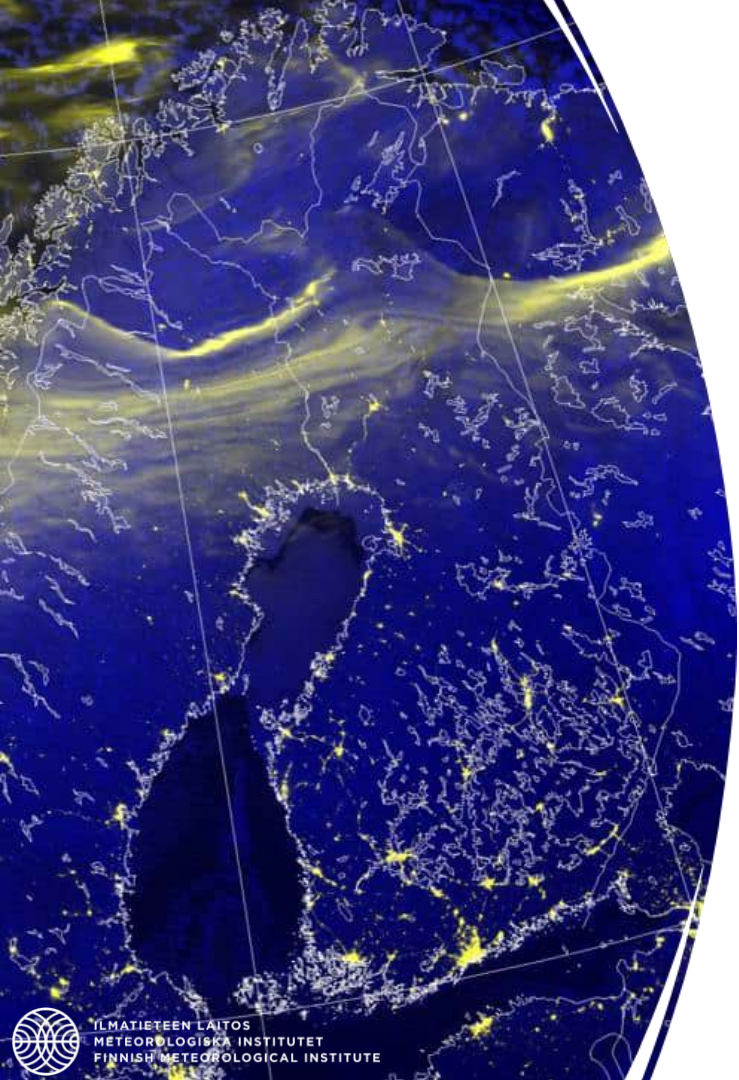




Avaruuden tilannekuva mikä meitä uhkaa nyt ja tulevaisuudessa?

