



NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)
THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE
Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

Detection of Volcanic emissions and Air Quality Using OMI and OMPS DR data



FMI



Seppo Hassinen, Timo Ryyppö
Finnish Meteorological Institute

Nickolay Krotkov, Colin Seftor, Jason Li
NASA

FMI team

Seppo Hassinen
Timo Ryyppö
Johanna Tamminen
Janne Hakkarainen
Simo Tukiainen

NASA team

Kelvin Brenzel
Nickolay Krotkov
Colin Seftor
Jason Li
And the whole NASA DRL



NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)

THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE

Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

DR in monitoring of atmospheric composition: Since 2006

- FMI service operational since March 2006
- First as omivfd.fmi.fi using OMI data
- OMPS implementation in 2014
- Now called as SAMPO service

Sampo is in Finnish mythology (Kalevala), a magical artifact of indeterminate type constructed by smith Ilmarinen that brought good fortune to its holder.

12 Keskiviikko 15.3.2006

UUTISSET

lisaantuu@epi.fi

Tanhuassa porokisat 21. kerran

SODANKYLÄ Tanhuun perinteiset porokisat käydään Luonon jäällä väkän pästä lauantaina 25.3. Vuorossa ovat jo 21. Tanhuun porokisat.

Esa Hietala Tanhuun kyläseurasta arvioi, että kilpailijoita tulee tänään vuorossa koko poronhoitoalueesta paristakymmenestä paikkakunnasta. Vuosittain osanottajia on ollut myös Norjasta.

Kilpa Luonon jäälle laadulla radalla käynnistyy lauantaina kello 12. Sarjoja on kolme: kumma sarja ja yleinen sekä oma sarja jansuun tunteenomaisten jalkajoiden.

Jäätävien porokisten ohella huvassa on ohjelmaa lauantai- ja sunnuntai- ja maanantai-iltoina. Jäähän perinteiseen tapaan illalla sitten tanssitaan Mesalaissa.

Rehtoriksi pyrkiville esittätymis-tilaisuus

ROVANIEMI Lapin yliopiston rehtoria paikkaa tavoittelevat henkilöt pääsivät esittämään ylipöydällä pidettävässä tilaisuudessa 28. päivänä maaliskuuta kello 15 Puhdas-salissa. Yliopiston hallitus päätti asiasta tiistaina. Tilaisuudessa rehtoriksi pyrkivillä on mahdollisuus esitellä ajatuksiaan yliopiston henkilökunnalle.

Lapin yliopiston uudet rehtorit valitaan vaalikollegion kokouksessa 12.4. Nykyinen rehtori **Esko Rieppelä** on johtanut yliopistoa sen perustamisesta lähtien.

Lapin yliopiston hallitus hyväksyy eläen myös henkilöstöstrategian toimeenpanon suunnitelman, dedon turvallisuuden kasittelyyn liittyvää sääntö- ja ohjeistusta kokonaisuudessaan, toimintatrattegeian sekä hankintastrategian. Lisäksi hallitus hyväksyy vuoden 2005 toimintakertomuksen, tilinpäätöksen sekä talouslaskelman. Tiedon turvalliseen käsittelevän

Ajantasatietoa otsonista ja UV-säteily

Sodankylän datakeskuksesta palvelusivustolle 15 minuutissa

Paula Hakala

SODANKYLÄ

Sodankylässä toimiva Ilmatieteen laitoksen satelliittidatatekoitus toimittaa nyt lähes ajantasasta tietoa otsonikerroksesta ja maan pinnalla tulevasta UV-säteilystä. Tiedot ovat internetin kautta vapaasti nähtävillä.

Sodankylässä otetaan vastaan kaikkiaan viidesti eri satelliittitulevaa dataa. Ajantasainen otsoni- ja UV-tieto saadaan Nasan satelliittin mukana kiertävästä mittalaitteesta.

Tarviteenamme on ollut päästä nyt pitkälle, että meillä on tarjota lähes reaaliaikainen mittatieto otsonitasanteesta ja UV-tasanteesta. Nyt näin on ja varoitukset voimakkaasta UV-säteilystä voidaan antaa ajalla, jolloin Lapin ilmatieteellisen tutkimuskeskuksen satelliittitoimintojen päällikkö **Osme Aulamo**.

Otsoni- ja UV-tiedot löytyvät nettiosoitteesta <http://omivfd.fmi.fi>. Täältä www-sivustolla on karttakuvia, joista selviää kulloinkin UV-indeksi, UV-päivämaas, kokonaisotsoni sekä päiväpölytilanne.

Ajantasainen tieto kertoo UV-säteilytilanteesta tarpeesta meillä ja muualla Euroopassa. Sillä hyödynnetään myös otsoni- ja UV-tutkimuksessa sekä sääennustusten mallitarkastelussa.

UV-indeksi kuvaa haitallisen ultraviolettisäteilyn määrän keskipäivällä päivittäisessä olosuhteissa. UV-päivämaas on päiväpölytilanne, joka kuvaa UV-säteilytilannetta vuorokaudessa, valaisee vanhempi tutkija **Seppo Hassinen**.

Vain vartti yllennön jälkeen

Aura-satelliitti kiertää maapallon sadassa minuutissa, joten se on Sodankylän vastaanottokeskuksen alottavilla monta kertaa päivässä. Aulamon mukaan kuvia otetaan 3-4 vuorokaudessa.

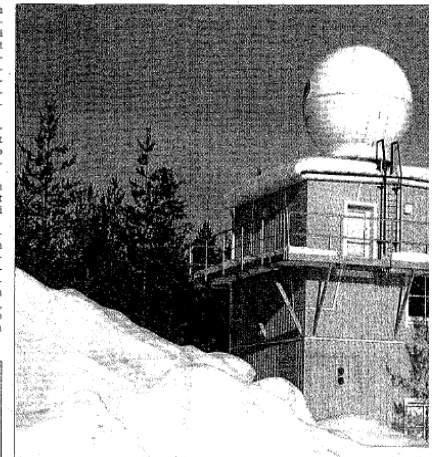
Verkkosivuille kaiken kassan

käytön toteutetut otsoni- ja UV-tiedot ovat peräisin ROS-Aura -satelliittin lentäviestä OMI-mittalaitteesta. Mittaukset vastaanotetaan, kun satelliitti näkyy Sodankylän vastaanottoasemalla, ja prosessoidaan Ilmatieteen laitoksen Sodankylän satelliittidatatekoituskeskuksesta.

Otsenitilanne, UV-indeksi ja -pölytilanne sekä päiväpölytilanne ovat www-sivustolla nähtävissä jo noin 15 minuuttia yllennön jälkeen.

Näin nopean toimituksen tuottamat tutkimussatelliittitiedot ovat sinutlaatuisia, vakuuttavat sekä Aulamo ja Hassinen.

OMI-instrumentti on suomalaisen, hollantilaisen ja Nasan yhteisprojekti. Se mittaa ilmakehän kaasujen, kuten otsonin ja typen oksidien, sekä aerosolien pitoisuuksia. Sillä on edeltäjänsä paljon laajempi kuvaukset, joihin sisältyy se karttaa koko maapallon ilmakehän yhden vuorokauden aikana.



