

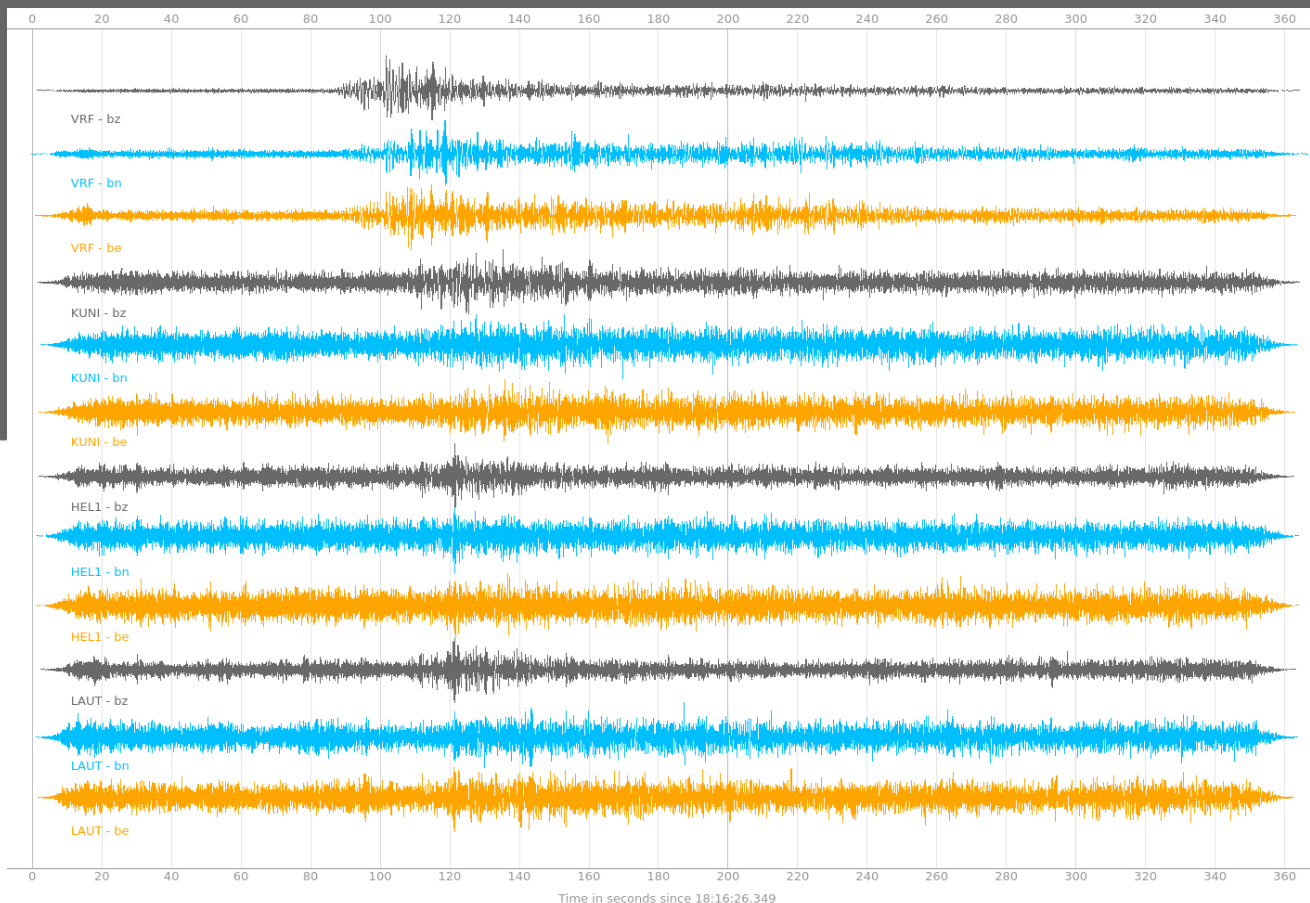
2023



HELSINGIN YLIOPISTO

Helsingin seisminen asemaverkko ja seismisyys 2022

Toni Veikkolainen, Kati Oinonen, Tommi Vuorinen, Jari Kortström, Päivi Mäntyniemi, Pasi Lindblom, Pirita Seipäjärvi, Jennifer Hällsten & Timo Tiira



T109

SEISMOLOGIAN INSTITUUTTI

Geotieteiden ja maantieteen osasto

Kansi: Meksikossa 19.9.2022 tapahtuneen maanjäristyksen aaltomuotoja seismisten asemien VRF, KUNI, HEL1 ja LAUT havaitsemina. Asemista VRF sijaitsee Lapin erämaassa, muut Helsingissä.

Cover: Waveforms of the Mexican earthquake of the 19th of September 2022, recorded by seismic stations VRF, KUNI, HEL1, and LAUT. Stations are in Helsinki, except for VRF located in the wilderness of Lapland.

Seismologian instituutin raportti T-109

Päätoimittaja Timo Tiira

Julkaisija Seismologian instituutti
PL 68 (Pietari Kalmin katu 5)
00014 Helsingin yliopisto

Puh. +358 2941 51600
S-posti seismo@helsinki.fi

www.seismo.helsinki.fi

ISSN 0781-9579

ISBN 978-952-10-9612-9

<https://hdl.handle.net/10138/355739>

Helsinki 2023

Seismologian instituutti
Helsingin yliopisto
Raportti T-109

HELSINGIN SEISMINEN ASEMAVERKKO JA SEISMISYYS 2022

TONI VEIKKOLAINEN, KATI OINONEN, TOMMI VUORINEN, JARI
KORTSTRÖM, PÄIVI MÄNTYNIEMI, PASI LINDBLOM, PIRITA
SEIPÄJÄRVI, JENNIFER HÄLLSTEN JA TIMO TIIRA

Seismologian instituutti
Geotieteiden ja maantieteen osasto
Helsingin yliopisto
Helsinki, Suomi

Esipuhe

Viime vuosien aikana on Helsingin kaupungin toimesta laadittu selvityksiä maalämmön hyödyntämisen edellytyksistä ja annettu ohjeistusta erityisesti tonttikohtaisten järjestelmien toteuttamisen ehdoista. Vuoden 2022 aikana on laadittu selvitys, jossa käsitellään maalämmön tuottamista liiketoimintana. Samalla on selvennyt aikaisempia käytäntöjä.

