



Mikko Takalo

Joensuun kaupungin mittauksessa v. 2005 mitattiin myös palokunnan letkutornissa olevan RTK-tukiaseman paikkaa.

**Martin Vermeer ja Mikko Takalo**

Otaniemen maanmittarit ovat jo vuosikymmeniä olleet mukana kartoittamassa Suomea kunta kerrallaan. Aalto-yliopiston geodesian professori Martin Vermeer ja korkeudenmäärityksen asiantuntija Mikko Takalo antavat persoonallisen kuvan geodesian maastoharjoituksista ja niiden järjestämisestä.

## Maanmittaus on mittaamista!

**AINAKIN YHTÄ KAUA**n kuin maanmittaus on ollut opetusalanana olemassa TKK:lla, vuodesta 1908 lähtien, ovat maastoharjoitukset kuuluneet opiskeluun. Onhan maanmittaustiede empiirinen tieteenala! Ja maanmittaustieteen perinteisin ja empiirisin ala on geodesia, **Friedrich Helmertin** määritelmän mukaan ”Maan pinnan mittauksen ja kartoituksen tiede” (Torge, 1980), geotiede muiden joukossa.

Tässä emme aio kuvailla TKK:n maanmittarien eri kenttäharjoitusten koko historiaa; siihen sopisi paremmin kirja kuin artikkeli. Kerromme vain geode-

sian maastoharjoituksista, kuten ne ovat viimeisen kymmenen vuoden eli MV:n professuurin aikana toteutuneet.

Kun liikkuu Suomessa TKK-maanmittareiden piireissä ja keskustelee kaupungingeodeettien kanssa, huomaa, miten he määrittävät itseään opiskeluaikansa maastoharjoituksen kautta. ”Niin, olin mukana Jyväskylässä.” Se on asia joka muistetaan, monelle ensimmäistä kertaa olla mukana suuressa maanmittausalan tuotantokokonaisuudessa. Ja jokaisella on harjoituksista ”intiaanitarinoita” kerrottavana. ”Ja kiltahuoneeseen ilmaantui

jossain vaiheessa maanmittausalaan liittyvä kadunnimikyltti, jonka muistin (MV) nähneeni asiakaskunnassa aiemmin sinä vuonna...”

Kun tulin (MV) taloon v. 2000, maastoharjoituksiin osallistuivat vain mittaus- ja kartoitustekniikan opiskelijat, kun aiemmin kaikki maanmittausopiskelijat olivat mukana. Pienemmän opiskelijamäärän vuoksi harjoitukset järjestettiin vain joka toinen vuosi; se riitti siihen, että jokaisella oppilaalla oli hyvä mahdollisuus osallistua ennen valmistumistaan. Maastoharjoituksen kesto oli pari työviikkoa, siten, että ensimmäinen maanantai ja viimeinen perjantai olivat matkustuspäiviä. Mittauksen kohde oli yleensä jokin Suomen kunta, jonka kanssa oli tehty sopimus kunnan runkoverkon uudelleen mittaamiseksi, käyttäen useita eri mittausmenetelmiä. Viime vuosina päätehtävänä on yleensä ollut runkoverkon uudelleen mittaus GPS-laitteilla, osana kunnan siirtymistä uuteen EUREF-FIN-pohjaiseen koordinaatistoon.

### Käytännön järjestelyt

Maastoharjoituksen järjestäminen alkaa yleensä yhteydenotolla kaupungingeodeettiin, tai kaupungingeodeetin yhteydenotolla meihin. Tässä on syytä muistaa,

että Suomessa kaupungingeodeetit ovat yleensä TKK:n Maanmittausosaston kasvatteja ja he tietävät minkälaista asiantuntemusta saa, jos antaa meidät hoitaa homman. Aikanaan ei puhuttu edes sen kummemmin rahasta; opiskelijoille mittaus oli opintosuoritus, osa koulun opetustoimintaa johon ainakin osin oli jo rahoitus olemassa. Maailma on muuttunut ja nykyisin joudumme puhumaan merkittävästä rahasta, ja kunta joutuu budjetoimaan ja jopa kilpailuttamaan sitä; kuitenkin olemme hintaluokalla 30k€ edelleen kilpailukykyisiä konsulttitoimistojen kanssa, jos katsotaan mitä osaamme.

Pikkusalaisuutena kerrottakoon, että mainitut konsulttitoimistot joskus soittavat meille, jos joku epätavallisen hankala kenttämittauksen tai -laskennan tai koordinaattijärjestelmien teoreettinen pulma tulee eteen... ja yritämme vastata, onhan asiantuntijuus kunnia-asiamme.

Sopimuksessa kunta hoitaa majoituksen, laskentakeskuksen ja paikan mihin varastoimme laitteet ja missä lataamme akut. Laskentakeskus koostuu muutamasta PC:stä, joihin päivittäiset mittaukset siirretään ja joilla suoritetaan tarkastuslaskennat ja varmuuskopioinnit. Kunta järjestää myös rekognosointiapua kun

### VIIME VUOSIKYMMENEN MAASTOHARJOITUKSET:

- 2001 Kajaani
- 2003 Lappeenranta
- 2005 Joensuu
- 2007 Uusikaupunki
- 2009 Klaukkala

**Kajaanin mittaus oli ensimmäiseni (MV) eli koepulla. En väitä, että se olisi syy, miksi kaupungin runkoverkon sidos EUREF-FIN-järjestelmään oli aluksi heikko, kuten testimitaukset osoittivat; onneksi huolellinen uudelleenlasku käyttäen kaikki kolme mitattua EUREF-FIN-pistettä toi huomattavaa parannusta. Haluamme tyytyväisiä asiakkaita.**

**Klaukkalan mittauksesta on kerrottava, että se oli improvisoitu ratkaisu, kun emme onnistuneet saamaan kuntapuolelta sopimusta. Päätimme mitata harjoitukseksi vanhaa Klaukkalan testikenttäämme; samalla kokeiltiin myös muutama menetelmää epäkeskisen GPS-mittauksen suorittamiseksi pisteisiin, joiden näkyvyys satelliitteihin oli heikko. Onneksi meillä oli hieman ylimääräistä rahaa käytettävissä saman vuoden Turun alueen koordinaattikonserktion konsulttityöstä (Järvinen 2009).**



**TKK:n mittausporukasta geodeettisen "choke ring" -antennin vieressä Uudessakaupungissa kerrottiin Uudenkaupungin Sanomissa toukokuussa 2007.**

edellisenä syksynä pieni etujoukkue tulee tarkastamaan mitattavat pisteet, ja huolehtii näkyvyydestä esim. kaatamalla puita.

Sopimuksessa mainitsematon asia on perinteisesti ollut kunnan järjestämä, nautinnollinen sauna-ilta. Perinteisiin on myös kuulunut artikkeli paikallisessa lehdessä.

## GPS-mittaus

Nykyisin mittauksen pääroolissa on GPS-runkomittaus: mitataan n. 20, yleensä kolmannen tai neljännen luokan, kunnan runkopistettä staattisella kaksitaajuuskantaalatomittauksella. Meillä on omasta takaa kuusi GPS-laitetta, *Ashtech Z12*-tyyppisiä; Geodeettiselta laitokselta lainataan ns. Choke Ring -GPS-antenneja, jollaisia on tapana käyttää tarkoissa geodeettisissa mittauksissa. Jokaisessa mittaussessiossa, joka on joko aamu- tai iltapäiväsessio, on yhteensä kuusi laitetta mittaamassa yhtä aikaa. Verkko on suunniteltu siten, että on kunnan redundanssia ja yksittäisistä huonoista mittauksista ei ole haittaa. Pistekentän tarkkuudeksi saadaan nykyisin sentti tai paremmin, mutta pystysuunnassa hieman enemmän. EUREF-sidoksen tarkkuus voi olla muutama sentti.

Perinteisesti olemme sitoneet kunnan GPS-verkon Suomen EUREF-FIN-verkoon käyttämällä Geodeettisen laitoksen EUREF-FIN-tihennysverkon pisteitä, jotka kuuluvat E1- tai E1b-luokkaan. Nykyisin olisi käytettävissä myös Maanmittauslaitoksen E2-pisteet, jopa 2 000 (JHS 153); vaikka tarkkuus ei olisi samaa luokkaa, ne usein ovat kuitenkin niin paljon lähempänä mittausaluetta, että niiden käyttö on suositeltavaa. Se on myös verkkohierarkian mukainen. Tähän saakka olemme käyttäneet lähimmät kolme EUREF-FIN-pistettä, käyttäen E2- ja E3-pisteitä vain tarkistukseen. Mittausajaksi EUREF-pisteissä valitaan aina kokonainen työpäivä, kaksinkertaisella redundanssilla.

## Muut mittausmenetelmät

Korkeudenmittaus kuuluu myös ohjelmaan; kunnan korkeusrunkopisteet sijaitsevat usein eri paikoissa kuin mitattavan verkon runkopisteet. Näin joudutaan suorittamaan sidosvaaituksia pistekenttien yhdistämiseksi, jotta kolmiulotteinen muunnoskaava vanhan (kkj ja N60) ja uuden (EUREF-FIN) järjestelmän välillä voidaan johtaa.

Korkeudenmittaus suoritetaan tasaisessa maastossa digitaalivaaituksena, jossa automaattivaaituskojeen kanssa käytetään viivakoodilattaa; lukemat saadaan digitaalisesti ja tallennetaan muistikorttiin, sekä varmuuden vuoksi mitatut korkeuserot myös havaintokirjaan – mikä kokemuksesta on osoittautunut viisaaksi varoitoimenpiteeksi. Mittauksen aikana mitataan myös ilman pystysuunnan lämpötilagradientti sitä varten rakennetulla differentiaalilämpömittarilla. Laitteessa on kaksi lämpöherkkää vastusta sauvasa kahdella eri korkeudella Auringosta suojattuna. Vaaitusrefraktio korjataan Kukkamäen menetelmän mukaisesti.

Maastossa jossa korkeuserot ovat suuria, tai kun mitataan vesitornin tai kerrostalon kattopisteen korkeus, käytetään trigonometrista vaaitusta. Menetelmä ("tarkka trigo") ja laitteisto on MT:n kehittämä ja koostuu kahdesta tarkkuusteodoliittista, joiden välillä on radiomodeemiyhteys. Mittauksen periaatteena on samanaikainen vastakkainen pystykulmamittaus, jolloin refraktion vaikutus eliminoiduu, sekä teodoliittien välinen vinoetäisyyden mittaus, joka tehdään teodoliittiin kiinnitettävällä elektronisella *Distomat*-etäisyysmittarilla. Kaikki mittaustiedot kerätään ilma- ja kaapeliteitse yhdelle kenttämikrolle, joka jo kentällä tarkistaa mittausarvojen oikeellisuuden (Takalo ja Rouhiainen 2006).

Sopiva mittausmenetelmä tiheästi rakennetulla keskikaupunkialueella, jossa GPS-mittaus on hankala näkyvyysesteiden vuoksi, on monikulmiojonomittaus takymetrillä. Tätä mittaustyyppiä käytettiin esim. vuonna 2007 Uudessakaupungissa, jolloin tutustuin (MV) myös ensimmäistä kertaa ns. haarukkapisteisiin (kiitos **Jaako Santala!**). Joskus on suoritettu tarkka perusviivamittaus Mekometrilaitteistolla, kuten v. 2003 Lappeenrannan lentokentällä, myös maastoharjoitusten veteraani, tri Santalan toimesta. Harvalla kaupungilla on nykyisin enää pituusperusviivaa.

## Työnjako ja raportointi

Kenttäharjoituksen henkilökunta koostuu vakio- ja tilapäishenkilökunnasta. Tilapäishenkilökuntaa on esim. Geodeettisen laitoksen väki, jota lainataan suorittamaan tarkkavaaituksia ja trigonometrisia korkeudenmittauksia; ja edistyneet opiskelijat, jotka toimivat GPS-retkikuntien vetäjinä. Yksi edistynyt opiskelija, usein

diplomityöntekijä, on laskentakeskuksen vetäjä ja loppuraportin laatija. Loppuraportin aineisto on samalla diplomityön lähtöaineistona. Loppuraportin kanssa luovutetaan toimeksiantajalle myös kerätty raakadata ja sen käsittelyn vaiheet digitaalisina, sekä mahdollisesti (pyynnöstä) ohjeet ja neuvot kunnan siirtämiseksi EUREF-FIN-koordinaatistoon.

Mittaukseen osallistuvat opiskelijat, n. 20–25, kiertävät harjoituksen aikana ryhmästä toiseen ja näin tutustuvat kaikkiin mittausmenetelmiin sekä laskenta-toimintaan.

**Martin Vermeer on geodesian professori ja Mikko Takalo korkeudenmäärityksen asiantuntija Aalto-yliopiston teknillisessä korkeakoulussa. Sähköposti [martin.vermeer@tkk.fi](mailto:martin.vermeer@tkk.fi) ja [mikko.takalo@fgi.fi](mailto:mikko.takalo@fgi.fi).**

## VIITTEET

- Wolfgang Torge (1980): *Geodesy*, an introduction. Walter de Gruyter, Berlin – New York.
- Julkisen Hallinnon Suositus 153: ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS153/JHS153.pdf>.
- Mikko Takalo ja Paavo Rouhiainen (2006): On Digital Levelling Technique Applied in Water Crossing. FIG paper, [www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts53/ts53\\_03\\_takalo\\_rouhiainen\\_0507.pdf](http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts53/ts53_03_takalo_rouhiainen_0507.pdf).
- Jaakko Järvinen (2009): Turun seutu saa uuden koordinaattijärjestelmän. Paikkatietoikkuna, [www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/pos\\_2\\_2009\\_turun-seutu-saa-uuden-koordinaattijarjestelman](http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/pos_2_2009_turun-seutu-saa-uuden-koordinaattijarjestelman).