

OPINNÄYTETYÖ
ANTTI VÄÄTÄINEN 2010

**VIRTAİN KAUPUNGIN MUUNNOSVAIHTOEHDOT
EUREF-FIN- JA N2000-JÄRJESTELMIIN
SIIRTYMISEKSI**



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences

MAANMITTAUSTEKNIikka

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

**VIRTAIN KAUPUNGIN MUUNNOSVAIHTOEHDOT
EUREF-FIN- JA N2000-JÄRJESTELMIIN
SIIRTYMISEKSI**

Antti Väätäinen

2010

Toimeksiantaja Virtain kaupunki

Ohjaaja TkL Pasi Laurila

Hyväksytty _____ 2010 _____

Tekijä	Antti Väätäinen	Vuosi	2010
Toimeksiantaja	Virtain kaupunki		
Työn nimi	VIRTAIN KAUPUNGIN MUUNNOSVAIHTOEHDOT EUREF-FIN- JA N2000-JÄRJESTELMIIN SIIRTYMI- SEKSI		
Sivu- ja liitemäärä	63 + 55		

Työn tavoitteena on selvittää Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot ETRS89- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi ja päätyä suositeltavaan ratkaisumalliin muunnoksen suorittamiseksi.

Työssä kartoitettiin Virtain muunnosten lähtötilanne, laadittiin muunnosvaihtoehdot ja vertailtiin niitä.

Virtain kunta käyttää KKJ2-tasokoordinaatistoa ja N60-korkeusjärjestelmää. Suositeltavaksi uudeksi tasokoordinaatistoksi tuli ETRS89-GK24 pienen mittakaavavirheen ja yhteistyökumppaneiden valintojen perusteella. Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen mittaamien ETRS89- ja N2000-pisteiden avulla laadittiin useita tarkkuusvaatimukset täyttäviä muunnosvaihtoehtoja. Valinnan tärkeimmäksi kriteeriksi tuli muunnoksen toteutuskelpoisuus kunnan paikkatietojärjestelmässä. Suositeltava tasomuunnosvaihtoehto on ArcGIS-järjestelmässä muunnostyökalun avulla toteutettava Helmertin muunnos. Suositeltava korkeusmuunnosvaihtoehto on toisen asteen siirtokorjauspolynomi. Kaavan pohjakartan käyrästön osalta on suositeltavaa tuottaa uusi korkeusmalli yhteistyössä Maanmittauslaitoksen kanssa.

Työssä esitetyt muunnosvaihtoehdot ja pääosin myös ratkaisut niiden toteuttamiseksi ovat käyttökelpoisia muissa KKJ- ja N60-järjestelmissä toimivissa kunnissa.

Avainsanat

ETRS89, EUREF-FIN, N2000

Author	Väätäinen Antti	Year	2010
Commissioned by	Municipality of Virrat		
Subject of thesis	Plane and Height System Transformations to the EUREF-FIN and N2000 Systems in the Municipality of Virrat		
Number of pages	63 + 55		

In this study the alternative solutions of plane and height system transformations into the EUREF-FIN and the N2000 systems were investigated. This Bachelor's thesis was commissioned by Municipality of Virrat.

First, the basic conditions and the alternative transformations were clarified. Secondly, the transformations and the technical solutions were compared. Finally, the recommendable solutions were found out.

Municipality of Virrat utilizes the N60 height system and the KKJ2 plane system. The recommendable new coordinate reference system is ETRS89-GK24 based on the small scale error and the choices of the GIS co-operation municipalities.

All the transformations are based on the N2000 and ETRS89 benchmarks. The accuracies of the investigated transformations are good, and thus the final choice between the transformations is based on the technical compatibility as part of the ArcGIS application. The Helmert plane transformation and a second-degree polynomial function for the height transformation are the recommendable choices. The new required tools will be built by Esri Finland. A new digital elevation model is a justifiable purchase in co-operation with the National Land Survey of Finland.

All the investigated transformations and the major part of the technical solutions can be used in municipalities operating with the N60 and KKJ systems.

Key words ETRS89, EUREF-FIN, N2000

Alkusanat

Tämä työ käynnistyi paikkatietoinsinööri Marko Saastamoisen aloitteesta. Työhön oli helppo ryhtyä, sillä Virtain kunnan aktiivisuus maanmittaus- ja paikkatietotoimintojen kehittämisessä oli hyvin tiedossani. Puitteet opinnäytteen tekemiselle olivat oivalliset. Työlle osoittautui tärkeäksi Markon hyvä yhteistyöverkosto eri toimijoihin. Mittaustehtävissä oli helppo tukeutua Juha Petäjän ja Kari Ylä-Jarkon asiantuntemukseen. Yliopettaja Pasi Laurilan ohjeisiin saattoi huoletta luottaa työn eri vaiheissa.

Olin yhteydessä kymmeneen toimijoihin opinnäytteen tekemisen aikana. Suhtautuminen työhön oli poikkeuksetta myönteinen ja apua tarjottiin pyyteettömästi. Tätä työtä oli ilo tehdä.

Haluan lausua parhaat kiitokset kaikille työtäni auttaneille. Te teitte mahdolliseksi tämän opinnäytteen valmistumisen.

Ähtärissä 30.9.2010

Antti Väätäinen

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	3
1.1 ETRS89- JA N2000-JÄRJESTELMIIN SIIRTYMINEN	3
1.2 OHJEET JA KOKEMUKSET MUUNNOKSESTA	4
1.3 TYÖN TAVOITTEET JA MENETELMÄT	5
2 MUUNNOKSEN PERUSTEET	7
2.1 SUOMEN KARTTAPROJEKTIOT JA TASOKOORDINAATISTOT	7
2.1.1 Karttaprojektiot ja projisointivirheet	7
2.1.2 KKJ- ja YKJ-tasokoordinaatistot	8
2.1.3 TM35FIN- ja GKn-tasokoordinaatistot	10
2.2 KOORDINAATTIMUUNNOKSET	11
2.2.1 Konversiot	11
2.2.2 Muunnokset	12
2.3 KORKEUSJÄRJESTELMÄT	16
2.4 KORKEUDEN MUUNNOKSET	17
3 VIRTAIN MUUNNOKSEN LÄHTÖTILANNE	20
3.1 KUNTA JA PAIKKATIEDON HALLINTA	20
3.2 KARTTAPROJEKTION VALINTA	21
3.2 ETRS89- JA KKJ-TASOKOORDINAATISTOPISTEET	25
3.4 YKJ- JA TM35-KOORDINAATISTOJEN VÄLISET AFFIINISET MUUNNOSKOLMIOT	28
3.5 N2000-KORKEUSKIINTOPISTEET	28
3.6 N60- JA N2000-KORKEUSJÄRJESTELMIEN VÄLISET MUUNNOSKOLMIOT	30
4 VIRTAIN MUUNNOSVAIHTOEHDOT JA NIIDEN ARVIOINTI	32
4.1 MUUNNOSTEN RAJOITTEITA	32
4.2 TASOMUUNNOKSET	32
4.2.1 KKJ2/ETRS89-GK24 -muunnokset	32
4.2.2 YKJ/ETRS89-TM35FIN -muunnokset	37
4.2.3 Tasomuunnosten arviointia	41
4.2.4 Käytettävissä olevat ratkaisuvaihtoehdot	46
4.3 KORKEUSMUUNNOKSET	49
4.3.1 Pienimmän neliösumman mallit	49
4.3.2 N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien väliset muunnoskolmiot	50
4.3.3 Korkeusmuunnosten arviointia	51
4.3.4 Käytettävissä olevat ratkaisuvaihtoehdot	55
5 TASOMUUNNOKSEN TESTAUS	57
6 TARKASTELUA	59
LÄHTEET	61
LIITTEET	63

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Poikittaisen lieriöprojektion periaate (JHS 154, 9).....	8
Kuvio 2. GK- ja UTM-projektioiden mittakaavavirheiden käyttäytyminen.	8
Kuvio 3. KKJ2- ja YKJ-tasokoordinaatistojen ominaisuuksia kuvattuna lieriön sivulta.....	9
Kuvio 4. ETRS89-GK24- ja ETRS89-TM35FIN -tasokoordinaatistojen ominaisuuksia kuvattuna lieriön sivulta	10
Kuvio 5. Keskustan ja Killinkosken asemakaava-alueiden sijoittuminen.	20
Kuvio 6. Virtain ja sen naapurikuntien sekä projektion leikkaustason etäisyyksiä ETRS89-TM35FIN -koordinaatiston keskimeridiaanista 27°.....	23
Kuvio 7. Virtain ja sen naapurikuntien etäisyyksiä ETRS89-GK24 -koordinaatiston keskimeridiaanista 24°	23
Kuvio 8. Virtain lähialueen ETRS89-tasokiintopisteet	26
Kuvio 9. Virtain keskustan lähiympäristössä olevat MML:n ja GL:n tasokiintopisteet	27
Kuvio 10. Killinkosken keskustan lähiympäristössä olevat MML:n KKJ-järjestelmässä mitatut tasokiintopisteet	27
Kuvio 11. Geodeettisen laitoksen Virtain alueen YKJ/TM35FIN -muunnoskolmiot kärkipisteineen	28
Kuvio 12. Virtain lähialueen MML:n ja GL:n mitaamat N2000-vaaituspisteet	29
Kuvio 13. Virtain keskustan lähiympäristössä olevat MML:n ja GL:n mitaamat N2000-vaaituspisteet.....	29
Kuvio 14. Killinkosken keskustan lähiympäristössä olevat MML:n ja GL:n mitaamat N2000-vaaituspisteet.....	30
Kuvio 15. Virtain N60/N2000-muunnoskolmiot kärkipisteineen.....	31
Kuvio 16. KKJ2/KG24 -muunnospolku	33
Kuvio 17. 25 pisteen Helmert-muunnosten muunnospisteet.....	34
Kuvio 18. YKJ/TM35FIN -muunnospolku.....	37
Kuvio 19. Tihennyskolmiot sekä tihentämättömät Geodeettisen laitoksen Virtain alueen YKJ/TM35FIN -muunnoskolmiot.	40
Kuvio 20. Koko kunnan korkeusmuunnosmalleissa käytetyt 100 muunnospistettä	49

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. YKJ- ja KKJ-tasokoordinaatistojen ominaisuuksia.....	9
Taulukko 2. ETRS89-TM35FIN - ja ETRS89-GKn -tasokoordinaatistojen ominaisuuksia	11
Taulukko 3. Mittakaavakorjauksia eri etäisyyksillä ETRS89-TM35FINN - ja ETRS89-GK24 -koordinaatistojen keskimeridiaanista Virtojen kunnan alueella	24
Taulukko 4. Mittakaavakorjauksen vaikutus 100 m:n etäisyyteen ja 100 m x 100 m pinta-alaan Virtojen kunnan alueella.....	24
Taulukko 5. 25 pisteen Helmert-muunnoksen (KKJ2→GK24) keskivirhe ja jäännösvirheet asemakaava alueiden lähimmillä ETRS89-pisteillä.....	34
Taulukko 6. 25 pisteen KKJ2→ GK24 - ja GK24→ KKJ2 -muunnoksien Helmert-parametrit	35
Taulukko 7. Affiinisen 25 pisteen muunnoksen (KKJ2→GK24) keskivirhe ja jäännösvirheet asemakaava alueiden lähimmillä ETRS89-pisteillä.....	36
Taulukko 8. Affiinisen 25 pisteen KKJ2→GK24 -muunnoksen parametrit	36
Taulukko 9. 25 pisteen YKJ→ TM35FIN - ja TM35FIN→ YKJ -muunnoksien Helmert- parametrit	38
Taulukko 10. Killinkosken kolmion 306 affiiniset muunnosparametrit.....	39
Taulukko 11. JHS 154:n mukaisen kolmioittaisen affiinisen muunnoksen keskimääräinen jäännösvirhe ja jäännösvirheet asemakaava alueiden lähimmillä ETRS89-pisteillä.	39
Taulukko 12. N60/N2000-muunnosvaihtoehtojen keskivirheet koko kunnan alueella sekä keskustan ja Killinkosken asemakaava-alueiden lähipisteillä.	51

1 JOHDANTO

1.1 ETRS89- ja N2000-järjestelmiin siirtyminen

Paikkatietojen toimiva yhteiskäyttö edellyttää yhteisiä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä. Kuntien siirtymistä uuteen globaaliin ETRS89-koordinaattijärjestelmään ja uuteen N2000-korkeusjärjestelmään nopeuttavat kuntaliitokset ja alueellinen yhteistyö. Kiinteistörekisterin ylläpidosta huolehtivalle kunnalle tiedonsiirto Maanmittauslaitoksen (MML) kiinteistötietojärjestelmän (KTJ) kanssa on myös merkittävä tekijä. KTJ tukee Suomen aiempaa kansallista koordinaattijärjestelmää (KKJ) kuntatietojen siirrossa ja aineistopalveluissa vuoden 2012 loppuun saakka. Siirtymäaika on rajoitettu koskemaan niitä numeerisia tuotteita ja palveluja, joista asiakkaat vievät aineistoa suoraan järjestelmiinsä. (Maanmittauslaitos 2010a.)

Korkeusjärjestelmän muutos paikallisesta tai valtakunnallisesta järjestelmästä N2000-järjestelmään on mahdollista toteuttaa eri aikaan kuin tasokoordinaatiston muutos. Korkeusjärjestelmän muutos näyttää seuraavan yleensä pienellä viiveellä tasokoordinaatiston muutosta.

Järjestelmien muutosten vetovastuu on esimerkiksi Lahden ja Turun seudulla ollut yhteistyöalueen keskuskunnalla. Harvaan asutuilla ja laaja-alaisilla maaseutukunnilla muutoksen vaatima osaaminen ja muutoksen vaatimukset poikkeavat edellisistä merkittävästi. Suuret kunnat ovat usein toimineet paikallisissa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmissä ja niillä on kattava runkopisteverkko. Muunnokseen liittyy usein runkopisteverkon saneeraus. Maaseutukunnat toimivat usein KKJ- ja N60-järjestelmissä ja niiden runkoverkon tila on usein puutteellinen.

Siirtyminen uuteen järjestelmään edellyttää runkoverkkojen ja aiempien aineistojen muuttamista uuden järjestelmän mukaiseksi. Siirtyminen tapahtuu yleensä osin mittaamalla ja osin muuntamalla. Tässä työssä tarkastellaan Virtain kunnan muunnosvaihtoehtoja EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi.

Taso- ja korkeusjärjestelmän muutokset vaativat runsaasti työtä ja myös muut kustannukset ovat usein huomattavia. Muutokset vaikuttavat myös pit-

kähti tulevaisuuteen. Haluttua muunnostarkkuutta sekä paikkatiedon yhteiskäytön tarpeita lähialueen ja julkishallinnon kanssa on tarkasteltava kriittisesti hankkeen yhteydessä.

1.2 Ohjeet ja kokemukset muunnoksesta

ETRS89-koordinaattijärjestelmän perusteet on määritetty Julkisen hallinnon suosituksissa (JHS) 153 ja 154. ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa (JHS 153) määrittää koordinaattijärjestelmän realisaation. Se antaa sekä kaavat maantieteellisten ja suorakulmaisten koordinaattien välille että parametrit kolmiulotteiseen yhdenmuotoisuusmuunnokseen KKJ:n ja EUREF-FIN:n välille. JHS 154 määrittää ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja TM35FIN-mukaisen karttalehtijaon sekä valtakunnallisen muunnoksen kartastokoordinaattijärjestelmään. Suosituksen liitteissä on kuvattu projektiokaavat, ETRS89-TM35FIN - ja ETRS89-GKn -karttaprojektiot sekä kolmioittainen affiininen muunnos YKJ- ja ETRS89-TM35FIN -projektion välillä.

Suomen korkeusjärjestelmä N2000 on määritetty Julkisen hallinnon suosituksessa 163. Suosituksessa viitataan järjestelmän yhteydessä käytettävään geoidimalliin FIN2005.

Geodeettisen laitoksen (GL) tiedotteessa 30 Suomen geodeettiset koordinaatit ja niiden väliset muunnokset käsitellään perusteellisesti ensin KKJ- ja EUREF-FIN-koordinaatit ja NN-, N43-, N60- ja N2000-korkeusjärjestelmät. Lopuksi käydään läpi koordinaatistojen väliset muunnokset esimerkkikaavioiden ja laskuesimerkkien avulla. (Häkli ym. 2009.) FIN2000- ja FIN2005N00-geoidimallit esitellään kattavasti GL:n tiedotteessa 29 Suomen geoidimallit ja niiden käyttäminen korkeuden muunnoksiin (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009).

Kaavoitusmittausohjeet sisältävät kaavoitusmittauksen teknistä suorittamista koskevia määräyksiä ja suosituksia. Ohjeet sisältävät myös kiintopisteiden ja kartoitettavien kohteiden tarkkuusvaatimukset. (Maanmittauslaitos 2003.)

Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen ohjeet kuntien taso- ja korkeusjärjestelmien vaihtamisesta valmistuvat aikaisintaan vuoden 2010 lopulla (Ollikainen 2010a). Maanmittauslaitos järjestää koulutusta kunnille muutoksen toteuttamisesta. Osa koulutusmateriaalista on saatavissa verkosta esimerkiksi osoitteista www.ktj.fi/ktj/rekisterinpito/ ja www.kunnat.net/.

Kirjallisia raportteja loppuun saatetuista muutoksista on niukasti. Honkanen (2010) on kuvannut diplomityössään yksityiskohtaisesti Lahden kaupungin paikallisen taso- ja korkeusjärjestelmän vaihtamisen EUREF-FIN- ja N2000 –järjestelmiin. Työssä kuvataan tiivistetysti myös Lahden kaupunkiseudun paikkatietoyhteistyökuntien muunnosprosessit. Kaikki yhteistyökunnat ovat toimineet KKJ-järjestelmässä ja osa myös N60-korkeusjärjestelmässä.

Runkoverkon saneerauksen ja pisteiden avulla laskettujen muunnosyhtälöiden laadinnan ovat dokumentoineet esimerkiksi Mäkyne (2006) diplomityössään ja Piironen (2009) insinööriyössään.

Kokemuksia meneillään olevista muutoksista on runsaasti. Joidenkin hankkeiden menettelytavat ja kokemukset on kuvattu ammattilehdissä tai kuntien kotisivuilla. Esimerkiksi Turun seudun GPS-projekti on kuvattu ositteessa www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/. Pääosa näistä dokumenteista on kuntien ja konsulttiyritysten hallussa. Uusimpiin toteutuksen myötä tehtyihin havaintoihin pääsee käsiksi vain haastatteleamalla muutokseen osallistujia ja uusien järjestelmien käyttäjiä.

1.3 Työn tavoitteet ja menetelmät

Työn tavoitteena on selvittää Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot ETRS89- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi ja päätyä suositeltavaan ratkaisuun muunnoksen suorittamiseksi. Muunnosvaihtoehtojen riittävä tarkkuus pyritään varmistamaan. Tavoitteena on myös suositeltavan vaihtoehdon toimivuuden ja toteutuskelpoisuuden testaus mahdollisuuksien rajoissa.

Kyseessä on case-tutkimus Virtain kaupungin osalta. Työmenetelmät sovitettiin muuttuvan tilanteen mukaiseksi työn eri vaiheissa. Aluksi tutustuttiin valmiiseen lähdemateriaaliin. Seuraavaksi haastateltiin kymmenien siirty-

misprosessissa mukana olleiden kuntien ja muiden tahojen asiantuntijoita. Haastattelujen luoma orientaatioperusta loi pohjan työprosessille vaikka haastatteluja ei raportoida tässä työssä erikseen. Sitten kartoitettiin Virtain muunnosten lähtötilanne, laadittiin muunnosvaihtoehdot ja vertailtiin niitä. Suositeltavat vaihtoehdot pyrittiin testaamaan mahdollisuuksien rajoissa.

Työn tavoitteena oli hyödyntää muunnoksiin soveltuva valmis aineisto sekä eri tahojen asiantuntemus. Tärkeimpiä kirjallisia lähteitä olivat alan oppikirjat, opinnäytteet, MML:n ja GL:n julkaisut sekä viranomaisten suositukset. Kuntien, MML:n ja GL:n sekä laite- ja ohjelmavalmistajien edustajien haastattelut antoivat tietoa ongelmista ja mahdollisuuksista. Nämä alansa asiantuntijat lähettivät myös syventävää kirjallista materiaalia ja auttoivat työtä sen eri vaiheissa. MML:n ja GL:n datapalvelut tietopankkeineen loivat perustan muunnosdatan hankinnalle ja käsittelylle.

2 MUUNNOKSEN PERUSTEET

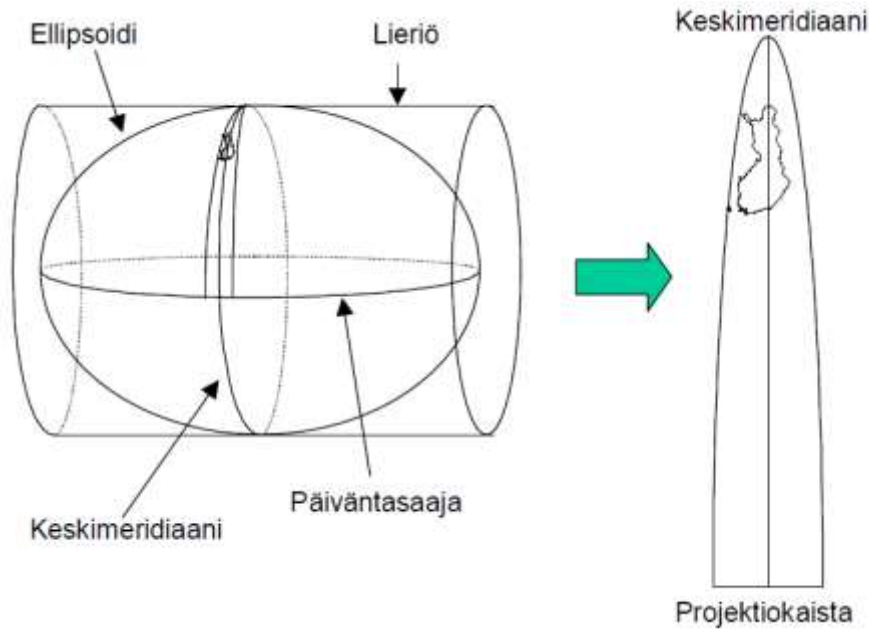
2.1 Suomen karttaprojektiot ja tasokoordinaatistot

2.1.1 Karttaprojektiot ja projisointivirheet

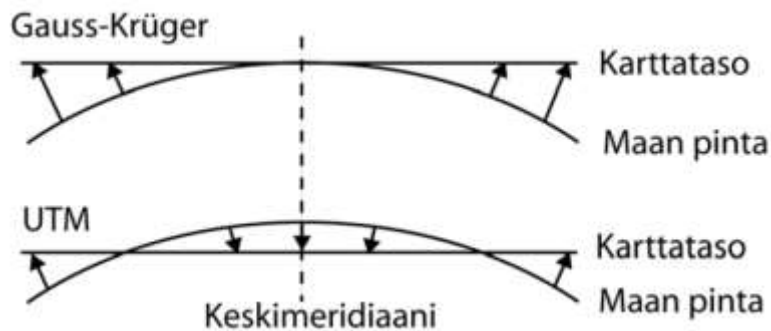
Pallopinnan projisoimisesta tasolle seuraa aina suunta- ja mittakaavavirheitä. Suunta ellipsoidipinnalla ja vastaava suunta projektiotasolla poikkeavat. Maastossa mitatut pituudet, pinta-alat ja alueiden muodot poikkeavat kartalla esitetyistä pituuksista, pinta-aloista ja alueiden muodoista. Valittu projektiotyyppi, kaistanleveys ja kohteen sijainti kartalla vaikuttavat virheiden suuruuteen.

Suomessa käytössä olevat poikittaiset lieriöprojektiot soveltuvat hyvin pitkien pohjois-etelä -suuntaisten alueiden kuvaamiseen. Sekä GK (Gauss-Krüger) että UTM (Universal Transverse Mercator) ovat ns. konformisia projektioita: kulmat ja pituussuhteet säilyvät paikallisesti, mutta sekä etäisyyksien että pinta-alojen mittakaavat vääristyvät lukuun ottamatta joitain kartan erityispiirteitä. Poikittaisen lieriöprojektion vääristymiä voi pienentää käyttämällä kapeita projektiokaistoja. Tällöin joudutaan vaihtamaan projektiokaistaa usein.

GK-projektio on keskimeridiaanilla mittatarkka. GK-projektion mittakaavavirhe suurenee siirryttäessä pois päin keskimeridiaanilta. 400 km:n päässä meridiaanista virhe on 1962 ppm. UTM-projektion mittakaavavirhe Suomessa käytetyllä kaistanleveydellä on keskimeridiaalilla -400 ppm, noin 180 km:n etäisyydellä keskimeridiaanista nolla ja 400 km:n etäisyydellä 1563 ppm.



Kuvio 1. Poikittaisen lieriöprojektion periaate (JHS 154, 9).

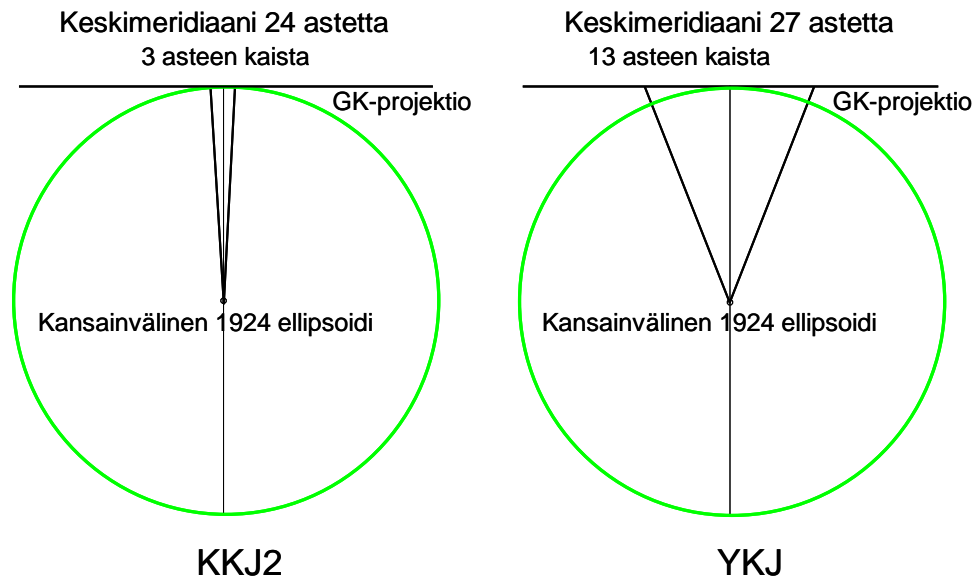


Kuvio 2. GK- ja UTM-projektioiden mittakaavavirheiden käyttäytyminen. Nuolen pituus kuvaa projektiovirheen suuruutta, positiivisena ylöspäin ja negatiivisena alaspäin (Häkli ym. 2009, 8).

2.1.2 KKJ- ja YKJ-tasokoordinaatit

Kansallisen koordinaattijärjestelmän (KKJ) karttaprojektiona käytetään sivuavaa poikittaista lieriöprojektiota kolmen asteen levyisinä kaistoina (Gauss-Krüger). Sivuvavassa projektiossa lieriö sivuaa ellipsoidia keskimeridiaania pitkin. Kaistoja 0-5 vastaavat keskimeridiaanit ovat 18° , 21° , 24° , 27° , 30° ja 33° . Keskimeridiaanin itäkoordinaatille annetaan arvo $n500000$ m, missä n osoittaa kaistan numeron. Pohjoiskoordinaatin nollapiste on päiväntasaajalla.

Yhtenäiskoordinaatistossa (YKJ) koko maa esitetään yhdessä kaistassa, jonka keskimeridiaani on 27°. KKJ:n kolmannen kaistan koordinaatit yhtyvät yhtenäiskoordinaatiston koordinaatteihin.



Kuvio 3. KKJ2- ja YKJ-tasokoordinaatistojen ominaisuuksia kuvattuna lieriön sivulta.

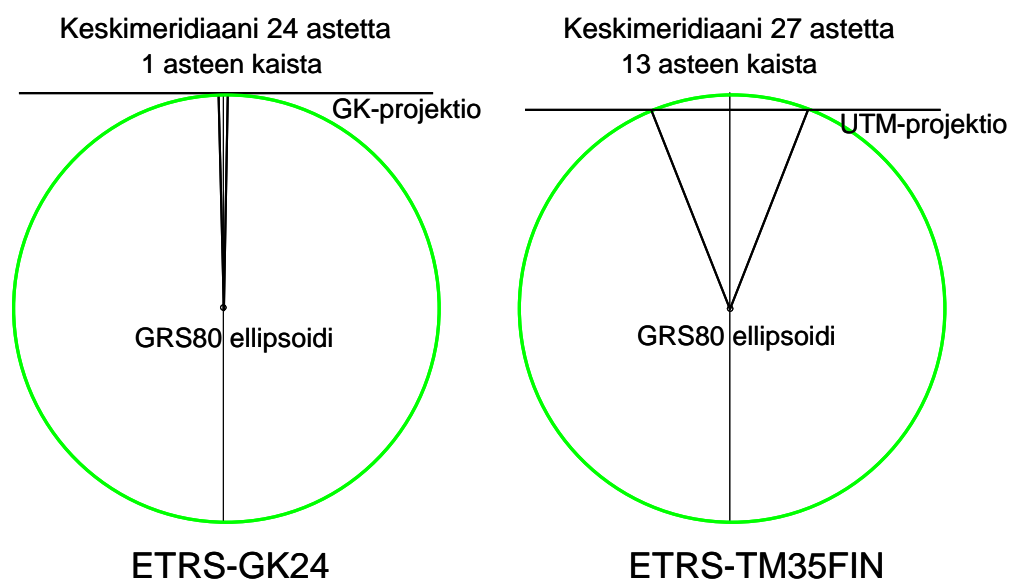
Taulukko 1. YKJ- ja KKJ-tasokoordinaatistojen ominaisuuksia.

Tasokoordinaatisto	YKJ	KKJ
Projektio	Gauss-Krüger	Gauss-Krüger
Koordinaattijärjestelmä	Kartastokoordinaattijärjestelmä KKJ	Kartastokoordinaattijärjestelmä KKJ
Vertausellipsoidi	Hayford- eli kansainvälinen vuodelta 1924.	Hayford- eli kansainvälinen vuodelta 1924.
Meridiaanikaistoja	1	6
Keskimeridiaani(t)	27°	18°, 21°, 24°, 27°, 30°, 33° (kaistat 0-5)
Kaistanleveys (suhteessa keskimeridiaaniin)	Koko Suomi, n 13° (-8° - +5°)	3° (±1.5°)
Itäkoordinaatin arvo keskimeridiaanilla	3 500 000 m	n500 000 m, missä n = kaistan numero
Mittakaava keskimeridiaanilla	1	1

2.1.3 TM35FIN- ja GKn-tasokoordinaatistot

ETRS89-koordinaattijärjestelmän suomalaisesta realisaatiosta käytetään nimitystä EUREF-FIN. Suomen valtakunnallisissa paikkatietotehtävissä suositellaan käytettäväksi EUREF-FIN -koordinaatiston yhteydessä poikittaisasentoista leikkaavaa lieriöprojektiota TM35FIN, joka perustuu kansainvälisesti tunnettuun UTM-projektioon. Numero 35 osoittaa UTM-kaistan numeron. Tätä projektiota käytetään koko maan kattavasti yksikaistaisena keskimeridiaanin ollessa 27° . Kaistan leveys on 13° . Leikkaustasot sijaitsevat noin 180 km keskimeridiaanin molemmilla puolilla. Keskimeridiaanin itäkoordinaatiksi on valittu 500000 m ja pohjoiskoordinaatin nollapiste on päiväntasaajalla. (JHS 154,9-10.)

Paikallisissa tehtävissä UTM-projektion aiheuttamat vääristymät saattavat olla niin suuria, että on parempi käyttää sivuavaa poikittaista lieriöprojektiota (Gauss-Krüger). Keskimeridiaaniksi valitaan lähin tasa-aste. Kaistaa voidaan käyttää niin leveänä kuin on tarkoituksen mukaista. Tästä tasokoordinaatistosta käytetään nimeä ETRS89-GKn, missä n on käytetyn keskimeridiaanin asteluku. Koordinaatiston origo on päiväntasaajan ja kyseisen kaistan keskimeridiaanin leikkauspisteessä. Itäkoordinaatin arvo on keskimeridiaanilla $n500000$ m, missä n tarkoittaa kaistan keskimeridiaanin astelukua. Pohjoiskoordinaatin nollapiste on päiväntasaajalla. (JHS 154,10.)



Kuvio 4. ETRS89-GK24- ja ETRS89-TM35FIN -tasokoordinaatistojen ominaisuuksia kuvattuna lieriön sivulta

Taulukko 2. ETRS89-TM35FIN- ja ETRS89-GKn -tasokoordinaatistojen ominaisuuksia.

