

Ilmatieteen laitoksen historialliset laitteet - taustatietoa

Heikki Nevanlinna, GEO/ESI

1. Havaintotoiminnan alku Helsingin magneettis-meteorologisessa observatoriossa

Ilmatieteen laitos perustettiin Keisarin käskykirjeellä vuonna 1838. Laitos oli silloiselta nimeltään Suomen Aleksanterin yliopiston magneettinen observatorio. Kyseessä oli nykytermein ilmaistuna Helsingin yliopiston fysikaalisten tieteiden laitokseen sijoitettu erillislaitos. Myöhemmin observatoriosta käytettiin nimitystä magneettis-meteorologinen observatorio, joka paremmin vastasi sen toimialaa. Magnetismiin viittaava nimi poistui 1880-luvulla, jolloin laitoksen toiminnan painopiste oli siirtynyt meteorologian puolelle, ja sitä kutsuttiin nimellä "Meteorologinen Päälaitos". Magnetismi on tänään edustettuna Geofysiikan tutkimuksen tulosalueella osana IL:n avaruustutkimusta.

Observatoriorakennukset valmistuivat nykyisen Säätalon paikalle Kaisaniemen puiston reunaan vuonna 1841. Säännölliset observatoriohavainnot käynnistettiin 1.7.1844. Magneettiset havainnot tehtiin 6 kertaa tunnissa ja meteorologiset kerran tunnissa. Havaintotehtäviä suoritti 12 ylioppilasta, jotka ympärivuorokautisena vuorotyönä tekivät havaintoja ja muokkasivat tulokset havaintovihkoihin jatkokäsittelyä varten.

2. Observatorioita perustetaan tiuhaan tahtiin - Suomi mukana kärkijoukoissa

Vuonna 1844 Helsingin observatorion kaltaisia havaintopaikkoja oli maailmalla 19 (nykyisin noin 200), jotka lähes kaikki oli perustettu varsin nopeasti 1830- ja 1840-luvuilla. Syy tällaiseen innostukseen magnetismin ja meteorologian kohdalla oli valankumouksellinen edistys fysiikan tutkimuksessa sähkömagnetismin alalla 1820-luvulla. Ikivanha kysymys maapallon magneettisuuden syistä näytti saavan ratkaisun uusista teoreettisista tuloksista magneettisten ja sähköisten ilmiöiden välisistä vuorovaikutuksista. Myös meteorologisten tekijöiden uskottiin niihin vaikuttavan ilman lämpötilamuutosten kautta. Samaan ilmiömaailmaan laskettiin kuuluviksi niin ukkoset kuin revontuletkin ilmakehän sähköisyyden ilmentyminä.

1800-luvun tieteellisen käsityksen mukaan magneettisten ja meteorologisten tekijöiden keskinäinen vaikutus, niiden ajallinen ja paikallinen vaihteluvuus tulisi parhaiten selvitettyksi varta vasten perustetuissa observatorioissa tehtävillä mittauksilla ja havainnoilla eri puolilla maapalloa. Geofysiikan ja meteorologian observatoriotoiminnoissa malli haettiin tähtitieteellisistä observatorioista, joilla oli jo vuosisatainen perinne tarkkojen ja systemaattisten havaintojen tekemisestä.

Aikakautta 1835-1845 fysiikan tutkimuksessa on alan anglosaksilaisessa kirjallisuudessa kutsuttu nimellä "The Magnetic Crusade", jolloin geomagneettinen observatorioate vietiin eri puolille maapalloa. Keskeisiä vaikuttajamaita olivat Ranska, Iso-Britannia, Venäjä ja Saksa. Tuohon aikaan perustetuista magneettis-meteorologisista observatorioista kehittyi monen maan kansallinen ilmatieteen laitos kuten Suomessaakin. Tällaisia valtioita on Euroopassa seitsemän. Observatoriotoiminta ja havaintoaineistoista tehtävä tutkimustyö oli kansainvälisesti organisoitunutta ja yhdenmukaista. Tieteellinen ja havaintotekninen vuorovaikutus eri maiden välillä oli vilkasta. Alulle

saatettiin myös havaintojen julkaisu yhtenäisiä havaintotulosformaatteja (vuosikirjoja) käyttäen. Perinne jatkuu edelleen. Havaintotulosten yhteenvetoja julkaistaan vuosikirjoina paperipainatteina ja internetissä sähköisessä muodossa.

Suomeen magneettinen observatorio tuli Venäjän Tiedeakatemian aloitteesta. Hanke viriteltiin jo varhain 1830-luvulla. Puuhamiehenä oli Venäjän Tiedeakatemian esimies Adolf Kupffer (1799-1865), jonka johdolla oli saatu aikaan yhdeksän observatorion verkko Pietarista Alaskaan, Sitkaan. Meillä observatorioasioihin paneutui fysiikan professori Johan Jakob Nervander (1805-1848), joka oli erikoistunut sähkömagneettisiin tutkimuksiin. Hän on tehnyt Suomen ensimmäisen väitöskirjan sähkömagnetismista.

