



Revontulien kuunteluasema

Jyväskylän Sirius ry

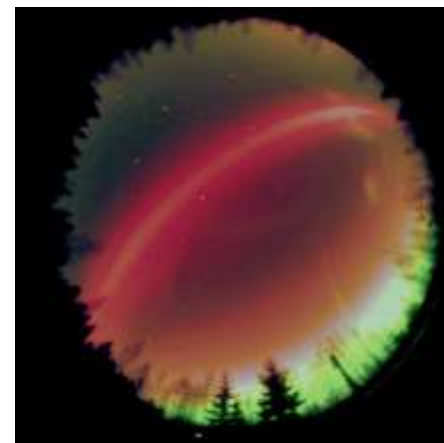
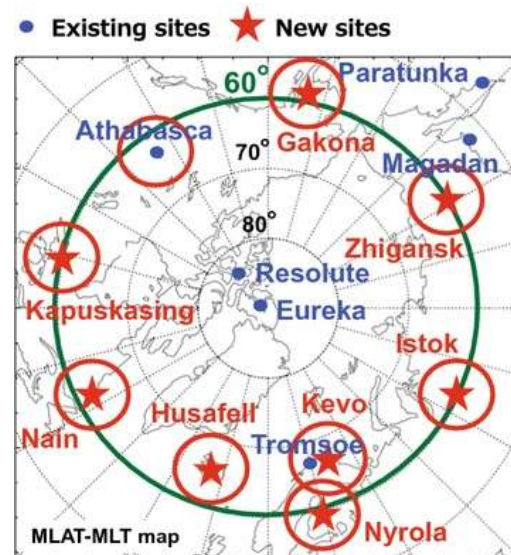
URSA Aurinkokuntatapaaminen 8.2.2020

Harri Kiiskinen



Japanilaisten tutkijoiden revontulikamera

- Pääkontakti: Shin-ichiro Oyama
- [Ground-based instruments of the PWING project to investigate dynamics of the inner magnetosphere at subauroral latitudes as a part of the ERG-ground coordinated observation network](#)



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



PWING

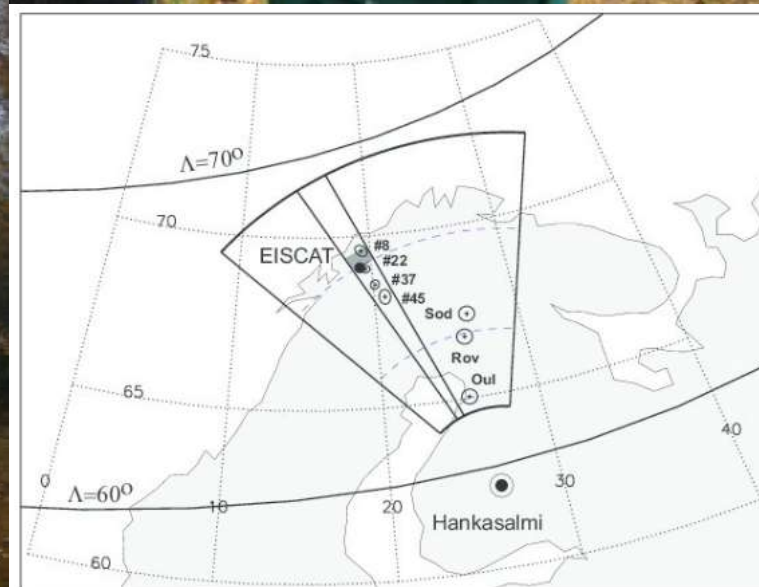
Aiming at future secure/safe space use by understanding the particle acceleration and loss in the inner magnetosphere

- All-sky airglow/aurora imagers
- 64-Hz sampling induction magnetometers
- 40-kHz sampling loop antennas
- 64-Hz sampling riometers (Relative Ionospheric Opacity Meter) at eight stations at subauroral latitudes ($\sim 60^\circ$ geomagnetic latitude) in the northern hemisphere
- 100-Hz sampling EMCCD cameras at three stations





CUTCLASS



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Miksi revontulien äänet kiinnostaa?

<https://www.gofinland.fi>

- *Kuuletko revontulet korvissasi? Älä pelkää, et ole tulossa hulluksi, sillä revontulien ääni ei ole pelkkää mielikuvituksen tuotetta. Viime vuosina tehtyjen mittausten perusteella revontulien äänet syntyvät 70 metrin korkeudessa ja ovat ihmiskorvan kuultavissa. **Revontulien synnyttämän rätisevän äänen alkuperä sen sijaan on yhä mysteeri.***

<https://www.gofinland.fi/revontulet>

- *Can you hear the Northern Lights? Don't worry, you're not going crazy! The recent studies prove that the Northern Lights create crackling sounds as near as 70 m above the ground which means that human ears can indeed hear them. **The origin of these sounds is still a bit of a mystery.*** <https://www.gofinland.fi/en/northern-lights>



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Idea revontulien kuunteluasemasta

- Revontuliseminaari
19.11.2016
- Revontuli,
Hankasalmi
- Idea pysyvän
kuunteluaseman
perustamisesta
- Professori,
rahoittaja, idean
toteuttaja jne.
saman kahvipöydän
ympärillä
- Vuosi 2017 'idean
kypsyttelyä'





Hankkeen perustiedot

- Revontulien kuuntelulaitteisto Hankasalmen observatorioon
 - Hankkeen alustava ideointi Revontuliseminaarissa lokakuussa 2016
- Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2014-2020
 - Leader-ryhmä Maaseutukehitys ry
 - Yleishyödyllinen investointihanke
- Kokonaisbudjetti 29823€
 - Avustus 70% (20876€)
 - Koroton kehittämislaina Hankasalmen kunnalta rakennusaikaisten kustannusten kattamiseen n. 8000€
- Aikataulu 1.7.2018 – 31.12.2019 (→ 31.5.2020)
 - Vireilletulopäivä 12.6.2018, Rahoituspäätös 20.9.2018, aloituspalaveri 24.10.2018
 - Loppuraportti ja viimeinen maksatushakemus 30.4.2020





Hankasalmen observatorio

- Siriuksen etäkäytettävä maaseutuobservatorio
- Murtoisten vanha kyläkoulu
 - Murtoistentie 116, Hankasalmi
- Observatorio rakennettiin vuonna 2006 EU-hankkeena
- Aktiivista kansainvälistä havaintotoimintaa
- Kymmeniä tieteellisiä artikkeleita



Valokuvaus
Taivaskamera



Avaruussää
Magnetometri



Auringon aktiivisuus
Radioteleskooppi

Revontulien havaintolaitteet



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Hankkeen sisältö

- Murtoisten observatoriorakennuksen alakerran eristystyö laitetilaksi
 - Lämmin tila kaikille laitteille
 - Koulurakennuksen huoneesta luovutaan
 - **Noin 2/3 hankkeen kustannuksista**
- Kuunteluaseman laitteisto
 - Mikrofonit
 - VLF-antenni
 - Jalustat + sääsuojaus
 - Vahvistimet
 - Äänen digitointi ja tallennus
 - **Noin 1/3 hankkeen kustannuksista**



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Lehdistötiedote 21.9.2018



Revontulien kuunteluasema rakennetaan Hankasalmen Observatorioon

Jyväskylän Sirkus ry:n Hankasalmen observatorioon rakennetaan maailman ensimmäinen revontulien äänen tutkimiseen tarkoitettu havaintoasema.

