

Tuomas Kyllönen

# Savonlinnan runkoverkon homo- geenisuus

Opinnäytetyö  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2010




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  22..21.2010				
<b>Tekijä(t)</b>  Tuomas Kyllönen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Maanmittaustekniikan koulutusohjelma				
<b>Nimeke</b>  Savonlinnan runkoverkon homogeenisuus					
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tässä opinnäytetyössä selvitän Savonlinnan kaupungin mahdollisuuksia siirtyä oman paikallisen koordinaatiston käytöstä kansalliseen EUREF-FIN-koordinaatistoon. Työni ensisijaisena tarkoituksena on koordinaatiston vaihtamista varten tutkia Savonlinnan erilliskoordinaatiston laatua. Kaupungin koordinaatiston laadun selvittämiseksi tehtiin GPS-mittauskampanja, jossa käytin GPS-RTK mittausta yhdellä vastaanottimella.</p> <p>Mittausmenetelmän valintaan vaikuttivat käytettävissä olleet resurssit. Etuna on, että mittauskampanjan suunnittelu muihin menetelmiin verrattuna on melko helppoa ja itse mittaustyöskentelyssä ei ole kovin paljon osavaiheita. Haittana yhden laitteen käytössä on, ettei kampanjassa saada mitattavien kiintopisteiden välisiä vektoreita, vaan pisteet mitataan yksittäisinä tukiaseman suhteen. Korkeuksia ei tässä opinnäytetyössä varsinaisesti käsitelty.</p> <p>Tekemissäni mittauksissa selvisi, että Savonlinnan vanha koordinaatisto on hieman kiertynyt koillisuuntaan, suurimpien pistevirheiden ollessa noin seitsemän senttimetriä. Virheissä ei kuitenkaan ole huomattavissa mitään selkeitä alueellisia trendejä lukuun ottamatta Kellarpellon aluetta. Työni perusteella on saatu lisätietoa Savonlinnan kaupungin runkoverkon nykyisestä virhekertymästä ja käyttöpisteistön laadusta.</p>					
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  koordinaatisto, gps, EUREF-FIN, Savonlinna					
<b>Sivumäärä</b>  18 s. + liitt. 10 s.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b>	<b>URN</b>	Suomi	
<b>Kieli</b>	<b>URN</b>				
Suomi					
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>					
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Pekka Saikko	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>				

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  22.12.2010	
<b>Author(s)</b>  Tuomas Kyllönen		<b>Degree programme and option</b>  Surveying	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Homogeneity of Savonlinnas local coordinate system			
<b>Abstract</b>  The purpose of this work was to study is it possible for the city of Savonlinna to change their coordinate system from local system to national EUREF-FIN system. Main point of this research is to find out deformation of Savonlinnas local coordinate system.  First the accuracy of the local system had to be defined because too deformed system would cause problems in the coordinate transformation. The accuracy of the local system was measured using GPS-RTK observations made with only one field receiver. The local coordinate system turned out to be quite accurate, the largest errors being approximately seven centimeters.  There was no definite pattern of errors in the Savonlinnas local coordinate system except for area of Kellarpelto. The research improved knowledge of the state citys own system.			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Coordinate system, gps, Savonlinna			
<b>Pages</b>  18 p. + app. 10 p.	<b>Language</b>  Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b>  Pekka Saikko		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 KOORDINAATISTOT JA KARTTAPROJEKTIOT .....	2
2.1 Kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ) .....	2
2.2 WGS84 ja EUREF-FIN.....	3
2.3 EUREF-FIN ja karttaprojektiot.....	4
2.4 Koordinaattimuunnokset .....	5
2.4.1 Helmert-muunnos .....	5
2.4.2 Affiininen muunnos .....	5
3 GPS-MITTAUS JA VIRHELÄHTEET.....	6
3.1 Virhelähteitä.....	6
3.2.1 Ilmakehän vaikutus .....	6
3.2.2 Monitieheijastuminen .....	7
3.2.3 Satelliittigeometria.....	7
3.2.4 Sähkömagneettinen säteily .....	8
3.2.5 Mittaajan virheet.....	8
3.3 GPS ja korkeus.....	8
4 MITTAUKSET SAVONLINNAN KAUPUNGILLE.....	9
4.1 Mittausten suunnittelu .....	9
4.1.1 Pisteiden valinta.....	9
4.2 Laitteisto.....	10
4.2.1 Tukiaseman antennin sijainti .....	10
4.2.2 GPS-mittauslaitteiston kokoonpano .....	10
4.3 Havaitseminen.....	13
5 TULOKSET .....	15
5.1 Mittausdatan käsittely .....	15
5.2 Laskenta .....	15
5.3 Tulokset.....	15
6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	17
LÄHTEET .....	19

## LIITE

## 1 JOHDANTO

Suomessa on käytössä lukuisia eri koordinaattijärjestelmiä, joista yhden osan muodostavat kuntien ylläpitämät paikalliset koordinaattijärjestelmät. Valtakunnallisesti tullessaan käyttämään yleiseurooppalaiseen järjestelmään perustuvaa EUREFFIN-koordinaattijärjestelmää, johon myös paikallisten koordinaattijärjestelmien käyttäjien ennen pitkää siirtyä. Savonlinnan kaupungin mittausosastolla haluttiin selvittää mahdollisuus siirtyä kyseisen järjestelmän käyttöön sekä siihen liittyvät toimenpiteet. Aiheeksi kehittyi opinnäytetyö, jossa selvitän Savonlinnan koordinaattijärjestelmän laadun.

EUREF-FIN-järjestelmään siirtyminen on kuitenkin ollut tähän mennessä varsin nihkeää ja valmiita selvityksiäkin vain muutama. Selvityksistä Lahden kaupungin raporttia olen käyttänyt pohjana tällekin työlle. Lisäksi julkisen hallinnon suosituksissa on annettu ohjeita EUREF-FIN-järjestelmään liittyvistä koordinaatistomuunnoksista ja järjestelmän määrittämisestä. Ohjeistuksesta huolimatta ei ole laadittu valtakunnallista strategiaa, jolla määriteltäisiin paikallisiin koordinaatistomuunnoksiin liittyvät toimenpiteet ja niiden dokumentointi. Jokainen taho joutuukin ratkaisemaan muunnoksen tekemisen omalla kohdallaan.

Koordinaatistomuunnoksen perusteeksi on ensin selvitettävä muunnettavan koordinaattijärjestelmän laatu, jotta voidaan määritellä käytettävä muunnosmenetelmä. Savonlinnan kiintopisteverkon määrittämiseen käytän GPS-RTKmittauksia, joilla selvitän verkon laadun. Vertaamalla uusia ja vanhoja koordinaatteja tutkin vanhan kiintopisteverkon sisältämiä virheitä. Työ vaikutti haasteena vaativalta ja ajankohtaiselta ja sen tekemiseen arvioitiin kuluvan noin kolme kuukautta. Tähän sisältyisi mittaus- laskenta ja raportointivaiheet.