Nervander nimitettiin observatorion johtajaksi vuonna 1838. Hänen johdollaan käynnistettiin varsin kunnianhimoinen havainto-ohjelma, jonka esikuvana oli Gaussin malliobservatorio Göttingenissä, mistä myös observatorion varsinkin magneettisissa mittauksissa tarvittavat havaintolaitteet hankittiin. Nervander oli tehnyt laajoja opintomatkoja Euroopan tieteen keskuksiin ja oli siten hyvin perehtynyt aikansa observatoriotekniikkaan sekä meteorologian että magnetismin alalla. Hänen kehittämänsä galvanometri sai huomiota mm. Ranskan Tiedekatemiassa. Laite on näytteillä Helsingin yliopiston museossa.

3. IL:n havaintolaitteita yli 160 vuoden ajalta

IL:n kellarivarastossa ja muualla toimitiloissa on meteorologian ja magnetismin havaintolaitteita koko laitoksen toimikaudelta yli 160 vuoden ajalta. IL:n varhaisilta vuosikymmeniltä parhaiten on säilynyt magneettisia instrumentteja. Havaintorutineissa ovat samat kohteet pysyneet ohjelmassa koko ajan. Magneettikentästä määritetään magneettikentän voimakkuus (magneettivuon tiheys) ja sen suunta. Meteorologiassa kohteina on ollut lämpötila, ilmanpaine, tuulen suunta ja nopeus, kosteus ja muita synoptisia säähavaintoja. Mukana kaiken aikaa ovat olleet myös revontulihavainnot ja ilman sähköisyyden havainnot ja mittaukset. Aivan uutta havaintotoiminnan aluetta perinteisten kohteiden lisäksi edustavat ilmanlaadun ja avaruustutkimuksen havainnot.

Havaintolaitteiden kehitys vuosikymmenestä toiseen muistuttaa eläinkunnasta tunnettua evoluutiota. Uusia mittalaitteita tulee käyttöön. Joskus kehitys on hitaampaa, joskus laitteet uusiutuvat nopeammin. Havaintolaitteiden evoluutiossa voi nähdä monenlaisia kehityslinjoja. Sekä meteorologisille että magneettisille laitteille oli tyypillistä koko 1800-luvun se, että mitään automaattista rekisteröintiä ei ollut, vaan havainnon teki ihminen katsomalla asteikosta lukemat ja merkitsemällä ne havaintovihkoon. Seuraava vaihe, joka yleistyi 1900-luvun alussa, oli erilaisten itsemerkitsevien laitteiden käyttöön otto. Piirturirekisteröinti ja valokuvausrekisteröinti yleistyivät myöhemmin. Magneettikentän rekisteröinneissä käytettiin 1970-luvulle saakka valokuvausrekisteröintiä, missä sensorina toimivan magneetin liikkeet heijastettiin peilin kautta pyörivälle filmirullalle (1), johon piirtyvä viiva antoi tiedon magneettikentän vaihteiluista. Digitaaliset rekisteröinnit, joissa magneettikenttätiedot saadaan suoraan tietokoneelle, yleistyivät 1980-luvulla. Nykyään vanhat analogialaitteet ovat tyystin kuolleet sukupuuttoon. Vielä 1990-luvun alussa niitä käytettiin digitaalilaitteiden varalaitteina.

Toinen tyypillinen piirre havaintolaitteissa on niiden koon pieneneminen. Robinsonin tuulimittarin kuppikoko oli noin 30 cm Polaarivuoden havainto-ohjelmassa Sodankylän observatoriossa 1882-83 (2). Samalla periaatteella toimivassa Vaisalan anemometrissä (3) kupin halkaisija on tuuman luokkaa ja kuppien määrä on pudonnut neljästä kolmeen.

Magneettisissa laitteissa 1840-luvulla magneetit olivat massiivisia yli puoli metriä pitkiä ja parin kilon painoisia "dinosauruksia" (4). Seuraavissa magnetometrisukupolvissa magneettien koot pienenevät ollen lopulta muutaman gramman painoisia ja alle sentin mittaisia. Materiaalikehitys ja tekniset innovaatiot ovat tämän mahdollistaneet. Magnetometrien evoluutio johti siihen, että magneetit katosivat sensorin paikalta kokonaan. Nykyiset magnetometrit rekisteröivät magneettikentän muutokset sensoreilla, joiden toimintaperiaate on tyystin toinen kuin magneeteilla toimivissa laitteissa. Eräs tällainen on kudosten magneettikuvauksissakin käytettävä ydinmagneettiseen resonanssiin perustuva protonimagnetometri. Vastaavaa kehitystä on tapahtunut myös meteorologisissa havaintolaitteissa.