Tasokoordinaatisto	ETRS89-TM35FIN	ETRS89-GKn
Projektio	Universal Transverse Mercator	Gauss-Krüger
Koordinaattijärjestelmä	ETRS89 (Suomen reaalisaaatio EUREF-FIN)	ETRS89 Suomen reaalisaaatio EUREF-FIN)
Vertausellipsoidi	GRS80	GRS80
Meridiaanikaistoja	1	13
Keskimeridiaani(t)	27°	19°, 20°, 21°... 31°
Kaistanleveys (suhteessa keskimeridiaaniin)	Koko Suomi, n 13°	Tarkoituksen mukainen
Itäkoordinaatin arvo keskimeridiaanilla	500000 m	n500000 m, missä n = keskimeridiaanin asteluku
Mittakaava keskimeridiaanilla	0.9996	1

2.2 Koordinaattimuunnokset

2.2.1 Konversiot

Koordinaattikonversiolla muunnetaan koordinaatteja kahden samaan datumiin perustuvan koordinaatiston välillä. Maantieteellisten EUREF-FIN-koordinaattien projisointi ETRS89-TM35FIN-tasokoordinaatistoon on esimerkki koordinaattikonversiosta. Kyseessä on kaavojen avulla suoritettava matemaattinen muunnos, jossa koordinaattien tarkkuus ei juuri huonone. Ellipsoidipinnalta tasolle siirtymisen seurauksena syntyvä projektiovirhe seuraa luonnollisesti mukana.

Koordinaattikonversioihin kuuluu myös karttaprojektiolta tai tasokoordinaatistolta toiseen karttaprojektioon tai tasokoordinaatistoon siirtyminen. Siirtyminen ETRS89-TM35FIN- ja ETRS89-GKn-tasokoordinaatistojen välillä on esimerkki koordinaattikonversiosta karttaprojektiolta toiseen. Periaatteessa siirtyminen tehdään aina maantieteellisten koordinaattien kautta. Poikkeuksena ovat samalle keskimeridiaanille asetetut poikittaiset lieriöprojektiot, joiden välinen siirtyminen voidaan tehdä suoraan kaavoilla ns. mittakaavamuunnoksena (esimerkiksi JHS 154,15). Projektiokaavat geodeettisten koordinaattien muuntamiseksi tasokoodinaateiksi sekä mittakaavamuunnok-

sen parametrit TM35FIN-koordinaatistosta GK27-koordinaatistoon on esitetty JHS 154:n liitteessä.

2.2.2 Muunnokset

Muunnosten perusteet:

Koordinaattimuunnoksilla muunnetaan koordinaatteja geodeettisen koordinaatistojen/datumeiden välillä. Tällöin voidaan myös siirtyä vertausellipsoidilta toiselle. Käytettävät muunnosparametrit lasketaan molemmissa koordinaatistoissa mitattujen yhteisten pisteiden avulla. Parametrit määritetään yleensä pienimmän neliösumman menetelmällä. Koordinaattien on oltava saman tyyppisiä. Muunnosta ei voi suorittaa esimerkiksi kolmiulotteisen ja kaksiulotteisten koordinaatistojen välillä. Projisoitujen tasokoordinaattien muunnoksessa on varmistettava, että projektiotyyppi ja keskimeridiaani ovat samoja. Keskimeridiaanien poiketessa toisistaan voi keskimeridiaanien välisestä eroista muunnokseen aiheutua huomattavia jäännösvirheitä.

Muunnosta ei voi suorittaa virheettömästi. Muunnoksiin sisältyy aina epätarkkuutta ja epävarmuutta, koska koordinaatistot ovat aina deformatuneita mitausvirheiden vuoksi. Haluttu muunnostarkkuus vaikuttaa muunnosmenetelmän valintaan. Muunnospisteitä tulisi olla paljon, jotta muunnosta voidaan pitää luotettavana ja jotta mahdolliset poikkeavat pisteet voidaan hylätä muunnosparametreja laskettaessa. Muunnospisteiden koordinaattien määrittäminen, luokka ja pisteen perustamistapa on huomioitava pisteitä valittaessa.

Helmertin 2D-muunnos:

Neliparametrinen Helmertin muunnos on lineaarinen yhdenmuotoisuusmuunnos, joka tehdään kahden suorakulmaisen koordinaatiston välillä. Muunnosparametreina ovat koordinaatiston kierto, origon siirto ja mittakaavan muutos tai niiden avulla johdetut parametrit a , b , c ja d . Muunnoksessa koko aluetta kierretään ja siirretään vakiomuutoksen verran. Vaikka muunnos voidaan suorittaa kahden muunnospisteen avulla, useampien muunnospisteiden tuoma ylimääritys mahdollistaa paremman kontrollin muunnokselle. Helmert-muunnoksella on mahdollista paljastaa koordinaatistoissa olevat deformaatiot esimerkiksi affiinista muunnosta paremmin muunnospisteiden jäännösvirhetarkastelun avulla.

2D-Helmert-muunnos on muotoa:

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = (1+m) \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix},$$

missä $[\Delta x \ \Delta y]^T$ on origon siirto akselien suunnassa, $1+m$ koordinaatistojen välinen mittakaavakerroin (k) ja α koordinaatistojen välinen kiertokulma. Mikäli kaava kirjoitetaan muotoon

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix}$$

eli

$$x_2 = ax_1 - by_1 + c$$

$$y_2 = bx_1 + ay_1 + d$$

parametrit ovat seuraavat: $k = (1+m)$, $a = k \cos \alpha$, $b = k \sin \alpha$, $c = \Delta x$ ja $d = \Delta y$. (Häkli ym. 2009, 40.)

Parametrien kirjaintunnuksia a, b, c ja d käytetään myös edellisestä poikkeavasti (Maanmittauslaitos 2010b).

Affiininen 2D-muunnos:

Affiinisessa muunnoksessa x - ja y -akseleille on oma mittakaavakerroin ja akseleita kierretään erisuuruisen kulman verran. Tästä johtuen affiininen muunnos muuttaa muunnettavan kuvion muotoa. Vaikka muunnos voidaan suorittaa kolmen muunnospisteen avulla, useampien muunnospisteiden tuoma ylimääritys mahdollistaa paremman kontrollin muunnokselle. Affiinista muunnosta voidaan käyttää erityisesti tapauksissa, joissa lähtökoordinaatiston epäillään olevan deformatunut. Muunnoksen jäännösvirheet ovat tällöin pienemmät kuin yhdenmuotoisuusmuunnoksella.

2D-affiinen muunnos on muotoa:

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

eli

$$x_2 = \Delta x + a_1 x_1 + a_2 y_1$$

$$y_2 = \Delta y + b_1 x_1 + b_2 y_1,$$

missä Δx ja Δy ovat origon siirto ja a_1 , a_2 , b_1 ja b_2 ovat mittakaavatekijöiden funktioita (GL30 s.40). Parametrit määritellään seuraavasti: $a_1 = k_x \cos \alpha$, $a_2 = -k_y \sin \alpha$, $b_1 = k_x \sin \alpha$ ja $b_2 = k_y \cos \alpha$. (Häkli ym. 2009, 40.)

Parametrien kirjaintunnuksia a, b, c ja d käytetään myös edellisestä poikkeavasti (Maanmittauslaitos 2010b).

Affiinen 2D-muunnos kolmioittain:

Menetelmässä lasketaan kolmion kärjissä sijaitsevien tunnettujen vastinpisteiden avulla affiinisen muunnoksen parametrit, joiden avulla muunnetaan haluttu piste koordinaatistosta toiseen. Pisteeseen sisältävän kolmion paikallistamiseen kolmioverkossa on kehitetty erilaisia menetelmiä. Affiinista muunnosta voidaan käyttää erityisesti tapauksissa, joissa lähtökoordinaatiston epäillään olevan deformatunut.

Muunnos antaa muuttumattomat koordinaatit kolmion kärkipisteissä. Muunnospisteistön paikallinen tihennys ei vaikuta tihennetyn kolmion ulkopuolella. Muunnoksessa ei ole ylimääritystä, sillä siinä on kuusi tunnettua ja kuusi tuntematonta parametria. Muunnospisteet on valittava huolella ja kontrolli on suoritettava testipistein. Muunnoksesta ei saada tarkkuusarviota. Muunnoksen tarkkuus ei voi olla parempi kuin kolmion epätarkin piste. Heikkolaatuisia pisteitä ei ole syytä valita kolmiopisteiksi. Käänteinen muunnos on helppo tehdä ja kolmiosta toiseen yltävät muunnetut kohteet ovat jatkuvia. Koko maan kattava YK/ETRS89-TM35FIN -muunnos on esimerkki kolmioittaisesta affiinisestä muunnoksesta (JHS 154, 32).

Interpolointi hilassa:

Monimutkaisten muunnosmenetelmien kuten polynomimuunnosten ja affiinisten kolmioittaisten muunnosten käyttö suoraan sovellutuksissa on vaikeaa. Ratkaisuna käytetään bilineaarista interpolointia hilassa. Menetelmässä interpoloidaan suorakulmaisen hilan avulla muunnettavan pisteen koordinaateille tai muille suureille arvot nurkkapisteiden arvojen avulla.

Affiinisen kolmioittaisen muunnoksen käyttöä yksinkertaistetaan muodostamalla riittävän tiheä hila toiseen koordinaatistoon (esim. YKJ). Sopiva hilakoko riippuu mm. muunnospisteistön määrästä ja sijainnista, koordinaatistojen tasalaatuisuudesta sekä halutusta muunnostarkkuudesta. Tämän jälkeen kolmioittaisen affiinisen muunnoksen avulla lasketaan hilan jokaiselle pisteelle koordinaatit toisessa koordinaatistossa (esim. ETRS89-TM35FIN). Hilan jokaisessa pisteessä lasketaan koordinaattierot koordinaatistojen välillä erikseen N- ja E-koordinaateille. Sijoittamalla lasketut koordinaattierot hilapisteisiin muodostetaan hilat erikseen pohjois- ja itäkoordinaattien määrittämistä varten. Koordinaattierojen ΔN_p ja ΔE_p avulla voidaan hilassa interpoloida halutun pisteen koordinaattierot erikseen itä- ja pohjoiskoordinaatille. Esimerkiksi JHS 154:n mukaiseen kolmioittaiseen affiiniseen muunnokseen perustuva hila on saatavissa Coordtrans-palvelusta (Geodeettinen laitos 2010).

Kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos:

Kahden suorakulmaisen kolmiulotteisen koordinaatiston välillä voidaan suorittaa kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos eli 7-parametrinen Helmert-muunnos. Muunnoksen parametreina ovat koordinaatiston kierto kolmen akselin suhteen, origon siirto ja mittakaavan muutos. Pienillä kiertokulmilla käytettävää koordinaatiston origon suhteen suoritettavaa muunnosversiota kutsutaan Bursa-Wolf-muunnokseksi.

GPS:n WGS84-koordinaattien muuntaminen KKJ-koordinaateiksi:

Paikantimen käyttämät WGS84-tasokoordinaatit muunnetaan affiinisellä kolmioittaisella muunnoksella KKJ-koordinaateiksi. Paikantimessa tapahtuva muunnos edellyttää yleensä hilaratkaisua. Mikäli paikallista muunnosta ei ole, muunnos perustuu JHS 154:n mukaisiin affiiniisiin muunnoskolmioihin. Tes-

tipisteillä on muunnoksella päästy alle 10 cm:n keskineliövirheeseen koko Suomen alueella (JHS 154,15).

2.3 Korkeusjärjestelmät

Korkeuteen liittyy kolme erilaista korkeuskäsitettä. Ellipsoidikorkeus (h) on mittauspisteen etäisyys ellipsoidipinnasta. Kyseessä on geometrinen suure, joka ei kerro mihin suuntaan vesi virtaa. GPS-mittauksen kolmiulotteiset koordinaatit voidaan muuntaa maantieteellisiksi koordinaateiksi ja ellipsoidikorkeudeksi. (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009,2).

Vaaittu korkeus (H)saadaan tarkkavaaituksessa mitattujen pisteiden välisistä geopotentialieroista. Nollatasona käytetään yleensä keskimerenpintaa, jonka oletetaan vastaavan geoidipintaa. Painovoiman huomioimistavasta riippuen syntyy joko ortometrinen tai normaalikorkeusjärjestelmä. Suomen N60 on ortometrinen ja N2000 on normaalikorkeusjärjestelmä. Ortometrisen ja normaalikorkeuden ero on Suomessa alle 8 cm (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009, 2).

Geoidikorkeus (N) on geoidin korkeus ellipsoidista. Geoidi on se muoto mihin vapaa valtameren pinta asettuu lepotilassa. Kyseessä on fyysikaalinen maan massojen ja tiheysvaihteluiden määräämä pinta. Korkeuskäsitteiden yhteys on $h=H+N$. Kuvattua geoidimallia käytetään ortometristen korkeuksien yhteydessä. Normaalikorkeuksien yhteydessä käytetään hieman eri tavalla määritettyä kvasigeoidimallia.

Suomen valtakunnalliset korkeusjärjestelmät perustuvat tarkkavaaitusverkon tasoitukseen. N60 on ensimmäinen maannousun ja painovoiman huomioon ottava korkeusjärjestelmä. Lähtötasona on Helsingin teoreettinen keskivedenpinta vuoden 1960 alussa. (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009,3-4).

N2000-järjestelmän korkeuserot vastaavat maannousun suhteen tilannetta vuoden 2000 alussa. Järjestelmän korkeudet ovat normaalikorkeuksia ja lähtötasona on eurooppalainen NAP (Normal Amsterdams Peil). N2000-järjestelmän pääkiintopiste PP2000 sijaitsee Kirkkonummen Metsänhovissa. Järjestelmä on esitelty julkisen hallinnon suosituksessa nro 163 (JHS 163,2007).

2.4 Korkeuden muunnokset

Pienimmän neliösumman mallit:

Paikallinen korkeusmuunnos voidaan laskea pienimmän neliösumman menetelmällä muunnospisteitä käyttäen. Muunnospisteiden korkeudet molemmissa järjestelmissä on tunnettava. Tavoitteena on mallinnuksen mahdollisimman pieni keskivirhe. Muunnos on "siirtokorjauskaava", jolla tarvittaville korkeuspisteille lasketaan siirtokorjaus.

Kaavoitusmittausohjeiden (2003,13) mukaan geoidimallin määrittämisessä suppeilla alueilla (halkaisijaltaan pienempi kuin 20-30 km) voidaan käyttää 1. ja 2. asteen polynomeja edellyttäen, että alueella on vähintään 5-6 vaaittua korkeuskiintopistettä (Maanmittauslaitos 2003, 13). Vaikka ohjeissa tarkoitetaan tapaa tarkentaa korkeusmuunnosta ellipsoidisten korkeuksien ja ortometristen korkeuksien välille, ohjetta voidaan soveltaa myös N60- ja N2000-järjestelmien väliseen muunnokseen.

Suppeilla alueilla yksinkertaisin malli on lineaarinen polynomipinta, koordinaattiakseleiden suhteen kallistettu taso. Muunnoskaavan perusmuoto on seuraava:

$$\text{Siirtokorjaus} = a + b * N + c * E,$$

missä a , b ja c ovat vakioita sekä N ja E laskettavan vaaituspisteen tasokoordinaatit.

Muuttujat voidaan määrittää myös siten, että vakio a on vakiokorjaus sekä N ja E alueen painopistekoordinaatit.

Mikäli kallistuskulmat (vakiot b ja c) ovat nolliä, kyseessä on vaakasuora taso. Tällöin muunnoksen arvo on vakiokorjaus a , joka on korkeuserojen keskiarvo. Vakiokorjaus on kallistetun tason erityistapaus. Suppeilla alueilla maannousu eri pisteissä ei poikkea merkittävästi. Tällöin on mahdollista laskea sekä N60- että N2000-järjestelmissä vaaittuja pisteitä käyttäen vakiokorjaus, joka lisätään muunnettavien pisteiden N60-arvoihin.

Laajoilla alueilla ylempien asteiden polynomipinnat mahdollisesti parantavat muunnosmallin tarkkuutta. Toisen asteen polynomien perusmuoto on seuraava:

$$\text{Siirtokorjaus} = a + b \cdot N + c \cdot E + d \cdot N^2 + e \cdot NE + f \cdot E^2$$

missä a , b , c , d , e ja f ovat vakioita sekä N ja E laskettavan vaaituspisteen tasokoordinaatit.

N60- ja N2000-järjestelmien sekä N43- ja N60-järjestelmien väliset muunnoskolmiot:

Maanmittauslaitos on laskenut kolmioittaisen muunnoksen N60- ja N2000-järjestelmien välisille siirtokorjauksille. Tuntemalla korkeus toisessa järjestelmässä voidaan muuntamalla saada toisen järjestelmän mukainen korkeus. Koko Suomen kattavan kolmioverkon jokaiselle solmulle on annettu kummassakin järjestelmässä korkeudet, joiden avulla siirtokorjaukset ovat laskettavissa. Varsinainen siirtokorjaus suoritetaan etsimällä aluksi muunnettavan pisteen rajaava kolmio. Tämän jälkeen lasketaan lineaarisella interpolaatiolla siirtokorjaus haluttuun sijaintiin kolmion sisällä. (Geodeettinen laitos 2010). Alustavissa testeissä muunnoksen keskivirhe oli n. 3-4 mm (Saarikoski 2007,88). Pisteet ovat muunnettavissa ja muunnoksen parametrit ovat ladattavissa Geodeettisen laitoksen muunnospalvelusta <http://coordtrans.fgi.fi>. Siirtokorjauksen lisäämiseksi omaan ohjelmistoon voidaan sivustolta ladata kolmioverkon määrittelevät kolmiot sekä solmujen koordinaatit ja korkeudet.

Geologisen laitoksen sivustoilla on mahdollisuus vastaavaan muunnokseen N43- ja N60-korkeusjärjestelmien välillä. NN-järjestelmän ja uudempien järjestelmien välille on olemassa myös tarkka yhteys, mutta virallisia muunnoksia ei ole laskettu. Siirtokorjauskartta NN- ja N60-järjestelmien välille on saatavissa esimerkiksi <http://coordtrans.fgi.fi> –sivustoilta.

GPS:n ellipsoidisten korkeuksien muuntaminen N60- ja N2000-järjestelmiin:

Kansallisen geoidimallin (muunnospinnan) avulla voidaan GPS:llä ETRS89-koordinaattijärjestelmässä mitatut ellipsoidiset korkeudet muuntaa vaaituiksi kansallisen järjestelmän mukaisiksi korkeuksiksi. FIN2000-muunnospinnalla voidaan EUREF-FIN –koordinaatistossa GPS:llä mitatut ellipsoidiset korkeudet muuntaa N60-järjestelmän mukaisiksi vaaituskorkeuksiksi. Tarkkuus on 3 cm (RMS+-28 mm) ja suurimmat muunnosvirheet voivat olla 9 cm. FIN2005N00-muunnospinnalla voidaan muuntaa vastaavat GPS-korkeudet N2000-järjestelmän mukaisiksi vaaituskorkeuksiksi. Mallin tarkkuus on 2 cm

ja suurimmat muunnosvirheet voivat olla 6 cm. (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009,v.)

Molemmat mallit ovat saatavissa laatikko-, hila- ja listamuodossa EUREF-FIN -koordinaateissa GL:n muunnospalvelusta. Hilasta voidaan laskea halutulle pisteelle geoidikorkeus bilinearisella interpoloinnilla (<http://coordtrans.fgi.fi>). Alueellisilla GPS/vaaituspisteillä voidaan määrittää kansallista mallia tarkentaen paikallinen muunnospinta EUREF-FIN -koordinaateissa. (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009,v.)

3 VIRTAIN MUUNNOKSEN LÄHTÖTILANNE

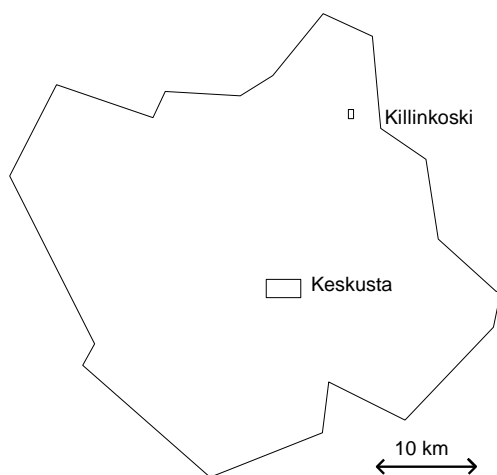
3.1 Kunta ja paikkatiedon hallinta

Virrat on Ylä-Pirkanmaalla sijaitseva 7600 asukkaan kaupunki. Pituuspiirin 24 astetta halkaisema 1200 km²:n kunta on leveimmillään 55 km.

Kunnan paikkatietoratkaisuna on ESR:n ArcGIS Server – järjestelmä. Selain-pohjaista SDE-tietokantaan perustuvaa järjestelmää kehitetään yhdessä muiden Ylä-Pirkanmaan kuntien kanssa. Kunnan paikkatiedon tärkeimmät käyttäjät ovat rakennusvalvonta, ympäristönsuojelu, kaavoitus ja tekninen toimi.

Kunta pitää yllä KKJ2/N60-järjestelmissä kiinteistörekisteriä kahden asemakaavoitetun taajaman osalta, kaavojen pohjakarttoja, ajantasaisasemakaavoja, rakennusvalvonnan tietokantoja, johtokarttoja, ympäristönsuojelun tietokantoja ja opaskarttoja. Pääosa muunnettavasta aineistosta koostuu näistä tietokannoista.

Kunnassa on Virtain keskustan ja Killinkosken asemakaava-alueet, joista jälkimmäisen laajennus ja ajantasaistus on valmistumassa v. 2010. Asemakaava-alueet esitetään Kaavoitusmittausohjeiden (2003) mukaisessa mitausluokassa 1.



Kuvio 5. Keskustan ja Killinkosken asemakaava-alueiden sijoittuminen.

Kunnalla on käytössä vain yksi koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä (KKJ2 / N60). Kunnan nykyinen GPS-pohjainen mittaus- ja kartoitusjärjestelmä täyttää sille asetetut tarkkuusvaatimukset. Kaupungissa käytetyt runkoverkot ovat olleet sidotut KKJ-järjestelmään. Kunnassa ei enää ole pidetty yllä runko- ja käyttöpisteverkkoa. Runkopisteet, joihin asemakaava-alueiden mittaukset on sidottu ennen GPS-mittauksen käyttöönottoa, ovat tiettävästi tuhoutuneet Virtain urheilukentän kolmiopistettä (8502) lukuun ottamatta. Vuodesta 2001 alkaen mittaukset ja niiden tarvitsemat liitospisteet on hoidettu GPS-mittauksena omaa tukiasemaa käyttäen. Tukiasemapisteenä toiminut kaupungintalon runkopiste on tuhoutunut. Vuodesta 2009 alkaen mittaus- ja kartoitustoiminnon käytössä on VRS-verkkoa hyödyntävä ulkopuolisella antennilla varustettu Topcon GRS-1 RTK GNSS kaksitaajuusvastaanotin.

Aiempien mittausten perustana olevaa runkoverkkoa ei voida käyttää muunnoksen perustana eikä sen avulla voida oikaista mahdollisesti deformoitunutta aineistoa. Valtakunnalliset taso- ja korkeuspisteet tulevat olemaan merkittävä tekijä muunnospisteistöä suunniteltaessa.

Tasokoordinaattijärjestelmän vaihtoa puoltaa ETRS89-järjestelmän tarkkuus ja homogeenisuus, koordinaattimuunnosten tarpeen minimoiminen, GNSS-mittausten suora hyödyntäminen ja ennen kaikkea paikkatiedon yhteiskäytön helpottuminen sekä yhteistyöalueen kuntien että julkishallinnon suuntaan.

N2000-korkeusjärjestelmällä huomioidaan maankuoren nouseminen, mikä on suurimmillaan noin 1 cm vuodessa. Noin puolen metrin poikkeama aiheuttaa selkeän tarpeen järjestelmän uudistamiseksi noin 50 vuoden välein.

Siirtymistä ETRS89- ja N2000-järjestelmiin kiirehtii myös Euroopan Unionin INSPIRE-direktiivi, jonka mukaan jäsenmaiden on kyettävä toimittamaan ympäristöön liittyvää paikkatietoa yhteiseurooppalaisessa koordinaattijärjestelmässä (Saarikoski 2007,84).

3.2 Karttaprojektion valinta

Julkisen hallinnon suosituksessa JHS 153 "ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa" suositellaan ETRS89-järjestelmään perustuvan EU-REF-FIN –koordinaatiston käyttöä. Koko Suomen kattava tasokoordinaatisto ETRS89-TM35FIN suositellaan muodostettavaksi käyttäen UTM- karttapro-

jehtiota. Paikallisesti voidaan käyttää myös Gauss-Krüger –projektiota ja siihen liittyviä tasokoordinaatistoja ETRS89-GKn. Karttaprojektion valintaan vaikuttavat projektiovirheistä erityisesti mittakaavavirhe sekä yhteistyökumppaneiden valinnat.

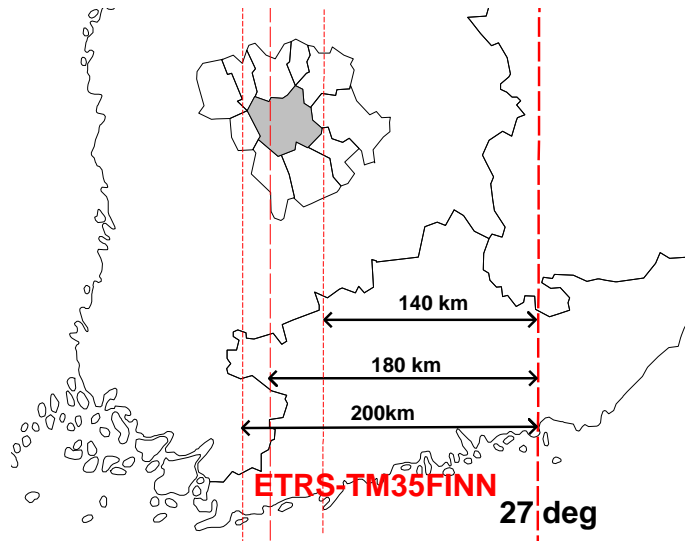
Mittakaavakorjaus lasketaan seuraavasti (JHS 154,23):

$$k = k_0 \left[1 + \frac{1}{2} \cos^2(\varphi) \cdot l^2 \right], \quad \text{missä } l = \lambda - \lambda_0$$

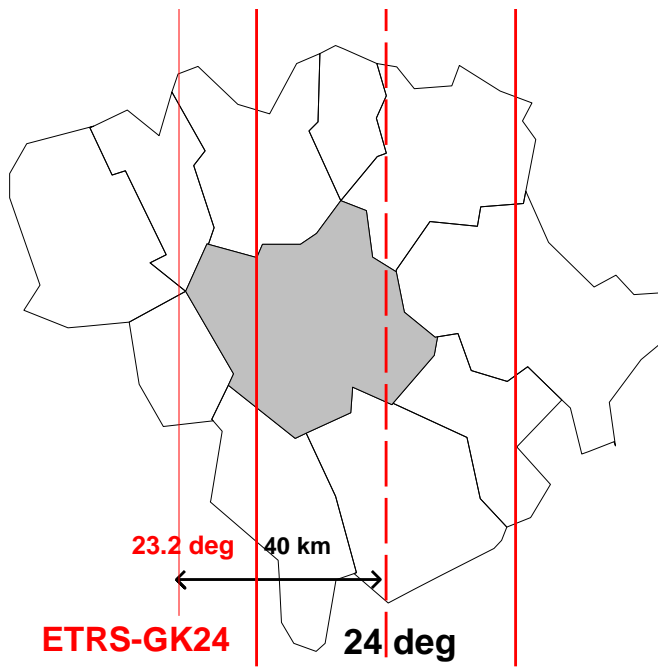
Kaavassa k on mittakaavakerroin pisteessä (φ, λ) , φ ja λ pisteen geodeettiset koordinaatit, k_0 mittakaavakerroin keskimeridiaanilla ja λ_0 keskimeridiaani.

Virtain keskustaajama sijaitsee 167 km ja Killinkosken taajama 161 km länteen ETRS89-TM35FIN-koordinaatiston keskimeridiaanista 27°. Laskettu mittakaavakorjaus ETRS89-TM35FIN -koordinaatistoa käytettäessä on keskustaajamassa on -58 ppm ja Killinkosken taajamassa -84 ppm. ETRS89-TM35FIN -koordinaatistoa käytettäessä maastossa mitattu 100 metrin matka on kartalla 99,99 m molemmissa taajamissa. Leikkaustasolla noin 180 km keskimeridiaanista mittakaavavirhettä ei ole. Leikkaustaso kulkee noin 14 km keskustaajaman länsipuolella Vaskuunjärven kohdalla.

Virtain keskustaajama sijaitsee 11 km ja Killinkosken taajama 6 km länteen ETRS89-GK24-koordinaatiston keskimeridiaanista 24°. Laskettu mittakaavakorjaus ETRS89-GK24 -koordinaatistoa käytettäessä on keskustaajamassa on 1.5 ppm ja Killinkosken taajamassa 0.4 ppm. ETRS89-GK24 -koordinaatistoa käytettäessä maastossa mitattu 100 metrin matka on kartalla 100,00 m molemmissa taajamissa. Keskimeridiaanin kohdalla noin Monoskylän tasolla koordinaatiston mittakaavavirhe on nolla.



Kuvio 6. Virtain ja sen naapurikuntien sekä projektion leikkaustason etäisyyksiä ETRS89-TM35FIN -koordinaatiston keskimeridiaanista 27°.



Kuvio 7. Virtain ja sen naapurikuntien etäisyyksiä ETRS89-GK24 -koordinaatiston keskimeridiaanista 24°. Virtojen kunnan läntisin piste on noin 40 km:n ja itäisin piste noin 10 km:n etäisyydellä keskimeridiaanista.

Taulukko 3. Mittakaavakorjauksia eri etäisyyksillä ETRS89-TM35FIN- ja ETRS89-GK24 -koordinaatistojen keskimeridiaanista Virtojen kunnan alueella

Piste	ETRS89-TM35FIN		ETRS89-GK24	
	Etäisyys keskimeridiaanista (km)	Mittakaavakorjaus (ppm)	Etäisyys keskimeridiaanista (km)	Mittakaavakorjaus (ppm)
Itäisin piste	144	-147.5	12	1.8
Killinkoski	161	-83.9	6	0.4
Virtain keskusta	167	-58.4	11	1.5
Läntisin piste	196	71.6	41	20.5

Taulukko 4. Mittakaavakorjauksen vaikutus 100 m:n etäisyyteen ja 100 m x 100 m pinta-alaan Virtojen kunnan alueella.

Piste	ETRS89-TM35FIN			ETRS89-GK24		
	100 m Kartalla m	100m x 100 m Kartalla m ²	Alan muutos m ²	100 m Kartalla m	100m x 100 m Kartalla m ²	Alan muutos m ²
Itäisin piste	99.985	9997.050	-2.950	100.000	10000.036	0.036
Killinkoski	99.992	9998.322	-1.678	100.000	10000.008	0.008
Virtain keskusta	99.994	9998.832	-1.168	100.000	10000.030	0.030
Läntisin piste	100.007	10001.432	1.432	100.002	10000.410	0.410

Sekä kuntaan että sen yhteistyöalueelle pyritään yleensä valitsemaan pienen mittakaavavirheen omaava tasokoordinaatisto. Pääsääntöisesti kysymykseen tulee vain ETRS89-GKn-karttaprojektio. Mikäli vielä kaista voidaan pitää kaapeana, projektiokorjauksia ei ehkä tarvitse tehdä lainkaan. ETRS89-GK24 -kaistan leveys Virroilla tulee olemaan noin 1,6 °.

Virtojen kunnan alueella sekä ETRS89-TM35FIN- että ETRS89-GK24 -karttaprojektioiden mittakaavakorjaukset ovat kohtuullisia, mutta erityisesti keskustaajaman ja Killinkosken taajaman GK24-projektion pieni mittakaavakorjaus puoltaa ko. projektion valintaa.

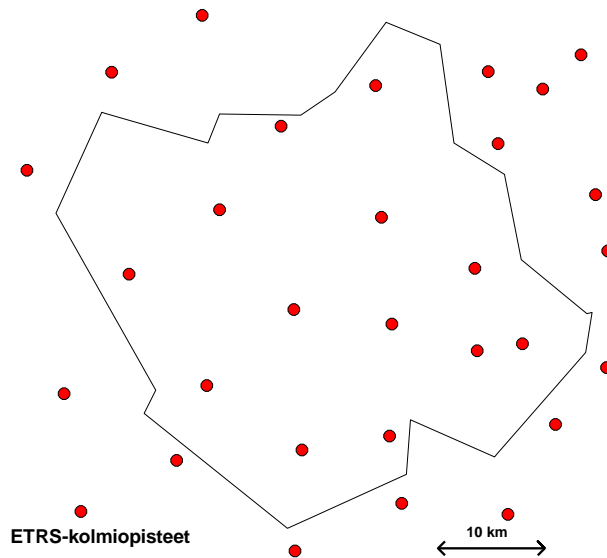
Valinnan tehneet yhteistyöalueen kunnat ovat valinneet GK24-karttaprojektiot. Yhteistyöalueen yhteisen karttaprojektion käytöstä ei ole päätöstä. Suositeltava karttaprojektio Virroilla on GK24-projektio. Pienimittakaavaisia karttoja varten on suositeltavaa määrittää YKJ/ETRS89-TM35FIN -muunnos tai käyttää ETRS89-GK24/TM35FIN -konversiota.

3.2 ETRS89- ja KKJ-tasokiintopisteet

Muunnoksessa käytettävistä pisteistä tulee tietää käytetty koordinaatisto, koordinaattien luokka, mittaustapa sekä perustamistapa. Pisteiden koordinaateissa tulee olla enemmän kuin yksi desimaali. (Häkli 2010.) ETRS89-pisteet täyttävät nämä vaatimukset.

Kunnan alueelle on mitattu 14 kpl ETRS89-pisteitä MML:n ja GL:n toimesta. Pisteiden koordinaatit tunnetaan sekä KKJ- että ETRS89-järjestelmissä. Pisteet ovat MML:n mittaamia 3. luokan KKJ-pisteitä ja niiden koordinaatit ovat on määritetty vuosina 1991-2005. ETRS89-luokaltaan pisteet ovat 2. luokan kolmiopisteitä lukuun ottamatta pistettä 97M3655, joka on GL:n mittaama 1.luokan kolmiopiste. (Maanmittauslaitos 2010c.) GL:n muunnoskolmion kärkipiste 598 puuttuu MML:n ETRS89-kiintopisterekisteristä. Pisteet ovat paikallistettavissa maastossa.