Revontulien syntymekanismi tunnetaan tänä päivänä varsin hyvin, samoin kuin revontulien esiintymiskorkeus, noin 100 km. Revontulista peräisin olevien äänien olemassaolo on edelleen ratkaisematon arvoitus. Kansainvälisessä on lukuisia joukko tarinoita revontulien kolnasta tai huminasta. Revontulien aiheuttamien äänien olemassaoloa ei kuitenkaan tähän päivään saakka ole kuitenkaan pystytty kielitörmässä todentamaan tai väitettäväksi kumoamaan. Aalto-yliopiston emeritusprofessori Unto K. Laine on kehittänyt teorian, jonka mukaan äänet muodostuvat revontulien indukoimina huomattavasti aiempina kuin itse valotilmi, ja ovat siksi kuultavissa.

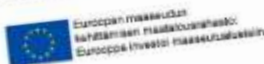
Kuunteluaseman sijoittaminen Hankasalmelle on perusteltua, sillä Hankasalmen observatorioon yhteydessä ovat jo revontulien havainnointiin tarkoitettu ilmatieteenlaitoksen magnetometri sekä Jyväskylän Sirkus ry:n revontulikamera. Nämä molemmat laitteistot yhdessä tämän hankkeen puitteissa toteutettavan äänen havainnointiaseman kanssa muodostavat sinultaatua havaintolaitteistokokonaisuuden, mitä ei ole missään muualla maailmassa. Havaintoaseman suunnittelu on tehty yhteistyössä prof. Laineen kanssa.

Hankkeen kustannusarvio on 300000€. Hankkeelle on 20.9.2018 myönnetty Leader Maaseutukeitys ry:n rahoitusta Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta. Jyväskylän Sirkus ry suorittaa hankkeen pääosan jäsenistön taitokuvoin vuoden 2019 loppuun mennessä.

Lisätietoja:

Arto Oksanen
arto.oksanen@jksirkus.fi
040 565 9438

Hari Kiskinen
hari.kiskinen@jksirkus.fi
040 527 3853



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Maaseutukeitys

Tiedote 21.9.2018
Jyväskylän Sirkus ry
Julkaisuvaspa hoi



Arto
Sirkus ry

Auroral sounds

ISSUED ON 19.09.2018 BY SIRCUS



Auroras listening post is coming to Hankasalmen Observatory

The Finnish meteorological club (Jyväskylä Sirkus ry) is planning to build the world's first listening post, specifically dedicated to the research of Auroral (magnetospheric) sounds.

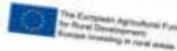
The aurora (aurora) are formed in very vast regions, as well as the height of where the aurora occur, at about 100 km. It is known that aurora produce sounds, but it is not yet confirmed whether the sounds are produced by the aurora or by the ground level. The sounds are produced by the aurora at far more lower altitudes than the lights, and therefore the sounds are not heard on the ground level.



Figure 1. Hypothesis for auroral sounds. Image credit: Unto K. Laine / Jyväskylä University. <http://www.jyu.fi/physics>

Hankasalmen observatorio on to the best location for the aurora listening post, because all the observatory site there is already an all-day service and a long-term observation from the aurora observation site. The aurora observation site is already an all-day service and a long-term observation from the aurora observation site. The aurora observation site is already an all-day service and a long-term observation from the aurora observation site. The aurora observation site is already an all-day service and a long-term observation from the aurora observation site.

The project has been funded by the Finnish Rural Development Programme for Manner-Suomi. The listening post will be built during 2019.



The European Agricultural Fund
for Rural Development
European Union

Maaseutukeitys



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



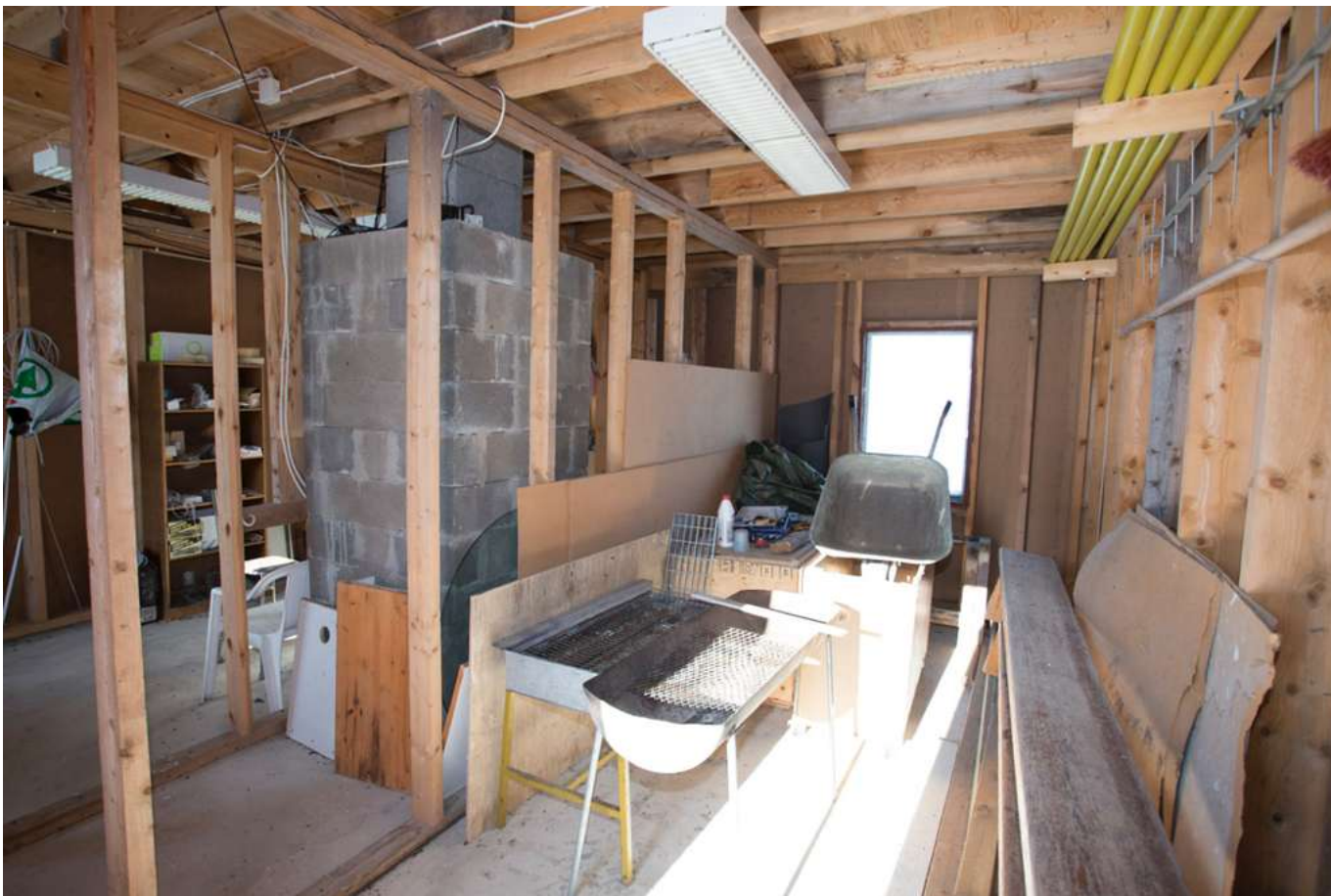
Hanke mediassa

- [MTV 21.9.2018 – Tältäkö revontulet kuulostavat? – Havaintoasema perkaamaan mystisten ”kohahdusten” syntyä superherkillä mikrofoneilla](#)
- [YLE 11.10.2018 – Ääntelevätkö ne vai eivät? Hankasalmen observatorio aloittaa revontulien kuuntelun ainutlaatuisella havaintoasemalla](#)
- [Keskisuomalainen 14.10.2018 – Professorin nauhalle tallentui kohahdus, mutta revontulien äänet ovat yhä mysteeri – Hankasalmelle rakennetaan maailman ensimmäinen kuunteluasema](#)
- [Spaceweather.com 16.10.2018 – First Aurora Listening Post Established](#)
- [Hankasalmen uudella kuunteluasemalla yritetään selvittää revontuliin liittyvää sitkeää mysteeriä – ”Sieltä voi paljastua yhtä sun toista, vaikka jotain yllätyksiä”](#)
- [Yle Uutiset Keski-Suomi. Ainutlaatuinen kuunteluasema maailmassa 7.1.2020](#)
- [Miltä kuulostavat revontulet? Tähtitieteen harrastajat hankkivat tietoa ilmiöistä, joita ei tunneta 7.1.2020](#)