Satelliittitiedot saadaan suoraan lähtien Lapin ilmatieteellisen tutkimuskeskuksen "muumitaloon". Tiedot o-säteilystä ovat nähtävillä nettissä jo 15 minuuttia yllennön jälkeen.

Otsonikato ei nyt vaivaa

Otsonitilanne on nyt erittäin hyvä.

Se onkin ollut tälle keuhalle ominaista. Viime talvi oli aivan erikoinen, jolloin otsonin

ta UV-säteilytilanne, UV-indeksiä ja päiväpölytilannetta. UV-säteilytilannetta ei ole vielä huono. Lämpötilat ovat vasta normaalia, jolloin otsonin

vaikutus, joka on jo prosenttia. UV-indeksi ei noitena vaikutusta satelityn, U-säteilytilannetta. Otsonin



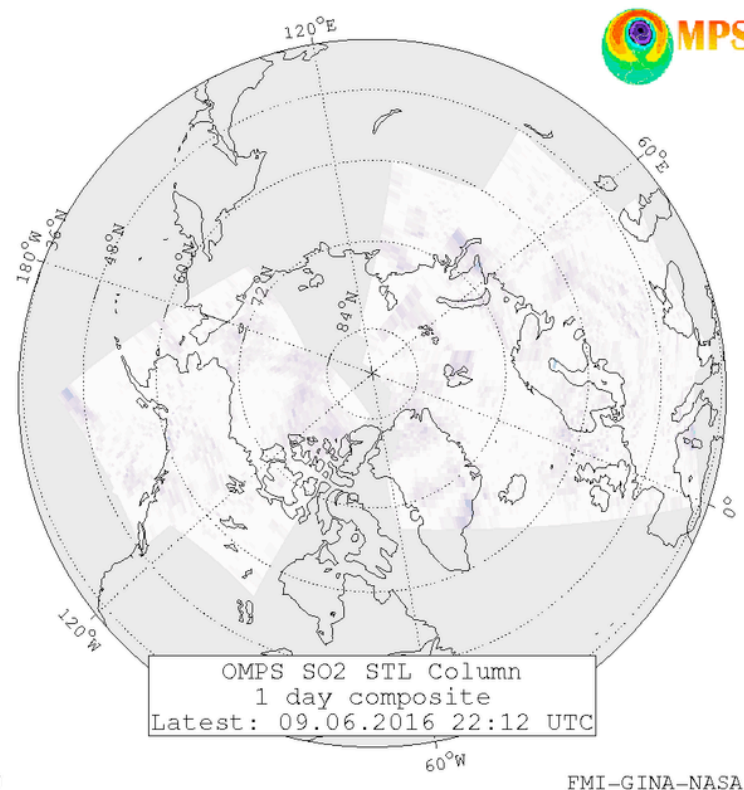
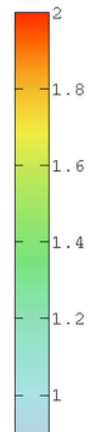
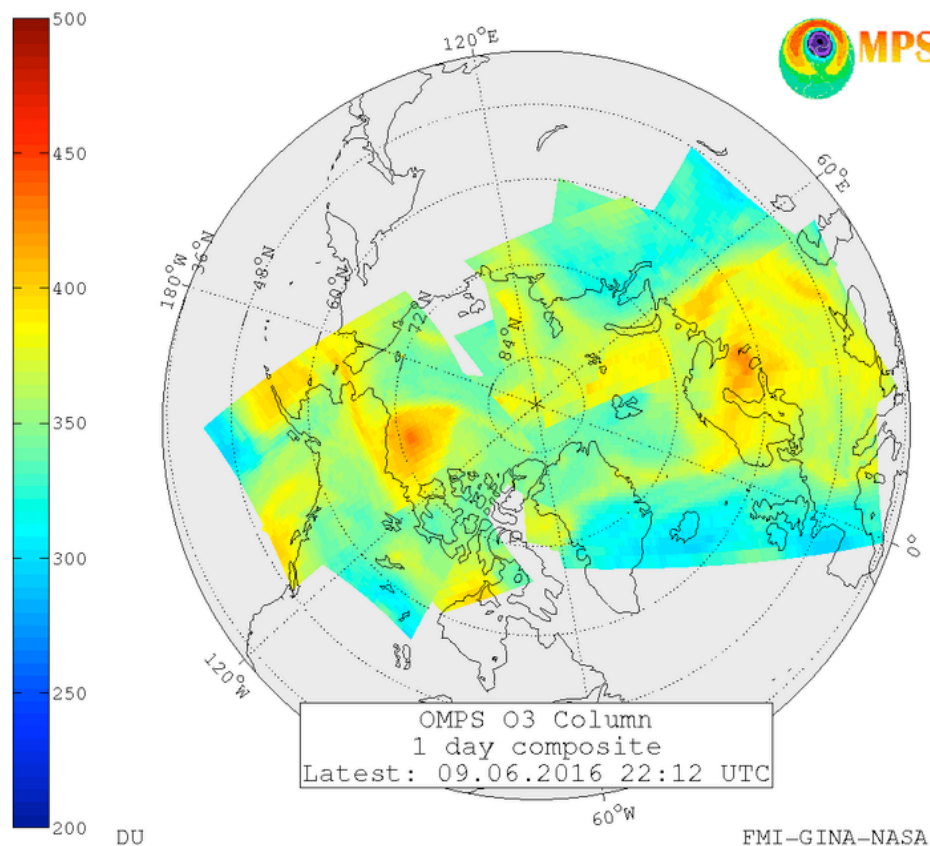
NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)

THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE

Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

Receiving stations in Finland and Alaska: Arctic coverage

Ozone



SO2



Part 1: Volcanic emissions and aviation security:

Reason:

Avoid possible aviation hazard: Ash may damage airplane engines



Melted quarts/ash in F18 Hornet engine. Finnish Air Force, 2010.



Eyjafjella (2010) and Grimsvötn (2011) eruptions

About 100 000 flights cancelled

Closed air spaces

Economical losses

Need for disaster mitigation:

Alarm: Damage to engines

Identification of volcanic ash and SO₂ emissions/clouds



Requirements from aviation companies (Finnair):

Requirement:

Comment:

Latency: As low as possible

Speed is essential

Reliability: As good as possible

Masking and filtering needed to remove noise, anthropogenic emissions, geometry specific artifacts... (for non-experts)

Height: Valuable

Difficult. Limb geometry required



Requirements from aviation companies:

Requirement:

Comment:

Statistical probability

Forecasts, modeling required

Dissemination: Fast, automatized

FTP, http

Formats: Simple

Able to be used in flight systems,
Images (png, jpg)

Verdict: Direct Readout data fulfills most of those expectations



Challenge 1: How to detect volcanic ash?

Ash quite difficult to detect with satellite instruments

- Time of day
- Altitude of the ash cloud

Question: SO₂ as proxy for volcanic ash, can it be used?