ETRS89-pisteiden tiheys ja laatu naapurikuntien puolella on vastaava. Liitteessä 1 on pisteiden yksilöidyt tiedot Virtojen kunnan ja eräiden naapurikuntien pisteiden osalta.



Kuvio 8. Virtain lähialueen ETRS89-tasokiintopisteet

Kunnan alueelle on mitattu 86 kpl 1-3 -luokan KKJ-kolmiopisteitä GL:n ja MML:n toimesta (Maanmittauslaitos 2010c). Pisteistä merkittävä joukko on hävinnyt ja jäljellä olevien paikallistaminen maastossa on osin vaikeaa. Kilinkosken asemakaava-alueella ja sen lähiympäristössä olevat pisteet 92M002 ja 92M2560 ovat tuhoutuneet. Pajusen piste 92M0007 on muuttumattomana paikallistettavissa. Keskustaajaman asemakaava-alueen KKJ-pistettä 77M7754A ei voida paikallistaa. Pisteiden 77M7753A ja 64M0235 muuttumattomuudesta ei ole varmuutta. Puttosharjun piste 77M7756A on muuttumattomana paikallistettavissa.



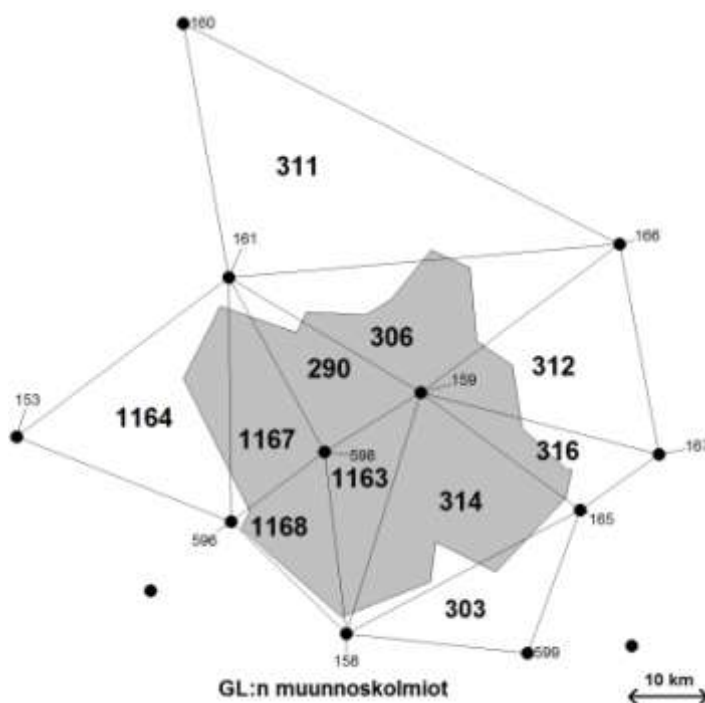
Kuvio 9. Virtain keskustan lähiympäristössä olevat MML:n ja GL:n tasokiintopisteet. ETRS89-pisteet ovat punaisia ja KKJ-pisteet sinisiä.



Kuvio 10. Killinkosken keskustan lähiympäristössä olevat MML:n KKJ-järjestelmässä mitatut tasokiintopisteet

3.4 YKJ- ja TM35-koordinaatistojen väliset affiiniset muunnoskolmiot

Julkisen hallinnon suositusten JHS154 (2008) mukainen affiininen muunnos kolmioittain YKJ- ja ETRS89-TM35FIN -koordinaatistojen välillä on saatavissa Geodeettisen laitoksen muunnospalvelusta. Keskustan asemakaava-alue sijaitsee kolmioissa 1163 ja 314. Killinkosken asemakaava-alue sijaitsee kokonaan kolmiossa 306. Kolmioiden kärkipisteet ovat kohdan 3.3. mukaisia ETRS89-pisteitä. Kolmiot kärkipisteineen ja niihin liittyvä data affiinisine muunnosparametreineen on saatavissa Coordtrans-muunnospalvelusta (Geodeettinen laitos 2010). Koska muunnos on usein liian monimutkainen toteuttaa ohjelmistoihin, palvelu tarjoaa ladattavaksi kolmioittaisesta muunnoksesta lasketun tasavälisen hilan.

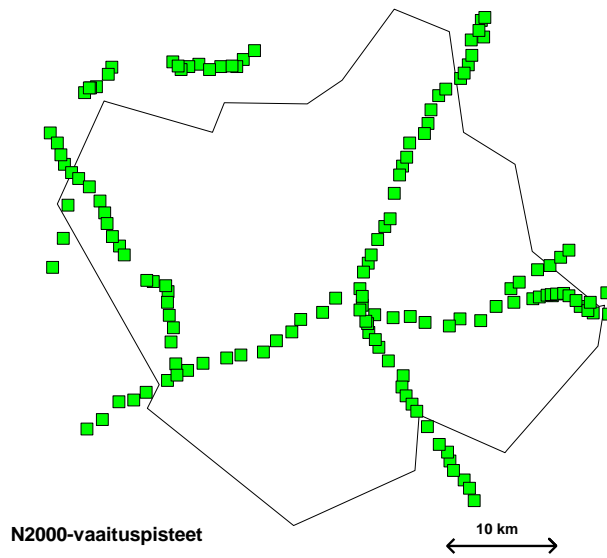


Kuvio 11. Geodeettisen laitoksen Virtain alueen YKJ/TM35FIN -muunnoskolmiot kärkipisteineen

3.5 N2000-korkeuskiintopisteet

Kunnan alueelle on mitattu 77 kpl N2000-pisteitä MML:n ja GL:n toimesta. Pisteiden korkeudet tunnetaan sekä N60- että N2000-järjestelmissä. Pisteistä kolme on N2000-tarkuudeltaan 3. luokan vaaituspisteitä. Pisteiden kaikki muuta korkeudet on luokiteltu 1. ja 2. luokan vaaituspisteiksi. (Maanmittauslaitos 2010c.) Pisteet sijoittuvat pääteiden ja junaradan varsille ja ne ovat paikallistettavissa maastossa.

N2000-pisteiden tiheys ja laatu naapurikuntien puolella on vastaava. Liitteessä 2 on pisteiden yksilöidyt tiedot Virtain pisteistä sekä osasta naapurikuntien pisteitä.



Kuvio 12. Virtain lähialueen MML:n ja GL:n mittaamat N2000-vaaituspisteet



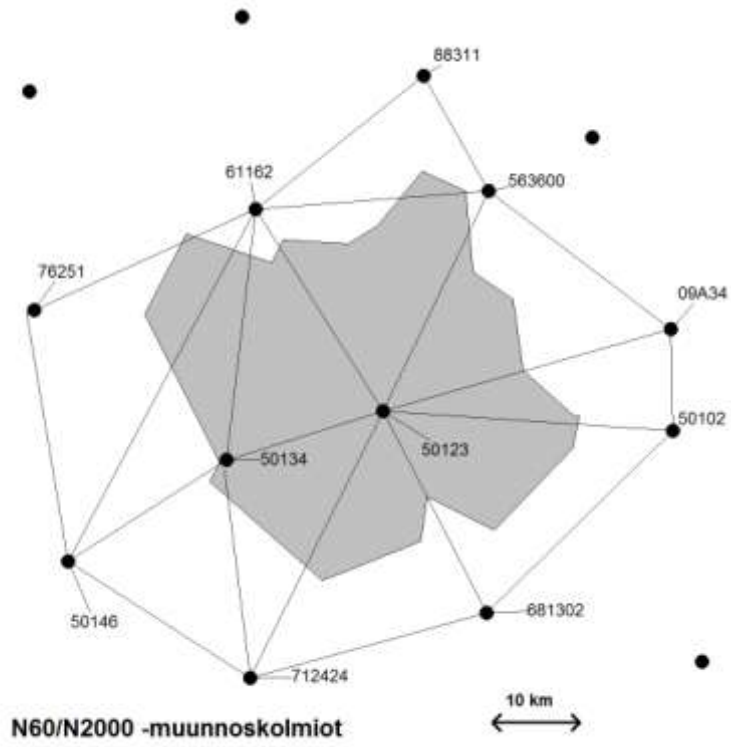
Kuvio 13. Virtain keskustan lähiympäristössä olevat MML:n ja GL:n mittaamat N2000-vaaituspisteet



Kuvio 14. Killinkosken keskustan lähiympäristössä olevat MML:n ja GL:n mittaamat N2000-vaaituspisteet

3.6 N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien väliset muunnoskolmiot

N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välinen siirtokorjaus on laskettavissa kolmioverkon avulla. Laskemiseen tarvittavat kolmiot kärkipisteineen on saatavissa Geodeettisen laitoksen muunnospalvelusta (Geodeettinen laitos 2010). Jokainen solmu (kolmion kärki) sisältää korkeudet kummassakin korkeusjärjestelmässä. Kolmioiden kärkipisteet ovat kohdan 3.5 mukaisia N2000-pisteitä.



Kuvio 15. Virtsun N60/N2000-muunnoskolmiot kärkipisteineen

4 VIRTAIN MUUNNOSVAIHTOEHDOT JA NIIDEN ARVIOINTI

4.1 Muunnosten rajoitteita

Seuraavassa tarkastellaan Virtain kunnan taso- ja korkeusmuunnosmahdollisuuksia. Mahdollisuudet perustuvat luvussa 3 esiteltyyn lähtötilanteeseen. Järjestelmästä toiseen siirtyminen tehdään mittaamalla, muuntamalla tai niiden yhdistelmällä. Ratkaisut ovat kuntakohtaisia. Yleisesti pääosa paikkatietoaineistosta on muunnettavissa olevaa materiaalia (JHS 154,13). Tyypillinen esimerkki on kiinteistötietojen tai haja-asutusalueen rajamerkkien koordinaattien muuntaminen koordinaatistosta toiseen.

Muunnoksella ei saa koskaan korvata mittaamalla tapahtuvaa paikkatiedon tuotantoa, kun vaaditaan parasta mahdollista tarkkuutta. Esimerkiksi valtakunnallisen ja paikallisen kiintopisteverkon mittaaminen ja tihentäminen ovat tällaisia suurta tarkkuutta vaativia tehtäviä (JHS 154,13). Taso- ja korkeusrunkoverkot ovat siis mitattavia kohteita.

Muunnosten tarkkuutta on tässä työssä arvioitu jäännösvirheiden ja keskivirheen avulla. Jäännösvirheellä tarkoitetaan havaitun arvon ja lasketun arvon välistä erotusta (residuaalia). Tasomuunnosten keskivirheellä tarkoitetaan painoyksikön keskivirhettä ja korkeusmuunnosten keskivirheellä jäännösvirheiden keskihajontaa. Muunnoksien keskivirheet on laskettu Laurilan (1992,79) ja Häklin (2009, 80,82) mukaisesti.

4.2 Tasomuunnokset

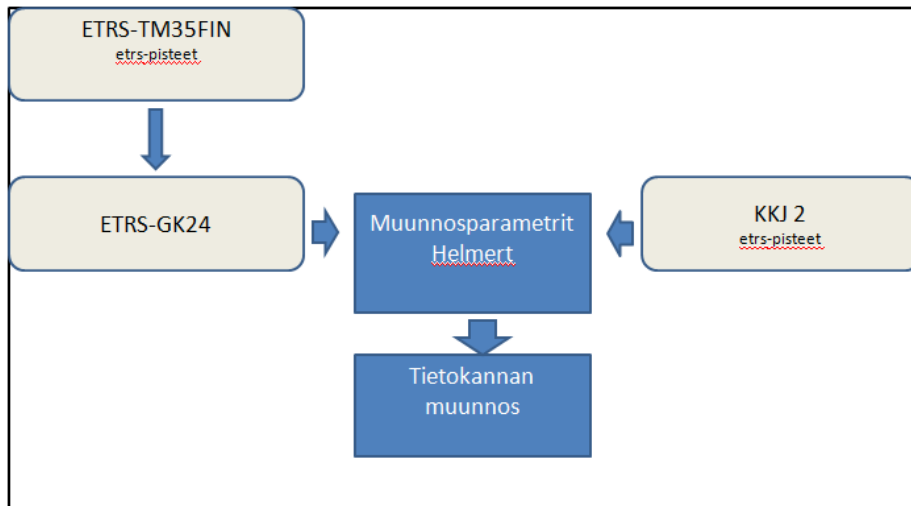
4.2.1 KKJ2/ETRS89-GK24 -muunnokset

Helmertin muunnos:

Helmert-muunnosten muunnospisteinä olivat Virtojen kunnan ja sen lähialueen ETRS89-pisteet. Maanmittauslaitoksen Ammatillaisen karttapaikalta hankittusta pistedatasta poistettiin piste 04M5110A, josta ei ollut mitattuja KKJ-koordinaatteja.

Muunnospisteiden ETRS89-TM35FIN -koordinaatit muunnettiin Coordtrans-palvelussa ETRS89-GK24 -koordinaateiksi (Geodeettinen laitos 2010).

Muunnospolku on seuraava:



Kuvio 16. KKJ2/KG24 -muunnospolku

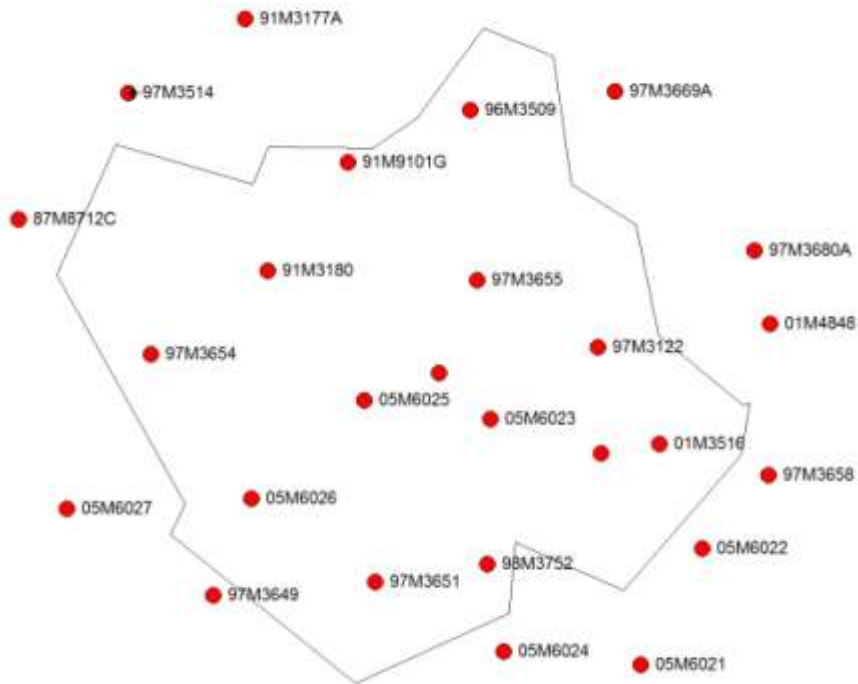
Parametrit virhetarkasteluineen laskettiin Scilab-ohjelman versiolla 5.2.2, 3DWin-ohjelman versiolla 4.41.00 sekä Excelillä. Muunnosvaihtoehtoja laskettiin sekä koko kunnan alueelle että asemakaava-alueille useilla erilaisilla pistevaihtoehdoilla. KKJ-pisteistön mahdollisen deformatumisen takia määritettiin muunnos myös erikseen keskustan ja Killinkosken asemakaava-alueille. Niin koko kunnan malleissa kuin vain asemakaava-alueet sisältävissä malleissa koko muunnosalue jäi muunnospisteistön rajoittaman alueen sisälle. Vaikka hyvää mallia haettiin myös poistamalla suurimman jäännösvirheen omaavia muunnospisteitä, kaikissa malleissa säilytettiin asemakaava-alueita lähinnä olevat pisteet mukana. Mallien hyvyttä tutkittiin myös tarkastelemalla asemakaava-alueiden lähipisteiden jäännösvirheitä. Mallit nimettiin kohdealueen ja käytetyn muunnospisteistön määrän perusteella. Kolmen muunnosvaihtoehdon pisteistöt, parametrit ja jäännösvirheet on esitetty liitteissä 3, 4 ja 5. Koko kunnan alueen kattavan 25 pisteen Helmertmuunnoksen tuloksia on esitelty alla. Liitteessä 6 on esitetty koko kunnan 25 muunnospisteiden käänteisen mallin pisteistöt, parametrit ja jäännösvirheet.

Taulukko 5. 25 pisteen Helmert-muunnoksen (KKJ2→GK24) keskivirhe ja jäännös-
virheet asemakaava alueiden lähimmillä ETRS89-pisteillä.

Keskivirhe	23 mm
Mittakaavaluku	0.9999955
Mittakaavakorjaus	-4.5 ppm

Jäännösvirheiden keskiarvot taajamien lähimmillä
ETRS89-pisteillä:

Killinkoski (pisteet 96M3509, 96M3509 ja 97M3669A)	36 mm
Keskusta (pisteet 05M6023 ja 05M6025)	11 mm



Kuvio 17. 25 pisteen Helmert-muunnosten muunnospisteet

Taulukko 6. 25 pisteen KKJ2→GK24 - ja GK24→KKJ2 - muunnoksien Helmert-parametrit (Scilab-5.2.2).

Helmert-parametrit KKJ2→GK24:	
<i>a</i>	0.99999549419882783
<i>b</i>	- 0.00000867397420734
<i>c</i>	- 131.857615113258362
<i>d</i>	21999891.9909979776
α	-0.0000086740132905017 rad
<i>k</i>	0.999995494236446

Helmert-parametrit GK24→KKJ2:	
<i>a</i>	1.00000450528520002
<i>b</i>	0.00000867401707660
<i>c</i>	322.68942902982235
<i>d</i>	- 21999991.1038257778
α	0.0000086739779976378 rad
<i>k</i>	1.00000450532282

Koko kunnan mallien keskivirhe oli 21 - 23 mm. Koko kunnan malleilla keskimääräiset jäännösvirheet olivat keskustan lähimmillä pisteillä 11-15 mm ja Killinkosken lähimmillä pisteillä 36-37 mm. Mittakaavakorjaus kaikilla malleilla oli noin +/- 4.5 ppm.

Keskivirheiden pienentäminen alle 20 mm:n edellytti sekä kunnan rajan länsipuolisten pisteiden että kahden Virtain alueella olevan ETRS89-pisteen poistoa. Toinen Virtain alueen poistettavista pisteistä oli Heinäperän piste 96M3509, jolla kaikissa vaihtoehdoissa on suuri jäännösvirhe. Piste on Killinkosken asemakaava-alueen lähin ETRS-piste. Em. koko kunnan alueelle pienen jäännösvirheen antava 20 pisteen malli pienensi Siekkiskylän (05M6023), Härköskylän (05M6025), Pusakanlahden (97M3669A) ja Kalliojärvenperän (97M3655) pisteiden keskimääräistä virhevektoria vain 2 mm. Samalla epävarmuus Killinkosken jäännösvirheiden suuruudesta kasvoi lä-

himmän pisteen poistuessa mallista. Kyseessä ei myöskään tämän jälkeen ole aidosti koko Virtain malli kunnan länsilaidan jäädessä muunnospisteistön rajaaman alueen ulkopuolelle.

Affiininen 2D-muunnos:

Affiinisen 2D-muunnoksen muunnospisteet ja muunnospolku oli Helmert-muunnoksen mukainen. Parametrit laskettiin Scilab-5.2.2 –ohjelmalla. Virhetarkastelu laskettiin sekä Scilab-5.2.2 –ohjelmalla että Excelillä. Koko kunnan 25 pisteen mallin keskivirhe oli 20 mm. Mallin keskimääräiset jäännösvirheet olivat keskustan lähimmillä pisteillä 8 mm ja Killinkosken lähimmillä pisteillä 32 mm. Parametrien laskenta ja kaikkien pisteiden jäännösvirheet on esitetty liitteessä 7.

Taulukko 7. Affiinisen 25 pisteen muunnoksen (KKJ2→GK24) keskivirhe ja jäännösvirheet asemakaava alueiden lähimmillä ETRS89-pisteillä.

Keskivirhe	20 mm
Jäännösvirheiden keskiarvot taajamien lähimmillä ETRS89-pisteillä:	
Killinkoski (pisteet 96M3509, 96M3509 ja 97M3669A)	32 mm
Keskusta (pisteet 05M6023 ja 05M6025)	8 mm

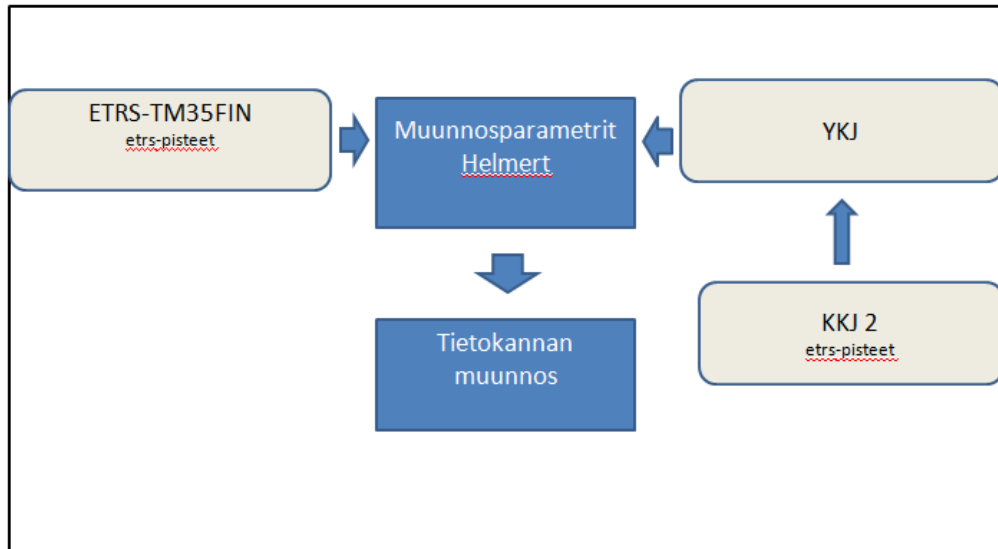
Taulukko 8. Affiinisen 25 pisteen KKJ2→GK24 -muunnoksen parametrit (Scilab-5.2.2).

Affiinisen muunnoksen parametrit:	
a_1	0.99999510923374757
a_2	0.00000918645158521
Δx	-130.473622807301581
b_1	-0.00000770720340881
b_2	0.99999599281518670
Δy	21999884.0722819604

4.2.2 YKJ/ETRS89-TM35FIN -muunnokset

Helmertin muunnos:

Koko kunnan 25-pisteen Helmert-muunnoksen muunnospisteinä olivat Virtojen kunnan ja sen lähialueen ETRS89-pisteet, joita käytettiin myös 25-pisteen KKJ2/GK24 -muunnoksessa kohdassa 4.2.1. Muunnospisteiden KKJ 2-koordinaatit muunnettiin Coordtrans-palvelussa YKJ-koordinaateiksi (Geodeettinen laitos 2010). Muunnospolku on seuraava:



Kuvio 18. YKJ / TM35FIN -muunnospolku

Parametrit virhetarkasteluineen laskettiin Scilab-ohjelman versiolla 5.2.2, 3DWin-ohjelman versiolla 4.41.00 sekä Excelillä. Koko kunnan alueen kattavan 25 pisteen Helmert-muunnoksen tuloksia on esitelty alla. Mallin keski-virheeksi saatiin 23 mm ja mittakaavakorjaukseksi +- 404 ppm. Käytetty pisteistö ja jäännösvirheet on esitetty liitteessä 8 ja 9.

Taulukko 9. 25 pisteen YKJ→TM35FIN - ja TM35FIN→YKJ -muunnoksien Helmert-parametrit (Scilab-5.2.2).

Helmert-parametrit YKJ→TM35FIN:	
<i>a</i>	0.99959617431085945
<i>b</i>	- 0.00000853898959602
<i>c</i>	- 135.255831211805344
<i>d</i>	- 2998698.13562678825
α	-0.0000085424392522303 rad
<i>k</i>	0.9995961743473310000
Helmert-parametrit TM35FIN→ YKJ:	
<i>a</i>	1.00040398877931302
<i>b</i>	0.00000854590214017
<i>c</i>	109.683895125985146
<i>d</i>	2999909.57701728866
α	0.0000085424510855758 rad
<i>k</i>	1.0004039888158100000

Affiininen muunnos kolmioittain:

Kolmioittainen affiininen muunnos on kuvattu Julkisen Hallinnon Suosituksessa 154. Kolmiot kärkipisteineen sekä muunnosparametrit YKJ/ETRS89-TM35FIN -muunnokseen ovat saatavissa Coordtrans-palvelusta (Geodeettinen laitos 2010). Kuviossa 8 kohdassa 3.6 on esitetty Virtain alueen muunnoskolmiot. Keskustan asemakaava-alue jakaantuu kolmioiden 1163 ja 314 alueelle. Killinkosken asemakaava-alue on kokonaan kolmiossa 306. Seuraavassa on esitetty esimerkkinä Killinkosken kolmion muunnosparametrit:

Taulukko 10. Killinkosken kolmion 306 affiiniset muunnosparametrit. Kolme ensimmäistä lukua ovat kolmion kärkipisteiden tunnisteet, neljäs on kolmion tunniste ja kuusi viimeistä ovat muunnosparametrit a_1 , a_2 , ΔE , b_1 , b_2 ja ΔN . (Geodeettinen laitos 2010.)

159	166	161	306
-0.0000078206870820	0.9995962348045050	-2998703.2868	
0.9995961222796750	0.0000088715405949	136.0000	

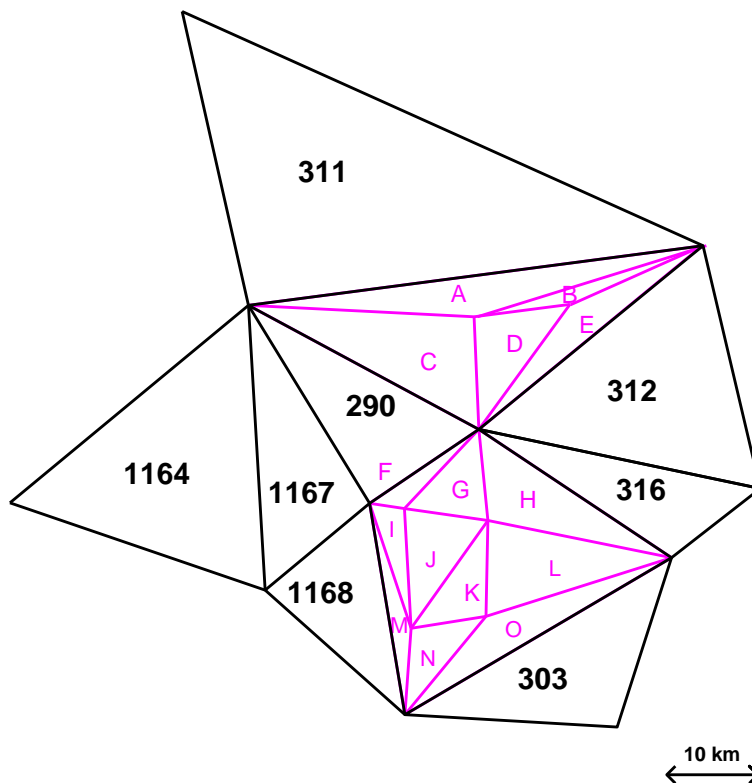
Tässä työssä kolmioittaisen affiinisen muunnoksen tulosta verrattiin kolmioiden alueelle sattuvien ETRS89-pisteiden mitattuihin koordinaatteihin. Pisteet ovat samat 25 pistettä kuin 25 pisteen Helmert-muunnoksissa. Koordinaatit laskettiin Coordtrans-palvelussa. Muunnoksen keskimääräinen jäännösvirhe Virtain alueella oli 18 mm. Jäännösvirheet pisteittäin on esitelty liitteessä 10.

Taulukko 11. JHS 154:n mukaisen kolmioittaisen affiinisen muunnoksen keskimääräinen jäännösvirhe ja jäännösvirheet asemakaava-alueiden lähimmillä ETRS89-pisteillä. Virheet on laskettu GK24-koordinaatistoon muunnetuista arvoista.

Keskimääräinen jäännösvirhe koko kunnan alueella	18 mm
Jäännösvirheiden keskiarvot taajamien lähimmillä ETRS89-pisteillä:	
Killinkoski (pisteet 96M3509, 96M3509 ja 97M3669A)	33 mm
Keskusta (pisteet 05M6023 ja 05M6025)	11 mm

Tarkastelua jatkettiin asemakaava-alueille sattuvien muunnoskolmioiden tiheyksellä. Tihennyskolmioiden alueelle muodostettiin uusi Delaunay-kolmiointi käyttäen kolmioiden kärkipisteinä ETRS89-pisteitä. Kolmioiden muodostamisessa pyrittiin ottamaan huomioon erityisesti asemakaava-alueet. Killinkosken asemakaava-alue sijoittuu kolmioon D ja keskustan asemakaava-alue kolmioihin G ja J. Uusille kolmioille laskettiin affiiniset muunnosparametrit Scilab-5.2.2-ohjelmalla. Killinkosken ja keskustan lähimmät ETRS89-pisteet ovat muunnoksen lähtöpisteitä ja muunnos antaa muuttumattomat koordinaatit näissä pisteissä. Muunnoksen tarkkuus ei voi olla parempi kuin kolmion epätarkin piste. Koska muunnoksessa ei ole yli-

määrittystä eikä mitattuja testipisteitä ollut käytettävissä, muunnoksen kontrolli testipistein jää myöhemmin selvitettäväksi. Pisteiden muunnetut arvot voidaan laskea esimerkiksi Mäkysen (2006) Muunnos 1.0-ohjelmalla. Ohjelmalla on myös mahdollista laskea muunnosparametrit. Tässä käytetyt tihennyskolmioiden kärkipisteet ja Scilab-5.2.2-ohjelmalla lasketut tihennyskolmioiden muunnosparametrit esiteltä liitteessä 11. Tihentämättömien kolmioiden muunnosparametrit ovat saatavissa Coordtrans-palvelusta (Geodeettinen laitos 2010).



Kuvio 19. Tihennyskolmiot (punainen) sekä tihentämättömät Geodeettisen laitoksen Virtain alueen YKJ/TM35FIN-muunnoskolmiot.

4.2.3 Tasomuunnosten arviointia

Tarkkuus:

Muunnoksen lähtöoletuksena on, että aiemmat paikalliset verkot ovat huolellisesti mitattuja ja laskettuja sekä täsmällisesti sidottuja KKJ-verkkoon (vääristymättömiä). Paikallisen verkon (oma kiintopisteverkko ja RTK-verkko) mahdollisten vääristymien huomioiminen vaatii GPS-mittauksia ja tulosten huomioimista muunnoksissa. Virroilla aiempien verkkojen vääristymien huomioiminen on ongelmallista, sillä runkoverkon pisteet ovat tuhoutuneet Urheilukentän pistettä lukuun ottamatta. Samoin mm. aiemman oman RTK-verkon tukiasemapiste on tuhoutunut. Muunnos on pakottavista syistä sidottu paikallisten runkopisteiden sijasta valtakunnallisiin ETRS89-pisteisiin.

ETRS89-pisteet ovat korkealaatuisia MML:n ja GL:n 1. ja 2. luokan kolmiopisteitä. ETRS89-pisteiden KKJ-koordinaatit ovat 3. luokan kolmiopisteiden mukaisia. Kartastokoordinaattijärjestelmän pisteiden keskinäinen tarkkuus on ETRS89-pisteitä heikompi, sillä kolmio-, suurmonikulmio- ja jonomittauksilla saadut KKJ-koordinaatit ovat pääsääntöisesti tarkkuudeltaan heikompia kuin GPS-mittauksilla saadut EUREF-FIN-koordinaatit. Edellisen lisäksi KKJ-verkko on alueellisesti deformatunut eli vääristynyt. Maan eri osissa pisteillä on vaihteleva tarkkuus.

Korkealaatuisten pisteiden tuoma etu ei välttämättä ole kuitenkaan aina totta, sillä jos heikompi tasoinen piste on ollut hyvin keskeinen kunnan paikkatietoaineiston kannalta, se on otettava mukaan muunnokseen. Suuri osa aineistosta on saatettu mitata ao. pisteen ja sen koordinaattien suhteen (Häkli 2010). Aiemmin pyrittiin valitsemaan usein kunnan ylimpien luokkien pisteitä ja saavuttamaan mahdollisimman pienet jäännösvirheet eli mahdollisimman hyvä "muunnoksen sisäinen tarkkuus". Toinen asia onkin sitten, kuinka tarkasti tällainen muunnos muuntaa alemman luokan koordinaatit tai paikkatietoaineiston koordinaatistosta toiseen. Aiemman runkoverkon tuhoutuminen on tässä suhteessa puute muunnoksen kannalta. Usein kuntien runkoverkot ovat aikojen myötä ja mittausmenetelmistä johtuen deformatuneet. Tämä selviää vain testaamalla eri muunnosvaihtoehtoja ja -pisteistöjä (Häkli2010).

Pisteiden muuttumattomuus on niiden mittausmenetelmän ohella tärkeää, sillä mahdolliset virheet pisteen liikkumisen vuoksi menevät muunnosmenetelmästä riippuen ainakin osittain ellei kokonaan myös muunnettaviin pisteisiin ja aineistoihin (Häkli 2010). Tässä työssä käytettyjen muunnospisteiden liikkumattomuus on varmistettu MML:n ja GL:n määrittäessä pisteille ETRS89-koordinaatit.

