

Revontulien ennustaminen

Revontulitapaaminen
5.4.2025

Matias.Takala@fmi.fi

+

•

○

Omaa taustaa

- En ole avaruussään tutkija vaan satelliittiasiantuntija ja kaukokartoituksen tutkija
- Avaruusfysiikan perustiedot on hankittu opiskellessa
- Työajasta noin 10% avaruussääpäivystykseen
- Päädyin tehtävään osin harrastuksen kautta
- 90-luvun alusta muistan muutaman hienon revontulinäytelmän, tuosta ajasta harrastajan mahdollisuudet ovat muuttuneet lähes rajattomiksi!

Miksi tehdään?

Ensisijaisesti viranomaistoimintaa

Carrington event 2.0 voisi aiheuttaa vakavia häiriöitä yhteiskunnan toimintaan

Käytännössä kyse on harvinaisesta tapahtumasta (toisaalta 23.7.2012)

Pääosin lieviä radiohäiriöitä (ionosfäärin tiheyden häiriöitä) tai geomagneettisia häiriöitä (revontulet)

Revontulilla on mm. matkailun kannalta tärkeää taloudellista merkitystä

Avaruussään ennustaminen IL:lla

Osa valmiussääpäivystystä

Sääpäivystäjät 24/7, avaruussää ns. takapäivystys

Käytännössä:

- Laaditaan avaruussääennuste
- Pidetään sääpäivystäjät ajan tasalla
- Seurataan mahd. tilannetta
- Ollaan tarvittaessa yhteydessä tiedotukseen
- Tiedotus tietyille asiakkaille
- Voi twiitata tilin @FMISpace kautta (laitan usein myös vinkkejä omalle tililleni @elfsprite mikäli tilanne näyttää hyvältä)

Osana PECASUS-konsortiota

IL on osa PECASUS-konsortiota, joka tarjoaa avaruussääpalveluita Kansainväliselle siviili-ilmailujärjestölle (ICAO)

Kun PECASUS on On Duty Center (ODC), avaruussään takapäivystäjä on viimeinen ketjussa vastuussa viestien lähettämisestä järjestelmään

Asiat, jotka aiheuttavat hälytyksiä: häiriöt paikannuksessa, häiriöt radioliikenteessä, säteilytason nousu (satelliitit, napojen yli kulkevat lennot)

Tulevaisuudessa toiminta laajenee avaruustilannekuvan suuntaan

+

•

○

Ennustaminen - Forecasting

- Ennustaminen (Forecasting) vs. lyhytaikainen ennustaminen (Nowcasting)
- 6h-3 vrk ennusteet perustuvat pääosin Auringossa havaittuun (satelliitit kuten SOHO, teleskoopit) tapahtumaan: koronan aukko, soihtupurkaus, koronan massapurkaus
- Kysymyksiä:
 - Soihtupurkaus, lähtikö myös CME?
 - onko geoefektiivinen?
 - Jos on, milloin tapahtuu?
 - Mikä on vaikutuksen voimakkuus?
- Aurinkotuulen mallinnus vasta kehittyvä ala: NOAA WSA-ENLIL
 - Nykyään myös parviajoja!
- Ennusteeseen liittyy aina epävarmuuksia, niin ajoituksen kuin vaikutuksen suhteen.



Ennusteen laatiminen I

- <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/revontulet-ja-avaruussaa>
 - Ilmatieteen laitoksen avaruussääennuste koostuu ingressistä (lyhyt yhteenveto), tutkijan tilannearviosta sekä todennäköisyystaulukosta.
 - Todennäköisyydet ennusteessa ovat pieni, pienehkö, kohtalainen ja suuri.
 - Ennusteen laatimisen apuna ovat mm. UKMO:n avaruussäätiedote, NOAA:n ennuste ja SIDC:n ennuste. Kuitenkin IL:n ennuste perustuu viime kädessä vuorossa olevan takapäivystäjän omaan kokemukseen. Tarkemmat perustelut löytyvät tilannearviosta. Erityisesti CME:n mallinnuskyky on UKMO:lla / SIDC:llä.
 - Huom, kattaa Lapin eteläpuolisen Suomen.
- 
- 

Ennusteen laatiminen II

NOAA jaottelee häiriöt kolmeen luokkaan:

- Geomagneettiset häiriöt G1-G5 (revontulet, voimakkaat häiriöt aiheuttavat myös ionosfäärin tiheyden häiriöitä)
- Radiohäiriöt R1-R5 (ionosfäärin tiheyden häiriöt, aiheuttajina käytännössä soihdun purkauksien röntgensäteily)
- Säteilymyrskyt S1-S5 (ionosfäärin tiheyden häiriöt, aiheuttajina aurinkotuulen suurnopeuksiset protonit; yleensä liittyy suurempaan aktiivisuuskokonaisuuteen kuten soihdut+CME)

NOAA:n avaruussääsivut: <http://www.swpc.noaa.gov/>

Kp-arvo vastaa G-arvoa siten, että $Kp=5-9 \leftrightarrow G=1-5$. Kp-arvo perustuu maanpäällisiin magnetometrimittauksiin (paikallinen K-arvo) ja niistä muodostetaan varsin monimutkaisen kalibrointikertoimien käytön jälkeen planetaarinen K-arvo eli Kp.