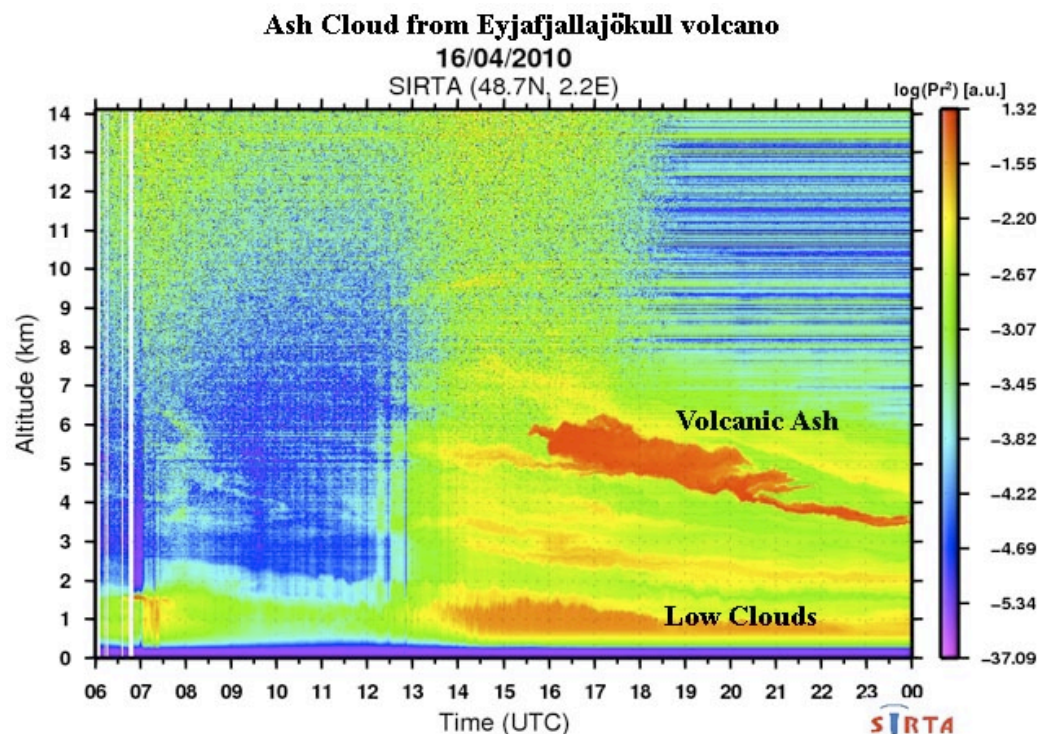
Cases:

- SO₂ yes, ash no
- SO₂ no, ash yes
- Both SO₂ and ash



Point 1: What is the altitude of SO₂ and ash clouds?

- Which kind of instrument/retrieval to use: altitude sensitivity



Example 1: Identification of thin layers of ash, lidar vs satellites.
Image credit: [Ray Hoff](#), World Meteorological Organization's Global Atmosphere Watch's Aerosol Lidar Network (GALION)

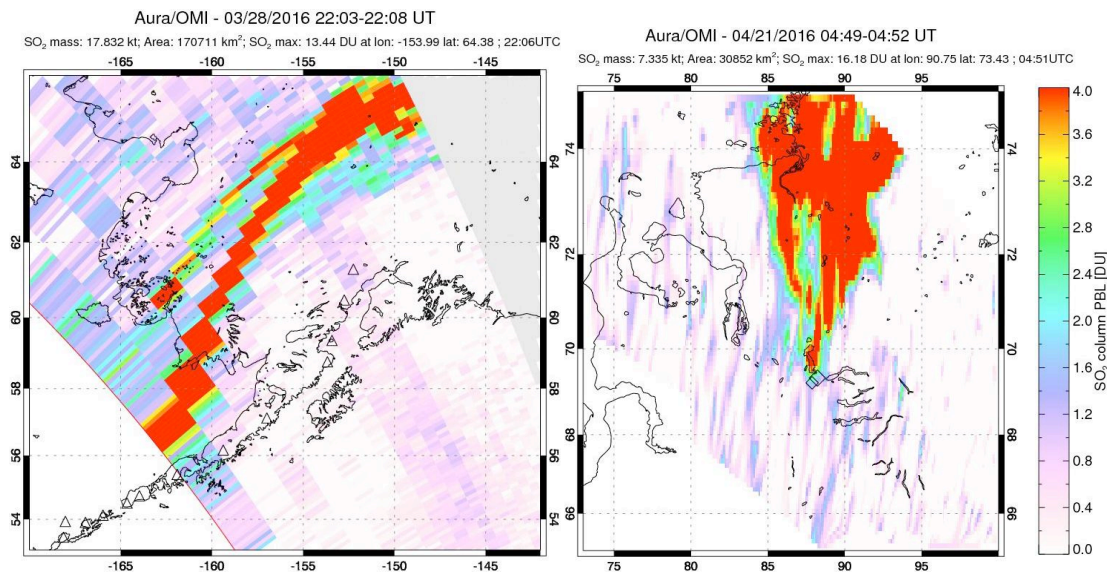


Altitude and wind

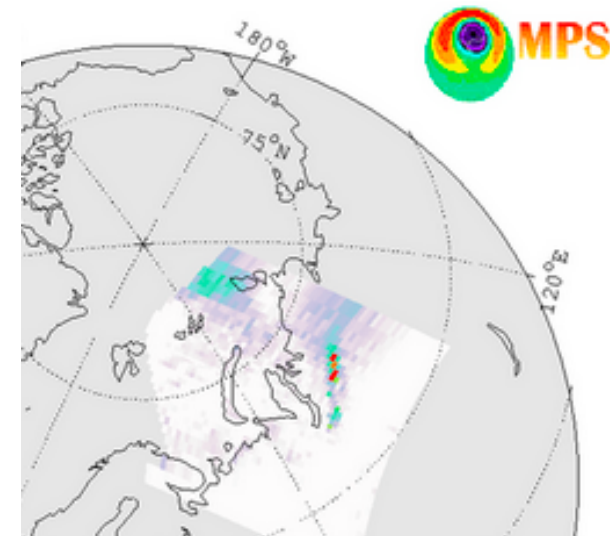


Challenge 2: Separate volcanic and anthropogenic emissions

Example 2: Separation of volcanic SO₂ emissions from anthropogenic emissions, Pavlof volcano in Alaska and Norilsk smelter in Siperia



Images: <http://so2.gsfc.nasa.gov>



<http://sampo.fmi.fi>



NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)
THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE
Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

Mitigation, Step 1: Monitoring services

SAMPO

Satellite Measurements from Polar Orbit
- Instantly delivered Direct Readout products



[HOME](#)

[PRODUCTS](#)

[CONTACT](#)

[FAQ](#)

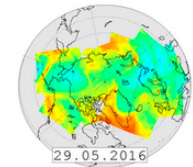
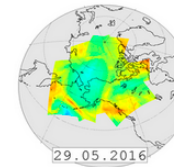
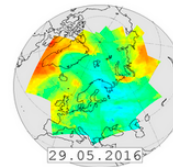
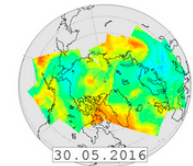
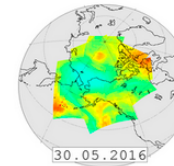
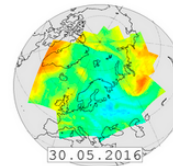
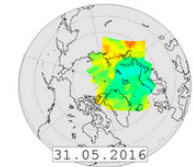
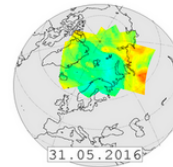
[O₃ composites](#) | [Individual orbits](#)

[OMI Sodankylä](#)

[OMPS Sodankylä](#)

[OMPS Alaska](#)

[OMPS Alaska/Sod.](#)



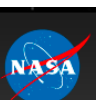
[Image search](#)

[Volcanic products](#)

[Ozone products](#)

[Highlights](#)



 National Aeronautics and Space Administration
Goddard Space Flight Center

Flight Projects | Sciences and Exploration

Atmospheric Chemistry and Dynamics Laboratory (Code 614)

Global Sulfur Dioxide Monitoring Home Page

[Home](#) [News](#) [Documentation](#) [Publications](#) [Personnel](#) [Links](#)

Volcanic Hazards Project

Latest SO₂ eruption alerts NOAA-NESDIS. SACS_BIRA. IASI-ULB.
SO₂ Near Real-Time Images: NASA(DR). FMI(DR). NASA(NRT). NOAA(NRT). AIRS(NRT). SACS(NRT).