Olennaista on huomioida, mitä halutaan muuntaa ja millä tarkkuudella. Tässä tapauksessa pyritään muuntamaan paikkatietoaineistoa Kaavoitusmittausohjeiden (2003) rajoissa. Esimerkiksi kartoituksessa rajamerkin pistekeskivirheen rajat ovat 120 -250 mm mittausluokissa 1-3. Merkintämittauksessa vastaavat rajat ovat 40-160 mm. Kartoitettaessa johtoja, pylväitä ja liikenneväylien reunoja pistekeskivirheiden rajat ovat 50 – 200 cm mittausluokissa 1-3. (Maanmittauslaitos 2003, 56.)

Muunnettavasta aineistosta pääosa sijoittuu asemakaava-alueille, ja siksi Virtain keskustan ja Killinkosken alueen muunnostarkkuuksiin kiinnitetään erityistä huomiota. Taso- ja korkeusrunkoverkkojen tulee perustua aina mittauksiin.

Jos halutaan muuntaa kaikki paikkatietoaineisto mahdollisimman tarkasti EUREF-FIN:iin ja kunnan oma verkko on deformatunut, tarvitaan yleensä tiheämpää pisteistöä ja sellainen muunnosmenetelmä joka pystyy kuvaamaan nämä deformaatiot. Tässä suhteessa pelkkä Helmert-muunnos (yhdenmuotoisuusmuunnos) on huono, koska se ei anna esim. verkon muodon muuttua, ainoastaan siirtyä, kiertyä ja skaalautua. Affiininen muunnos on hieman vapaampi tässä suhteessa, mutta usein käytännössä sen tuoma etu Helmert-muunnokseen nähden on suhteellisen pieni, jos verkko on deformatunut.

Tässä työssä 25-pisteen mallin Helmert-muunnosten keskivirhe oli 23 mm ja affiinisien muunnosten keskivirhe 20 mm. Keskustan asemakaava-alueen lähipisteillä vastaavat luvut olivat 11 mm ja 8 mm sekä Killinkosken asemakaava-alueen lähipisteillä 36 mm ja 32 mm.

Deformaation haittaa voidaan pienentää valitsemalla paikallinen/alueellinen muunnos. Kunta voidaan pilkkoa pienempiin osiin, joille muunnos määrite-

tään erikseen. Esimerkiksi affiininen kolmioittainen muunnos on tällainen muunnos, sillä joka kolmiolla on omat muunnosparametrinsa. JHS 154:n mukaisen kolmioittaisen muunnoksen keskimääräinen jäännösvirhe Virtain alueella oli 18 mm. Virtain keskustan lähipisteiden keskimääräinen jäännösvirhe oli 11 mm ja Killinkosken lähipisteiden jäännösvirhe 33 mm. Vaikka menetelmässä ei ylimääritystä (6 tuntematonta parametria ja 6 koordinaattilukua), niin tässä tapauksessa alueen ETRS89-pisteverkko mahdollisti virhearvioinnin.

Muunnosten tarkkuus Killinkosken taajamassa on selkeästi keskustaaajamassa savutettua tarkkuutta heikompi. Erityisesti Killinkosken taajaman etäisyys tasomuunnospisteistä tuo kaikkiin edellisiin muunnoksiin epävarmuutta.

Valtakunnallisen affiinin kolmioinnin tarkkuutta voidaan parantaa paikallisella tihennyksellä. Tihennys voidaan toteuttaa vain tärkeiden kolmioiden alueella ja se ei vaikuta niiden ulkopuolella. Tihennyspisteiden tulee olla luotettavia. Tässä työssä tihennyspisteistönä käytettiin ETRS89-pisteitä. Niiden avulla muodostettiin tihennetty kolmioverkko asemakaava-alueiden kolmioihin 306, 314 ja 1163 Delaunayn kolmionnin periaatteella. Muunnos antaa Killinkosken ja keskustan lähimmille ETRS89-pisteille muuttumattomat koordinaatit. Laskettujen muunnosparametrien kontrolli edellyttää lisämittauksia, sillä kolmioinnissa ei ole ylimääritystä.

Vaihtoehtoisena tapana tarkkuuden parantamiseksi voi olla myös menettely, jossa tehdään ensin Helmert-muunnos koko kunnan alueella ja sitten tutkitaan muunnospisteille jääviä jäännösvirheitä. Näistä voidaan päätellä mahdolliset karkeat virheet ja tarvittaessa poistaa nämä pisteet muunnoksesta. Virroilla 25–pisteen mallin 2D-yhdenmuotoisuusmuunnoksessa suuren jäännösvirheen omaavaa Heinäperän pistettä 96M3509 ei poistettu mallista, sillä se on Killinkosken lähin ETRS89-piste.

Edelleen voidaan jatkaa tästä kolmioimalla nämä jäännösvirheet ja interpoloimalla tästä kolmioverkosta "lisävirhe/korjaus" muunnettavan pisteen sijaintiin. Kun muunnettava piste muunnetaan ensin Helmert-muunnoksella ja sitten lisätään tämä jäännösvirheisiin perustuva korjaus, voidaan huomioida paremmin paikalliset deformaatiot. Tämä menetelmä on käytännössä sama kuin affiininen kolmioittainen muunnos, mutta koska korjausmalli perustuu

jäännösvirheisiin, voidaan mahdollisia karkeita virheitä paremmin arvioida ja eliminoida muunnoksesta. Affiinisessa kolmioittaisessa muunnoksessa kaikki virheet koordinaateissa jäävät muunnokseen, koska muunnoksessa ei ole ylimääritystä (Häkli 2010). Jäännösvirhemalli pystyy huomioimaan myös verkkohierarkian aiheuttamat virheet eli virheen kasautumisesta johtuvat virheet (Ollikainen 2010b).

Muunnosten keskivirheitä voidaan myös verrata GPS:n tasotarkkuuteen ja paikantimien käyttämän muunnoksen tarkkuuteen siirryttäessä WGS84-koordinaateista KKJ2-koordinaatteihin. GL:n tiedotteen 27 mukaan Geotrimmin VRS-verkossa virhe oli 95% tapauksista alle 5 cm (Vermeer 2010,34). Muunnostarkkuus on JHS 154:ssä kuvatun kolmioittaisen affiinisän muunnoksen mukainen. Tämän työn perusteella virhe on Virroilla keskimäärin 2 cm. Jatkossa muunnosvirhe poistuu ETRS89-järjestelmän käyttöönoton myötä.

Tässä työssä vertailtujen muunnosten tulokset ovat hyviä huolimatta siitä, että muunnoksessa käytettyjen pisteiden KKJ- ja ETRS89-koordinaatit perustuvat ajallisesti, menetelmällisesti ja luotettavuudeltaan erilaisiin mittauksiin. Myös yksinkertaisen 25-pisteen mallin Helmert-muunnoksen tarkkuus (keskivirhe 23 mm) on esimerkiksi Turun seudun vastaaviin muunnoksiin verrattuna erinomainen (Hakala 2009). Kaikilla malleilla voidaan muuntaa Virtain KKJ-aineisto luotettavasti ETRS89-GK24-koordinaatistoon.

Toteutuskelpoisuus:

Muunnoksen tarkkuuden ohella ratkaisun toteuttamiskelpoisuus on harkittava huolella. Varsinkin suurten keskuskuntien vetämissä hankkeissa pienten kuntien paikalliset tarpeet ja tietojärjestelmien vaatimukset eivät aina ole tulleet huomioiduksi riittävästi. On tärkeää huomioida myös pelkkien pisteiden ja paikkatietoaineistojen muuntamisen erilaiset vaatimukset. Esimerkiksi Mäkynen (2006, 52) toteaa affiinisän muunnoksen käyttämisen helppouden pisteiden muunnoksessa. Paikkatietoaineistojen muuttamisessa tulee huomioida myös ominaisuustietojen ja kuvauksen säilyminen. Koko kunnan alueelle soveltuva muunnos on suositeltava valinta sekä muunnoksen suorittamisen että sekaannusten välttämisen kannalta.

Helmert-muunnos on helppo toteuttaa ja se on lähes kaikkiin paikkatieto-ohjelmiin valmiiksi sisään rakennettuna. Muunnoksessa kohteiden muoto säilyy. Monimutkaisemmat muunnokset antavat paremman tarkkuuden mutta vaativat enemmän huolellisuutta ja ovat hankalampia toteuttaa paikkatieto-ohjelmistoissa. Affiininen muunnos muuttaa kohteiden muotoa ja esimerkiksi tekstien sijainti muuttuu.

Kolmioittainen muunnos tuottaa kolmioiden kärkipisteessä täsmälleen muunnospisteiden mukaiset koordinaatit ja viivat ovat jatkuvia siirryttäessä kolmiosta toiseen. Alueiden pinta-alat ja viivojen pituudet muuttuvat. Muunnoksen toteuttaminen sovellutuksissa vaatii usein hilaratkaisun käyttöä.

Toteuttamisvaihtoehtojen arviointiin liittyy rajamerkkien muuntaminen. Vuodesta 2001 lähtien rajamerkit on paikallistettu Virroilla GPS-paikannuksena KKJ2-koordinaatistoa käyttäen. Ne on syötetty myös KTJ-järjestelmään samassa koordinaatistossa. Koordinaatteihin sisältyy paikannusvirheen lisäksi valtakunnallisten affiinisten kolmioiden muunnosvirhe.

Raja-aineisto on mahdollista muuntaa Virtain omilla paikallisilla muunnospa-rametreilla GK24-koordinaatistoon. Virtain tapauksessa muunnostarkkuus näyttää hyvältä. Koordinaatit eivät tule kuitenkaan olemaan samat kuin KTJ:n muunnoksella saadut. Toisena mahdollisuutena on palauttaa rajamerkkien koordinaatit KTJ:stä GK24-koordinaatistossa. Kuntajärjestelmän tietojen siirtovälineen laajennus, laajojen alueiden päivitys kerralla, on käytettävissä viimeistään vuoden 2011 alkupuolella (Ollikainen 2010d). Kolmantena mahdollisuutena on noutaa raja-aineisto MML:n palvelimelta omaan sovellutukseen rajapintapalvelun kautta. KTJ:ssä kartastokoordinaattijärjestelmässä oleva tietokanta muunnetaan valtakunnallisilla affiinisilla kolmioilla TM35-koordinaatistoon ja edelleen GK24-koordinaatistoon. JHS 154:n mukainen affiininen muunnos kolmioittain on käytössä mm. MML:n sovellutuksissa muunnettaessa tietokantoja ETRS89-järjestelmään, GL:n muunnospalvelussa sekä paikantimissa.

Tietokantojen konvertointi uuteen koordinaatistoon kertaluonteisena tapahtumana erillisessä järjestelmässä tai konsulttityönä ei ole välttämättä suositeltava ratkaisu. Käyttäjä kohtaa epäilemättä tarpeen muuntaa aineistoa koordi-

naattijärjestelmien välillä sekä viedä ja tuoda aineistoa eri koordinaattijärjestelmissä. Myös kuvauksen säilyminen puoltaa järjestelmän sisään rakennettua muunnosmahdollisuutta.

Vaikka kustannusten kannalta ei ole kysymys välttämättä suuresta menoerästä, ratkaisujen kustannuserot keskinäisesti verrattuna voivat olla merkittäviä.

4.2.4 Käytettävissä olevat ratkaisuvaihtoehdot

Ratkaisuvaihtoehdot muun aineiston kuin rajamerkkien osalta:

1. ArcGIS:iin rakennettava 2D-yhdenmuotoisuusmuunnos -työkalu ESRI Finland Oy:n toimesta

Virtain kunnan paikkatietoratkaisuna on ESRI:n ArcGIS Server – järjestelmä. Selainpohjaista SDE-tietokantaan perustuvaa järjestelmää kehitetään yhdessä muiden Ylä-Pirkanmaan kuntien kanssa. ArcGIS-ratkaisussa käytetään Helmertin 7-parametrin 3D-muunnosta. Koska muunnos voidaan toteuttaa kahden kolmiulotteisen suorakulmaisen koordinaatiston välillä, se ei tule kysymykseen Virtain tapauksessa.

ESRI Finland Oy on kiinnostunut kehittämään työkalun kaksiulotteista yhdenmuotoisuusmuunnosta varten. Työkalu mahdollistaa Helmertmuunnoksen paikallisilla muunnospisteillä väleillä $KKJ \leftrightarrow GK_n$ ja $YKJ \leftrightarrow TM35$. Samalla ohjelmistoon rakennetaan mahdollisuus koordinaattikonversioon ETRS89-TM35FIN - ja ETRS89-GK_n -tasokoordinaatistojen välille sekä mahdollisuus aineistojen vientiin ja tuontiin eri koordinaatistoissa. Ominaisuustietojen ja kuvauksen säilymisen suhteen tällöin ei tule ongelmia. Tämä vaihtoehto on suositeltava ratkaisu Virtain tasomuunnoksen toteuttamiseksi.

2. Dimenteg Oy:n koordinaatistomuunnin

Valmiista ratkaisuista on käytettävissä JHS 154:n mukaista affiinista kolmiointia käyttävä Dimenteg Oy:n koordinaatistomuunnin. Muuntimella voidaan muuntaa vektorimuotoisia kartta-aineistoja ja xy-koordinaattipareja KKJ :n yhtenäiskoordinaatistosta (YKJ) ETRS89-TM35FIN -koordinaatistoon ja toisin päin. Sovelluksen laskentaosio (ns. black box) on käytettävissä erillisenä paikkatietoteknologiaympäristöstä riippumattomana ohjelmistopalikkana tavallisissa tietokantatauluissa olevien koordinaattiparien muuntamiseen. Li-

säksi koordinaatistomuunninta voidaan kutsua muissa sovelluksissa siten, että kun käyttäjä antaa esimerkiksi lomakkeella YKJ-koordinaattiparin, joka tallennetaan YKJ-koordinaattisarakeisiin, ohjelma laskee ETRS89-TM35FIN -koordinaatit, jotka sovellus tallentaa niille varattuihin sarakkeisiin. Ohjelma laskee muunnoksen myös toiseen suuntaan (ETRS89-TM35FIN->YKJ). Koordinaatistomuunnin käyttää alueellista affiinista (2D) JHS 154 -suosituksen mukaista muunnosmenetelmää. (Dimenteq Oy 2010.)

Sovelluksesta on toteutettu myös ESRI:n ArcGIS-käyttöliittymässä (ArcToolbox) toimiva työkalu. Sovellus muuntaa ArcSDE-, Personal Geodatabase - ja File Geodatabase -aineistoja joko koko Dataset kerrallaan tai yksittäisinä Feature Classeina. Sovellus huolehtii siitä, että yksittäisten kohteiden topologia säilyy muunnoksessa entisellään. Muunnin voidaan integroida myös muihin paikkatietoteknologioihin ja -ratkaisuihin tai hyödyntää esim. Excel-ohjelmassa. (Dimenteq Oy 2010.)

Muunninta ei ole toistaiseksi pystytty käyttämään SDE-tietokantojen muuntamiseen edellisestä huolimatta, vaan tietokannat on väliaikaisesti muutettava Geodatabase-aineistoiksi koordinaatistomuuntimen käyttöä varten. Muuntimen käyttäjiä ovat mm. Puolustusvoimat, Ympäristöhallinto ja metsänhoitoyhdistysten ohjelmistoihin keskittynyt Silvadata Oy. Dimenteq Oy on myynyt muunninta hintaan 3 900 e (+alv). Hinta sisältää vapaan käyttöoikeuden organisaation (esim. kunta) sisällä ja asennuksen sekä käyttöönottopastuksen. (Virtanen 2010.) Siirtymisessä ETRS89-TM35FIN - ja ETRS89-GKn -tasokoordinaatistojen välillä on kyse koordinaattikonversiosta kartta-projektiolta toiseen, mikä voidaan toteuttaa valmistajan toimesta. Konversio voidaan suorittaa lähes virheettömästi.

Asemakaava-alueiden tihennyskolmioiden hyödyntäminen edellyttää muuntimen räätälöintiä Dimenteq Oy:n toimesta.

3. Tietokantojen muunto muulla kuin ArcGis-ohjelmalla

Tietokannat on mahdollista muuntaa konsulttityönä tai omana työnä muilla sovellutuksilla. Virtain kaupungin omana työnä muunto on mahdollista 3DWinin versiolla 5.5 kolmioittaisella affiinisella muunnoksella YKJ-

koordinaatistosta TM35-koordinaatistoon. Sovellutuksessa on myös mahdollista käyttää hilaa muunnoksen tekemiseen. Ratkaisu on ongelmallinen sekä ominaisuustietojen ja kuvauksen säilymisen että aineiston sujuvan käytön suhteen. Koordinaattikonversioon ETRS89-TM35FIN - ja ETRS89-GKn - tasokoordinaatistojen välillä tulee ratkaista tällöin erikseen. Konsulttityönä tietokantojen muunnoksia tekee mm. Tekla Oyj.

Rajamerkkien ratkaisuvaihtoehdot :

1. ArcGIS:iin rakennettava 2D-yhdenmuotoisuusmuunnos -työkalu ESRI Finland Oy:n toimesta

Muunnos antaa riittävän tarkkuuden koordinaateille. Muunnoksen antamat rajamerkkien sijainnit tulee päivittää KTJ:n tietokantaan, jonka jälkeen molemmissa järjestelmissä on rajamerkeille samat koordinaattilukemat. Suositeltava vaihtoehto.

2. Rajamerkkien koordinaattien palautus KTJ:stä GK24-koordinaatistossa kunnan tietokantaan.

Tällöin kunnan tietojärjestelmässä ja KTJ:ssä on samat koordinaattilukemat rajamerkeille. Käyttökelpoinen vaihtoehto. Valinnan tämän ja edellisen vaihtoehdon välillä ratkaisee toteutuksen helppous. Vaihtoehtoja voi toteutuksen kannalta lopullisesti verrata vasta MML:n palautustyövälineen valmistuttua.

3. MML:n rajapintapalvelun käyttö. Vaihtoehdon käyttökelpoisuus on tutkittava.

4. Dimenteg Oy:n koordinaatistomuunnin

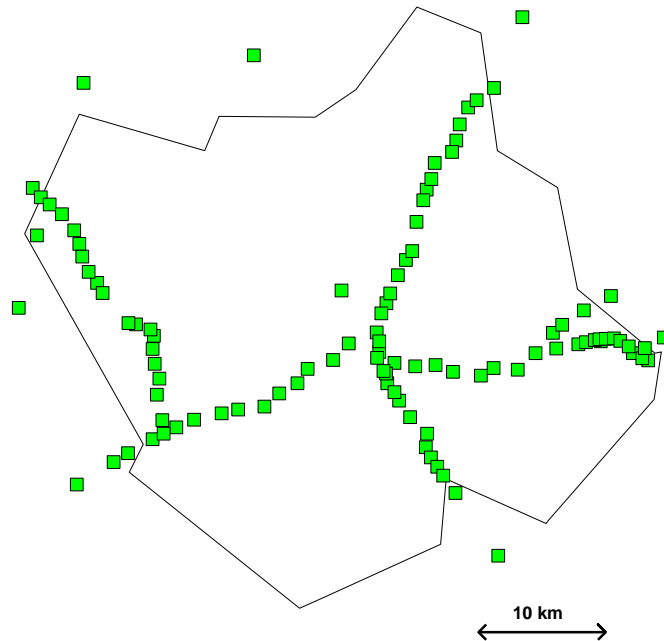
Muunnosmenetelmä on sama kuin KTJ:ssä tehtävässä muunnoksessa. Periaatteessa samat koordinaattilukemat molemmissa järjestelmissä.

5. Tietokantojen muunto muulla kuin ArcGis-ohjelmalla

4.3 Korkeusmuunnokset

4.3.1 Pienimmän neliösumman mallit

Pienimmän neliösumman mallin muunnospisteinä olivat Virtojen kunnan ja sen lähialueen N2000-pisteet. Maanmittauslaitoksen Ammatillaisen kartta-paikalta hankittu pistedata on kuvattu liitteessä 2. Koko kunnan mallien pa-rametrit laskettiin SPSS-ohjelman versiolla 18.



Kuvio 20. Koko kunnan korkeusmuunnosmalleissa käytetyt 100 muunnospistettä

Koko kunnan alueelle laskettiin erilaisia vaihtoehtoja alkaen vakiokorjauksesta päätyen moniasteisiin polynomifunktioihin. Vakiokorjauksen keskivirhe koko kunnan alueella oli 10,7 mm. Kaltevan tason muunnosmallin keskivirhe oli 3,0 mm. Kaltevan tason muunnosmallin antama siirtokorjauskaava on esitetty alla. Kaltevan tason muunnosmallin SPSS-laskennan tulokset ja jäännösvirheet on esitetty liitteessä 12.

$$Z_{korj} = -0.951518651361396 + 4.2533397306799 \cdot 10^{-7} \cdot N - 6.55506846006416 \cdot 10^{-7} \cdot E$$

Z_{korj} on N60-korkeuteen lisättävä arvo N2000-korkeuteen pääsemiseksi

N on pisteen KKJ-koordinaatiston mukainen pohjoiskoordinaatti

E on pisteen KKJ-koordinaatiston mukainen itäkoordinaatti

Pienimmän keskivirheen 2,3 mm antoi toisen asteen polynomi. Toisen asteen polynomin muunnosmallin antama siirtokorjauskaava on esitetty alla. Toisen asteen polynomin muunnosmallin SPSS-laskennan tulokset ja jäännösvirheet on esitetty liitteessä 13.

$$Z_{korj} = -1019.30082905329 + 0.000256438683172518*N + 0.000107004137093586*E - 1.61314363060643*10^{-11}*N^2 - 1.32992937864254*10^{-11}*E*N - 3.17770833432999*10^{-12}*E^2$$

Z_{korj} on N60-korkeuteen lisättävä arvo N2000-korkeuteen pääsemiseksi

N on pisteen KKJ-koordinaatiston mukainen pohjoiskoordinaatti

E on pisteen KKJ-koordinaatiston mukainen itäkoordinaatti

Virtain keskustan asemakaava-alueelle laskettiin myös vakiokorjaus 35,3 cm käyttäen N2000-pisteitä 2001, 2002,2003, 41167, 50122 ja 50123. Killinkosken asemakaava-alueen vastaava korjaus pisteitä 41173, 41174 ja MP92519 käyttäen on 35,4 cm.

4.3.2.N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien väliset muunnoskolmiot

N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien väliset muunnoskolmiot parametreineen on kuvattu ja ne on saatavissa Coordtrans-palvelusta (Geodeettinen laitos 2010). Virtain alueen muunnoskolmiot on esitetty kuviossa 15 kohdassa 3.6.

Tässä työssä muunnoskolmioilla saatua tulosta verrattiin kolmioiden alueelle sattuvien N2000-pisteiden mitattuihin korkeuseroihin. Kyseessä on samat 100 pistettä kuin pienimmän neliösumman malleissa. Korkeuserot laskettiin Coordtrans-palvelussa. Muunnoksen keskivirhe Virtain alueella oli 3,9 mm. Jäännösvirheet muunnospisteittäin on esitetty liitteessä 14.

Taulukko 12. N60/N2000 -muunnosvaihtoehtojen keskivirheet koko kunnan alueella sekä keskustan ja Killinkosken asemakaava-alueiden lähipisteillä.

	Vakiokorjaus		Muunnos- kolmiot	Kaltevan tason malli	Toisen asteen polynomi
	Korja- us cm	Keskivir- he mm		Keskivirhe mm	
Koko kunta	35,6	10,7	3,9	3,0	2,3
	Korja- us cm		Keskimääräinen jäännösvirhe, mm		
Virtain kes- kusta	35,3	0,7	0,8	0,7	0,9
Killinkoski	35,4	1,6	4,8	2,6	1,6

4.3.3 Korkeusmuunnosten arviointia

Tarkkuus:

Virtain runkoverkon korkeuskiintopisteet ovat tuhoutuneet ja muunnos on pakottavista syistä sidottu paikallisten runkopisteiden sijasta valtakunnallisiin N2000-pisteisiin. Muunnoksessa käytetyistä N2000-pisteistä 92 on 1. ja 2. luokan vaaituspisteitä molempien korkeusarvojen osalta. Kahdeksan pistettä on vähintään toisen korkeusarvon osalta luokitettu 3. luokan vaaituspisteiksi. Luokittelemattomat pisteet poistettiin aineistosta. Tasomuunnoksen arvoinnissa läpikäytyt muunnospisteistön vaatimukset esimerkiksi pisteiden muuttumattomuuden osalta pätevät myös korkeusmuunnospisteisiin. Korkeuspisteiden muuttumattomuus on varmistettu MML:n ja GL:n mitatessa pisteille N2000-korkeudet. Muunnospisteistön alueellinen jakaantuminen tyydyttävä.

Kaavoitusmittausohje määrittää tasorunkopisteiden ja vaaituksen sulkuvirheen tarkkuusvaatimuksen, mutta ottaa muuten kantaa vain korkeuskäyrällä olevan pisteen tai numeerisesta korkeusmallista interpoloidun pisteen korkeuskeskivirheeseen (Maanmittauslaitos 2003, 10,49 ja 55). Kaavoitusmittausohjeiden mukaan korkeuskäyrällä olevan pisteen tai numeerisesta korkeusmallista interpoloidun pisteen korkeuskeskivirhe saa olla enintään 0.3 m

+ 1.0 m * tan v mittausluokassa 1, 0.5 m + 2.0 m * tan v mittausluokassa 2 ja 1.0 m + 5.0 m * tan v mittausluokassa 3. Kaavassa v on maaston kaltevuus. Erittäin vaikeassa rikkonaisessa maastossa keskivirhe saa olla kaksinkertainen. (Maanmittauslaitos 2003, 55.)

Muunnettavasta aineistosta pääosa sijoittuu asemakaava-alueille, ja siksi Virtain keskustan ja Killinkosken alueen muunnostarkkuuksiin kiinnitetään erityistä huomiota. Taso- ja korkeusrunkoverkkojen tulee perustua aina mittauksiin. Korkeusjärjestelmäryhmän raportissa (3.12.2004) kuitenkin todetaan, että jopa alemman luokan vaatuspisteiden (3-luokan korkeuskiintopisteet) laskeminen N2000 -järjestelmään voidaan tehdä pääosin muuntamalla (Saarikoski 2007, 87).

Virroilla toisen asteen polynomien keskivirhe oli 2,3 mm, kaltevan tason mallin keskivirhe 3,0 mm ja muunnoskolmioiden keskivirhe 3.9 mm. Keskustan asemakaava-alueen lähipisteillä keskimääräiset jäännösvirheet olivat toisen asteen polynomilla 0,9 mm, kaltevan tason mallilla 0,7 mm ja muunnoskolmioilla 0,8 mm. Killinkosken asemakaava-alueen lähipisteillä vastaavat luvut olivat 1,6 mm, 2,6 mm ja 4,8 mm.

Maanmittauslaitoksen alustavien testien perusteella kolmiomuunnoksen keskivirhe on luokkaa 3-4 mm (Saarikoski, 2007,87). Ollikaisen (2010c) mukaan N60-N2000 -kolmiomuunnoksella rms oli 3,8 mm 1. lk:n pisteillä (4663 kpl, rms<10 mm 98%) . Rms 2.lk:n pisteillä oli 4,6 mm (11155 kpl,rms< 10 mm 94.4%). Virtain alueen N2000-pisteiden perusteella saatu tulos on samaa suuruusluokkaa.

Kaikissa virhetarkasteluissa on mukana kaikki 100 pistettä, joissa on 13 Virtojen kunnan rajan lähellä olevia naapurikuntiin sijoittuvia pisteitä. Toisen asteen polynomien suurin jäännösvirhe 6,2 mm oli Virtain pisteellä 552312. Jäännösvirhe oli yli 5 mm kahdella pisteellä. Kaltevan tason mallilla kaksi poikkeuksellisen suurta jäännösvirhettä (9,8 ja 8,0 mm) sijoituivat Ähtärin puolella oleville pisteille. Jäännösvirhe oli yli 5 mm 12 pisteellä. Muunnoskolmioita käyttäen suurin jäännösvirhe 12,1 mm oli Virtain pisteellä 552312 ja 34 pisteellä jäännösvirhe oli yli 5 mm. Muunnosmalleilla saavutettavaa tarkkuutta arvioitaessa kannattaa huomioida yleisesti käytössä olevan digi-

taalisen aineiston epävarmuus(+/-30-50 cm). Esimerkiksi Maanmittauslaitoksen uuden kahden metrin ruutukoon korkeusmallin korkeustarkkuuden tavoite on 0,3 m (Saarikoski 2007,93).

N60/N2000-muunnosten keskivirheitä voidaan myös verrata GPS-paikannuksen ellipsoidiseen korkeustarkkuuteen ja paikantimien käyttämän geoidimallin muunnostarkkuuteen siirryttäessä ellipsoidisista korkeuksista N60- tai N2000-korkeuksiin. Käyttämällä staattista relatiivista GPS-mittausta voidaan pitkillä havaintojaksoilla ja avoimilla paikoilla saavuttaa jopa alle senttimetrin korkeustarkkuus. Sekä reaaliaikainen kinemaattinen mittaus RTK (Real-Time Kinematic) että pysyvien GPS-tukiasemien verkon avulla toimiva virtuaalitukiasemamenetelmä (VRS™) antavat korkeuksia, joiden tarkkuusvirhe jää yleensä alle viiden senttimetrin. Havaintopaikan GPS:llä mitattu ellipsoidikorkeus voidaan sitten interpoloidulla geoidikorkeudella muuntaa N60- tai N2000-korkeudeksi. (Bilger-Koivula 2008,13.) Muunnostarkkuudet ovat N60-korkeuteen 3 cm ja N2000-korkeuteen 2 cm. Vastaavat suurimmat muunnosvirheet ovat 6 cm ja 9 cm. (Bilger-Koivula – Ollikainen 2009,v.) Geodeettisen laitoksen tiedotteessa 29 on esitetty molempien geoidimallien jäännösvirheet. Käytännössä geoidimallit on integroitu GPS-laitteisiin ja -ohjelmiin. Riippuen asetuksista käyttäjät voivat saada suoraan laitteista tai ohjelmasta tasolle projisoituja koordinaatteja sekä N60- tai N2000-korkeuksia. Mitatun korkeuden tarkkuuteen vaikuttaa GPS:n korkeusmäärittelyn tarkkuus ja geoidimallin tarkkuus.

Muunnettaessa korkeusdataa N60- ja N2000-järjestelmien välillä kolmioittainen muunnos on tarkempi kuin kahden geoidimallin käyttö peräkkäin. Geoidimalleja tuleekin käyttää vain mentäessä ortometrisista korkeuksista tai normaalikorkeuksista ellipsoidisiin korkeuksiin tai toisin päin (Geodeettinen laitos 2010).

Tässä työssä vertailtujen korkeusmuunnosten tulokset ovat hyviä koko kunnan alueen vakiokorjausta lukuun ottamatta. Tarkkuudet riittävät digitaalisen aineiston muunnostarpeisiin Virtain alueella.

Toteutuskelpoisuus:

Muunnos käyttäen vakiokorjausta, kaltevaa tasoa tai toisen asteen polynomia on helppo toteuttaa omassa sovelluksessa. Käytettäessä muunnoskolmioita pisteiden muunnos voidaan suorittaa Coordtrans-palvelussa. Palvelusta ladattava aineisto (kolmiot sekä niiden kärkipisteiden koordinaatit ja korkeudet) ei ole otettavissa suoraan käyttöön omassa sovelluksessa. Koko kunnan alueelle soveltuva muunnos on suositeltava valinta sekä muunnoksen suorittamisen että sekaannusten välttämisen kannalta.

Toteuttamisvaihtoehtojen arviointiin liittyy myös kaavakarttojen korkeuskäyräaineiston muuntaminen tai uuden järjestelmän mukaisen korkeustiedon hankinta muulla tavoin. Virtojen nykyinen N60-järjestelmän mukainen käyräaineisto on tuotettu ilmakuvaamenetelmällä. Ilmakuvatulkintaan perustuvilla menetelmillä tuotetun korkeusmallin tarkkuus on aina heikompi kuin keilainmenetelmään perustuvalla korkeusmallilla. Käyräaineisto on mahdollista muuntaa Virtain omilla paikallisilla muunnosparametreilla N2000-järjestelmään. Uuden käyrästä on ensiarvoisen tärkeää N60-käyrästä korkealaatuisuus. Havainnollisuuden takia on tärkeää, että käyrien korkeus on tasametrejä lähtötasosta. Tämä vaatimus aiheuttaa aina lisää epätarkkuutta muunnettuun käyrästä. Eräs vaihtoehto käyrien muuntamisesta on esitelty liitteessä 15.

Vanhentuneen kaavakartan osalta on usein on järkevää lähteä uusintakartoitukseen laserkeilaus- ja ilmakuvaamenetelmän yhdistelmällä. Yksityisten palveluntarjoajien lisäksi Maanmittauslaitoksella on käynnissä laserkeilaukseen perustuvan korkeusmallin tuotantoprosessi. Uuden korkeusmallin korkeustarkkuuden tavoite on 0,3 m. Prosessin lopputuotteena syntyy ruudukkomuotoinen korkeusmalli, jossa ruutukoko on 2 metriä. N2000 korkeusmallista tullaan johtamaan uusi korkeuskäyräesitys automaattisesti. (Saarikoski 2007, 92-93.) Myös Virtojen tapauksessa MML on kiinnostunut yhteistyöstä. MML on ajoittanut korkeusmallin tuottamisen vuosille 2011-2012. Yksityisillä palveluntarjoajilla keilauskartoituksen kustannustaso on 100 000 €:n luokkaa.