Harri Haukka
Kehityspäällikkö
Avaruustutkimus ja havaintoteknologiat





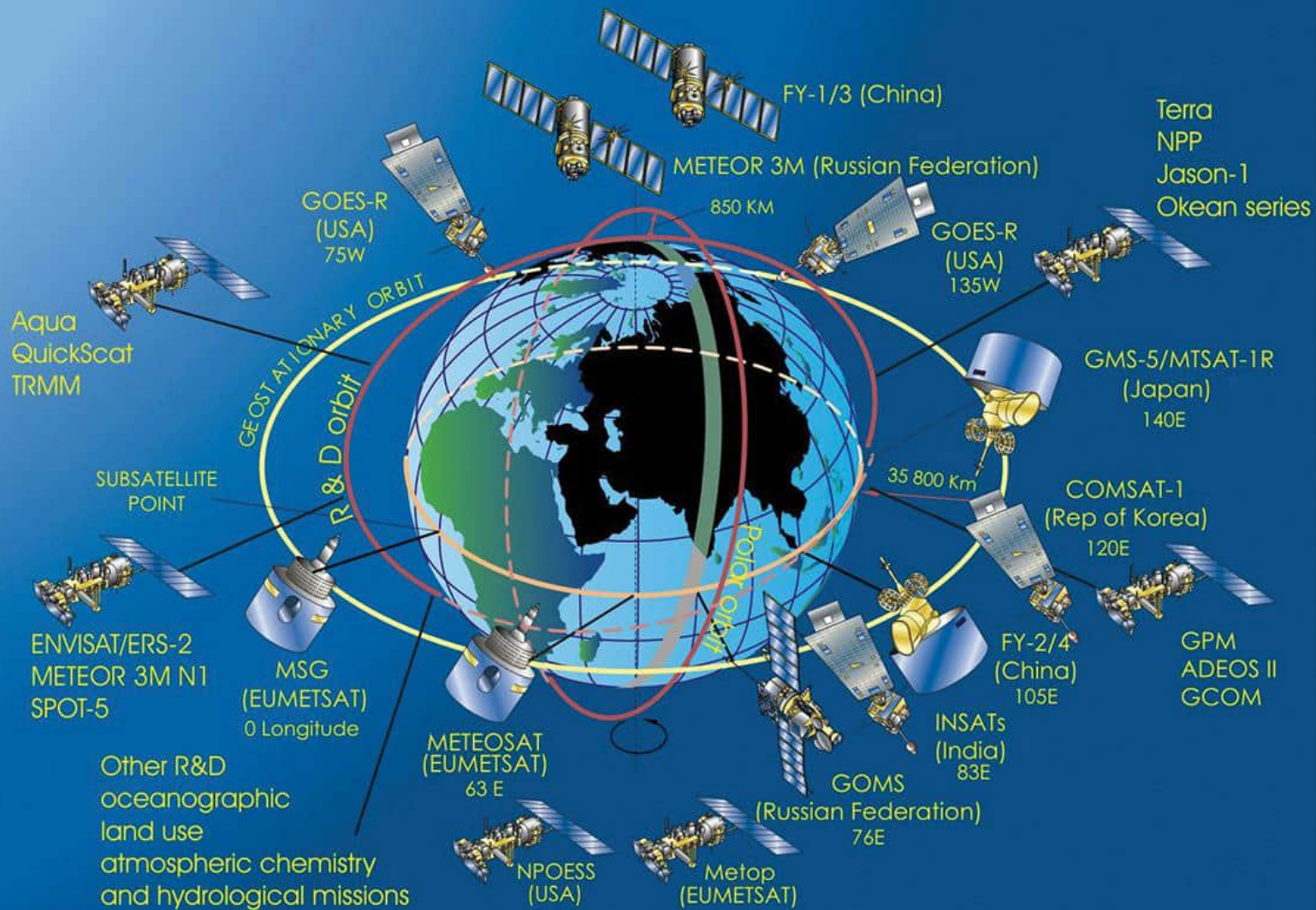
Avaruustilannetietoisuus

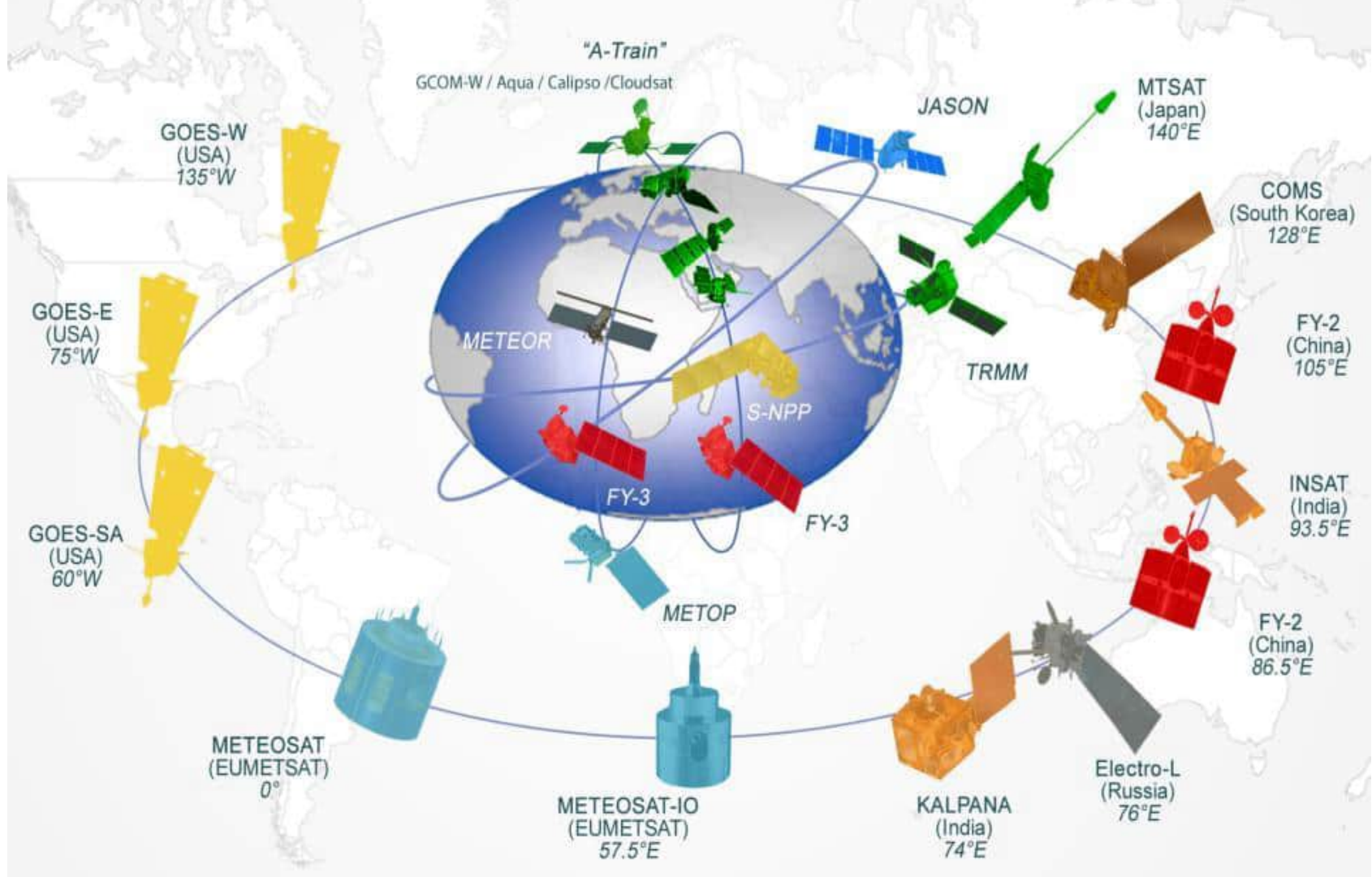


Avaruustilannetietoisuus -osatekijät

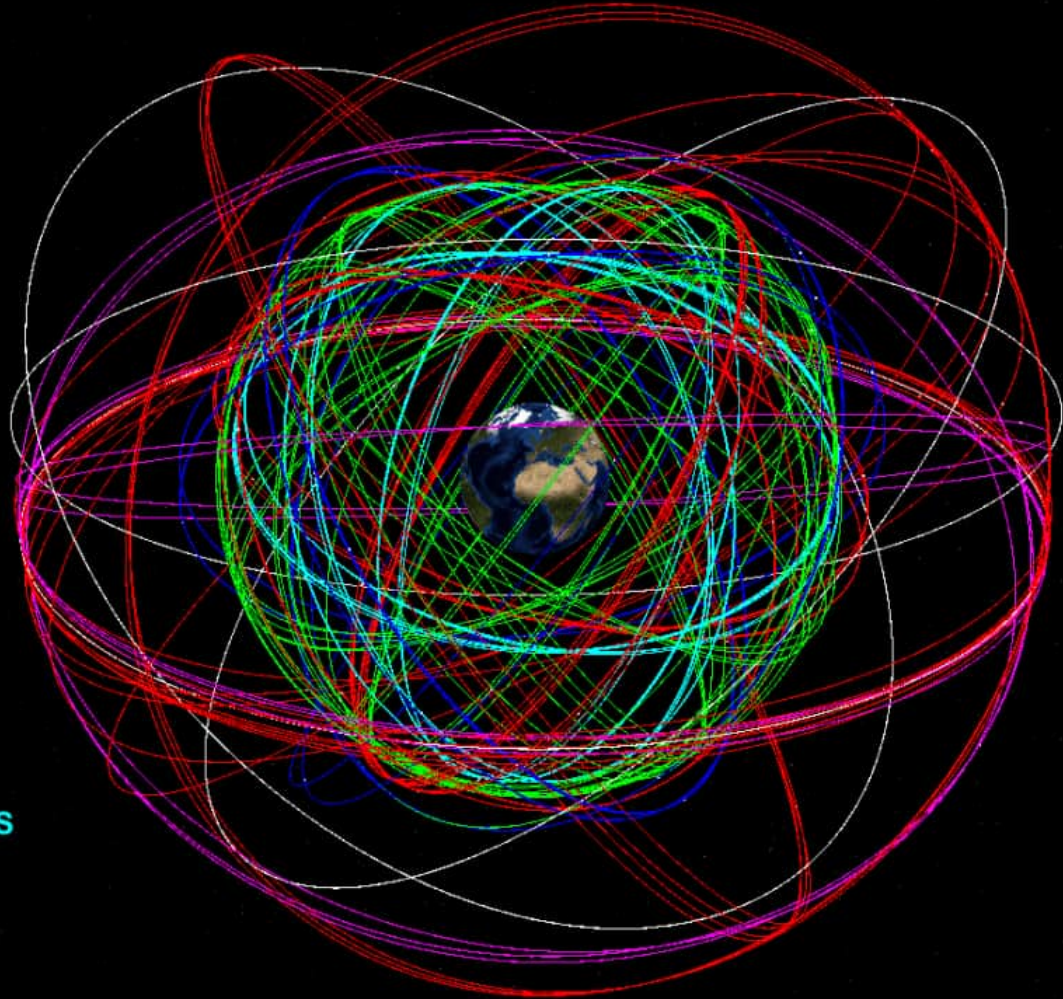
- **Avaruustilannetietoisuus (SSA – Space Situational Awareness):** pyrkimys muodostaa mahdollisimman reaaliaikainen kokonaiskuva avaruuden käytön tilanteesta. Kehittämällä kyvykkyksiä avaruudessa sijaitsevien esineiden ja kappaleiden tarkkailuun sekä ennustamalla avaruussään ilmiöitä voidaan pienentää avaruuden käytöstä sekä ihmisille että omaisuudelle aiheutuvia vahinkoriskejä
- **SSA = SST + SWE + NEO**
- **SST (Space Surveillance and Tracking):** Lähiavaruuden kappaleita, mm. satelliitit ja avaruusromu, seurataan ja arvioidaan mahdollisia törmäystodennäköisyyksiä ja niiden seurauksia (STM – Satellite Traffic Management). Avaruusromun iskeytyessä Maahan, maahan osumisen paikkaa ja ajankohtaa arvioidaan reaaliajassa.
- **SWE (Avaruussää):** Seurataan Auringon ja Maan yläilmakehän vuorovaikusta. Aurinkomyrskyjen vuoksi yhteiskunnan tärkeät palvelut saattavat häiriintyä tai jopa vaurioitua mm. navigaatio ja paikkatieto, HF-kommunikaatio, lentoliikenne (säteilytasolentokorkeuksissa), sähköverkot (suuret GIC-loisvirrat). Erittäin suuri vaikutus mahdollinen (Carrington).
- **NEO (Near Earth Objects):** Aurinkoa kiertävän komeetan, asteroidin tai muun kappaleen rata saattaa muuttua (mm. gravitaatiohäiriö), mikä voi aiheuttaa eksistentiaalisen uhan Maapallolle.