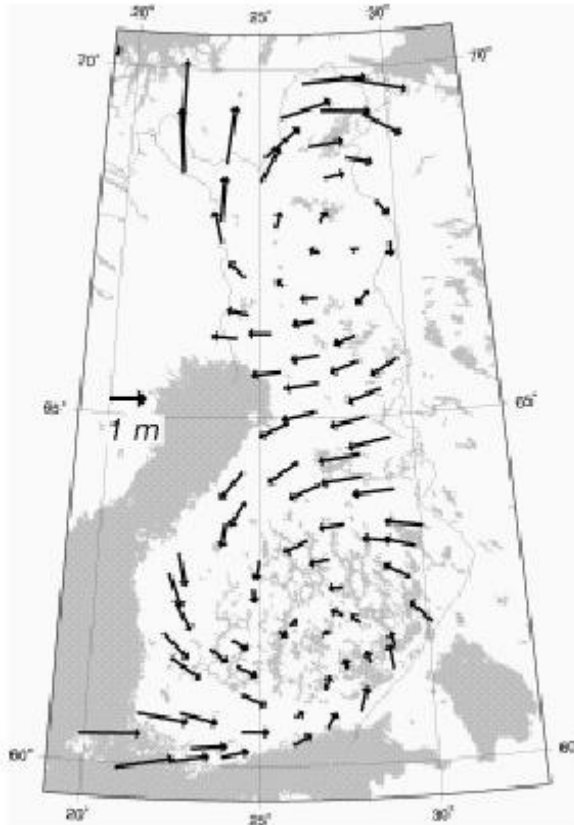
## 2 KOORDINAATISTOT JA KARTTAPROJEKTIOIT

Tietyn paikan sijainnin ilmoittamiseksi numeerisessa muodossa tarvitaan määritelty vertausjärjestelmä, jossa paikan koordinaatit ilmoitetaan. Vaikka koordinaatisto ja koordinaattijärjestelmä käsitetään usein samaksi asiaksi, on niillä selvä ero. Koordinaattijärjestelmä on tietyn järjestelmän teoreettinen määritelmä, joka sisältää muun muassa origon paikan ja koordinaattiakselien suunnan, ja koordinaatisto tämän järjestelmän realisaatio, eli maastoon kiintopisteille mitatut koordinaatit. Seuraavassa tutustutaan lyhyesti tässä työssä käytettyihin koordinaatistoihin sekä käsitellään EUREF-FIN-järjestelmään liittyviä karttaprojektioita.

### 2.1 Kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ)

Kartastokoordinaattijärjestelmä on kansallinen tasokoordinaatisto, jonka suorakulmaiset koordinaatit ilmoitetaan Gauss-Krüger projektion mukaisina viidessä kolmen asteen levyisessä kaistassa. KKJ-koordinaateissa x-koordinaatti ilmoittaa etäisyyden päiväntasaajalta metreinä ja y-koordinaatti etäisyyden kaistan keskimeridiaanista. X-koordinaatti kasvaa pohjoiseen ja y-koordinaatti itään. Kaistan keskimeridiaanille on annettu y-arvoksi 500 000m, jotta vältettäisiin negatiiviset koordinaatit. Lisäksi y-koordinaatin eteen lisätään kaistaa osoittava numero yhdestä viiteen. Vuodesta 1970 lähtien käytössä ollut KKJ perustuu vuonna 1966 tehtyyn kansalliseen I luokan kolmioverkon tasoitukseen, jonka tarkkuus haluttiin käyttöön, kuitenkin muuttamatta liikaa silloin käytössä olleen Helsingin järjestelmän (Vanha valtion järjestelmä, VVJ) mukaisia koordinaatteja. Tämä saatiin aikaan kiertämällä ja siirtämällä koordinaatistoa niin, että se yhtyi mahdollisimman hyvin vanhaan. (Poutanen 1998, 79.)

Satelliittipaikannuksella tehdyt mittaukset ovat kuitenkin paljastaneet vanhaan kolmioverkon mittaukseen perustuvan KKJ:n vääristymät. Kuvassa 2.1 on esitetty EUREF-FIN-koordinaatiston ja KKJ:n välisen muunnoksen jäännösvirheet, jotka ovat pahimmillaan parin metrin luokkaa. Optimaalisessa, satelliittipaikannuksen tarkkuutta vastaavassa, koordinaatistossa jäännösvirheitä ei esiintyisi lainkaan.



**KUVA 2.1** EUREF-FIN-KKJ 7-parametrisen muunnoksen jäännösvirheet (JHS 153)

## 2.2 WGS84 ja EUREF-FIN

Toisin kuin edellä esitetyt enemmän tai vähemmän paikalliset koordinaattijärjestelmät, World Geodetic System 1984 (WGS84) on globaali järjestelmä, joka on tullut laajalti tutuksi GPS:n (*Global Positioning System*) referenssijärjestelmänä. WGS84:n referenssiellipsoidi on myös nimeltään WGS84, mutta se on lähes yhtenevä hieman yleisemmän GRS80-ellipsoidin kanssa, sillä niiden korkeusero ei ole missään päin maapalloa yli millimetriä. Muunnettaessa maantieteellisiä koordinaatteja suorakulmaiseksi voidaan siis käyttää kumpaa tahansa ellipsoidia. GPS-mittausten laskenta pitäisi myös suorittaa aina WGS84-koordinaatistossa, koska satelliittien ratatiedot ilmoitetaan siinä. (Poutanen 1998.)

Maailmanlaajuisen koordinaatiston ongelmaksi muodostuu mannerlaattojen liike, sillä eri mantereilla sijaitsevien kiintopisteiden sijainti toisiinsa nähden voi muuttua vuodessa useita senttimetrejä. Tällaisen koordinaatiston eri aikoina mitatuille pisteille pitääkin laskea liikkeestä johtuva korjaus, mikä ei käytännön töissä ole kovin kätevää. Ratkaisuksi Euroopassa on otettu Euraasian mannerlaattaan kiinnitetty koordinaatisto,

jonka määritelmästä käytetään nimeä ETRS89 (*European Terrestrial Reference System* 1989). Järjestelmän mukaisten koordinaattien mittaamiseksi toteutettiin vuonna 1989 Euroopan laajuinen kampanja, joka sisälsi 102 pistettä, joista neljä oli Suomessa. Mittausten tuloksena saatiin realisaatio, josta käytetään nimeä EUREF89.

Suomessa verkkoa on laajennettu vuonna 1992 mittaamalla 22, sekä vuosina 1996-1997 101 pistettä alkuperäisten neljän lisäksi (Poutanen 1998, 59). Näiden mittausten tuloksena on saatu kansallinen koordinaatisto EUREF-FIN, jonka käyttöön siirtymistä asiaa käsittelemään asetettu työryhmä raportissaan (1999) suosittelee. EUREF-FIN on lähes identtinen EUREF89-koordinaatiston kanssa. Geodeettinen laitos on lisäksi laajentanut kiintopisteverkkoa mittaamalla vuosina 1998-1999 344 käyttöpistettä, jotka sijaitsevat teiden varsilla tai ovat muuten helposti saavutettavissa. EUREF-FIN-järjestelmää voidaan käyttää GPS-laskennassa WGS84-järjestelmän sijaan, sillä ne eroavat toisistaan vaan noin metrin (Poutanen 1998, 58).

### 2.3 EUREF-FIN ja karttaprojektiot

EUREF-FIN-koordinaatit ovat aina maantieteellisiä leveys- ja pituusasteita  $Q$ , . Koska kuitenkin koordinaatteja halutaan usein ilmaista suorakulmaisina, täytyy ne projisoida tasolle käyttäen jotakin karttaprojektiota. Julkisen hallinnon suositus 154 (JHS 154) suosittelee valtakunnallisesti EUREF-FIN-koordinaatiston kanssa käytettäväksi ETRSTM35FIN- karttaprojektiota. ETRS-TM35FIN on UTM-projektio (Universal Transverse Mercator), eli leikkaava poikittainen lieriöprojektiio, jossa numero 35 osoittaa kaistan numeron. Kaistan keskimeridiaani on 27( itäistä pituutta ja Suomessa kaistan leveys on 13 astetta, poikkeuksena normaalista 6 asteesta). Keskimeridiaanilla mittakaavakerroin on 0,9996 ja itäkoordinaatin arvoksi suositellaan 500 000m, jotta vältetään negatiiviset koordinaatit. Paikallisissa kartastotöissä voidaan kuitenkin leveyskaistaisen ETRS-TM35FINprojektion sijaan käyttää Gauss-Krüger-projektiota, jolloin tasokoordinaatiston nimi on ETRS-GKn, missä n ilmaisee kaistan keskimeridiaanin asteluvun, esimerkiksi ETRSGK26. ETRS-GKn-projektio on sivuva poikittainen lieriöprojektiio, jossa mittakaavakerroin keskimeridiaanilla on 1,00 ja itäkoordinaatin arvo 500 000m. (JHS 154.)



