

OPINNÄYTETYÖ
JOUNI-MATTI ROPPONEN 2013

KARTOGRAFIA SUOMESSA



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

MAANMITTAUSTEKNIikka

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

KARTOGRAFIA SUOMESSA

Jouni-Matti Ropponen

2013

Ohjaaja Pasi Laurila

Hyväksytty _____ 2013 _____

Tekijä Jouni-Matti Ropponen Vuosi 2013

Työn nimi Kartografia Suomessa

Sivu- ja liitemäärä 40 + 1

Kartografia Suomessa -opinnäytetyö tutkii kartografian historiaa ja nykyhetkeä. Opinnäytetyö on kirjoitettu käyttäen apuna aiheesta aikaisemmin kirjoitettua kirjallisuutta. Kartografia Suomessa alkaa 1600-luvulta. Kartastotyö on aloitettu Ruotsin vallan ajalla ja se jatkuu Venäjän vallan ajan kautta itsenäisyyden aikaan ja nykypäivään. Kartastojen sitomisessa ympäristöönsä on käytetty runkomittauksia. Runkomittauksia on toteutettu kolmiomittauksella, tähtitieteellisellä mittauksella ja satelliittiteknologian avulla. Runkomittaukset aloitettiin jo Ruotsin vallan aikana. Itsenäisyyden alkuaikana runkomittaukset annettiin Geodeettisen laitoksen tehtäväksi.

Mittaamis- ja kartoitusmenetelmät ovat vaihdelleet ja kehittyneet. Aluksi Ruotsin vallan aikana käytettiin graafista menetelmää mittapöydällä mitaten. Venäjän vallan aikana käytettiin myös koordinaatti- eli viittalinjamittausta. Teodoliitit ilmestyivät jo Venäjän vallan aikana, mutta ne olivat vielä kalliita ja harvinaisia. Kulmaprismat yleistyivät 1800-luvun lopulla. Itsenäisyyden aikana alettiin käyttää mittauksissa apuna ilmakehuvausta ja stereokartoitusta. Eri menetelmiä on ollut yhtä aikaa käytössä. Olemassa olevia karttoja on käytetty uusien kartastojen teossa apuvälineenä.

Nykyään käytännön kartastotyö perustuu pääasiassa maastotietokantaan ja fotogrammetriaan. Opinnäytetyön tuloksena on syntynyt tiivis kronologinen raportti kartografiasta ja sen historiasta Suomessa.

Avainsanat: Kartografia, mittapöytä, kolmiomittaus, runkomittaus, peruskartoitus, maastotietojärjestelmä, geoinformatiikka

Author	Jouni-Matti Ropponen	Year	2013
Subject of thesis	Cartography in Finland		
Number of pages	40 + 1		

This thesis discussed about the history and the present time of cartography. The objective of the thesis was to describe cartography and its development in Finland in the 14th and 21st centuries. In addition, the objective was to produce a chronological report about the time period in question. The goal was to be as logical and informative as possible.

The background of this thesis was the earlier literature that has been written about cartography in Finland. The books were written between 1933 and 2013. The Internet sources were also used. This thesis was an overview about the methods and instruments that have been used in cartography during the history of Finland.

Cartography in Finland was started in the 14th century when the first maps were made. The maps became more accurate and they were made for military purposes and for land surveying administration. The plane table survey method was in place and later land surveyors operated with the coordinates. In the 20th century maps became common and available for everybody. Aerial photography, the GPS surveying and stereo mapping were introduced. The existing maps were used as a guideline while making the new maps. Nowadays cartography is based on the topographic database and photogrammetry.

Key words: cartography, triangulation, photogrammetry, geoinformatics

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 KARTOITUS RUOTSIN VALLAN AIKANA	2
2.1 ENSIMMÄISET KARTAT	2
2.2 MAANJAKO RUOTSIN VALLAN AIKANA	3
2.2.1 <i>Sarkajako</i>	3
2.2.2 <i>Isojako</i>	3
2.2.3 <i>Uusjako</i>	4
2.3 RUOTSIN VALLAN AJAN MITTAUSTAPOJA	4
2.3.1 <i>Ensimmäiset mittaukset</i>	4
2.3.2 <i>Graafinen mittaus eli mittapöytämittaus</i>	6
2.3.3 <i>Kolmiomittaus</i>	8
2.4 RUOTSIN VALLAN AJAN KARTOITUKSET	10
2.4.1 <i>Maanmittaustoimitusten kartat</i>	10
2.4.2 <i>Suurimittakaavaiset kartat</i>	10
2.4.3 <i>Maantieteelliset kartat</i>	11
3 KARTOITUS VENÄJÄN VALLAN AIKANA	15
3.1 VENÄJÄN VALLAN AJAN MITTAUKSIA	15
3.1.1 <i>Autonomian ajan kartoitus</i>	15
3.1.2 <i>Venäjänsotilaalliset kartoitukset Suomessa</i>	16
3.1.3 <i>Koordinaatti- eli viittalinjamittaus</i>	17
4 KARTOITUS ITSENÄISYYDEN AIKANA	20
4.1 PERUSKARTOITUKSESTA KARTOITUKSEN NYKY-YMPÄRISTÖÖN	20
4.1.1 <i>Peruskartoitus</i>	20
4.1.2 <i>Geoinformatiikka</i>	22
4.1.3 <i>Maastotietojärjestelmä</i>	23
4.1.4 <i>Maastotietokanta</i>	23
4.1.5 <i>Istumakivi</i>	24
4.1.6 <i>INSPIRE-direktiivi</i>	26
4.1.7 <i>Kartoitettujen kohteiden tarkkuus</i>	26
4.1.8 <i>Korkeusjärjestelmät</i>	28
4.1.9 <i>Koordinaattijärjestelmät</i>	28
4.2 ITSENÄISYYDEN AJAN MITTAUSMENETELMÄT	29
4.2.1 <i>Runkomittaus</i>	29

4.2.2 Ilmakuvaus.....	31
4.2.3 Fotogrammetrinen pistetihennys eli ilmakolmiointi.....	31
4.2.4 Stereokartoitus.....	32
4.2.5 Satelliittimittaus.....	34
5 POHDINTA.....	36
LÄHTEET.....	38
LIITTEET.....	41
<i>Liite 1</i>	41

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni esittelen kartografian historiaa ja nykypäivää. Aluksi esittelen Ruotsin vallan ajan kartastotyötä, josta siirryn tarkastelemaan Autonomian ajan kartoitusta. Suomen itsenäisyyden ajalta esittelen mm. kartastokuvan kehittymistä ja erilaisia mittaustekniikoita ja menetelmiä. Lopuksi tarkastelen nykypäivän kartastotyötä kuten maastotietokantaa ja stereokartoitusta.

Kiinnostuin kartastotyöstä ollessani harjoittelussa Seinäjoella Pohjanmaan maanmittauslaitoksella kesällä 2012. Työskentelin kartoittajana maasto- ja rajatietoprosessissa. Työni oli pääosin stereokartoitusta. Työskennellessäni mielenkiintoni maanmittauksen ja erityisesti kartoitustyön historiaa kohtaan kasvoi.

Opinnäytetyössäni olen käyttänyt lähdeaineistona yleisimpiä kartografian historiaa ja kehitystä käsitteleviä teoksia. Vanhin teos oli 1930-luvulta ja uusimmat 2000-luvulta. Työtäni varten olen myös keskustellut Lapin maanmittaustoimistolla kartastopäällikkö Jouni Keskinarkauksen kanssa, jolla oli runsaasti tietoa kartografian historiaan liittyen.

Maanmittauksen historia on mielestäni tutustumisen arvoinen asia jokaiselle maanmittausalalla työskentelevälle. Samalla aihe antaa aivan uuden näkökulman Suomen historian vaiheisiin. Karttojen tekemisen historia pitäisi kuulua jokaisen maanmittarin yleissivistykseen (Keskinarkaus & Pulkkinen 1998, 11.)

2 KARTOITUS RUOTSIN VALLAN AIKANA

2.1 Ensimmäiset kartat

Länsimainen kartografia alkoi kehittyä 1500-luvun puolivälissä. Kartat eivät sitä ennen yleensä perustuneet mittauksiin. Claudius Ptolemaios (n.150 jKr.) toimitti ensimmäisen maailmankartaston, joka oli uuden ajan alkuun saakka kaiken maantieteellisen tiedon perusta. Karttoja paranneltiin ja täydennettiin keskiajan kuluessa, mutta korjaukset perustuivat usein kuulopuheisiin ja niissä käytettiin paljon mielikuvitusta. Ptolemaioksen karttojen antama kuva esimerkiksi Suomesta ja erityisesti Lapista oli kokonaan mielikuvituksen luoma. (Gustafsson 1933, 5-7.)

1600-luvulla Euroopassa alkoi aiempaa tarkempien karttojen valmistaminen. Tätä ennen kartat kuvasivat vain suurempia alueita kuten esimerkiksi maanosia. Aiemmin kartoille oli tyypillistä suuremmat vääristymät ja muut puutteet eikä niiden esittämiä kohteita monesti voi tunnistaa katsottaessa nykyisiä karttoja. Kartat olivat siis vain suuntaa antavia ja hyvin epätarkkoja. Esimerkiksi Ruotsissa kartografi Anders Bureus teki Kaarle-herttualle Tukholman kartan vuonna 1602. Bureuksen suuri Pohjoismaiden kartta valmistui 1611 ja se oli täysin ylivoimainen edeltäjiinsä verrattuna. Pohjolan karttakuva oli siinä likipitään oikea. (Huhtamies 2008, 50). Mitään mittauksia ei tehty vaan kartta piirrettiin silmämääräisesti, kuten siihen aikaan oli tapana. Kartoilla saattoi myös näkyä kohteita, joita todellisuudessa ei ollut olemassakaan. (Gustafsson 1933, 7-12).

Ensimmäinen kartta, johon Suomi on piirretty on 1427 tanskalaisen Claudius Clavuksen julkaisema Euroopan kartta, jossa Suomi tosin on vain nimi Ruotsin itäpuolella. 1584 ilmestyi Lucas Janszon Waghenaerin kartta, jossa erityisesti Pohjois-Suomen karttakuva parani huomattavasti. Ruotsin kartoituksen isä Andreas Bureus teki ensimmäisen vain Ruotsin valtakunnasta tehdyn kartan 1626, joka sisälsi jo runsaasti paikannimistökin. (Lehtinen 2005, 9-10.)

Jo Kustaa Vaasan ajoista lähtien oli tullut säännölliseksi tavaksi merkitä talojen veroluvut erilliseen maakirjaan (*jordebok*). Ensimmäiset maakirjat

laadittiin vuosina 1539 ja 1540. Vaikka maakirjoihin peltojen ja niittyjen alat arvioitiin tai mitattiin, niistä ei ollut kuitenkaan tapana laatia erillistä karttaa. 1500-luvulla vain yksittäistapauksissa saatettiin esittää esimerkiksi rajatuomioiden tueksi erillisiä pelto- ja niittynautintoja osoittavia karttoja. Näistä tunnetuimmat sisältyvät Jaakko Teitin valitusluetteloon (1556-1557). Kartanpiirtämisen harvinaisuutta osoittaa, ettei 1500-luvun raja- ja muita paikalliskarttoja tunneta kuin runsaat parikymmentä kappaletta. (Rantatupa 2013).

2.2 Maanjako Ruotsin vallan aikana

2.2.1 Sarkajako

Sarkajako eli aurinkojako on vanhin lain säätelämä maanjakotapa Suomessa, jossa jaettiin talojen pellot ja niityt. Metsät ja vesialueet jäivät yleensä sarkajaon ulkopuolelle ja ne pysyivät yhteisomistuksessa. Sarkajaossa kukin tila sai kapeita sarkoja, jotka olivat jakautuneet tasaisesti ympäri kylää. Talon maat olivat siis ripoteltuina eri puolille. Esimerkiksi kuuden talon kylässä jokainen talo omisti joka kuudennen saran. Sarkajaon tarkoituksena oli selkiinnyttää usein sekavaa ja epätarkoituksenmukaista tilusjärjestystä. Tarkoituksena oli myös monissa tapauksissa vakiinnuttaa tilusten omistusoikeus. (Niemelä 1998, 18).

2.2.2 Isojako

Ruotsin maanmittauskonttorin tarkastaja Jacob Faggot julkaisi 1746 kirjan, joka syytti maanjako-oloja maatalouden kehnosta tilasta. Sarkajako ja vainiopakko estivät Faggotin mukaan metsänraivauksen ja viljelyn kehittämisen. Parannuksena ehdotettiin maanjakoa, jossa jokainen viljelijä saisi tiluksensa mahdollisimman harvoina isoina lohkoina, joita olisi helpompi viljellä eikä yksi viljelijä olisi riippuvainen muista. Uudistusehdotukset johtivat käytännön toimiin ja 1757 isojakoasetus hyväksyttiin valtiopäivillä. Suomessa isojako aloitettiin varsinaisesti 1760-luvulla. (Lehtinen 2005, 47).