SST





Global Navigation Satellite System (GNSS)



GPS
GLONASS
Galileo
BeiDou
QZSS
IRNSS

GPS-häiriöt

ma 18.3. klo 10.30

Alle 2 %

2–10 %

Yli 10 %

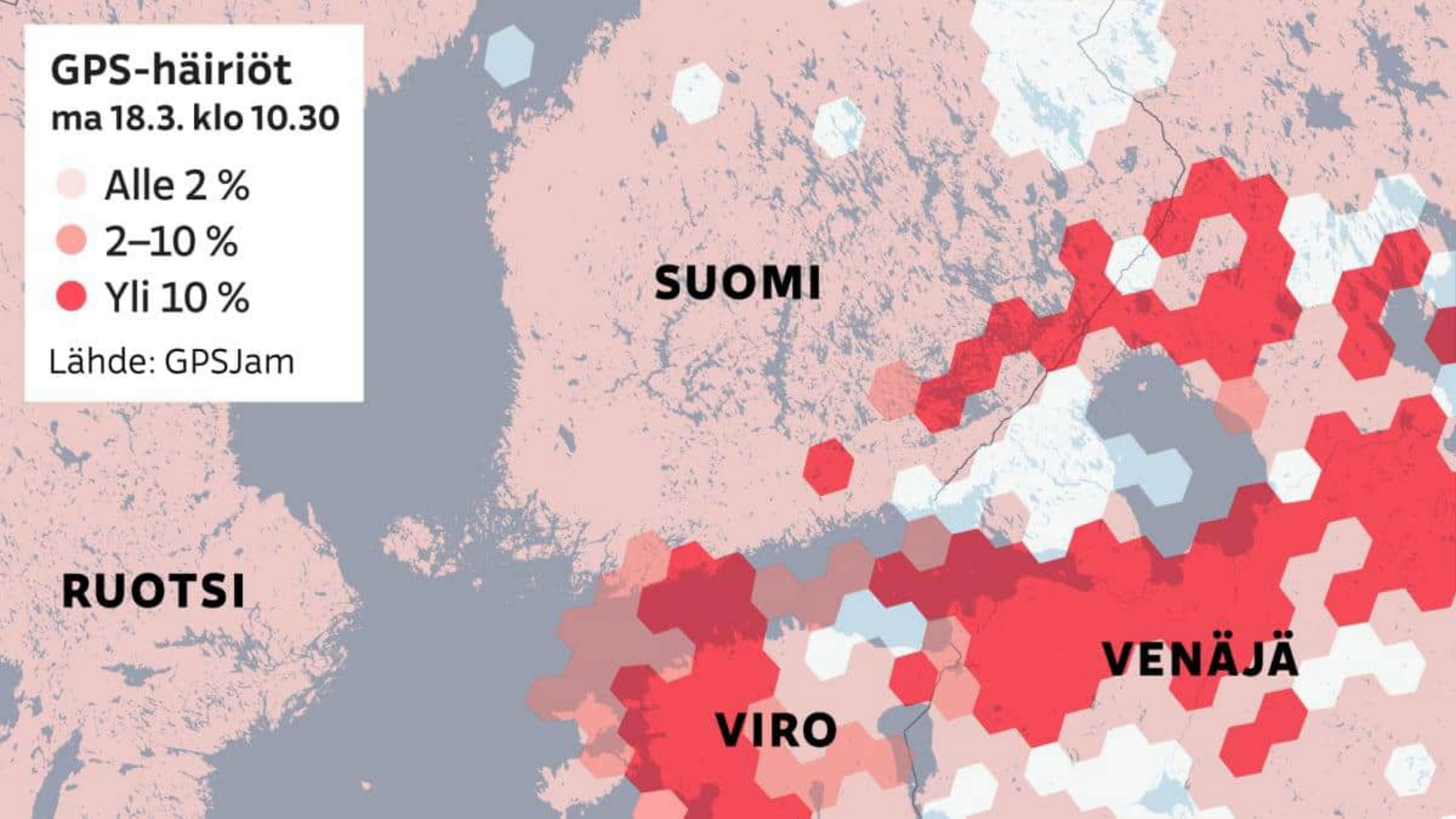
Lähde: GPSJam

RUOTSI

SUOMI

VIRO

VENÄJÄ



1957



0 kohdetta

1990



Noin 6 000
seurattavissa olevaa
kohdetta

2020

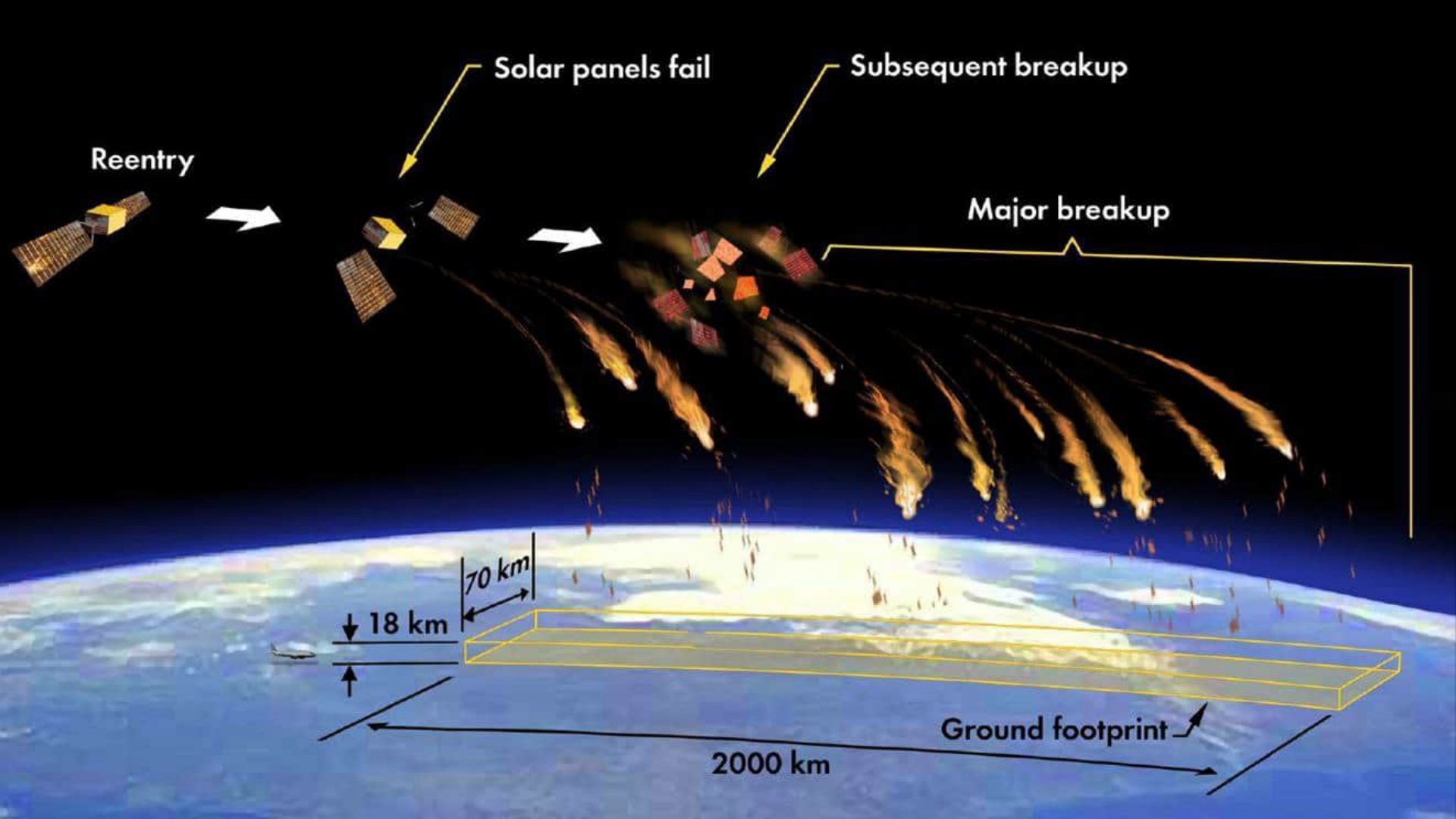


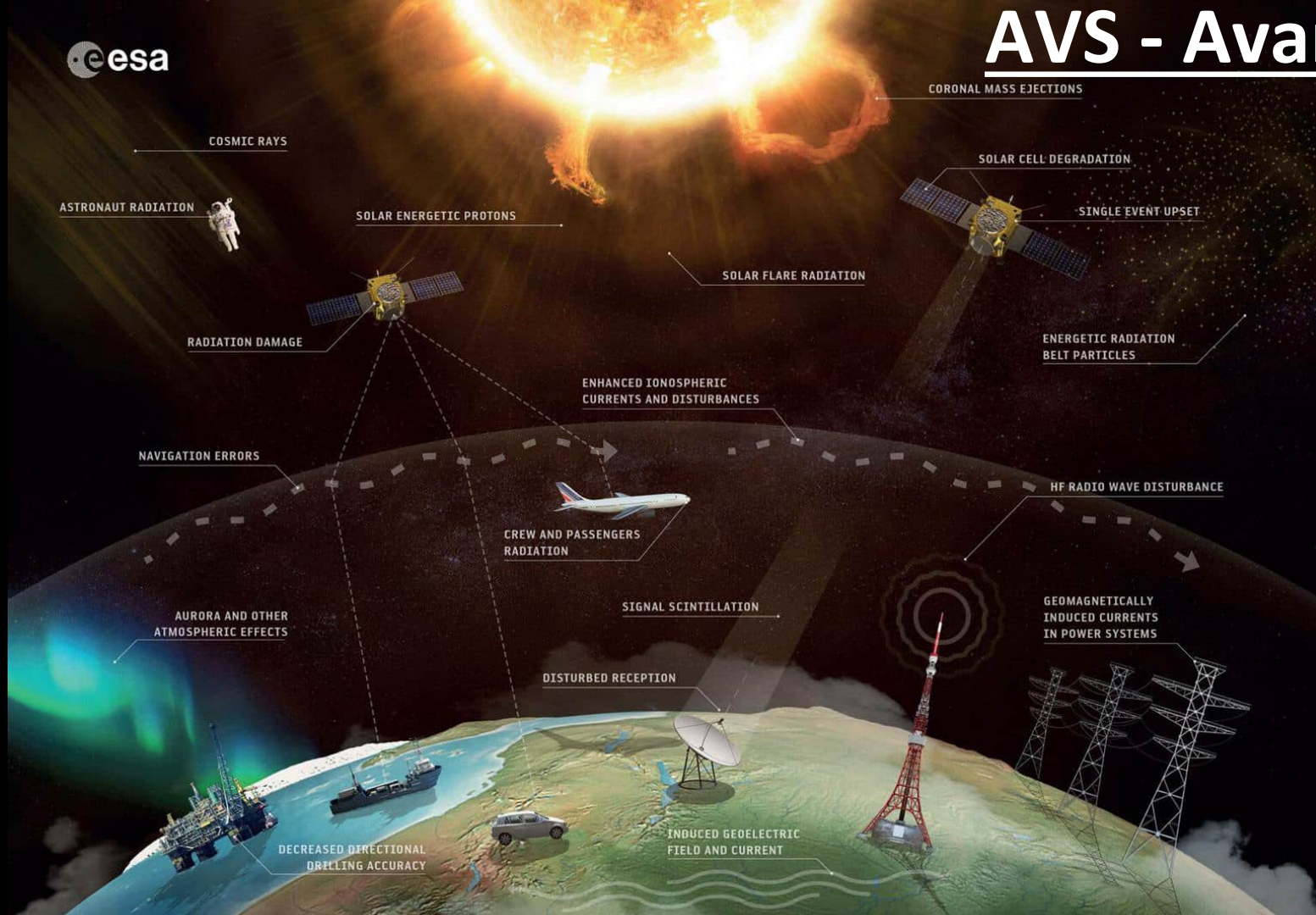
Yli 22 000
seurattavissa olevaa
kohdetta