## 2.4 Koordinaattimuunnokset

Koordinaattimuunnoksia on lukuisia erilaisia, yksinkertaisesta origon siirrosta aina moniparametriisiin työläästi laskettaviin muunnoksiin. Tässä yhteydessä käsitellään kuitenkin vain Helmert-muunnos ja affiininen muunnos.

### 2.4.1 Helmert-muunnos

Helmert-muunnoksella tarkoitetaan yleistä yhdenmuotoisuusmuunnosta, jossa käytetään origon siirtoa, koordinaatistojen välistä kiertoa ja mittakaavakerrointa. Tasossa tehtävällä Helmert-muunnoksella on siis neljä parametriä: x-siirto, y-siirto, kierto ja mittakaava (Kallio 1998). Jo nimi yhdenmuotoisuusmuunnos viittaa siihen, etteivät muunnettavien koordinaattien väliset kuviot muutu. Toisin sanoen kahden pisteen välinen ero pysyy samana, vaikka niiden molempien koordinaatit muuttuvat. Juuri tästä kuvioden muuttumattomuudesta johtuen sekä kuten edellä kävi ilmi, on Helmert-muunnos mainio apuväline tutkittaessa vanhan koordinaatiston vääristymiä.

### 2.4.2 Affiininen muunnos

Affinisessa muunnoksessa pyritään ottamaan huomioon koordinaattien vääristyneisyys eli deformatiivisuus, joten origon siirron ja koordinaatistojen välisen kierron lisäksi molemmille koordinaattiakseleille sovelletaan omaa mittakaavakerrointa. Affiininen muunnos voidaan ilmaista muodossa:

$$x_2 = \hat{u}_x + a_1x_1 + a_2y_1$$

$$y_2 = \hat{u}_y + b_1x_1 + b_2y_1$$

missä  $\hat{u}_x$  ja  $\hat{u}_y$  ovat origon siirrot ja kertoimet  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  ja  $b_2$  akselien kiertokulmien ja mittakaavakertoimien funktioita (JHS 154). Kaavassa on huomioitava, etteivät kertoimet ole suoraan parametrejä, vaan näiden funktioita. Lisäksi on otettava huomioon, että koska affiininen muunnos korjaa lähtökoordinaatiston vääristymiä saattaa se myös vääristää kohteiden välisiä eroja, varsinkin käytettäessä muunnosalueen ulkopuolella

### 3 GPS-MITTAUS JA VIRHELÄHTEET

Tämän esityksen yhteydessä keskitytään lähinnä selventämään mittausmenetelmäksi valittuun GPS-RTK-mittaukseen liittyvää teoriaa ja mittauksiin mahdollisesti vaikuttavia virhelähteitä.

#### 3.1 Virhelähteitä

GPS-mittaukseen liittyy lukuisia perinteisemmistä mittausmenetelmistä poikkeavia virhelähteitä, jotka voivat vaikuttaa lopputuloksen tarkkuuteen huomattavasti. Virhettä aiheuttavat tekijät onkin syytä tiedostaa, jotta ne voidaan ottaa huomioon ja mahdollisuuksien mukaan eliminoida tuloksista. Seuraavassa käydään läpi tärkeimpiä GPS-mittaukseen vaikuttavia tekijöitä.

##### 3.2.1 Ilmakehän vaikutus

Satelliitista lähtevä signaali joutuu kulkemaan ennen vastaanottimeen saapumistaan ilmakehän eri kerrosten läpi. GPS-laskennassa kerroksista erotetaan kaksi, ionosfääri ja troposfääri. Troposfääri on kerroksista alempi ja ulottuu maasta noin 50 kilometrin korkeuteen. Troposfäärin aiheuttama virhe on ehkä vaikein poistaa havainnoista, sillä se vaikuttaa satelliitin molempiin taajuuksiin yhtä paljon, ja sen mallintamiseen käytettävät troposfäärimallitkaan eivät pysty poistamaan kuin noin 90% virheestä. Virheen suuruuteen vaikuttaa lisäksi lämpötila, ilmanpaine ja ilmankosteus. Virheen suuruus havaitsijan ja satelliitin väliseen etäisyyteen on noin kaksi metriä. (Poutanen 1998.)

Ionosfääriksi kutsutaan troposfäärin yllä olevaa kerrosta, joka ulottuu aina GPSsatelliitteihin saakka. Sen vaikutus antennin ja satelliitin väliseen etäisyyteen on noin 1- 50 metriä. Ionosfääri vaikuttaa kuitenkin eri tavalla signaalin L1- ja L2-taajuuteen, joten sen vaikutus voidaan poistaa käyttämällä kaksitaajuusvastaanottimia. Ionosfäärin vaikutus ei kuitenkaan ole vakio, vaan vaihtelee suuresti muun muassa auringon purkauksen aikana. Aktiivisuutta ilmaisevaa I95-indeksiä voidaan seurata esimerkiksi internetin eri palveluista ja aktiivisuuden ollessa poikkeuksellisen korkealla on mittauksen tekemistä syytä välttää. Sekä ionos- että troposfäärin aiheuttamaan virheeseen vaikuttaa myös havaintokulma, sillä alhaisella kulmalla tehdyissä havainnoissa signaali on

joutunut kulkemaan pidemmän matkan ilmakehässä. Tästä syystä lähellä horisonttia olevat satelliitit kannattaa poistaa havainnoista.(Poutanen 1998.)

### 3.2.2 Monitieheijastuminen

Monitieheijastumisella tarkoitetaan sitä, että satelliitista tuleva signaali ei saavu vastaanottimen antenniin suoraan, vaan heijastuu jostain lähellä olevasta pinnasta. Koska signaali ei ole tullut suorinta mahdollista reittiä, on siitä laskettava satelliitin ja antennin välinen etäisyys virheellinen. Tällaisia heijastuksen aiheuttavia pintoja voivat olla esimerkiksi rakennusten seinät, veden pinta, mastot, sähkölinjat tai mittajaan liian lähelle parkkeeraama auto. Mittajaan onkin syytä osata tunnistaa mahdollisten heijastusten aiheuttajat ja kirjata huomionsa pisteen havaintokirjaan. Monitieheijastuksia pyritään eliminoimaan käyttämällä antennia, jotka estävät sivusta tulevat havainnot. Lisäksi monitieheijastusten mahdollisuus on suurempi alhaisilla korkeuskulmilla, joten tästäkin syystä alhaalta, esimerkiksi alle 15°, tulevat havainnot kannattaa estää.