Tornirakennuksen alakerta

Vuodet 2006 - 2018



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



7.12.2018



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Kesäkuu 2019



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin





Elokuu 2019



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Syyskuu 2019



© Harri Kuiskinen



© Harri Kuiskinen



© Harri Kuiskinen



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Lokakuu 2019

3.10.2019



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Marraskuu 2019



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Joulukuu 2019



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Revontulet

- Revontulten alkuperäinen energianlähde on Aurinko, vaikka itse **revontulivalo syntyykin Maan yläilmakehässä noin 100–200 kilometrin korkeudella.**
- Revontulet aiheuttaa aurinkotuulen korkeaenergiaisten hiukkasten vuorovaikutus maan yläilmakehän atomien kanssa.
- Korkeaenergiaiset hiukkaset, yleensä elektronit, voivat virittää neutraalin kaasun valenssielektronit, jotka palatessaan viritystilastaan alemmalle energiatilalle säteilevät fotoneja. Samankaltainen luminesenssi-ilmiö tapahtuu neonlampussa.
- Valon väri riippuu kaasuatomeista, johon hiukkanen törmää, ja niiden energiatiloista. Vihreä väri syntyy yksiatomisesta hapesta (valon aallonpituus 557,7 nm) noin 100-150 kilometrin korkeudessa, ja sitä ylempänä punainen yksiatomisesta hapesta (630,0 nm). Sininen väri syntyy typestä.
- <https://ilmatieteenlaitos.fi/tietoa-revontulista>, <https://fi.wikipedia.org/wiki/Revontulet>
- **Mistä revontulien äänet ovat peräisin?**



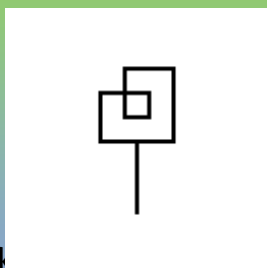
REVONTULTEN ÄÄNET

- *"Revontulien väitetty rätinä tai muut äänet ovat hyvin yleisiä uskomuksia kaikkialla, missä revontulia nähdään. Taivaan ollessa mahtavasti loimuevien revontuliliekkien peitossa, saattaa helposti syntyä mielikuva nuotiotuliin tai tulenlieskoihin yleensäkin, joihin liittyy erottamattomasti tulen rätinä. Ehkä ihminen mielikuvituksessaan lisää puuttuvan äänisignaalin revontulien palaessa taivaalla, ja jälkeempäin kuviteltu ääni tuntuukin jo todellisesta."* – Heikki Nevanlinna 1997. Revontulet – Tarua ja Totta.
- Kertomuksia äänistä sekä "oppineilta" että "rahvaalta"
- Äänet ovat totta, Unto K. Laine vuonna 2012
- Harvinainen ilmiö silti, tutkimus jatkuu



Revontulien kuunteluasema

Uudet mittalaitteet



Sähkömagneettinen pulssi
VHF antenni



Äänen suunta
Monimikrofonijärjestelmä



Inversiokerroksen paikka
Äänen heijastus



Valokuvaus
Taivaskamera



Avaruussää
Magnetometri



Auringon aktiivisuus
Radioteleskooppi

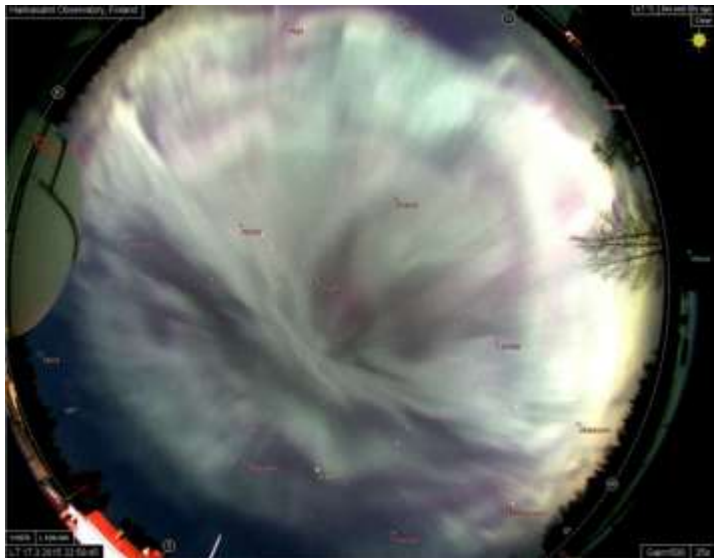
Revontulien havaintolaitteet





Allsky-kamera

- Omea -1.3M
 - 185x165 deg
 - $F=1.8$ mm $f/1.4$
 - 8.9 arcmin/pix
- <http://murtoinen.jklsirius.fi/ccd/skywatch>
- <https://www.youtube.com/channel/UCmJxHRIAvcmlbUeFCzx3pw/featured>

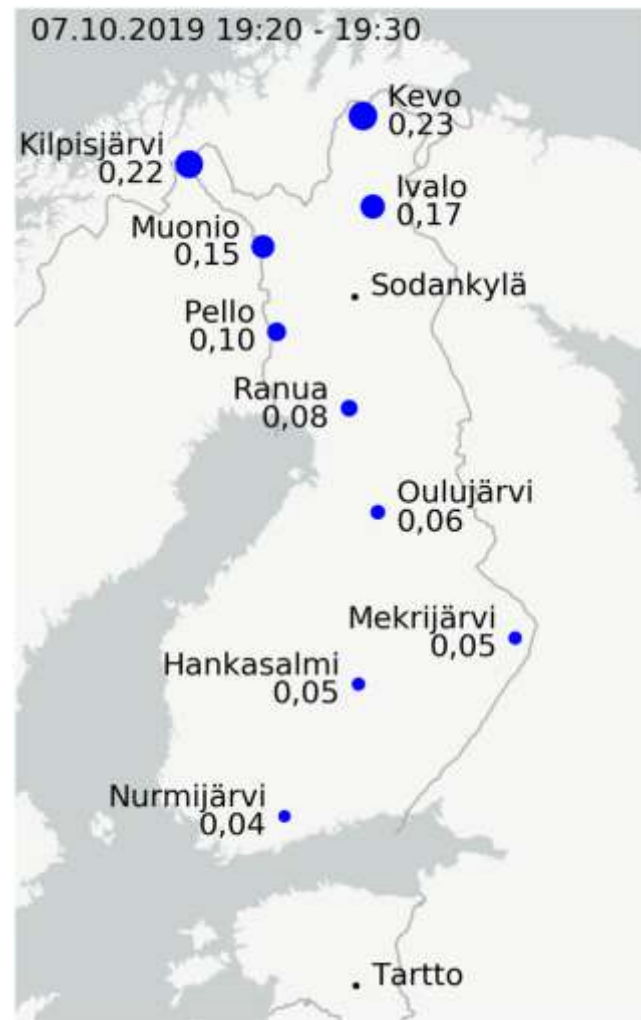
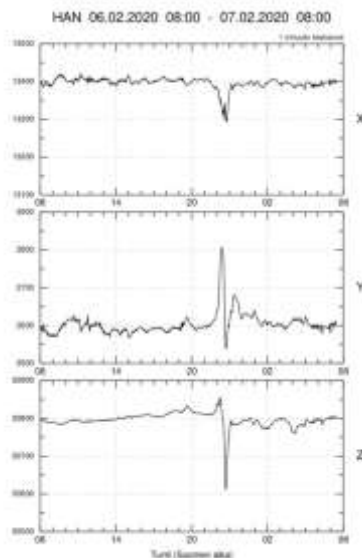


Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Magneettikentän mittaaminen

- Suomessa 11 mittauspistettä
 - Yksi mittauspiste Hankasalmen observatoriolla
 - Mittaus 10 s välein
- Auroras Now
- <https://ilmatieteenlaitos.fi/revontulet-ja-avaruussaa>
- http://aurorasnow.fmi.fi/public_service/

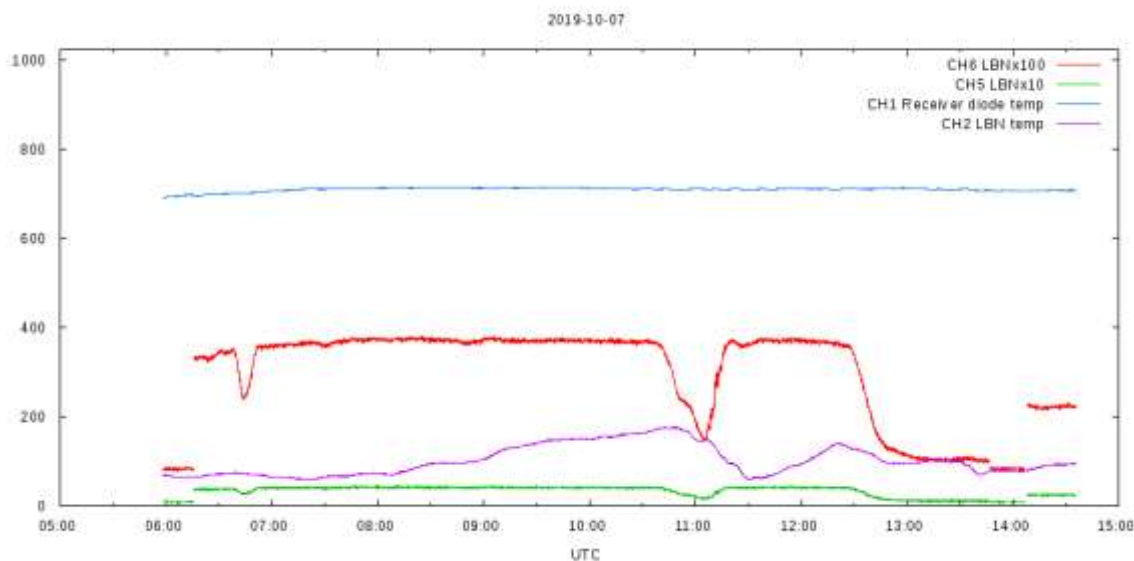


Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Radioteleskooppi

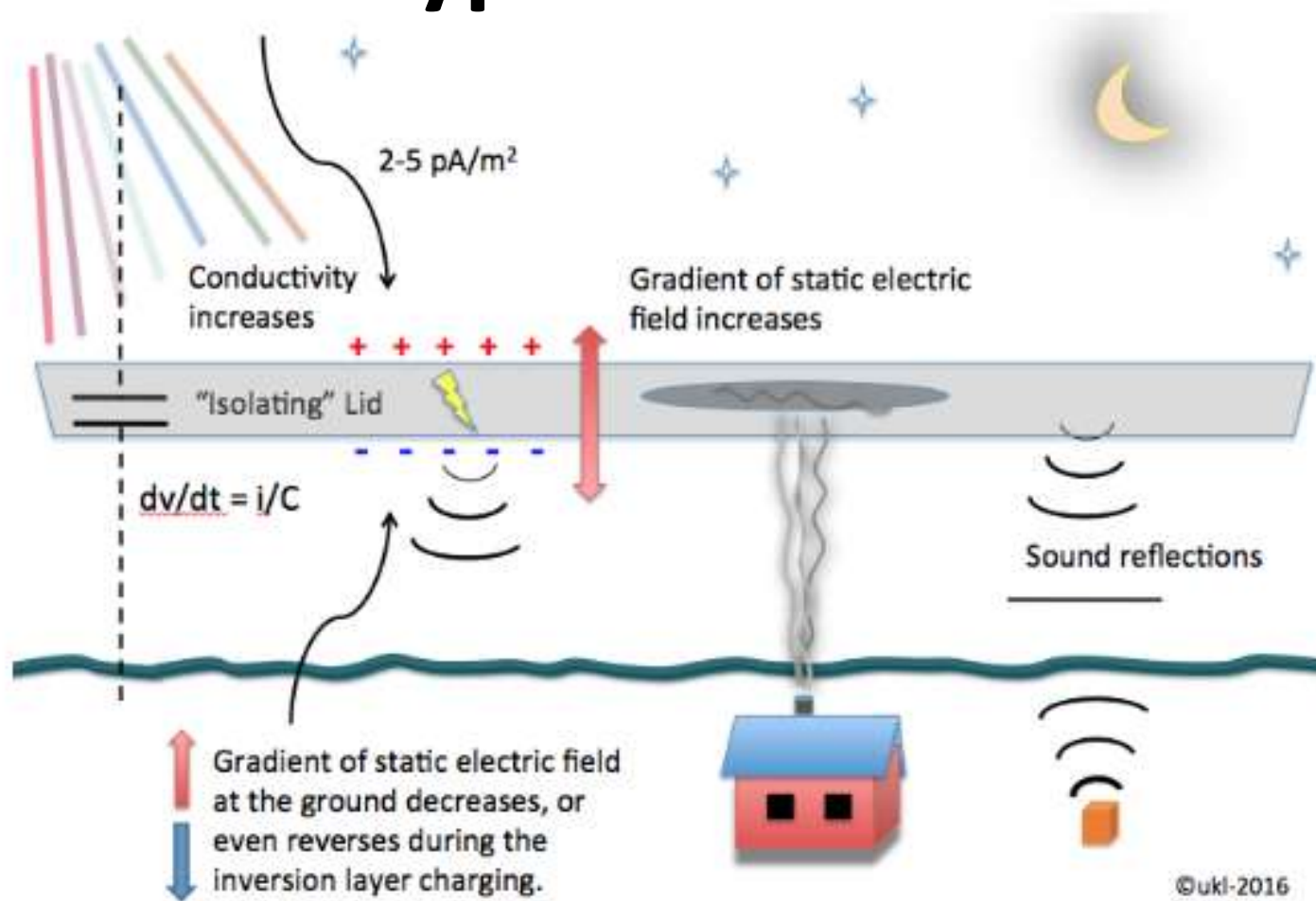
- 3m radioteleskooppi,
 - 10-11 GHz taajuus
 - diodivastaanotin
 - 100 Hz näytteenottotaajuus
- <http://murtoinen.jklsirius.fi:8888/jsDatePick/sun-plots.html>



