

vat muutokset. Tietojen ajantasaisuus on tällaisella ylläpitomenetellyllä myös kaikkein paras.

Tärkeimmät ylläpitäjätahot tulevat olemaan Tiehallinto (yleiset tiet), Maanmittauslaitos (geometria ja yksityistiet) ja kunnat (kadut). Digiroadissa tietojen ajantasaisuus ja oikeellisuus tulee paljolti riippumaan kuntien aktiivisuudesta ja mahdollisuuksista osallistua tietojen ylläpitoon. Myöhemmässä vaiheessa myös geometria voidaan siirtää kuntien ylläpitoon. Sovittujen tietolajien ylläpito antaa kunnalle oikeuden saada kaikki omaa aluetta koskevat Digiroad-tiedot myös omaan käyttöön.

Tietojen luovutus

Digiroad-tietojärjestelmästä luovutetaan tietoja pääasiassa liikennetelematiikan tarpeita varten. Tietojen luovutuksia hallinnoidaan sopimuksilla, joissa määritellään tietojen rajaus (alue, tieluokat ja ominaisuudet), toimitustapa, päivitystiheys, käyttöehdot ja maksut. Tiedot toimitetaan siirtotiedostoina ja ne luovutetaan soveltua käyttötarkoitusta varten ja rajatuksi ajaksi.

Tiehallinto hankkii kaikkiin Digiroad-tietoihin rinnakkaiset käyttöoikeudet, jotka mahdollistavat tietojen luovuttamisen ja myynnin. Tiehallinto vastaa tietojen oikeellisuudesta, mutta ei vastaa tiedoissa mahdollisesti olevien virheiden aiheuttamista vahingoista. Tiehallinto kuitenkin korjaa korvaukset luovutetussa aineistossa todetut olennaiset virheet ja puutteet.

Hinnoittelu

Liikenne- ja viestintäministeriön, Tiehallinnon ja Digiroadin tavoitteena on ollut, että tiedot ja tietojen luovutus hinnoitellaan siten, että hinnoittelu edistää ja kannustaa palvelujen ja sovellusten kehittämistä. Sovellettava hinnoittelumalli on pääpiirteissään seuraava:

- ei-kaupallisiin tarkoituksiin peritään irrottamiskustannukset (100–2 000 euroa)
- kaupallisiin tarkoituksiin peritään irrottamiskustannukset ja lisäksi tuotteen tai palvelun liikevaihtoon perustuva vuosittainen rojaltymaksu (2,4 tai 8 %)
- rojaltymaksuille on määritelty maksimimäärät
- ylläpitovelvoitteen täyttäviltä kunnilta ei peritä maksua.

Royaltymaksuista mahdollisesti saatavat korvaukset tullaan käyttämään tietojen laadun parantamiseen.

Lainsäädäntö

Digiroad-tietojärjestelmää tukemaan on säädetty laki, joka tuli voimaan 1.1.2004.

Laissa määritellään mm. seuraavat asiat:

- tietojärjestelmän sisältö
- hallintovastuu
- perustaminen
- ylläpito
- tietojen luovuttaminen
- maksuperiaatteet
- vastuut tiedoissa mahdollisesti olevista virheistä.

Lain lisäksi vuoden alussa tuli voimaan Valtioneuvoston asetus järjestelmän tietosisällöstä sekä liikenne- ja viestintäministeriön asetus tietopalvelun ja tietojen hinnoittelusta.

Digiroad rahoitetaan julkiseksi perusrekisteriksi

Digiroadin rahoitus kootaan julkiselta sektorilta ja käytännössä LVM:n hallinnonalalta. Budjettirahoituksella toteutetaan järjestelmän suunnittelu, toteutus, tietojen keruu, järjestelmän perustaminen ja ylläpito. Digiroad tulee olemaan luonteeltaan julkinen perusrekisteri, jonka ei ole tarkoitus tuottaa voittoa ja jossa tietojen luovutuksesta saatavilla korvauksilla katetaan ainoastaan tietopalvelun ja ylläpidon aiheuttamia kustannuksia.