### 3.2.3 Satelliittigeometria

Satelliittigeometrialla tarkoitetaan satelliittien sijoittumista taivaalla havaitsijasta katsottuna. Geometria on hyvä kun satelliitit ovat levittäytyneet tasaisesti taivaalle ja huono kun satelliitit ovat jonossa tai kasautuneet vain toiselle puolelle taivasta. Geometriaa ilmaistaan erilaisilla DOP-tunnusluvuilla (*Dilution Of Precision*). Yleisimmät DOP-luvut ovat GDOP (*Geometric Dilution Of Precision*) ja PDOP (*Position Dilution Of Precision*). DOP luvuille käytetään yleisesti raja-arvoja  $GDOP < 8$  ja  $PDOP < 6$  (Häkli & Koivula 2004, 27). Tätä suuremmilla arvoilla ei olisi syytä mitata, tosin usein raja-arvona voi olla järkevää käyttää vielä alhaisempaa. DOP-arvot eivät kuitenkaan vaikuta staattiseen mittaukseen yhtä paljon kuin RTKmittaukseen. Satelliittigeometriaa voidaan ennustaa laskemalla satelliittien arvioiduista lentoradoista ja havaitsijan paikasta tietyn hetken DOP-lukemat. Tähän kykeneviä suunnitteluohjelmia onkin usein syytä käyttää, jotta voidaan käyttää hyväksi vuorokauden parhaat mittausajat, eikä tarvitse tehdä havaintoja korkeilla DOP-arvoilla tai liian vähäisellä satelliittimäärällä. Useimpiin suunnitteluohjelmiin voidaan myös lisätä havaintopaikan esteoppiirros, koska useinkaan Suomessa havaittavalta pisteeltä ei ole täysin esteetöntä näkymää taivaalle.

### 3.2.4 Sähkömagneettinen säteily

Sähkömagneettinen säteily voi aiheuttaa häiriöitä GPS-mittaukseen vaikuttaen muun muassa vastaanottimen osiin tai jopa satelliitista tulevan signaaliin. Laadukkaissa vastaanottimissa tosin liittimet ja johdot on tehty estämään tällainen ulkopuolinen häiriö. Voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä voivat aiheuttaa muun muassa radio- ja tv-mastot, korkeajännitteiset sähkölinjat ja gsm-tukiasemat. Sähkömagneettisen säteilyn lisäksi tällaisissa paikoissa esiintyy usein myös monitieheijastumista, joten mikäli mittaaminen on välttämätöntä, on syytä ainakin merkitä havaintokirjaan huomio poikkeuksellisista olosuhteista.

### 3.2.5 Mittaajan virheet

Vaikka kaikki laitteistosta ja olosuhteista johtuvat virheet saataisiinkin poistettua on mittauksissa aina olemassa inhimillinen tekijä. Staattisessa mittauksessa yleisimpiä mittaajan virheitä ovat kolmijalan virheellinen keskistys, väärin mitattu antennin korkeus, havaintojen tekeminen väärään aikaan tai havaitseminen kokonaan väärällä pisteellä. Mikäli pisteeltä ei ole käytettävissä vanhoja koordinaatteja on väärällä pisteellä käynti mahdoton huomata jälkikäteen. Muutkin edellä mainitut virheet on laskentavaiheessa äärimmäisen hankala havaita, joten ainoastaan tarkka ja huolellinen työskentely voi estää tällaisten virheiden siirtymisen lopullisiin tuloksiin. Eli vaikka mitaustekniikka on nykyisin muuttunut suuresti vanhoista menetelmistä, pätevät vanhat totuudet mittaamisen huolellisuudesta edelleen.

## 3.3 GPS ja korkeus

GPS:llä mitattaessa korkeus ilmoittaa korkeuden ellipsoidista, kun taas vaaitut korkeudet ovat ortometrisiä korkeuksia  $H$ , eli korkeuksia merenpinnasta tai sen laskennallisesta jatkeesta, geoidista. Geoidi on täsmällisemmin määriteltynä painovoimaha-vainnoista johdettu pinta, joka yhtyy valtameren pintaan. Jotta GPS:llä havaittuja korkeuksia voidaan muuntaa ortometrisiksi, pitää tuntea geoidin ja ellipsoidin välinen korkeusero. Korkeusero ei ole kuitenkaan vakio, vaan vaihtelee Suomenkin alueella suuresti. Parhaiten muuntamiseen sopivat alueelliset geoidimallit, jotka on johdettu GPS-havainnoista ja vaaituista korkeuksista

## **4 MITTAUKSET SAVONLINNAN KAUPUNGILLE**

Tässä luvussa käsittelen mittauskampanjan suunnittelua, pisteiden valintaan liittyviä seikkoja sekä havainto järjestelyä.

### **4.1 Mittausten suunnittelu**

Mittausten suunnittelun lähtötilanteena oli saada selville Savonlinnan kaupungin kiintopisteverkon laatu ja homogeenisuus sekä tavoitteena tätä kautta selvittää mahdollisuus siirtymisestä EUREF-FIN-koordinaatiston käyttämiseen. Lähtötilanne vaatii siis tarkan ja luotettavan mittausmetodin käyttämistä. Tarkkuusvaatimuksen perusteella ja käytettävissä olevien resurssien vuoksi mittausmenetelmäksi valittiin GPS-RTK-mittaus.

#### **4.1.1 Pisteiden valinta**

Alkuperäisenä tavoitteena oli valita noin 25 kiintopisteverkon kolmio- ja käyttöpistettä, joilla tehtävillä mittauksilla saataisiin selville verkon laatu. Tällaisen menettelyn tarkoitus oli niin sanotun hierarkiaperiaatteen noudattaminen. Alustavan arvion mukaan mittauksiin tulisi kulumaan aikaa noin kaksi tai kolme viikkoa ja ne pyrittäisiin toteuttamaan loppukesästä 2007.

Ensimmäiseksi selvitin mitattaviksi kelpaavat pisteet. Ennen maastokäyntejä käydyissä keskusteluissa voitiin jo jättää huomiotta muutama piste, koska niiden tiedettiin joko kadonneen, siirtyneen tai olevan muuten mittauskelvoton. Yhtenä valintakriteerinä oli myös pisteen laatu, eli tavoitteena oli valita vain kestäväälle alustalle tehtyjä pisteitä. Näin ollen maahan upotetuissa betonilohkareissa olevat niin sanotut betonipisteet pyrittiin jättämään pois mittauksista, koska ne ovat voineet liikkua roudan vaikutuksesta. Pohjakarttaa ja pisteselityskortteja tutkimalla voitiinkin karsia lukuisia pisteitä pois joukosta juuri tämän syyn takia. Useat pisteet vaativat kuitenkin maastokäynnin, jotta niiden mittausmahdollisuudet saataisiin selvitettyä.

Maastokäynneillä selvitin pisteen löydyttyä ensin silmämääräisesti sen mitattavuuden. Mikäli piste sijaitsi esimerkiksi sankassa kuusikossa, voitiin se todeta liian peitteiseksi. Jos taas pisteeltä oli edes kohtalainen näkyvyys taivaalle, päätin yrittää mittausta.

Ensimmäisellä maastokäynnillä joidenkin pisteiden tarkka sijainti jäi löytämättä, mutta toisella yrittämällä varustaudin tarkemmalla kartalla sekä koordinaattitiedoilla.

Ensimmäisten maastokäyntien jälkeen selvisi, että kolmiopisteistä niin moni jouduttiin hylkäämään peitteisyyden perusteella, etteivät ne tulisi kattamaan koko kaupungin aluetta. Myöskään raivauksiin näkyvyyden parantamiseksi ei haluttu ryhtyä, koska se olisi monella pisteellä ollut hyvin vaikeaa ja hidastanut mittauksia huomattavasti. Uusien pisteiden rakentaminenkaan ei ollut järkevää, koska tavoitteena oli selvittää vanhan verkon laatua. Mukaan jouduttiin kelpuuttamaan myös maahan rakennettuja pisteitä, koska tietyillä alueilla ei ollut muita valittavana. Alkuperäisistä tavoitteista jouduttiin siis olosuhteiden pakosta tinkimään.