4.3.4 Käytettävissä olevat ratkaisuvaihtoehdot

Ratkaisuvaihtoehdot muun aineiston kuin korkeuskäyrästäön osalta:

1. Toisen asteen polynomimalli.

Muunnos on toteutettavissa Virtain ArcGis-sovellutuksessa ilman merkittäviä lisäkustannuksia. Tämä vaihtoehto on suositeltava ratkaisu Virtain korkeusmuunnoksen toteuttamiseksi.

2. Kaltevan tason malli.

Muunnos on toteutettavissa Virtain ArcGis-sovellutuksessa ilman merkittäviä lisäkustannuksia. Hyvä vaihtoehto.

3. N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välisten muunnoskolmioiden käyttö omassa sovellutuksessa.

Vaikka muunnoskolmiot parametreineen on ladattavissa Coordtrans- muunnospalvelusta, niiden käyttöönotto omassa sovellutuksessa vaatii ohjelmointivalmiuksia tai yhteistyötä esimerkiksi ESRI Finlandin kanssa.

4. Muunnoksen suorittaminen muunnoskolmioita käyttäen muussa sovellutuksessa.

Esimerkiksi 3DWin-ohjelmistoon ollaan rakentamassa muunnoskolmioihin perustuvaa mahdollisuutta N60/N2000-muunnokseen (3D-system 2010).

5. Muunnoksen suorittaminen Coordtrans-muunnospalvelussa.

Korkeuskäyrästäön ratkaisuvaihtoehdot:

1. Uuden N2000-järjestelmän mukaisen korkeusmallin hankkiminen keilaustekniikalla yhteistyössä MML:n kanssa.

Menettely tuottaa korkealaatuisen N2000-maastomallin, joka vastaa tulevaisuuden suunnittelutarpeita. Yhteistyö MML:n kanssa alentaa mallin tuottamisen toteutuskustannuksia merkittävästi. Suositeltava ratkaisu.

2. Vanhan N60-käyrästäön muunto toisen asteen polynomilla tai kaltevan tason mallilla.

Ilmakuvaperusteisen korkeuskäyrästäön vaatimaton tarkkuus, muunnosvirheet ja interpolointimenetelmän virheet rasittavat tätä vaihtoehtoa. Vaikka muunnos on toteutettavissa kunnan omana työnä, ratkaisu ei vastaa todennäköisesti suunnittelutarpeita katsottaessa pitkälti tulevaisuuteen.

3. N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välisten muunnoskolmioiden käyttö omassa sovelluksessa tai muunnoksen suorittaminen muunnoskolmioita käyttäen muussa sovelluksessa.

5 TASOMUUNNOKSEN TESTAUS

Muunnoksen teoreettinen virhetarkastelu saattaa antaa liian hyvän kuvan muunnoksen todellisesta tarkkuudesta, sillä muunnoksen tunnusluvut perustuvat ainoastaan muunnoksessa mukana olleisiin pisteisiin. Muunnoksen tulos on hyvä tarkistaa myös maastomittauksin ja vasta sitten päätellä muunnoksen onnistuminen. Tarkistusmittausten tarpeellisuutta perustellaan myös Kaavoitusmittausohjeissa (Maanmittauslaitos 2003, 34).

Tässä työssä verrattiin suppeasti maastossa mitattuja ja 25-pisteen Helmert-mallilla muunnettuja koordinaatteja. Esimerkiksi KKJ-verkon mahdollisesta vääristymästä johtuvia pinta-alamuutoksia ei selvitetty.

Testattaviksi pisteiksi tuli Virtain keskustan - Killinkosken taajaman alueen lähimpiä muuttumattomia KKJ-kolmiopisteitä 3 kpl, ETRS89-pisteitä 3 kpl sekä Virtain urheilukentän peruskiintopiste 8502. Suurimman eron mittausten välillä antaneen Pajusen pisteen (92M0007) betonialustaa oli naarmutettu työkoneilla, mutta pisteen liikkumista ei voitu silmämääräisesti havaita. Pisteiden KKJ-koordinaatit muunnettiin 25-pisteen 2D-yhdenmuotoisuusmuunnoksella ETRS89-GK24 – koordinaateiksi. Samat pisteet mitattiin VRS-verkossa RTK -laitteistolla. Kaikki pisteet olivat mittauksen kannalta hyviä. VRS-verkon antama EUREF-FIN- paikkaratkaisu on riippumaton Virtain muunnospisteistöstä ja sen avulla on mahdollista tarkistaa muunnoksen onnistuminen. VRS-RTK:n tarkkuusrajat (ks. kohta 4.2.3.) tulee kuitenkin huomioida. Kolmen pisteen osalta tuloksia voitiin verrata myös MML:n ETRS89- tuloksiin.

Ulkopuolisella antennilla varustettu Topcon GRS-1 RTK GNSS kaksitaajuusvastaanotin säädettiin antamaan suoraan GK24-koordinaatteja. Antenni keskitettiin pisteelle asettamalla kartoitussauvan pää pisteen osoittaman putken keskelle ja tasaamalla sauva rasiatasaimen sekä statiivin avulla suoraan. Mittaustuloksia arvioitaessa tulee huomioida mahdolliset antennin keskittämisestä johtuvat virheet. Jokaiselta pisteeltä mitattiin 3 x 20 pisteen sarja ja lopullinen pisteen sijainti laskettiin pisteparven visuaalisen tarkastelun jälkeen havaintojen keskiarvona. Mittauksissa kartoitusyksikön ilmoittama tasotarkkuus vaihteli 10-30 mm:n välillä.

Muunnettujen ja GPS-mitattujen sijaintien ero oli keskimäärin 18 mm ja vaihteluväli oli 5-40 mm.

Mittausten perusteella 25-pisteen Helmert-muunnoksen laskennallinen tarkkuus (23 mm) on realistinen. Muunnettu aineisto yhtyy GPS.net™ VRS-verkossa mitattuihin pisteisiin mittaustarkkuuden rajoissa.

6 TARKASTELUA

Työn tavoitteena oli selvittää Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot ETRS89- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi ja päätyä suositeltavaan ratkaisumalliin muunnoksen suorittamiseksi. Haastateltaessa siirtymisprosessissa olleiden kuntien maanmittausalan ammattilaisia korostui kunnan oman aktiivisen otteen merkitys. Tämä näkyi erityisesti tarpeena varmistaa muunnosratkaisun toteutuskelpoisuus. Tarkkuudeltaan hyvä muunnos saattaa olla vaikea ja kallis liittää toimivaksi osaksi kunnan tietojärjestelmää.

Työssä kartoitettiin Virtain kunnan lähtötilanteen sallimat muunnosvaihtoehdot. Vaihtoehtojen tarkkuus varmistettiin ylimääritysten tai jo mitattujen ETRS/N2000-pisteiden avulla. Myös suppeiden maastomittausten avulla pyrittiin varmistamaan sekä GPS-mittauksen oikeellisuus että suositeltavan tasomuunnoksen toimivuus. Muunnoskolmioiden tihennys –vaihtoehdon kontrolli jätettiin myöhemmin suoritettavaksi. Ratkaisuun vaikutti sekä muilla vaihtoehtoilla saavutettu riittävä tarkkuus että varmistamisen vaatima työpanos. Lähtötilanne on useissa maaseutukunnissa Virtain kaltainen. Tässä työssä esitetyt ratkaisuvaihtoehdot ovat käytettävissä myös näissä kunnissa.

Sekä taso- että korkeusmuunnoksen toteuttamiseksi oli useita ratkaisuja. Suositeltavan ratkaisumallin valintaan vaikutti muunnostarkkuuden ohella ratkaisun soveltuvuus kunnan oman tietojärjestelmän osaksi. Muu kuin ARCGIS-tietojärjestelmä olisi saattanut vaihtaa suositeltavaa ratkaisua. Mikäli ARCGIS-järjestelmään rakennettava työkalu osoittautuu toimivaksi, se on otettavissa käyttöön myös muissa samaa tietojärjestelmää käyttävissä kunnissa.

Työssä käytetty toimintatapa tuotti tässä vaiheessa toimivalta näyttävän ratkaisumallin paikkatietoaineistojen muuntoon. Samalla tulee muistaa, että muunnoksella ei saa koskaan korvata mittaamalla tapahtuvaa paikkatiedon tuotantoa, kun vaaditaan parasta mahdollista tarkkuutta. Esimerkiksi paikallisen kiintopisteverkon mittaaminen ja tihentäminen ovat tällaisia suurta tarkkuutta vaativia tehtäviä.

Uusiin järjestelmiin siirtymisen helpottamiseksi tulee huomioida seuraavat seikat:

- 1.Kuntien maanmittausalan ammattilaisten on oltava mukana siirtymähankkeessa aktiivisesti vaikka kyseessä olisikin keskuskunnan tai konsultin vetämä hanke.
- 2.Tarvitaan pikaisesti ohjeisto kunnille siirtymisen toteuttamisesta.
- 3.Kunnan tietojärjestelmän mahdollisuudet muunnoksen toteuttamiseen on varmistettava varhaisessa vaiheessa. Järjestelmätoimittajilla on halua ja mahdollisuuksia muunnostyökalujen toteuttamiseen, mutta se edellyttää kunnan aktiivista otetta.

Kuntien tehokas palvelutuotanto edellyttää siirtymistä yhteisiin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiin yhteistyökumppaneiden kanssa. Siirtyminen on mahdollista toteuttaa myös pinta-aloiltaan suurissa maaseutukunnissa sujuvasti ja kohtuullisin kustannuksin.

LÄHTEET

Bilger-Koivula, M. – Ollikainen, M. 2009. Suomen geoidimallit ja niiden käyttäminen korkeuden muunnoksissa. Tiedote 29. Geodeettinen laitos.

Bilger-Koivula, M.2008. Miten GPS-korkeudet eroavat vaaituista? Positio 2 / 2008,11-13.

Dimenteq Oy 2010. Koordinaatistomuunnin. Osoitteessa <http://www.dimenteq.fi/ratkaisut/koordinaatistomuunnin/>

Geodeettinen laitos 2010. FGI Coordinate Transformation Service. Osoitteessa <http://coordtrans.fgi.fi> .

Hakala,J.2010. Turun seudun GPS projekti. Destia Oy:n powerpoint osoitteessa <http://www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/maastotietopalvelu/ikaalinen09/hakala.pdf>. 12.1.2009.

Honkanen,P.2010. Lahden kaupungin taso- ja korkeusjärjestelmien vaihtaminen EUREF-FIN ja N2000-järjestelmiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto; Maanmittausosasto.

Häkli,P.2010. Geodeettisen laitoksen koordinaattijärjestelmien asiantuntijan sähköpostivastaus 22.6.2010

Häkli,P. – Puupponen,J. – Koivula,H. – Poutanen,M. 2009. Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Tiedote 30. Geodeettinen laitos.

Julkisen hallinnon suositus 154. ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs154>. 14.10.2008.

Julkisen hallinnon suositus 153. ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs153>. 27.6.2008.

Julkisen hallinnon suositus 163. Suomen korkeusjärjestelmä N2000. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs163> . 10.6.2010.

Laurila,P. 1992. Satunnaisvirheiden kasautuminen ja tasoituslaskenta. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere.

Maanmittauslaitos 2010a. Kiinteistötietojärjestelmä – Rekisterikirjanpito. Osoitteessa <http://www.ktj.fi/ktj/rekisterinpito/>. 28.6.2010.

Maanmittauslaitos 2010b. Koordinaattijärjestelmät. Osoitteessa <http://etrs.nls.fi/node/2>.

Maanmittauslaitos 2010c. Ammattilaisen karttapaikka. Osoitteessa <https://www.karttapaikka.fi/karttapaikka/> .

Maanmittauslaitos 2003. Kaavoitusmittausohjeet .. Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/Default.asp?id=0&docid=1719>. 31.1.2003.

Mäkynen,J.2006. Kolmioittaisen affiinisen muunnoksen paikallinen tihennys: case Lappeenrannan runkoverkko. Diplomityö. Tekninen korkeakoulu; Maanmittausosasto.

Ollikainen,M.2010a. Maanmittauslaitoksen koordinaattijärjestelmien johtavan asiantuntijan sähköpostivastaus 26.5.2010.

Ollikainen,M.2010b. ETRS-koordinaattijärjestelmän käyttöönotto MML:ssa. Esitelmä kuntien paikkatietoseminaarissa. Osoitteessa <http://www.kunnat.net/binary.asp?path=1;29;145;30546;38442;58174;159286;159375;159386&field=FileAttachment&version=1>. 12.2.2010.

Ollikainen,M.2010c. Kiintopistemittaukset MML:ssä. Osoitteessa <http://www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/maastotietopalvelu/ikaalinen08/ollikainen.pdf>.

Ollikainen,M.2010d. Maanmittauslaitoksen koordinaattijärjestelmien johtavan asiantuntijan haastattelu 31.8.2010.

Piirainen,T.2009. Keravan kaupungin runkopisteverkon saneeraus. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu; Maanmittaustekniikan koulutusohjelma.

Saarikoski,A.2007. N2000 – korkeusjärjestelmän käyttöönotto Maanmittauslaitoksessa. Maanmittaustieteiden päivät 2007. Osoitteessa http://mts.fgi.fi/paivat/2007/Antti_Saarikoski.pdf

Vermeer,M.2010.Maa-6.280 GIS ja geodeettiset mittaukset. Osoitteessa <http://users.tkk.fi/~mvermeer/>

Virtanen, T. 2010. Dimenteg Oy:n sähköpostivastaus 31.5.2010.

3D-system 2010. Sähköpostivastaus 7.5.2010.

LIITTEET

Liite 1. VIRTOJEN JA SEN LÄHIALUEEN ETRS89-PISTEET	64
Liite 2. VIRTAIN JA SEN LÄHIALUEEN N2000-PISTEET	66
Liite 3. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN KKJ2→GK24 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab- 5.2.2 ja 3Dwin)	70
Liite 4. KOKO KUNNAN 18 PISTEEN KKJ2→GK24 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (3Dwin)	76
Liite 5. KESKUSTAN JA KILLINKOSKEN 8 PISTEEN KKJ2→GK24 HELMERT- MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (3Dwin)	78
Liite 6. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN GK24→KKJ2 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab- 5.2.2 ja 3Dwin)	80
Liite 7. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN KKJ2→GK24 AFFIINISEN MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab-5.2.2).....	86
Liite 8. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN YKJ→TM35 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab- 5.2.2 ja 3Dwin)	91
Liite 9. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN TM35→YKJ HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab- 5.2.2 ja 3Dwin)	97
Liite 10. AFFIINISEN KOLMIOITTAISEN MUUNNOKSEN (JHS 154) JÄÄNNÖSVIRHEET	103
Liite 11. AFFIINISET TIHENNYSKOLMIOT KÄRKIPISTEINEEN JA MUUNNOSPARAMETRIT (Scilab-5.2.2.).....	104
Liite 12. KALTEVAN TASON SIIRTOKORJAUSMALLIN N60→N2000 PARAMETRIT (PASW Statistic 18) JA JÄÄNNÖSVIRHEET	107
Liite 13. TOISEN ASTEEN SIIRTOKORJAUSMALLIN N60→N2000 PARAMETRIT (PASW Statistic 18) JA JÄÄNNÖSVIRHEET	110
Liite 14. N60- JA N2000-KORKEUSJÄRJESTELMIEN VÄLISTEN MUUNNOSKOLMIOIDEN JÄÄNNÖSVIRHEET	115
Liite 15. KAAVAN POHJAKARTAN KÄYRÄSTÖN MUUNTO VAKIOKORJAUKSELLA (Vertical Mapper 3.0)	117

Liite 1. VIRTOJEN JA SEN LÄHIALUEEN ETRS89-PISTEET

Liite 1

Avain:	Kiintopisteen numero	Kiintopisteen nimi	Kunta	KKJ-pisteen mitannut organisaatio	KKJ-tasotarkkuusluokka	N (KKJ)	E (KKJ)	KKJ-viitenumero	ETRS89-pisteen mitannut organisaatio	ETRS89-tasotarkkuusluokka	N (ETRS-TM35FIN)	E (ETRS-TM35FIN)	ETRS89-viitenumero
1	01M3516	Korkea-aho	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6902194.411	2503931.141	2220.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6902731.677	347818.187	EF2P41
2	05M6023	Siekkiskylä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6904030.585	2491641.181	2221.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6905134.857	335627.637	EF2N31
3	05M6025	Härköskylä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6905377.166	2482453.328	2221.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6906905.497	326512.534	EF2N31
4	05M6026	Kantoperä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6898243.261	2474276.043	2221.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6900158.115	318013.817	EF2N31
5	91M3180	Vainio	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6914783.635	2475456.843	2214.2	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6916625.835	319959.711	EF2N31
6	91M9101G	Kukkolampi	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6922599.143	2481262.021	2214.2	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6924163.503	326120.956	EF2P31
7	96M3509	Heinäperä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6926437.365	2490128.873	2217.2	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6927586.021	335155.777	EF2P31
8	97M3122	Kangasniemenkylä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6909236.941	2499444.382	2218.3	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6909973.646	343662.955	EF2P41
9	97M3651	Vaskivesi	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6892191.490	2483228.310	2218.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6893698.606	326676.158	EF2N31
10	97M3654	Niemi - jaskari	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6908698.379	2466935.227	2218.5	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6910942.073	311165.147	EF2N31
11	97M3655	Kalliojärvenperä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6914065.292	2490678.639	2218.3	Maanmittauslaitos Geodeettinen laitos	1. luokan kolmiopiste	6915202.642	335131.185	GLt24_kp
12	97M3660B	Niemikylä	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6901498.089	2499678.853	2218.3	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6902233.080	343538.683	EF2N31
13	98M3752	Nuutila	Virrat	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6893499.726	2491419.552	2219.3	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6894626.332	334918.717	EF2N31
14	01M4848	Alkulantie	Keuruu	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6910906.379	2511926.146	2220.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6911062.755	356207.053	EF2P41
15	05M6021	Pajuskylä	Ruovesi	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6886151.291	2502557.901	2221.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6886771.185	345704.171	EF2N31
16	05M6022	Pohjaslahti	Mönttö-Vilppula	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6894604.187	2507026.807	2221.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6895007.258	350558.784	EF2N31
17	05M6024	Pourunperä	Ruovesi	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6887157.802	2492559.716	2221.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6888238.909	335764.164	EF2N31

18	97M3658	Ylö-kolkki	Mönttö-Vilppula	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6899955.625	2511835.830	2218.3	Geodeettinen laitos	1. luokan kolmiopiste	6900129.610	355609.669	GLt24_kp
19	97M3669A	Pusaanlahti	-htöri	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6927774.929	2500706.225	2218.2	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6928431.170	345782.895	EF2P41
20	97M3680A	Salmenkylö	Keuruu	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6916206.198	2510819.541	2218.3	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6916407.346	355347.437	EF2P41
21	05M6027	Rasinkylö	Kihniö	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6897467.309	2460853.090	2221.5	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6900004.515	304569.023	EF2N31
22	91M3177A	Haapala	Alavus	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6933050.060	2473823.390	2214.2	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6934948.132	319175.589	EF2P31
23	97M3514	Juupakylö	Seinäjoki	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6927688.248	2465309.623	2218.5	Geodeettinen laitos	1. luokan kolmiopiste	6929987.326	310422.046	GLt24_kp
24	97M3649	Isomustajörvi	Yläjärvi	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6891211.018	2471447.174	2218.4	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6893264.359	314862.462	EF2N31
25	87M8712C	Peurainneva	Seinäjoki	Maanmittauslaitos	3. luokan kolmiopiste	6918482.346	2457350.111	2211.3	Maanmittauslaitos	2. luokan kolmiopiste	6921160.275	302043.663	EF2N31

Liite 2. VIRTAIN JA SEN LÄHIALUEEN N2000-PISTEET

Liite 2

Kiintopisteen numero	Kunta	N (KKJ)	E (KKJ)	N60-pisteen mitannut organisaatio	N60-korkeus	N60-korkeustarkkuusluokka	N60-viitenumero	N2000-pisteen mitannut organisaatio	N2000-korkeus	N2000-korkeustarkkuusluokka
2001	Virrat	6902628	2488785	Maanmittauslaitos	123.634	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	123.9860	2. luokan vaaituspiste
2002	Virrat	6903427	2488681	Maanmittauslaitos	122.473	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	122.8251	2. luokan vaaituspiste
2003	Virrat	6903625	2488471	Maanmittauslaitos	121.289	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	121.6421	2. luokan vaaituspiste
2764	Virrat	6898641	2491909	Maanmittauslaitos	117.245	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	117.5935	2. luokan vaaituspiste
41167	Virrat	6905127	2488146	Maanmittauslaitos	109.299	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	109.6529	2. luokan vaaituspiste
41168	Virrat	6906664	2487949	Maanmittauslaitos	103.279	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	103.6337	2. luokan vaaituspiste
41169	Virrat	6908973	2488699	Maanmittauslaitos	128.239	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	128.5949	2. luokan vaaituspiste
41170	Virrat	6911167	2489613	Maanmittauslaitos	143.385	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	143.743	2. luokan vaaituspiste
41171	Virrat	6912376	2490230	Maanmittauslaitos	151.627	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	151.986	2. luokan vaaituspiste
41172	Virrat	6917955	2491888	Maanmittauslaitos	109.294	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	109.6561	2. luokan vaaituspiste
41173	Virrat	6921846	2494218	Maanmittauslaitos	125.742	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	126.0966	2. luokan vaaituspiste
41174	Virrat	6923101	2494508	Maanmittauslaitos	137.892	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	138.2443	2. luokan vaaituspiste
41175	Virrat	6924438	2495187	Maanmittauslaitos	136.038	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	136.3882	2. luokan vaaituspiste
50109	Virrat	6904275	2510872	Geodeettinen laitos	155.483	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	155.81971	1. luokan vaaituspiste
50110	Virrat	6904433	2509426	Geodeettinen laitos	152.919	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	153.25818	1. luokan vaaituspiste
50111	Virrat	6905020	2508213	Geodeettinen laitos	149.416	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	149.75649	1. luokan vaaituspiste
50112	Virrat	6905968	2505649	Geodeettinen laitos	135.908	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	136.24994	1. luokan vaaituspiste
50113	Virrat	6905738	2503886	Geodeettinen laitos	120.939	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	121.28689	1. luokan vaaituspiste
50115	Virrat	6905027	2500502	Geodeettinen laitos	102.581	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	102.93262	1. luokan vaaituspiste
50116	Virrat	6903704	2499092	Geodeettinen laitos	112.067	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	112.41267	1. luokan vaaituspiste

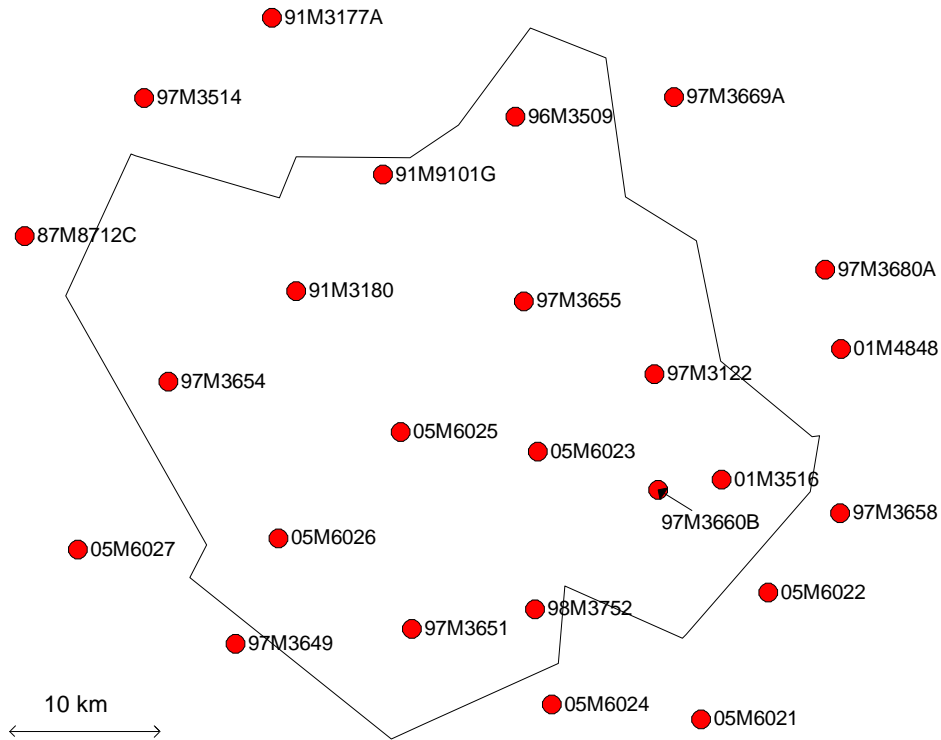
50117	Virrat	6903861	2497168	Geodeettinen laitos	107.664	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	108.01146	1. luokan vaaituspiste
50118	Virrat	6903237	2496160	Geodeettinen laitos	119.159	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	119.50596	1. luokan vaaituspiste
50119	Virrat	6903560	2493977	Geodeettinen laitos	134.767	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	135.11768	1. luokan vaaituspiste
50120	Virrat	6904084	2492577	Geodeettinen laitos	130.682	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	131.03235	1. luokan vaaituspiste
50121	Virrat	6903991	2490991	Geodeettinen laitos	131.781	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	132.13028	1. luokan vaaituspiste
50122	Virrat	6904248	2489334	Geodeettinen laitos	123.93	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	124.28384	1. luokan vaaituspiste
50123	Virrat	6904666	2487958	Geodeettinen laitos	115.358	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	115.71146	1. luokan vaaituspiste
50124	Virrat	6905785	2485737	Geodeettinen laitos	114.179	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	114.53627	1. luokan vaaituspiste
50125	Virrat	6904471	2484489	Geodeettinen laitos	122.681	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	123.03884	1. luokan vaaituspiste
50126	Virrat	6903795	2482480	Geodeettinen laitos	135.376	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	135.73202	1. luokan vaaituspiste
50127	Virrat	6902653	2481666	Geodeettinen laitos	143.215	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	143.56919	1. luokan vaaituspiste
50128	Virrat	6901850	2480242	Geodeettinen laitos	139.396	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	139.75157	1. luokan vaaituspiste
50129	Virrat	6900802	2479066	Geodeettinen laitos	152.398	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	152.757	1. luokan vaaituspiste
50130	Virrat	6900547	2476992	Geodeettinen laitos	142.118	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	142.47954	1. luokan vaaituspiste
50131	Virrat	6900248	2475660	Geodeettinen laitos	146.44	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	146.80243	1. luokan vaaituspiste
50132	Virrat	6899761	2473500	Geodeettinen laitos	159.182	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	159.54541	1. luokan vaaituspiste
50133	Virrat	6899140	2472071	Geodeettinen laitos	169.021	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	169.38193	1. luokan vaaituspiste
50134	Virrat	6898210	2470212	Geodeettinen laitos	174.77	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	175.13055	1. luokan vaaituspiste
61145	Virrat	6916787	2462054	Maanmittauslaitos	136.429	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	136.8083	2. luokan vaaituspiste
61146	Virrat	6914737	2464016	Maanmittauslaitos	131.974	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	132.3511	2. luokan vaaituspiste
61147	Virrat	6913646	2464418	Maanmittauslaitos	133.585	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	133.9609	2. luokan vaaituspiste
61148	Virrat	6912667	2464650	Maanmittauslaitos	134.113	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	134.4891	2. luokan vaaituspiste
61149	Virrat	6910565	2465818	Maanmittauslaitos	138.029	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	138.403	2. luokan vaaituspiste
61150	Virrat	6909779	2466253	Maanmittauslaitos	137.201	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	137.5739	2. luokan vaaituspiste
61151	Virrat	6907297	2468905	Maanmittauslaitos	150.87	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	151.24	2. luokan vaaituspiste
61152	Virrat	6906383	2470305	Maanmittauslaitos	179.422	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	179.7905	2. luokan vaaituspiste
61153	Virrat	6905365	2470215	Maanmittauslaitos	177.169	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	177.5363	2. luokan vaaituspiste

61154	Virrat	6904176	2470383	Maanmittauslaitos	177.583	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	177.9489	2. luokan vaaituspiste
61155	Virrat	6903025	2470755	Maanmittauslaitos	172.144	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	172.5091	2. luokan vaaituspiste
61156	Virrat	6899723	2470997	Maanmittauslaitos	169.011	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	169.3732	2. luokan vaaituspiste
61157	Virrat	6898669	2471089	Maanmittauslaitos	169.872	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	170.2332	2. luokan vaaituspiste
512753	Virrat	6906904	2470043	Maanmittauslaitos	179.148	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	179.517	2. luokan vaaituspiste
512754	Virrat	6907405	2468304	Maanmittauslaitos	143.041	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	143.4118	2. luokan vaaituspiste
512756	Virrat	6911459	2465141	Maanmittauslaitos	132.687	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	133.0613	2. luokan vaaituspiste
512758	Virrat	6916018	2463054	Maanmittauslaitos	131.142	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	131.5205	2. luokan vaaituspiste
552311	Virrat	6920059	2492536	Maanmittauslaitos	122.828	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	123.1879	2. luokan vaaituspiste
552312	Virrat	6918773	2492272	Maanmittauslaitos	103.165	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	103.5283	2. luokan vaaituspiste
552313	Virrat	6917107	2491604	Maanmittauslaitos	103.301	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	103.6628	2. luokan vaaituspiste
552314	Virrat	6915416	2491087	Maanmittauslaitos	104.783	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	105.1437	2. luokan vaaituspiste
552315	Virrat	6913106	2490751	Maanmittauslaitos	140.704	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	141.0636	2. luokan vaaituspiste
552317	Virrat	6909747	2488997	Maanmittauslaitos	135.601	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	135.958	2. luokan vaaituspiste
552318	Virrat	6908163	2488299	Maanmittauslaitos	109.453	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	109.8081	2. luokan vaaituspiste
552319	Virrat	6905952	2488151	Maanmittauslaitos	100.437	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	100.7909	2. luokan vaaituspiste
553349	Virrat	6906635	2501856	Maanmittauslaitos	103.336	1. luokan vaaituspiste	HTV1.	Maanmittauslaitos	103.6859	2. luokan vaaituspiste
681701	Virrat	6899970	2490574	Maanmittauslaitos	146.048	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	146.3982	2. luokan vaaituspiste
681702	Virrat	6901256	2489714	Maanmittauslaitos	157.255	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	157.6066	2. luokan vaaituspiste
712241	Virrat	6901944	2489356	Maanmittauslaitos	139.399	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	139.751	2. luokan vaaituspiste
712242	Virrat	6897566	2491828	Maanmittauslaitos	125.64	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	125.988	2. luokan vaaituspiste
781108	Virrat	6901738	2470548	Maanmittauslaitos	172.19	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	172.5539	2. luokan vaaituspiste
781306	Virrat	6907249	2502615	Maanmittauslaitos	125.772	1. luokan vaaituspiste	HTV1.	Maanmittauslaitos	126.1211	2. luokan vaaituspiste
782301	Virrat	6905904	2504472	Maanmittauslaitos	124.22	1. luokan vaaituspiste	7823	Geodeettinen laitos	124.56725	1. luokan vaaituspiste
782302	Virrat	6906042	2505181	Maanmittauslaitos	131.81	1. luokan vaaituspiste	7823	Maanmittauslaitos	132.158	3. luokan vaaituspiste
782303	Virrat	6906127	2505570	Maanmittauslaitos	138.993	1. luokan vaaituspiste	7823	Maanmittauslaitos	139.3384	3. luokan vaaituspiste

782304	Virrat	6906143	2506061	Maanmittauslaitos	137.395	1. luokan vaaituspiste	7823	Maanmittauslaitos	137.7408	3. luokan vaaituspiste
782308	Virrat	6904624	2508931	Maanmittauslaitos	153.725	1. luokan vaaituspiste	7823	Geodeettinen laitos	154.06535	1. luokan vaaituspiste
97M0114	Virrat	6905376	2502128	Geodeettinen laitos	104.68	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	105.03076	1. luokan vaaituspiste
MP92519	Virrat	6920919	2493900	Maanmittauslaitos	127.077	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	127.4332	2. luokan vaaituspiste
41167	Virrat	6905127	2488146	Maanmittauslaitos	109.299	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	109.6529	2. luokan vaaituspiste
50135	Kihniö	6897103	2468277	Geodeettinen laitos	182.179	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	182.53738	1. luokan vaaituspiste
50138	Kihniö	6894617	2464215	Geodeettinen laitos	151.068	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	151.42591	1. luokan vaaituspiste
61143	Seinäjäki	6918098	2460738	Maanmittauslaitos	132.513	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	132.8942	2. luokan vaaituspiste
61144	Seinäjäki	6917359	2461382	Maanmittauslaitos	134.691	2. luokan vaaituspiste	5127.5	Maanmittauslaitos	135.0716	2. luokan vaaituspiste
542225	Seinäjäki	6914338	2461056	Maanmittauslaitos	132.608	2. luokan vaaituspiste	5422	Maanmittauslaitos	132.9815	2. luokan vaaituspiste
542227	Kihniö	6908592	2459638	Maanmittauslaitos	137.542	2. luokan vaaituspiste	5422	Maanmittauslaitos	137.9115	2. luokan vaaituspiste
552304	Ähtäri	6931600	2499463	Maanmittauslaitos	147.44	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	147.7878	2. luokan vaaituspiste
552308	Ähtäri	6925009	2495844	Maanmittauslaitos	141.392	2. luokan vaaituspiste	5523	Maanmittauslaitos	141.7411	2. luokan vaaituspiste
712243	Ruovesi	6896761	2492219	Maanmittauslaitos	134.526	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	134.8737	2. luokan vaaituspiste
712244	Ruovesi	6896028	2492736	Maanmittauslaitos	152.48	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	152.8274	2. luokan vaaituspiste
712245	Ruovesi	6895342	2493208	Maanmittauslaitos	141.834	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	142.1812	2. luokan vaaituspiste
712246	Ruovesi	6893960	2494175	Maanmittauslaitos	107.36	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	107.7053	2. luokan vaaituspiste
712249	Ruovesi	6889015	2497549	Maanmittauslaitos	113.995	1. luokan vaaituspiste	7122.4	Maanmittauslaitos	114.3372	2. luokan vaaituspiste
771402	Keuruu	6908393	2504331	Maanmittauslaitos	127.324	1. luokan vaaituspiste	HTV1.	Maanmittauslaitos	127.6718	2. luokan vaaituspiste
771404	Keuruu	6909550	2506449	Maanmittauslaitos	141.059	1. luokan vaaituspiste	HTV1.	Maanmittauslaitos	141.4057	2. luokan vaaituspiste
782305	Keuruu	6906192	2506707	Maanmittauslaitos	148.718	1. luokan vaaituspiste	7823	Maanmittauslaitos	149.06	3. luokan vaaituspiste
782306	Keuruu	6905976	2507187	Maanmittauslaitos	156.899	1. luokan vaaituspiste	7823	Maanmittauslaitos	157.24	3. luokan vaaituspiste
782307	Keuruu	6905557	2507855	Maanmittauslaitos	159.554	1. luokan vaaituspiste	7823	Maanmittauslaitos	159.8941	3. luokan vaaituspiste
983201	Keuruu	6905410	2509141	Maanmittauslaitos	166.132	3. luokan vaaituspiste	9832	Maanmittauslaitos	166.4712	3. luokan vaaituspiste
983202	Keuruu	6906269	2510666	Maanmittauslaitos	185.947	3. luokan vaaituspiste	9832	Maanmittauslaitos	186.2847	3. luokan vaaituspiste
91M2211	Alavus	6928580	2478221	Maanmittauslaitos	121.551	2. luokan vaaituspiste	5422	Maanmittauslaitos	121.9192	2. luokan vaaituspiste
97M0136	Kihniö	6896395	2467130	Geodeettinen laitos	173.556	1. luokan vaaituspiste	GL24.	Geodeettinen laitos	173.91388	1. luokan vaaituspiste