MEaSURES project:

TOMS images (1979-2005) | AIRS images (2003-present) | OMI images (2004-present) | OMPS images (May 2012-present)

Latest Daily (OMI/OMPS) Images of SO₂ (click on a highlighted rectangle)

Red = daily volcanic regions, orange = daily pollution regions, yellow = long-term pollution images



NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)

THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE

Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

Mitigation, Step 2:

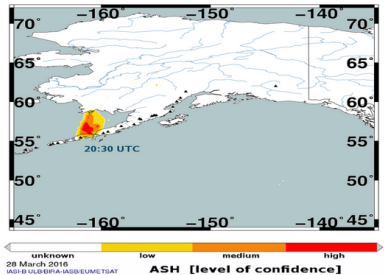
Alert services

SACS home > **NEAR REAL-TIME** **NOTIFICATIONS** **PRODUCTS** **HIGHLIGHTS**

SACS SO₂ & ASH NOTIFICATION SYSTEM:
a multi-sensor approach
with OMI, GOME-2A, GOME-2B, OMPS, IASI-A, IASI-B and AIRS

info latest SO₂ notification **info latest ASH notification**

On 27 March 27, 2016, Pavlof Volcano, a stratovolcano of the Aleutian Range on the Alaska Peninsula, began its latest eruption, sending a plume of volcanic ash into the air. Mount Pavlof is 1000 km southwest of Anchorage. **ASH and SO₂ notifications** was sent by SACS to the Anchorage and Montreal VAACs. At this time, Alaska Airlines had to cancel 43 flights.

link to VAST
SACS home
Introduction
Aviation hazard
SO₂ atmosphere
Data users
Partners
Related projects
IASI alert (ULB)
Data products

» OSPO Home » DOC » NOAA » NESDIS » O

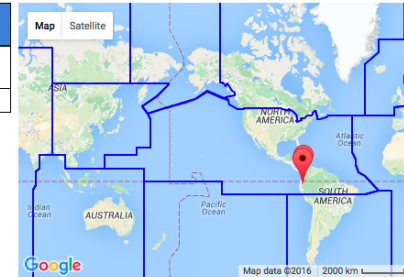
NOAA OFFICE OF SATELLITE AND PRODUCT OPERATIONS
NATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITE, DATA, AND INFORMATION SERVICE

ORGANIZATION SERVICES PRODUCTS OPERATIONS

Washington Volcanic Ash Advisory Center (VAAC)

Active Volcanoes in Washington VAAC area of Responsibility:

Volcano	Lat/Lon(DMS)	Summit(ft)	Eruption Height(ft*100)	Next Advisory
REVENTADOR	-0.07/-77.65	11686	--	No Further Advisories
SANGAY	-2.02/-78.33	17159	190	31/0930Z



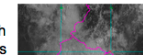
[Anchorage](#) | [Buenos Aires](#) | [Darwin](#) | [London](#)
[Montreal](#) | [Tokyo](#) | [Toulouse](#) | [Wellington](#)

OSPO Volcanic Ash Products:

International Civil Aviation Organization (ICAO) Products

ICAO Products include Volcanic Ash Advisories (VAA) and associated Volcanic Ash Graphic (VAG) - VAA are issued every 6 hours

Satellite Imagery



Imagery from the GOES-13/15 and M satellites.



NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)

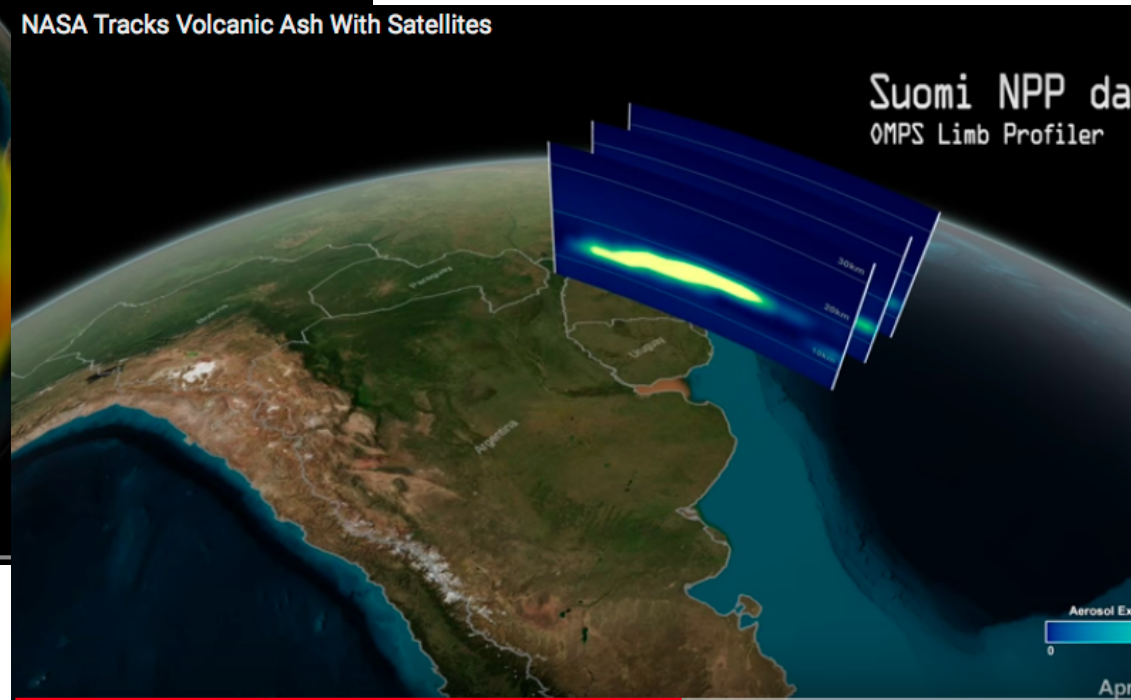
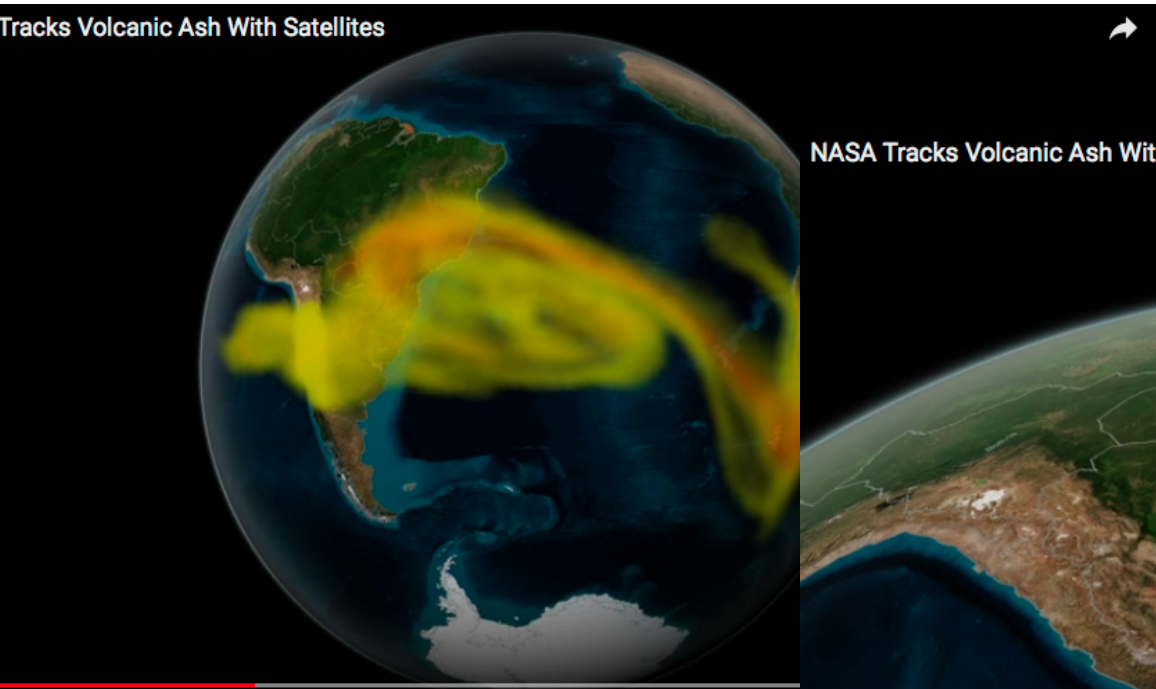
THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE

Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

Mitigation, Step 3: Analysis and forecast services

NASA project: Real-time Volcanic Cloud Products
and Predictions for Aviation Alerts

Project PI: Nickolay A. Krotkov, NASA Goddard
Space Flight Center (614)



Images from NASAs video: <https://svs.gsfc.nasa.gov/12221>



NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)
THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE
Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

Summary of Part 1:

DR data can be used to monitor volcanic emissions

DR data is very useful (essential)

Use of different satellites and instruments simultaneously



Part 2: Air quality monitoring:



Image: Reuters

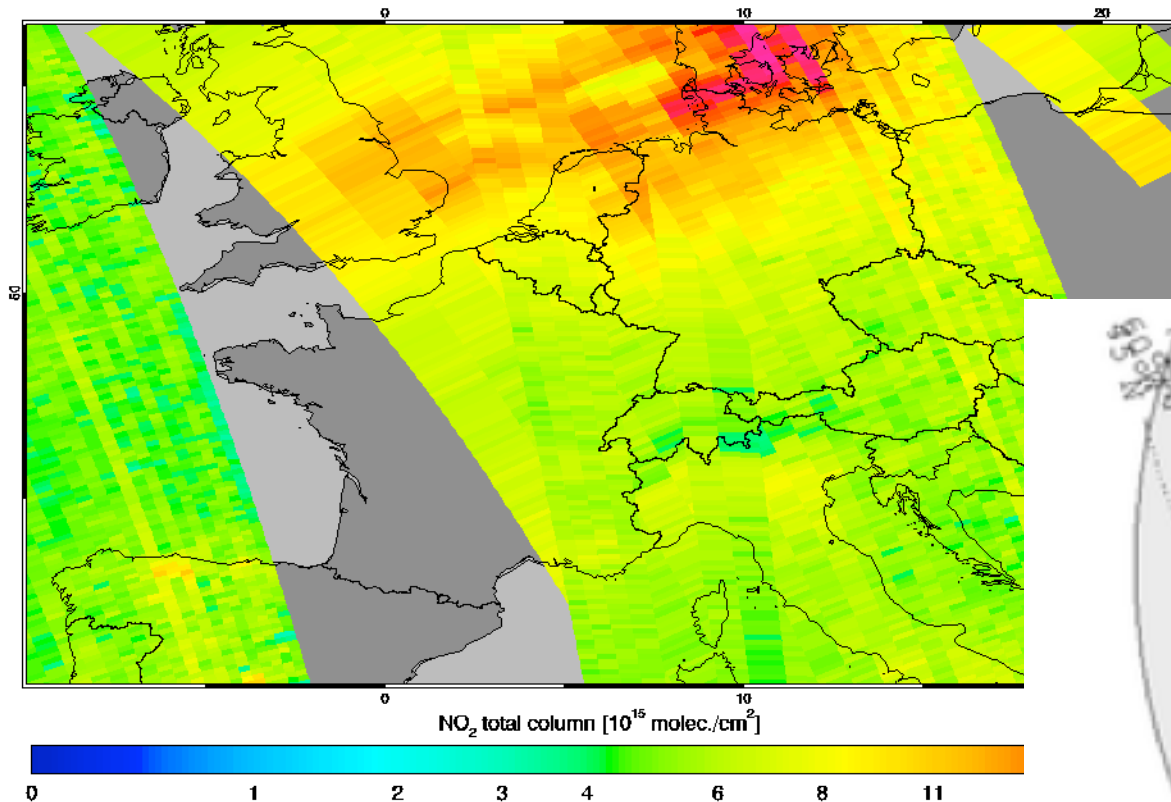


NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)
THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE
Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016

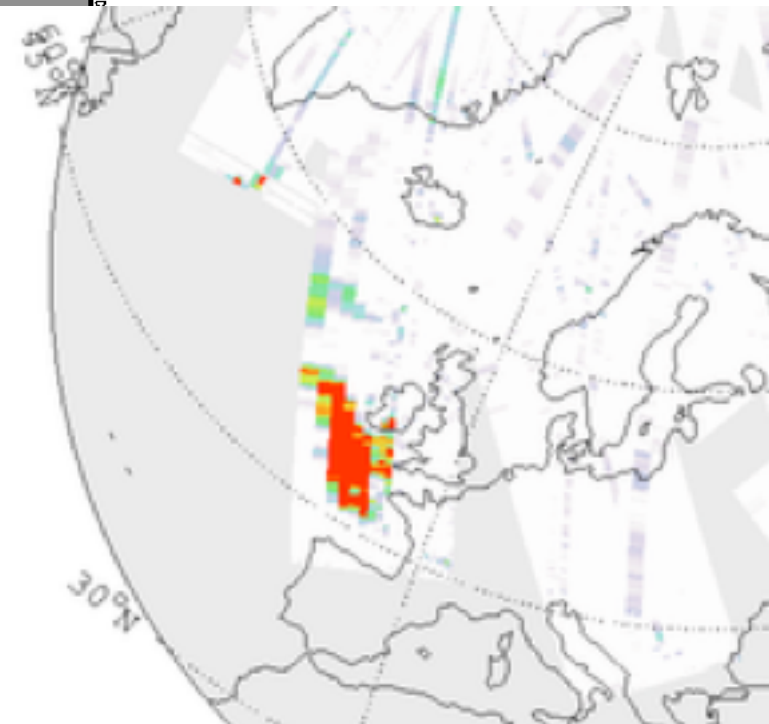
Emissions from anthropogenic sources and biomass burning may be detected/monitored