2023



Noin 32 300
seurattavissa olevaa
kohdetta





CORONAL MASS EJECTIONS

COSMIC RAYS

ASTRONAUT RADIATION

SOLAR ENERGETIC PROTONS

SOLAR FLARE RADIATION

SOLAR CELL DEGRADATION

SINGLE EVENT UPSET

RADIATION DAMAGE

ENERGETIC RADIATION
BELT PARTICLES

ENHANCED IONOSPHERIC
CURRENTS AND DISTURBANCES

NAVIGATION ERRORS

HF RADIO WAVE DISTURBANCE

CREW AND PASSENGERS
RADIATION

AURORA AND OTHER
ATMOSPHERIC EFFECTS

SIGNAL SCINTILLATION

GEOMAGNETICALLY
INDUCED CURRENTS
IN POWER SYSTEMS

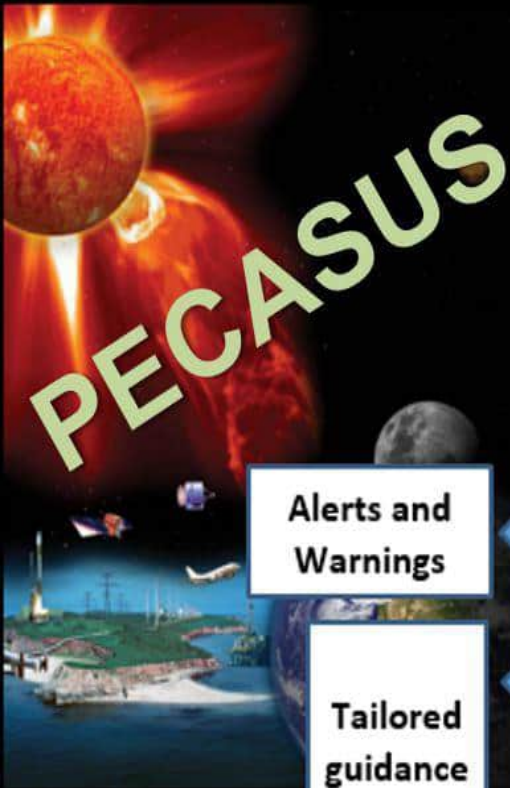
DISTURBED RECEPTION

DECREASED DIRECTIONAL
DRILLING ACCURACY

INDUCED GEOELECTRIC
FIELD AND CURRENT

AVS - Avaruussää

Hazards



- Satellite and ground-based data
- Computer simulations
- Collab. UK MetOffice, STCE, NOAA

The screenshot shows a complex dashboard with various data visualizations, including a 3D model of Earth's magnetic field, line graphs, and a table of data.

Security Duty Officer



Space Weather Officer



Auroras

SSA Operational Center

@FMISpace

The background image shows a view of Earth from space with a vibrant aurora borealis in the northern hemisphere.

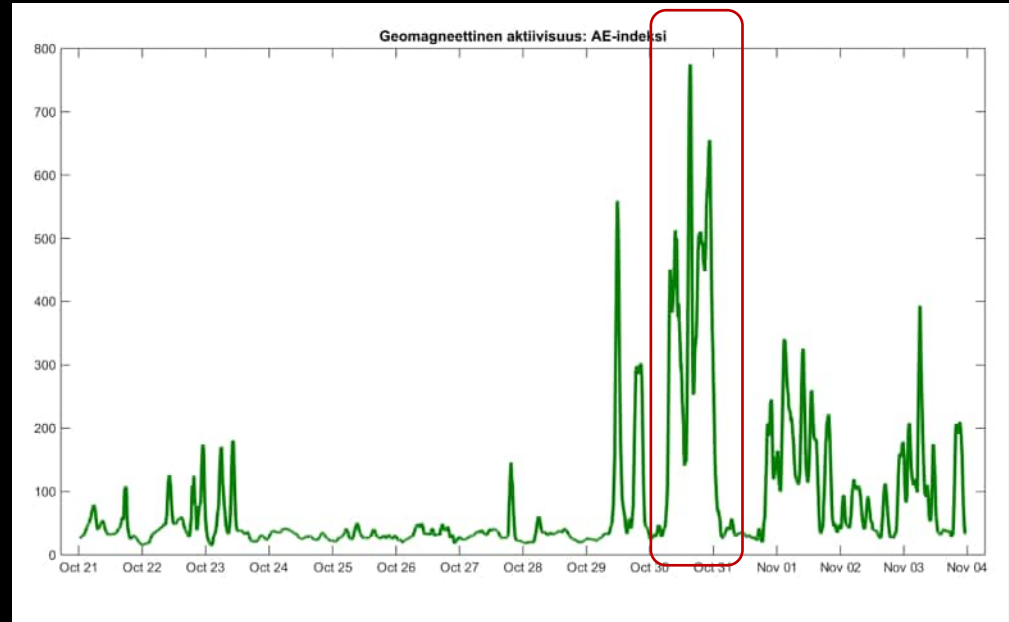
Goce -satelliitin viimeiset viikot



- ESan GOCE -satelliitin polttoaine loppui 21. lokakuuta 2013. Sen jälkeen ilmakehän vastus alkoi laskea kiertorataa. Lopulta GOCE tippui valtameren lähellä Falklandin saaria.
- Tapahtuman aikana Geodeettinen laitos ja Ilmatieteen laitos seurasivat yhdessä GOCE:n kiertoradan loppuvaiheita. Ilmatieteen laitos analysoi avaruussään vaikutusta ennustaakseen todellisen paluupisteen ja -ajan.

GOCE-avaruussää: enimmäkseen tyyntä

- Kahden viimeisimmän GOCE-viikon aikana avaruussää enimmäkseen tyyntä
- 30.10. suurin häiriö
 - Max(AE) ~ 800
 - Max(Kp) = 4
- AE-indeksi (Auroral Electrojet) kuvaa ionosfäärin virtojen voimakkuutta.
 - Virta lämmittää ionosfääriä
 - Ionosfääri laajenee
 - Ilmakehän yläosa nouseellman tiheys kasvaa GOCE-radalla

