ominaisuuksiin on kuulunut, että laitteissa on satelliitin kulkusuuntaan nähden poikittain liikkuva peili, jolla kulloinkin mitattava alue heijastetaan ilmaisimelle.



Kuva 2. OMI:n mittaustulos laboratoriotesteissä. Oikeassa yläkulmassa on UV-detektorin CCD:n kuva. Eri riveille kuvautuvat eri maapikselit eli paikat instrumentin näkökentässä.

Detektorin sarakkeet puolestaan vastaavat eri aallonpituuksia. UV-detektorille tuleva signaali on lisäksi jaettu kahteen osaan, koska signaalivoimakkuuksissa eri aallonpituuksilla on jopa kertoimen 10000 ero. Oikeassa reunassa (sarakkeet 600-800) aallonpituudet 270-310 nm, sarakkeesta 600 vasemmalla aallonpituudet 310-380 nm. Kuva: SRON.

Tästä aiheutuu sekä vikaantumisriski ("liikkuvia osia") että ns. *aliasing*-efekti (eri maapikselit mitataan eri aikaan), joka vaikeuttaa datan analysointia. OMI:ssa molemmat on vältetty.

Optiikan jatkeena on kaksi ilmaisimodulia (DEM:it eli detektorimodulit), jotka on valmistettu VTT Tietotekniikan laboratoriossa Otaniemessä. VTT:n CCD-tuntemus kehittyi GOMOS-hankkeen yhteydessä. Nyt kun laitteet ovat olleet Hollannissa testikäytössä reilun vuoden, on tullut selväksi, että DEM:it ovat ensiluokkaista työtä.

Detektorimoduleilta data siirretään elektroniikkayksikköön (ELU), joka puolestaan on kotoisin Tampereelta (Patria avaruuselektronikka). Myös Patria hankki kannuksensa GOMOS-hankkeessa rakentaen instrumentin datankäsittely-yksikön. OMI:ssa ELU hoitaa datan vastaanottamisen, analogia-digitaali-

muunnoksen, paketoinnin ja edelleenlähettämisen lisäksi myös CCD-kennojen lukemisen ohjauksen, koko instrumentille käyttäjännitteet oikeassa muodossa sekä satelliitin komentojen tulkinnan ja instrumentin toimintojen ohjaamisen. Suurinta osaa toiminoista voidaan vielä ohjata lennon aikana, mistä hollantilainen systeemi-insinööri toteasi: "The ELU has too many possibilities for measurement modes". Operoinnin kannalta on pitäydtytty muutamaan vakioasetukseen. Myös ELU on nyt jo lähes vuoden kestäneissä testeissä toiminut täysin vaatimusten mukaisesti ja ilman ainuttakaan ongelmatilannetta.

## Mitä nyt?

Vuonna 2001 tapahtuneiden laiteoimitusten jälkeen hankkeen volyyymi – etenkin rahoi-

tuksen suhteen – pieneä huomattavasti. Jos asiaa katsoo Ilmatieteen laitoksen eli loppukäyttäjän kannalta, olemme kuitenkin vasta puolessa välissä jos sitäkään.

OMI:n tiederyhmä piti 4.-6.6.2002 tiedekokouksensa Sodankylässä, johon osallistui nelisenkymmentä tutkijaa (joista puolet NASA:n rahoittamia Yhdysvalloista, kymmenkunta Hollannista ja loput suomalaisia). Kokouksessa keskusteltiin meneillään olevasta tutkijatyöstä: OMI:n mittauksen validoinnille ja hyödyntämiselle tehdään suunnitelmia sekä kehitetään edelleen prosessointialgoritmeja tavoitteena yhä tarkemmat lopputuotteet. Space Systems Finland (SSF) tekee parhaillaan ohjelmistoja datan prosessointiin. (Myös SSF oli GOMOS-hankkeessa mukana toimittain ohjelmistoja ESA:lle prosessointia varten.) Pääosa OMI:n datan prosessoinnista tehdään NASA:n prosessointikeskuksessa Goddard Space Flight Centerissä, joten osa SSF:n ohjelmistoista tulee pyörimään sikäläisessä laitteistossa.

Ilmatieteen laitoksen oma erityishanke OMI:ssa on Sodankylään tuleva Very Fast Delivery-toiminta. IL:n Lapin Ilmatieteelliseen Tutkimuskeskukseen Sodankylään ollaan hankkimassa satelliittivastaanottolaitteistoa, josta EOS Aura:n reaaliaikaisesti lähettämä OMI-data johdetaan suoraan FinCoPAC-prosessointikeskuksen yhteydessä olevaan OMI-yksikköön ja luodaan tosiaikaiset kartat otsoni- ja UV-tilanteesta Euroopassa.

Laite laukaistaan avaruuteen tammikuussa 2004, jonka jälkeen alkaa 5-6 vuotta kestävä operointi- ja mittausvaihe. Sen aikana suomalaisetkin otsonitutkijat pääsevät käyttämään uuden sukupolven havaintojamme. OMI:n tärkein tehtävä on kuitenkin jatkaa katkeamatonta otsonikerroksen mittasarjaa, jotta tietäisimme miten kansainväliset sopimukset ovat vaikuttaneet napa-alueiden otsoniaukon mahdolliseen toipumiseen.

## Lopuksi

OMI on ollut ja on edelleen mielenkiintoinen, tieteellisesti ja teknisesti haastava avaruushanke, jossa suomalainen otsoni-klusteri on jälleen osoittanut kansainväliselle yhteisölle huippuluokan osaamisensa. Laiterakennusvaihe on ohi, ohjelmistokehityskin valmistuu ensi vuoden aikana ja episodi kolme on sitten tutkijoiden vastuulla. Olkoon voima kaikkien osallistujien kanssa. Juna etenee edelleen – olemme kaikkea muuta kuin perillä.

Anssi Mälkki

OMI-projektipäällikkö

Ilmatieteen laitos, Geofysiikan tutkimus

Anssi.Malkki@fmi.fi

## Lisätietoja:

<http://eos-aura.gsfc.nasa.gov/>

[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_otsoni/otsoni\\_19.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_otsoni/otsoni_19.html)

## Hyppyportti eli Webbiutisia

*Virkaatekevä webmaster Petri Makkonen*

### Mars

Miehet ovat Marsista ja naiset Venuksesta luki aikoinaan naistenlehden kannessa. Otetaanpas pikainen katsaus Mars-planeettaa käsitteleviin WWW-sivustoihin.

Keskeinen organisaatio Mars tutkimuksessa on IMEWG (*International Mars Exploration Work Group*), jonka WWW-sivut löytyvät osoitteesta <http://www.imewg.org/>. IMEWG:n sivut ovat kuitenkin vielä kovin keskeneräiset ja materiaalia löytyykin vielä lähinnä vain jäsenorganisaatioille tarkoite-