Vuoden 1757 isojakoasetuksessa määrättiin myös jokaisen jakokunnan liikamaa erotettavaksi kruununmetsäksi, jonne sitten voitiin perustaa uudisasutusta. Isojaon keskeisin uudistus olikin uudistilojen syntyminen. Isojako herätti aluksi kiivasta vastustusta, mutta uudistus eteni varmasti erityisesti vuoden 1766 asetettujen maajako-oikeuksien myötä. Isojaossa jaettiin Suomessa vuosina 1757-1918 yhteensä runsaat 18,5 miljoonaa hehtaaria maata. Autonomian ajan päättyessä isojako oli suoritettu suurimmassa osassa maata. Tosin viimeisimmät isojaot on rekisteröity vasta 1960-luvulla. (Lehtinen 2005, 47).

2.2.3 Uusjako

Aina isojaolla ei päästy suoraan haluttuun tulokseen vaan joskus tilukset jäivät pirstaleisesti eri puolille kylää. 1848 aloitettiin isojaon uudelleen järjestely eli ns. uusjako. Uusjaon tavoitteena oli saada talojen tilukset mahdollisimman harvoihin, sopivan muotoisiin lohkoihin mahdollisimman lähelle talouskeskusta. (Lehtinen 2005, 54).

Suomessa isojako- ja uusjakokarttojen lisäksi tehtiin myös tilusten lohkomiskarttoja. Tosin tilojen halkominen, lohkominen ja palstojen erottaminen on Suomessa mittavammin alkanut vasta vuoden 1918 torpparilain jälkeisenä aikana. Sitä ennen lohkomista oli rajoitettu monin tavoin. Vuoden 1895 lohkomisasetuksen perusteella tilan oli kyettävä elättämään viisi täysikasvuista henkilöä. 1916 maanmittauslainsäädäntö uudistettiin ja tilusten halkomisrajoitukset poistuivat. 1917 mennessä oli lohkottu 7000 viljelystilaa ja 3000 asutustilaa. (Lehtinen 2005, 54).

2.3 Ruotsin vallan ajan mittaustapoja

2.3.1 Ensimmäiset mittaukset

Suomen kartografian historia alkaa 1600-luvulta ja sen taustana on länsimainen maanmittaushistoria. Suomi ehti kuulua kuuden vuosisadan verran Ruotsiin ennen Suomen sotaa, joka käytiin Venäjän ja Ruotsin välillä

1808-1809. Suomen maanmittaushistoria on siis pitkälle Ruotsin maanmittauksen historiaa.

Suurimittakaavaisia valtakunnan ja maakuntien karttoja alettiin Ruotsi-Suomessa laatia vasta 1610-luvulta eteenpäin Andreas Bureuksen (Bure) johdolla. Bureus sai vuonna 1628 tehtäväkseen organisoida valtakunnan kartoittamisen, ja näin sai maanmittaustoiminta alkunsa. (Rantatupa 2013). Bureuksen tehtävänä oli kylien ja niiden tilusten kartoittaminen. Kirjaksi sidottuna näitä karttoja sanotaan geometriseksi maakirjaksi. Keskipisteessä oli suurvaltakauden kylä, mutta tietoa on myös vesistöistä, teistä, rakennuksista ja elinkeinoista. Erityisesti geometrisissa maakirjoissa tarkastellaan maata verotuksellisesta näkökulmasta, jossa tärkeää on maanomistukset sekä maan tuotto ja laatu. (Huhtamies 2008, 77).

Ruotsin kuningas Kustaa II Aadolf määräsi vuonna 1628 Bureuksen järjestämään koko valtakuntaan maanmittarikoulutuksen. Ensimmäinen Suomeen lähetetty maanmittari oli Olof Gangius, joka nimitettiin virkaan 1633. Hänet lähetettiin maanmittariksi Turun lääniin. Seuraavina vuosina maanmittareiden määrä lisääntyi, ja vuosisadan puolivälissä sellainen toimi jo kaikissa lääneissä. (Niemelä 1998, 15.) Gangius sai ohjeet, että Suomen kaupungit on mitattava taloineen, rakennuksineen, katuineen ja muine etuineen ja kaupungin tulot ja elantomahdollisuudet merkittävä (Gustafsson 1933, 22.)

Ruotsissa ensimmäiset topografiset mittaukset tehtiin Kustaa III toimesta Suomen raja-alueilla 1777 alkaen. Suomen topografinen kartoitus sai siis alkunsa Ruotsin vallan aikana, mutta venäläiset jatkoivat työtä. Vaikutteet tulivat kuitenkin kokoajan Euroopasta, erityisesti Ranskasta. (Jakobsson 2001, 15).

Maanmittareiden työsarka oli maanmittaushistorian alussa tietenkin erittäin laaja, sillä mitään aikaisempaa perusaineistoa ei ollut olemassa. Apuna mittareilla oli ns. mittarirenkejä ja mittarikisällejä. Mittarit saivat apua myös paikallisten kylien isänniltä, jotka kuitenkin omalta osaltaan myös haittasivat työn etenemistä. (Rantatupa 2013). Maanmittausta pidettiin tärkeänä työnä ja

maanmittarien määrä lähti nopeaan kasvuun myös Suomessa. Maanmittauksen tarkoituksena oli mitata kylien pellot ja niityt. Kartoitustoiminnan tarkoituksena oli taloudellisen toiminnan edistäminen. Yksityiskohtaisen kartoituksen syynä oli verollepano sekä isojako. Aluksi laadittiin vain geometrisia karttoja ja niiden pohjalta myös laajempien alueiden yleiskarttoja. (Niemelä 1998, 15.)

Suomen maanmittauslaitos katsotaan perustetuksi 1633 (Niemelä 1998, 15). 1600-luvulta aina Suomen sotaan asti Suomi oli Ruotsin alaisuudessa, joten ruotsalaisia maanmittareita määrättiin tekemään kartasto- ja kiinteistöitä sekä muita mittauksia myös Suomessa. Ruotsi-Suomen kartoitus kehittyi 1620-luvulla merkittävästi ja valtakunnan kartoittaminen eteni huomattavasti. Tähän ajanjaksoon liitetään myös maanmittaajien ammattikunnan sekä suurimittakaavaisten karttojen tekemisen taidon kehittyminen. (Lehtinen 2005, 9.)

2.3.2 Graafinen mittaus eli mittapöytämittaus

1500-luvulla kartat olivat alkeellisia, koska vasta 1600-luvulla siirryttiin graafiseen- eli mittapöytämittaukseen. (Gustafsson 1933, 8). Saksalainen professori Johann Praetorius keksi 1590-luvulla ratkaisevan uudistuksen ns. mittapöytämittauksen. Kuitenkin vasta Daniel Schwenter teki graafisen menetelmän tunnetuksi 1619 julkaisemassaan latinankielisessä kirjassa *Geometriae practicae novae et auctae*. (Lehtinen 2005, 9). Idean arvailaan alkujaan syntyneen Willebrod Snelliuksen kolmiomittauksesta. Willebrod Snellius suoritti astemittauksen kahden 128 km etäisyydellä toisistaan sijaitsevan pisteen välillä kolmiomittauksella vuosina 1610-1616. (Gustafsson 1933, 9).

Graafinen mittaus tarkoittaa mittaamista, jossa ei käytetä lainkaan koordinaatteja. Graafinen mittaus perustuu geometriaan. Graafista mittausta kutsuttiin myös mittapöytämittaukseksi, koska graafista mittausta tehtiin yleensä mittauspöydän avulla. Graafisessa mittauksessa käytetään menetelmää nimeltä *graafinen kolmiointi*. Graafisessa kolmiointissa ratkaistaan etäisyyksiä trigonometrian lainalaisuuksia noudattaen, jossa

kulmat ja sijainnit määritetään graafisesti ilman laskutoimituksia. (Heikkilä 2009, 40.)

Graafinen mittausmenetelmä perustui kulmien ja etäisyyksien mittaamiseen. Mittapöydällä tähdättiin joihinkin tutkittaviin pisteisiin. Kun tähtäys muutettiin pisteestä toiseen kirjattiin tähtäyksen suunnan muutokset. Mittapöydällä tähtäys tapahtui aluksi ilman kiikaria. Kiikarin läpi alettiin mittapöydällä tähdätä 1700-luvun lopulla. (Huhtamies 2008, 284.)

Mittapöydän käyttö mittaus- ja kartastotehtävissä alkoi Ruotsissa ja Ruotsin suomalaisilla alueilla 1600-luvulla. 1620-luvun puolivälissä mittapöytämittauksen tiedetään jo olleen käytössä Ruotsissa. Asiaan liittyvät kartat olivat Anders Buren oppilaan tekemiä. (Gustafsson 1933, 57). Mittapöydän käytön Euroopassa ajatellaan nykyään aloittaneen tarkemmin mitatun kartografian. Tieto graafisesta mittausmenetelmästä levisi Euroopassa ja mittauspöydästä tuli yleisin väline mittausten ja kartoitusten suorittamisessa. Mittapöytä on kolmijalalla seisova 37cm x 37cm kokoinen pöytälevy, jonka yhdessä nurkassa on pinnan tasalle upotettu bussoli eli suuntakehäkompassi. Pöytään on kiinnitetty myös ns. diopteriviivotin, jonka avulla tähdätään suuntaa ja jonka yläpinnassa on kaiverrettu mittakaava. (Lehtinen 2005, 9.)

Mittapöytämittauksessa edettiin tunnettuja pisteitä käyttäen. Kahdesta merkkipisteestä vedettiin suuntaviivat maastopisteisiin. Näin mitattava ympäristö yhdistyi sijainniltaan muuhun ympäristöön. Mittaus sidottiin asemapisteesiin, joiden sijainti tunnettiin ja joihin uusia mittauspisteitä verrattiin. Mittaustapa, jossa maastopisteet määrätään leikkauksella kahdesta asemapisteesestä, oli Suomessa käytössä 1690-luvulta 1880-luvulle ja erikoistapauksissa aina 1930-luvulle saakka. (Lehtinen 2005, 9-10). Mittapöytämittausta käytettiin siis vielä 1900-luvun Suomessa.

Mittausta voitiin siis suorittaa mm. edellä mainituin keinoin leikkausten avulla tai napamittauksena. Schwenterin mukaan voitiin menetellä ratkaisemalla etäisyys uuteen pisteeseen harpilla, joka lienee ollut graafisen menetelmän yksi työkalu. Schwenterin menetelmiin voi tätä tarkemmin tutustua mm.

aiemmissa yhteyksissä mainittujen lähteiden perusteella. Etäisyyksiä ratkaistaessa kolmion ominaisuuksien perusteella ilman laskutoimituksia on voitu käyttää siis Schwenterin graafista menetelmää.

Graafisen menetelmän nopeuden ymmärtäminen verrattuna muihin matemaattisiin keinoihin voi ehkä edellyttää tuon ajan laskentatapojen tuntemista. Graafinen menetelmä oli suosittu ja laajalle levinnyt matematiikkaan perustuva keino. Levinneisyyden takia voidaan kuitenkin ajatella, että se on ollut ylivoimainen keino laskemiseen verrattuna. Nykyajan ihmisen tarvitsemaa sähköistä funktiolaskinta ei tietenkään ollut. Graafisen menetelmän yhteydessä esiintyvä nykymaanmittarienkin käyttämä sana leikkaus, tarkoittaa sanana sijainnin ratkaisua kolmion ominaisuuksien avulla. Leikkauksia on käytetty ja laskettu vielä laskukoneaikanakin ennen aivan automatisoituja mittausmenetelmiä, jotka saapuivat 1900-luvun lopulla. Maanmittarien käyttämä leikkaus voi olla vaikkapa kaarileikkaus, eteenpäinleikkaus tai mikä tahansa lukuisista leikkausvaihtoehdoista. Yhteenvedona voidaan sanoa että, leikkausten avulla mittauksissa eteneminen on aikanaan ollut nopeinta graafisen menetelmän avulla.

2.3.3 Kolmiomittaus

Saksassa kehitettiin kolmiomittauksen periaate 1500-luvun lopulla. Sen avulla maastoa kuvaavat topografiset kartat voitiin perustaa kunnollisiin mittauksiin. (Jakobsson 2001, 15). Kolmiomenetelmässä mitattiin pisteiden sijainnit lähtien liikkeelle tarpeellisesta määrästä tunnettuja etäisyyksiä, joista kulmia mittaamalla johdettiin muut etäisyydet eli sijainnit.