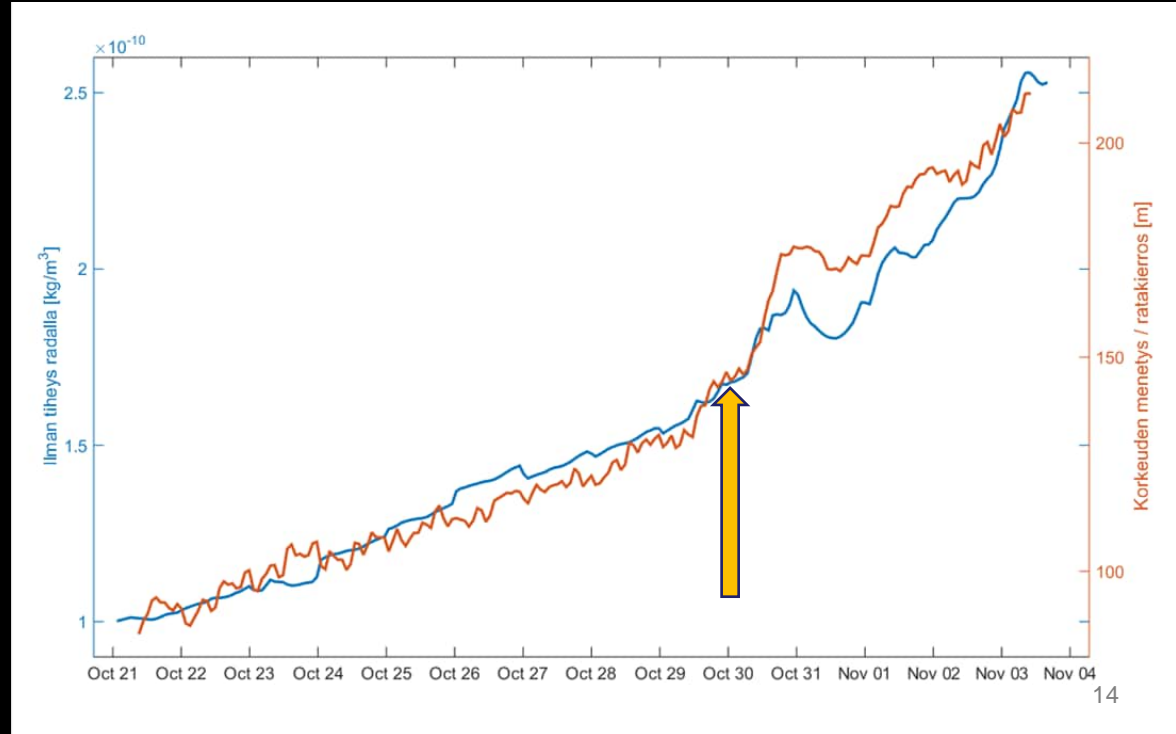


Kp 4 -luokan avaruussäähäiriö.

Kp-indeksin arvo 4 tapahtuu noin 100 kertaa vuodessa. Se voi tuottaa heikkoja revontulia, jotka ulottuvat 60:lle leveysasteelle. Tämä on siis melko leuto ja tavallinen avaruussäätapahtuma.

Ilmatieteen laitoksen malliennuste avaruussään vaikutuksesta GOCE:n kiertoradalle

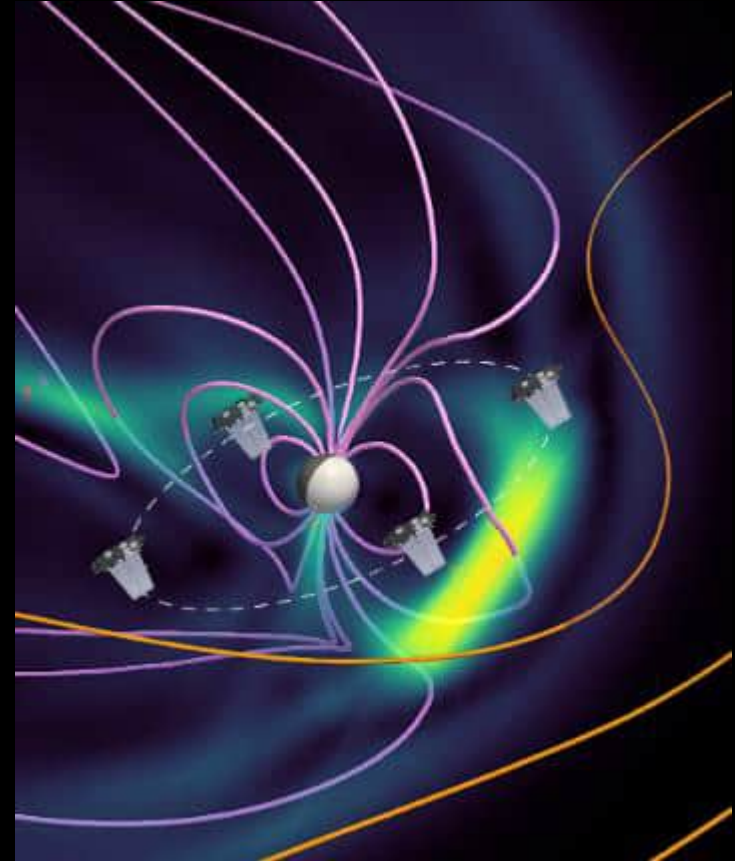
- Sininen käyrä: SWE-vaikutteinen ilman tiheys GOCE-radalla (keskiarvo yhdellä kiertoradalla)
- Oranssi käyrä: GOCE-radan korkeushäviö per kiertorata (8 kiertoradan liikkuva keskiarvo)
- 31. lokakuuta: Avaruussää äkillisesti (ja tilapäisesti) nopeuttaa GOCE:n kiertoradan korkeuden menetystä





Starlink-onnettomuus vuonna 2022

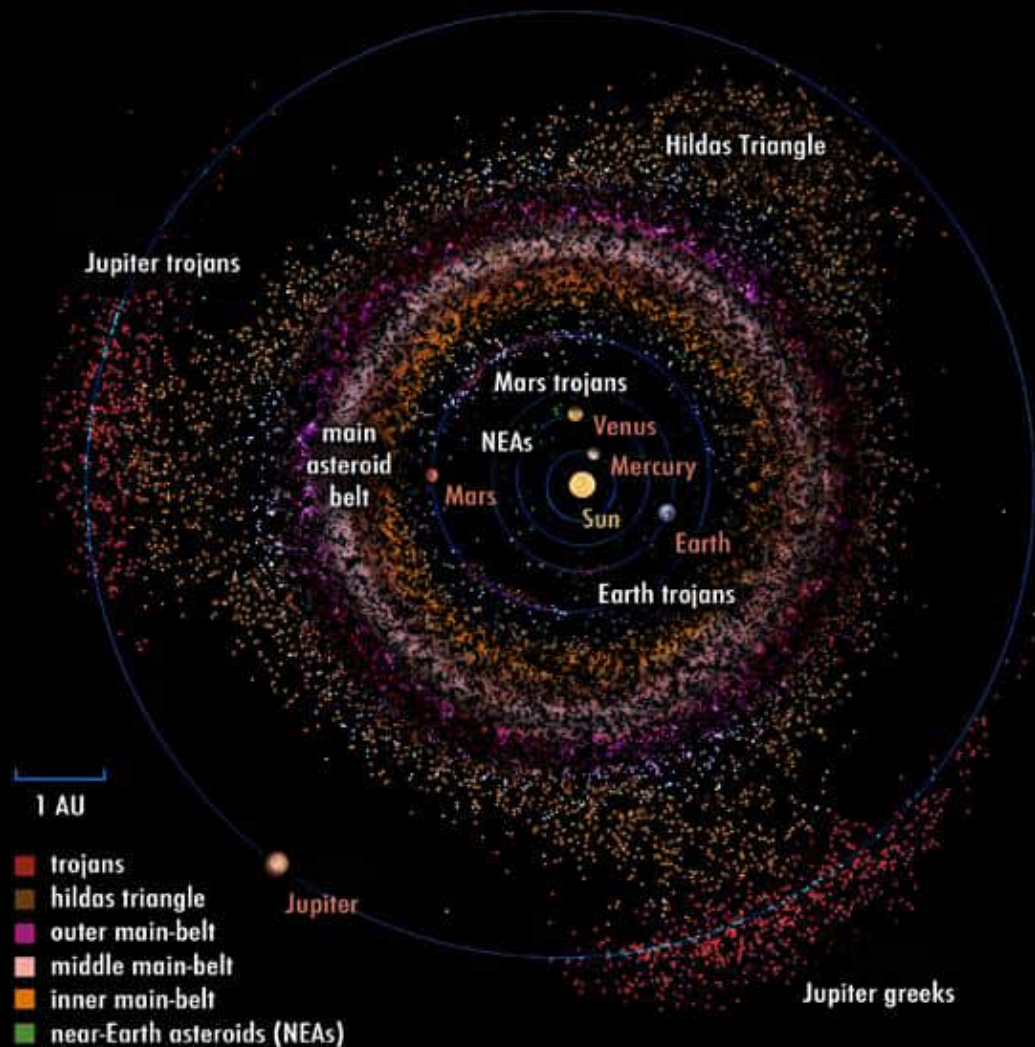
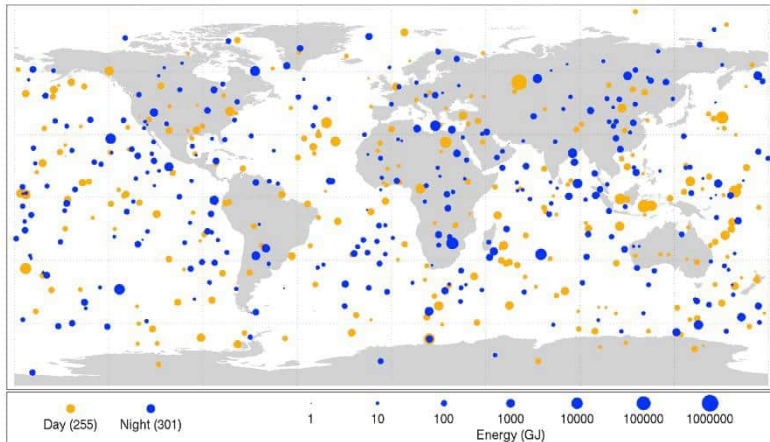
- Helmikuussa 2022 yhteensä 49 Starlink-sateliittia laukaisussa joista 38 tippui, kiitos (lievän) avaruussäätapahtuman



NEO (Near Earth Objects)

Bolide events 1994-2013

(Small asteroids that disintegrated in the Earth's atmosphere)



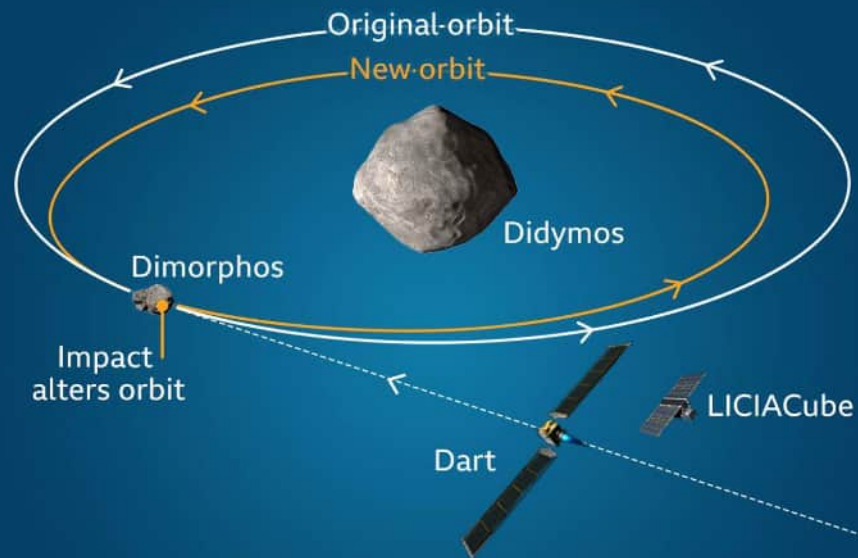


DART

Double Asteroid Redirection Test



Nasa spacecraft will crash into asteroid's moon



2 NOV 24: After separating from the Falcon 9 rocket, the spacecraft's solar array is deployed for power generation

60ft

A high-resolution imager and telescope will beam back images of asteroid targets, providing information for navigation and impact-targeting

Communications antenna

3 MID-SEPT 2022: A tiny camera called LICIACube will detach from main spacecraft to send images of collision back to earth

DIDYMOS asteroid
2,560ft in diameter

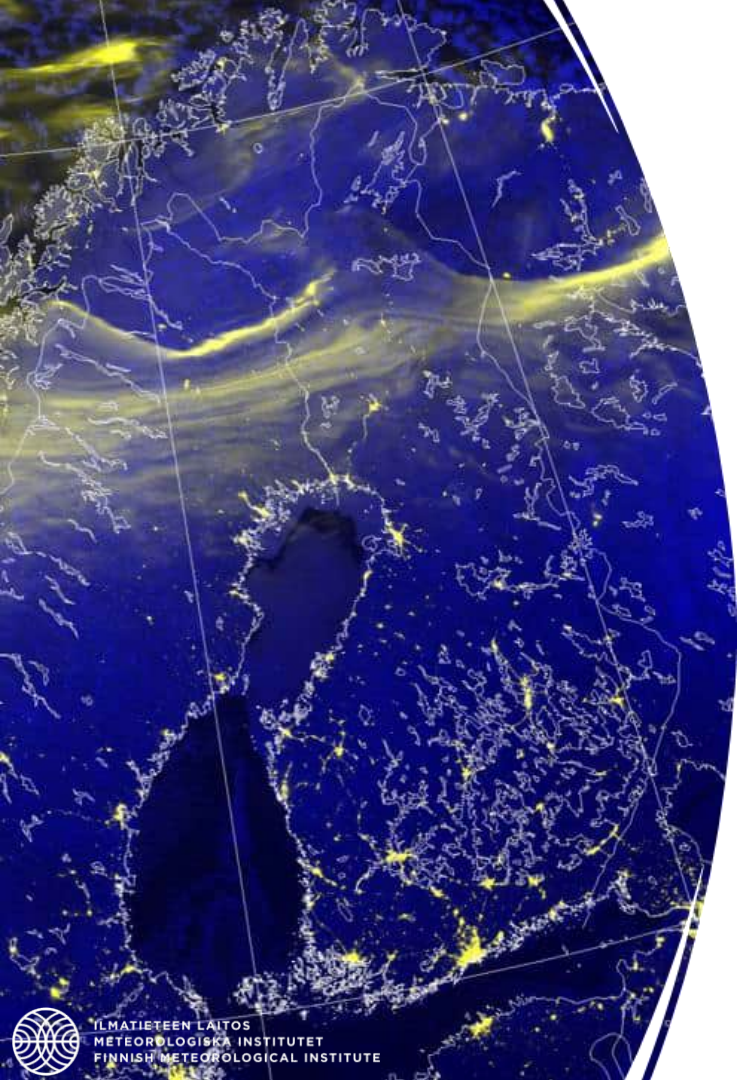
Orbiting around Didymos is... **DIMORPHOS** the asteroid target

15,000MPH

4 SEPT 26 - OCT 1, 2022: Spacecraft will collide with Dimorphos, in an attempt to alter the rock's orbit around Didymos by just 1 per cent

Source: NASA
Graphic: by John Lawson



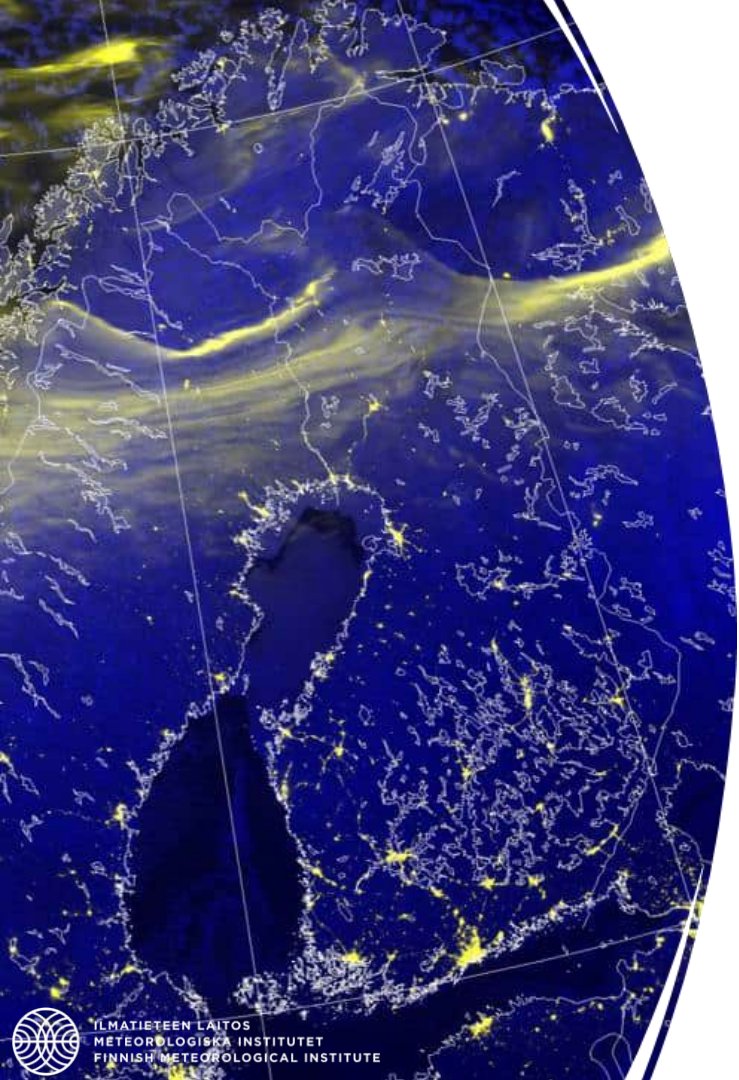


FSSAC ja EU SST kumppanuusohjelma



Suomi mukaan EU SST Kumppanuusohjelmaan

- ANK Avaruustilannejaosto (TEM) valmisteli Suomen osalta EU SST sopimuksen
- TALPO 14.12.2021 puolsi Suomen liittymistä Euroopan unionin (EU) EU-SST Partnershipin jäseneksi ja kansallisen avaruustilannekeskuksen yhteyspisteen perustamista Ilmatieteen laitoksen yhteyteen.
- Suomen EU SST kontribuutio on SLR (MML/Metsähovi) ja FMI 24/7 operatiivinen turvallisuuspalvelu (ISO9000).
- EU-SST –sopimuksen allekirjoittamiseen Ilmatieteen laitos sai LVM-ministeriöltä toimivaltuudet.
- FMI allekirjoitti EU SST –sopimuksen Suomen edustajana 8.9.2022
- IL:ään perustettava EU SST yhteyspiste käynnisti kansallisen käytännön yhteistyön eli kansallisen avaruustilannekeskuksen (FSSAC) toiminnan
- Sopimuksen allekirjoittamisen jälkeen perustettiin FSSAC perustamista selvittävä ohjausryhmä, jonka työtä LVM johtaa 31.3.2023 asti.



FSSAC tehtävät, toiminta



FSSAC tarve ja tehtävä

- Avaruustilannekeskus analysoi ja tuottaa tilannetietoa (kv yhteistyö) lähiavaruuden lisääntyvän satelliittiliikenteen, avaruusromun ja -kappaleiden aiheuttamasta törmäysuhasta, mikä vaarantaa satelliittijärjestelmien toimintaa ☑Satellite Traffic Management
- FSSAC monitoroi lähiavaruuden olosuhteita –avaruussäätä –mikä saattaa heikentää yhteiskunnan kriittisten palveluiden (mm. navigaatio, HF-kommunikaatio, lentoliikenne, GIC) laatua.
- Avaruustilannekeskus tarvitaan turvaamaan –osana kv yhteistyötä -yhteiskunnan toiminnan ja hyvinvoinnin kannalta välttämättömien satelliittijärjestelmiin perustuvien palvelujen jatkuvuus ja laatu.
- Erityisen uhan muodostaa Maan pinnalle putoava avaruusromu. Eksistentiaalisen uhan muodostamat Maan lähelle tulevat suuret Aurinkoa kiertävät kappaleet.
- FSSAC tuottaa avaruustilannetietoisuuteen liittyvää tietoa viranomaisille, julkisille /kaupallisille toimijoille sekä kansalaisille.

FSSAC –yhteiskunnallinen merkitys

- FSSAC antaa Suomelle avaruustilannetietoisuuteen liittyvää kansallista kyvykkyyttä seurata lähiavaruuden tapahtumia sekä tarvittaessa varoittaa erityisesti viranomaisia ja muita yhteiskunnan kriittisiä toimijoita sellaisista lähiavaruuden tapahtumista ja ilmiöistä (avaruusromu, satelliittiliikenne, avaruussää, NEO-kappaleet), jotka saattaisivat häiritä nyky-yhteiskunnan sujuvan toiminnan kannalta kriittisten infrastruktuurien toimintaa.
- Tämä parantaa Suomen kansallista turvallisuutta ja huoltovarmuutta.
- Suomen avaruusalan yhteistyö tiivistyy sekä Euroopan Unionin että myös Yhdysvaltojen kanssa osana transatlanttista yhteistyötä.
- Suomi kansainvälisesti arvostettu kumppani, jolla olisi kansallista kyvykkyyttä tuottaa ja jakaa avaruustilannetietoisuutta koskevaa tietoa kumppanimailleen. Tällä olisi myönteisiä turvallisuuspoliittisia vaikutuksia.
- Suomi voi hyödyntää korkeatasoista avaruusosaamistaan sekä edistää kansallisen avaruustoimialan ja tutkimustoiminnan kansainvälistä osaamista, kilpailukykyä ja liiketoimintapotentiaalia.
- Avaruustilannekeskuksen perustaminen mahdollistaisi sen, että Suomi pystyisi täysimääräisesti hyödyntämään EU SST-kumppanuutensa. Keskuksen perustaminen avaisi Suomelle myös uusia kansainvälisiä yhteistyö- ja rahoitusmahdollisuuksia.
- FSSAC on kansallisen imagon kannalta hyvin positiivinen asia

Valtioneuvoston julkaisuarkisto Valto:

Kansallisen avaruustilannekeskuksen perustaminen. Hanketta selvittäneen ohjausryhmän loppuraportti

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164947/LVM_2023_6.pdf

Kansallisen avaruustilannekeskuksen perustaminen

Hanketta selvittäneen ohjausryhmän loppuraportti



Kiitos !