Liite 3

Liite 3. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN KKJ2→GK24 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab-5.2.2 ja 3Dwin)



Virtain 25 pisteen mallin muunnospisteet

Kiintopisteen numero	N (KKJ)=V	E (KKJ)=U	N (GK24)	E (GK24)
01M3516	6902194.411	2503931.141	6902053.185	24503751.992
05M6023	6904030.585	2491641.181	6903889.242	24491462.059
05M6025	6905377.166	2482453.328	6905235.730	24482274.225
05M6026	6898243.261	2474276.043	6898101.773	24474097.034
91M3180	6914783.635	2475456.843	6914642.083	24475277.709
91M9101G	6922599.143	2481262.021	6922457.612	24481082.802
96M3509	6926437.365	2490128.873	6926295.923	24489949.512
97M3122	6909236.941	2499444.382	6909095.616	24499265.192
97M3651	6892191.490	2483228.310	6892050.120	24483049.315
97M3654	6908698.379	2466935.227	6908556.739	24466756.167
97M3655	6914065.292	2490678.639	6913923.891	24490499.455
97M3660B	6901498.089	2499678.853	6901356.828	24499499.715
98M3752	6893499.726	2491419.552	6893358.440	24491240.518
01M4848	6910906.379	2511926.146	6910765.170	24511746.884
05M6021	6886151.291	2502557.901	6886010.142	24502378.881
05M6022	6894604.187	2507026.807	6894463.030	24506847.703
05M6024	6887157.802	2492559.716	6887016.548	24492380.724
97M3658	6899955.625	2511835.830	6899814.474	24511656.665
97M3669A	6927774.929	2500706.225	6927633.543	24500526.885
97M3680A	6916206.198	2510819.541	6916064.939	24510640.247
05M6027	6897467.309	2460853.090	6897325.729	24460674.089
91M3177A	6933050.060	2473823.390	6932908.419	24473644.126
97M3514	6927688.248	2465309.623	6927546.557	24465130.443
97M3649	6891211.018	2471447.174	6891069.537	24471268.227
87M8712C	6918482.346	2457350.111	6918340.581	24457171.055

Scilab-5.2.2 :

 scilab-5.2.2

 Consortium Scilab (DIGITEO)
 Copyright (c) 1989-2010 (INRIA)
 Copyright (c) 1989-2007 (ENPC)

 Startup execution:
 loading initial environment

 Start Make Matrix
 Load macros
 Load help

```

-->A=[6902194.411 -2503931.141 1 0
-->2503931.141 6902194.411 0 1
-->6904030.585 -2491641.181 1 0
-->2491641.181 6904030.585 0 1
-->6905377.166 -2482453.328 1 0
-->2482453.328 6905377.166 0 1
-->6898243.261 -2474276.043 1 0
-->2474276.043 6898243.261 0 1
-->6914783.635 -2475456.843 1 0
-->2475456.843 6914783.635 0 1
-->6922599.143 -2481262.021 1 0
-->2481262.021 6922599.143 0 1
-->6926437.365 -2490128.873 1 0
-->2490128.873 6926437.365 0 1
-->6909236.941 -2499444.382 1 0
-->2499444.382 6909236.941 0 1
-->6892191.49 -2483228.31 1 0
-->2483228.31 6892191.49 0 1
-->6908698.379 -2466935.227 1 0
-->2466935.227 6908698.379 0 1
-->6914065.292 -2490678.639 1 0
-->2490678.639 6914065.292 0 1
-->6901498.089 -2499678.853 1 0
-->2499678.853 6901498.089 0 1
-->6893499.726 -2491419.552 1 0
-->2491419.552 6893499.726 0 1
-->6910906.379 -2511926.146 1 0
-->2511926.146 6910906.379 0 1
-->6886151.291 -2502557.901 1 0
-->2502557.901 6886151.291 0 1
-->6894604.187 -2507026.807 1 0
-->2507026.807 6894604.187 0 1
-->6887157.802 -2492559.716 1 0
-->2492559.716 6887157.802 0 1
-->6899955.625 -2511835.83 1 0
-->2511835.83 6899955.625 0 1
-->6927774.929 -2500706.225 1 0
-->2500706.225 6927774.929 0 1
-->6916206.198 -2510819.541 1 0
-->2510819.541 6916206.198 0 1
-->6897467.309 -2460853.09 1 0
-->2460853.09 6897467.309 0 1
-->6933050.06 -2473823.39 1 0
-->2473823.39 6933050.06 0 1
-->6927688.248 -2465309.623 1 0
-->2465309.623 6927688.248 0 1
-->6891211.018 -2471447.174 1 0
-->2471447.174 6891211.018 0 1
-->6918482.346 -2457350.111 1 0
-->2457350.111 6918482.346 0 1]
A =

      6902194.41100000031  - 2503931.140999999983  1.  0.
      2503931.140999999983  6902194.41100000031  0.  1.
      6904030.584999999996  - 2491641.180999999987  1.  0.
      2491641.180999999987  6904030.584999999996  0.  1.
      6905377.16600000002  - 2482453.328000000021  1.  0.
      2482453.328000000021  6905377.16600000002  0.  1.
      6898243.260999999994  - 2474276.043000000006  1.  0.
      2474276.043000000006  6898243.260999999994  0.  1.
      6914783.634999999978  - 2475456.842999999988  1.  0.
      2475456.842999999988  6914783.634999999978  0.  1.

```

6922599.14300000016	-	2481262.02100000018	1.	0.
2481262.02100000018		6922599.14300000016	0.	1.
6926437.36500000022	-	2490128.87300000014	1.	0.
2490128.87300000014		6926437.36500000022	0.	1.
6909236.94099999964	-	2499444.38200000022	1.	0.
2499444.38200000022		6909236.94099999964	0.	1.
6892191.49000000022	-	2483228.31000000006	1.	0.
2483228.31000000006		6892191.49000000022	0.	1.
6908698.37899999972	-	2466935.22699999996	1.	0.
2466935.22699999996		6908698.37899999972	0.	1.
6914065.29200000037	-	2490678.63899999997	1.	0.
2490678.63899999997		6914065.29200000037	0.	1.
6901498.08899999969	-	2499678.85300000012	1.	0.
2499678.85300000012		6901498.08899999969	0.	1.
6893499.72599999979	-	2491419.55200000014	1.	0.
2491419.55200000014		6893499.72599999979	0.	1.
6910906.37899999972	-	2511926.14600000018	1.	0.
2511926.14600000018		6910906.37899999972	0.	1.
6886151.29100000002	-	2502557.90100000007	1.	0.
2502557.90100000007		6886151.29100000002	0.	1.
6894604.18699999992	-	2507026.80700000003	1.	0.
2507026.80700000003		6894604.18699999992	0.	1.
6887157.80200000014	-	2492559.71600000001	1.	0.
2492559.71600000001		6887157.80200000014	0.	1.
6899955.625	-	2511835.83000000007	1.	0.
2511835.83000000007		6899955.625	0.	1.
6927774.92899999954	-	2500706.22500000009	1.	0.
2500706.22500000009		6927774.92899999954	0.	1.
6916206.19799999986	-	2510819.54100000002	1.	0.
2510819.54100000002		6916206.19799999986	0.	1.
6897467.30900000036	-	2460853.08999999985	1.	0.
2460853.08999999985		6897467.30900000036	0.	1.
6933050.05999999959	-	2473823.39000000013	1.	0.
2473823.39000000013		6933050.05999999959	0.	1.
6927688.24799999967	-	2465309.62300000014	1.	0.
2465309.62300000014		6927688.24799999967	0.	1.
6891211.01800000016	-	2471447.17400000012	1.	0.
2471447.17400000012		6891211.01800000016	0.	1.
6918482.34599999999	-	2457350.11100000003	1.	0.
2457350.11100000003		6918482.34599999999	0.	1.

```

-->B=[6902053.1851
-->24503751.9921
-->6903889.2417
-->24491462.0588
-->6905235.7298
-->24482274.2245
-->6898101.7729
-->24474097.0336
-->6914642.0833
-->24475277.7088
-->6922457.6121
-->24481082.8016
-->6926295.923
-->24489949.5118
-->6909095.6158
-->24499265.1921
-->6892050.12
-->24483049.315
-->6908556.7387
-->24466756.1667
-->6913923.8908
-->24490499.4545
-->6901356.828
-->24499499.7148
-->6893358.4399
-->24491240.5184
-->6910765.1696
-->24511746.884
-->6886010.1417
-->24502378.8807
-->6894463.03
-->24506847.7026
-->6887016.5483
-->24492380.7237
-->6899814.4744
-->24511656.6648
-->6927633.5425
-->24500526.8846

```

```

-->6916064.9385
-->24510640.2474
-->6897325.7289
-->24460674.089
-->6932908.4186
-->24473644.1258
-->6927546.5573
-->24465130.4428
-->6891069.5368
-->24471268.2269
-->6918340.5813
-->24457171.0547
-->]
B =

```

```

6902053.18510000035
24503751.9921000004
6903889.24170000013
24491462.0588000007
6905235.72979999986
24482274.2245000005
6898101.77290000021
24474097.0335999988
6914642.08330000006
24475277.7087999992
6922457.61209999956
24481082.8016000018
6926295.92300000042
24489949.5117999986
6909095.6157999998
24499265.1920999996
6892050.12000000011
24483049.3150000013
6908556.73869999964
24466756.1667000018
6913923.89080000017
24490499.4545000009
6901356.82799999975
24499499.7148000002
6893358.43989999965
24491240.5183999985
6910765.16959999967
24511746.8839999996
6886010.14169999957
24502378.8806999996
6894463.03000000026
24506847.7025999986
6887016.54829999991
24492380.7237000018
6899814.47439999972
24511656.6647999994
6927633.54250000045
24500526.8845999986
6916064.93850000016
24510640.2474000007
6897325.72890000045
24460674.0890000015
6932908.41860000044
24473644.1257999986
6927546.55730000045
24465130.4428000003
6891069.53679999989
24471268.2269000001
6918340.58129999973
24457171.0546999983

```

```

-->inv(A'*A)*A'*B
Warning :
matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

```

```

ans =
0.99999549419882783
- 0.00000867397420734
- 131.857615113258362
21999891.9909979776

```

```

-->v=A*(inv(A'*A)*A'*B)-B
Warning :

```

matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

v =

```

- 0.01259664632380009
- 0.01177418977022171
- 0.01007287763059139
  0.00097500160336494
- 0.00293550360947847
  0.01199343055486679
  0.01017889380455017
  0.01661796122789383
  0.00949348602443933
- 0.00737326592206955
  0.00383232627063990
- 0.01612176001071930
- 0.02545109391212463
  0.05243333056569099
  0.01605308149009943
- 0.01164446771144867
- 0.00300129596143961
  0.01437373086810112
  0.05159616284072399
  0.00990679115056992
- 0.00573633704334497
- 0.01942876353859901
- 0.01124339550733566
  0.00272565707564354
- 0.02174532506614923
  0.00471802055835724
  0.00099742412567139
- 0.01026547700166702
- 0.02882098592817783
  0.00497096776962280
- 0.02044488023966551
- 0.00438523292541504
- 0.01568012312054634
  0.01329034939408302
- 0.00924405362457037
- 0.01167197152972221
  0.00476978532969952
- 0.02762810885906219
  0.01761883031576872
- 0.01964982599020004
- 0.01075516827404499
  0.07542970404028893
  0.00272007659077644
- 0.02845574915409088
  0.00233114045113325
- 0.02758619189262390
  0.01042724680155516
  0.02806177735328674
  0.04877050407230854
- 0.03577045351266861

```

-->m= ((v'*v)/(2*25-4))^(1/2)

m =

0.02313735362278588

3Dwin:

Helmert parametrit		OK
A	0.999995493088	Peruuta
B	-0.000008675066	
Mittakaava	0.999995493126	
Kiertokulma	-0.000552274343	Ohje
X vanha	6907340.435	
Y vanha	2487869.998	Vaihda
X uusi	6907199.034	
Y uusi	24487690.865	
dZ	0.000	

3D-system Oy 10.06.2010

Helmert-tasointus

Alkuperäinen tiedosto Virtain 25 pisteen mallin muunnospisteet

Pisteitä

25

Kesquivirhe

So 0.023141

Sz 0.000000

Kertoimet

A 0.999995

B -0.000009

C 0.000000

Mittakaava

0.999995

Kiertokulma

-0.000552

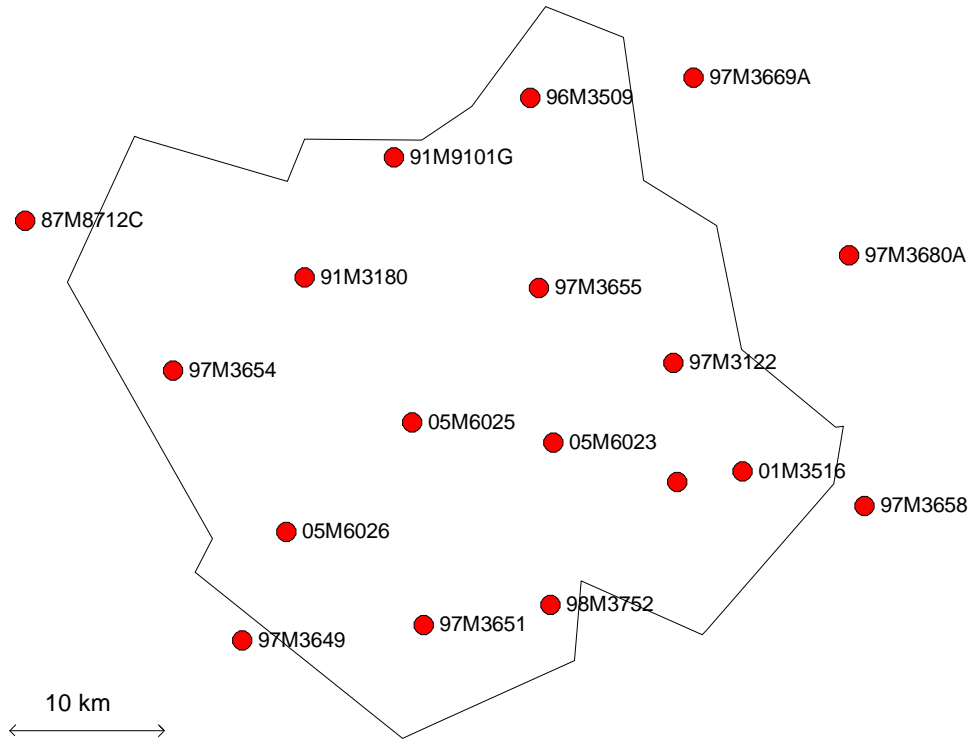
Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

pno	X	Y	Z	vX	vY	vZ
6902053.18524503751.992	0.000	0.012	0.012	0.000		
6903889.24224491462.059	0.000	0.010	-0.001	0.000		
6905235.73024482274.225	0.000	0.003	-0.012	0.000		
6898101.77324474097.034	0.000	-0.010	-0.016	0.000		
6914642.08324475277.709	0.000	-0.010	0.008	0.000		
6922457.61224481082.802	0.000	-0.004	0.017	0.000		
6926295.92324489949.512	0.000	0.025	-0.052	0.000		
6909095.61624499265.192	0.000	-0.016	0.012	0.000		
6892050.12024483049.315	0.000	0.003	-0.014	0.000		
6908556.73924466756.167	0.000	-0.051	-0.010	0.000		
6913923.89124490499.455	0.000	0.006	0.020	0.000		
6901356.82824499499.715	0.000	0.011	-0.003	0.000		
6893358.44024491240.518	0.000	0.022	-0.005	0.000		
6910765.17024511746.884	0.000	-0.001	0.010	0.000		
6886010.14224502378.881	0.000	0.029	-0.005	0.000		
6894463.03024506847.703	0.000	0.020	0.005	0.000		
6887016.54824492380.724	0.000	0.015	-0.013	0.000		
6899814.47424511656.665	0.000	0.009	0.012	0.000		
6927633.54324500526.885	0.000	-0.004	0.028	0.000		
6916064.93924510640.247	0.000	-0.017	0.019	0.000		
6897325.72924460674.089	0.000	0.011	-0.075	0.000		
6932908.41924473644.126	0.000	-0.002	0.029	0.000		
6927546.55724465130.443	0.000	-0.003	0.028	0.000		
6891069.53724471268.227	0.000	-0.010	-0.028	0.000		
6918340.58124457171.055	0.000	-0.049	0.036	0.000		

Raportin loppu

Liite 4

Liite 4. KOKO KUNNAN 18 PISTEEN KKJ2→GK24 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (3Dwin)



Virtain 18 pisteen mallin muunnospisteet

Kiintopisteen numero	N (KKJ)=V	E (KKJ)=U	N (GK24)	E (GK24)
01M3516	6902194.411	2503931.141	6902053.185	24503751.992
05M6023	6904030.585	2491641.181	6903889.242	24491462.059
05M6025	6905377.166	2482453.328	6905235.730	24482274.225
05M6026	6898243.261	2474276.043	6898101.773	24474097.034
91M3180	6914783.635	2475456.843	6914642.083	24475277.709
91M9101G	6922599.143	2481262.021	6922457.612	24481082.802
96M3509	6926437.365	2490128.873	6926295.923	24489949.512
97M3122	6909236.941	2499444.382	6909095.616	24499265.192
97M3651	6892191.490	2483228.310	6892050.120	24483049.315
97M3654	6908698.379	2466935.227	6908556.739	24466756.167
97M3655	6914065.292	2490678.639	6913923.891	24490499.455
97M3660B	6901498.089	2499678.853	6901356.828	24499499.715
98M3752	6893499.726	2491419.552	6893358.440	24491240.518
97M3658	6899955.625	2511835.830	6899814.474	24511656.665
97M3669A	6927774.929	2500706.225	6927633.543	24500526.885
97M3680A	6916206.198	2510819.541	6916064.939	24510640.247
97M3649	6891211.018	2471447.174	6891069.537	24471268.227
87M8712C	6918482.346	2457350.111	6918340.581	24457171.055

Helmert parametrit

A	0.999995532557	OK
B	-0.000008958702	Peruuta
Mittakaava	0.999995532597	Ohje
Kiertokulma	-0.000570331231	
X vanha	6908138.089	
Y vanha	2487927.404	
X uusi	6907996.681	
Y uusi	24487748.265	
dZ	0.000	Vaihda

3D-system Oy 14.06.2010

Helmert-tasointu

Alkuperäinen tiedosto Virtain 18 pisteen mallin muunnospisteet

Pisteitä

18

Keskivirhe

So 0.021360

Sz 0.000000

Kertoimet

A 0.999996

B -0.000009

C 0.000000

Mittakaava

0.999996

Kiertokulma

-0.000570

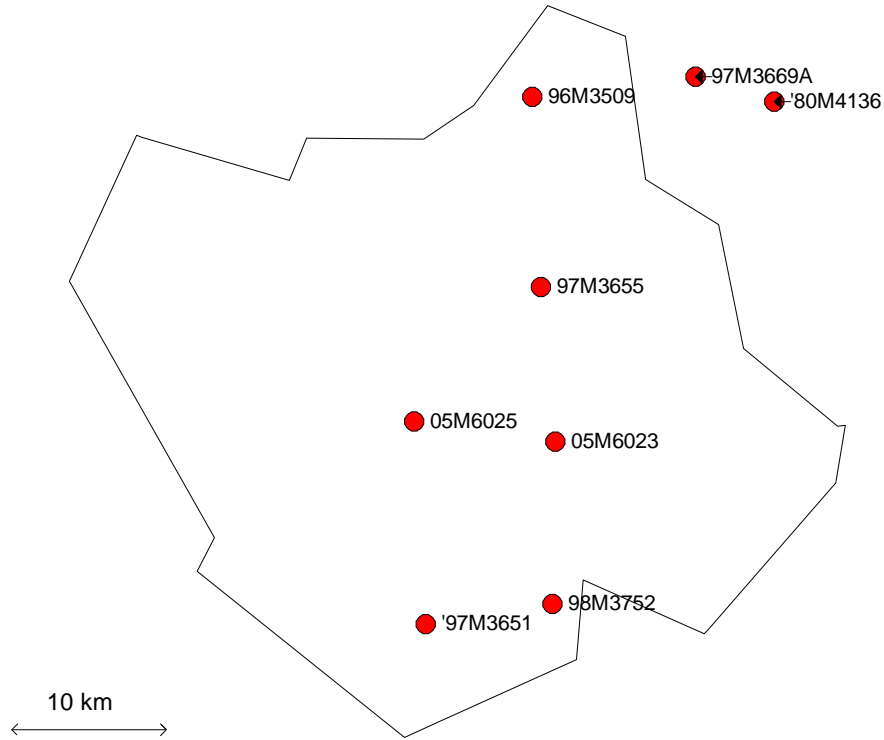
Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

pno	X	Y	Z	vX	vY	vZ	
6902053.18524503751.992				0.000	0.012	0.008	0.000
6903889.24224491462.059				0.000	0.013	-0.003	0.000
6905235.73024482274.225				0.000	0.009	-0.013	0.000
6898101.77324474097.034				0.000	-0.002	-0.020	0.000
6914642.08324475277.709				0.000	-0.003	0.009	0.000
6922457.61224481082.802				0.000	0.001	0.020	0.000
6926295.92324489949.512				0.000	0.028	-0.048	0.000
6909095.61624499265.192				0.000	-0.015	0.010	0.000
6892050.12024483049.315				0.000	0.009	-0.020	0.000
6908556.73924466756.167				0.000	-0.041	-0.010	0.000
6913923.89124490499.455				0.000	0.009	0.020	0.000
6901356.82824499499.715				0.000	0.012	-0.006	0.000
6893358.44024491240.518				0.000	0.025	-0.011	0.000
6899814.47424511656.665				0.000	0.006	0.007	0.000
6927633.54324500526.885				0.000	-0.005	0.032	0.000
6916064.93924510640.247				0.000	-0.020	0.019	0.000
6891069.53724471268.227				0.000	-0.001	-0.033	0.000
6918340.58124457171.055				0.000	-0.037	0.039	0.000

Raportin loppu

Liite 5

Liite 5. KESKUSTAN JA KILLINKOSKEN 8 PISTEEN KKJ2→GK24 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (3Dwin)



Keskustan ja Killinkosken 8 pisteen mallin muunnospisteet

Kiintopisteen numero	N (KKJ)=V	E (KKJ)=U	N (GK24)	E (GK24)
05M6023	6904030.585	2491641.181	6903889.242	24491462.059
05M6025	6905377.166	2482453.328	6905235.730	24482274.225
96M3509	6926437.365	2490128.873	6926295.923	24489949.512
97M3655	6914065.292	2490678.639	6913923.891	24490499.455
97M3651	6892191.490	2483228.310	6892050.120	24483049.315
98M3752	6893499.726	2491419.552	6893358.440	24491240.518
80M4136	6926117.451	2505852.790	6925976.133	24505673.442
97M3669A	6927774.929	2500706.225	6927633.543	24500526.885

Helmert parametrit

A	0.999995971838	OK
B	-0.000008365802	Peruuta
Mittakaava	0.999995971873	Ohje
Kiertokulma	-0.000532585642	
X vanha	6911186.750	
Y vanha	2492013.612	
X uusi	6911045.378	
Y uusi	24491834.426	
dZ	0.000	Vaihda

3D-system Oy 14.06.2010

Helmert-tasointus

Alkuperäinen tiedosto Keskustan ja Killinkosken 8 pisteen mallin muunnospisteet

Pisteitä

8

Keskivirhe

So 0.020761

Sz 0.000000

Kertoimet

A 0.999996

B -0.000008

C 0.000000

Mittakaava

0.999996

Kiertokulma

-0.000533

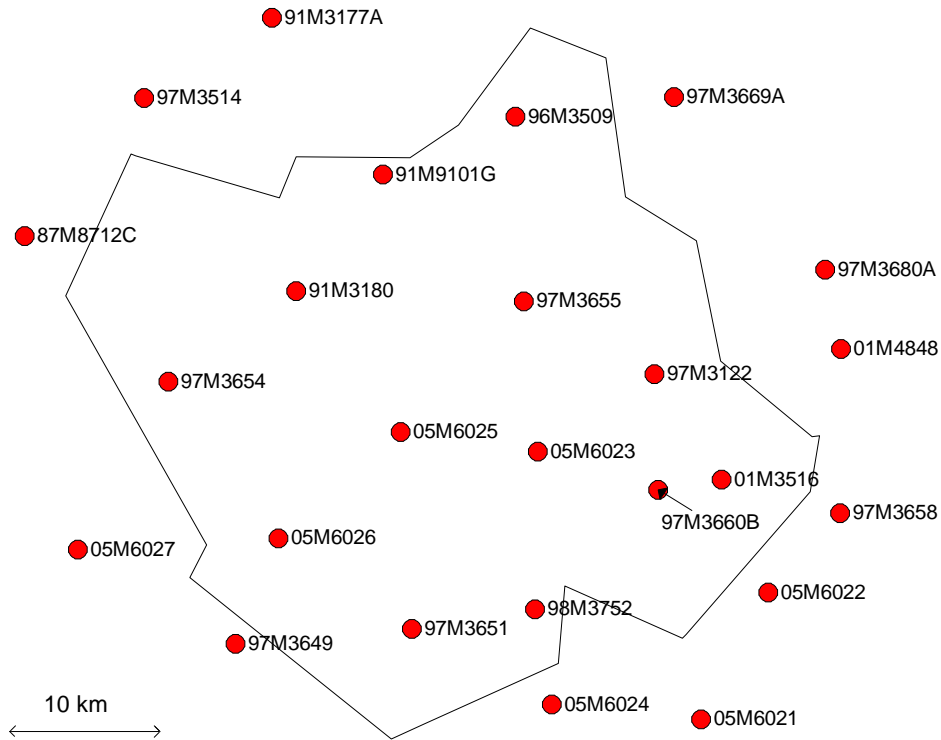
Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

pno	X	Y	Z	vX	vY	vZ		
6903889.24224491462.059				0.000	0.004	0.003	0.000	
6905235.73024482274.225				0.000	-0.007	-0.004	0.000	
6926295.92324489949.512				0.000	0.008	-0.055	0.000	
6913923.89124490499.455				0.000	-0.005	0.021	0.000	
6892050.12024483049.315				0.000	0.000	-0.003	0.000	
6893358.44024491240.518				0.000	0.020	0.002	0.000	
6925976.13324505673.442				0.000	-0.001	0.019	0.000	
6927633.54324500526.885				0.000	-0.019	0.020	0.000	

Raportin loppu

Liite 6

Liite 6. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN GK24→KKJ2 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab-5.2.2 ja 3Dwin)



Virtain 25 pisteen mallin muunnospisteet

Kiintopisteen numero	N (KKJ)=V	E (KKJ)=U	N (GK24)	E (GK24)
01M3516	6902194.411	2503931.141	6902053.185	24503751.992
05M6023	6904030.585	2491641.181	6903889.242	24491462.059
05M6025	6905377.166	2482453.328	6905235.730	24482274.225
05M6026	6898243.261	2474276.043	6898101.773	24474097.034
91M3180	6914783.635	2475456.843	6914642.083	24475277.709
91M9101G	6922599.143	2481262.021	6922457.612	24481082.802
96M3509	6926437.365	2490128.873	6926295.923	24489949.512
97M3122	6909236.941	2499444.382	6909095.616	24499265.192
97M3651	6892191.490	2483228.310	6892050.120	24483049.315
97M3654	6908698.379	2466935.227	6908556.739	24466756.167
97M3655	6914065.292	2490678.639	6913923.891	24490499.455
97M3660B	6901498.089	2499678.853	6901356.828	24499499.715
98M3752	6893499.726	2491419.552	6893358.440	24491240.518
01M4848	6910906.379	2511926.146	6910765.170	24511746.884
05M6021	6886151.291	2502557.901	6886010.142	24502378.881
05M6022	6894604.187	2507026.807	6894463.030	24506847.703
05M6024	6887157.802	2492559.716	6887016.548	24492380.724
97M3658	6899955.625	2511835.830	6899814.474	24511656.665
97M3669A	6927774.929	2500706.225	6927633.543	24500526.885
97M3680A	6916206.198	2510819.541	6916064.939	24510640.247
05M6027	6897467.309	2460853.090	6897325.729	24460674.089
91M3177A	6933050.060	2473823.390	6932908.419	24473644.126
97M3514	6927688.248	2465309.623	6927546.557	24465130.443
97M3649	6891211.018	2471447.174	6891069.537	24471268.227
87M8712C	6918482.346	2457350.111	6918340.581	24457171.055

Scilab-5.2.2 :

 scilab-5.2.2

Consortium Scilab (DIGITEO)
 Copyright (c) 1989-2010 (INRIA)
 Copyright (c) 1989-2007 (ENPC)

Startup execution:
 loading initial environment

Start Make Matrix
 Load macros
 Load help

```

-->A=[6902053.1851 -24503751.9921 1 0
-->24503751.9921 6902053.1851 0 1
-->6903889.2417 -24491462.0588 1 0
-->24491462.0588 6903889.2417 0 1
-->6905235.7298 -24482274.2245 1 0
-->24482274.2245 6905235.7298 0 1
-->6898101.7729 -24474097.0336 1 0
-->24474097.0336 6898101.7729 0 1
-->6914642.0833 -24475277.7088 1 0
-->24475277.7088 6914642.0833 0 1
-->6922457.6121 -24481082.8016 1 0
-->24481082.8016 6922457.6121 0 1
-->6926295.923 -24489949.5118 1 0
-->24489949.5118 6926295.923 0 1
-->6909095.6158 -24499265.1921 1 0
-->24499265.1921 6909095.6158 0 1
-->6892050.12 -24483049.315 1 0
-->24483049.315 6892050.12 0 1
-->6908556.7387 -24466756.1667 1 0
-->24466756.1667 6908556.7387 0 1
-->6913923.8908 -24490499.4545 1 0
-->24490499.4545 6913923.8908 0 1
-->6901356.828 -24499499.7148 1 0
-->24499499.7148 6901356.828 0 1
-->6893358.4399 -24491240.5184 1 0
-->24491240.5184 6893358.4399 0 1
-->6910765.1696 -24511746.884 1 0
-->24511746.884 6910765.1696 0 1
-->6886010.1417 -24502378.8807 1 0
-->24502378.8807 6886010.1417 0 1
-->6894463.03 -24506847.7026 1 0
-->24506847.7026 6894463.03 0 1
-->6887016.5483 -24492380.7237 1 0
-->24492380.7237 6887016.5483 0 1
-->6899814.4744 -24511656.6648 1 0
-->24511656.6648 6899814.4744 0 1
-->6927633.5425 -24500526.8846 1 0
-->24500526.8846 6927633.5425 0 1
-->6916064.9385 -24510640.2474 1 0
-->24510640.2474 6916064.9385 0 1
-->6897325.7289 -24460674.089 1 0
-->24460674.089 6897325.7289 0 1
-->6932908.4186 -24473644.1258 1 0
-->24473644.1258 6932908.4186 0 1
-->6927546.5573 -24465130.4428 1 0
-->24465130.4428 6927546.5573 0 1
-->6891069.5368 -24471268.2269 1 0
-->24471268.2269 6891069.5368 0 1
-->6918340.5813 -24457171.0547 1 0
-->24457171.0547 6918340.5813 0 1
-->]
A =
    6902053.185100000035 - 24503751.99210000004 1. 0.
    24503751.99210000004 6902053.185100000035 0. 1.
    6903889.241700000013 - 24491462.05880000007 1. 0.
    24491462.05880000007 6903889.241700000013 0. 1.
    6905235.729799999986 - 24482274.22450000005 1. 0.
    24482274.22450000005 6905235.729799999986 0. 1.
    6898101.772900000021 - 24474097.03359999988 1. 0.
  
```

24474097.0335999988	6898101.77290000021	0.	1.
6914642.08330000006	- 24475277.7087999992	1.	0.
24475277.7087999992	6914642.08330000006	0.	1.
6922457.61209999956	- 24481082.8016000018	1.	0.
24481082.8016000018	6922457.61209999956	0.	1.
6926295.92300000042	- 24489949.5117999986	1.	0.
24489949.5117999986	6926295.92300000042	0.	1.
6909095.6157999998	- 24499265.1920999996	1.	0.
24499265.1920999996	6909095.6157999998	0.	1.
6892050.12000000011	- 24483049.3150000013	1.	0.
24483049.3150000013	6892050.12000000011	0.	1.
6908556.73869999964	- 24466756.1667000018	1.	0.
24466756.1667000018	6908556.73869999964	0.	1.
6913923.89080000017	- 24490499.4545000009	1.	0.
24490499.4545000009	6913923.89080000017	0.	1.
6901356.82799999975	- 24499499.7148000002	1.	0.
24499499.7148000002	6901356.82799999975	0.	1.
6893358.43989999965	- 24491240.5183999985	1.	0.
24491240.5183999985	6893358.43989999965	0.	1.
6910765.16959999967	- 24511746.8839999996	1.	0.
24511746.8839999996	6910765.16959999967	0.	1.
6886010.14169999957	- 24502378.8806999996	1.	0.
24502378.8806999996	6886010.14169999957	0.	1.
6894463.03000000026	- 24506847.7025999986	1.	0.
24506847.7025999986	6894463.03000000026	0.	1.
6887016.54829999991	- 24492380.7237000018	1.	0.
24492380.7237000018	6887016.54829999991	0.	1.
6899814.47439999972	- 24511656.6647999994	1.	0.
24511656.6647999994	6899814.47439999972	0.	1.
6927633.54250000045	- 24500526.8845999986	1.	0.
24500526.8845999986	6927633.54250000045	0.	1.
6916064.93850000016	- 24510640.2474000007	1.	0.
24510640.2474000007	6916064.93850000016	0.	1.
6897325.72890000045	- 24460674.0890000015	1.	0.
24460674.0890000015	6897325.72890000045	0.	1.
6932908.41860000044	- 24473644.1257999986	1.	0.
24473644.1257999986	6932908.41860000044	0.	1.
6927546.55730000045	- 24465130.4428000003	1.	0.
24465130.4428000003	6927546.55730000045	0.	1.
6891069.53679999989	- 24471268.2269000001	1.	0.
24471268.2269000001	6891069.53679999989	0.	1.
6918340.58129999973	- 24457171.0546999983	1.	0.
24457171.0546999983	6918340.58129999973	0.	1.

-->B=[6902194.411
-->2503931.141
-->6904030.585
-->2491641.181
-->6905377.166
-->2482453.328
-->6898243.261
-->2474276.043
-->6914783.635
-->2475456.843
-->6922599.143
-->2481262.021
-->6926437.365
-->2490128.873
-->6909236.941
-->2499444.382
-->6892191.49
-->2483228.31
-->6908698.379
-->2466935.227
-->6914065.292
-->2490678.639
-->6901498.089
-->2499678.853
-->6893499.726
-->2491419.552
-->6910906.379
-->2511926.146
-->6886151.291
-->2502557.901
-->6894604.187
-->2507026.807
-->6887157.802
-->2492559.716
-->6899955.625


```

-->2511835.83
-->6927774.929
-->2500706.225
-->6916206.198
-->2510819.541
-->6897467.309
-->2460853.09
-->6933050.06
-->2473823.39
-->6927688.248
-->2465309.623
-->6891211.018
-->2471447.174
-->6918482.346
-->2457350.111 ]
B =

```

```

6902194.41100000031
2503931.14099999983
6904030.58499999996
2491641.18099999987
6905377.1660000002
2482453.32800000021
6898243.26099999994
2474276.04300000006
6914783.63499999978
2475456.84299999988
6922599.14300000016
2481262.02100000018
6926437.36500000022
2490128.87300000014
6909236.94099999964
2499444.38200000022
6892191.49000000022
2483228.31000000006
6908698.37899999972
2466935.22699999996
6914065.29200000037
2490678.63899999997
6901498.08899999969
2499678.85300000012
6893499.72599999979
2491419.55200000014
6910906.37899999972
2511926.14600000018
6886151.2910000002
2502557.90100000007
6894604.18699999992
2507026.80700000003
6887157.80200000014
2492559.71600000001
6899955.625
2511835.83000000007
6927774.92899999954
2500706.22500000009
6916206.19799999986
2510819.5410000002
6897467.30900000036
2460853.08999999985
6933050.05999999959
2473823.39000000013
6927688.24799999967
2465309.62300000014
6891211.01800000016
2471447.17400000012
6918482.34599999999
2457350.11100000003

```

```

-->inv(A'*A)*A'*B

```

```

Warning :

```

```

matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

```

```

ans =

```

```

1.00000450528520002
0.00000867401707660
322.68942902982235
- 21999991.1038257778

```

```
-->v=A*(inv(A'*A)*A'*B)-B
Warning :
matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00
```

```
v =
```

```
0.01328387390822172
0.01219260971993208
0.01075892429798841
- 0.00055105797946453
0.00362066831439734
- 0.01156541565433145
- 0.00949074793606997
- 0.01618605712428689
- 0.00881312880665064
0.00780415767803788
- 0.00315541774034500
0.01654978981241584
0.02612727228552103
- 0.05200958298519254
- 0.01536938734352589
0.01206445973366499
0.00369258690625429
- 0.01394561072811484
- 0.05091334134340286
- 0.00947220064699650
0.00641752593219280
0.01985285291448236
0.01193091273307800
- 0.00230532884597778
0.02243630308657885
- 0.00429351534694433
- 0.00031397957354784
0.01067977910861373
0.02951577957719564
- 0.00455128354951739
0.02113581541925669
0.00480252876877785
0.01637411303818226
- 0.01286624185740948
0.00993257761001587
0.01208679936826229
- 0.00409468170255423
0.02804703405126929
- 0.01693802420049906
0.02006435487419367
0.01144380308687687
- 0.07499166205525398
- 0.00204835180193186
0.02888690354302526
- 0.00165723543614149
0.02802145807072520
- 0.00973586086183786
- 0.02762837102636695
- 0.04809291381388903
0.03620935371145606
```

```
-->m=((v'*v)/(2*25-4))^(1/2)
```

```
m =
```

```
0.02314290678883791
```

3Dwin:

Helmert parametrit		OK
A	1.000004506855	Peruuta
B	0.000008675144	
Mittakaava	1.000004506893	
Kiertokulma	0.000552274352	Ohje
X vanha	6907199.034	
Y vanha	24487690.865	Vaihda
X uusi	6907340.435	
Y uusi	2487869.998	
dZ	0.000	

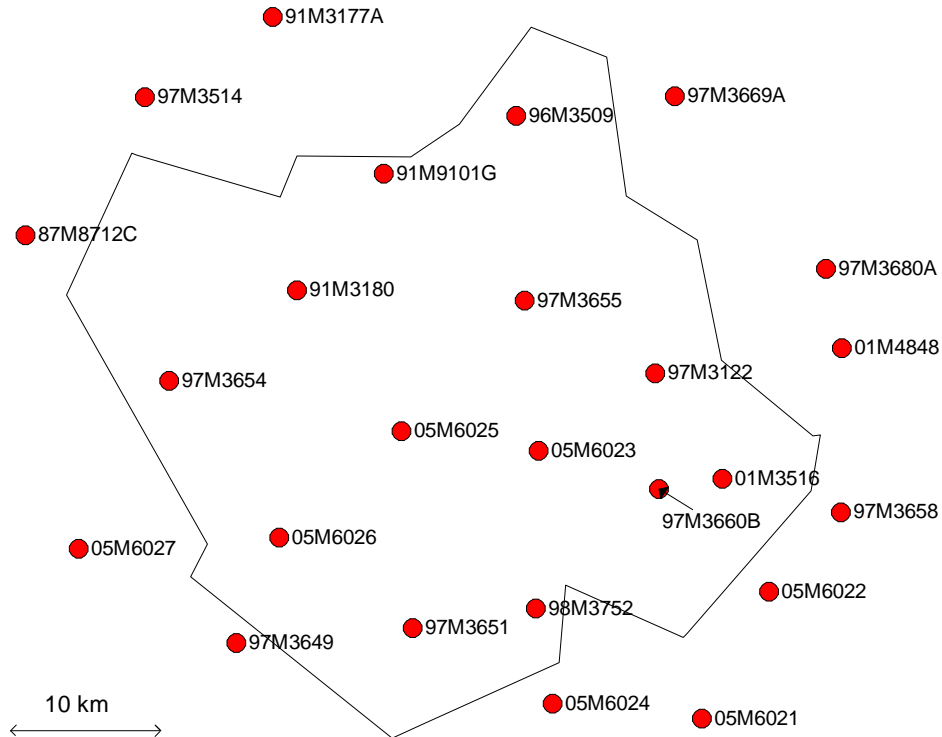
3D-system Oy 29.06.2010
Helmert-tasointus
Alkuperäinen tiedosto GK24-KKJ2 25 pisteen Virrat malli
Pisteitä
25
Keskivirhe
So 0.023141
Sz 0.000000
Kertoimet
A 1.000005
B 0.000009
C 0.000000
Mittakaava
1.000005
Kiertokulma
0.000552
Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

pno	X	Y	Z	vX	vY	vZ
6902194.411	2503931.141		0.000	-0.012	-0.012	0.000
6904030.585	2491641.181		0.000	-0.010	0.001	0.000
6905377.166	2482453.328		0.000	-0.003	0.012	0.000
6898243.261	2474276.043		0.000	0.010	0.016	0.000
6914783.635	2475456.843		0.000	0.010	-0.008	0.000
6922599.143	2481262.021		0.000	0.004	-0.017	0.000
6926437.365	2490128.873		0.000	-0.025	0.052	0.000
6909236.941	2499444.382		0.000	0.016	-0.012	0.000
6892191.490	2483228.310		0.000	-0.003	0.014	0.000
6908698.379	2466935.227		0.000	0.051	0.010	0.000
6914065.292	2490678.639		0.000	-0.006	-0.020	0.000
6901498.089	2499678.853		0.000	-0.011	0.003	0.000
6893499.726	2491419.552		0.000	-0.022	0.005	0.000
6910906.379	2511926.146		0.000	0.001	-0.010	0.000
6886151.291	2502557.901		0.000	-0.029	0.005	0.000
6894604.187	2507026.807		0.000	-0.020	-0.005	0.000
6887157.802	2492559.716		0.000	-0.015	0.013	0.000
6899955.625	2511835.830		0.000	-0.009	-0.012	0.000
6927774.929	2500706.225		0.000	0.004	-0.028	0.000
6916206.198	2510819.541		0.000	0.017	-0.019	0.000
6897467.309	2460853.090		0.000	-0.011	0.075	0.000
6933050.060	2473823.390		0.000	0.002	-0.029	0.000
6927688.248	2465309.623		0.000	0.003	-0.028	0.000
6891211.018	2471447.174		0.000	0.010	0.028	0.000
6918482.346	2457350.111		0.000	0.049	-0.036	0.000

Raportin loppu

Liite 7

Liite 7. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN KKJ2→GK24 AFFIINISEN MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab-5.2.2)



scilab-5.2.2

Consortium Scilab (DIGITEO)
 Copyright (c) 1989-2010 (INRIA)
 Copyright (c) 1989-2007 (ENPC)

```

A=[6902194.411 2503931.141 1 0 0 0
-->0 0 0 6902194.411 2503931.141 1
-->6904030.585 2491641.181 1 0 0 0
-->0 0 0 6904030.585 2491641.181 1
-->6905377.166 2482453.328 1 0 0 0
-->0 0 0 6905377.166 2482453.328 1
-->6898243.261 2474276.043 1 0 0 0
-->0 0 0 6898243.261 2474276.043 1
-->6914783.635 2475456.843 1 0 0 0
-->0 0 0 6914783.635 2475456.843 1
-->6922599.143 2481262.021 1 0 0 0
-->0 0 0 6922599.143 2481262.021 1
-->6926437.365 2490128.873 1 0 0 0
-->0 0 0 6926437.365 2490128.873 1
-->6909236.941 2499444.382 1 0 0 0
-->0 0 0 6909236.941 2499444.382 1
-->6892191.49 2483228.31 1 0 0 0
-->0 0 0 6892191.49 2483228.31 1
-->6908698.379 2466935.227 1 0 0 0
-->0 0 0 6908698.379 2466935.227 1
-->6914065.292 2490678.639 1 0 0 0
-->0 0 0 6914065.292 2490678.639 1
-->6901498.089 2499678.853 1 0 0 0
-->0 0 0 6901498.089 2499678.853 1
-->6893499.726 2491419.552 1 0 0 0
-->0 0 0 6893499.726 2491419.552 1
-->6910906.379 2511926.146 1 0 0 0
-->0 0 0 6910906.379 2511926.146 1
-->6886151.291 2502557.901 1 0 0 0
-->0 0 0 6886151.291 2502557.901 1

```

```

-->6894604.187 2507026.807 1 0 0 0
-->0 0 0 6894604.187 2507026.807 1
-->6887157.802 2492559.716 1 0 0 0
-->0 0 0 6887157.802 2492559.716 1
-->6899955.625 2511835.83 1 0 0 0
-->0 0 0 6899955.625 2511835.83 1
-->6927774.929 2500706.225 1 0 0 0
-->0 0 0 6927774.929 2500706.225 1
-->6916206.198 2510819.541 1 0 0 0
-->0 0 0 6916206.198 2510819.541 1
-->6897467.309 2460853.09 1 0 0 0
-->0 0 0 6897467.309 2460853.09 1
-->6933050.06 2473823.39 1 0 0 0
-->0 0 0 6933050.06 2473823.39 1
-->6927688.248 2465309.623 1 0 0 0
-->0 0 0 6927688.248 2465309.623 1
-->6891211.018 2471447.174 1 0 0 0
-->0 0 0 6891211.018 2471447.174 1
-->6918482.346 2457350.111 1 0 0 0
-->0 0 0 6918482.346 2457350.111 1
-->]

```

A =

6902194.41100000031	2503931.14099999983	1.
0.	0.	0.
6904030.58499999996	2491641.18099999987	1.
0.	0.	0.
6905377.16600000002	2482453.32800000021	1.
0.	0.	0.
6898243.26099999994	2474276.04300000006	1.
0.	0.	0.
6914783.63499999978	2475456.84299999988	1.
0.	0.	0.
6922599.14300000016	2481262.02100000018	1.
0.	0.	0.
6926437.36500000022	2490128.87300000014	1.
0.	0.	0.
6909236.94099999964	2499444.38200000022	1.
0.	0.	0.
6892191.49000000022	2483228.31000000006	1.
0.	0.	0.
6908698.37899999972	2466935.22699999996	1.
0.	0.	0.
6914065.29200000037	2490678.63899999997	1.
0.	0.	0.
6901498.08899999969	2499678.85300000012	1.
0.	0.	0.
6893499.72599999979	2491419.55200000014	1.
0.	0.	0.
6910906.37899999972	2511926.14600000018	1.
0.	0.	0.
6886151.29100000002	2502557.90100000007	1.
0.	0.	0.
6894604.18699999992	2507026.80700000003	1.
0.	0.	0.
6887157.80200000014	2492559.71600000001	1.
0.	0.	0.
6899955.625	2511835.83000000007	1.
0.	0.	0.
6927774.92899999954	2500706.22500000009	1.
0.	0.	0.
6916206.19799999986	2510819.54100000002	1.
0.	0.	0.
6897467.30900000036	2460853.08999999985	1.
0.	0.	0.
6933050.05999999959	2473823.39000000013	1.
0.	0.	0.
6927688.24799999967	2465309.62300000014	1.
0.	0.	0.
6891211.01800000016	2471447.17400000012	1.
0.	0.	0.
6918482.34599999999	2457350.11100000003	1.
0.	0.	0.
0.	0.	0.
6902194.41100000031	2503931.14099999983	1.
0.	0.	0.
6904030.58499999996	2491641.18099999987	1.
0.	0.	0.

6905377.1660000002	2482453.32800000021	1.
0.	0.	0.
6898243.26099999994	2474276.04300000006	1.
0.	0.	0.
6914783.63499999978	2475456.84299999988	1.
0.	0.	0.
6922599.14300000016	2481262.02100000018	1.
0.	0.	0.
6926437.36500000022	2490128.87300000014	1.
0.	0.	0.
6909236.94099999964	2499444.38200000022	1.
0.	0.	0.
6892191.49000000022	2483228.31000000006	1.
0.	0.	0.
6908698.37899999972	2466935.22699999996	1.
0.	0.	0.
6914065.29200000037	2490678.63899999997	1.
0.	0.	0.
6901498.08899999969	2499678.85300000012	1.
0.	0.	0.
6893499.72599999979	2491419.55200000014	1.
0.	0.	0.
6910906.37899999972	2511926.14600000018	1.
0.	0.	0.
6886151.29100000002	2502557.90100000007	1.
0.	0.	0.
6894604.18699999992	2507026.80700000003	1.
0.	0.	0.
6887157.80200000014	2492559.71600000001	1.
0.	0.	0.
6899955.625	2511835.83000000007	1.
0.	0.	0.
6927774.92899999954	2500706.22500000009	1.
0.	0.	0.
6916206.19799999986	2510819.54100000002	1.
0.	0.	0.
6897467.30900000036	2460853.08999999985	1.
0.	0.	0.
6933050.05999999959	2473823.39000000013	1.
0.	0.	0.
6927688.24799999967	2465309.62300000014	1.
0.	0.	0.
6891211.01800000016	2471447.17400000012	1.
0.	0.	0.
6918482.34599999999	2457350.11100000003	1.

-->B=[6902053.1851
-->24503751.9921
-->6903889.2417
-->24491462.0588
-->6905235.7298
-->24482274.2245
-->6898101.7729
-->24474097.0336
-->6914642.0833
-->24475277.7088
-->6922457.6121
-->24481082.8016
-->6926295.923
-->24489949.5118
-->6909095.6158
-->24499265.1921
-->6892050.12
-->24483049.315
-->6908556.7387
-->24466756.1667
-->6913923.8908
-->24490499.4545
-->6901356.828
-->24499499.7148
-->6893358.4399
-->24491240.5184
-->6910765.1696
-->24511746.884
-->6886010.1417
-->24502378.8807
-->6894463.03
-->24506847.7026
-->6887016.5483

```

-->24492380.7237
-->6899814.4744
-->24511656.6648
-->6927633.5425
-->24500526.8846
-->6916064.9385
-->24510640.2474
-->6897325.7289
-->24460674.089
-->6932908.4186
-->24473644.1258
-->6927546.5573
-->24465130.4428
-->6891069.5368
-->24471268.2269
-->6918340.5813
-->24457171.0547
-->]
B =

```

```

6902053.18510000035
24503751.9921000004
6903889.24170000013
24491462.0588000007
6905235.72979999986
24482274.2245000005
6898101.77290000021
24474097.0335999988
6914642.08330000006
24475277.7087999992
6922457.61209999956
24481082.8016000018
6926295.92300000042
24489949.5117999986
6909095.6157999998
24499265.1920999996
6892050.12000000011
24483049.3150000013
6908556.73869999964
24466756.1667000018
6913923.89080000017
24490499.4545000009
6901356.82799999975
24499499.7148000002
6893358.43989999965
24491240.5183999985
6910765.16959999967
24511746.8839999996
6886010.14169999957
24502378.8806999996
6894463.03000000026
24506847.7025999986
6887016.54829999991
24492380.7237000018
6899814.47439999972
24511656.6647999994
6927633.54250000045
24500526.8845999986
6916064.93850000016
24510640.2474000007
6897325.72890000045
24460674.0890000015
6932908.41860000044
24473644.1257999986
6927546.55730000045
24465130.4428000003
6891069.53679999989
24471268.2269000001
6918340.58129999973
24457171.0546999983

```

```

-->format(20)

```

```

-->inv(A'*A)*A'*B

```

```

Warning :

```

```

matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

```

```

ans =

```

```

0.99999510923374757
0.00000918645158521
- 130.473622807301581
- 0.00000770720340881
0.99999599281518670
21999884.0722819604

```

```
-->x=inv(A'*A)*A'*B
```

```
Warning :
```

```
matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00
```

```
x =
```

```

0.99999510923374757
0.00000918645158521
- 130.473622807301581
- 0.00000770720340881
0.99999599281518670
21999884.0722819604

```

```
-->v=A*x-B
```

```
v =
```

```

- 0.00250010099261999
- 0.00914917513728142
- 0.00698152184486389
- 0.00075279921293259
- 0.00507109984755516
0.00698625296354294
0.00659892801195383
0.00063660368323326
0.00015118718147278
- 0.00677510723471642
- 0.00554364826530218
- 0.00507324188947678
- 0.03176058828830719
0.07161368802189827
0.02113913651555777
- 0.00444811210036278
0.00033629313111305
- 0.00299455970525742
0.04022933915257454
0.00037288293242455
- 0.00700127240270376
- 0.01193524524569511
- 0.00305799115449190
0.00255722552537918
- 0.01471353508532047
- 0.00730121880769730
0.01183742657303810
0.00476845353841782
- 0.01325215306133032
- 0.00859875977039337
- 0.00583990383893251
- 0.00755467638373375
- 0.00562260579317808
- 0.00429157167673111
0.00576532166451216
- 0.00726994499564171
0.00336602982133627
- 0.00188059359788895
0.02585147693753242
- 0.00004395842552185
- 0.02091537974774837
0.05200527235865593
- 0.01449126563966274
- 0.01101261377334595
- 0.01717920508235693
- 0.01957179978489876
0.00810471642762423
0.00387132912874222
0.02872504014521837
- 0.04062480479478836

```

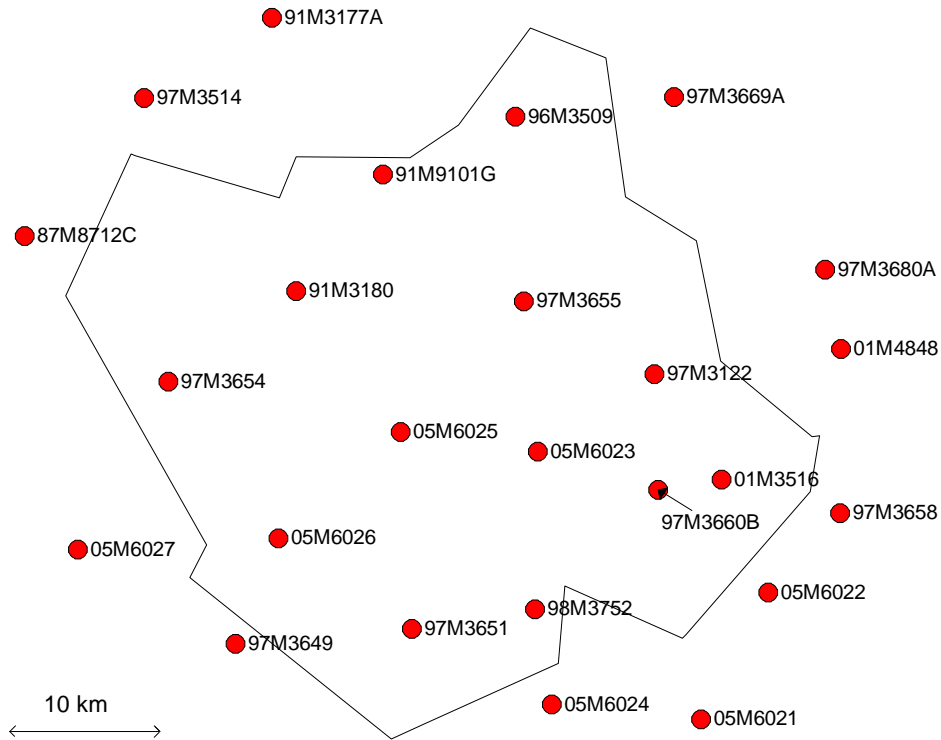
```
-->m=(v'*v/(2*25-6))^(1/2)
```

```
m =
```

```
0.01971347887566702
```


Liite 8

Liite 8. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN YKJ→TM35 HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab-5.2.2 ja 3Dwin)



Virtain 25 pisteen YKJ TM35_mallin muunnospisteet

Kiintopisteen numero	N (YKJ)	E (YKJ)	N (TM35FIN)	E (TM35FIN)
01M3516	6905627.002	3347927.256	6902731.677	347818.187
05M6023	6908031.259	3335731.815	6905134.857	335627.637
05M6025	6909802.699	3326613.056	6906905.497	326512.534
05M6026	6903052.677	3318110.853	6900158.115	318013.817
91M3180	6919527.034	3320057.65	6916625.835	319959.711
91M9101G	6927067.689	3326221.439	6924163.503	326120.956
96M3509	6930491.48	3335260.007	6927586.021	335155.777
97M3122	6912871.961	3343770.409	6909973.646	343662.955
97M3651	6896590.471	3326776.636	6893698.606	326676.158
97M3654	6913841.092	3311259.504	6910942.073	311165.147
97M3655	6918103.121	3335235.228	6915202.642	335131.185
97M3660B	6905128.241	3343646.034	6902233.080	343538.683
98M3752	6897518.483	3335022.522	6894626.332	334918.717
01M4848	6913961.388	3356319.585	6911062.755	356207.053
05M6021	6889660.064	3345812.266	6886771.185	345704.171
05M6022	6897899.431	3350668.901	6895007.258	350558.784
05M6024	6891128.478	3335868.265	6888238.909	335764.164
97M3658	6903023.821	3355721.864	6900129.610	355609.669
97M3669A	6931336.913	3345891.347	6928431.170	345782.895
97M3680A	6919308.163	3355459.659	6916407.346	355347.437
05M6027	6902899.106	3304660.684	6900004.515	304569.023
91M3177A	6937856.733	3319273.346	6934948.132	319175.589
97M3514	6932893.998	3310516.225	6929987.326	310422.046
97M3649	6896156.163	3314958.178	6893264.359	314862.462
87M8712C	6924063.499	3302134.376	6921160.275	302043.663

Scilab-5.2.2 :

 scilab-5.2.2

Consortium Scilab (DIGITEO)
 Copyright (c) 1989-2010 (INRIA)
 Copyright (c) 1989-2007 (ENPC)

Startup execution:
 loading initial environment

Start Make Matrix
 Load macros
 Load help

```

-->A=[6905627.0024 -3347927.2563 1 0
-->3347927.2563 6905627.0024 0 1
-->6908031.2594 -3335731.8149 1 0
-->3335731.8149 6908031.2594 0 1
-->6909802.6993 -3326613.0559 1 0
-->3326613.0559 6909802.6993 0 1
-->6903052.6769 -3318110.8531 1 0
-->3318110.8531 6903052.6769 0 1
-->6919527.0335 -3320057.65 1 0
-->3320057.65 6919527.0335 0 1
-->6927067.6887 -3326221.4394 1 0
-->3326221.4394 6927067.6887 0 1
-->6930491.4798 -3335260.0068 1 0
-->3335260.0068 6930491.4798 0 1
-->6912871.9613 -3343770.409 1 0
-->3343770.409 6912871.9613 0 1
-->6896590.4713 -3326776.6355 1 0
-->3326776.6355 6896590.4713 0 1
-->6913841.0917 -3311259.5037 1 0
-->3311259.5037 6913841.0917 0 1
-->6918103.1213 -3335235.2282 1 0
-->3335235.2282 6918103.1213 0 1
-->6905128.2413 -3343646.0337 1 0
-->3343646.0337 6905128.2413 0 1
-->6897518.4834 -3335022.5218 1 0
-->3335022.5218 6897518.4834 0 1
-->6913961.3879 -3356319.5847 1 0
-->3356319.5847 6913961.3879 0 1
-->6889660.0637 -3345812.2657 1 0
-->3345812.2657 6889660.0637 0 1
-->6897899.4313 -3350668.9014 1 0
-->3350668.9014 6897899.4313 0 1
-->6891128.4784 -3335868.2646 1 0
-->3335868.2646 6891128.4784 0 1
-->6903023.8210 -3355721.8640 1 0
-->3355721.8640 6903023.8210 0 1
-->6931336.9133 -3345891.3468 1 0
-->3345891.3468 6931336.9133 0 1
-->6919308.1625 -3355459.6585 1 0
-->3355459.6585 6919308.1625 0 1
-->6902899.1061 -3304660.6841 1 0
-->3304660.6841 6902899.1061 0 1
-->6937856.7334 -3319273.3463 1 0
-->3319273.3463 6937856.7334 0 1
-->6932893.9976 -3310516.2254 1 0
-->3310516.2254 6932893.9976 0 1
-->6896156.1626 -3314958.1776 1 0
-->3314958.1776 6896156.1626 0 1
-->6924063.4990 -3302134.3762 1 0
-->3302134.3762 6924063.4990 0 1
-->]
A =

```

```

6905627. - 3347927.3 1. 0.
3347927.3 6905627. 0. 1.
6908031.3 - 3335731.8 1. 0.
3335731.8 6908031.3 0. 1.
6909802.7 - 3326613.1 1. 0.
3326613.1 6909802.7 0. 1.
6903052.7 - 3318110.9 1. 0.

```

3318110.9	6903052.7	0.	1.
6919527.	- 3320057.6	1.	0.
3320057.6	6919527.	0.	1.
6927067.7	- 3326221.4	1.	0.
3326221.4	6927067.7	0.	1.
6930491.5	- 3335260.	1.	0.
3335260.	6930491.5	0.	1.
6912872.	- 3343770.4	1.	0.
3343770.4	6912872.	0.	1.
6896590.5	- 3326776.6	1.	0.
3326776.6	6896590.5	0.	1.
6913841.1	- 3311259.5	1.	0.
3311259.5	6913841.1	0.	1.
6918103.1	- 3335235.2	1.	0.
3335235.2	6918103.1	0.	1.
6905128.2	- 3343646.	1.	0.
3343646.	6905128.2	0.	1.
6897518.5	- 3335022.5	1.	0.
3335022.5	6897518.5	0.	1.
6913961.4	- 3356319.6	1.	0.
3356319.6	6913961.4	0.	1.
6889660.1	- 3345812.3	1.	0.
3345812.3	6889660.1	0.	1.
6897899.4	- 3350668.9	1.	0.
3350668.9	6897899.4	0.	1.
6891128.5	- 3335868.3	1.	0.
3335868.3	6891128.5	0.	1.
6903023.8	- 3355721.9	1.	0.
3355721.9	6903023.8	0.	1.
6931336.9	- 3345891.3	1.	0.
3345891.3	6931336.9	0.	1.
6919308.2	- 3355459.7	1.	0.
3355459.7	6919308.2	0.	1.
6902899.1	- 3304660.7	1.	0.
3304660.7	6902899.1	0.	1.
6937856.7	- 3319273.3	1.	0.
3319273.3	6937856.7	0.	1.
6932894.	- 3310516.2	1.	0.
3310516.2	6932894.	0.	1.
6896156.2	- 3314958.2	1.	0.
3314958.2	6896156.2	0.	1.
6924063.5	- 3302134.4	1.	0.
3302134.4	6924063.5	0.	1.