Kolmiomittaus perustuu kolmion kulmien mittaamiseen ja kolmioiden ratkaisemiseen. Jos kolmiosta tunnetaan yksi sivu, voidaan sen ja kahden kolmion kulman avulla ratkaista kolmion muut sivut. Etäisyyden mittausta voidaan siis viedä eteenpäin kulmamittauksen avulla kolmio kolmiolta. (Tättilä 2011).

Kartografia oli 1700-luvulla astronomian tärkein sovellutus. Suurempia alueita kattavia karttoja tehtäessä piti saada muutama varma paikanmääritys

selvittämällä tarkasti leveys- ja pituuspiiri. Astronomisesti määritetyt paikat yhdistettiin toisiinsa kolmiomittauksen avulla. (Huhtamies 2008, 141-142).

Kolmiomittaus on vanha mittausmenetelmä, jonka tarkoituksena on tarkan geodeettisen runkoverkon luominen tietyn alueen kartoitusta varten. Tavallisesti kolmiomittaukseen sisällytetään myös tähtitieteelliset mittaukset, jolloin siitä muodostuu menetelmä, jolla maapallon muoto voidaan määrittää tietyllä mittausalueella. Astemittaus on kolmiomittauksen erikoissovellus, joka tarkoittaa, että maan pinnalla mitataan yhden asteen mittaisen meridiaanikaaren pituus kolmiomittauksin (Puupponen 2009, 65).

Suomi eli Ruotsin valtakunnan itäinen osa oli vielä 1700-luvun puolivälissä suurilta osin kartoittamatta. Rannikot ja niiden tuntumassa kulkevat väylät tunnettiin kohtuullisesti, mutta sisämaa vain pääpiirteissään. Tämä johtui suurilta osin puutteellisesta paikanmäärittämisestä. Suomessa aloitettiin maantieteelliset mittaukset sekä astronomiset paikanmäärittäykset 1730- ja 1740-luvuilla. Määrittämällä mahdollisimman monta varmaa kiintopistettä pyrittiin tekemään paikanmäärittäyksiä, joiden avulla Suomen paikkakunnat saataisiin kartalla maantieteellisesti oikeaan kohtaan. (Huhtamies 2008, 141).

Suomessa ensimmäiset kolmiomittaukset tehtiin puhtaasti tieteen tarpeisiin. Ranskalainen Maupertiuksen retkikunta mittasi 1700-luvulla kolmiketjun Tornioista Pellon Kittisvaaraan. Mittausten avulla todistettiin tuolloin, että maapallo on navoiltaan litistynyt. (Tätilä 2011).

Koska kolmiopisteiden välillä pitää olla näköyhteys, suomalaisessa metsämaastossa pisteelle oli lähes poikkeuksetta rakennettava kolmiomittaustorni. Niitä rakennettiin vuosikymmenten saatossa yli 4000, joista parhaimmillaan noin 2000 oli pystyssä samanaikaisesti. Viimeiset kolmiomittaustornit rakennettiin 1986 jolloin satelliittimittaukset syrjäyttivät perinteisen mittauksen. Peruskartoituksen kiireisimpinä aikoina rakennettiin vuosittain lähes 200 tornia. (Tätilä 2011).

2.4 Ruotsin vallan ajan kartoitukset

2.4.1 Maanmittaustoimitusten kartat

Vuodesta 1633 alkaen on tehty geometrisia mittauksia. Kylien, peltojen, niittyjen ja hakamaiden kartoittaminen suureen mittakaavaan muodosti merkittävän pohja-aineiston Suomen karttakuvan tarkentamiselle. Suomen karttakuva oli tavallaan jo olemassa palasina, mutta näiden palasten kokoaminen yhteen voitiin aloittaa vasta kolmiomittauksen tultua käyttöön. Maanmittaustoimituksissa syntyneillä erilaisilla kartoilla on ollut tärkeä merkitys pienimittakaavaisempien karttojen laadinnassa. Näitä pienimittakaavaisia karttoja ovat esimerkiksi maakunnista ja myös koko valtakunnasta laaditut kartat. Sarkajaosta, isojaosta ja uusjaosta on laadittu suuri joukko karttoja, joita nykyään säilytetään pääosin Maanmittauslaitoksen arkistoissa. (Niemelä 1998, 18-19).

2.4.2 Suurimittakaavaiset kartat

Maanmittaajien vuodesta 1633 alkaen tekemät geometriset mittaukset kylien, peltojen, niittyjen ja hakamaiden kartoittamiseksi suureen mittakaavaan muodostivat pohja-aineiston Suomen karttakuvan tarkentamiselle (Niemelä 1998, 18.) Kun puhutaan Ruotsin vallan ajan kartoituksesta, on eräänä tapana jakaa kartat maantieteellisiin kartoituksiin ja suurimittakaavaisiin kartoituksiin.

Maanmittarin tärkeänä tehtävänä oli viljelysten omistajien, viljelysten laadun ja viljelysten rajojen sekä muiden mittausten ja selvitysten lisäksi myös samalla tehdä mitatuista alueista kartta. Viljelysten sijainti laatu sekä viljelysten väliset rajat kuvattiin karttana. Karttoihin laitettiin myös muita kohteita kuten rakennuksia, vesistöjä ja metsiä. Mitä lähempänä kohde oli viljelyksiä sitä todennäköisemmin se kartoitettiin. Useasti näiden suurimittakaavaisten karttojen ainoat sijainniltaan mitatut kohteet olivat viljelyksiä ja muiden sijainniltaan vähemmän merkittävien kohteiden paikat kartalla olivat arvioituja. Suurimittakaavaisten karttojen eräitä tärkeitä merkityksiä oli viljelysten rajojen tunteminen ja ihmisten mahdollisuus arvioida kartoitettujen alueiden vaikutus alueiden käyttäjien

veronkantokykyyn. Lisäksi tärkeä merkitys oli myös sillä että suurimittakaavaisten karttojen alueet päätyivät osaksi pienempimittakaavaisia karttoja. (Gustafsson 1933, 5-176).

Vuosina 1798-99 valmistuivat Hermelinin maaherrakuntien kartat. Ne olivat käytössä yli 50 vuotta. Tämä karttasarja oli Suomen ensimmäinen suurimittakaavaisemmista kartoista johdettu kartasto. (Niemelä 1998, 21).

2.4.3 Maantieteelliset kartat

Suurimittakaavaisten karttojen lisäksi Ruotsi-Suomessa tehtiin myös pienimittakaavaisia maantieteellisiä karttoja. Maantieteellisiä karttoja tehtäessä käytettiin apuna suurimittakaavaisia karttoja, joita kokoamalla siirryttiin asteittain pienempään mittakaavaan ja suurempaan alueeseen. Ongelmaksi tuli usein kartoittamattomia rakoja yhdistettävien karttojen väliin tai päällekkäisyyksiä, jolloin sama alue oli kartoitettu useaan kertaan. (Gustafsson 1933, 5-176).

Vuonna 1643 annettiin geometrysten- ja maantieteellisten karttojen laatimista koskeva ohjesääntö. Siinä sovittiin muun muassa merkeistä ja väreistä, joita kylien ja talojen geometrisessä kartoittamisessa käytetään. Maantieteelliset kartoitukset mittakaavoihin 1:90 000 - 1:800 000 edistyivät 1640- ja 1650-luvuilla niin, että ne kattoivat lähes koko Suomen. Maanmittarit määrättiin 1688 annetussa ohjesäännössä laatimaan kesällä geometrisiä karttoja mittakaavassa 1:4000 sekä valmistamaan niiden pohjalta talvella pitäjiä, kihlakuntia tai maakuntia koskevia pienempimittakaavaisia maantieteellisiä karttoja. Vuosien 1737-56 maanmittauskomissioiden maantieteelliset kartoitukset tarkensivat merkittävästi Suomen karttakuvaa. Niitä tehtiin vuosina 1737-56 ensin Itä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Lapissa sekä myöhemmin Etelä-Suomessa. Kartoitettu alue oli yhteensä noin 90 000 km² suuruinen ja kartoituksessa käytetty mittakaava oli pääosin 1:20 000. Myöhemmin Ruotsin kuningas Kustaa III käynnisti kartoitustyöt Suomessa alueen taloudellisen ja sotilaallisen aseman vahvistamiseksi. Suomalainen rekognosointiprikaati teki 1777-1805 maantieteellisiä kartoituksia mittakaavaan 1:40 000. (Niemelä 1998, 18-22).

Maantieteellinen kartta saattoi kuvata koko Ruotsin valtakuntaa tai pelkästään esimerkiksi valtakunnan suomalaista osaa, josta Pietari Brahe tilasi maantieteellisen kartan. (Gustafsson 1933, 23). Kartan kohteena saattoi olla myös pienempi alue kuten maakunta. Yksi toteutuneista maantieteellisten karttojen tarkoituksista oli Ruotsin parempi kyky hyödyntää uusia alueita. Kartat olivat myös tietynlaisen sodankäynnin kannalta tärkeitä. Tunnetankin määräys, että edes karttojen valmistajat eivät saaneet enää säilyttää karttoja niiden valmistumisen jälkeen, koska karttojen pelättiin joutuvan vihollisten käsiin. Kartat kerättiin tuon määräyksen takia pois valmistajilta. Joskus kartta saattoi kadota ja asia oli vaikeasti korjattavissa. Joidenkin alueiden karttoja syystä tai toisesta menetettiin. (Gustafsson 1933, 5-176).

Maantieteellisissä kartoissa oli ongelmia myös kohteiden sijainnissa. Jotta maantieteellisten karttojen sijaintitieto olisi saatu tarkemmaksi, yritettiin mitata sidepisteitä. Sidepisteiden etäisyyksien selvittämiseen käytettiin seuraavia keinoja. Mahdollisimman kaukana toisistaan olevien paikkojen etäisyyksiä mitattiin kolmioketjuina. Tärkeiden paikkojen sijaintiselvityksiä tehtiin yrittäen käyttää apuna tähtiä tai puolipäivän korkeutta, jolloin latitudien mittaus onnistui yleensä hyvin, mutta longitudien selvitys taivaan avulla tuotti usein ongelmia. (Gustafsson 1933, 5-176).

Maanmittaajien toimintaohjeissa kartoittavien kohteiden joukosta eräitä erikoisia kohteita pelkkään tavalliseen kartoitukseen verrattuna olivat mm. suot, kosket ja sotilaiden potentiaaliset väijyntäpaikat. Teitä kartoitettaessa oli selvitettävä tien käyttökelpoisuutta ja kartoitettava tien laatua. Maanmittareita oli ohjeistettu tarkkailemaan teiden turvattomia kohtia ja muita sotilaille hyviä väijymispaikkoja. Myös koskia ja niiden hyödynnettävyyttä tutkittiin yksityiskohtaisesti. Monia kohteita kartoitettiin sekä maantieteellistä kartoitusta tehtäessä että suurimittakaavaista kartoitusta tehtäessä. Maanmittarin työ olikin erittäin monipuolista ja vaativaa. Maanmittarin saattoi esimerkiksi löytää pohtimasta suon viljelyskäyttöön valjastamista, jolloin oli mietittävä miten ojitus onnistuisi. Tieto oli sitten aikanaan myöhemmin muiden käytettävissä. (Gustafsson 1933, 5-176).

Vesistöjen rantoja kartoitettiin monesti talvella, kun muu työ antoi myöten. Maanmittarin koko talvi saattoi kulua vesistöjä mitattaessa, jos sulan ajan työn tuotoksissa ei ollut viimeistelemistä. Vesistöjä mitattaessa oli aukean jääalueen vuoksi helppo suorittaa tähtäyksiä jäällä kulkien ja rantaviivan tarkan sijainnin jäämisestä lumen alle ei välitetty. Voidaan myös ajatella, että vesistön mittauksella on sen ympäristössä olevien kohteiden keskinäistä sijaintia tarkentava merkitys erityisesti, jos kohteita ei ole muuten kyetty tai haluttu suhteuttaa sijainniltaan toisiinsa. Vesistöillä onkin ollut merkitys kohteiden sijainnin määrittämisessä maantieteellisillä kartoilla. (Gustafsson 1933, 5-176).

Vain osa maantieteellisissä kartoissa kartoitetusta alueesta voitiin perustaa mittapöytämittaukseen. Kun ei voitu mitata tarkasti tai ei ollenkaan voitiin käyttää mittapöydän sijasta muita keinoja. Kohteita sijoitettiin kartalle parhaan arvion mukaan sekä paikallisten ihmisten kertomusten perusteella. Nämä menettelytavat olivat maanmittareille täysin hyväksytyjä ja niihin oli myös annettu ohjeissa kehoitus. Maantieteellisissä kartoituksissa kehoitettiin noudattamaan samoja periaatteita, kuin suurimittakaavaisissa kartoituksissa. Tämä viittaa maantieteellistä kartoitusta tarkemmin toteutettavissa olevan suurimittakaavaisen kartoituksen selkeisiin lainalaisuuksiin, joilla saatiin aikaan tarkkaa tulosta. Alueita saatettiin jättää myös kokonaan kartoittamatta. Kaikkiin mahdollisiin mittauksiin ja kartoituksiin ei voitu käyttää aikaa, koska se olisi ollut monesti sekä epäkäytännöllistä että työlästä. (Gustafsson 1933, 5-176).

Tuon ajan maanmittarikunnalle annettujen ohjeiden sanotaan olleen suppeita. Ohjeissa yksityiskohtien puuttuminen korvautui laajemmilla kokonaisuuksilla. Tätä ajatellen on selvää, että ohjeista ei voitu ammentaa itselle lisää käytännön ammattitaitoa ja että käytännön ammattitaidon hankkimiseen oli muita keinoja. Ohjeita ei siis kannata ajatella tarkoitetun ammattitaidon hiomisen välineeksi. Myös maanmittarikunnan edustajat vaikuttivat itse valtakunnallisesti hyväksytyihin ohjeisiin.

Kartoittajien valta määrätä oman työnsä käytännön toteutuksesta maastossa oli suuri ja se varmasti aiheutti monille usein suurta päänvaivaa ja henkisiä paineita. Itsenäinen työskentely ja kartoittajien joskus pitkä oleskelu maastossa kaukana omasta kotiseudusta on varmasti vaatinut työkaudella tietynlaista persoonallisuutta ja elämäntilannetta, vaikka heillä on ollut itse valitsemiaan avustajia opetettavana. Maanmittareita saatettiin myös palkita työelämän saavutuksista ylennyksellä toisiin tehtäviin ja korkeampaan asemaan.

Ruotsinvallanajan maantieteelliset kartoitukset olivat joiltakin osin lopputuloksiltaan vaatimattomia erityisesti myöhempisiin menetelmiin, kuten viittalinjamenetelmään verrattuna. Noilla etevillä mittapöydänkäytön menetelmillä yksinään ei kuitenkaan ollut edes mahdollista yrittää hankkia yhtä tarkkaa ja laajaa kartoitusta tai kartoitettujen alueiden tuntemusta. On kuitenkin muistettava noiden omalla tavallaan vaatimattomampien maantieteellisten karttojen tärkeät ja toteutuneet merkitykset oman aikansa ihmisille. Alan kannalta tuon ajan tieteessä ja maanmittauksessa mittapöydällä tunnetut teorit, kuten ikivanha geometria olivat kuitenkin oikeita ja eivätkä ole ristiriidassa nykyistenkään kenttämittausten tai laitteiden toimintaperiaatteiden kanssa. (Gustafsson 1933, 5-176).

3 KARTOITUS VENÄJÄN VALLAN AIKANA

3.1 Venäjän vallan ajan mittauksia

3.1.1 *Autonomian ajan kartoitus*

1800-luvun aikana Suomessa tapahtuvaan maanmittaukseen tuli uutena menetelmänä koordinaatti- eli viittalinjamittaus. Myös optiset kulmanmittauslaitteet ja teodoliitti saapuivat Suomeen. Koordinaatti- eli viittalinjamittaus assosioitiin 1850-luvulla suomalaisen maanmittaushallintoon. (Huhtamies 2008, 287-291). Suomessa toimivat rinnakkain maanmittaushallinto, joka jatkoi Ruotsinvallanajan tehtäviä sekä Venäläisten käynnistämä sotilaskartoitus. (Niemelä 1998, 26). Instanssit tekivät yhteistyötä. Yleisesti ottaen varsinkin maanmittauksen sotilasjohtoisella kaudella aina Gyldenin ylitirehtöörikauteen asti päämaanmittauskonttorilla ja Venäjän sotilaspiireillä oli kiinteä yhteistyösuhde. (Huhtamies 2008, 225.) Korkeussuhteita kuvaavien yleismaastokarttojen valmistus kuului ennen vuotta 1917 Venäjän sotilasviranomaisille. Muiden maastokarttojen valmistus kuului Suomen Maanmittaushallitukselle. (Niemelä 1998, 26).

Suomessa maanmittaushallituksen nimeksi tuli vuonna 1812 päämittauskonttori Päämaanmittauskonttorista perustettiin maanmittauksen ylihallitus vuonna 1848. Suomalaiseen karttatuotantoon kuului mm. Suomen kartasto 1899 ja 1910, Suomen yleiskartta 1 : 400000, kihlakunnankartta 1 : 100000, pitäjänkartta 1 : 20000 ja siitä johdetut kartat. Pitäjänkarttaa valmistettiin vuosina 1825–1950 eri muodoissa. Kihlakunnankarttaa valmistettiin vuosina 1841–1911. Kihlakunnankarttaa valmistettiin pienentämällä ja yhdistämällä pitäjänkarttoja. Suomen yleiskartan 1. laitos julkaistiin vuosina 1841–1873 ja siitä valmistettiin ajantasaistettuja painoksia kunnes 2. Laitos valmistui koko Suomesta 1966. Suomen Kartaston 1. Ja 2. laitoksen teemakartat sisälsivät runsaasti teematietoa maasta. Suomen Kartaston ensimmäinen laitos ilmestyi 1899 ja toinen laitos 1910. Niiden julkaisija oli Suomen Maantieteellinen Seura. (Niemelä 1998, 26-32).

3.1.2 Venäjän sotilaalliset kartoitukset Suomessa

Venäläiset olivat laatineet kartat mittakaavaan 1 : 42000 vuosina 1798-1804 ennen Suomen sotaa Venäjään liitetyistä alueista eli Vanhasta Suomesta. Suomen tultua liitetyksi Venäjään annettiin vuonna 1812 keisarillinen käsky perustaa Suomalainen sotilaallinen kartoitusjoukko. Tästä seurasi suomalaisen kenttämittauskunnan perustaminen. Laitoksen suunnitelmiin sisältyi eri mittakaavaisia sotilastopografisia karttoja. Samalla laitos muuttui nimitykseltään sotakouluksi. Kartastolliset tulokset jäivät kuitenkin vähäisiksi. Haapaniemen kenttämittauskoulu joutui kartoineen ja arkistoineen tulipalon kohteeksi. Laitos lakkautettiin tulipalon jälkeen. Venäläiset sotilastopografit ottivat kokonaan huolekseen Suomen sotilaallisen kartoituksen autonomian ajaksi. Apuna oli Ruotsin vallan aikainen kartoitus eli Hermelinin kartat, Suomalaisen rekognosointi-prikaatin kartat ja verollepano- ja isojakokartat. (Niemelä 1998, 30-31).

1870–1917 vuosien mittapöytämenetelmillä tuotettujen karttojen merkitys ulottuu Suomen itsenäisyyden ajalle peruskartastoon asti. Nuo niin sanotut Venäläiset topografiset kartat olivat mittakaavassa 1 : 21000, 1 : 42000 ja 1 : 84000. Kartoituksen johdossa olivat suomalaiset everstit. Huomattava osa Suomea tuli noiden venäläisten topografisten karttojen myötä korkeuskäyrillä kartoitetuksi jo varhain. Kyseisten karttojen runko perustui tähtitieteellisiin paikanmäärittäyksiin ja täydentäviin monikulmiomittauksiin. Korvauksena osallistumisesta kustannuksiin Suomi sai mittapöytälehdistä valokuvajäljennökset. Kokoelmat eli ns. senaatin kartat ovat ihailtavissa Maanmittaushallituksessa ja Sota-arkistossa. (Niemelä 1998, 30-31).

Ruotsin vallan vuosisataiset perinteet vaikuttivat olennaisesti kartografian kehitykseen Suomessa myös Venäjän vallan vuosina 1809-1917. Maanmittauslaitos kehittyi Suomen suuriruhtinaskunnassa samaan tapaan kuin Ruotsissa, joskin kartografian kehitys pahoin hidastui. Autonomian ajalla kolmiomittauksia tekivät ensisijaisesti venäläiset ja tietoja käytettiin sotilaskäyttöön. Venäjän vallan aikana kartastotöitä tehtiin armeijan voimin. (Niemelä 1998, 26-27). 1800-luvulla kartografiassa ei edistytty paljoakaan. Maanmittauksen painopiste oli pitkään maatalouden kehittämisessä,

uusjaossa ja ositustoiminnassa. (Huhtamies 2008, 380). Venäläisillä kartoilla oli perustavaa laatua oleva merkitys itsenäisen Suomen sotilaskartoituksen alkuvuosikymmeninä (Paulaharju 1983, 530.) Viittalinjamenetelmästä ja siinä käytettävistä muista mittausmenetelmistä huolimatta, mittauspöytä oli Venäjän vallan aikana edelleen pääasiallinen mittausmenetelmä maanmittaustoimituksissa.

Korkeuskäyrät ilmestyivät venäläisten topografisten karttojen jälkeen myös suomalaisiin maastokarttoihin, kun aloitettiin topografisten karttojen 1:20 000, 1:50 000 ja 1:100 000 valmistaminen. Topografiset kartat kuvaavat maanpinnan yleisluonteisten tietojen muodostaman kokonaisuuden, jossa esitellään esimerkiksi maa- ja vesialueet, kasvillisuus, korkeus- ja syvyys-suhteet, asutus ja tiestö sekä paikannimistö. (Niemelä 2004, 21).

3.1.3 Koordinaatti- eli viittalinjamittaus

Kartan piirtäminen siirtyi 1800-luvulla lähes kokonaan sisätyöksi, kun uusi mittausmenetelmä, koordinaatti- eli viittalinjamittaus syrjäytti graafisen menetelmän. Koordinaattimittaus oli numeromittausta. Pisteiden asemat maastossa määriteltiin vetämällä niistä ordinaattoja abskissaa vasten. Abskissa oli metsään aukaistu runkolinja, joka toimi mittauksen runkona. Ordinaatat osuivat abskissaan yhdeksänkymmenen asteen kulmassa. Tietämällä ordinaatan ja abskissan liitoskohdassa abskissan suuntainen matka sekä ordinaatan matka abskissalta määritettävälle pistelle saatiin jälkeinpäin karttaa tehtäessä selville määritettävän pisteen sijainti. (Huhtamies 2008, 287-289).

Toinen tapa havainnollistaa asia on verrata kartoitettavaa pistettä matematiikan tapaan koordinaatistossa olevaan pisteeseen. Pisteiden sijainti matematiikassa koordinaatistossa tiedetään x ja y koordinaattien arvoista. Pisteiden sijainti maastossa tiedetään abskissoista ja ordinaatoista. Asiaa selittävässä kuvassa olisi maastoon vedetty selkälinja eli abskissa sekä ordinaattoja esittäviä linjoja. Kuvassa ordinaatat lähtisivät abskissalta muodostaen lähtiessään tämän kanssa yhdeksänkymmenen asteen kulman.

Tämän jälkeen ordinaatat päätyisivät kartoitettaviin alueisiin. (Huhtamies 2008, 287-289).

Koordinaatti- eli viittalinjamittaus perustui siihen ajatukseen, että kohteista otettiin maastossa vain numeeriset mittalukutiedot. Kartanteko tapahtui mittausten jälkeen sisätiloissa. Mittapöytää ei käytetty enää kuin linjojen ajoissa ja kulmien mittauksessa. Yksityiskohtaismittaus tehtiin mittaketjun ja kompassin kanssa. Koordinaattimenetelmän vaikutteet levisivät ensin Saksasta Ruotsiin ja sitten Ruotsin kautta Suomeen. Menetelmän toi Suomeen 1830-luvulla Ruotsin hovijahtimestari J. A. af Strömin kirjoittama teos *Handbok för skogshushållare*. (Huhtamies 2008, 287).

Viittalinja- eli koordinaattimittauksen alkuperämaa Saksa oli tieteellisen metsänhoidon edelläkävijä. Suomessa luonnonolot olivat kuin Ruotsissa. Molemmissa maissa oli paljon metsää. Koordinaattimittaus oli niin sanottua vuosilohkojärjestelmää varten kehitetty metsänmittaus- ja jakotapa josta Suomessa modifioitiin myös yleinen maanmittausmenetelmä. Menetelmä leimasi pitkän aikaa Suomen maanmittausta ja sitä käytettiin vielä 1930-luvulla. Menetelmä mahdollisti Suomessa paitsi vuosilohkojärjestelmän käytön metsien hoidossa myös metsien ja muunkinlaisen maaston tarkan mittaamisen ja kartoittamisen. Koordinaattimenetelmää käytettiin siis myös metsättömillä avonaisilla paikoilla kuten viljelmillä. (Huhtamies 2008, 287).

Koordinaattimittaus oli runkomittausta. Selkälinjat muodostivat maastoon ruudukon. Ruudun koko oli 5000 kyynärää kertaa 4000 kyynärää eli 2969 metriä kertaa 2375 metriä. Maastoon syntynyt luonnollisessa koossa olevakarttaruudusto päättyi tauluarkille. Maasto pienennettiin aluksi tauluarkille mittakaavaan 1:8000. Arkeista koottiin kantakartta. Kantakarttoja yhdistämällä saatiin laajempia alueita käsittävä kartta.

Koordinaattimittaus oli fyysisesti raskaampaa, kuin edeltävinä aikoina, mutta työtaakka keventyi kenttätyön määrän osalta edeltäviin aikoihin verrattuna. Suomessa yleinen alhainen matemaattinen ja tekninen koulutustaso ei ollut este koordinaattimittaukselle. Koordinaattimittaus oli mekaanista kulman ja etäisyyden mittausta. Prismojen ja teodoliittien puuttuessa tarkka

kulmanmittaus oli vaikeaa. Mäkisessä maastossa linjojen suoraan saaminen oli erityisen vaikeaa eikä täysin onnistunut vielä teodoliittienkaan saavuttua. Mittauksia jouduttiin tarkastamaan ja korjaamaan sisätyönä. Sisällä voitiin vetää diagonaalit tarkistuslinjoiksi mittalinjaston kulmasta kulmaan. Vaikka kenttätyö oli kevennyt mittaukset maastossa seurasivat mittaajan mukana silti sisällä jatkettavaksi. Kulmanmittaus helpottui kulmaprismojen ja kulmapeilien myötä. Ne olivat pieniä ja helposti kuljetettavia. Ensimmäistä kertaa yleiseen käyttöön ne tulivat Laihian ja Jurvan uusjakomittauksissa 1890-luvulla. Niitä oli mahdollista saada aiemmin käyttöön ostamalla itse tai tekemällä. Paras tapa mitata kulmaa oli teodoliitti. Se yleistyi Suomessa 1800-luvun puolivälin paikkeilla. Teodoliittiin liittyi kumminkin kallis hinta ja suuri paino noin 30 kg. Teodoliitin käyttö vaati myös osaamista. (Huhtamies 2008, 287-289).

Viittalinjamenetelmä oli siis runkomittaus, jossa selkälinjoja eli abskissoja raivaamalla saatiin aikaan näköyhteys, runkomittaus ja kiintopisteiden verkko, johon muut mittaukset yhdistettiin. Kaikki alueella olevat yksityiskohdat mitattiin selkälinjojen ja näihin sidottujen mittalinjojen avulla. Runkomittaus sidottiin laajempaan alueelliseen runkoon ja tämä puolestaan valtakunnalliseen runkoon. (Huhtamies 2008, 287-289).

4 KARTOITUS ITSENÄISYYDEN AIKANA

4.1 Peruskartoituksesta kartoituksen nyky-ympäristöön

4.1.1 Peruskartoitus

Peruskartta kattaa koko Suomen. Peruskartassa näkyvät sekä maaston kuviot ja korkeussuhteet että kiinteistöjaotus, tiet, talot ja pellot. Peruskarttaan on merkitty myös suojelu- ja rauhoitusalueet. (Maanmittauslaitos 2013). Peruskartta on Suomen oloihin tehty kartta, jossa on yhdistetty topografisen kartan tietosisältöä ja tiedot kiinteistöjen rajoista ja muista maankäyttötiedoista. Topografisten eli maanpinnan muotoja kuvaavien karttojen tuotanto oli aluksi järjestetty armeijan yhteyteen. Topografisesta kartoituksesta huolehtiminen on kuitenkin Suomessa kuulunut vuodesta 1919 alkaen maanmittaushallitukselle. (Suomen peruskartoitus 1975, 5).

Topografista karttaa tehtiin aluksi armeijan voimin, mutta pian sen tekeminen siirtyi maanmittaushallitukselle eli nykyiselle maanmittauslaitokselle. (Jakobsson 2001, 15). Itsenäisyyden ajan alussa kartoitusta haittasi Maanmittaushallituksen sisällä eri toimintojen jakaantuminen geodeettiselle ja topografiselle osastolle. Myös armeija teki omia mittauksiaan. Hallinnollinen tehostaminen ja kustannusten karsiminen sekä valtakunnallisten runkomittausten aloittaminen mahdollisti kaikkien voimavarojen kokoamisen yhteen. (Huhtamies 2008, 380).

Maanmittaushallituksen tehtävänä oli yleismaastokarttojen valmistaminen. Pitäjänkarttoja valmistettiin aina vuoteen 1950 asti, jolloin niitä oli julkaistu noin neljäsosasta maata. Pitäjänkarttojen mittakaava oli 1: 20 000. Toisaalta erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa 1: 100 000 mittakaavaisen kihlakunnan kartan, myöhemmin taloudellisen kartan, merkitys oli suuri. Haja-asutusalueilla oli pitkään suuria alueita, joista ei oltu tehty suurempimittakaavaista karttaa. (Jakobsson 2001, 15).

Topografinen kartoitus eteni mittapöytä- ja kiikariviivoitintyönä hitaasti. Siksi monin paikoin pitäjänkartat korvasivat kokonaan topografiset kartat.

Pitäjänkartat sisälsivät kiinteistörajat ja niitä oli tehty vuodesta 1828 alkaen. (Suomen peruskartoitus 1975, 5). Ensimmäiset topografikartat tehtiin Karjalan kannakselta ja varuskuntakaupungeista. (Jakobsson 2001, 16).

Ilmakuvauksen käyttöönottoaminen 1930-luvulla nopeutti topografista kartoitusta huomattavasti. Uutta menetelmää siirryttiin käyttämään sekä topografisten karttojen että pitäjänkarttojen tekemisessä. Siksi olikin luontevaa ajatella pitäjänkarttojen ja topografisten karttojen yhdistämistä. Aloitteen teki yli-insinööri Mauno Kajamaa vuonna 1939. Hän esitti pitäjänkartaston ja topografisten karttojen yhdistämistä väitöskirjassaan *Topografisen kartoituksen perusteista erityisesti Suomen oloja silmällä pitäen*. (Jakobsson 2001, 16). Suomen peruskartaston valmistuminen on ollut kaikkien aikojen suurin kartastoponnistus ja Suomen peruskartoitus on edelleen yksi yhteiskuntamme tietohuollon kulmakivistä. (Keskinarkaus & Pulkkinen 1998, 13).

Pitäjänkarttojen ja topografisen kartan valmistus eteni ilmakuvauksen myötä samaan tahtiin. Suomi oli tässä asiassa edelläkävijöiden joukossa. Tätä helpotti se, että työ kiinteistöjen parissa sekä kartastotyö tapahtuivat samassa organisaatiossa. (Suomen peruskartoitus 1975, 5-7).

Kiinteistöjen rajojen ja maastotiedon yhdistäminen nykyiseen muotoonsa alkoi Suomessa, kun vuonna 1945 asetettu toimikunta sai tehtäväkseen luoda Suomen kartastotyön kokonaissuunnitelman, jossa päätettiin yhdistää pitäjänkartat ja topografiset kartat. Kartastotyön kokonaissuunnitelman ehdotus valmistui 1947 tammikuussa ja synnytti osaltaan kartoitusohjeet, jotka vahvistettiin toukokuussa 1948. (Suomen peruskartoitus 1975, 5-7). 1948 hyväksytyjen peruskartan kuvausohjeiden ansiosta tuotanto pääsi alkamaan. (Jakobsson 2001, 16). Pitäjänkartat ja topografiset kartat siis yhdistettiin yhdeksi kokonaisuudeksi, peruskartaksi.

Peruskartoituksen alueellinen kiireellisyys oli pulmallinen kysymys, koska karttojen puute oli ongelma kaikkialla Suomessa. Työ aloitettiin Pohjanmaalta ja Tampereen seudulta ja viimeiseksi siirryttiin Pohjois-Suomeen. Kartan tekemisessä ei kiirehditty, koska työn laadun haluttiin pysyvän hyvänä.

Suomessa kartoitus onkin toteutettu maailman mittapuulla poikkeuksellisen laadukkaasti. (Suomen peruskartoitus 1075, 8-9). 1950-luvulla karttojen tarvetta eri alueilla tutkittiin ja tuotantoa suunnattiin tarpeen mukaan. 1960-luvulla peruskartan kuvausohjeet uusittiin ja 1975 saatiin valmiiksi peruskartan ensimmäinen tuotantokierros. (Jakobsson 2001, 17).

Nykyään peruskarttaa uudistetaan. Aiemmasta 1:20 000 mittakaavaisesta peruskartasta on vähitellen luovuttu ja kaikki uudet peruskartat tehdään mittakaavaan 1:25 000. Yksi karttalehti siis kattaa aiempaa laajemman alueen. Nykyään peruskartta on kaikille suunnattu tiennäyttäjän sekä maanteillä että luonnossa. Myös retkeilyä ja suunnistamista varten on olemassa erityisiä ulkoilukarttoja. (Maanmittauslaitos 2013).

4.1.2 Geoinformatiikka

Geoinformatiikka on paikkatietoa ja paikkatietojärjestelmiä (GIS, Geographic Information System) tutkiva tieteenala. Paikkatietotekniikaksi sanotaan sitä osaa geoinformatiikasta, joka soveltaa tietoteknisiä menetelmiä. Geoinformatiikka pitää sisällään myös tietokoneavusteisen kartografian. (Laurila 2008, 2).

Maanmittauksessa siirryttiin uuteen aikakauteen, kun 1970-luvun alussa karttojen sisältämää tietoa alettiin digitoida eli muuttaa numeeriseen muotoon. Kartografia tutkii paikkatiedon esittämistä visuaalisesti. (Huhtamies 2008, 459). Paperikartta ja digitaalinen paikkatietokanta ovat kosketuksissa toisiinsa siten, että digitaalisten paikkatietojen avulla tuotetaan paperikarttoja.

Ensimmäiset numeeriset paikkatietovarastot korvasivat paperikartat, kun tietoa alettiin tallentaa tietokoneiden muistiin. Tämä synnytti uuden tieteenalan geoinformatiikan. Geoinformatiikka tarkoittaa paikkatiedon esittämistä numeerisesti ja tämän tiedon keräämistä, tallentamista ja analysointia. Muutos oli maanmittauksen ja kartografian alan suurin ja nykyään sekä maanmittaus että kartografia perustuvat täysin geoinformatiikkaan. (Huhtamies 2008, 459.)

Paperikarttojen digitoinnin lisäksi maastotietokannan luomisessa käytettiin ilmakuvia.

4.1.3 Maastotietojärjestelmä

Maanmittauslaitoksen käyttäessä sanaa maastotietojärjestelmä tai MTJ, sanalla tarkoitetaan perusmaastotiedon ja karttojen tuottamista, hallintaa ja jakamista. Maastotietojärjestelmä on julkisen hallinnon tietoinfrastruktuuriin kuuluva perusrekisterien kaltainen tieto-, palvelu-, ja toimintakokonaisuus, jonka avulla syntyvät sekä perusmaastotieto että kartat. Perusmaastotiedolla tarkoitetaan paikkatietoa, jolla kuvataan rakennetun ympäristön sekä luonnonympäristöjen ominaisuuksia. (Maastotietojärjestelmä kovaan käyttöön 2010, 8.)

Maastotietojärjestelmä toimii koko julkisen hallinnon perustietovarantona, jonka avulla monet perusrekisteritiedot ovat liitettävissä todelliseen maantieteelliseen ympäristöönsä. Maastotietojärjestelmän on oltava tietoteknisesti yhteensopiva muiden vakiintuneiden perusrekistereiden (väestörekisteri, kiinteistörekisteri, yhteisörekisteri, yritysrekisteri) kanssa. (Maastotietojärjestelmä kovaan käyttöön 2010, 8-9.)

4.1.4 Maastotietokanta

Maastotietokanta on maanmittauslaitoksen ylläpitämä tietokanta, joka kuvaa koko Suomen maastoa. Maastotietokanta kuvaa koko Suomen liikenneväyliä, rakennuksia, nimistöä, maankäyttöä ja korkeussuhteita. Tiedot on kerätty ja sovitettu yhteen niin, että niitä voi hyödyntää tarpeen mukaan. Tietoja päivitetään teiden osalta jatkuvasti ja muilta osin viiden vuoden välein. (Paikkatietoikkuna 2013). Myös muut kartan valmistajat kuin maanmittauslaitos voivat käyttää maastotietokantaa sähköisten tai paperia olevien karttojen lähtöaineistona. (Maanmittauslaitos 2013a).

Maastotietokanta on paitsi kohdemallin myös aineiston osalta sidottu tiukasti peruskarttaan. Nykyinen maastotietokanta sekä maastokartta 1:20 000 perustuu 1991 tehtyyn kohdemalliin. Tämä kohdemalli puolestaan perustuu

peruskartan kuvausohjeisiin. Osa maastotietokannan tiedoista on kerätty stereokojeella ilmakuvista eli stereokartoituksen avulla ja osa digitoimalla peruskartoista. Stereokartoitus mahdollistaa digitointia paremman sijaintitarkkuuden, mutta on huomattavasti digitointia kalliimpaa. (Jakobsson 2001, 15-17).

Maastotietokanta valmistui 2007, kun kartoitus päättyi pohjoisimmassa Lapissa Nuorgamin Istumakiven alueella.

4.1.5 Istumakivi

Maastotietokantaan viimeiseksi kohteeksi ennen maastotietokannan valmistumista valittiin kartoitettavaksi tietty kohde. Kohteeksi valittiin Nuorgamissa luonnossa oleva kartoilta tunnettu kivi nimeltä Istumakivi. Istumakivestä tehtiin maastotietokannan valmistumisen muistomerkki, jossa on metallinen laatta teksteineen. Istumakivi laattoineen sijaitsee Nuorgamista Pulmankiin menevän tien parkkipaikalta n. 200m luoteeseen. Se on yli kaksi metriä korkea ja monen kuutiometrin kokoinen. Se esiintyy jo topografisen kartan nimistö tarkistuskartassa vuodelta 1973 saamenkielisessä kirjoitusasussa "Tsohkkankädgi". Painetuille kartoille Istumakivi päättyi 1977. (Keskinarkaus 2008).

Istumakivi muistolaattoineen paljastettiin 24.9.2007 reaaliaikaisessa näkö-, kuva- ja GPS-yhteydessä maastotietokannan valmistumisjuhlan juhlaväelle. Juhlat olivat Saariselällä. Istumakivi kartoitettiin maastotietokantaan saman päivän aikana (ks. liite 1). Istumakiveä pidettiin alueella liikkuneiden ihmisten levähdyspaikkana. Noin vuosi myöhemmin lokakuussa 2008 eräs kartoittaja oli käymässä Nuorgamissa vapaa-ajallaan. Hänet opastettiin toiselle kivelle, jossa hän sai kuulla, että kyläläiset pitivät oikeana Istumakivenä tätä toista kiveä. Etenkin monet vanhat ihmiset pitivät oikeana Istumakivenä tätä toista kiveä. Oikeaa kiveä tiedetään käytetyn jo ainakin kun eräs Holmbergin sukuun 1820 syntynyt mies käytti kiveä istumakivenä retkillään Nuorgamin kylältä tunturiin Pulmankijärvelle. Nykyään, kun matka tehdään moottoriajoneuvoilla, on kiven käyttö vähäisempää. Oikea kivi on noin kuutiometrin kokoinen lohkar, josta löytyy istumakohta ja piippuhylly. Kivi

sijaitsee vanhan polun varressa. Oikea kivi päätyi maastotietokantaan siis myöhemmin kuin Istumakivi, joka oli aikanaan päätynyt jo paperikartoille. (Keskinarkaus 2008).

Maastotietokannan valmistumisen muistomerkki on tietenkin edelleen uusi Istumakivi, jossa on edelleen siihen laitettu metallinen tekstilaatta. Oikea kivi sijaitsee maastotietokannassa 600 m Istumakivestä luoteeseen. Oikean kiven voi löytää esimerkiksi maanmittauslaitoksen Karttapaikka-palvelulla Utsjoen kunnan alueelta hakusanalla Vanha Istumakivi tai toistaiseksi myös pelkästään hakusanalla Vanha Istumakivi. (Karttapaikka 2013).



Kuva 1 Vanha ja uusi Istumakivi kartalla

4.1.6 INSPIRE-direktiivi

INSPIRE-direktiivi (Infrastructure for Special Information in Europe) tuo yhteensopivuusvaatimukseen eurooppalaisen näkökulman. Kyseessä on Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin perustamisesta. (Maastotietojärjestelmä kovaan käyttöön 2010, 9.) Tavoitteena direktiivillä on ympäristöpolitiikan ja ympäristöön liittyvän päätöksenteon yhtenäistäminen. Viranomaiset tarvitsevat yhtenäistä paikkatietoa päätöksenteon tueksi sekä yhteistyön lisäämiseen. Paikkatiedon infrastruktuuri tulisi toteuttaa vaiheittain EU-jäsenvaltioissa vuoteen 2019 mennessä. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY.)

Useat maastotietojärjestelmän tietoteemat sisältyvät INSPIRE-direktiivin määrittelemiin yhteiskäytön kehittämisen piiriin kuuluviin tietoryhmiin. (Maastotietojärjestelmä kovaan käyttöön 2010, 9-10). Tällä tarkoitetaan sitä, että tietojen on oltava mahdollisimman monen tarvitsijan saatavilla. Maastotietojärjestelmän kuten muunkin kartastotyön on noudatettava myös muuta olemassa olevaa lainsäädäntöä.

4.1.7 Kartoitettujen kohteiden tarkkuus

Yleisessä tiedossa on että kartoitettujen kohteiden sijaintitiedon tarkkuus ei saavuta kartoilla täysin kartoitustilanteessa saatavaa tarkkuutta koska kartta on maastoa kuvaava tasoprojektio. Kartalla sijainti vääristyy mm. pituuden suhteen. Pituus siis vääristyy visuaalisesti tutkittavan kohteen sijainnista ja kartan projisointitavasta riippuen. Karttaprojektiossa syntyvä vääristymä on sitä pienempi mitä suurempi mittakaava on kyseessä. Ulkoilukartoilla vääristymä on käytännön kannalta merkityksetön.

Eri tavoin kartoitettujen kohteiden sijainti on voitu sitoa ympäristöönsä kolmio- ja runkomittauksiin perustuen tai esimerkiksi satelliittiteknologialla. Kartoitetun kohteen sijainti voidaan nykyään ilmaista tarkasti käytössä olevien koordinaatti- tai korkeusjärjestelmien suhteen. Kartoitetun kohteen

kolmiulotteinen sijainti saadaan mitattua esimerkiksi satelliittiteknologialla hyvin tarkasti.

GPS-järjestelmä tietää kohteen sijainnin omassa koordinaattijärjestelmässään, joka kattaa koko maapallon. Kyseessä on 3D koordinaatisto, kuten xyz-koordinaatisto, jossa on akselien välillä suorat kulmat. GPS-laitteella voidaan mitata kohteen sijainti myös paikallisissa koordinaattijärjestelmissä. Esimerkiksi maanmittauslaitoksen käyttämä koordinaattijärjestelmä ottaa huomioon geoidin. Geoidia voidaan kuvata jatkettuna merenpinnan tasona tai painovoimapotentiaalipintana. Korkeustiedot voidaan muuntaa koordinaattijärjestelmän mukaiseksi vain perusaritmetiikkaa sisältävällä kaikkien ymmärrettävissä olevalla kaavalla ja tuntemalla geoidin ominaisuudet mitattavassa kohteessa.

Ilmakuvalta saadaan myös kartastotyön tarkoituksiin riittävän tarkka sijainti käytettävässä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä. Ilmakuvatekniikassakin voidaan hyödyntää satelliittinavigointia. Satelliittinavigointia hyödynnetään myös ilmakuville signaloitavien pisteiden sijainnin mittaukseen maastossa.

Ortokuvassa osa fotogrammetrisista vääristymistä ja virheistä on poistettu. Ortokuva on tarkoitettu välineeksi, josta kohteita voi mitata. Ortokuvassa jokainen kohta on tarkoitettu katsottavaksi ylhäältäpäin ja mittakaava on niin suuri, että kohteiden kolmiulotteinen sijainti maapallon kaarevalla pinnalla ei häiritse tarvittavaa mittaustulosta.

Maastotietokanta on sähköinen tietokanta, jossa kohteiden sijainti on numeerisessa muodossa. Maastotietokannassa mitattavilla kohteilla on myös erilliset tarkkuusvaatimukset. Kartoitettavien kohteiden määrä on rajallinen. Kohteita rajoitetaan pois maastotietokannasta kartoitusvaiheessa sekä tuotettaessa maastotietokannan avulla joko sähköisiä tai paperisia karttoja. Tästä menetelmästä käytetään nimitystä yleistys. Maastotietokannassa oleva sijaintitieto on niin tarkkaa että tarkkuus riittää maastotietokannasta valmistettaviin tuotteisiin. Olemassa olevalla teknologialla tuotettu kartoitustekniikka on sellaista että maastotietokannassa oleville kohteille päätetyt tarkkuudet on tekniseltä kannalta helposti saavutettavissa.

4.1.8 Korkeusjärjestelmät

Suomessa on ollut useita korkeusjärjestelmiä. Suomi on alueella jolla maa on kohonnut merenpinnasta ja kohoaa edelleen. Korkeusjärjestelmät ja korkeudet vanhenevat. Suomessa on tehty kolme tarkkavaaitusta eriaikoina korkeuksien mittaamiseksi. Maanpinnan kohoaminen johtuu jääkauden aikaisten jäämassojen sulamisesta ja siitä johtuvasta massan vähenemisestä alueella joilla oli ennen jäätä. Nykyisen N2000-korkeusjärjestelmän aikaiset korkeuslukemat ovat 13-43 cm suuremmat N60 järjestelmän vuonna 1960 mitattuihin korkeuslukemiin verrattuna.

Suomen ensimmäinen tarkkavaaitus tehtiin 1892-1910 ja saatiin ensimmäinen valtakunnallinen korkeusjärjestelmä NN. Toinen tarkkavaaitus tehtiin 1935-1975. Toisen tarkkavaaituksen aikana luotiin ensin tilapäinen N43-järjestelmä ja kun tarkkavaaitus valmistui luotiin korkeusjärjestelmä N60. Kolmas tarkkavaaitus saatiin valmiiksi 1978-2004 ja siihen perustuva nykyinen korkeusjärjestelmä on nimeltään N2000. GPS-laite ei mittaa sijaintia N2000-järjestelmässä. GPS-laitteella mitatut sijainnit voidaan kuitenkin muuttaa N2000-järjestelmään geoidimallin avulla. Valtakunnallisissa kartastotoissa käytetään N2000-järjestelmää. (Korkeusjärjestelmä N2000, 2007).

Uusien korkeusjärjestelmien syntyessä on vanhat korkeusjärjestelmät voitu jättää vielä käyttöön sekä valtakunnallisesti että pienempimuotoisesti käytettynä joksikin aikaa. Näin on tehty esimerkiksi Rovaniemellä, jossa N43-järjestelmästä siirrytään N2000 järjestelmään 8.3.2013. (Rovaniemen kaupunki 2013).

4.1.9 Koordinaattijärjestelmät

Suomessa on ollut käytössä useita koordinaattijärjestelmiä, jotka ovat ilmestyneet eri aikoina. Koordinaattijärjestelmän avulla sijainti ilmaistaan koordinaatteja käyttäen. Saman maastonkohdan koordinaatit eroavat toisistaan eri koordinaattijärjestelmissä. Kohteen koordinaateille on tehtävä

koordinaattien muunnos, mikäli koordinaatit halutaan esittää toisessa koordinaattijärjestelmässä alkuperäisen järjestelmän sijaan. Suomessa on käytössä kolme valtakunnallista tasokoordinaatistoa. Ne ovat vanhan valtion järjestelmä (VVJ), kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ) ja ETRS-TM35FIN. (Maanmittauslaitos 2013c).

4.2 Itsenäisyyden ajan mittausmenetelmät

4.2.1 Runkomittaus

Kolmiomittaus on ollut tapa jolla runkomittaukset suoritetaan. Runkomittaukset ovat olleet koordinaattijärjestelmien ja kartoituksen perusta. Runkomittauksissa on tehty koordinaateiltaan tunnettuja pisteitä mittaamalla niiden sijainti. Mittauksissa on edetty kolmiomittauksena kolmiojonoja ja verkkoja muodostaen. Näin on muodostunut valtakunnallisia kolmioverkkoja jotka ovat toimineet koordinaattijärjestelmien ja karttojen perustana. Tasorunkopisteiden mittaaminen GPS-laitteilla alkoi 1980-luvulla. Korkeusjärjestelmien luomisessa on menetelty tarkkavaaitsemalla. Runkomittaukset ovat syntyneet vuosikausia kestäneinä projekteina. Runkomittauksilla on luotu infrastruktuuri, johon muu mittaaminen ja kartastotyö ovat tukeutuneet.