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



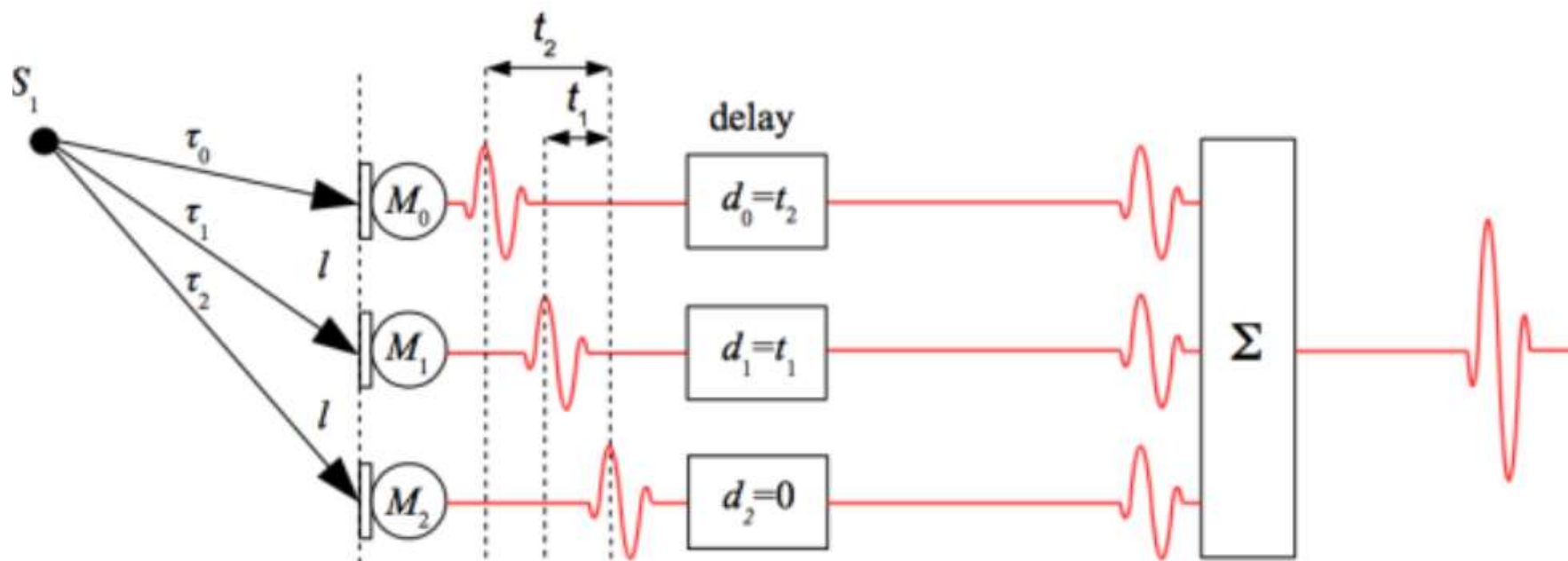
Inversiohypoteesi





Äänihavainto ja äänilähteen sijainnin määrittäminen

- Monimikrofonijärjestelmä – microphone array
- Äänen nopeus ilmassa 343 m/s
 - Mikrofonien väli 6 m $\Rightarrow$ 0.017 s



<http://yuandenghub.com/dsp-system/microphone-array-for-audio-signal-processing/>



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



VLF-antenni

- Inversiokerroksen purkauksesta aiheutuva sähkömagneettinen pulssi

Pertti Poutiainen 02.02.2020.

VLF kehäantenni.

Kehäantenninrunko on tehty 40x16mm muovisesta kaapelikourusta, joita on kaksi rinnakkain, leveys 80mm. Sivunpituus n. 1 metri.

Tukirunko on 45mm x25mm maalatusta rimasta tehty ristikko.

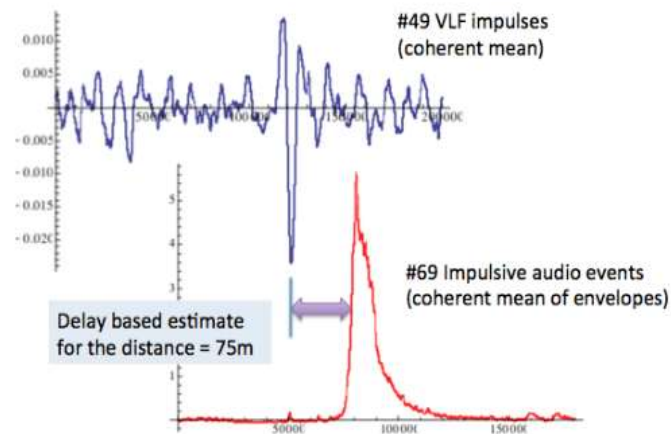
Kela on 2 x 34 kierrosta vieriviereen käämittyä 0,8mm emali/silkkieristettyä kuparilankaa, jota löytyi varastosta. Langan koko pituus on n.270 metriä. Kelassa on myös väliulosotto mahdollisia kokeiluja varten.

Laskennallinen induktanssi on n. 11 mH. Kelan rinnalla on 1 nF styroflex kondensaattori, jolloin resonanssi on n. 14kHz.

Ylijännitesuojana on 2 rinnakkain kytkettyä transienttidiodia ja vahvistimesta tulevan DC jännitteen katkaisemiseksi lähtöjohdossa 0,15 uF 250V polyesterikondensaattori.

Transienttidioodeja on käytetty suuremman hetkellisen tehonkeston vuoksi.

Diodit ja kondensaattorit ovat säänkestävässä IP55 muovikotelossa, josta signaalin lähtö on Amphenolin IP65 liittimellä. Diodien tehtävä on rajoittaa lähtöjännite n. 1,6 volttiin.



Laine, U.K. (2016) Auroral Acoustics project – a progress report with a new hypothesis.

https://www.researchgate.net/publication/304252270_Auroral_Acoustics_project_-_a_progress_report_with_a_new_hypothesis