OMI total NO₂ 02 Jun 2015

KNMI/NASA



Aerosols from forest fires in Colorado over Europe. OMI DR image on 25.06.2013



Story, what happened in Finnish Lapland?



www.nationalparks.fi



www.bootsandapackback.com



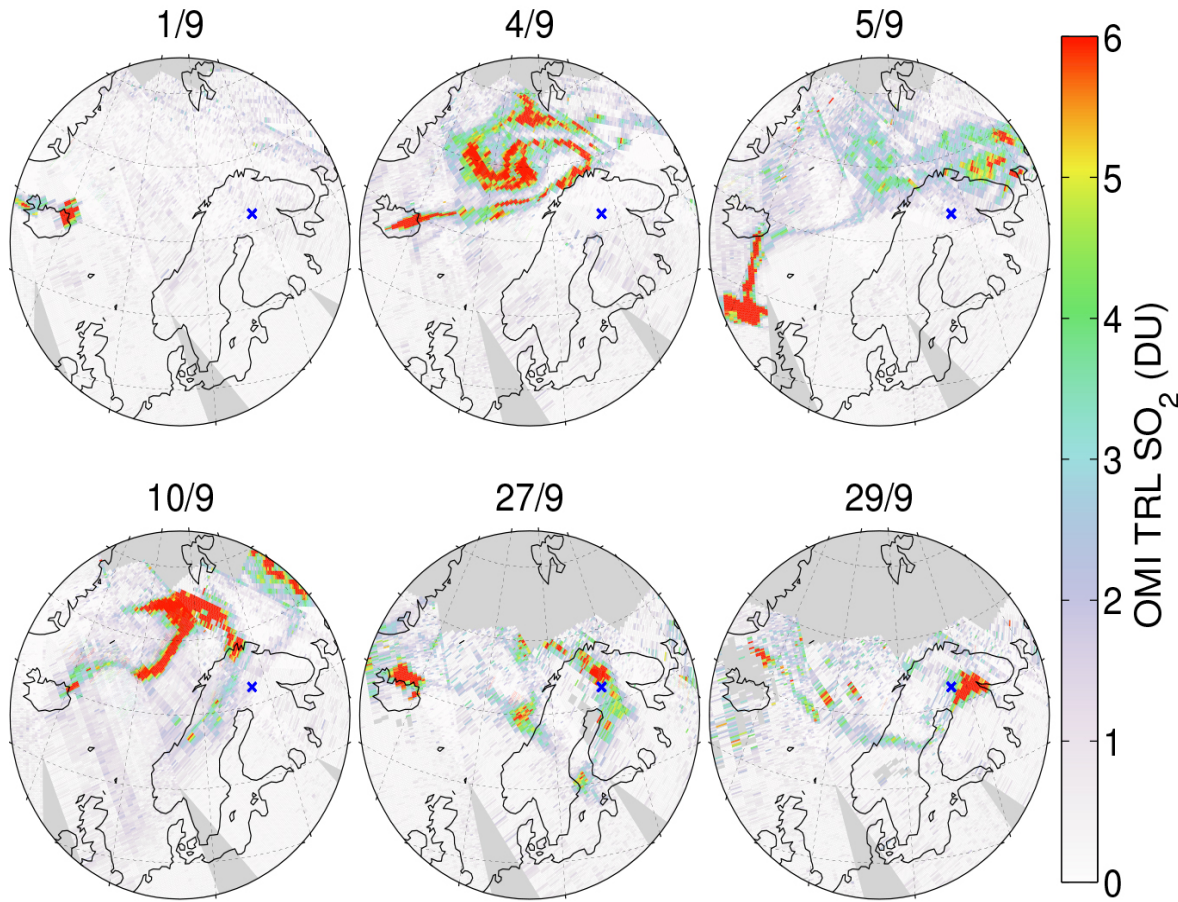
NASA DIRECT READOUT CONFERENCE (NDRC-9)

THE 9TH INTERNATIONAL EOS/S-NPP DIRECT READOUT CONFERENCE

Valladolid, Spain • June 21 – 24, 2016



Holuhraun eruption, fall 2014



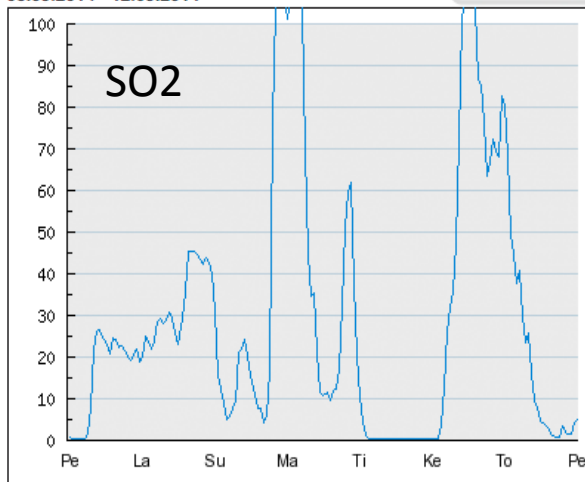
- Low level SO₂ transportation
- Visible in satellite images
- Measured on ground level

Figure 1. OMI SO₂ total columns on selected days in September 2014

Ialongo, I., Hakkarainen, J., Kivi, R., Anttila, P., Krotkov, N. A., Yang, K., Li, C., Tukiainen, S., Hassinen, S., and Tamminen, J.: **Comparison of operational satellite SO₂ products with ground-based observations in northern Finland during the Icelandic Holuhraun fissure eruption**, Atmos. Meas. Tech., 8, 2279-2289, doi:10.5194/amt-8-2279-2015, 2015.

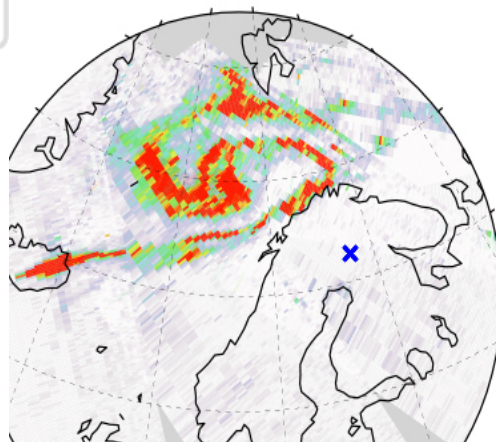
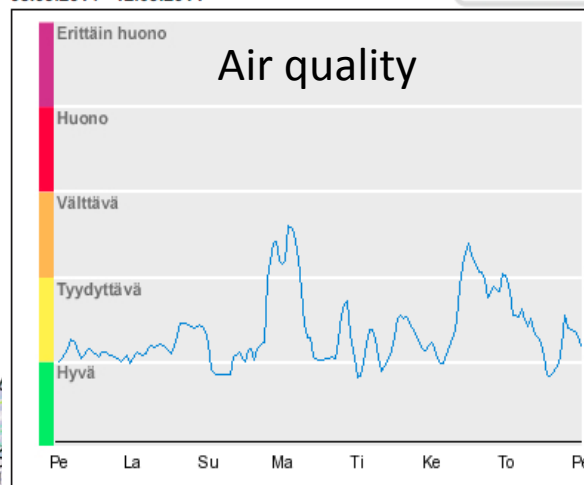
1 / 9