Suomen kartoittamista varten aloitettiin kolmiomittaukset 1860-luvulla. Kartoittaminen alkoi venäläisten topografijoukkojen toimesta. Suomen itsenäisyyden alkuaikoina perustetun Geodeettisen laitoksen yksi päätehtävä oli yhtenäisen kolmioverkon luominen koko maahan. Maanmittauslaitos puolestaan tihensi tämän harvan pisteverkon käytännön mittauksia ja kartoituksia palvelevaksi. Satelliittimittaus syrjäytti kolmiomittauksen vasta 1986. (Tätilä 2011).

1920-luvulla alettiin tehdä laajempiin kartografisiin päämääriin tähtäviä perusviiva- ja kolmioverkkomittauksia. Perusviivamittaukset tehtiin käsin painojen avulla jännitetyillä ja lähes venymättömillä invarlangoilla. Viivojen tarkkuudet vaihtelivat puolesta millimetristä kahteen millimetriin. Perusviivan pituus määräsi samalla mittakaavan. Invarlangan käyttö oli huomattava

kolmiomittauksessa käytetty menetelmä ja se korvattiin vasta sotien jälkeen Yrjö Väisälän keksimällä interferenssikomparaattorilla. (Huhtamies 2008, 380).

Ensimmäiset ja kaikkein laajimmat perusviiva ja kolmiomittaukset keskittyivät 1920- ja 1930-luvulla Suomen vähiten kartoitettuihin osiin eli Lappiin. Sotilaallisen kiinnostuksen kohteena olleet Petsamo, Kuusamo ja Kemijärvi mitattiin tarkkaan. 1930-luvulla kolmiomittauksessa siirryttiin käyttämään luokkia 1,2,3,4 ja 5. Kolmioiden sivujen pituudet lyhenivät pisteistöä hierarkkisesti tihennettäessä ylemmästä luokasta alempaan. Katvealueet pyrittiin aina peittämään alemman luokan verkkoja. Tavoitteeksi asetettiin yhtenäisen geodeettisen verkon luominen. (Huhtamies 2008, 380).

Kun kolmioverkkoa on mitattu, eroja sekä mittaus- ja laskentamenetelmissä että tarkkuuksissa on esiintynyt. Satelliittimittauksessa tämän vuoksi esiintyviä ristiriitoja ei pidetä yllättävinä. Satelliittimittaus siis paljastaa kolmioverkon epätarkkuuksia. (Jokela 2003, 108.)

Kartan tekeminen alkaa runkomittauksesta. Siinä maastossa oleville kiintopisteille mitataan koordinaatit. Näiden pisteiden avulla mitataan kartalla esitettävien maaston kohteiden koordinaatit. Runkomittauksen jälkeen maasto kuvataan ilmasta. Ilmakuvausta varten runkopisteet näkyvöitetään eli signaloidaan. (Maanmittauslaitos 2013b). Runkomittauksen avulla erilaisten kartoitusten ja alueellisten suunnitelmien toteuttamisen pohjaksi luodaan yhtenäiset taso- ja korkeusrungot. Tasorunko on maanpinnan suuntainen ja korkeusrunko luotiviivan suuntainen. Runkomittauksille on tyypillistä varmistavien havaintojen määrä sekä ennakolta sovittu mittaustarkkuus ja tulosten käsittelytapa. (Niemelä 2004, 86).

Runkomittausta on alkujaan tehty kolmiomittauksena. Huonon näkyvyyden takia rakennettiin kolmiomittaustorneja. Aikaisemmin runkomittausta tehtiin kolmiomittaustorneista, nykyään käytetään satelliittipaikannusta. (Maanmittauslaitos 2013b). Vuonna 2009 Kaunispää-tunturille Inariin on rakennettu kolmiomittaustorni, aikaisemman 1950-luvulla rakennetun ja lahona hävitetyn tornin tilalle. Torni jatkaa geodesian ja kartoituksen

perinteitä ja muistuttaa ajasta ennen satelliittipaikannusta ja navigaattoreita. (Maanmittauslaitos 2011).

4.2.2 Ilmakuvaus

Ilmakuvaukseen perustuvien kartoitusmenetelmien käyttöönotto 1930-luvulla merkitsi topografisen kartoituksen käänteentekevää nopeutumista. Vasta silloin oli mahdollista vakavasti suunnitella Suomen perusteellista kartoittamista kohtuullisessa ajassa ilman ylivoimaisia kustannuksia. (Suomen peruskartoitus 1947-1975,6.) Ilmakuvatekniikka teki läpimurtoa ja tiekarttoja alettiin valmistaa autoilun yleistyessä. Tosin yksityiskohtaisia maastokarttoja oli ennen toista maailmansotaa vain osasta maata. (Keskinarkaus & Pulkkinen 1998, 13).

Runkomittauksen jälkeen maasto kuvataan ilmasta. Ilmakuvausta varten runkopisteet signaloidaan. Kuvilta voidaan mitata myös rajamerkkien koordinaatit, jolloin myös ne täytyy signaloida. Rajamerkkien signaloinnista huolehtivat pääasiassa maanomistajat vapaaehtoistyönä. Ilmakuvauksia tehdään keväisin heti lumen sulamisen jälkeen ennen kuin lehdet puhkeavat puihin. (Maanmittauslaitos 2013b).

Ennen ilmakuvausta on signaloitava tarpeellinen määrä korkeudeltaan tunnettuja ja vaakasijainniltaan tunnettuja pisteitä. Signaloituja pisteitä tarvitaan ilmakolmioinnissa, joka parantaa tutkittavan alueen kohteiden sijaintitarkkuutta. Lisäksi myös mm. kiinteistönrajoja voidaan maanomistajien toimesta signaloida. Ensimmäisenä mainittujen pisteiden määrä suhteessa signaloitavaan alueeseen lisää alueen korkeustarkkuutta. Toisena mainittujen pisteiden määrä suhteessa signaloitavaan alueeseen lisää vaakatakkkuutta. Signalointi tarkoittaa jonkin kohteen näkyväksi tekemistä niin että se näkyy ilmakuvassa. (Salmenperä 2004, 86).

4.2.3 Fotogrammetrinen pistetihennys eli ilmakolmiointi

Fotogrammetria on kuvamittausmenetelmä, jossa valokuvia käyttäen määritetään valokuvatun kohteen sijainti, muoto, koko tai jokin muu

ominaisuus. Fotogrammetria perustuu lähinnä valokuvaukseen, projektiiviseen geometriaan, optikkaan ja ihmisen stereoskooppiseen eli kolmiulotteiseen näkökykyyn sekä myös satelliittiteknologiaan. (Niemelä 2004, 21).

Ilmakuvauksen jälkeen on vuorossa ilmakolmiointi eli fotogrammetrinen pistetihennys. Siinä kuville määritetään stereokartoitusta varten tarpeellinen määrä koordinaateiltaan tunnettuja tukipisteitä. (Maanmittauslaitos 2013b). Suomi on ilmakuvattu kaikkialta. Ilmakuvausta voidaan käyttää mm. maanmittauslaitoksen maastotietokannan ajantasaistuksessa, jossa ilmakuvat toimivat stereokartoitustyön aineistona. Ilmakuvauksessa kuvataan maastosta alue. Aluetta voidaan tiettyjen valmistelujen jälkeen tarkastella ja käyttää kolmiulotteisena ilman suuria sijaintivirheitä. Sijaintivirheiden vuoksi kuvauskohde on siis käsiteltävä fotogrammetrisella pistetihennyksellä eli ilmakolmioinnilla. Ilmakolmioitua kohdetta käytetään stereokartoituksessa stereotyöasemalla, jossa kohde nähdään ja mitataan kolmiulotteisena. Stereokartoituksessa siirretään valikoiden kolmiulotteista näkymää eli stereomallia tulkitsemalla ilmakuvien kolmiulotteista tietoa maastotietokantaan. Maastokauden aikana käydään osa kohteista maastossa tarkistamassa. Kohteiden maastotarkistuksella pyritään varmistamaan että maastotietokantaan syötettävä tieto vastaa todellisuutta. (Maanmittauslaitos 2013b).

4.2.4 Stereokartoitus

Työskentelyä maastotietokannassa harjoitellaan aluksi koulutukseen tarkoitettulla tietokannalla. Stereokartoituksessa käytettävältä työpisteeltä löytyy ilmakuvien katsomiseen tarkoitettu stereonäyttö sekä tavallinen tietokonenäyttö, josta voidaan katsella maastotietokantaa karttamaisesti. Lisäksi löytyy tietenkin näppäimistö, erikoissilmälasit ja hiiri. Maastotietokannan kohteita voidaan muokata, poistaa, lisätä tai muuttaa joko katsoen maastoa tällä ilmakuvien stereokatseluun tarkoitettulla laitteistolla tai katsoen maastotietokantaa tietokoneen näytöllä. Työskentelyn peruseräite on että ilmakuvia tulkitaan stereonäkymästä jolloin saadaan uutta tietoa maastotietokantaan. Tuoilta ei tarvitse siirtyä vaan koko laitteisto on

ulottuvilla. Työpisteellä on siis näkyvissä toisaalla karttamainen näkymä ja toisaalla stereonäkymä. Stereonäkymään tarkoitetut silmälasit eivät häiritse siirrettäessä huomio karttanäyttöön.

Kun tahdotaan nähdä, miltä tietty maastotietokannan kohta näyttää maastossa, voidaan käyttää tähän tarkoitettua toimintoa, jolloin stereonäkymän sijainti siirtyy kyseiseen kohtaan. Edelliseen näkymään voidaan sen jälkeen taas siirtyä takaisin, koska näkymähistoriassa on mahdollista liikkua. Tilanteessa, jossa halutaan nähdä miltä joku maaston kohta näyttää maastotietokannassa, voidaan käyttää samanlaista toimintoa, jolloin karttanäkymä toisella näytöllä siirtyy sen hetkistä stereonäytöllä näkyvää aluetta vastaavaksi. Maastoa ja maastotietokantaa näin siis luonnollisesti voidaan helposti vertailla toisiinsa. Stereonäkymässä ja karttamaisessa näkymässä voidaan siirtyä eri maastonkohtiin tarpeen mukaan. Näkymiä voi myös tietenkin zoomata.

Maastotietokannan karttanäkymään voidaan valita näkyvät kohteet niin, että näkymä on selkeä ja tutkittava tieto on näkyvissä. Stereonäkymällekin saadaan piirrettyä halutut kohderyhmiä maastotietokannasta ja sinne päivittyvät myös tulkittaessa ja mitatessa syntyvät uudet maastotietokannan kohteet. Kuvantulkinta ilmakuvilta stereonäkymässä.

Laitteisto synnyttää stereonäkymän eli 3D-näkymän välittämällä silmille samasta kohteesta kaksi eri kulmista otettua kuvaa niin, että molemmissa silmissä näkyy eri kuva. Katselija muodostaa näistä kahdesta kuvasta stereonäkymän tahdosta riippumatta ihmisellä luonnostaan olevalla stereonäkökyvyllä.

Stereonäkymässä näkyy myös avaruusmittamerkki, joka havaitaan kolmiulotteisesti kuten maastokin. Avaruusmittamerkin 3D-sijainti näkyy myös numeroina. Mittamerkillä voidaan mm. kolmiulotteisesti piirtää uusia kohteita, valita kohteita muokattavaksi tai tutkia kohteiden ja paikkojen sijainteja. Mittamerkin voi laittaa automaattisesti seuraamaan maastonkorkeutta valittuun korkeusmalliin perustuen. Näin voidaan välttyä suurilta korkeusvirheiltä ja nopeuttaa työskentelyä.

Tällä hetkellä ollaan luomassa uutta korkeusmallia laser-keilauksella. Uusi korkeusmalli on joillakin maastonalueilla jo käytettävissä ja helpottaa korkeuden seuraamista avaruusmittamerkillä stereonäkymässä. Uusi laser-keilauksella hankinnassa oleva korkeusmalli tulee olemaan tarkempi kuin aiemmat maastotietokannan korkeusmallit. Uusi korkeusmalli kattaa koko Suomen lähivuosina. Korkeusmalli ei ole sama asia kuin korkeusjärjestelmä jollainen on esimerkiksi N2000. Kartastotyössä on tarkoitus noudattaa N2000 korkeusjärjestelmää. Karttojen korkeuskäyrät tulevat noudattamaan N2000 korkeusjärjestelmää.

Stereotyöpisteen laitteistolla voidaan myös hoitaa muut asiat, kuten lomanomukset ja verkossa käynti, joten työntekijältä vaaditaan myös tietoturvakurssin suoritus. Työpisteeltä lähdettäessä on lukittava tietokone. Tietokoneessa on oltava kytkettynä käyttäjäkohtainen kortti. Tietoturva-asiat edellyttävät asioiden kanssa tekemisiin joutuvilta maanmittauslaitoksen työntekijöiltä tietoturvakurssin suorituksen. Kurssin suorittamiseen varataan useita tunteja ja sen voi suorittaa pitämällä haluamansa määrän taukoja.