Kannattaa huomioida, että G/Kp-arvo ei suoraan korreloi revontulien näkymisen kanssa!

Ennustaminen - Nowcasting

Avaruussään tapauksessa Nowcasting ehdottomasti luotettavampi, noin ½-1h ennakkovaroitus.

Kannattaa seurata kun pidempiaikainen ennuste on lupaava, toisaalta ens. kohdan perusteella kannattaa välillä vilkaista muutenkin

Satelliitit Lagrange-pisteissä:

- (ACE: The NASA Advanced Composition Explorer)
- DSCOVR: Deep Space Climate Observatory

Lisäksi magnetometrit ja taivaskamerat

Avaruussää Suomessa: <https://rwc-finland.fmi.fi/>

- R-luvut ja 1h ennusteen lukemat saatavilla koneluettavassa muodossa! (json)

Oma discord-kanava

Raportoi kohonneesta R-luvusta Nurmijärvellä

Raportoi kohonneesta ennusteen lukemasta Nurmijärvellä

Raportoi, jos G-luku noussut ≥ 1

Raportoi X-luokan roihupurkaukset

Geomagneettinen aktiivisuusennuste

[English](#)

Päivitetty 20160907 11:15:01

ACE -satelliitin aurinkotuulihavaintoja viimeisimmän tunnin ajalta

suure	pienin	suurin	keskiarvo
magneettikenttä Bz [nT]	-1.5	2.9	1.0
nopeus [km/s]	468.8	489.5	478.0
tiheys [cm ⁻³]	2.6	4.3	3.5

Geomagneettinen aktiivisuus (RX [nT])

paikka	edellinen tunti	seuraava tunti (RXmin, RXmax)	
------------------------	-----------------	-------------------------------	--

Kevo (KEV)	17	6	74
Masi (MAS)	17	6	59
Kilpisjärvi (KIL)	-	7	68
Ivalo (IVA)	17	6	51
Muonio (MUO)	17	6	60
Sodankylä (SOD)	13	6	52
Pello (PEL)	17	6	45
Ouhjärvi (OUJ)	15	5	36
Mekrijärvi (MEK)	11	4	22
Hankasalmi (HAN)	13	4	26
Nurmijärvi (NUR)	12	5	26
Tartu (TAR)	10	3	19

Seuraavalle tunnille annetut arvot ilmaisevat vaihteluvälin, johon RX kuuluu 90% todennäköisyydellä

Värit kuvaavat aktiivisuustasoa:

matala	kohonnut	kohtalainen	korkea	hyvin korkea

[Menetelmän lyhyt kuvaus](#)

Palaute: http://aurora.fmi.fi/public_service/suomi/feedback.shtml



1h ennusteen tulkintaa



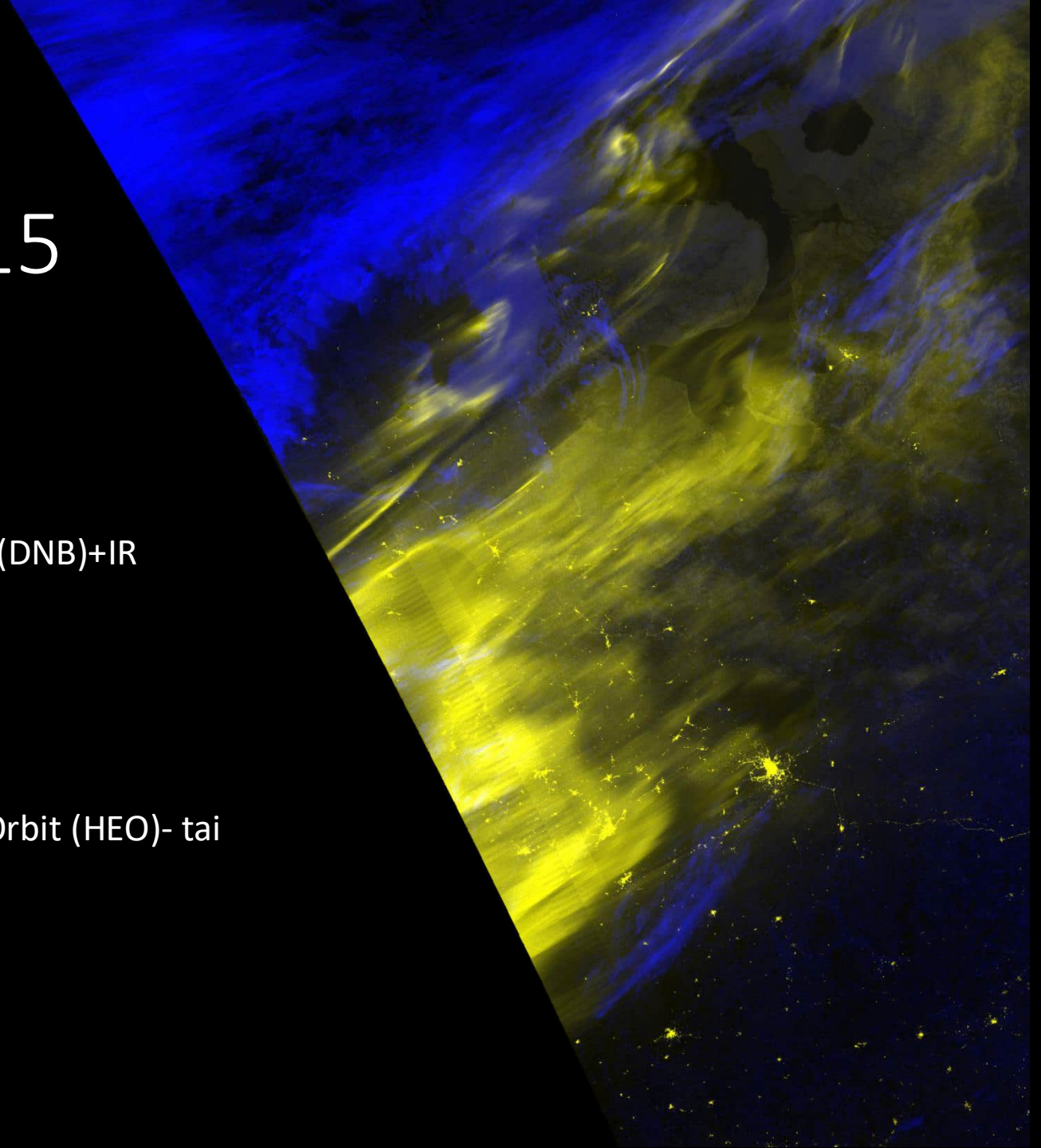
- Magneettikentän suunta tai kentän pohjois-etelä-suuntainen komponentti B_z on tärkein yksittäinen tekijä revontulien näkymisen kannalta! Negatiivinen etumerkki (etelä) on se mitä harrastajan kannattaa odottaa. Keskiarvo neg. == hyvä, suurin arvo neg. == loistava tilaisuus
 - Miksi B_z on joskus negatiivinen ja joskus ei, tähän vaikuttaa moni tekijä
 - Aurinkotuulen nopeudesta on apua koronan aukon nopeamman virtauksen tai CME:n saapumisen arvioinnissa. Nopea aurinkotuuli (esim. yli 600 km/s) usein merkitsee kohonnutta todennäköisyyttä esim. punaiselle värille
 - Tiheyden merkitys on lähinnä saapumisen ajoittamisessa.
 - Magnetometridatassa näkyy edellisen tunnin aktiivisuus sekä vaihteluväli seuraavan tunnin ennusteelle. Odotusarvoa ei ole annettu...
 - Punainen väri on aina hyvä!
- 

Tilanteen seuranta

- Auroras now-ennuste näyttää punaiselta, mitä tehdä?
- Säätila?
- Havaintopaikka?
- Geomagneettisen myrskynkin aikana revontuliaktiivisuus yleensä esiintyy alimyrskyinä, eli suhteellisen lyhyinä aktiivisina purskeina muutamasta minuutista kymmeniin minuutteihin
- Lähes reaaliaikaisen magnetometrin käyrän suuri muutos voi antaa muutaman minuutin ennakkovaroituksen alimyrskystä
- Taivaskamerassa näkyvä revontulinäytös merkitsee sitä, että on kiire! (Ellei ole jo havaintopaikassa tai sen välittömässä läheisyydessä)

Revontulet 17.3.2015

- Suomi-NPP VIIRS-kuva, Day and Night-band (DNB)+IR
- Myös mahdollista DMSP-sarjan satelliiteista
- DNB-kanava sääsatelliiteissa?
- Hosted Arctic Imager (HAI), Highly Elliptical Orbit (HEO)- tai Molnija-rata
- Kuva: Panu Lahtinen FMI





Hamina 18.8.2024



Helsinki 11.5.2024