Muonio

Rikkidioksidi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
05.09.2014 - 12.09.2014Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information

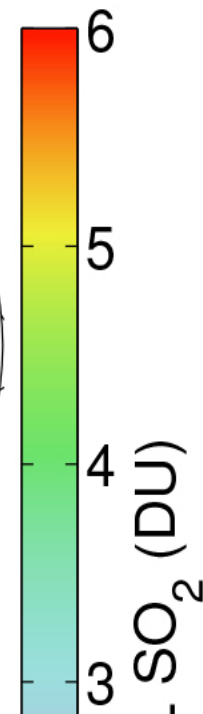
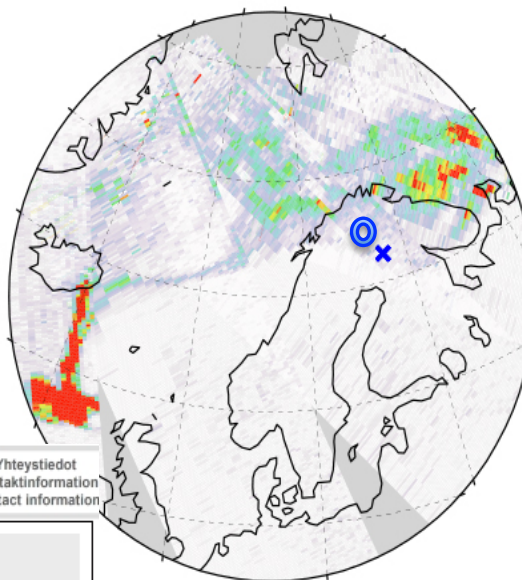
☒	Kunta	Mittauspaikka	Ympäristö	Päästö
☒	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta

4/9

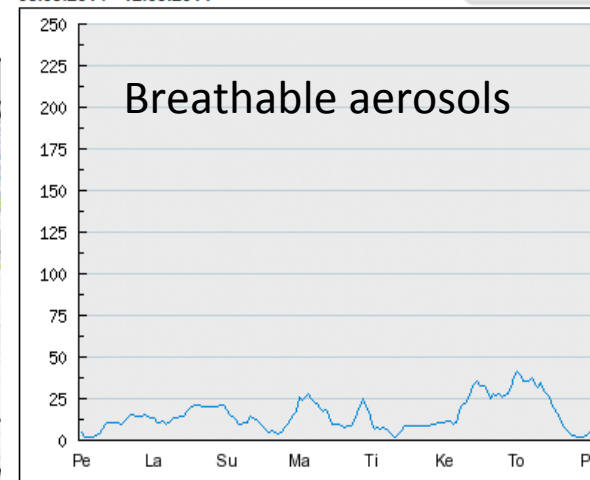
Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information

☒	Kunta	Mittauspaikka	Ympäristö	Päästö
☒	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta

5/9

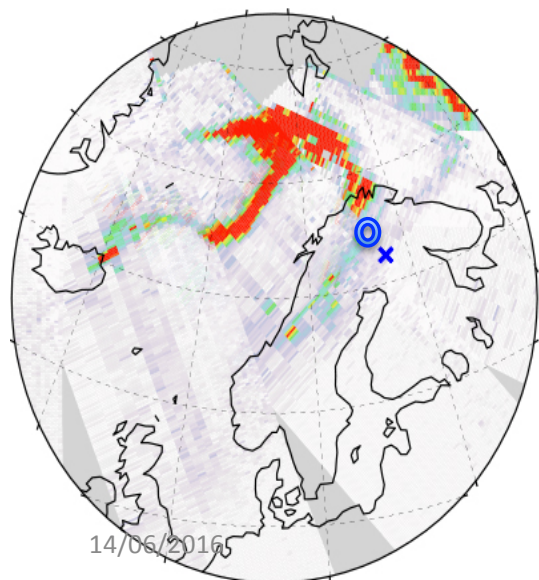
Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information

Muonio

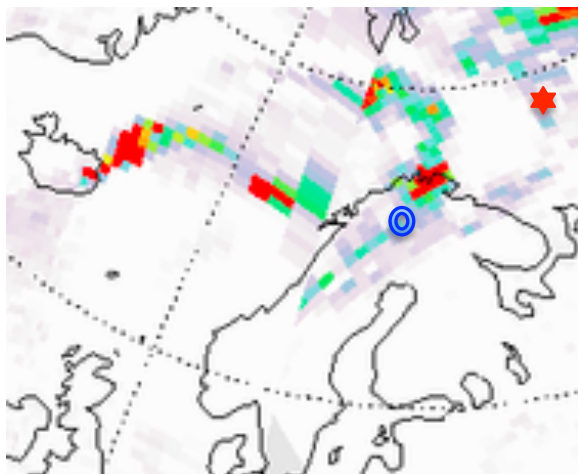
Hengitettävät hiukkaset ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
05.09.2014 - 12.09.2014

☒	Kunta	Mittauspaikka	Ympäristö	Päästö
☒	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta

10/9



OMPS SO2 10th Sep 2014



SO2 -> sulfur acid -> nucleation
aerosols -> visibility / air quality

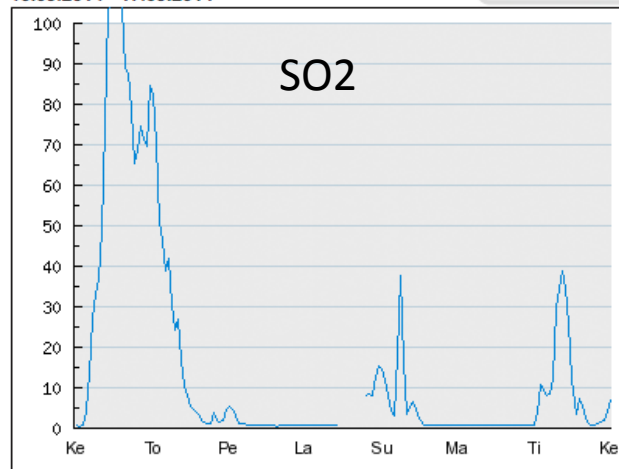
Muonio: Sammaltunturi
Ilmanlaatuindeksi
10.09.2014 - 17.09.2014

Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information



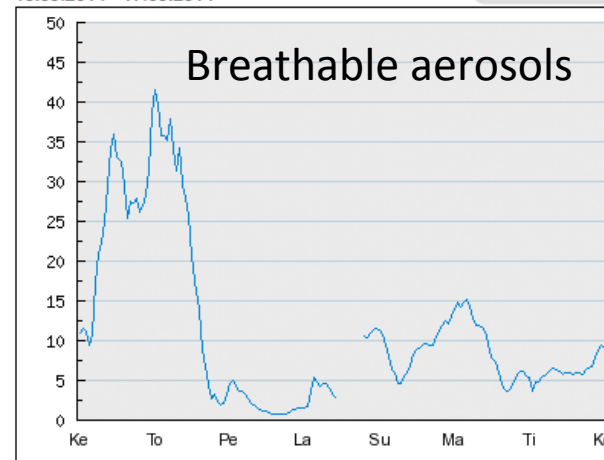
Muonio: Sammaltunturi
Rikkidioksidi (µg/m³)
10.09.2014 - 17.09.2014