Digiroad-järjestelmän toteuttamiskustannukset ovat yhteensä noin 7 miljoonaa euroa vuosina 2001–2004. Järjestelmän toteutuksen rahoittavat liikenne- ja viestintäministeriö sekä Tiehallinto. Järjestelmän tekniset ylläpitokustannukset tulevat olemaan arviolta 1,2 miljoonaa euroa vuodessa.

Kirjoittaja on projektipäällikkö Tiehallinnossa ja vastaa Digiroad-hankkeesta. Lisätietoja: www.digiroad.fi.

Kirjoittajat:

**Markku Poutanen,
Ruizhi Chen,
Juha Hyyppä,
Risto Kuittinen,
Tapani Sarjakoski**

Ikää on 85 vuotta ja rapiat, mutta olo on edelleen nuorekas. Geodeettisen laitoksen nykypäivään kuuluu paljon muutakin kuin kolmiomittausta ja tarkkavaaitusta. Eivätkä tämän vuosisadan kartatkaan enää ole paperista.

Kun vasta itsenäistyneen Suomen päättäjät perustivat Geodeettisen laitoksen, tärkeimpänä tavoitteena oli saada valtakunnan koordinaattijärjestelmät ajan tasalle. Kyse ei ollut vähäisestä tehtävästä. Ensimmäisen luokan kolmiomittaus päättyi 1987, toinen tarkkavaaitus runsasta vuosikymmentä aikaisemmin, ja painovoiman peruskartoitus oli sekin ollut puolivuosisatainen urakka. Mittausten tuloksena syntyivät niin kansallinen ED-50-koordinaattijärjestelmä, korkeusjärjestelmä N60, kuin monille tuntemattomampi kansallinen painovoimaverkko. Silloinen Maanmittaushallitus loi ED-50-järjestelmän

GEODEETTINEN LAITOS

– perinteitä ja nykyaikaa



*Finnish Geodetic Institute, University of Hanover,
Federal Agency for Cartography and Geodesy, National Survey and Cadastre- Denmark,
National Land Survey of Sweden, National Land Survey of Finland*

perusteella yhä käytössä olevan kartastokoordinaattijärjestelmän. Tämä on nyt korvautumassa uudella EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmällä, joka sekin on mitattu Geodeettisessa laitoksessa. Pian muuttuvat myös korkeudet.

Tämä on kuitenkin vain osa Geodeettisen laitoksen työstä. Laitoksen neljästä osastosta *geodesian ja geodynamiikan osasto* vastaa valtakunnan koordinaattijärjestelmien lisäksi geodesian perustutkimuksesta ja metrologiasta. *Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen osastossa* tehdään satelliitti- ja ilmakuviin, laser-skannaukseen ja karttojen tarkkuuteen liittyviä tutkimuksia. *Geoinformatiikan*

GiMoDig-projektissa on rakennettu testiympäristö, joka mahdollistaa paikkatietoaineistojen haun eri maista, aineistojen tosiaikaisen tietomalli- ja koordinaatistomuunnoksen sekä vektoripohjaisen yleistetyn karttakuvan esittämisen mobiililaitteilla.

ja kartografian osastossa tutkitaan paikkatiedon hallintaa, käyttöä, analysointia ja visualisointia ja *navigoinnin ja paikannuksen osastossa* satelliittien avulla tehtävää reaaliaikaista paikannusta, navigointia ja kinemaattisia kartoitusmenetelmiä. Geodeettisesta laitoksesta onkin kehittynyt monipuolinen kartastoalan tutkimus- ja asiantuntijalaitos.