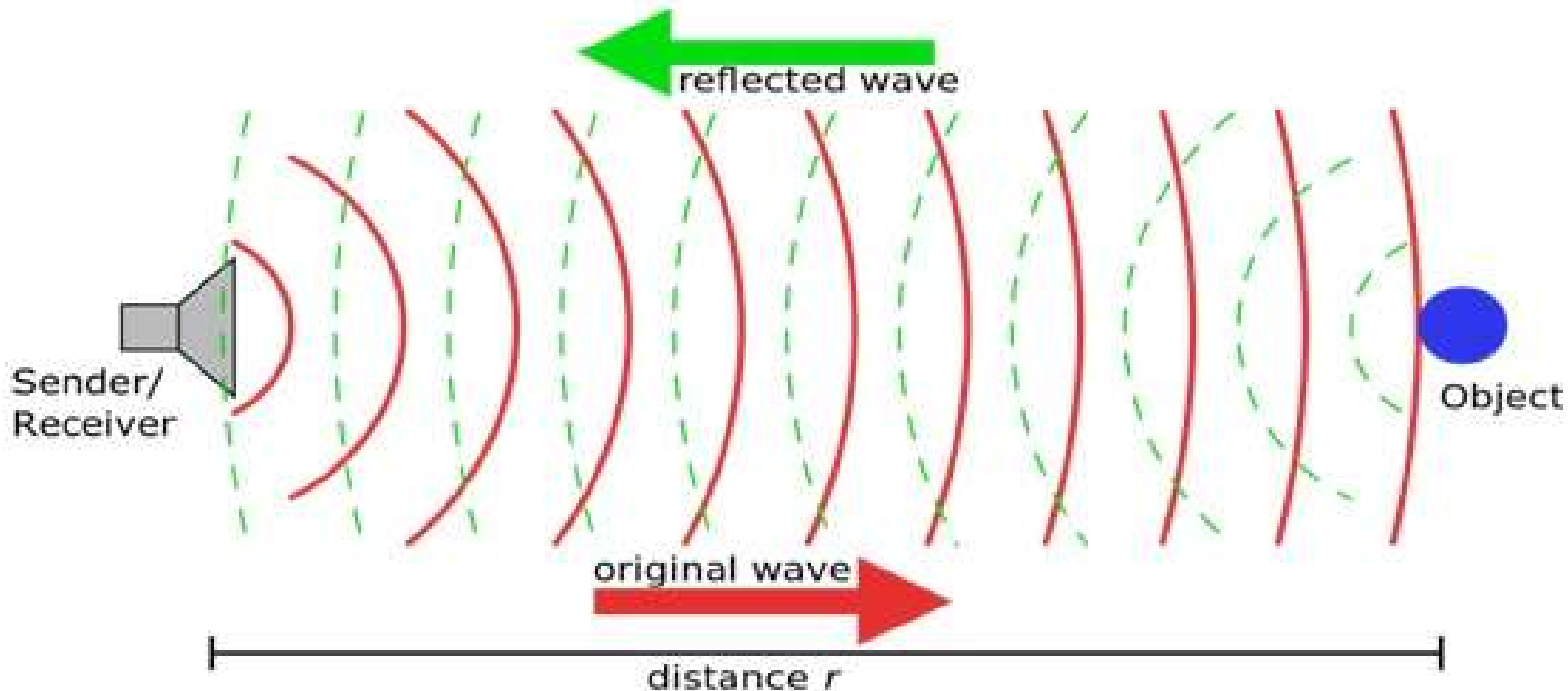


Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Inversiokerroksen paikka

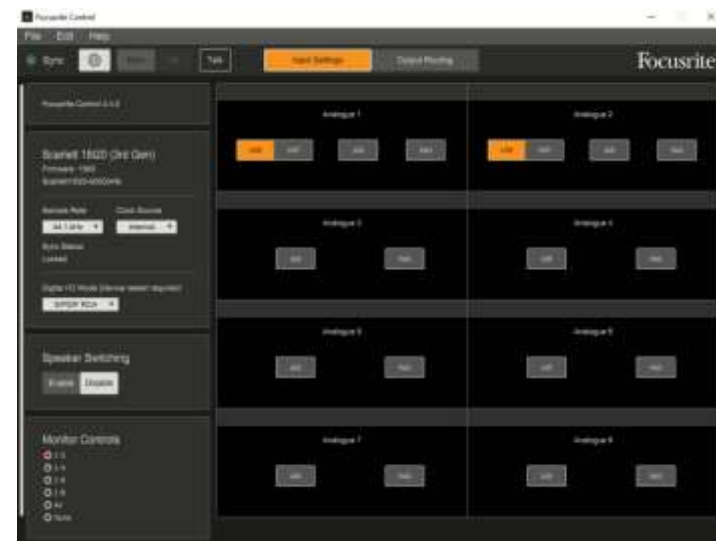
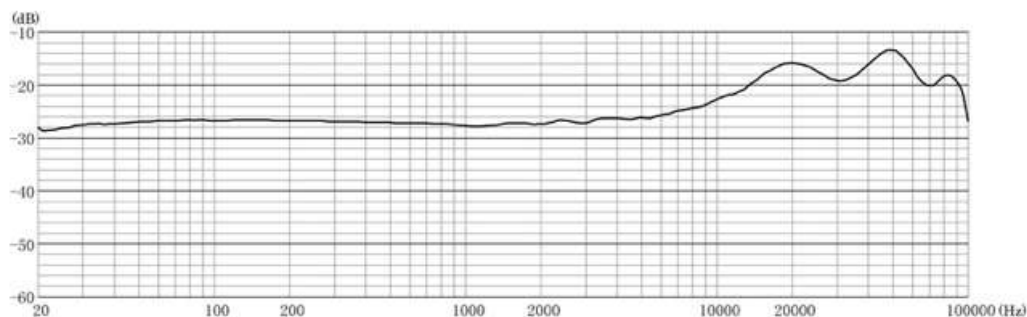
- Ääni heijastuu takaisin inversiokerroksesta





Äänten tallennus

- Sennheiser-mikrofonit 4 kpl
 - 10 – 60 kHz
 - MKH 8040
- Focusrite-äänikortti
 - Scarlett 18i20 3rd Gen
 - 24 Bit / 192 kHz
 - 8 Scarlett microphone preamps
 - Phantom power +48 V
- Tallennustaajuus valittavissa
 - Toistaiseksi 44.1 kHz