4. Havaintotiheys kasvanut monituhatkertaiseksi 160 vuodessa

Laitetekniikan kehitys on myös mahdollistanut tiheämmän näytteenoton. 1800-luvulla Helsingin observatorion aloittaessa toimintansa magneettisia havaintoja tehtiin parhaimmillaan 10 minuutin välein. Tänä päivänä vastaavia havaintoja tehdään kerran sekunnissa paitsi observatorio-olosuhteissa (Nurmijärvi) niin myös noin 30 autoaattiasemalla. Datamäärä on kasvanut ainakin 10 000-kertaiseksi. Meteorologisten havaintojen kasvu on ollut vieläkin suurempi, puhumattakaan kaukokartoitusatelliittien tuottamista datavirroista, joiden hallitsemiseen tarvitaan kokonaisia vastaanottoasemia kuten Sodankylän satelliittidatakeskus. Havaintotuloksia ei voi enää tallentaa paperimuotoon, eikä se ole tietenkään edes käytännöllistä suurten datamäärien vuoksi ja havaintojen tietokonekäsitelyä ajatellen. Internet ja nopeat tietoliikenneyhteydet ovat mahdollistaneet havaintoaineistojen lähes reaaliaikaisen välittämisen havaintopaikalta käyttäjille. Aineistojen pysyväisarkistointi tapahtuu vuosikirjojen sijasta erilaisille sähköisille tallennevälineille kuten CD:t tai tietokoneiden massamuisteihin.

Helsingin observatoriossa tehtiin magneettisia havaintoja samoilla laitteilla ja havaintoaikatauluilla samassa paikassa suunnilleen 70 vuotta, mikä on tämän ajan alati muuttuville toimintaolosuhteille aivan käsittämätöntä. Vakaista havainto-olosuhteista johtuen magneettinen havaintosarja on erittäin homogeeninen ja antaa luotettavaa tietoa magneettikentän nopeista ja hitaista muutoksista 1800-luvulta. Havaintosarja on tieteellisesti arvokas ja sitä on käytetty lukuisissa tieteellisissä tutkimuksissa (5). Vastaavia yhtä pitkiä ja korkeatasoisia havaintosarjoja ei maailmassa ole kuin kahdessa observatoriossa (Greenwich ja Melbourne), mutta nekin alkavat vasta 1860-luvulla.

Helsingin observatoriossa olosuhteet magneettisten havaintojen tekemiseen tulivat mahdottomiksi, kun sähköraitiotielinja rakennettiin aivan observatorion viereen Kaisaniemenkadulle vuonna 1901. Havainnot lopetettiin vuonna 1912. Niitä jatkettiin Ilmalan observatoriossa Pasilassa mutta huomattavasti supistetummalla havainto-ohjelmalla. Helsingin magneettisen observatorion jälkeläinen on nykyään Nurmijärven

geofysiikan observatorio, jossa magneettikentän muutoksia on seurattu vuodesta 1952 lähtien.

5. Ehdotus historiallisen laitteen esillepanosta IL:n Kumpulan toimitilassa

IL:n vanhin edelleen toimiva havaintolaite on edellisessä luvussa kuvailtu magneettikentän vaihteluja seuraava magneetti (6) Laite on valmistettu Gaussin Göttingenin observatorion hienomekaanisella verstaalla vuonna 1841. Magneettia on käytetty kompassineulan erannon aikavaihtelujen seuraamiseen. Havainnot tehtiin kaukoputkella (7), jolla tähdättiin kaukoputken ripustuslankaan kiinnitettyyn peiliin ja siinä näkyvään asteikkoon. Peilin kääntyessä magneetin liikkeiden mukana, magneetin suunta voitiin lukea asteikolta, joka oli valaistu öljylampulla.

Geofysiikan tutkimuksen sisääntuloaulassa (Vuorikatu 15, 3. krs.) magneetti on ripustettu aulan kattoon siten, että se kääntyy magneettikentän vaihdellessa. Magneetin peiliin ohjataan laservalon säde (8), joka heijastuu aulan seinälle kiinnitettyyn asteikkoon, johon on merkitty magneettinen pohjoissuunta ja asteet itään (9). Laservalospotti näyttää hetkellisen magneettisen suunnan ja sen vaihtelut. Seinään on merkitty magneettinen pohjoissuunta vuonna 1838, jolloin IL perustettiin. Silloinen suunta poikkeaa nykyisestä noin 15 astetta itään.

Kumpulassa magneetin ja asteikon välillä voi ollapitkäänkin etäisyys (kymmeniä metrejä), koska laservalo kantaa terävänä kauas. Sopiva sijoituspaikka löytynee Kumpulatalon aulasta.

Magneettidemo on saanut paljon kiinnostusta osakseen. Se edustaa IL:n vanhinta havaintotraditiota, geomagnetismia. Laite on myös sikäli mielenkiintoinen, että se toimii alkuperäisessä tarkoituksessaan demonstroiden maan magneettikentän vaihteluja samalla periaatteella kuin yli 160 vuotta sitten. Se on historiallinen koje, koska magneetti on ollut yhtäjaksoisessa käytössä melkein 70 vuotta ja sillä on tehty yli miljoona havaintoa. Nämä havainnot on tänä päivänä tieteellisesti hyödynnetty (10). Magneettidemo korostaa siten IL:n toimintojen perustana olevaa kolmiyhteyttä: havainnot, data-aineistojen käsittely sekä niistä tehtävä tutkimus.

Tekstissä suluissa olevat viittaukset tarkoittavat verkko-osoitteessa <http://www.geo.fmi.fi/MAGN/Museokuvat/Museokuvat.html> olevia kuvia ja tekstejä

- (1). Kansio 2. Magneettiset laitteet, kuva A9
- (2). Kansio 5. Artikkelit tuulimittarit/Leskinen
- (3). Kansio 3. Meteorologiset laitteet, kuva A69
- (4). Kansio 3. Magneettiset laitteet, kuvat 444F, 446F ja 458F; Kansio 5. Gaussin laite.rtf ja Nervander_arkhim.rtf
- (5). Kansio 5. Nervander_arkhim.rtf
- (6). Kansio 2. Magneettiset laitteet, kuvat 444F, 446F ja 458F; kts. myös kansioista 5. Gaussin laite.rtf ja Nervander_arkhim.rtf
- (7). Kansio 2. Magneettiset laitteet, kuva A2, kansio 5 Nervander_arkhim.rtf ja siinä Fig. 1
- (8). Kansio 2. Magneettiset laitteet, kuva A2
- (9). Kansio 2. Magneettiset laitteet, kuva 466F
- (10). Kansio 5 Nervander_arkhim.rtf

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta

- HOLMBERG, P., 1998. Johan Jakob Nervander och det Magnetiska Observatoriet i Helsingfors. *Arkhimedes*, 6, 22-26.
- LESKINEN, M., 2003. Tuulimittareita ja tuulen havainnointia 1800-luvun Suomessa. XXI Geofysiikan Päivät, 89-92.
- NEVANLINNA, H., 1994. Helsingin yliopiston magneettis-meteorologinen observatorio - J.J. Nervanderin elämäntyö 150 vuoden takaa. *Arkhimedes*, 1/1994, 39-49.
- NEVANLINNA, H., 1998. J.J. Nervanderin tieteellisistä saavutuksista. *Arkhimedes* 6/98, 26-28.
- NEVANLINNA, H., 1997. Gauss' H-Variometer at the Helsinki Magnetic Observatory 1844-1912. *J. Geomagn. Geoelectr.*, **49**, 1209-1215.
- NEVANLINNA, H. and KATAJA, E. 1993. An extension of the geomagnetic activity series *aa* for two solar cycles (1844-1868). *Geophys. Res. Lett.* **20**, 2703-2706.
- NEVANLINNA, H., KETOLA, A. and KANGAS, T., 1992. Magnetic results from Helsinki magnetic-meteorological observatory. Part I: Declination 1844-1853. Finn. Met. Inst. – Geophys. Publ. 27, 155 p.
- NEVANLINNA, H., KETOLA, A., L. HÄKKINEN, A. VILJANEN, and IVORY, K., 1992. Magnetic results from Helsinki magnetic-meteorological observatory. Part II: Geomagnetic activity 1844-1856. Finn. Met. Inst. – Geophys. Publ. 30, 65 p.
- NEVANLINNA, H., KETOLA, A., 1993. Magnetic results from Helsinki magnetic-meteorological observatory. Part III: Declination 1854-1880. Geomagnetic activity 1844-1880. Finn. Met. Inst. – Geophys. Publ. 33, 193 p.
- NEVANLINNA, H., KETOLA, A., 1994. Magnetic results from Helsinki magnetic- meteorological observatory. Part IV: Declination 1880-1909. Summary of observations 1844-1909. Finn. Met. Inst. – Geophys. Publ. 36, 143 p.
- SEPPINEN, I., 1988. Ilmatieteen laitos 1838-1988. Ilmatieteen laitos, Helsinki, 290 p.
- SIMOJOKI H., 1978. The history of geophysics in Finland 1828-1918. Societas Scientarium Fennica, Helsinki, 157 p.
- STEINBY, T., 1991. J.J. Nervander (1805-1848). Föreningen konstsamfundets publikationsserie XI, Helsingfors, 386 p.