Vuonna 2022 kaivoja porattiin Helsingin alueella noin 380 kilometriä, mikä on noin neljänneksen enemmän kuin vuonna 2021. Hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen vuoteen 2030 mennessä edellyttää sitä, että kaivoja porattaisiin vuodesta 2022 alkaen joka vuosi 1 000 km.

Geoenergian avulla tavoitellaan 15 % osuutta lämmityksestä Helsingin kaupungin hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi vuoteen 2030 mennessä. On selvää, että pelkästään perinteisiä maalämpökaivoja tekemällä ei tulla tuota tavoitetta saavuttamaan. Todennäköisimpänä ratkaisuna tehostaa geoenergian käyttöä voidaan pitää keskisyvien geotermisten kaivojen yleistymistä. Keskisyvät kaivot ovat todennäköisesti pääosin avoimen kierron kaivoja, jolloin reiässä lämmönsiirtimenä virtaava vesi on ainakin osan matkalta kaivossa yhteydessä suoraan reiän kallioseinämaan ja kallioperän rakoihin. Toistaiseksi Suomessa keskisyvien kaivojen poraus on onnistunut vaihtelevasti, joskin aika monessa hankkeessa on reikien syvyys jäänyt alkuperäistä suunniteltua lyhyemmäksi.

Keskisyvien avoimien reikien seismistä riskiä lisäävää vaikutusta ei tunneta vielä kovin hyvin. Keskisyvän avoimen reiän vaikutuksesta voi kallioperän veden virtauksessa tapahtua muutoksia. Avoimesta reiästä voi päätyä vettä kallioperän rakoihin. Kallioperän jännitystilän, kallion rikkonaisuuden ja rakoilun sekä kallioperään päätyvän veden vaikutuksesta on mahdollista syntyä kalliolohkojen välistä liikettä, joka voi aiheuttaa siten indusoituja maanjäristyksiä.

Seismisten riskien valvontaa on tehostettu rakentamalla Helsingin kaupungin alueelle seisminen asemaverkko. Helsingin kaupungilla on nyt neljä seismistä havaintoasemaa, jotka muodostavat seismisen 'HelsinkiNet'-asemaverkon. Verkon asemat sijaitsevat Kuninkaantammessa, Lauttasaassa, Vuosaassa ja Ruskeasuolla.

Helsingissä helmikuussa 2023

Risto Niinimäki
Erityisasiantuntija
Maa- ja kallioperäyksikkö

Kaupunkiympäristö



Tiivistelmä

Vuosi 2022 oli Seismologian instituutin ja Helsingin kaupungin yhteistyönä perustetun seismologisen HelsinkiNet-havaintoverkon toinen täysi toimintavuosi. Verkkoon kuuluvat asemat KUNI, LAUT, RSUO ja VUOS jatkoivat valtakunnallisen havaintojärjestelmän yhteydessä. Lisäksi St1 Oy:n lämpövoimalahankkeen valvontaan perustetut asemat HEL1, HEL2 ja HEL5 olivat toiminnassa koko vuoden ja HEL3 kesäkuuhun saakka. Vuoden aikana 30 km:n säteellä Helsingin Rautatientorista tapahtuneita seismisiä tapauksia käsiteltiin instituutin päivittäisanalyysissä 440. Alueella havaittiin kolme luonnollista maanjäristystä, kaikki niistä Espoossa. Ensimmäinen tapahtui 25.7. saaristossa, toinen 23.9. ja kolmas 27.9. Sepänkylässä. Kaikki tapaukset olivat pieniä, voimakkuuksiltaan 0,2–0,3. Niitä ei kyetty yhdistämään kansalaishavaintoihin. Ihmistoiminnan aiheuttamia maanjäristyksiä ei havaittu.

Abstract

2022 was the second fully operational year of the HelsinkiNet, a collaborative seismological observation network of the Institute of Seismology and City of Helsinki. The stations KUNI, LAUT, RSUO, and VUOS continued in association with the national automatic detection system. In addition, stations HEL1, HEL2 and HEL5 that were established for monitoring the geothermal plant project of St1 Inc. were in operation for the entire year and HEL3 until June. A total of 440 seismic events within 30 km of the Central Railway Square of Helsinki were handled in the daily analysis of the institute. Three of them were natural earthquakes in Espoo. The first one occurred on the 25th of July in the archipelago, the second one on the 23rd of September and the third one on the 27th of September in Sepänkylä. All events were small with magnitude 0.2–0.3. No macroseismic reports could be assigned to them. No induced earthquakes occurred.

Sisältö

Esipuhe.....	4
Tiivistelmä	5
Abstract.....	5
Sisältö	6
1. Johdanto.....	7
2. Seismiset havaintoasemaverkot Helsingissä ja lähialueella	7
3. Havainnot maanjäristyksistä vuonna 2022.....	12
3.1. Instrumentaaliset havainnot.....	12
3.2. Makroseismiset havainnot	15
Lähdeluettelo	16
Liite 1. Vuoden 2022 seismisten tapausten analyysi	18
Liite 1.1. Luonnolliset ja indusoidut maanjäristykset Helsingissä ja lähialueella vuonna 2022.....	18
Liite 1.2. Maanjäristysten paikannustulokset Nordic-formaatissa	19

1. Johdanto

Helsingin yliopiston Seismologian instituutti on rakentanut Helsingin kaupungin toimeksiannosta kaupunkialueelle seismisistä havaintoasemista koostuvan HelsinkiNet-verkon (Luhta ym. 2020, Veikkolainen ym. 2021a, 2022). Vuonna 2022 verkko koostui aikaisempina vuosina perustetuista Lauttasaaren (LAUT), Kuninkaantammen (KUNI), Ruskeasun (RSUO) ja Vuosaaren (VUOS) asemista. Verkko kuuluu Suomen ja sen lähialueiden seismiseen valvontaan (Veikkolainen ym. 2021b).

Tämä raportti perustuu Helsingin kaupungin ja Seismologian instituutin väliseen elokuussa 2019 allekirjoitettuun sopimukseen HelsinkiNetin asennuksesta ja ylläpidosta. Sopimuksen mukaisesti Seismologian instituutti laatii vuosittain julkisen raportin verkon toiminnasta ja Helsingin alueen seismisistä havainnoista.

2. Seismiset havaintoasemaverkot Helsingissä ja lähialueella

Helsinki ja muu Suomi ovat ihanteellisia seismologiselle havaintotoiminnalle, koska vallitsevassa prekambriessa peruskalliossa seismiset aallot etenevät paljon paremmin kuin nuoremmassa sedimenttikerroksissa. Lisäksi havaintoasemat on usein helppo perustaa avokalliolle laitesuojaan, kuten kaikkien HelsinkiNet-asemien tapauksessa on tehty.

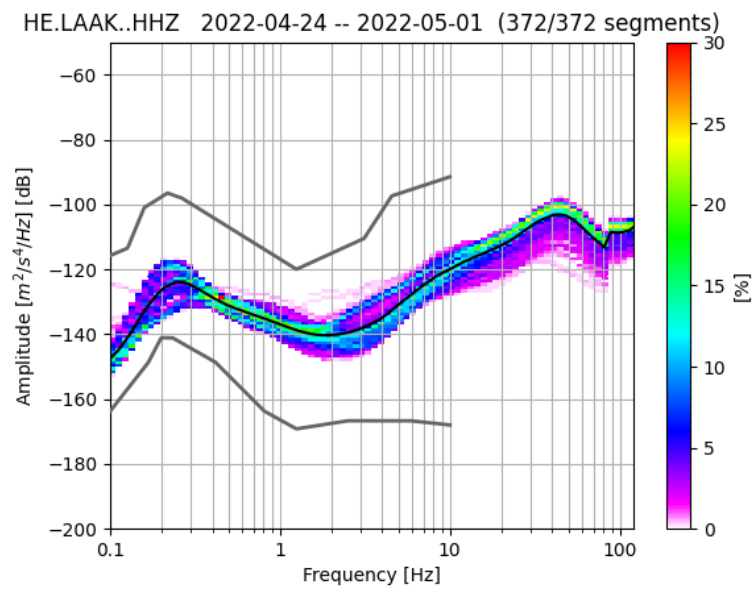
HelsinkiNet-havaintoasemaverkon lisäksi vuonna 2022 Länsi-Helsingissä ja Espoossa toimi edelleen Otaniemen syväreikähankkeen valvontaa varten rakennettu HEL-asemien verkko (Hillers ym. 2018, Rintamäki ym. 2021). Asemat HEL1, HEL2 ja HEL5 toimivat läpi vuoden ja HEL3 kesäkuuhun 2022. Asema HEL4 suljettiin huhtikuussa 2021. HEL-asemia ei ole perustettu erityisiin laitesuojiiin, koska ne on tarkoitettu väliaikaisiksi.

Helsingin kaupunki ja Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri (HUS) aloittivat Laakson sairaalan alueen uudistamisen vuonna 2022. Vuoteen 2030 asti ulottuvassa projektissa rakennetaan uusi Laakson yhteissairaala (<https://laaksonyhteissairaala.fi/>, viitattu 6.3.2023), jonka lämmitys toteutetaan keskisyvän lämpökaivokentän avulla. Kaivojen porauksen aikaista valvontaa varten Seismologian instituutti aloitti keväällä 2022 sopivien paikkojen selvittämisen, jotta seisminen havaintoasema voidaan perustaa lähelle työmaata, mutta ei kuitenkaan olemassa olevan aseman RSUO välittömään läheisyyteen. Suunnitellun aseman LAAK testimittaukset (Kuva 1) toteutettiin huhtikuun loppupuolelta vapunpäivään ulottuneella jaksolla Helsingin kaupungin Talvipuutarhan alueella noin 1 km kaakkoon työmaasta. Niiden perusteella paikka on aivan liian häiriöinen erityisesti korkeilla taajuuksilla (Kuva 2). Etenkin junaliikenne häiritsee merkittävästi. Siksi testimittauspaikka ei jäänyt lopulliseksi paikaksi, vaan instituutti keräsi laitteiston pois.

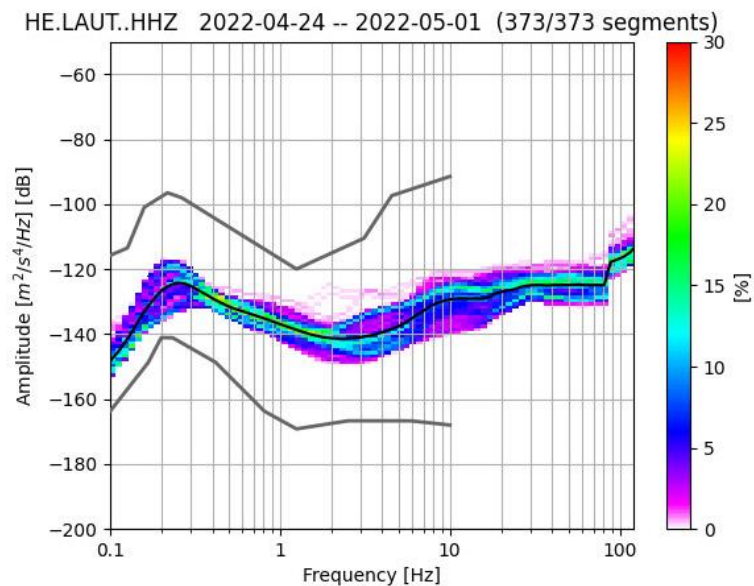


Kuva 1. Testimittauksia kaupungin Talvipuutarhan alueella.

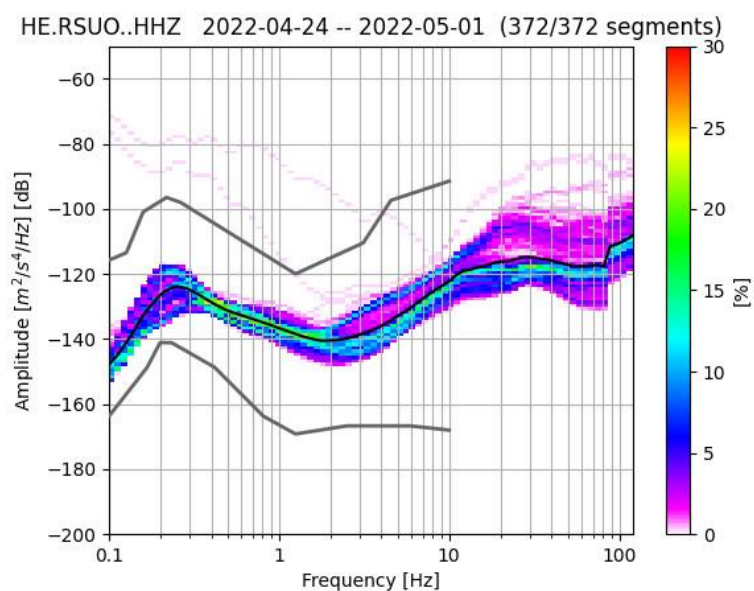
Figure 1. Test measurements on the premises of the Winter Garden of the city.



a)



b)



c)

Kuva 2. Laakson testiaseman LAAK kohinataso viikon pituisella testijaksolla (a) verrattuna asemien LAUT (b) ja RSUO (c) kohinatasoon samana aikana. Vaaka-akselilla on rekisteröintidatan taajuus (Hz), pystyakselilla amplitudi. Prosentit ilmaisevat, kuinka suuri osa kohinasta tietyllä taajuusvälillä sijaitsee tietyllä amplitudivälillä. Kuvaajassa keskimäärin ylempänä sijaitseva havaintojoukko viittaa kohinaisempaan dataan.

Figure 2. Noise level of the test station LAAK during a one-week test period (a) compared to the noise level of stations RSUO (b) and LAUT (c) during the same time interval. The horizontal axis indicates the frequency of the measurement data (Hz), and the vertical axis shows the amplitude. Percentages denote how large a part of noise at certain frequency band falls into certain amplitude band. In general, an observation group located higher in the plot refers to noisier data.

Loppuvuonna 2022 Seismologian instituutti alkoi suunnitella kaupungin kanssa seismisen aseman perustamista Seurasaareen Laakson yhteissairaalan lämpökaivokentän porauksen valvontaa varten. Nykyisin saarella sijaitsee St1-valvonta-asema HEL1 Seurasaarisäätiön omistaman huvilan kellarissa, ja paikka on osoittautunut havaintoaineiston laadun osalta kelpolliseksi. Tarkoituksena on lähitulevaisuudessa purkaa Seismologian instituutin omistama HEL1-laitteisto ja asentaa HelsinkiNet-verkon laitteisto sen tilalle.

Uusi HelsinkiNet-verkon laitteisto testattiin loppusyksystä, ja se on nyt varastoituna Seismologian instituutin tiloihin. Se asennetaan Seurasaareen, kun aseman tarkka sijainti on päätetty. Aseman paikkavaihtoehdoista toinen sijaitsee kalliopaljastumalla kulkureitin tuntumassa ja vaatisi mahdollisen maisemoinnin asemarakennukseen, ja toinen on hieman syrjemässä, mutta vaatisi irtomaapeitteen poistoa. Tällä hetkellä kallioperän laatu ei ole tiedossa.

Taulukkoon 1 on listattu Seismologian instituutin ylläpitämien Helsingin ja Espoon alueen seismisten asemien sijainnit. Mukana ei ole St1 Oy:n ylläpitämiä asemia, joita on Seismologian instituutin ja St1 Oy:n välisen sopimuksen nojalla myös käytetty seismisen datan päivittäisanalyyysiin.

Taulukko 1. Helsingin seudun väliaikaisen tutkimusverkon asemien (HEL1-HEL5) ja pysyvien HelsinkiNet-asemien (KUNI, LAUT, RSUO, VUOS) sijainti (WGS84).

Table 1. Locations (WGS84) of seismic stations belonging to the temporary research network (HEL1-HEL5) and permanent HelsinkiNet network (KUNI, LAUT, RSUO, VUOS).

Asema	Leveysaste (°N)	Pituusaste (°E)
HEL1	60,18	24,88
HEL2	60,19	24,83
HEL3	60,17	24,82
HEL5	60,12	24,74
KUNI	60,27	24,91
LAUT	60,15	24,86
RSUO	60,21	24,90
VUOS	60,19	25,15

Seismologian instituutilla on käytössä automaattinen järjestelmä seismisten tapausten havainnointiin, tunnistamiseen ja luokitteluun (Kortström ym. 2016). Suurin osa järjestelmän havaitsemista Helsingin seudun tapauksista on todennäköisiä räjäytyksiä kaivoksilta, louhoksilta ja rakennustyömailta.

Räjätysten osalta yleensä vain luokittelu tarkastetaan päivittäisanalyysissä ja automaattinen paikannus jää lopulliseksi. Paikannus tehdään käsin, jos räjäytys on herättänyt laajaa (media)huomiota, vaikuttaa muuten poikkeukselliselta tai sillä on merkitystä tutkimukselle.

Alla on lyhyt yhteenveto HelsinkiNetin asemille kertomusvuonna suoritetuista toimenpiteistä:

VUOS

Asema toimi luotettavasti, kunnes sen sähkönsyöttö katkesi ilkeivallan vuoksi elokuussa. Asema oli jälleen toiminnassa marraskuussa, eikä merkittäviä käyttökatkoja enää ilmennyt.

Ongelmia, joista seurannut datakatkoksia: Asemasta katkesivat sähköt loppukesällä ja asema toimi varavirran avulla 21.8. aamuun saakka. Sähköliittymän korjauksen jälkeen asema palautui toimintaan 8.11. illalla, joskin yli puolen tunnin pituinen datakatko esiintyi vielä seuraavana yönä.

Muita ongelmia: Ei.

LAUT

Asema toimi luotettavasti koko vuoden.

Ongelmia, joista seurannut datakatkoksia: Ei

Muita ongelmia: Ei

KUNI

Asema toimi luotettavasti koko vuoden.

Ongelmia, joista seurasi datakatkoksia: Ei

Muita ongelmia: Ei

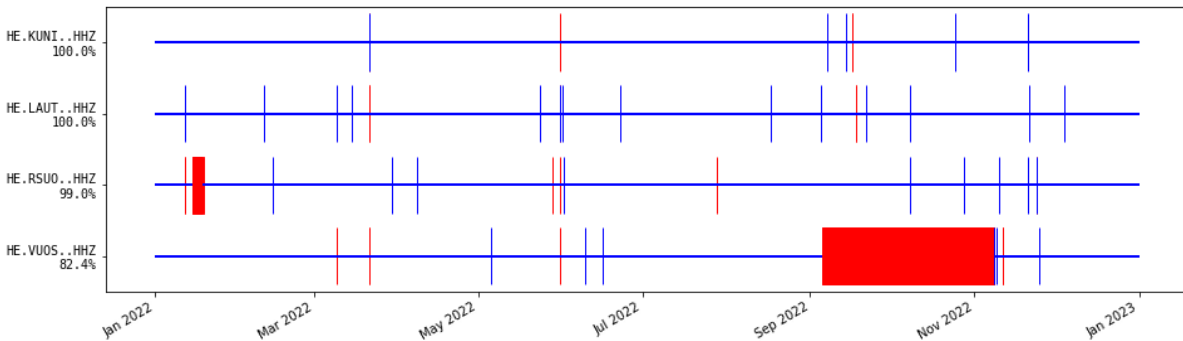
RSUO

Aseman laitesuojan sähköistys valmistui tammikuussa 2022, ja asema siirrettiin väliaikaiselta mittauspaikealta pysyvään betonirenkaista rakennettuun laitesuojaan.

Ongelmia, joista seurasi datakatkoksia: Laitteiston siirto aiheutti datakatkon, joka alkoi 12.1. aamupäivällä ja päättyi 18.1. illalla.

Muita ongelmia: Ei

Kuva 4 esittää HelsinkiNet-asemien datan saatavuuden vuonna 2022. Pääosa datakatkoista aiheutui tietoliikenteen ongelmista. Tupladatan rekisteröintiin syynä on ollut useimmiten se, että seismometri on toiminut moitteettomasti, mutta datansaanti on keskeytynyt hetkellisesti. Käytössä oleva ohjelmisto lähtee näissä tapauksissa hakemaan dataa hiukan kauempaa menneisyydestä kuin katkon alusta.



Kuva 4. Datan saatavuus seismisillä asemilla KUNI, LAUT, RSUO ja VUOS vuonna 2022. Punaiset pystyviivat osoittavat datakatkoja ja siniset pystyviivat ajanjaksoja, joilta dataa on kertynyt kahteen kertaan.

Figure 4. Data availability at the seismic stations KUNI, LAUT, RSUO and VUOS in 2022. Vertical red lines show data gaps, and vertical blue lines show periods with duplicate data.

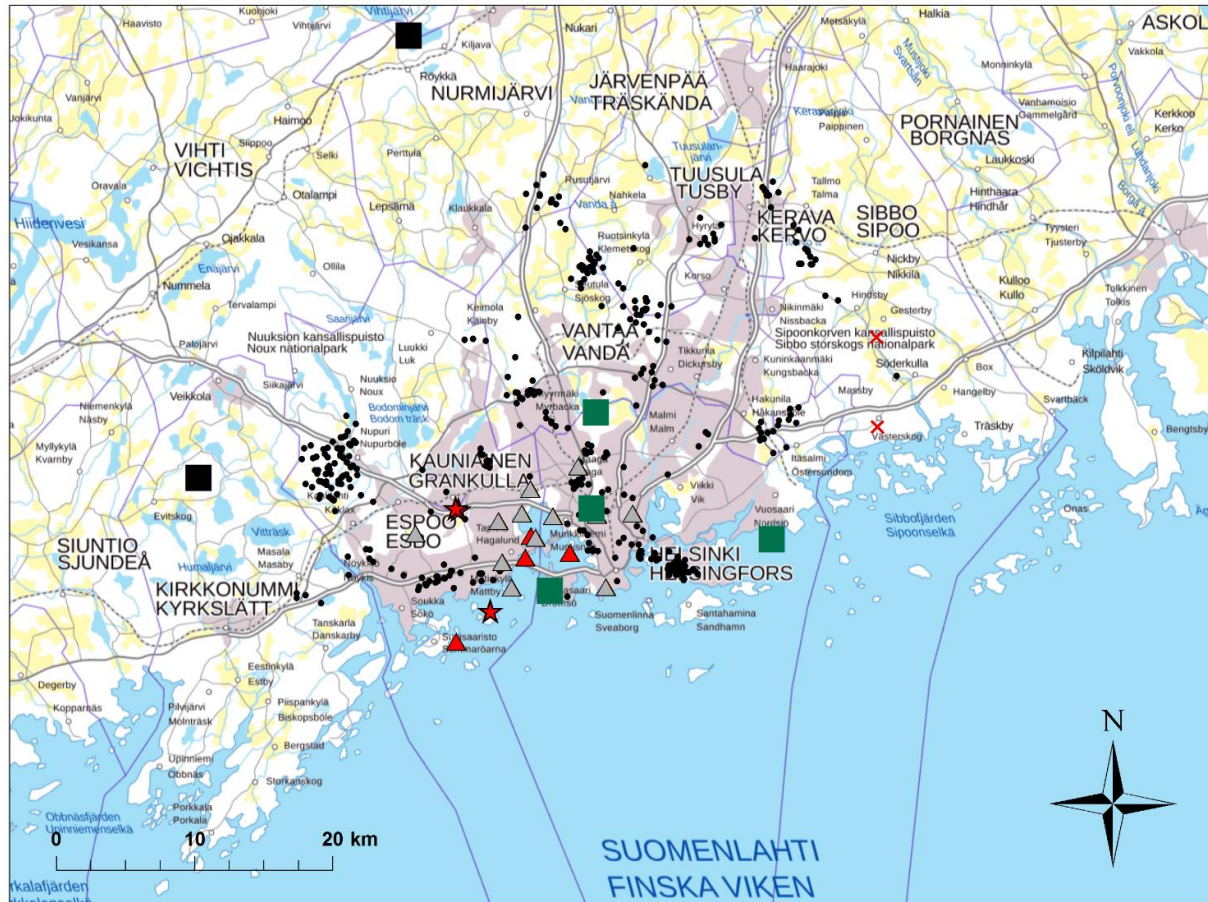
3. Havainnot maanjäristyksistä vuonna 2022

3.1. Instrumentaaliset havainnot

Seismologian instituutilla on ollut valtakunnallisen havaintojärjestelmän lisäksi erillinen automaattinen havaintojärjestelmä pääkaupunkiseudulla Otaniemen alueen valvontaan. Siihen ovat kuuluneet HelsinkiNet-asetat, HEL-asetat ja ST1-satelliittiasemat. Vuonna 2022 ST1:n kanssa ei ollut valvontasopimusta, koska Otaniemen alueen erillinen valvontatarve poistui. ST1-asemien data on kuitenkin ollut edelleen käytössä, ja sitä on tarvittaessa hyödynnetty pääkaupunkiseudun tapausten analyysiin. Rinnakkainen detektori havaitsi vuoden 2022 aikana suuren määrän mahdollisia pieniä seismisiä tapauksia Espoon puolelta, etenkin Pohjois-Espoosta, mutta niitä ei ole enää tarkistettu. Aikaisempien vuosien kokemusten perusteella merkittävä osa näistä pienistä havainnoista on virhedetektioita.

Pääkaupunkiseudun asemat jatkoivat normaalisti osana valtakunnallista havaintojärjestelmää. Ne havaitsivat HelsinkiNetin havaintoalueella 30 km:n säteellä Rautatientorista 440 seismistä tapausta (Kuva 5). Aseman VUOS yli 2,5 kuukautta kestänyt datakatko todennäköisesti heikensi havaittujen tapausten määrää pääkaupunkiseudun itäosissa. Tunnetuilla louhoksilla tehtyjen räjäytysten lisäksi Kruunuvuorenrannan rakennustöihin liittyviä tapauksia havaittiin erityisen paljon.

Vuonna 2022 havaituista seismisistä tapauksista kolme oli maanjäristyksiä. Järistyksistä ensimmäinen magnitudin 0,3 tapaus havaittiin Espoon saaristossa lähellä Miessaaren pohjoisrantaan 25.7. myöhäisillalla. Järistyksen syvyys oli vain noin 2 km, eli kyseessä on hyvin matalalla tapahtunut järistys. Maanjäristyksen keskus osuu hyvin lähelle koillis-lounaissauntaista siirroslinjaa.



Tapaukset / Events

- Räjätys / Explosion
- ✗ Todennäköinen räjäytys / Probable explosion

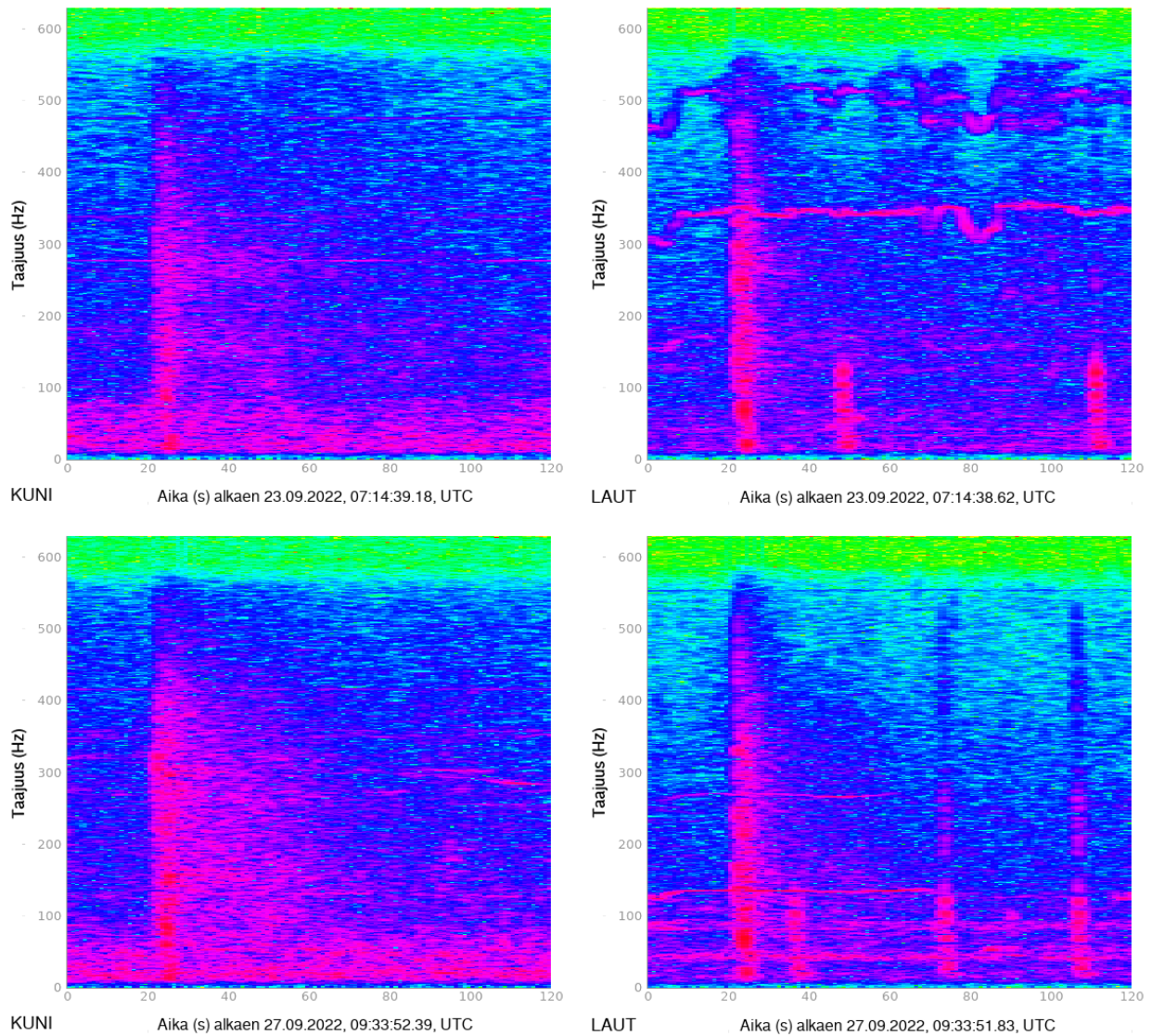
- ★ Maanjäristys / Earthquake

Asemat / Stations

- Kansallisen verkon asema / National network station
- HelsinkiNet asema / HelsinkiNet station
- ▲ Tilapäinen HEL-verkko / Temporary HEL network
- ▲ St1-satelliittiasema / St1 satellite station

Kuva 5. Seismiset tapaukset Helsingissä ja lähialueilla vuonna 2022 Seismologian instituutin käyttämän luokittelun mukaan. Havaintoasemien sijainnit ovat myös näkyvillä.

Figure 5. Seismic events in Helsinki and adjacent areas in 2022 according to the classification used by the Institute of Seismology. The locations of observation stations are shown as well.



Kuva 6. Espoon Sepänkylän maanjäristysten spektrit asemilla KUNI ja LAUT. Kuvaajissa ensimmäisenä näkyvä pystysuora signaali on maanjäristyksen aiheuttama. Automaattisen järjestelmän rekisteröimän P-aallon ajankohta on 20 s myöhemmin kuin asemakohtaisesti kuvan alaosassa ilmoitettu aikaleima.

Figure 6. Spectra of the earthquakes in Sepänkylä, Espoo, at the stations KUNI and LAUT. The first vertical signal visible in the plots is a result of the earthquake. The vertical axis shows frequency (Hz), and the horizontal axis shows time (s) beginning from the timestamp that is 20 s before the automatically detected P wave pick for stations.

Toinen järistys tapahtui 23.9. aamupäivällä Espoon Sepänkylässä ja kolmas samalla alueella 27.9. hieman iltapäivän puolella. Sepänkylän järistykset olivat kumpikin voimakkuudeltaan 0,2 ja tapahtuivat 1–2 kilometrin syvyydessä. Ne olivat myös spektreiltään hyvin samanlaisia (Kuva 6). Lauttasaaren aseman rekisteröinneissä näkyy kummallakin kerralla samassa aikaikkunassa myös jälkiä

lähialueen räjäytyksistä, joiden spektrit ovat selvästi hajanaisempia eivätkä ulotu yli 300 hertsin taajuusalueelle. Kuninkaantammen aseman rekisteröinneistä näitä räjäytyksiä ei voi erottaa. Järistysten lähdealueella esiintyy itä-länsisuuntaisia siirroksia (Pajunen ym. 2002). Maanjäristysten numeeriset perustiedot on lueteltu Liitteessä 1.1. ja yksityiskohtaiset paikannustulokset Liitteessä 1.2.

Helsinkiä seuraavaksi lähin maanjäristys tapahtui noin 41 km:n päässä Kirkkonummella Porkkalanniemen edustalla 12.5. hieman aamuyön puolella. Tapaus oli noin 1 kilometrin syvyydellä ja voimakkuudeltaan 1,0. Samalla seudulla noin 5 km eteläkaakkoon maa järisi myös 30.12.2021 voimakkuudella 0,6 (Veikkolainen ym. 2022).

Edellisvuosien tapaan HelsinkiNet-asetat havaitsivat myös kaukojäristyksiä. Raportin kansikuva esittää niistä yhtä selkeimmistä. Kyseessä oli Meksikossa 19.9.2022 klo 13:05:06 paikallista aikaa (klo 23:05:06 Suomen aikaa) tapahtunut voimakkuuden 7,5 maanjäristys. Etäisyys järistyskeskuksesta Helsinkiin on noin 10100 km (<https://www.helsinki.fi/fi/seismologian-instituutti/ajankohtaista/meksikossa-jarisi-voimakkaasti>, viitattu 29.12.2022).

3.2. Makroseismiset havainnot

Seismologian instituutti vastaanottaa makroseismisiä havaintoja sen verkkosivustolta löytyvän kyselylomakkeen (<https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/89816/lomake.html>) kautta. Lomake on saatavilla myös ruotsiksi ja englanniksi. Havaintoilmoituksia käytetään vain tutkimustarkoituksiin.

Helsingin seismisen asemaverkon toiminta-alueelta saapui vuoden aikana Seismologian instituuttiin 62 makroseismistä havaintoilmoitusta. Yksikään niistä ei liittynyt luonnolliseen tai indusoituun maanjäristykseen. Yksi ilmoituksista kyettiin liittämään Länsi-Vantaalla 13.10. tapahtuneeseen voimakkuuden 1,4 louhosräjäytykseen. Useimmiten havainnon syy jäi epäselväksi.

Lähdeluettelo

Hillers, G., T.A.T. Vuorinen, M.R. Uski, J.T. Kortström, P.B. Mäntyniemi, T. Tiira, P.E. Malin ja T. Saarno, 2018. The 2018 Geothermal Reservoir Stimulation in Espoo/Helsinki, Southern Finland: Seismic Network Anatomy and Data Features. *Seismological Research Letters* 91: 770–786. <https://doi.org/10.1785/0220190253>

Kortström, J., M. Uski ja T. Tiira, 2016. Automatic classification of seismic events within a regional seismograph network. *Computers & Geosciences* 87: 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.11.006>

Luhta, T., P. Mäntyniemi, T. Vuorinen, P. Lindblom, P. Seipäjärvi, K. Oinonen, J. Kortström ja T. Tiira, 2020. Helsingin seisminen asemaverkko ja seismisyys 2019. Helsingin yliopisto, Seismologian instituutti, raportti T-101, 21 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/313157>

Pajunen M., M.-L. Airo, T. Elminen, R. Niemelä, J. Salmelainen, M. Vaarma, P. Wasenius ja M. Wennerström, 2002. Raportti II. Kallioperän rakennettavuuskartta 1 : 50 000 – Espoo, Helsinki, Vantaa. Rakennettavuuskartan selitys. “kallioperän rakennettavuusmalli taajamiin” -projekti. Geologian tutkimuskeskus. Raportti K.21.42/2002/6. 42 s.

Rintamäki, A.E., G. Hillers, T.A.T. Vuorinen, T. Luhta, J.M. Pownall, C. Tsarsitalidou, K. Galvin, J. Keskinen, J.T. Kortström, T.-Z. Lin, P.B. Mäntyniemi, K.J. Oinonen, T.J. Oksanen, P.J. Seipäjärvi, G. Taylor, M.R. Uski, A.I. Voutilainen ja D.M. Whipp, 2021. A Seismic Network to Monitor the 2020 EGS Stimulation in the Espoo/Helsinki Area, Southern Finland. *Seismological Research Letters* 93: 1046–1062. <https://doi.org/10.1785/0220210195>

Veikkolainen, T., K. Oinonen, T. Vuorinen, J. Kortström, P. Mäntyniemi, P. Lindblom, M. Uski ja T. Tiira, 2021a. Helsingin seisminen asemaverkko ja seismisyys 2020. Helsingin yliopisto, Seismologian instituutti, raportti T-103, 29 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/326738>

Veikkolainen, T., J. Kortström, T. Vuorinen, I. Salmenperä, T. Luhta, P. Mäntyniemi, G. Hillers ja T. Tiira, 2021b. The Finnish National Seismic Network: Toward Fully Automated Analysis of Low-Magnitude Seismic Events. *Seismological Research Letters* 92: 1581–1591. <https://doi.org/10.1785/0220200352>

Veikkolainen, T., K. Oinonen, T. Vuorinen, J. Kortström, P. Mäntyniemi, P. Lindblom, T. Luhta, J. Hällsten ja T. Tiira, 2022. Helsingin seisminen asemaverkko ja seismisyys 2021. Helsingin yliopisto, Seismologian instituutti, raportti T-106, 35 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/341390>

Liite 1. Vuoden 2022 seismisten tapausten analyysi

Liite 1.1. Luonnolliset ja indusoidut maanjäristykset Helsingissä ja lähialueella vuonna 2022

Tyyppien selitys: LI = indusoitu maanjäristys, LQ = luonnollinen maanjäristys.

Tapausten etäisyys Helsingin Rautatientorista on enintään 30 km.

Tapaukseen liittyvien havaintolomakkeiden lukumäärä voi poiketa varsinaisten havaintojen lukumäärästä esimerkiksi silloin, jos samalla lomakkeella on ilmoitettu useasta eri havainnosta.

Tapahtuma-aika (UTC)	Tapahtuma-aika (Suomen aikaa)	Leveysaste (°N)	Pituusaste (°E)	Magnitudi (LHEL)	Havaintolomakkeiden lukumäärä	Tyyppi
25.07.2022 20:36:08.0	25.07.2022 23:36:08.0	60.139	24.782	0.3	0	LQ
23.09.2022 07:14:57.2	23.09.2022 10:14:57.2	60.203	24.736	0.2	0	LQ
27.09.2022 09:34:10.4	27.09.2022 12:34:10.4	60.204	24.732	0.2	0	LQ

Liite 1.2. Maanjäristysten paikannustulokset Nordic-formaatissa

Nordic-formaatin kuvaus: https://www.seismo.helsinki.fi/bulletin/list/nordic_format.html

```

2022 0725 2036 08.0 LQ 60.139 24.782 1.5F HEL 18 0.1 0.3LHEL 1
GAP=101 0.0 0.207 0.197 0.2 5
CSS:2022206203538.WFDISC 6
PROBABLY EARTHQUAKE, ESPOO, FINLAND 3
NORDBID:2022206203538ISUH000001 I
STAT SP IPHASW D HRMM SECON CODA AMPLIT PERI AZIMU VELO SNR AR TRES W DIS CAZ7
LAUT BZ EP 2036 08.48 -0.3 3 5 70
LAUT BZ ES 2036 09.33 0.0 5
HEL1 BZ EP 2036 08.94 -0.2 6 7 52
HEL1 BZ ES 2036 10.10 0.1 5
HEL1 BZ MSG 2036 10.50 3.5 0.03
RSUO BZ EP 2036 09.55 -0.2 5 10 43
RSUO BZ ES 2036 11.04 0.110
RSUO BZ MSG 2036 11.25 4.4 0.04
KUNI BZ EP 2036 10.54 -0.1 5 16 26
KUNI BN ES 2036 12.58 0.1 5
KUNI BZ MSG 2036 12.84 1.4 0.03
VUOS BZ EP 2036 11.15 -0.3 5 21 74
VUOS BZ ES 2036 14.00 0.2 7
NUR SZ EP 2036 14.65 -0.1 2 42 350
NUR SE ES 2036 19.69 0.1 9
PVF BZ EP 2036 20.31 0.2 0 75 52
PVF BZ ES 2036 29.01 0.3 0
TVF BN EP 2036 22.80 -0.0 5 92 250
TVF BN ES 2036 32.41 -1.0 7
ARBE HZ EP 2036 24.32 -0.4 4 103 139
ARBE HZ ES 2036 36.62 0.0 8
KY17 BN EPG 2036 32.95 0.2 0 154 54
KY17 BZ ESB 2036 50.61 -0.0 8
VJF HZ EP 2036 33.47 -0.1 4 160 73
VJF HZ ESB 2036 52.75 0.5 8
FIA0 SN EPG 2036 34.14 0.0 4 162 25
FIA0 SE ES 2036 52.71 -0.0 7
FIA1 BZ EPG 2036 34.14 0.0 4 162 25
FIA1 BZ ES 2036 52.71 -0.0 6
RAF BN EP 2036 38.69 0.2 4 193 302
RAF BZ ES 2037 00.90 0.1 7
RAF BZ MSG 2037 01.31 0.1 0.09
VSU HZ EPB 2036 42.44 0.2 7 218 148
VSU HZ ESB 2037 07.29 -0.0 4
KEF BN EP 2036 43.33 0.1 7 226 1
KEF BN ESG 2037 10.43 -0.1 4
KEF BZ MSG 2037 11.50 0.1 0.11
KAF BN EPB 2036 44.91 0.1 0 235 20
KAF BZ ESG 2037 13.00 0.0 0
KAF BZ MSG 2037 14.12 0.2 0.12

```


SEISMOLOGIAN INSTITUUTTI

Geotieteiden ja maantieteen osasto
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin seisminen asemaverkko ja seismisyys 2022

Vuosi 2022 oli Seismologian instituutin ja Helsingin kaupungin yhteistyönä perustetun seismologisen HelsinkiNet-havaintoverkon toinen täysi toimintavuosi. Verkkoon kuuluvat asemat KUNI, LAUT, RSUO ja VUOS jatkoivat valtakunnallisen havaintojärjestelmän yhteydessä. Lisäksi St1 Oy:n lämpövoimalahankkeen valvontaan perustetut asemat HEL1, HEL2 ja HEL5 olivat toiminnassa koko vuoden ja HEL3 kesäkuuhun saakka. Vuoden aikana 30 km:n säteellä Helsingin Rautatientorista tapahtuneita seismisiä tapauksia käsiteltiin instituutin päivittäisanalyysissa 440. Alueella havaittiin kolme luonnollista maanjäristystä, kaikki niistä Espoossa. Ensimmäinen tapahtui 25.7. saaristossa, toinen 23.9. ja kolmas 27.9. Sepänkylässä. Kaikki tapaukset olivat pieniä, voimakkuuksiltaan 0,2–0,3. Niitä ei kyetty yhdistämään kansalaishavaintoihin. Ihmistoiminnan aiheuttamia maanjäristyksiä ei havaittu.

T109

Helsingin yliopisto
ISSN 0781-9579
ISBN 978-952-10-9612-9
<https://hdl.handle.net/10138/355739>
Helsinki 2023