Mikrofonien sääsuojaus



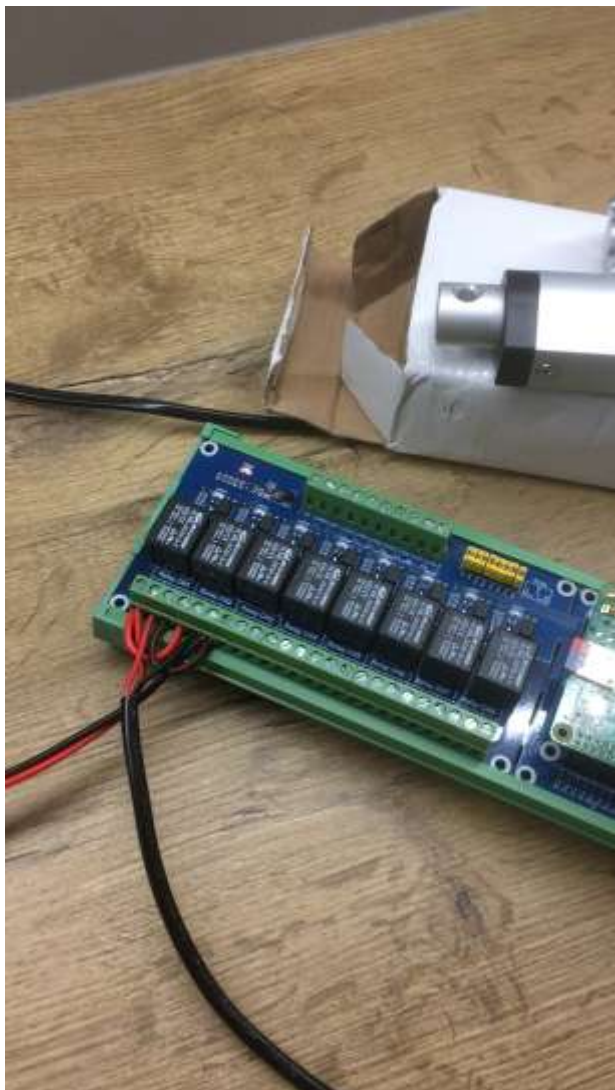
© Harri Kiiskinen



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



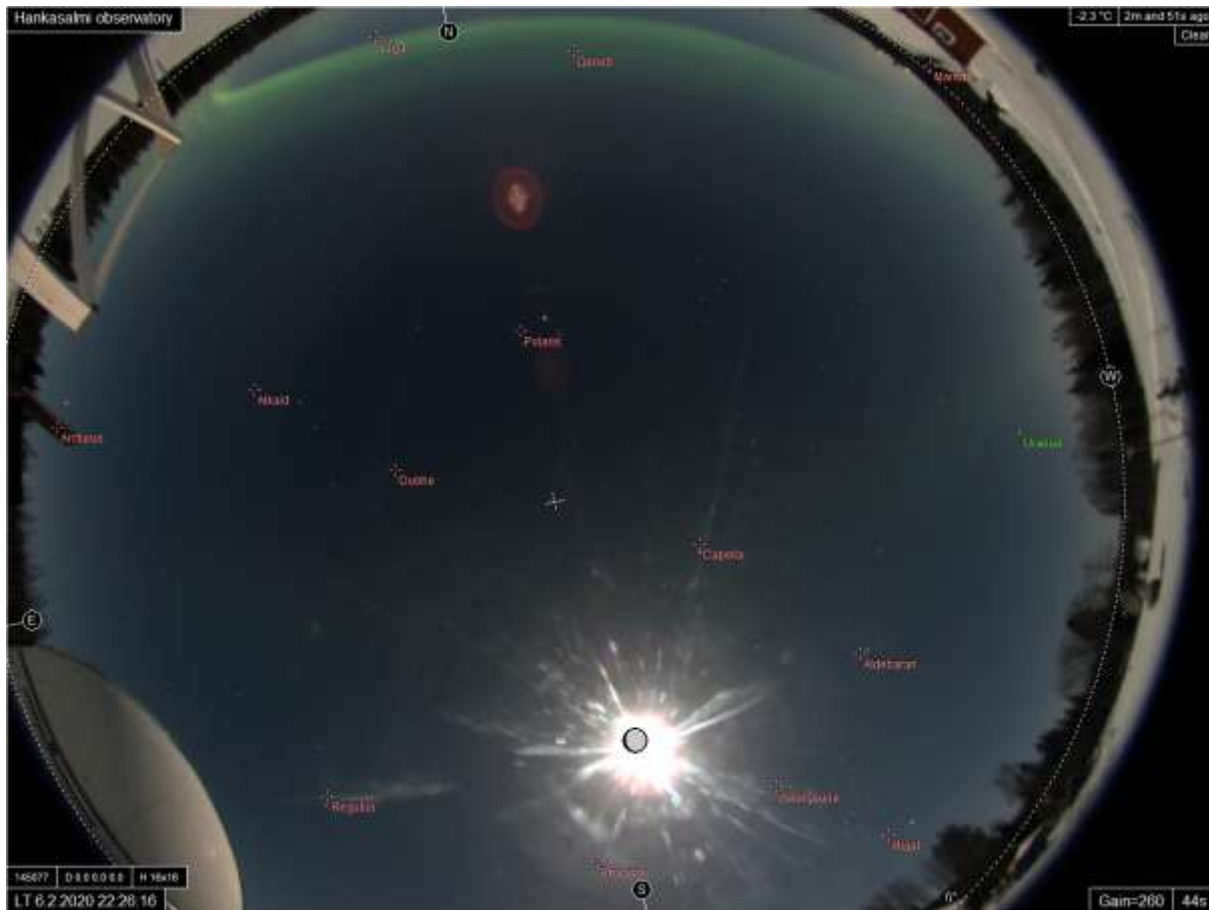
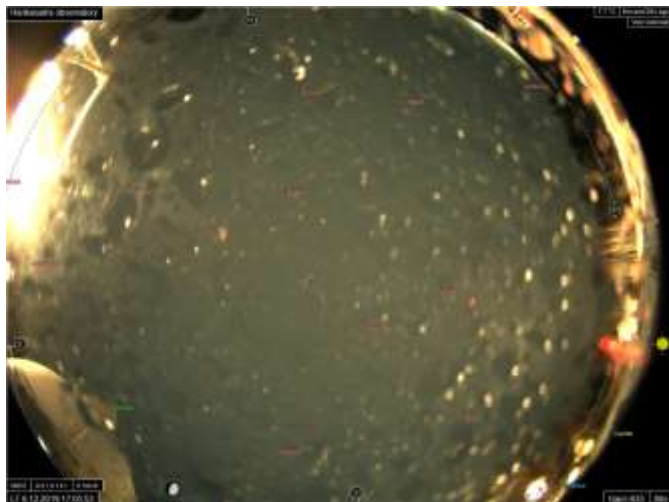
Mikrofonien sääsuojaus



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Onko näkynyt tai kuulunut revontulia?