## **4.2 Laitteisto**

### **4.2.1 Tukiaseman antennin sijainti**

Tukiaseman GPS-antenni sijaitsee Savonlinnan kaupungintalolla ns. kellotornin katolla. Samassa paikassa sijaitsee UHF-antenni. Molemmat sijaitsevat mittaustöiden kannalta hyvällä ja keskeisellä paikalla. Huonoa antennien sijainnissa on niiden luoksepääsevyydessä, vaatii tikasauton, joskin harvoin siellä tarvitsee käydä ja paikallisen palolaitoksen (tikasauto) kanssa yhteistyö on toiminut.

Tukiasema vastaanotin oheislaitteineen sijaitsee n. 10m antennien alapuolella kellotornin sisätiloissa.

Tasokoordinaatit(x,y) tukiaseman GPS-antennille määritti laitteiston toimittaja 4:ltä GPS-EUREF-FIN pisteeltä suhteellisella staattisella mittauksella ja laski tarvittavat muunnokset KKKJ:hin, johon Savonlinnan kaupungin paikalliskoordinaatisto perustuu. Korkeus (NN-korkeusjärjestelmä) tukiaseman GPS-antennille mitattiin Savonlinnan kaupungin toimesta.

### **4.2.2 GPS-mittauslaitteiston kokoonpano**

Tukiaseman laitteisto:

Ashtech Z-Xtreme L1/L2 GPS-vastaanotin

Geodeettinen L1/L2 Marine IV GPS-antenni

10W Satel 3As Epic radiomodeemi+UHF-antenni ( kantavuus 7-10km)

UPS-laite.

Lisäksi Sergel GPS-antenni ja UHF-antenni, jos tukiasema halutaan siirtää. Tätä ei nykyisin tarvitse käyttää, VRS-järjestelmä korvaa.

ADSL-yhteys VRS-palvelimelle asennettu kesällä 2004.

Tukiasemavastaanottimelle lähetetään tarvittavat komentotiedostot ja tukiaseman koordinaatit esim. maastotietokoneella ja sen jälkeen vastaanotin ei tarvitse ulkopuolista ohjausta.

Liikkuvan laitteisto:

Ashtech Z-Xtreme L1/L2 GPS-vastaanotin

Geodeettinen L1/L2 Marine IV GPS-antenni+kartoitussauva

Satel 3Asd Epic radiomodeemi+UHF-antenni

HUSKY FS/2 maastotietokone

GSM-datamodeemi, yhteys VRS-laskentakeskukseen.

Vastaanotin ja modeemit sijaitsevat liikkuvassa päässä selkärepussa.

Ashtech Z-Xtreme GPS-vastaanottimen teknisiä tietoja (laitetoimittajan esitteestä)

12 kanavaa (all-in-view)

- Täysi kantoaallonvaihe molemmilla taajuuksilla (L1&L2)
- Patentoitu Z-Tracking satelliittien seurantatekniikka
- Monitieheijastusten vaimennus

Suorituskyky

**RTK – mittaustarkkuus**

- **Taso: 1 cm + 2 ppm**
- **Korkeus: 2 cm + 2 ppm**

RTK - mittauksen laskentanopeus

- 10 kertaa / sekunti

Instant-RTK alustusaika

- 99.9% luotettavuustasolla
- Tyypillisesti <2 sekuntia (>6 satelliittia,  
PDOP <5, kantavektori <7 km, kohtuulliset

mittausolosuhteet eikä suuria monitieheijastuksia)

RTK-mittauksen käyttöalue

- Suositeltava:  $\leq 10$  km
- Maksimi: 40 km

#### HUSKY F/S2 maastotietokone

Maastotietokoneen käyttöjärjestelmänä on MS-DOS versio 3.3 ja siinä on 3D-System Oy:n kehittämä MM-maastomittausohjelmisto.

Kyseinen GPS-laite mittaa WGS-84 koordinaatistossa ja muunnos KKK-koordinaatistoon MM-maastomittausohjelmassa suoritetaan MKL NAVI 2000 (järjestelmän toimittajan ilmoitus) ohjeen mukaisesti.

MM-maastomittausohjelma sisältää GPS-ohjausosion, jonka avulla ohjataan GPS-mittauksia ja -asetuksia sekä lähetetään komentotiedostoja vastaanottimille.

Lisäksi maastotietokoneessa on HCOM-tiedonsiirto-ohjelma jonka avulla puretaan mittaus tieto pöytä tietokoneelle. Pöytä tietokoneessa mittausaineisto tarkastetaan ja tarvittaessa editoidaan GT-ohjelman avulla ja sen jälkeen aineisto siirretään MicroStation/Stella kuvatiedostoon.

Tiedonsiirto on kahdensuuntainen, tietoa voidaan myös viedä HCOM-ohjelman avulla maastotietokoneelle.





**KUVA 4.1** HUSKY F/S2 maastotietokone.

### 4.3 Havaitseminen

Havaitsemisessa käytin kaikilla pisteillä samaa rutiininomaista työjärjestystä, sillä näin voidaan välttää mittauksessa tapahtuvia karkeita virheitä. Ensin pystytettiin kolmijalka pisteen päälle siten, että antenni tulisi mahdollisimman korkealle. Kolmijalan päälle kiinnitettiin pakkokeskistysalusta, ja kokonaisuus keskistettiin alustavasti pisteen päälle. Kun jalat olivat suunnilleen pisteen päällä ja tasassa, kiinnitettiin antenni johtoineen alustaan, minkä jälkeen suoritettiin lopullinen tasaus ja keskistys. Tämän jälkeen asetelmaan ei tarvinnut enää koskea, joten sitä ei voisi myöskään vahingossa siirtää pois tasauksesta tai pisteen päältä. Vastaanotin ja akku pidettiin kuljetusreppussa, ja antennijohto vedettiin puoliavonaisen repun läpän välistä. Kun antenni- ja virtajohdot oli kiinnitetty vastaanottimeen, käynnistettiin vastaanotin ja annettiin sen kiinnittyä näkyviin satelliitteihin muutaman minuutin ajan. Samalla voitiin täyttää pistekohtainen havaintolomake ja mitata antennikorkeus. Lomakkeeseen merkittiin aluksi pistenumero ja päivämäärä sekä antennikorkeus. Antennikorkeus ja pistenumero kirjattiin myös tallentimeen ja mittaus aloitettiin aikataulun mukaisesti, mikäli satelliittigeometriassa ei ilmennyt mitään poikkeavaa. Tässä vaiheessa kirjattiin havaintolomakkeeseen myös aloitusaika. Koska antennin vieressä seisova ihminenkin on este signaalin näkymiselle, on syytä siirtyä ainakin hieman kauemmaksi laitteistosta, näin vältetään myös vahingossa tönäisemästä laitteistoa kesken mittauksen.

Mittausjakson aikana on syytä satunnaisesti tarkastaa tallentimen näyttämä DOP-lukema, jotta voidaan jo mittausvaiheessa havaita, mikäli on tapahtunut jotain suunnitelmasta poikkeavaa.

Mikäli havaittiin selkeitä eroja sarjojen kesken, huono sarja poistettiin ja mitattiin uudestaan samantien. Joillakin pisteillä otimme myös neljännen sarjan mikäli koin olosuhteet huonoiksi. Pidin 3,5 PDOP-arvoa pehmeänä raja-arvona, ja lähes kaikki havainnot mitattiin paremmilla arvoilla. Olosuhteiden ollessa huonommat, mittausten ajankohtaa siirrettiin myöhäisempään, suotuisampaan hetkeen. Havaintojakson päättyessä merkittiin havaintolomakkeeseen lopettamisaika sekä mitattiin antennikorkeus uudestaan. Ennen laitteiston purkamista tarkastettiin vielä antennin tasaus ja keskistys, ettei niissä ollut tapahtunut muutoksia tai virheitä. Havaintolomakkeeseen merkittiin vielä mahdolliset muut havainnot, jonka jälkeen laitteiston voikin jo purkaa ja siirtyä seuraavalle pisteelle, jossa toiminta toistui täsmälleen samanlaisena.