Ilmakuvalta tulkittavat kohteet voivat olla sekä luonnon tekemiä että yhteiskunnan jälkeä. Ihmisen aikaansaamien kohteiden tulkinta on kuitenkin määrällisesti suurinta. Ihmisten aikaansaamat kohteet ovat maastotietokannan ajantasaistusprosessissa kuvantulkintamäärältään suurin kokonaisuus sekä yleisin kohde niin käytännön työssä kuin Maanmittauslaitoksen maastotietokohteiden luettelossa. Huomattavia työkohteita ovat esimerkiksi maankäyttö, kuten pellot ja metsähakkuut sekä tiestö ja rakennukset. Luonnon tekemien kohteiden tulkinta on määrällisesti paljon vähäisempää. (Maanmittauslaitoksen maastotietokohteet 2005).

4.2.5 Satelliittimittaus

Satelliittipaikannuksessa havaitaan satelliittien lähettämiä signaaleja. Havaintojen perusteella mitataan etäisyydet vähintään kolmeen satelliittiin. Koska satelliittien sijainti niiden kiertoradoillaan maan ympäri tunnetaan havaintohetkellä, voidaan havaintosijan paikka satelliittien suhteen laskea.

Satelliittien paikat lasketaan navigointiviestin perusteella. Satelliittipaikannus perustuu siis etäisyyksien ja etäisyyserojen mittauksiin. (Laurila 2008, 298).

Maanmittauslaitos aloitti GPS-laitteiden koekäytön vuonna 1986. GPS-laitteita käytettiin kolmiomittauksessa. Satelliittipohjainen paikannusmenetelmä GPS korvasi 1980-luvulta alkaen aiemmat menetelmät valtakunnallisessa tasopisteiden mittauksessa (Niemelä 2004, 86.) Monikulmiomittauksissa GPS-laitteella ei tarvittu näköyhteyttä pisteeltä toiselle, vaan se voitiin sijoittaa mihin tahansa. Aluksi mittauksissa ei saatu tulosta vielä koordinaatteina vaan mittauksessa mitattiin eri kohteiden välistä etäisyyttä, jolloin saatiin näiden välinen koordinaattiero. Kyseessä oli silloin aluksi siis relatiivinen menettely. Nykyään GPS-mittauksessa voidaan mitata ilman liitospisteitä. Vuorokaudessa voitiin mitata vain viisi tuntia, koska satelliitteja oli niin vähän. Samasta syystä talvella voitiin aluksi mitata vain öisin. Jo kokeiluvaiheessa tekniikka havaittiin ylivertaiseksi vanhaan tekniikkaan verrattuna. Nykyään kun GPS-laitteet ovat kehittyneet ja satelliitteja on järjestelmässä riittävästi, mittaaminen on mahdollista joka säässä ja mihin vuodenaikaan tai vuorokaudenaikaan tahansa. (Huhtamies 2008, 455-457).

Erlaisissa maanmittaussovelluksissa GPS on lähes täysin syrjäyttänyt perinteiset menetelmät, erityisesti silloin, jos kyse on muutamia satoja metrejä tai kilometrejä pitemmistä välimatkoista. Geodesiassa koordinaatistojen luonti ja ylläpito, deformaatiomittaukset tai mannerlaattojen liikkeiden seuraaminen tapahtuvat nykyisin GPS:n avulla. (Poutanen 2004, 28).

Nykyään GPS-järjestelmän lisäksi on myös mm. GLONAS-, Galileo- ja GNSS-järjestelmät. GNSS-järjestelmä (Global Navigation Satellite System) koostuu useista eri satelliittijärjestelmissä kuten GLONAS- ja GPS-järjestelmästä. Myös Euroopan Unionin tuottama satelliittijärjestelmä nimeltä Galileo on liittymässä GNSS-järjestelmän käytettäväksi. (Ilmatieteenlaitos 2013).

5 POHDINTA

Opinnäytetyössä oli tarkoitus antaa kuva kartografiasta Suomessa. Opinnäytetyö ei keskittynyt ainoastaan kartografian teknisiin saavutuksiin vaan opinnäytetyössä on joissain kohdin myös syvennytty kartografian tarpeeseen aikansa yhteiskunnalle ja toteutuneisiin tavoitteisiin. Lisäksi on myös tutkittu jonkin verran kartografian historiaa sen ruohonjuuritason toteuttajien kannalta. Tarkoituksena oli luoda kuva kartografiasta alkaen historiasta ja päätyen nykyaikaan. Opin työssäni kartoituksen ja kartografian menetelmiä menneiltä ajoilta. Kohtasin myös kaikki nykyajan keskeiset menetelmät, jotka kyllä jo osaksi tunsin.

Kartografia on kauan jo ollut tärkeä osa yhteiskuntaa. Opinnäytetyö antaa kokonaiskuvan kartografian historiasta sekä lopuksi esittelee nykyajan tärkeimmät menetelmät. Kartografian kehittyessä myös menetelmät ovat kehittyneet. Karttojen valikoima ja määrä on monipuolistunut. Aluksi kartat olivat vain tietyn ihmisjoukon saatavilla, mutta nykyään ne ovat kaikkien saatavilla.

Karttojen saatavuus parani, niiden laatu muuttui tarkemmaksi sekä niiden kuvaama alue laajeni. Ilmakuvauksen myötä voitiin tuottaa tarkka suurimittakaavainen topografinen kartasto koko Suomesta, joka tapahtui peruskartoituksen tultua valmiiksi 1975. Paikkatietoinfrastruktuuria alettiin muuttamaan numeeriseksi. Maastotietokanta valmistui 2007.

Opinnäytetyön aihepiiriä voisi tutkia lisää rajoittamalla tutkittavaa aikaväliä, tutkimalla uusia asioita tai syventymällä joihinkin asioihin enemmän. Yksi tutkittava kohde voisi esimerkiksi olla kartoitukseen ja kartoitusmenetelmiin kohdistetut resurssit. Tutkimuskohteeksi voisi keskittää myös kansainvälisen kehityksen kartografiassa. Uusien tutkimusten materiaalina voitaisiin käyttää Suomenkielisen materiaalin lisäksi ruotsin-, venäjän-, tai englanninkielistä kirjallisuutta.

Tulevaisuudessa voidaan pohtia lisätäänkö tekoälyn määrää kartastotyössä. Maastotietokannassa on paljon automatisoitua toimintaa tälläkin hetkellä. Korkeusmallit tullaan tekemään laserkeilausta hyödyntäen. Tälläkin hetkellä

ollaan valmistamassa ensimmäistä valtakunnallista laserkeilauksella tuotettavaa korkeusmallia. Geodesia tulee säilyttämään tärkeytensä satelliittiteknologian rinnalla ja sen tukena. Maastotietokantaa tehtäessä suoritetaan maastotarkastuksia. Maastotarkastuksiin saadaan ehkä avuksi jonkinlaiset mukana kuljetettavat tarkoitukseen räätälöidyt sähköiset kartat, joihin voi tehdä merkintöjä maastotarkistusten edetessä. Paperikarttojen kohtalo sähköisten karttojen ilmestyttyä voi askarruttaa. Tällä hetkellä sähköisten karttojen käyttämistä maastossa rajoittaa navigointilaitteiden akun sähkön loppuminen ellei matkassa ole varasähköä. Myöskään navigointilaitteiden näytöt eivät koskaan tule olemaan paperikartan kokoisia.

LÄHTEET

- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY. Euroopan unionin virallinen lehti L108. 25.4.2007. Osoitteessa <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:FI:PDF>
- Gustafsson, A. 1933. Maanmittarikunta ja mittaukset ruotsinvallan aikana. Teoksessa Suomen maanmittauksen historia. Porvoo: WSOY.
- Heikkilä, P. 2009. Mittapöytämittauksesta. Maanmittaus 84:2. Historiallinen tietoisku. 40-44. Osoitteessa http://mts.fgi.fi/maanmittaus/numerot/2009/2009_2_heikkila.pdf
- Huhtamies, M. 2008. Maanmittaus. Maanmittauksen historiaa Suomessa 1633-2008. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Ilmatieteenlaitos 2013. Avaruussään vaikutus satelliittipaikannukseen. Osoitteessa <http://ilmatieteenlaitos.fi/satelliittipaikannus>. 2.4.2013.
- Jakobsson, A. 2001. Suomen maastokartoilla on pitkä kehityspolku. Positio 3/2001. 15-17.
- Jokela, J. 2003. Maailman tarkimmat perusviivat. Teoksessa Maan muoto (toim. M. Poutanen), 102-117. Ursan julkaisuja 86.
- Karttapaikka 2013. Maanmittauslaitos. Osoitteessa <http://kansalaisen.karttapaikka.fi/kartanhaku/osoitehaku.html?lang=.> 23.4.2013.
- Keskinarkaus, J. 2008. Nuorgamin istumakiven uskomaton tarina. Lapin maanmittaustoimisto. 8.12.2008.
- Keskinarkaus, J. & Pulkkinen, Y. 1998. Suomen karttojen tarina 1633-1997. Suomalaisen kartografian läpileikkaus. Maankäyttö 4/98. Osoitteessa http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk498/mk498_70_keskinarkaus.pdf. 13.3.2013.
- Korkeusjärjestelmä N2000. 2007. Julkisen hallinnon suositus JHS 163. Geodeettisen laitoksen julkaisu 136. 7/2007. Osoitteessa http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf. 8.4.2013.

- Laurila, P. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemi: Tornion kirjapaino.
- Lehtinen, L. 2005. Karttojen kertomaa. Vanhojen karttojen kautta maiseman historiaan. Porvoo: Genimap.
- Maanmittauslaitoksen maastotietokohteet. 2005. Maanmittauslaitoksen julkaisuja nro 97. Helsinki: Maanmittauslaitos.
- Maanmittauslaitos 2011. Lehdistötiedote: Kaunispaälle rakennetaan kolmiomittauksen muistomerkki. Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/tiedotteet/2011/06/kaunispaalle-rakennetaan-kolmiomittauksen-muistomerkki>. 16.6.2011.
- Maanmittauslaitos 2013a. Mikä on kartta? Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/mika-kartta>. 4.5.2013.
- Maanmittauslaitos 2013b. Näin tehdään kartta. Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/nain-tehdaan-kartta>. 14.1.2013.
- Maanmittauslaitos 2013c. Tasokoordinaatistot. Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/tasokoordinaatistot>. 4.5.2013.
- Maastotietojärjestelmä kovaan käyttöön. 2010. Yleisten kartastotöiden strategia 2011-2020. Maa- ja metsätalousministeriö 4/2010.
- Niemelä, O. 2004. Maasto ja kartta. Kartanvalmistajan ja kartankäyttäjän käsikirja. Helsinki: Genimap Oy.
- Niemelä, O. 1998. Suomen karttojen tarina 1633-1997. Näin Suomi kartoitettiin katseltavaksi. Helsinki: Karttakeskus Oy.
- Paikkatietoikkuna 2013. Maastotietokanta. Osoitteessa <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/maastotietokanta>. 13.3.2013.
- Paulaharju, J. 1983. Sotilastopografia. Maanmittaus Suomessa 1633-1983. Helsinki: Maanmittaushallitus. 527-559.
- Poutanen, M, 2004. GPS:n uudet haasteet. Maankäyttö 3/2004. 28-30.
- Puupponen, J. 2009. Kolmiomittauksen historiaa. Maanmittaus 84:1. Historiallinen tietoisku, 65-71. Osoitteessa

http://mts.fgi.fi/maanmittaus/numerot/2009/2009_1_puupponen.pdf

Rantatupa, H. 2013 Historialliset kartat. Suomalaisen maanmittauksen kehittyminen 1600- ja 1700-luvuilla. Jyväskylän yliopisto. Osoitteessa <http://www.vanhakartha.fi/maanmittaus%20ja%20kartografia/maakirjakartat>. 19.3.2013.

Rovaniemen kaupunki 2013. Paikkatieto - ETRS-Gk26 koordinaatit ja N2000 korkeusjärjestelmä käyttöön Rovaniemellä 2013. Osoitteessa <http://www.rovaniemi.fi/suomeksi/Palveluhakemisto/Kartat/Paikkatieto>. 8.4.2013.

Salmenperä, H. 2004. Fotogrammetria. Opetusmoniste 4/2004. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto.

Suomen peruskartoitus 1947-1975. 1975. Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 42/9. Helsinki: Maanmittauslaitoksen karttapaino.

Tätilä, P. 2011. Kolmiomittauksella Suomessa pitkät perinteet. Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/tiedotteet/2011/09/kolmiomittauksella-suomessa-pitkat-perinteet>. 6.9.2011.

LIITTEET

Liite 1

Istumakivi diplomi