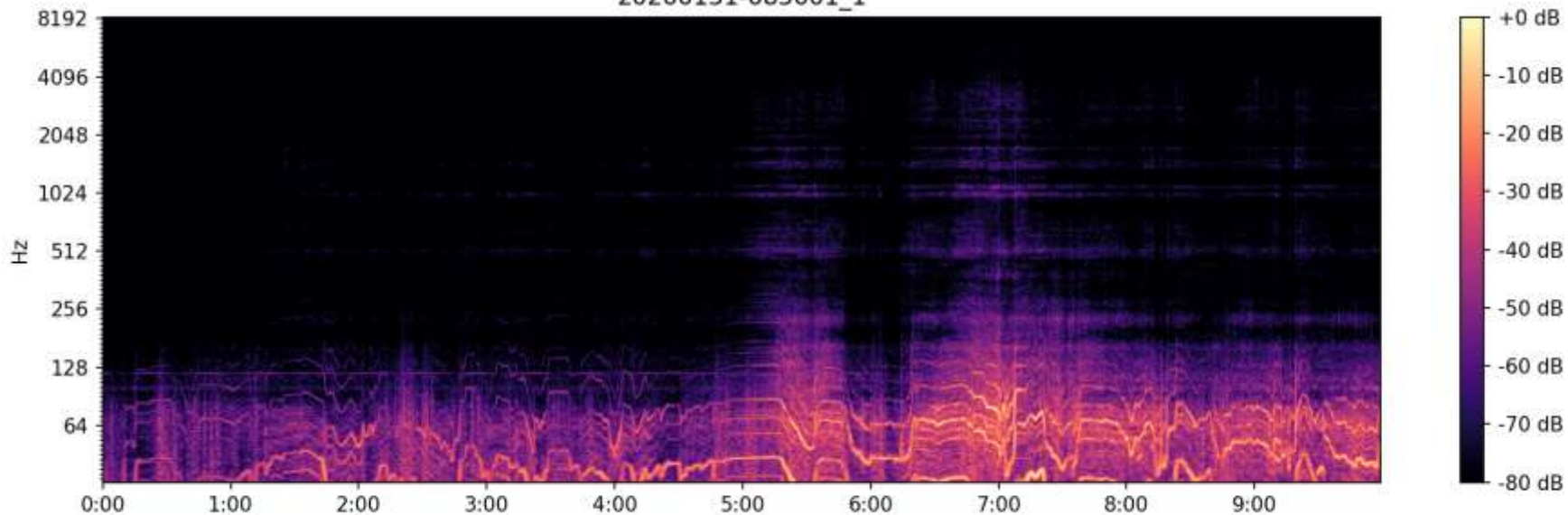


Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

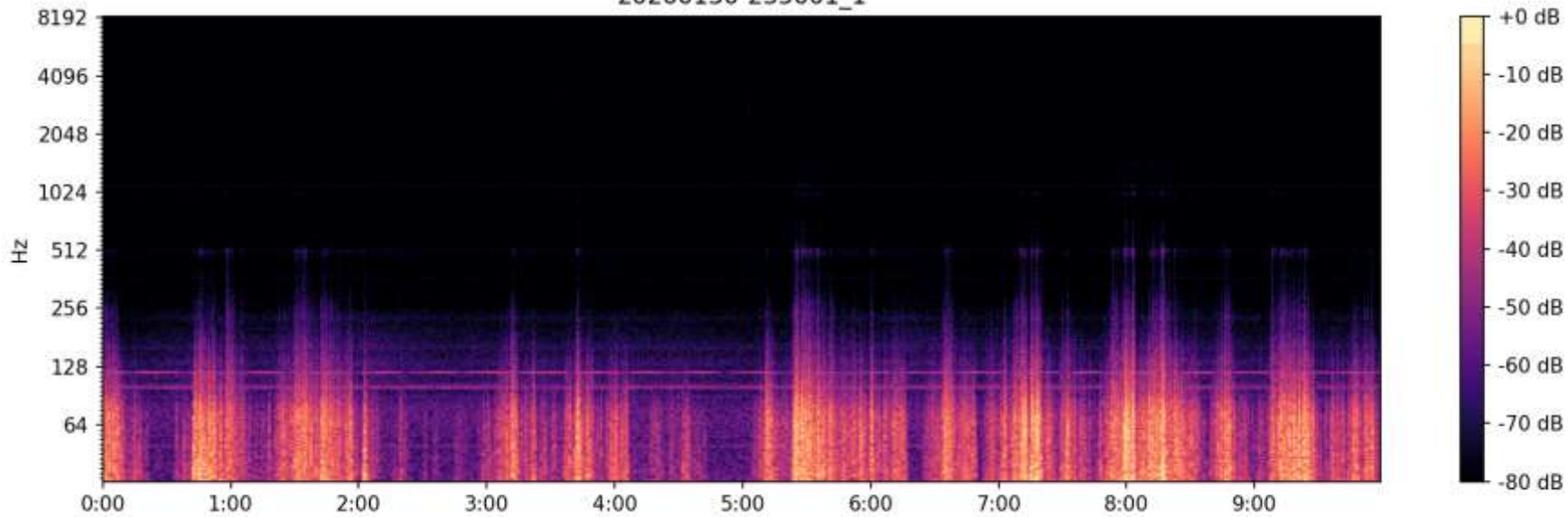


Murtoinen Soundscape 31.1.2020

20200131-085001_1



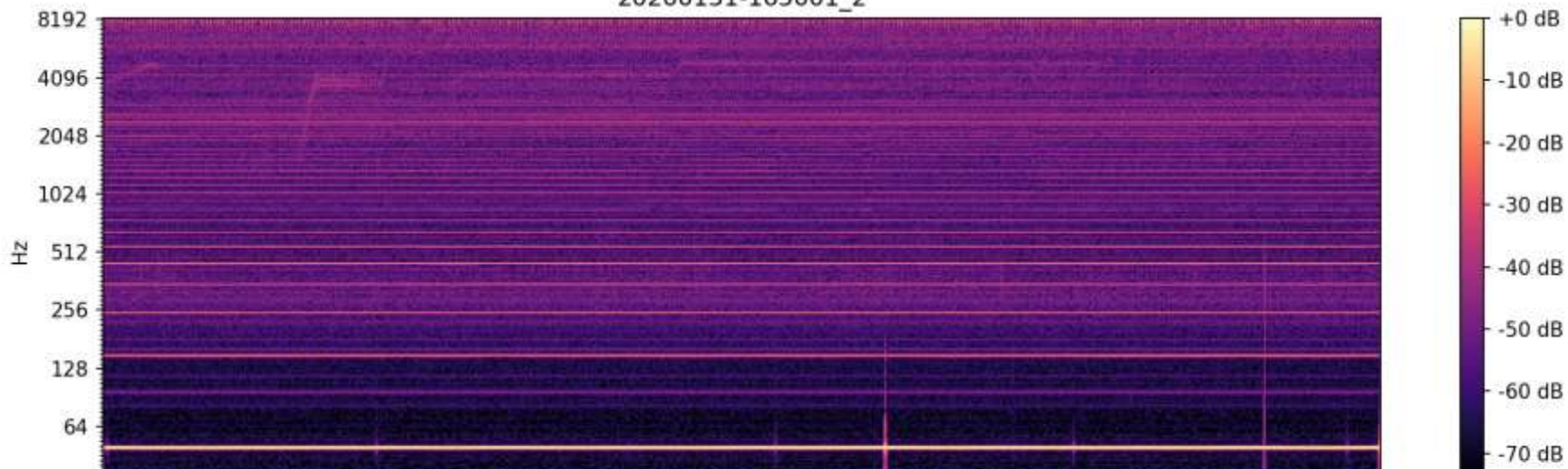
20200130-235001_1



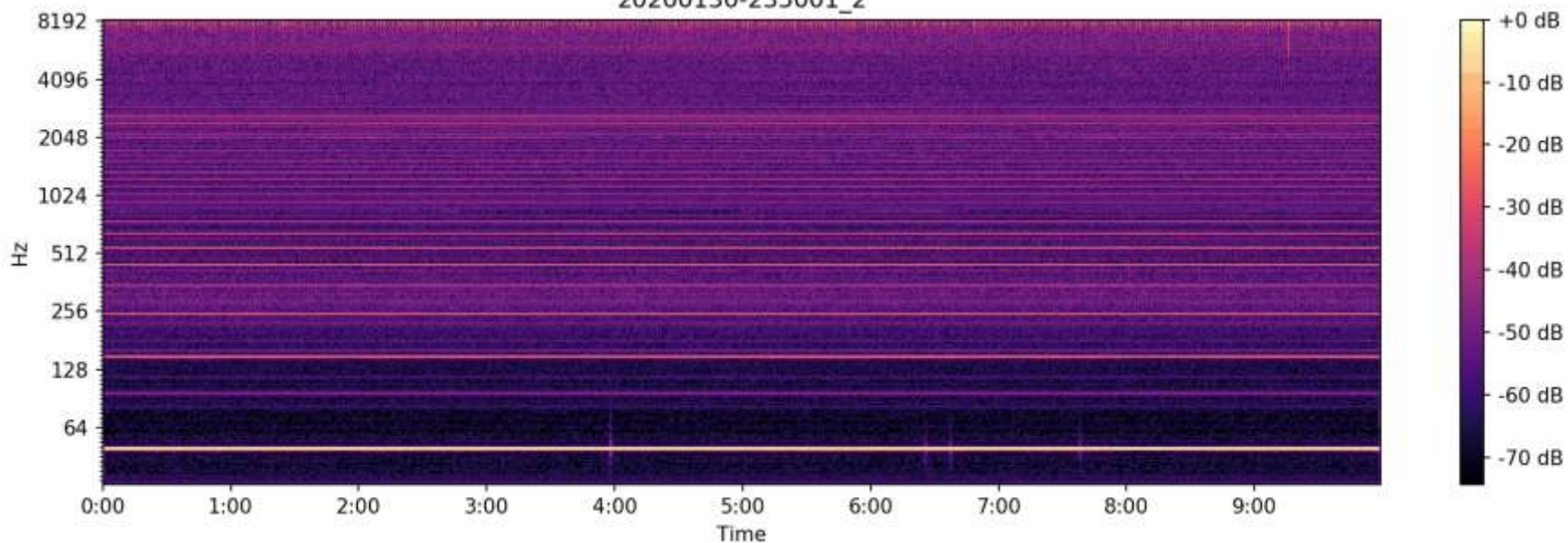


VLF-data 31.1.2020

20200131-165001_2



20200130-235001_2





Kiitokset talkooväelle!



- Ari Jäsberg
- Arto Oksanen
- Atte Oksanen
- Eerik Rutanen
- Harri Kiiskinen
- Irma Aroluoma
- Jorma Mustonen
- Pertti Kovala
- Pertti Poutiainen
- Petri Tikkanen
- Riku Pitkänen
- Sampsa Lahtinen
- NN, NN

- Talkootyötä tehty 31.12.2019 mennessä yli 700 h
- Yhdistykselle hankittu yli 6000€



SUURI KIITOS!

- Anja Kauppinen
- Leader maaseutukehitys
- Hankasalmen kunta
- Suurosen perhe



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



**Tätä kohdetta on tuettu
Manner-Suomen maaseudun
kehittämishjelmasta.**

**Jyväskylän Sirius ry
Revontulien kuuntelulaitteisto
Hankasalmen Observatorioon**

Rahoittaja: Leader Maaseutukehitys



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Ihmisten kokoisille ideoille!



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin