

Geodeettinen laitos huolehtii valtakunnallisesta paikanmääritysinfrasta. Geodeettinen laitos sai MIL:tunnustuspalkinnon tänä vuonna. Mutta mitä Geodeettinen laitos oikein tekee?

Painovoimamittauksia Keurusselän meteoriitti-impaktin alueella.



Jarmo Moilanen

Haastattelu: Pekka Lehtonen

GEODEETTINEN LAITOS vaalii kansallista tarkkuutta

Mitä Geodeettinen laitos oikein tekee? Nummelan perusviiva, invar-lanka, painovoimamittaukset ja ymmärryksen ylittävä tarkkuus – nanometrit – tulevat mieleen. Geodeettinen laitos on sijainnut vuodesta 1995 Kirkkonummella, tunnettuutensa edellyttämällä tavalla kätkeytyneenä Masalan seisakkeen itäpuoliselle mäelle. Laitos perustettiin jo vuonna 1918 maa- ja metsätalousministeriön alaiseksi.

”Meidät hajasijoitettiin tänne Ahon hallituksen aikana, jolloin virastoja piti siirtää neljän pääkaupunkiseudun kunnan ulkopuolelle. Tänne rakennettiin omat

käyttökelpoiset tilat”, kertoo laitoksen ylijohdaja **Risto Kuittinen**. Hän on sijainnitiipaikkaan tyytyväinen.

Objektiivista tietoa uudesta tekniikasta

”Geodeettisen laitoksen kaltaista asian- tuntijavirastoa ei kaikilla valtioilla ole. Eräät, kuten Tanska, ovat lakkauttaneet omat laitoksensa. Jos näin toimitaan, silloin ollaan hukassa. Laitoksemme tuottaa objektiivista tietoa siitä, mihin uudella tekniikalla päästään. Apua tarjotaan hallinnolle ja yrityksille mutta myös ulkomaisille kysyjille. Tutkittu tieto on

tarpeen muun muassa silloin, kun organisaatiot ryhtyvät investoimaan”, Kuittinen kuvailee.

Geodeettisen laitoksen vaikuttavuus syntyy Kuittisen mukaan kahta tietä: laitoksella on laaja yhteistyöverkko sekä koti- että ulkomailla ja sitä kehitetään eurooppalaisena tutkimuslaitoksena, jolla on merkittävät kytkennät myös kotimaan korkeakouluopetukseen.

Koordinaattijärjestelmät uusiutuvat

”Geodeettinen laitos huolehtii valtakunnallisesta paikanmääritysinfrasta. Laitos

ylläpitää valtakunnallisia koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä ja painovoimaverkkoa. Paikanmäärityksen edellytyksiä on säilytettävä ja kehitettävä samalla tavalla kuin liikenteenkin edellytyksiä”, painottaa Kuittinen.

Euroopassa ja Suomessa ovat vireillä koordinaattijärjestelmien ja karttojen yhteiskäytön kehittäminen ja eurooppalaisen satelliittinavigoinijärjestelmän luominen. Vuonna 2005 laukaistiin ensimmäinen Galileo-testisatelliitti, jota täydennetään vielä kolmellakymmenellä varsinaisella tuotantosatelliitilla. Näin Euroopassa on alkanut voimakas satelliittipaikannuksen kehitys. Sen tuloksena saadaan GPS:n rinnalle maailmanlaajuinen navigointi- ja paikannusjärjestelmä. Geodeettisella laitoksella on tähän hankkeeseen liittyvä EGNOS-maa-asema Virolahdella.

Uusi kansallinen korkeusjärjestelmä valmistuu tänä vuonna ja yhdentää mm. Itämeren rantavaltioiden korkeusjärjestelmiä. Tämä ja EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmä modernisoivat paikkatietojen yhteiskäyttöä Suomessa ja ovat samalla yhteensopivia yleiseurooppalaisten järjestelmien kanssa.

Uusi tekniikka lisää tutkimustarvetta

”Geodeettinen laitos on tutkimuslaitos. Se ei osallistu operatiiviseen työhön. Sen sijaan Maanmittauslaitos on tuotantoon keskittyvä laitos”, Kuittinen selvittää Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen työnjakoa. ”Uusi tekniikka muokkaa toimintaympäristöä ja lisännyt Geodeettiseen laitokseen kohdistuvia odotuksia.”

Kartoitusmenetelmiin ja paikkatietojen hankintaan ja käyttöön liittyviä ovat muun muassa tutkimukset digitaalisten ilmakuvien laadun parantamiseksi, laser-keilauksesta, digitaalikameralla otettujen kuvien testauksesta, kolmiulotteisten kaupunkimallien tuottamismenetelmistä, maastomallien tarkkuudesta, satelliitteihin perustuvien mittaus- ja laskentamenetelmien tarkkuudesta sekä paikkatietoanalyysistä.

Geodeettinen laitos tekee tutkimustyötä vertailemalla ilmakehuvauskameroiden suorituskykyä. Organisaatiot tiedustelevat, mitä kameroita kannattaisi hankkia. Tärkeitä ominaisuuksia ovat mm. geometria, erotuskyky ja sävyntoisto.

”Digikamerat tulevat vähitellen valtaamaan markkinat ja kaikki prosessit joudutaan uusimaan. Kaikilla toimijoilla ei ole varaa investoida, niinpä nähtäneen fuusioitumisia. Kansalliset karttalaitokset



Joel Ahola

GEODEETTINEN LAITOS

Geodeettinen laitos huolehtii Suomen kartoituksen tieteellisistä perusmittauksista ja paikkatietojen metrologiasta sekä tekee tutkimustyötä geodesian, geoinformatiikan ja kaukokartoituksen sekä niihin liittyvien tieteiden aloilla. Laitoksen tehtävänä on myös edistää geodeettisten, geoinformatiikan ja kaukokartoituksen menetelmien ja laitteiden käyttöönottoa erityisesti paikkatietojen hankinnassa ja käsittelyssä.

Geodeettinen laitos ylläpitää geodeettisten ja fotogrammetristen mittausten osalta mittanormaaleja sekä toimii pituuden ja putoamiskiihtyvyyden kansallisena mittanormaali-laboratoriona.

OSASTOT JA NIIDEN TEHTÄVÄT

Geodesian ja geodynamiikan osasto

- valtakunnallisten koordinaattijärjestelmien, korkeusjärjestelmän ja painovoimaverkon luonti, ylläpito ja tutkimus, sekä yhteydet globaaleihin ja naapurimaiden vastaaviin järjestelmiin
- tarkat korkeuden ja pituudenmittaukset ja painovoimamittaukset
- pituuden ja putoamiskiihtyvyyden kansallisena mittanormaali-laboratoriona toimiminen; tähän kuuluvat mm. Nummellan normaali-perusviivan mittaus ja ylläpito, putoamiskiihtyvyyden kansallisen mittanormaalin ylläpito, painovoimapisteen kalibrointimittaukset, vaatuslaitteiden kalibroinnit ja kansainvälisiin vertauksiin osallistuminen

- tieteelliset tutkimukset gravimetrisen ja fysikaalisen geodesian sekä geodynamiikan aloilla
- Metsähovin avaruusgeodeettisella asemalla ja painovoimalaboratoriossa tehtävät havainnot ja tutkimukset osana kansainvälisiä havaintoverkkoja.

Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osasto

- fotogrammetrian tutkimus- ja kehittämistyö
- kaukokartoitusmenetelmien tutkimus- ja kehittämistyö
- Metsähovin tutkimusasemalla tehtävät kalibrointimittaukset ja fotogrammetrian metrologiaan ja karttojen tarkkuuteen liittyvät tutkimukset.

Geoinformatiikan ja kartografian osasto

- paikkatiedon keräämiseen, tallentamiseen, analysointiin ja käyttöön liittyvä tutkimus- ja kehittämistyö.

Navigoinnin ja paikannuksen osasto

- satelliittien avulla tehtävä reaaliaikainen paikannus
- karttojen ja satelliittipaikannuksen avulla tehtävä navigointi
- kinemaattinen geodesia ja kinemaattiset kartoitusmenetelmät.

Metsähovin tutkimusasema

- Geodesian ja geodynamiikan osaston alainen. Siihen kuuluvat avaruusgeodeettinen asema, painovoimalaboratorio sekä Sjökillan sivuasema.

Geodeettisella laitoksella on n. 60 työntekijää.

ovat valinnan edessä”, sanoo Kuittinen.

Laser-teknikka on tärkeä tutkimuskohde ja se mullistaa korkeusmallien teon. Monet maat, kuten esim. Sveitsi, Hollanti ja Saksan osavaltiot, uusivat kokonaan korkeusmallinsa laser-teknikalla: harpataan noin 2 metrin tarkkuudesta 2 desimetrin tarkkuuteen. Tarkkoja malleja tarvitaan erityisesti esimerkiksi kaavoituksessa tai maan- ja tienrakennuksessa.

Mistä kumpuaa tarve yhä suurempaan tarkkuuteen?

Professori **Markku Poutanen**, Geodesian ja geodynamiikan osaston johtaja, mainitsee esimerkkeinä laivaväylien syväykset, joissa käytetään yhä pienempiä varmuusvälejä. ”Tarkkuudella voidaan vaikuttaa muun muassa otettavan lastin määrään. Tosiaikaiset vedenkorkeushavainnot ovat sidoksissa tarkkaan ajantasaiseen korkeusjärjestelmään, mutta myös laivan oikea paikannus väylällä on tärkeää. Tarkkuus on tarpeen esimerkiksi teiden ja tonttien rakentamisessa, mutta erityisesti tutkimuksessa lisääntynyt tarkkuus luo uusia mahdollisuuksia. Maannousua ja maankuoren liikkeitä voidaan seurata millimetrien tarkkuudella. Kiintopisteiden paikat muuttuvat, korkeudet muuttuvat ja merenpinnan korkeus muuttuu. Vuosikymmenien kuluessa muutokset alkavat näkyä jo käytännön tasolla; hyvänä esimerkkinä on Suomen uusi korkeusjärjestelmä N2000, jonka korkeuslukemat nykyiseen N60-järjestelmään verrattuna muuttuvat jopa yli 40 senttimetriä. Pääasiallisena syynä on vuodesta 1960 tapahtunut maannousu. Ilman tarkkoja pysyviä koordinaattijärjestelmiä meillä ei olisi mitään, mihin vuosikymmenten kuluessa tapahtuvia muutoksia voisi verrata.”

Tarkkuusodotukset kasvavat. Ennen vain ammatillaiset tekivät havaintoja. Esimerkiksi kunnissa oli vain muutama asiantuntija. Nykyään jokainen voi ostaa laitteet ja ryhtyä paikanmäärittämiseen.

”Kun on mahdollista saada sentti, kukaan ei tyydy desimetriin”, sanoo Poutanen. ”Vaikka nykytekniikalla saadaan senttitarkkuus, vanha runko on usein desimettiluokkaa tai huonompi, mikä onkin keskeinen ongelma. Voidaan puhua tarkkuudesta ennen ja jälkeen satelliittiajan. EUREF-järjestelmän määrittelevä piste on pultti kalliolla – siinä 3 mm:n reikä, ja virhe mahtuu siihen. Tämä on laskennallinen arvo mutta todellisuudessa virhe on muutaman sentin luokkaa. Vanha I lk:n kolmiomittauksen virhe-ellipsi on sen sijaan noin jalkapallon kokoinen”, Poutanen havainnollistaa.

”Tähän ongelmaan on ratkaisuna koko



Pekka Lehtonen

Risto Kuittisen johtama Geodeettien laitos edistää paikkatietoasioiden valmistelua hallinnossa ja toimii myös tutkimuslaitoksena.



Pekka Lehtonen

Markku Poutasen Geodesian ja geodynamiikan osasto huolehtii valtakunnallisten koordinaattijärjestelmien, korkeusjärjestelmän ja painovoimaverkon luonnista, ylläpidosta ja tutkimuksesta.

verkon uudelleenmittaus. Kuntien ja kaupunkien runkoverkkojen osalta edessä on samanlainen urakka, joka osittain on jo käynnissä.”

”Uuden tekniikan myötä tuottavuus on noussut tavattomasti. Esimerkiksi I luokan kolmioverkon rakentaminen kesti ensimmäisellä kierroksella 70 vuotta, tänä kesänä laitoksen retkikunnat mittasivat siitä kolmanneksen”, kertoo Poutanen. ”Uusia tarkkoja mittauksia käytetään mm. maankuoren liikkeiden tutkimukseen.”

Suuri tarkkuus vaatii myös virhelähteiden hallinnan ja huolellisesti kalibroidut mittalaitteet. Esimerkiksi vaaituskojeiden ja lattojen kalibrointiin on kehitetty oma laitteisto. Lähimmät vastaavat löytyvät Saksasta ja Itävallasta. Kalibrointeja onkin viime vuosina tehty kotimaisten asiakkaiden lisäksi Pohjoismaiden ja Baltian maiden karttalaitosten käyttämille latoille ja kojeille.

Vuonna 2005 laitokselle perustettiin tieteellinen neuvottelukunta toimintaa kehittämään. Neuvottelukunnassa ovat edustettuina kartoituksen ja paikannuksen kannalta maamme keskeiset ministeriöt ja tutkimuslaitokset sekä tutkimusjohtajia Espanjasta, Hollannista, Saksasta ja Tanskasta.

Geofysiikan, kartoituksen ja paikannuksen alueella tekninen kehitys on ollut ja tulee Kuittisen mukaan edelleen olemaan nopeaa. ”Laitoksen tulee toimillaan saattaa tämä kehitys tutkimusta, yhteiskuntaamme ja elinkeinoelämää palvelemaan, mikä myöhemmin tulee näkymään paikkatietojen käytön lisääntymisenä ja tätä kautta nykyistä tehokkaammin toimivana yhteiskuntana. Työ on haasteellinen, koska laitokselle tulisi löytyä varoja laitteiden ja infrastruktuurin kehittämiseen sekä tulevaisuudessakin Euroopan mittakaavassa pätevän henkilökunnan palkkaamiseen”, Kuittinen painottaa.



Pekka Lehtonen

Paavo Rouhiainen ja Markku Poutanen tarkastavat kalibrointiin menossa olevia Viron tarkkavaaituslatoja.



Pekka Lehtonen

Laserinterferometri on kalibrointilaitteiston osa. Sillä mitataan lattan todellinen paikka, kun samanaikaisesti vaaituskone havaitsee omat lukemansa. Näitä vertaamalla saadaan koko mittausjärjestelmä (latta + koje) kalibroitu. Koko järjestelmä toimii tietokoneohjattuna automaattisesti. Sitä voidaan käyttää sekä perinteisten lattojen kalibrointiin että digitaalikonien ja

Mikko Takalo ja Paavo Rouhiainen

Vaaitusvälineiden kalibrointia

Tarkkavaaituksessa kiintopisteiden väliset korkeuserot mitataan vaaituskojeen ja latta-asteikon avulla. Tuhansissa toistoissa pienikin lattan pituusvirhe kasautuu nopeasti. Tästä syystä latta-asteikot tarkistetaan eli kalibroidaan vuosittain mittaamalla niiden pituusvirhe lattakomparaattorilla.

Geodeettisessa laitoksessa kehitettiin vuosina 1996–97 pystyasentoinen, pitkäl-

le automatisoitu laserlattakomparaattori. Komparaattori rakennettiin Geodeettisen laitoksen uudisrakennukseen suunniteltuun yli yhdeksän metriä korkeaan tilaan. Laboratorion lämpötilaa voidaan säätää +5–+40 °C välillä. Tämä mahdollistaa esimerkiksi vaaituslattojen lämpötilariippuvuuksien tutkimisen. Komparaattorissa on talon rakenteisiin tukevasti kiinnitetyt pysty- ja vaakasuuntaiset puukehikot,

jossa askelmoottorilla toimiva hissilaite kuljettaa kalibroitavaa lattaa edestakaisin. Lattan todellinen liike mitataan tarkalla laserinterferometrillä. Lattan asteikkoviivat kuvataan CCD-kameralla ja niiden paikat määritetään digitaalisella kuvankäsittelyllä. Asteikkoviivojen todelliset paikat saadaan vertaamalla niitä laserinterferometrin antamiin arvoihin. Lisäksi laboratoriossa on automaattinen sääasema lämpötilan, ilmanpaineen ja kosteuden mittaamista varten. Komparaattorin kaikkia toimintoja ohjataan tietokoneen avulla ja latta-asteikkojen kalibroinnissa päästään yhden miljoonasosan (ppm) tarkkuuteen. Lattojen lisäksi komparaattorilla voidaan kalibroida myös muita mitta-asteikkoja sekä pysty- että vaaka-asennossa.

Vuosina 2001–2002 laboratoriotilaan rakennettiin pilarit digitaalisia vaaituskoneita varten. Komparaattorista saatiin näin täysin automaattinen digitaalisten vaaitusjärjestelmien kalibrintilaite. Systeemikalibroinnissa kalibroidaan digitaalivaaituskojeja ja viivakoodilatta yhdessä, kun perinteisessä latta-kalibroinnissa mittaustaikoina oli vain latta-asteikko. Systeemikalibroinnissa saavutetaan alle 5 ppm:n tarkkuus ja mittaus voidaan suorittaa useammassa eri lämpötilassa, jolloin saadaan tietoa koko vaaitusjärjestelmän lämpötilariippuvuudesta.

Geodeettisen laitoksen komparaattoreilla on vuodesta 1996 lähtien kalibroitu laitoksen omien vaaitusvälineiden lisäksi tilauksesta kotimaisten ja ulkomaisten laitosten ja yritysten vaaitusvälineitä sekä erilaisia mitta-asteikkoja. Kalibrointeja tehdään yhteensä 40–80 kpl vuodessa osana laitoksen mittanormaali-laboratoriotointia.

Erikoistutkija Mikko Takalo ja vanhempi tutkija Paavo Rouhiainen työskentelevät Geodeettisessa laitoksessa. Sähköpostit mikko.takalo@fgi.fi ja paavo.rouhiainen@fgi.fi.



Joel Ahola

GEODEETTISEN LAITOKSEN TYÖKENTÄÄ

KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄT

- **Suomen pysyvä GPS-verkko FinnRef®.** Käsittää 13 pysyvää GPS-asemaa. Niiden tuottamaa havaintoaineistoa käytetään mm. maankuoren liikkeiden tutkimuksessa, koordinaattijärjestelmien ylläpidossa ja paikannusmenetelmien kehittämisessä. Se on Suomen EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmän perusta sekä linkki eurooppalaiseen ja maailmanlaajuiseen järjestelmään.
- **EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmä.** Perustuu Geodeettisen laitoksen pysyvään GPS-verkkoon ja vuosina 1996–1997 uudelleenmitattuun sataan I lk:n kolmiopisteeseen. Järjestelmän käytännön realisaatio on kuvattu Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen laatimissa Julkisen hallinnon suosituksissa JHS 153 ja 154. Laitos avustaa koordinaatistoihin liittyvissä kysymyksissä ja osallistuu kansainväliseen yhteistyöhön.
- **Korkeusjärjestelmät.** Kolmas valtakunnallinen tarkkavaaitus päättyi v. 2004. Vuonna 2006 valmistuu uusi valtakunnallinen N2000-korkeusjärjestelmä, joka ottaa huomioon esimerkiksi maanousun vaikutuksen.

PAINOVOIMA

- **Absoluuttipainovoimamittaukset.** Geodeettinen laitos on suorittanut mittauksia paitsi kotimaassa myös parissakymmenessä muussa maassa eri puolilla maailmaa, mm. Etelämantereella, Kiinassa, Baltian maissa, Pohjoismaissa, sekä monissa muissa Euroopan maissa. Painovoiman muutosten tutkimisen ohella osa mittauksista on liittynyt mittanormaali-toiminnassa vaadittuihin vertausmittauksiin.
- **Painovoiman suhteelliset mittaukset.** Painovoiman suhteellisiä mittauksia tehdään sekä Metsähovin suprajohdettavalla gravimetrillä että tavallisilla jousigravimetreillä. Huipputarkka suprajohdettava gravimetri havaitsee jopa miljardiosan luokkaa olevia muutoksia painovoimassa ja sitä käytetään mm. Maan sisärakenteen tutkimuksessa. Jousigravimetreillä on mitattu mm. noin 35 000 pistettä käsittävä Suomen painovoimaverkko ja tehty pienempien alueiden painovoimakartoituksia.
- **Satelliittigravimetria ja geoidimallit.** Geodeettinen laitos käyttää Maan painovoimakenttää mittaavien satelliittien tuottamaa painovoima-aineistoa Suomen ja

sen lähialueiden geodeettisissa ja geofysikaalisissa tutkimuksissa. Lisäksi havaintoja käytetään uuden kansallisen geoidimallin luomisessa, jollaista tarvitaan kun GPS:llä mitattuja korkeuksia muunnetaan kansalliseen korkeusjärjestelmään.

MAANKUOREN LIIKKEET

Koordinaattijärjestelmien ylläpito vaatii maankuoren liikkeiden tuntemista. Suomessa tärkein koordinaatteja muuttava tekijä on maannousu, jonka mekanismin ja vaikutusten tutkiminen on laitoksen yksi keskeisistä tutkimusalueista. Tarkkoja geodeettisia mittauksia voidaan käyttää myös monissa geodeettisissa ja geofysikaalisissa tutkimuksissa. Maankuoren liikkeitä havaitaan sekä tarkoilla GPS-mittauksilla että vaaituksilla. Pienillä alueilla deformaatiotutkimuksissa käytetään myös tarkkoja etäisyysmittauksia.

METROLOGIA JA LAATU

Geodeettinen laitos toimii pituuden ja putoamiskiihtyvyyden kansallisen mittanormaalilaboratoriona. Tutkimus- ja kalibrointikohteina ovat mm. korkeudenmittauslaitteet ja -järjestelmät sekä perusviivat ja etäisyysmittarit.

- **Painovoiman absoluuttimittaukset.** Laitoksen FG-5-absoluuttigravimetri on putoamiskiihtyvyyden kansallinen mittanormaali, jonka ylläpitoon kuuluvat säännölliset kansainväliset vertausmittaukset. Suomen painovoiman peruspiste sijaitsee Metsähovin observatoriossa.
- **Nummellan normaaliperusviiva.** Suomen kolmioverkolle ja sitä kautta karttoihin mittakaavan antanut Nummellan normaaliperusviiva on kansallinen mittanormaali. Sen pituus on 864 122,7 mm, mittausepävarmuus alle 0,1 mm ja säännöllisesti toistettujen mittausten kautta se on suoraan sidottu metrin määritelmään. Kuutisenkymmentä vuotta ylläpidettyä perusviivaa käytetään tarkimpien elektronisten etäisyysmittareiden kalibrointiin, testaukseen ja tuotekehittelyyn. Nummellan normaaliperusviivan mittakaava on siirretty monille perusviivoille

ympäri maailmaa.

- **Digitaalisten ilmakehuvauskameroiden laatu.** Uudet digitaaliset ilmakehukamerat ovat olleet tuotantokäytössä vain muutamia vuosia. Koska näiden kameroiden kuvaustekniikka poikkeaa oleellisesti perinteisistä ilmakehukameroista, Geodeettinen laitos on tehnyt useita testikuvauksia näillä kameroilla otettavien kuvien geometrisen ja radiometrisen laadun selvittämiseksi. Tätä työtä varten laitos on kehittänyt Kirkkonummen Sjökulmaan testikentän, joka mahdollistaa näiden uusien sensorien tutkimisen ja käyttökelpoisuuden arvioimisen. Erityisesti kiinnostavat geometria, erotuskyky ja radiometria.

KARTOITUSMENETELMÄT

Kartoitusmenetelmät kehittyvät ripeästi muuttuneen sensoriteknologian myötä. Digitaaliset kamerat, laser-keilaus ja satelliittipaikannus avaavat kokonaan uusia ja nopeita kartoitusmenetelmiä käyttöön otettavaksi ja uudenlaisten kartoituksen lopputuotteiden kehittämiseksi. Kiinnostuksen keskeisenä kohteena on karttojen ja tietokantojen ajantasaisuusmenetelmien kehittäminen.

Kansainvälisessä projektissa vertaillaan fotogrammetristen ja laserkeilausmenetelmien käyttöä ja yhteiskäyttöä kohdealueen ja rakennusten kolmiulotteisessa mallintamisessa.

Koska automatiikka nopeuttaa ajantasaistamista, kehitetään aluepohjaisia ja tietämyspohjaisia kartoitusmenetelmiä digitaalisten kuvaaineistojen analysoimiseksi

Kaukokartoitusaineistojen automaattista tulkintaa kehitettäessä pyritään tarkastelemaan kuvalla tai pisteparvessa yhtenäisinä esiintyviä alueita yksittäisten pikseleiden sijaan. Lisäksi tulkintaprosessissa käytetään hyväksi olevia kartta-aineistoja, tulkitsijan tietämystä ja kuvien spektraalisen tiedon (heijastuneen valon spektri) sekä tilastollisia menetelmiä. Näitä on sovellettu esim. viljelykasvien tulkintaan tai metsän kasvun mittaamiseen.

NAVIGOINTI JA PAIKKATIEDON LIIKKUVA KÄYTTÖ

- **EGNOS-palvelu.** Virolahdella on vuodesta 2005 toiminut EGNOS-

asema (*European Geostationary Navigation Overlay Service*). Se parantaa navigoinnin tarkkuutta Suomessa ja sen lähialueilla, koska sen avulla voidaan saada paikannussatelliiteille tarkemmat ratatiedot ja mittausten korjaamiseen tarvittavat ilmakehämallit. Näitä paikannuksen tarkkuutta lisääviä tietoja jaetaan geostationaaristen satelliittien avulla käyttäjille. Koska Suomen sijainti on pohjoinen ja maasto peitteistä, Geodeettinen laitos on usean vuoden ajan kehittänyt paikannusmenetelmiä, joissa hyödynnetään Internetissä jaettavaa EGNOS-järjestelmän tuottamaa tietoa. Näin saadaan maassamme paikannustarkkuus paranemaan merkittävästi.

- **Mobiilit sovellutukset.** Karttojen käyttö on jo nyt ja erityisesti tulevaisuudessa dynaamista ja vuorovaikutteista. Geodeettisen laitoksen mobiiliin paikkatietosovellutusten tutkimuksen lähtökohdaksi on käyttäjakeskeisyys ja paikannuksen liittäminen oleelliseksi osaksi karttojen ja tietokantojen hyödyntämistä. Lisäksi tutkimukseen kuuluu oleellisena osana nopeat ajantasaistusmenetelmät.

PAIKKATIETOJEN PROSESSOINTI JA HALLINTA

Geodeettinen laitos toimii paikkatietoasiain neuvottelukunnassa aktiivisesti ja on laatinut yhdessä Maanmittauslaitoksen ja muiden alalla toimivien kanssa julkisen hallinnon suositukset (JHS) koordinaattijärjestelmästä (FINNREF) ja karttaprojektioista, sekä JHS-tekstilunnotukset paikkatietojen mallintamisesta ja aineistopalveluista. Tekeillä on JHS uudesta korkeusjärjestelmästä. Lisäksi laitos on osallistunut ilmakehukäyttöön liittyvien suositusten ja ohjeiden laadintaan.

Paikkatietojen yhteiskäyttöisyyttä on edistetty mm. tutkimuksella yksittäisten paikkatietoaineistojen tietomallien kuvaamista ontologian avulla. Näiden avulla voidaan aineistojen kuvaukset tehdä toisistaan riippumatta ja aineistoja voidaan myöhemmin yhdistellä automaattisesti, mikä on suuri etu paikkatietojen yhteiskäyttöä ajatellen.

Kallioperän liikkeiden ja maan sisärakenteen tutkimusta pitkän vesivaa'an avulla

Hannu Ruotsalainen

Geodeettisessa laitoksessa on kehitetty valon interferenssiin perustuvia mittalaitteita jo 1920-luvulta lähtien, jolloin Yrjö Väisälä esitti tarkan etäisyydenmittausmenetelmän. Tekniikan huimasta kehityksestä huolimatta Väisälän interferenssilaitte on yhä edelleen tarkin muuttaman sadan metrin mittausten perusviivojen mittaamisessa. Geodeettisen laitoksen mittaamia perusviivoja käytetäänkin maailman tarkimpien elektronisten etäisyydsmittareiden kalibrointiin.

Geodeettisessa laitoksessa on kehitetty myös muita valon interferenssiin perustuvia mittalaitteita. T.J. Kukkamäki esitti 1960-luvulla kilometrin mittaisen maanalaisen nestevaa'an rakentamista maanousuilmion aiheuttaman kallioperän kallistumisen tutkimukseen. Idea perustui Michelsonin ja Galen 1900-luvun alussa rakentamiin vesivaakalaitteisiin Yhdysvalloissa.

Jussi Kääriäinen rakensi Lohjan Tytyrin kaivokseen elokuvafilmille rekisteröivät 177 metriä pitkän itä-länsi- ja 62 metriä pitkän pohjois-eteläsuuntaisen vesivaa'an. Laitteet toimivat vuosina 1977–1998. Niillä havaittiin mm. maan ytimen ja vaipan toisistaan poikkeavan pyörimisnopeuden synnyttämä resonanssiaalto. Aalto löytyi analysoitaessa Auringon ja Kuun aiheuttamaa vuoksi-ilmioita. Vuoksen säännölliset muutokset näkyvät mikrometrien suuruisina kallioperän deformaatioina. Vesivaa'at havaitsevat



Markku Poutanen

Hannu Ruotsalainen säätää 5,5 metrin vesivaa'an prototyypin toista pääteastia.

myös meren ja ilmanpaineen vaihteluiden aiheuttamia kallioperän liikkeitä.

Vesivaakalaitteiston uudistaminen aloitettiin vuonna 2000 käyttämällä hyväksi sekä uutta tekniikkaa että aiempia

kokemuksia Lohjan laitteiden toiminnasta. Uusi laitteisto on modulaarinen, lähes automaattinen ja aiempaa yksinkertaisempi asentaa toimintaan. Siinä käytetään laser- ja kuituoptiikkaa, tietokoneohjattua kameratekniikkaa ja automaattista kuvantulkintaa. Jo 5,5 metrin pituinen prototyyppi on osoittanut erotuskyvyn parantuneen. Tavoitteena on päästä 30–50 metrin vaa'alla aiemman putken tarkkuuteen reaaliajassa ja havaita myös nopeita geofysikaalisia signaaleja maan rakenteessa.

Koemittauksia on suoritettu Geodeettisen laitoksen laboratoriossa – tosin laboratorion tietokoneohjattu ilmastointi on aiheuttanut havaintoihin enemmän haittaa kuin hyötyä. Etenkin maan sisärakennetutkimus vaatii lämpötilan osalta häiriöttömiä olosuhteita vuosien pituisille aikasarjoille. Laitteelle etsitäänkin 20–100 metrin syvyydellä olevaa lämpötilastabiilia vaakasuoraa kallioluolaa Lohjan kaivoksen sijaan, jossa aktiivinen kaivostoiminta räjäytyksineen ja ilmastointineen asettaa rajoituksia herkän laitteen toiminnalle. Kukkamäen 1 km:n vesivaakalaitte modernilla tekniikalla toteutettuna voisi olla myös harkinnan arvoinen asia.



Hannu Ruotsalainen

Kirjoittaja on vanhempi tutkija Geodeettisessa laitoksessa. Sähköposti hannu.ruotsalainen@fgi.fi.