Kartat ja korkeudet uudistuvat

Geodeettinen laitos perusti 1990-luvun puolivälissä kahdentoista pysyvän GPS-aseman verkon, joka on EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmän perusta. Osa asemista



Virolahden RIMS-asetalla on kolme satelliittiantennia vastaanottimiseen ja Suomen pysyvän GPS-verkon antenni. Ympäröivä aitaus on radioheijastusten välttämiseksi rakennettu kokonaan puusta.

kuuluu kansainvälisiin verkkoihin. Tätä kautta saamme yhteyden sekä maailmanlaajuisiin että eurooppalaisiin järjestelmiin. Vuosina 1996–1997 mitattiin sata ensimmäisen luokan kolmioverkon pistettä uudelleen GPS:n avulla. Nämä muodostavat Suomen EUREF-FIN-peruspisteistön. EUREF-FIN on yhteensopiva yleiseurooppalaisen ja GPS:n käyttämän koordinaatiston kanssa.

Yhdessä Maanmittauslaitoksen kanssa on mitattu satoja pisteitä käsittävä tiheynys, jonka avulla on laskettu yli maan ulottuva muunnos kartastokoordinaattijärjestelmän ja EUREF-FINin välille. Työn tulokset on julkaistu Julkisen hallinnon suosituksissa 153 ja 154. Karttoihin uudistus ehtii sitä mukaa kun Maanmittauslaitos uudistaa karttoja.

Suomen korkeusjärjestelmä N60 on laskettu vuoden 1960 korkeuksien ja Helsingin keskiveden mukaan. Pohjanlahden rannikolla maa on tuosta ajanhetkestä kohonnut noin 40 senttimetriä, Kaakkois-Suomessa vajaat 10 cm. Merivesikin on noussut viitisen senttimetriä. Kun kolmas

valtakunnallinen tarkkavaaitus päättyy tänä vuonna 26 vuoden uurastuksen jälkeen, voidaan uudet maannousuluvut laskea ja luoda uusi korkeusjärjestelmä. Maamme karttalaitosten ja suurimpien käyttäjäryhmien edustajista koottu työryhmä pohtii vuoden 2004 kuluessa, mitä uudessa korkeusjärjestelmässä on otettava huomioon. Yhteydet naapurimaihin ja eurooppalaisiin järjestelmiin ovat jo olemassa; viimeksi kesällä 2003 yhdistettiin Suomen ja Venäjän korkeusverkot.

Avaruuden ääristä maan syvyyksiin

Koordinaatistojen luontiin ja ylläpitoon eivät pelkät GPS-havainnot tai vaaitukset riitä. Tarvitaan myös muita havaintomenetelmiä ja tieto siitä, kuinka maankuori liikkuu. Maannousu on tästä oivana esimerkinä.

Metsähovin observatoriossa Kirkkonummella on 1970-luvun puolivälistä toiminut satelliittilaser, jolla Maata kiertävien satelliittien ratoja voidaan mitata senttimetritarkkuudella. Tänä vuonna

aloitetaan myös VLBI-havainnot yhteistyössä Teknillisen korkeakoulun Metsähovin radiotutkimusaseman kanssa. Metsähovin radioteleskoopilla havaitaan satojen miljoonien valovuosien päässä olevia radiolähteitä, kvasaareja. Kun havainnot yhdistetään eri puolilla maapalloa tehtävien vastaavien mittausten kanssa, voidaan seurata mannerlaattojen vuotuis-ta liikettä ja määrittää maapallon asento avaruudessa. Tietoa tarvitaan vaikkapa GPS-satelliittien ratojen seurannassa.

Painovoima ja painovoiman muutosten tunteminen on tullut yhä tärkeämmäksi. Syynä on GPS – kuinkas muuten. GPS mittaa etäisyyksiä Maan keskipisteestä, vaaituksella saadaan korkeudet merenpinnan suhteen. Merenpinnan kuvitteellinen jatke mannerten kohdalla on nimeltään geoidi. Sen laskemiseksi tarvitaan painovoimahavaintoja. Kun geoidi tunnetaan, voidaan GPS-korkeudet muuttaa N60:n mukaisiksi korkeuksiksi. Paikallisen painovoiman lisäksi tarvitaan myös globaaleja havaintoja. Siksi Geodeettinen laitos on mukana Maata kiertävien painovoimasatelliittien tutkimusprojekteissa.

Metsähovissa on Suomen painovoiman peruspiste. Painovoima mitataan pudotuskokeeseen perustuvalla absoluut-



© H. Toivanen

tigravimetrilla. Muutoksia puolestaan seurataan suprajohtavalla gravimetrilla, jonka herkkyys on niin suuri, että se havaitsee muutaman metrin päässä olevan henkilön aiheuttaman muutoksen painovoimassa. Toisella puolella maapalloa tapahtunut suuri maanjäristys saa koko maapallon soimaan kuin äänirauta, ja aaltoliike voi näkyä päiväkausia. Suprajohtava gravimetri auttaa selvittämään Maan sisäistä rakennetta ja siellä tapahtuvia ilmiöitä.

Vuosien 2003 ja 2004 vaihteessa kaksi Geodeettisen laitoksen tutkijaa vieraili Etelämantereella Suomen Aboa-asemalla. Aboalla on vuoden toiminut pysyvä GPS-asema, ja painovoimaa on mitattu jo kolmasti. Etelämanner on kuin suuri ulkoilmalaboratorio, jossa näemme, mil-laista Suomessa oli 15 000 vuotta sitten. Painovoiman ja jäätikön muutoksia seuraamalla voidaan toivottavasti selvittää, mitä jäätiköille ja ilmastollemme tulevaisuudessa tapahtuu.

Satelliitit auttavat navigoimaan

Ihminen on vuosituhansia käyttänyt tähtitaivasta suunnistaakseen aavalla merellä, mutta vain harvat ja valitut ovat hallinneet tämän taidon. Nykyisin



© M. Karjalainen

Puuston mittausta Kalkkisissa.

navigointi perustuu satelliittien käyttöön, ja kuka tahansa pystyy navigoimaan GPS-vastaanottimen avulla. Muutaman vuoden kuluttua avuksi tulee myös eurooppalainen GALILEO-järjestelmä.

Geodeettinen laitos aloitti navigointimenetelmien tutkimuksen vuonna 2001. Tutkimus- ja kehitystyötä tarvitaan, jotta voisimme hyödyntää uuden teknologian suomat mahdollisuudet. Ensimmäisenä hankkeena rakennettiin yhdessä Euroopan avaruusjärjestön kanssa Virolahdelle RIMS-satelliittiasema (Ranging and Integrity Monitoring Station). Sen avulla testataan tulevan GALILEO-järjestelmän tiedonjakelua käyttäjille. Myöhemmin asema korvataan operatiivisella asemalla ja näin saadaan Suomen alueella käyttöön keskimäärin 2 m:n paikannustarkkuus.

Samanaikaisesti aseman rakentamisen kanssa on alettu kehittää menetelmiä, joissa Internetin avulla käyttäjille jaetaan paikannuksessa tarvittavia korjaustietoja. Pohjoisen sijaintimme, maaston muotojen, puuston ja rakennusten vuoksi geostationääriset satelliitit eivät näy kaikkialla, joten niiden kautta jaettava korjaustieto ei saavuta kaikkia käyttäjiä. GALILEO:n EGNOS-kokeilujärjestelmän (European Geostationary Navigation Overlay Service) korjaustietojen lähettäminen Internetin välityksellä on osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi. Erityisesti kehitystyön kohteena ovat olleet autojen ja veneiden paikantamismenetelmät. Testit ovat osoittaneet, että liikkuvan auton paikka voidaan määrittää noin 2 m:n tarkkuudella kaikkialla Suomessa.

Laser mittaa tarkasti

Viime vuosina fotogrammetristen mittausten rinnalle ovat tulleet laserkeilaukset. Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osastossa tutkitaan mm. laserkeilauksen laatua ja suorituskykyä, fotogrammetrian ja laserkeilauksen yhdistämistä sekä metsätalouden sovelluksia.

Toukokuussa 2003 Toposys GmbH toteutti Geodeettisen laitok-



© P. Häkkl

Historiallinen mittaus. Suomen ja Venäjän korkeusverkot yhdistetään toisiinsa.

sen tilaaman laserkeilauslennon Sannan alueelle. Yhden päivän aikana mitattiin 130 km²:n kokoiselle alueelle yli 850 miljoonaa pistettä, 80 000 mittausta sekunnissa. Geoinformatiikan ja kartografian osastolla laserkeilaukseen perustuvaa korkeusmallia käytetään vertausaineisto-

entinen OEEPE) koetyötä Building Extraction. Koetyössä tehdään rakennusten vektorointi fotogrammetrisin ja laserkeilauksen menetelmin. Koalueita on neljä, joista kolme sijaitsee Suomessa ja yksi Ranskassa ja ne kattavat erilaisia rakennettuja ympäristöjä. Projektiin osallistuu yli 20 laitosta tai tutkimusryhmää. Rakennusten vektorointi tehdään käyttäen puoli-automaattisia fotogrammetrisia menetelmiä, laserkeilausta tai aineistot yhdistäviä hybridimenetelmiä.

Vuonna 2003 kehitettiin yhdessä TKK:n kanssa menetelmä eriaikaisen laseraineistojen käytöstä puiden pituuskasvun määrittämiseen. Puiden pituuskasvu voitiin määrittää n. 15 cm:n tarkkuudella koelalle ja 2–5 cm:n tarkkuudella kuviolle. Menetelmä sopinee jatkossa jopa yksittäisen puun pituuskasvun määrittämiseen.

Laatua testikentillä

Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osaston yksi tärkeimmistä tehtävistä on uusien kaukokartoitusaineistojen ja -menetelmien suorituskyvyn analysointi ja optimointi testikenttien avulla. Osastolla on yhteistyökumppaneidensa kanssa lähes kymmenen erilaista testikenttää ympäri Suomea, mm. Seinäjoella, Kalkkisissa, Sannan tissa, Turussa ja Espoossa.

Sjökullan fotogrammetrista testikenttää Kirkkonummella voidaan käyttää ilmakehän geometrisen ja radiometrisen laadun sekä spatiaalisen erotuskyvyn arviointiin.



© M. Takalo

Vaaituslattojen ja digitaalisten vaaituskojeiden kalibrointiin kehitetty täysautomaattinen laitteisto on osa Geodeettisen laitoksen kansallista mittanormaali-laboratoriotoimintaa.



© H. Ruotsalainen

Suurimittakaavainen n. 1 km² :n laajuinen geometrinen testialue koostuu 45 pyöreästä signaalista, joiden sijainti tunnetaan 1–2 cm:n tarkkuudella. Testikentällä on myös sepelistä tehtyjä kuvioita kuvien erotuskyvyn arvioimista varten (viivanleveydet 0,03–1,5 m) sekä harmaakiila kuvien sävyarvojen kalibrointiin. Sjököllan testikenttää käyttävät suomalaiset ilmakuvaustrytykset kuvauskauden alussa ja lopussa järjestelmien suorituskyvyn arviointiin. Maanmittauslaitoksen ilmakuvakeskus käyttää testikenttää myös suorapaikannusjärjestelmän kalibrointiin.

Kohti paikkatietojen mobiilikäyttöä

EU:n Information Society Technologies (IST) -ohjelmaan kuuluvassa GiMoDig (Geospatial info-mobility service by real-time data-integration and generalisation) -projektissa tutkitaan paikkatietojen välittämistä tietoverkoissa mobiilikäyttöä varten. Pää tavoitteena on eri lähteistä tulevien paikkatietojen yhdistäminen ja tosiaikainen yleistys. Geoinformatiikan ja kartografian osasto toimii tämän EU-rahoitteen projektin koordinaattorina, ja muina osapuolina ovat Hannoverin yliopisto sekä Saksan, Tanskan, Ruotsin ja Suomen maanmittauslaitokset. Marraskuussa 2001 käynnistyneen hankkeen kesto on 3 vuotta ja laajuus 19 henkilötyövuotta.

Geodeettisen laitoksen palvelimelle rakennetussa testiympäristössä voidaan hakea eri maiden maastotietokannoista paikkatietoa, suorittaa koordinaatistomuunnos kansallisista järjestelmistä

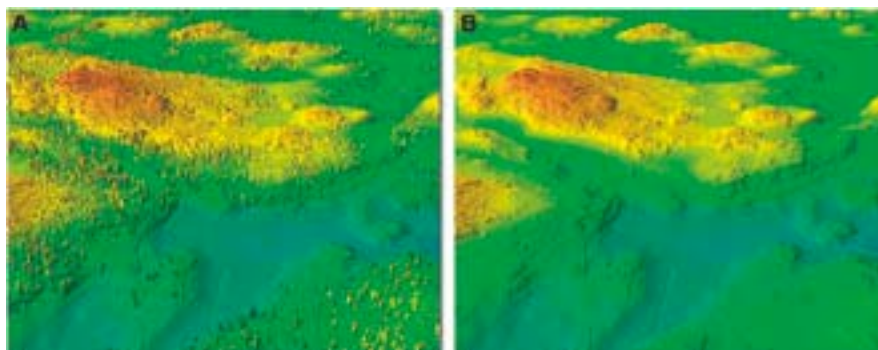
EUREF-pohjaiseen koordinaatistoon, integroida tiedot eri maiden raja-alueilla, ja lopulta yleistää ja visualisoida tulos vektoripohjaisena korkealaatuisena karttana – kaiken tämän tapahtuessa tosiaikaisesti. Työ on ollut esillä EuroGeographicsin 'EuroSpec'-projektin kokouksissa ja se on herättänyt siinä määrin mielenkiintoa, että tuloksia on päätetty hyödyntää EuroGeographicsin käynnistämässä Euroopan laajuisessa harmonisointityössä.

Hankkeeseen osallistuvat maanmittauslaitokset ovat toteuttaneet koetyössä tarvittavat paikkatietokantojen rajapinnat OpenGIS-konsortion Web Feature Service-määrittelyn mukaisesti. Web-pohjainen arkkitehtuuri mahdollistaa paikkatietojen välittämisen tosiaikaisesti kunkin maan perusmaastotietokannoista. Muutenkin projektissa on otettu käyttöön monia yhteiskäyttöisyyden menetelmiä, joiden

Painovoimamittauksia maannousu-painovoimalinjalla. Pohjoismaisena yhteistyönä aina 1960-luvun puolivälistä toistetuilla mittauksilla tutkitaan maannousun ja painovoiman muutoksen välistä yhteyttä.

erilaisille käyttäjille ja eri käyttötilanteisiin. Lisätietoja löytyy projektisivuilta <http://gimodig.fgi.fi/>.

Risto Kuittinen on Geodeettisen laitoksen ylijohtaja, Markku Poutanen Geodesian ja geodynamiikan, Ruizhi Chen Navigoinnin ja paikannuksen, Juha Hyyppä Kaukokartoituksen ja fotogrammetrian ja Tapani Sarjakoski Geoinformatiikan ja kartografian osaston osastonjohtaja.



käyttöönottoa Geodeettinen laitos pyrkii edistämään. Kartografian osalta projekti on keskittynyt käyttöliittymätutkimukseen ja hyvien visualisointimenetelmien löytämiseksi mobiililaitteita varten. Laitteille välitettävien karttojen ulkoasu ja sisältö mukautuvat automaattisesti

Sammatin alueen laserkeilaus esitettyinä perspektiivikuvana puuston kanssa ja ilman puustoa.