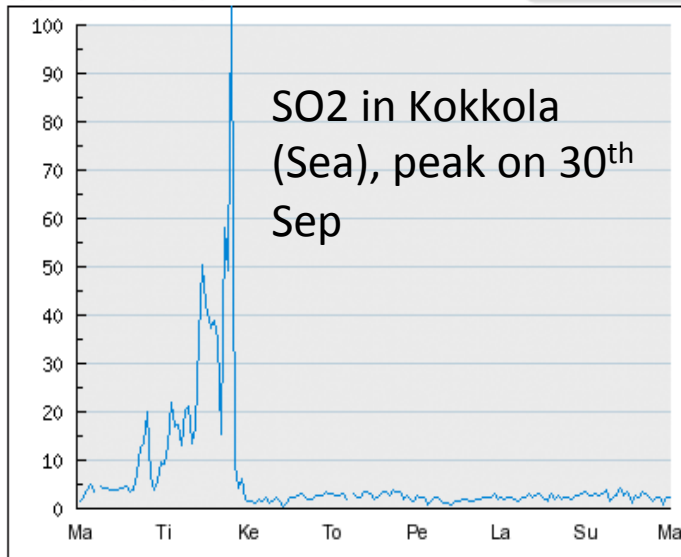
Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information



Muonio: Sammaltunturi
Hengitettävät hiukkaset (µg/m³)
10.09.2014 - 17.09.2014

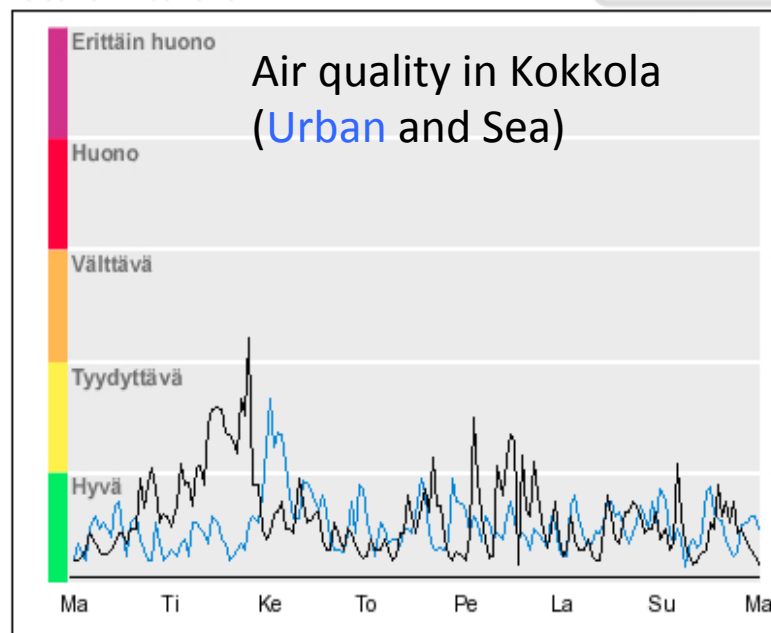
Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information





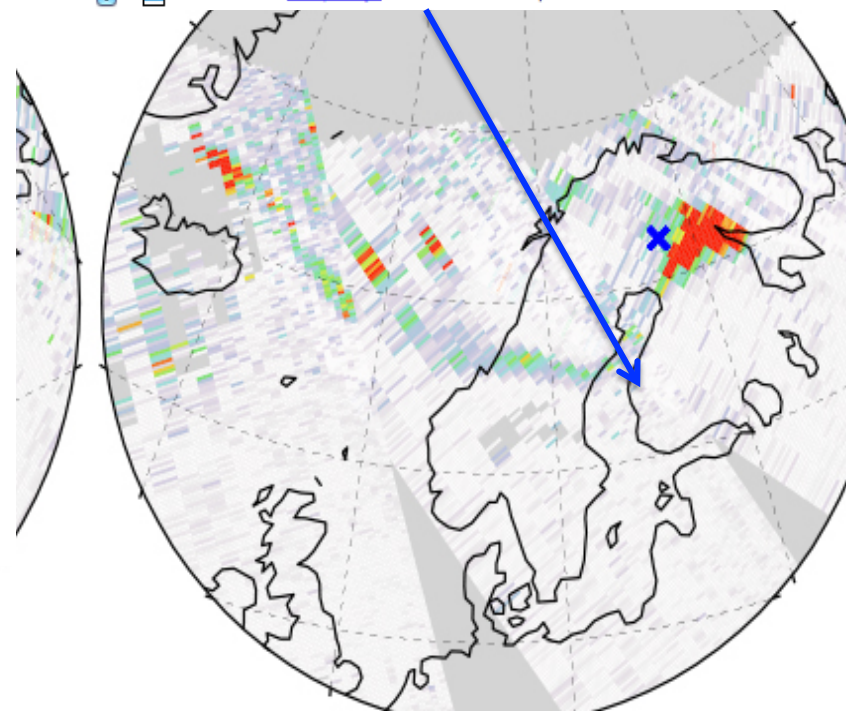
Kokkolan verkko
Ilmanlaatuindeksi
29.09.2014 - 06.10.2014

Yhteystiedot
Kontaktinformation
Contact information



☒	Kunta	Mittauspaikka	Ympäristö	Päästö
☒	Kokkola	Keskusta Pitkänsillankatu	kaupunki	liikenne
☒	Kokkola	Ykspihlaja	esikaupunki	teollisuus

☒	Kunta	Mittauspaikka	Ympäristö	Päästö
☒	Kokkola	Ykspihlaja	esikaupunki	teollisuus



Ialongo, I., Hakkarainen, J., Kivi, R., Anttila, P., Krotkov, N. A., Yang, K., Li, C., Tukiainen, S., Hassinen, S., and Tamminen, J.: Comparison of operational satellite SO₂ products with ground-based observations in northern Finland during the Icelandic Holuhraun fissure eruption, Atmos. Meas. Tech., 8, 2279-2289, doi:10.5194/amt-8-2279-2015, 2015.

Who farted? Hydrogen sulphide transport from Bardarbunga to Scandinavia

Authors: Håkan Grahn, Pontus von Schoenberg, Niklas Brännström

Snapshots: UV over Iceland



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

Sívöktun á útfjólublárri geislun

Reykjavík

22.8.2013 13:27:00

3,6

Egilsstaðir

22.8.2013 11:47:00

3,2

Summary: Pros and Cons of DR data

- Speed of data delivery
- Different kinds of data products: Data, images, overpass values, etc
- Tailoring of the products based on user needs
- Simple set up -> easy maintenance and control
- Modest HW requirements

- Limited spatial coverage
- The latest auxiliary data files maybe missing
- (Breaks in service due to limited budget)
- High-speed connections are helpful