## **5 TULOKSET**

Mittausdatan keräämisen jälkeen oli vuorossa laskenta, josta voidaan karkeasti erottaa kaksi eri osaa. Ensimmäiseksi piti saada kerätty data purettua tietokoneelle ja toiseksi verrattava saatuja tuloksia vanhoihin koordinaatteihin. Seuraavassa on selostettu eri osioissa käytetyt menetelmät.

### **5.1 Mittausdatan käsittely**

Ensimmäiseksi tietokoneelle puretuista mittaustiedostoista merkittiin ylös havaintoai-ka, päiväys sekä pisteen numero. Mittaustiedot purettiin Husky F/S2 maastotietoko-neelta HCOM-ohjelmaa käyttäen. Tietoja verrattiin havaintolomakkeiden tietoihin, jotta voitiin selvittää mahdolliset poikkeavuudet. Koska jo mittausvaiheessa oli mah-dollista poistaa huonoja sarjoja, sekä suorittaa uusintamittaukset samantien, ei dataan tarvinnut tehdä suuria muutoksia. Puretut tiedot muunnettiin GT-ohjelmassa standar-ditiedostoiksi (.GT) tulevaa tarkastelua varten.

### **5.2 Laskenta**

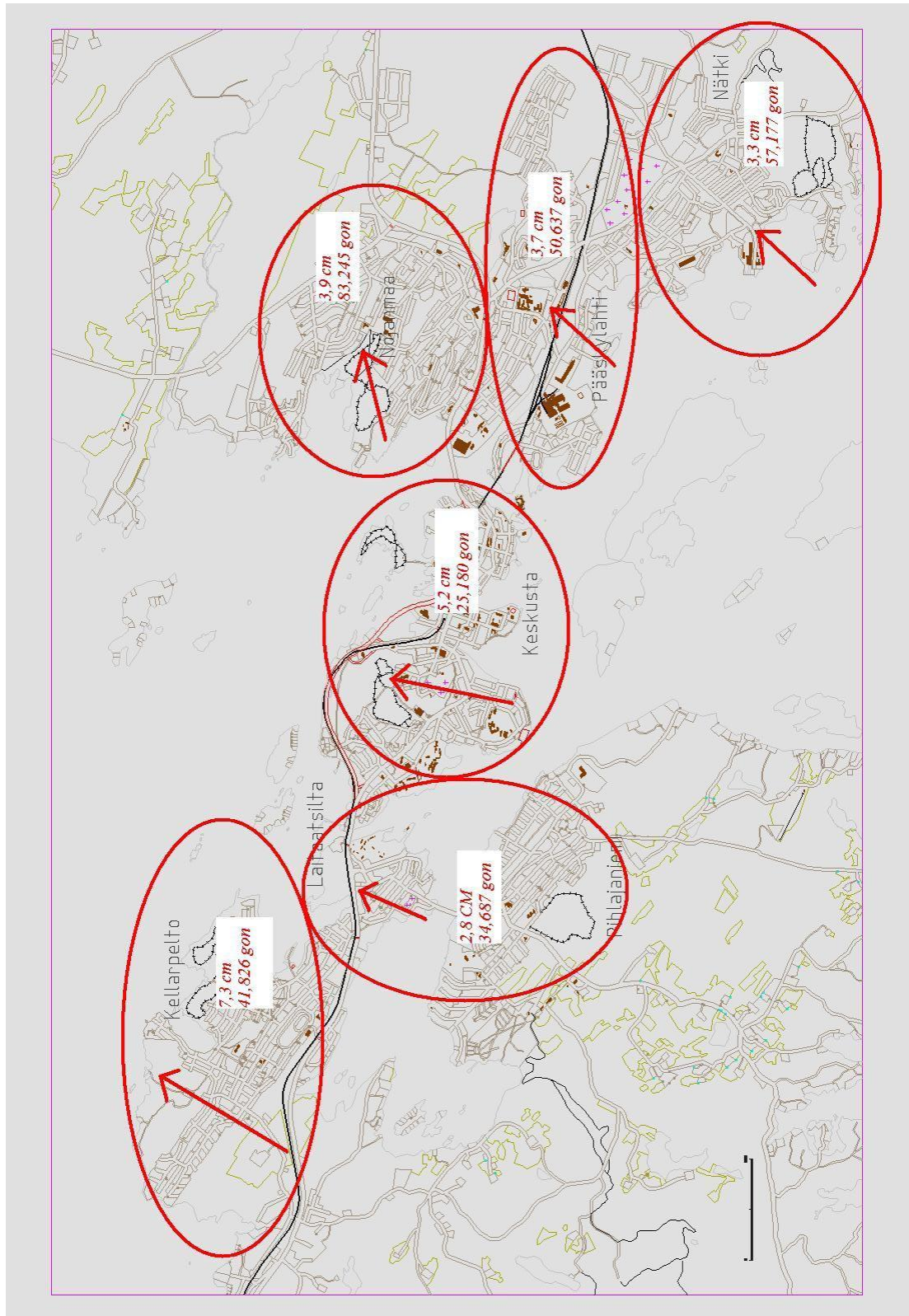
Puretuista laskentatiedoista saadut tiedostot ladattiin GT-ohjelmaan. Jokaiselta pisteel-tä mitatut sarjat otettiin tarkasteluun. Mikäli jokin sarja poikkesi selkeästi muista (yli 7cm), se poistettiin laskennasta. Näin ollen pisteiden 56239 ja 7108 keskiarvot lasket-tiin vain kahdesta sarjasta. Sarjoista saatua keskiarvoa verrattiin tunnettuihin pisteen koordinaatteihin, jolloin saatiin eroavaisuus selville. Erosta merkittiin ylös matka sekä suunta.

Tämän jälkeen kykenimme tarkastelemaan runkoverkkoon kertynyttä virhettä kussa-kin kaupungin osassa erikseen. Laitaatsillan ja Pihlajanniemen yhdistimme yhdeksi tarkastelualueeksi, koska saadut vääristymät olivat hyvin samanlaatuisia.

### **5.3 Tulokset**

Saaduista tuloksista voidaan nähdä Savonlinnan runkoverkon olevan melko homogee-ninen. Virheet olivat myös pienempiä kuin odotimme. Kellarpelto on ainut alue jossa on merkittävää poikkeamaa, mutta tämä oli odotettavissa. Muuten virhe on noin 3-

5cm ja pohjois-koillis suunnassa. Koordinaatisto on hieman kiertynyt. Kuva 5.1 havainnollistaa alueellisia virheitä.



**KUVA 5.1** Alueelliset virheet Savonlinnan runkoverkossa.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittausmenetelmänä GPS-RTK-mittaus, jossa käytetään radiokorjausta apuna, osoitautui hyvin toimivaksi. Havaintoaikojen ei tarvinnut olla erityisen pitkiä. Menetelmän tarkkuus yllätti positiivisesti, mutta kahdella pisteellä tehdyille kontrollimittaukselle ei voi asettaa kovinkaan paljoa tutkimuksellista painoa. Menetelmän eduksi voidaan laskea tarkkuuden lisäksi huomattava kustannussäästö perinteisempään mittaukseen verrattuna, koska mittaus voidaan minimissään toteuttaa yhden mittalaitteen ja mittajaan voimin. Tästä syystä myös mittauskampanjan suunnittelu on huomattavasti yksinkertaisempaa. Varsinainen mittaustyöskentelykään ei ole kovin vaativaa, mutta mittaus-tietojen käsittelyyn tarvitaan jo hieman enemmän tietämystä. Yhden laitteen käyttämi-sen haitaksi taas voidaan katsoa se, ettei kampanjassa saada mitattavien kiintopistei-den välisiä vektoreita, vaan pisteet mitataan ikään yksitellen tukiasemaan nähden. Mit-tausten tuloksena tietämys Savonlinnan kaupungin kiintopisteistön virheestä on kas- vanut. Korkeuksia ei laskennassa juurikaan käsitelty. Tuloksista kävi selväksi, ettei Savonlinnan verkossa ole suuria vääristymiä, vaan kiintopisteistö on melko homogee-ninen, vaikkakin Kellarpellon osalta ei voida olla täysin tyytyväisiä. Vääristymät eri alueiden välillä eivät kuitenkaan ole niin selkeitä, että kaupungissa kannattaisi käyttää useampaa eri muunnosta. Useamman muunnoksen käyttäminen olisi lisäksi varsin työlästä ja epäkäytännöllistä.

Tulevaisuudessa olisi syytä tehdä kattava tutkimus myös Savonlinna kolmioverkosta sekä runkoverkon koroista. Vasta näiden tutkimusten jälkeen voidaan vasta tehdä lopulliset päätelmät mahdollisesta EUREF-FIN muunnoksesta

Siirtyminen Savonlinnan koordinaatistosta EUREF-FIN-koordinaatistoon tarkoittaisi siirtymistä paikallisesta järjestelmästä yleiseurooppalaiseen. Tämä mahdollistaisi yksinkertaisemman yhteistyön eri kuntien ja valtion kanssa, koska käytettävä koordinaa-tisto olisi yleinen. Siirtyminen ei ole kuitenkaan yksinkertainen koordinaattimuunnos, vaan vaatii usean asian huomioimista. Esimerkiksi vanhoissa asiakirjoissa olevia tieto-ja ei ole järkevää lähteä muuttamaan työmäärän takia, mutta tietokantoihin muutos voitaisiin yleensä tehdä melko helposti. Mittausteknisesti parhaan hyödyn uudesta koordinaatistosta saisi GPS-laitteistolla, jolla voisi mitata suoraan EUREF-koordinaatistoon ilman muunnoksia ja lähtöpisteitä. Mikäli siirtymiseen päädytään, on se tässä raportissa esitettyjen tietojen perusteella teknisesti mahdollista.

Työ osoittautui laajuudeltaan ja vaativuudeltaan hyvin opinnäytetyöhön sopivaksi. Läheskään kaikkea koordinaattijärjestelmän muuttamiseen liittyvää ei olisi yhdessä työssä ollut edes mahdollista käsitellä. Työn rajaaminen koskemaan vain vanhan koordinaatiston laadun selvittämistä olikin työmäärältään juuri oikea ratkaisu. Savonlinnan kokoisissa kaupungeissa koordinaatiston vaihtamista pohdittaessa kannattaakin vakavasti harkita selvityksen tai mittausten teettämistä opiskelijan opinnäytetyönä. Tämänkin työn tuloksena saadut pistetiedot ovat todennäköisesti kaupallisen yrityksen tuottamia vastaavia edullisempia.

## LÄHTEET

### KIRJALLISET

Häkli, P., Koivula, H. 2004. Virtuaali-RTK (VRS) tutkimus. Geodeettinen laitos. Tiedote 27. ISBN 951-711-253-X

Kallio, U., 1998. Tasoituslasku. Helsinki: Otatieto. ISBN 951-672-267-9

Poutanen, M. 1998. GPS-paikanmääritys. 2. painos. Helsinki: Tähtitieteellinen yhdistys Ursa. ISBN 951-9269-89-4

### SÄHKÖISET

Geodeettinen laitos. 2003. Suomen pysyvä GPS-verkko (FinnRef).. WWW-kotisivu. <http://www.fgi.fi/index.php>. Ei päivitystietoa. Viitattu 6.7.2010.

GPSnet.fi. 2005. WWW-kotisivu.  
<http://www.gpsnet.fi>. Ei päivitystietoa. Viitattu 7.7.2010

Julkisen hallinnon suositus JHS 153. ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. WWW-dokumentti.  
<http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs153>. Päivitetty 27.6.2008. Viitattu 7.7.2010.

Julkisen hallinnon suositus JHS 154. ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja karttalehtijako. WWW-dokumentti.  
<http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs154>. Päivitetty 14.10.2008. Viitattu 7.7.2010.

Kaavoitusmittausohjeet 2003. Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 94. PDF-dokumentti.  
<http://www.maanmittauslaitos.fi>. Ei päivitystietoa. Viitattu 27.12.2009.

Työryhmäraportti, 1999. Suomen valtakunnallisten koordinaattijärjestelmien ajantasaistaminen. PDF-dokumentti.  
<http://www.fgi.fi/kirjasto/julkaisut/pdf/koord5b.pdf>. Ei päivitystietoa. Viitattu 1.3.2010.

**Kenttä dokumentaatio**

Piste: 56255, mp Päiväys: 23.07.2007 Klo: 13.00-13.30  
Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 160,0 cm

Sarja1: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,4  
Sarja2: Satelliitteja 6 PDOP: 3,8  
Sarja3: Satelliitteja 7 PDOP: 2,7

---

Piste: 56270, mp Päiväys: 23.07.2007 Klo: 14.00-14.30  
Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: -

Sarja1: Satelliitteja 8-9 PDOP: 1,7-2,0  
Sarja2: Satelliitteja 8 PDOP: 2,1  
Sarja3: Satelliitteja 8 PDOP: 2,2  
Sarja4: Satelliitteja 8-9 PDOP: 2,1-2,4

---

Piste: 97, kolmio Päiväys: 24.07.2007 Klo: 13.55-14.05  
Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 151,4 cm

Sarja1: Satelliitteja 12 PDOP: 1,5  
Sarja2: Satelliitteja 12 PDOP: 1,5  
Sarja3: Satelliitteja 11 PDOP: 1,7

dvaakamatka 5,8cm Kulma: 79,865 gon

---

Piste: 25, kolmio Päiväys: 24.07.2007 Klo: 12.30-12.40  
Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: -



Sarja1: Satelliitteja 8 PDOP: 2,0

Sarja2: Satelliitteja 9 PDOP: 1,7

Sarja3: Satelliitteja 9 PDOP: 1,7

dvaakamatka 5,3cm Kulma: 49,151 gon

---

Piste: 54, kolmio Päiväys: 24.07.2007 Klo: 13.00-13.45

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 155.3 cm

Sarja1: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,6-3,7

Sarja2: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,4-2,6

Sarja3: Satelliitteja 9 PDOP: 2,2

dvaakamatka 4,2cm Kulma: 27,785 gon

---

Piste: 23201,mp Päiväys: 24.07.2007 Klo: 14.30-15.10

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 167,0 cm

Sarja1: Satelliitteja 8-9 PDOP: 2,5

Sarja2: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,4-3,2

Sarja3: Satelliitteja 7 PDOP: 3,2

dvaakamatka 1,7cm Kulma: 385,288 gon

---

Piste: 26, kolmio Päiväys: 25.07.2007 Klo: 8.05-8.25

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 159,7 cm

Sarja1: Satelliitteja 9-10 PDOP: 1,9-2,1

Sarja2: Satelliitteja 8 PDOP: 2,2

Sarja3: Satelliitteja 9 PDOP: 2,1

dvaakamatka 5,6cm Kulma: 18,338 gon

---

Piste: 50678,mp Päiväys: 25.07.2007 Klo: 14.30-15.00

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 177,1 cm

Sarja1: Satelliitteja 6-9 PDOP: 1,9-2,7

Sarja2: Satelliitteja 7 PDOP: 2,4

Sarja3: Satelliitteja 7 PDOP: 2,2-2,3

dvaakamatka 3,2cm Kulma: 22,373 gon

---

Piste: 56327,mp Päiväys: 25.07.2007 Klo: 15.05-15.20

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 174,7 cm

Sarja1: Satelliitteja 7-8 PDOP: 1,6-1,8

Sarja2: Satelliitteja 7-8 PDOP: 1,6-1,7

Sarja3: Satelliitteja 7-8 PDOP: 1,7-2,0

dvaakamatka 3,0cm Kulma: 97,879 gon

---

Piste: 14, kolmio Päiväys: 26.07.2007 Klo: 8.15-8.40

Sää: selkeä Heijastinkorkeus: 174,7

Sarja1: Satelliitteja 9 PDOP: 1,8-1,9

Sarja2: Satelliitteja 8 PDOP: 2,2

Sarja3: Satelliitteja 7 PDOP: 2,5

Sarja4: Satelliitteja 7 PDOP: 2,6

dvaakamatka 1,9cm Kulma: 82,751 gon

---

Piste: 70259,mp Päiväys: 26.07.2007 Klo: 10.05-10.45

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 151,8 cm

Sarja1: Satelliitteja 8-9 PDOP: 1,7-12,0

Sarja2: Satelliitteja 7-8 PDOP: 1,8-2,3

Sarja3: Satelliitteja 8-9 PDOP: 1,6-1,8

Sarja4: Satelliitteja 10 PDOP: 1,6

dvaakamatka <1,0cm Kulma: -

---

Piste: 23,kolmio Päiväys: 26.07.2007 Klo: 12.10-13.30

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 160,0 cm

Sarja1: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,1

Sarja2: Satelliitteja 8-9 PDOP: 1,5-1,7

Sarja3: Satelliitteja 8 PDOP: 1,8

dvaakamatka 4,1cm Kulma: 14,089 gon

---

Piste: 27,kolmio Päiväys: 27.07.2007 Klo: 8.35-9.20

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 148,7 cm

Sarja1: Satelliitteja 8 PDOP: 3,0

Sarja2: Satelliitteja 8 PDOP: 3,0-3,1

Sarja3: Satelliitteja 7 PDOP: 3,1

dvaakamatka 3,9cm Kulma: 26,625 gon

---

Piste: 644,mp Päiväys: 27.07.2007 Klo: 12.30-13.45

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 138,3 cm

Sarja1: Satelliitteja 6 PDOP: 3,6

Sarja2: Satelliitteja 7 PDOP: 2,6

Sarja3: Satelliitteja 9-11 PDOP: 1,5-1,8

dvaakamatka 7,5cm Kulma: 152,401 gon

---

Piste: 45095,mp Päiväys: 27.07.2007 Klo: 13.55-14.10

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 131,8 cm

Sarja1: Satelliitteja 10 PDOP: 1,9-2,0

Sarja2: Satelliitteja 10 PDOP: 2,0

Sarja3: Satelliitteja 10 PDOP: 2,0

Sarja4: Satelliitteja 9 PDOP: 2,2

dvaakamatka 4,1cm Kulma: 50,000 gon

---

Piste: 6,kolmio Päiväys: 28.07.2007 Klo: 12.50-13.10

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 157,5 cm

Sarja1: Satelliitteja 6 PDOP: 3,0

Sarja2: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,6-3,6

Sarja3: Satelliitteja 6-8 PDOP: 2,6-4,8

dvaakamatka 4,7cm Kulma: 179,517 gon

---

Piste: 56387,mp Päiväys: 28.07.2007 Klo: 13.35-14.15

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 116,8 cm

Sarja1: Satelliitteja 8-9 PDOP: 2,1-2,3

Sarja2: Satelliitteja 8-9 PDOP: 2,3-2,6

Sarja3: Satelliitteja 6 PDOP: 2,7

dvaakamatka 5,5cm      Kulma: 31,603 gon

---

Piste: 40944,mp      Päiväys: 28.07.2007      Klo: 14.30-15.10

Sää: pilvinen      Heijastinkorkeus: 142,0 cm

Sarja1: Satelliitteja 8-9      PDOP: 1,8-2,3

Sarja2: Satelliitteja 8      PDOP: 2,2

Sarja3: Satelliitteja 8-9      PDOP: 1,9-2,2

dvaakamatka 3,4cm      Kulma: 303,438 gon

---

Piste: 12028,mp      Päiväys: 30.07.2007      Klo: 8.10-8.55

Sää: pilvinen      Heijastinkorkeus: 163,8 cm

Sarja1: Satelliitteja 7      PDOP: 2,9

Sarja2: Satelliitteja 6      PDOP: 3,1-3,2

Sarja3: Satelliitteja 6-7      PDOP: 3,0-3,2

dvaakamatka 1,8cm      Kulma: 50.060 gon

---

Piste: 28,kolmio      Päiväys: 30.07.2007      Klo: 9.10-13.35

Sää: pilvinen      Heijastinkorkeus: 186,7 cm

Sarja1: Satelliitteja 7      PDOP: 2,6-2,7

Sarja2: Satelliitteja 9-10      PDOP: 1,9-2,0

Sarja3: Satelliitteja 8-9      PDOP: 2,3-2,6

dvaakamatka 3,1cm      Kulma: 23,080 gon

---

Piste: 103,kolmio      Päiväys: 31.07.2007      Klo: 14.00-15.30

Sää: puolipilvinen Heijastinkorkeus: 166,0 cm

Sarja1: Satelliitteja 6 PDOP: 2,2

Sarja2: Satelliitteja 7 PDOP: 2,6-2,7

Sarja3: Satelliitteja 8-9 PDOP: 2,3-2,5

Sarja4: Satelliitteja 9 PDOP: 2,2

dvaakamatka 7,5cm Kulma: 57,842 gon

---

Piste: 35,kolmio Päiväys: 31.07.2007 Klo: 13.10-13.40

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 149,9 cm

Sarja1: Satelliitteja 10-11 PDOP: 1,5-1,6

Sarja2: Satelliitteja 11 PDOP: 1,5

Sarja3: Satelliitteja 9-10 PDOP: 1,6-20

dvaakamatka 3,6cm Kulma: 31,789 gon

---

Piste: 30069,mp Päiväys: 1.08.2007 Klo: 9.55-10.30

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 154,4 cm

Sarja1: Satelliitteja 7-8 PDOP: 2,0-2,2

Sarja2: Satelliitteja 7 PDOP: 2,2-2,3

Sarja3: Satelliitteja 6-7 PDOP: 2,2-2,4

dvaakamatka 9,3cm Kulma: 81,249 gon

---

Piste: 62,kolmio Päiväys: 1.08.2007 Klo: 14.25-14.35

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 163,8 cm

Sarja1: Satelliitteja 6-7 PDOP: 2,4-2,4

Sarja2: Satelliitteja 7 PDOP: 2,2

Sarja3: Satelliitteja 8 PDOP: 1,8

dvaakamatka 5,6cm Kulma: 333,145 gon

---

dvaakamatka 5,6cm Kulma: 333,145 gon

Piste: 7077,mp Päiväys: 16.08.2007 Klo: 13.40-14.05

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 173,4 cm

Sarja1: Satelliitteja 8 PDOP: 1,6-1,7

Sarja2: Satelliitteja 7 PDOP: 3,6-3,7

Sarja3: Satelliitteja 7 PDOP: 3,4-3,5

dvaakamatka 6,3cm Kulma: 38,490 gon

---

Piste: 7108,mp Päiväys: 17.08.2007 Klo: 8.45-9.00

Sää: pilvinen Heijastinkorkeus: 168,3 cm

Sarja1: Satelliitteja 9 PDOP: 1,6

Sarja2: Satelliitteja 9 PDOP: 1,6-1,7

dvaakamatka 8,0cm Kulma: 29,147 gon