-->B=[6902731.677
-->347818.187
-->6905134.857
-->335627.637
-->6906905.497
-->326512.534
-->6900158.115
-->318013.817
-->6916625.835
-->319959.711
-->6924163.503
-->326120.956
-->6927586.021
-->335155.777
-->6909973.646
-->343662.955
-->6893698.606
-->326676.158
-->6910942.073
-->311165.147
-->6915202.642
-->335131.185
-->6902233.08
-->343538.683
-->6894626.332
-->334918.717
-->6911062.755
-->356207.053
-->6886771.185
-->345704.171
-->6895007.258
-->350558.784
-->6888238.909
-->335764.164
-->6900129.610

```

-->355609.669
-->6928431.170
-->345782.895
-->6916407.346
-->355347.437
-->6900004.515
-->304569.023
-->6934948.132
-->319175.589
-->6929987.326
-->310422.046
-->6893264.359
-->314862.462
-->6921160.275
-->302043.663
-->]
B =

```

```

6902731.7
347818.19
6905134.9
335627.64
6906905.5
326512.53
6900158.1
318013.82
6916625.8
319959.71
6924163.5
326120.96
6927586.
335155.78
6909973.6
343662.96
6893698.6
326676.16
6910942.1
311165.15
6915202.6
335131.18
6902233.1
343538.68
6894626.3
334918.72
6911062.8
356207.05
6886771.2
345704.17
6895007.3
350558.78
6888238.9
335764.16
6900129.6
355609.67
6928431.2
345782.9
6916407.3
355347.44
6900004.5
304569.02
6934948.1
319175.59
6929987.3
310422.05
6893264.4
314862.46
6921160.3
302043.66

```

```

-->inv(A'*A)*A'*B

```

```

Warning :

```

```

matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

```

```

ans =

```

```

0.9995962
- 0.0000085
- 135.25583
- 2998698.1

```

```

-->format(20)

-->inv(A'*A)*A'*B
Warning :
matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

ans =

0.99959617431085945
- 0.00000853898959602
- 135.255831211805344
- 2998698.13562678825

-->v=A*(inv(A'*A)*A'*B)-B
Warning :
matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

v =

- 0.01209839433431625
- 0.01243538368726149
- 0.01013588067144156
0.00046721904072911
- 0.00345380790531635
0.01173004880547523
0.00937841832637787
0.01697632513241842
0.00983368977904320
- 0.00696463405620307
0.00455594155937433
- 0.01605071243830025
- 0.02777862641960382
0.05110786133445799
0.01660580933094025
- 0.01095828640973195
- 0.00361992511898279
0.01409148174570873
0.05103577580302954
0.01220505626406521
- 0.00475280266255140
- 0.01970183890080079
- 0.01134316436946392
0.00209119933424518
- 0.02186351455748081
0.00356647855369374
0.00142464414238930
- 0.01024041435448453
- 0.02899825293570757
0.00339367671404034
- 0.02019578963518143
- 0.00549645628780127
- 0.01619355194270611
0.01239799556788057
- 0.00870879646390676
- 0.01216967054642737
0.00609450973570347
- 0.02731948858126998
0.01851680502295494
- 0.01883617654675618
- 0.01425659935921431
0.07481143024051562
0.00403283443301916
- 0.02845976903336123
0.00353607535362244
- 0.02763263729866594
0.00914739537984133
0.02849694556789473
0.05034573469310999
- 0.03362307214410976

-->m=((v'*v)/(2*25-4))^(1/2)
m =

0.02313205720024368

```

3Dwin:

Helmert parametrit		OK
A	0.999596169633	Peruuta
B	-0.000008538177	Ohje
Mittakaava	0.999596169669	
Kiertokulma	-0.000543776823	
X vanha	6911513.639	
Y vanha	3332116.684	
X uusi	6908615.789	
Y uusi	332013.937	
dZ	0.000	Vaihda

3D-system Oy 17.06.2010
Helmert-tasointus

Alkuperäinen tiedosto Virtain 25 pisteen YKJ TM35 mallin muunnospisteet

Pisteitä

25

Keskivirhe

So 0.023236

Sz 0.000000

Kertoimet

A 0.999596

B -0.000009

C 0.000000

Mittakaava

0.999596

Kiertokulma

-0.000544

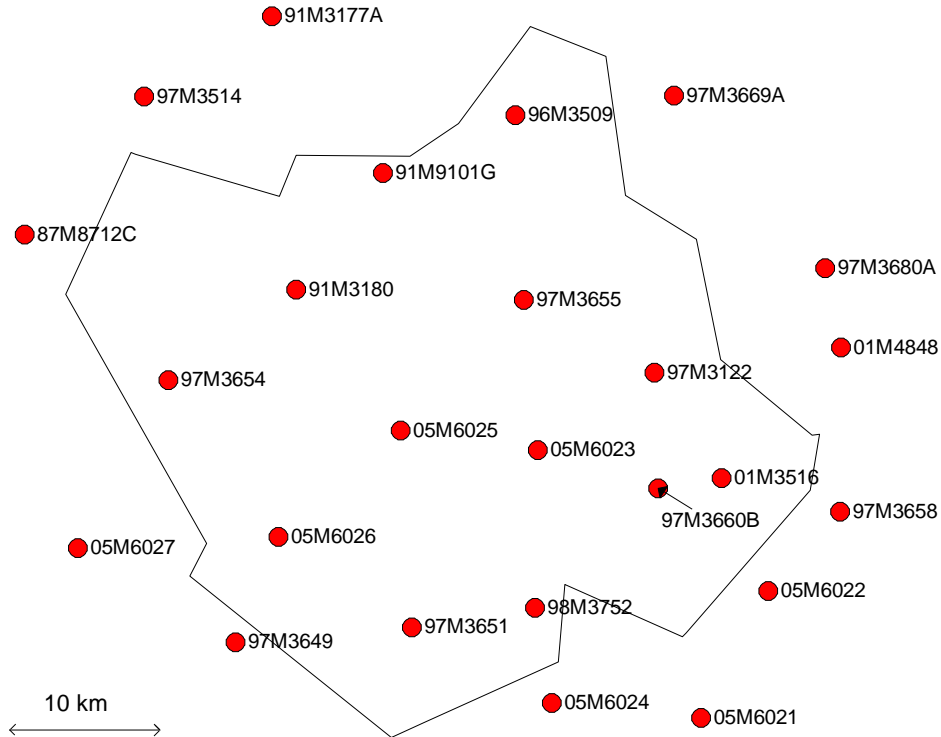
Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

pno	X	Y	Z	vX	vY	vZ
6902731.677	347818.187	0.000	0.012	0.013	0.000	
6905134.857	335627.637	0.000	0.011	0.000	0.000	
6906905.497	326512.534	0.000	0.004	-0.012	0.000	
6900158.115	318013.817	0.000	-0.010	-0.017	0.000	
6916625.835	319959.711	0.000	-0.010	0.007	0.000	
6924163.503	326120.956	0.000	-0.005	0.017	0.000	
6927586.021	335155.777	0.000	0.028	-0.051	0.000	
6909973.646	343662.955	0.000	-0.016	0.011	0.000	
6893698.606	326676.158	0.000	0.004	-0.014	0.000	
6910942.073	311165.147	0.000	-0.051	-0.012	0.000	
6915202.642	335131.185	0.000	0.005	0.020	0.000	
6902233.080	343538.683	0.000	0.012	-0.002	0.000	
6894626.332	334918.717	0.000	0.022	-0.004	0.000	
6911062.755	356207.053	0.000	-0.001	0.010	0.000	
6886771.185	345704.171	0.000	0.029	-0.003	0.000	
6895007.258	350558.784	0.000	0.020	0.006	0.000	
6888238.909	335764.164	0.000	0.017	-0.013	0.000	
6900129.610	355609.669	0.000	0.009	0.012	0.000	
6928431.170	345782.895	0.000	-0.006	0.027	0.000	
6916407.346	355347.437	0.000	-0.019	0.019	0.000	
6900004.515	304569.023	0.000	0.014	-0.075	0.000	
6934948.132	319175.589	0.000	-0.004	0.029	0.000	
6929987.326	310422.046	0.000	-0.004	0.028	0.000	
6893264.359	314862.462	0.000	-0.010	-0.029	0.000	
6921160.275	302043.663	0.000	-0.050	0.034	0.000	

Raportin loppu

Liite 9

Liite 9. KOKO KUNNAN 25 PISTEEN TM35→YKJ HELMERT-MALLIN MUUNNOSPISTEISTÖ, MUUNNOSPARAMETRIT JA JÄÄNNÖSVIRHEET (Scilab-5.2.2 ja 3Dwin)



Virtain 25 pisteen YKJ TM35_mallin muunnospisteet

Kiintopisteen numero	N (YKJ)	E (YKJ)	N (TM35FIN)	E (TM35FIN)
01M3516	6905627.002	3347927.256	6902731.677	347818.187
05M6023	6908031.259	3335731.815	6905134.857	335627.637
05M6025	6909802.699	3326613.056	6906905.497	326512.534
05M6026	6903052.677	3318110.853	6900158.115	318013.817
91M3180	6919527.034	3320057.65	6916625.835	319959.711
91M9101G	6927067.689	3326221.439	6924163.503	326120.956
96M3509	6930491.48	3335260.007	6927586.021	335155.777
97M3122	6912871.961	3343770.409	6909973.646	343662.955
97M3651	6896590.471	3326776.636	6893698.606	326676.158
97M3654	6913841.092	3311259.504	6910942.073	311165.147
97M3655	6918103.121	3335235.228	6915202.642	335131.185
97M3660B	6905128.241	3343646.034	6902233.080	343538.683
98M3752	6897518.483	3335022.522	6894626.332	334918.717
01M4848	6913961.388	3356319.585	6911062.755	356207.053
05M6021	6889660.064	3345812.266	6886771.185	345704.171
05M6022	6897899.431	3350668.901	6895007.258	350558.784
05M6024	6891128.478	3335868.265	6888238.909	335764.164
97M3658	6903023.821	3355721.864	6900129.610	355609.669
97M3669A	6931336.913	3345891.347	6928431.170	345782.895
97M3680A	6919308.163	3355459.659	6916407.346	355347.437
05M6027	6902899.106	3304660.684	6900004.515	304569.023
91M3177A	6937856.733	3319273.346	6934948.132	319175.589
97M3514	6932893.998	3310516.225	6929987.326	310422.046
97M3649	6896156.163	3314958.178	6893264.359	314862.462
87M8712C	6924063.499	3302134.376	6921160.275	302043.663

Scilab-5.2.2 :
scilab-5.2.2

Consortium Scilab (DIGITEO)
Copyright (c) 1989-2010 (INRIA)
Copyright (c) 1989-2007 (ENPC)

Startup execution:
loading initial environment

Start Make Matrix
Load macros
Load help

```

-->C=[6902731.677 -347818.187 1 0
-->347818.187 6902731.677 0 1
-->6905134.857 -335627.637 1 0
-->335627.637 6905134.857 0 1
-->6906905.497 -326512.534 1 0
-->326512.534 6906905.497 0 1
-->6900158.115 -318013.817 1 0
-->318013.817 6900158.115 0 1
-->6916625.835 -319959.711 1 0
-->319959.711 6916625.835 0 1
-->6924163.503 -326120.956 1 0
-->326120.956 6924163.503 0 1
-->6927586.021 -335155.777 1 0
-->335155.777 6927586.021 0 1
-->6909973.646 -343662.955 1 0
-->343662.955 6909973.646 0 1
-->6893698.606 -326676.158 1 0
-->326676.158 6893698.606 0 1
-->6910942.073 -311165.147 1 0
-->311165.147 6910942.073 0 1
-->6915202.642 -335131.185 1 0
-->335131.185 6915202.642 0 1
-->6902233.08 -343538.683 1 0
-->343538.683 6902233.08 0 1
-->6894626.332 -334918.717 1 0
-->334918.717 6894626.332 0 1
-->6911062.755 -356207.053 1 0
-->356207.053 6911062.755 0 1
-->6886771.185 -345704.171 1 0
-->345704.171 6886771.185 0 1
-->6895007.258 -350558.784 1 0
-->350558.784 6895007.258 0 1
-->6888238.909 -335764.164 1 0
-->335764.164 6888238.909 0 1
-->6900129.610 -355609.669 1 0
-->355609.669 6900129.610 0 1
-->6928431.170 -345782.895 1 0
-->345782.895 6928431.170 0 1
-->6916407.346 -355347.437 1 0
-->355347.437 6916407.346 0 1
-->6900004.515 -304569.023 1 0
-->304569.023 6900004.515 0 1
-->6934948.132 -319175.589 1 0
-->319175.589 6934948.132 0 1
-->6929987.326 -310422.046 1 0
-->310422.046 6929987.326 0 1
-->6893264.359 -314862.462 1 0
-->314862.462 6893264.359 0 1
-->6921160.275 -302043.663 1 0
-->302043.663 6921160.275 0 1
-->]
C =

6902731.67700000014 - 347818.186999999976 1. 0.
347818.186999999976 6902731.67700000014 0. 1.
6905134.856999999984 - 335627.636999999988 1. 0.
335627.636999999988 6905134.856999999984 0. 1.
6906905.497000000044 - 326512.533999999985 1. 0.
326512.533999999985 6906905.497000000044 0. 1.
6900158.115000000022 - 318013.816999999981 1. 0.
318013.816999999981 6900158.115000000022 0. 1.
6916625.83499999996 - 319959.711000000001 1. 0.
319959.711000000001 6916625.83499999996 0. 1.

```


6924163.50299999956	-	326120.956000000006	1.	0.
326120.956000000006		6924163.50299999956	0.	1.
6927586.02099999972	-	335155.777000000002	1.	0.
335155.777000000002		6927586.02099999972	0.	1.
6909973.64599999972	-	343662.955000000016	1.	0.
343662.955000000016		6909973.64599999972	0.	1.
6893698.60599999968	-	326676.157999999996	1.	0.
326676.157999999996		6893698.60599999968	0.	1.
6910942.07299999986	-	311165.146999999997	1.	0.
311165.146999999997		6910942.07299999986	0.	1.
6915202.64199999999	-	335131.184999999998	1.	0.
335131.184999999998		6915202.64199999999	0.	1.
6902233.08000000007	-	343538.683000000019	1.	0.
343538.683000000019		6902233.08000000007	0.	1.
6894626.33200000004	-	334918.717000000004	1.	0.
334918.717000000004		6894626.33200000004	0.	1.
6911062.75499999989	-	356207.053000000014	1.	0.
356207.053000000014		6911062.75499999989	0.	1.
6886771.18499999959	-	345704.170999999973	1.	0.
345704.170999999973		6886771.18499999959	0.	1.
6895007.25800000038	-	350558.783999999985	1.	0.
350558.783999999985		6895007.25800000038	0.	1.
6888238.90899999999	-	335764.163999999999	1.	0.
335764.163999999999		6888238.90899999999	0.	1.
6900129.61000000034	-	355609.668999999994	1.	0.
355609.668999999994		6900129.61000000034	0.	1.
6928431.16999999993	-	345782.895000000019	1.	0.
345782.895000000019		6928431.16999999993	0.	1.
6916407.34599999999	-	355347.436999999976	1.	0.
355347.436999999976		6916407.34599999999	0.	1.
6900004.51499999966	-	304569.022999999986	1.	0.
304569.022999999986		6900004.51499999966	0.	1.
6934948.13200000022	-	319175.588999999978	1.	0.
319175.588999999978		6934948.13200000022	0.	1.
6929987.32600000035	-	310422.045999999973	1.	0.
310422.045999999973		6929987.32600000035	0.	1.
6893264.35900000017	-	314862.462	1.	0.
314862.462		6893264.35900000017	0.	1.
6921160.27500000037	-	302043.663	1.	0.
302043.663		6921160.27500000037	0.	1.

-->

-->D=[6905627.0024
-->3347927.2563
-->6908031.2594
-->3335731.8149
-->6909802.6993
-->3326613.0559
-->6903052.6769
-->3318110.8531
-->6919527.0335
-->3320057.65
-->6927067.6887
-->3326221.4394
-->6930491.4798
-->3335260.0068
-->6912871.9613
-->3343770.409
-->6896590.4713
-->3326776.6355
-->6913841.0917
-->3311259.5037
-->6918103.1213
-->3335235.2282
-->6905128.2413
-->3343646.0337
-->6897518.4834
-->3335022.5218
-->6913961.3879
-->3356319.5847
-->6889660.0637
-->3345812.2657
-->6897899.4313
-->3350668.9014
-->6891128.4784
-->3335868.2646
-->6903023.8210
-->3355721.8640

```

-->6931336.9133
-->3345891.3468
-->6919308.1625
-->3355459.6585
-->6902899.1061
-->3304660.6841
-->6937856.7334
-->3319273.3463
-->6932893.9976
-->3310516.2254
-->6896156.1626
-->3314958.1776
-->6924063.4990
-->3302134.3762
-->]
D =

```

```

6905627.00239999965
3347927.25630000001
6908031.25939999986
3335731.81490000011
6909802.69930000044
3326613.05590000004
6903052.67690000031
3318110.85309999995
6919527.03349999999
3320057.64999999991
6927067.68869999982
3326221.43940000003
6930491.47979999986
3335260.00680000009
6912871.96129999962
3343770.40899999999
6896590.47130000032
3326776.63549999986
6913841.09169999976
3311259.50369999977
6918103.12129999977
3335235.22819999978
6905128.24129999988
3343646.03370000003
6897518.48340000026
3335022.52180000022
6913961.38790000044
3356319.58470000001
6889660.06369999982
3345812.26569999987
6897899.43130000029
3350668.90139999986
6891128.47840000037
3335868.26459999988
6903023.82100000046
3355721.86400000006
6931336.91330000013
3345891.34679999994
6919308.16249999963
3355459.65849999999
6902899.10610000044
3304660.68410000019
6937856.73340000026
3319273.34629999986
6932893.99760000035
3310516.22539999988
6896156.16260000039
3314958.17760000005
6924063.49899999984
3302134.37619999982

```

```

-->inv(C'*C)*C'*D

```

```

Warning :

```

```

matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00

```

```

ans =

```

```

1.00040398877931302
0.00000854590214017
109.683895125985146
2999909.57701728866

```

```
-->v=C*(inv(C'*C)*C'*D)-D
Warning :
matrix is close to singular or badly scaled. rcond = 0.0000D+00
```

```
v =
0.01221905462443829
0.01243148883804679
0.01025605574250221
- 0.00047658337280154
0.00357152614742517
- 0.01174420164898038
- 0.00926588848233223
- 0.01699297409504652
- 0.00972120650112629
0.00695789093151689
- 0.00444130878895521
0.01604791078716516
0.02790686395019293
- 0.05113727832213044
- 0.01649652421474457
0.01095354417338967
0.00373743753880262
- 0.01410673931241035
- 0.05093979556113482
- 0.01222015777602792
0.00487085804343224
0.01970068458467722
0.01146368309855461
- 0.00210106885060668
0.02198823075741529
- 0.00357713550329208
- 0.00130934268236160
0.01023580180481076
0.02912554703652859
- 0.00340405665338039
0.02031957730650902
0.00548979686573148
0.01631590165197849
- 0.01241232547909021
0.00882793962955475
0.01216578111052513
- 0.00598073378205299
0.02732171071693301
- 0.01840835437178612
0.01883493456989527
0.01437932904809713
- 0.07485154131427407
- 0.00391777697950602
0.02846195874735713
- 0.00342081580311060
0.02763424487784505
- 0.00903478730469942
- 0.02851839829236269
- 0.05024953186511993
0.03362641017884016
```

```
-->m= ((v'*v) / (2*25-4)) ^ (1/2)
m =
0.02314145344887806
```

3Dwin:

Helmert parametrit		OK
A	1.000403993439	Peruuta
B	0.000008545077	
Mittakaava	1.000403993475	
Kiertokulma	0.000543776823	Ohje
X vanha	6908615.789	
Y vanha	332013.937	Vaihda
X uusi	6911513.639	
Y uusi	3332116.684	
dZ	0.000	

3D-system Oy 29.06.2010

Helmert-tasointus

Alkuperäinen tiedosto TM35-YKJ 25 pisteen Virrat

Pisteitä

25

Keskivirhe

So 0.023246

Sz 0.000000

Kertoimet

A 1.000404

B 0.000009

C 0.000000

Mittakaava

1.000404

Kiertokulma

0.000544

Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

pno	X	Y	Z	vX	vY	vZ
6905627.002	3347927.256	0.000	-0.012	-0.013	0.000	
6908031.259	3335731.815	0.000	-0.011	0.000	0.000	
6909802.699	3326613.056	0.000	-0.004	0.012	0.000	
6903052.677	3318110.853	0.000	0.010	0.017	0.000	
6919527.034	3320057.650	0.000	0.010	-0.007	0.000	
6927067.689	3326221.439	0.000	0.005	-0.017	0.000	
6930491.480	3335260.007	0.000	-0.028	0.051	0.000	
6912871.961	3343770.409	0.000	0.016	-0.011	0.000	
6896590.471	3326776.636	0.000	-0.004	0.014	0.000	
6913841.092	3311259.504	0.000	0.051	0.012	0.000	
6918103.121	3335235.228	0.000	-0.005	-0.020	0.000	
6905128.241	3343646.034	0.000	-0.012	0.002	0.000	
6897518.483	3335022.522	0.000	-0.022	0.004	0.000	
6913961.388	3356319.585	0.000	0.001	-0.010	0.000	
6889660.064	3345812.266	0.000	-0.029	0.003	0.000	
6897899.431	3350668.901	0.000	-0.020	-0.006	0.000	
6891128.478	3335868.265	0.000	-0.017	0.013	0.000	
6903023.821	3355721.864	0.000	-0.009	-0.012	0.000	
6931336.913	3345891.347	0.000	0.006	-0.027	0.000	
6919308.163	3355459.659	0.000	0.019	-0.019	0.000	
6902899.106	3304660.684	0.000	-0.014	0.075	0.000	
6937856.733	3319273.346	0.000	0.004	-0.029	0.000	
6932893.998	3310516.225	0.000	0.004	-0.028	0.000	
6896156.163	3314958.178	0.000	0.010	0.029	0.000	
6924063.499	3302134.376	0.000	0.050	-0.034	0.000	

Raportin loppu

Liite 10

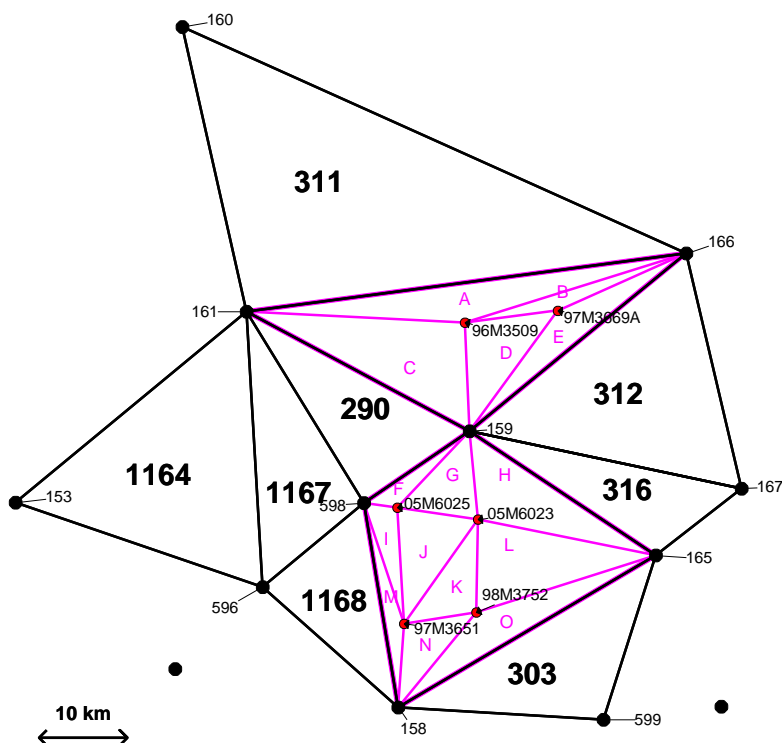
Liite 10. AFFIINISEN KOLMIOITTAISEN MUUNNOKSEN (JHS 154) JÄÄNNÖS-
VIRHEET

Kiintopisteen numero	X (KKJ)	Y (KKJ)	ΔX m	ΔY m	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ mm
01M3516	6902194.4	2503931.1	0.004	0.000	4.1
05M6023	6904030.6	2491641.2	0.002	-0.012	11.9
05M6025	6905377.2	2482453.3	0.001	-0.010	10.5
05M6026	6898243.3	2474276	-0.006	0.006	8.8
91M3180	6914783.6	2475456.8	-0.008	-0.001	8.4
91M9101G	6922599.1	2481262	-0.007	-0.009	11.6
96M3509	6926437.4	2490128.9	0.020	-0.081	83.2
97M3122	6909236.9	2499444.4	-0.024	-0.006	25.2
97M3651	6892191.5	2483228.3	-0.005	-0.009	10.3
97M3654	6908698.4	2466935.2	-0.044	0.003	43.9
97M3655	6914065.3	2490678.6	0.000	0.000	0.2
97M3660B	6901498.1	2499678.9	0.003	-0.013	13.3
98M3752	6893499.7	2491419.6	0.012	-0.006	13.7
01M4848	6910906.4	2511926.1	-0.019	-0.018	26.5
05M6021	6886151.3	2502557.9	-0.008	-0.005	9.2
05M6022	6894604.2	2507026.8	0.003	-0.002	3.5
05M6024	6887157.8	2492559.7	0.001	-0.009	9.5
97M3658	6899955.6	2511835.8	0.000	0.000	0.1
97M3669A	6927774.9	2500706.2	-0.014	-0.002	14.2
97M3680A	6916206.2	2510819.5	-0.034	-0.009	35.3
05M6027	6897467.3	2460853.1	0.022	-0.043	48.4
91M3177A	6933050.1	2473823.4	-0.004	-0.009	10.1
97M3514	6927688.2	2465309.6	0.000	-0.001	1.4
97M3649	6891211	2471447.2	-0.006	0.003	6.9
87M8712C	6918482.3	2457350.1	-0.042	0.021	47.1

Liite 11

Liite 11. AFFIINISET TIHENNYSKOLMIOT KÄRKIPISTEINEEN JA MUUNNOSPARAMETRIT (Scilab-5.2.2.)

Alla tihennyskolmiot (punainen) sekä tihentämättömät Geodeettisen laitoksen Virtain alueen YKJ/TM35FIN –muunnoskolmiot. Kolminumeroiset GL:n kolmioiden kärkipisteiden tunnistukset ovat Coordtrans –aineistopalvelun mukaisia. Muut kärkipisteiden tunnistukset ovat MML:n ETRS89-pisteiden tunnistuksia.



Seuraavassa on esitetty tihennyskolmioiden kärkipisteet ja esimerkkinä kolmioiden affiinisit parametrit YKJ-koordinaatistosta TM35FIN-koordinaatistoon.

Taulukot vastaavat tietosisällöltään Coordtrans-palvelusta ladattavia kkjEUREF-FINtriangulationVertices- ja KKJ_TO_ETRS_TM35FIN-tiedostoja, mutta tulostus paperille ei antanut mahdollisuutta esittää niitä samassa formaatissa. Kolmioiden ja kärkipisteiden tunnistuksia ei taulukoissa ole havainnollisuuden takia muokattu. Tihennyskolmiot korvaavat Coordtrans-palvelun kolmiot 306, 314 ja 1163.

Tihennyskolmioiden kärkipisteet:

Kärkipiste	YKJ N	YKJ E	TM35FIN N	TM35FIN E
158	6887125.107	3325643.826	6884237.062	325543.891
159	6918103.121	3335235.228	6915202.642	335131.185
161	6932893.998	3310516.224	6929987.326	310422.046
165	6903023.821	3355721.864	6900129.61	355609.669
166	6937157.402	3360777.261	6934249.454	360662.756
598	6910516.986	3322832.164	6907619.458	322733.165
05M6023	6908031.259	3335731.815	6905134.857	335627.637
05M6025	6909802.699	3326613.056	6906905.497	326512.534
96M3509	6930491.480	3335260.007	6927586.021	335155.777
97M3651	6896590.471	3326776.636	6893698.606	326676.158
97M3669A	6931336.913	3345891.347	6928431.170	345782.895
98M3752	6897518.483	3335022.522	6894626.332	334918.717

Tihennyskolmioiden affiiniset parametrit YKJ-koordinaatistosta TM35FIN-koordinaatistoon:

Kolmio	Kärkipisteet	Parametrit	Kolmio	Kärkipisteet	Parametrit	
A	96M3509	a	D	159	a	0.99959801581769600
		b		97M3669A	b	0.00000520609637533
	161	c		96M3509	c	-136.87269592285100000
		d		0.00000993111240177	d	-0.00001428673881421
	e	0.99959472900660400		e	0.99960400841014500	
	f	-2998821.3728925800000		f	-2998684.4806762300000	
B	166	a	E	166	a	0.99959347246704000
		b		97M3669A	b	0.00001084885354885
	96M3509	c		97M3669A	c	-124.26105022430400000
		d		-0.00003053946231546	d	-0.00000832921197969
	e	0.99960530136082300		e	0.99959661034310400	
	f	-2998576.1555702600000		f	-2998701.0211579700000	
C	161	a	F	159	a	0.99959519721323800
		b		598	b	0.00000966899415289
	159	c		05M6025	c	-132.25177764892500000
		d		-0.00001427969806755	d	-0.00000485375066717
	96M3509	e		0.99959236996892200	e	0.99959629533834900
		f		-2998645.7125660100000	f	-2998724.0138559300000

Kolmio	Kärkipisteet		Parametrit	Kolmio	Kärkipisteet		Parametrit
G	159	a	0.99959570129760700	L	165	a	0.99959508389872500
		b	0.00000917977467907			05M6023	b
	05M6023	c	-134.11613845825100000		98M3752	c	-126.49330139160100000
		d	-0.00000643576384007			d	-0.00000828196578695
		e	0.99959781802172200			e	0.99959687582830700
		f	-2998718.1482464200000			f	-2998702.2516510700000
H	159	a	0.99959561894399900	M	598	a	0.99959551468072000
		b	0.00000830879446312			158	b
	05M6023	c	-130.64037132263100000		97M3651	c	-127.53117942810000000
		d	-0.00000644938931771			d	-0.00000878172785690
		e	0.99959733493940500			e	0.99959404023752500
		f	-2998716.4427358500000			f	-2998689.3763226200000
I	598	a	0.99959617927243000	N	158	a	0.99959512100531300
		b	0.00000993241435765			98M3752	b
	97M3651	c	-139.92298030853200000		97M3651	c	-135.78330993652300000
		d	-0.00000833718922522			d	-0.00000920312153596
		e	0.99959560923703400			e	0.99959756153635400
		f	-2998697.6621351500000			f	-2998698.1849388700000
J	05M6025	a	0.99959617041122300	O	165	a	0.99959834840819800
		b	0.00000927103074844			158	b
	97M3651	c	-137.66244697570800000		98M3752	c	-146.11551666259700000
		d	-0.00000834460735177			d	-0.00000867976969943
		e	0.99959744722906200			e	0.99959698160318300
		f	-2998703.7250922600000			f	-2998699.8606022000000
K	05M6023	a	0.99959489810555600				
	97M3651	b	0.00001090726436814				
	98M3752	c	-134.33241271972600000				
		d	-0.00000832174221443				
		e	0.99959746253764300				
		f	-2998703.9342826400000				

Liite12

Liite 12. KALTEVAN TASON SIIRTOKORJAUSMALLIN N60→N2000 PARAMET-
RIT (PASW Statistic 18) JA JÄÄNNÖSVIRHEET

PASW Statistic 18:

```
* NonLinear Regression.
MODEL PROGRAM b1=0 b2=0 b3=0.
COMPUTE PRED_=b1+b2*NKKJ+b3*EKKJ.
NLR N2000N60
  /OUTFILE='C:\Users\Antti\AppData\Local\Temp\spss3040\SPSSFNLR.TMP'
  /PRED PRED_
  /CRITERIA SCONVERGENCE 1E-8 PCON 1E-8.
```

Iteration History^b

Iteration Number ^a	Residual Sum of Squares	Parameter		
		b1	b2	b3
1.0	12.693	.000	.000	.000
1.1	.001	-.952	4.253E-7	-6.555E-7
2.0	.001	-.952	4.253E-7	-6.555E-7

Derivatives are calculated numerically.

a. Major iteration number is displayed to the left of the decimal, and minor iteration number is to the right of the decimal.

b. Run stopped after 3 model evaluations and 2 derivative evaluations because the relative reduction between successive parameter estimates is at most PCON = 1.00E-008.

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
b1	-.952	.282	-1.512	-.391
b2	4.253E-7	.000	3.460E-7	5.046E-7
b3	-6.555E-7	.000	-6.973E-7	-6.137E-7

Correlations of Parameter Estimates

	b1	b2	b3
b1	1.000	-.983	-.212
b2	-.983	1.000	.027
b3	-.212	.027	1.000

ANOVA^a

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares
Regression	12.692	3	4.231
Residual	.001	97	.000
Uncorrected Total	12.693	100	
Corrected Total	.011	99	

Dependent variable: N2000-N60

a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = .919.

Kaltevan tason siirtokorjausmallin jäännösvirheet :

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Kaltevan tason mallin jäännösvirhe, mm	Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Kaltevan tason mallin jäännösvirhe, mm
2001	6902628	2488785	-0.3	61150	6909779	2466253	2.8
2002	6903427	2488681	-0.6	61151	6907297	2468905	2.7
2003	6903625	2488471	0.2	61152	6906383	2470305	2.5
2764	6898641	2491909	0	61153	6905365	2470215	1.7
41167	6905127	2488146	0.1	61154	6904176	2470383	0.9
41168	6906664	2487949	0.1	61155	6903025	2470755	0.8
41169	6908973	2488699	0.9	61156	6899723	2470997	-0.5
41170	6911167	2489613	2.6	61157	6898669	2471089	-1
41171	6912376	2490230	3.5	512753	6906904	2470043	2.6
41172	6917955	2491888	5.3	512754	6907405	2468304	3.1
41173	6921846	2494218	-2.3	512756	6911459	2465141	2.8
41174	6923101	2494508	-4.9	512758	6916018	2463054	3.6
41175	6924438	2495187	-7.2	552311	6920059	2492536	2.7
50109	6904275	2510872	-1.8	552312	6918773	2492272	6.4
50110	6904433	2509426	-0.3	552313	6917107	2491604	5.2
50111	6905020	2508213	-0.1	552314	6915416	2491087	4.5
50112	6905968	2505649	-0.7	552315	6913106	2490751	4.1
50113	6905738	2503886	4.2	552317	6909747	2488997	1.8
50115	6905027	2500502	6	552318	6908163	2488299	0.1
50116	6903704	2499092	-0.3	552319	6905952	2488151	-0.2
50117	6903861	2497168	0.1	553349	6906635	2501856	4.5
50118	6903237	2496160	-0.8	681701	6899970	2490574	0.2
50119	6903560	2493977	1.4	681702	6901256	2489714	0.5
50120	6904084	2492577	-0.1	712241	6901944	2489356	0.4
50121	6903991	2490991	-2.1	712242	6897566	2491828	-0.1
50122	6904248	2489334	1.2	781108	6901738	2470548	0
50123	6904666	2487958	-0.2	781306	6907249	2502615	3.9
50124	6905785	2485737	1.6	782301	6905904	2504472	3.9
50125	6904471	2484489	2	782302	6906042	2505181	5
50126	6903795	2482480	-0.9	782303	6906127	2505570	2.6
50127	6902653	2481666	-2.8	782304	6906143	2506061	3.3
50128	6901850	2480242	-2	782308	6904624	2508931	0.4

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Kaltevan tason mallin jäännösvirhe, mm	Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Kaltevan tason mallin jäännösvirhe, mm
50129	6900802	2479066	1.1	97M0114	6905376	2502128	6
50130	6900547	2476992	2.4	MP92519	6920919	2493900	-0.5
50131	6900248	2475660	2.5	41167	6905127	2488146	0.1
50132	6899761	2473500	2.3	50135	6897103	2468277	-5
50133	6899140	2472071	-0.8	50138	6894617	2464215	-7.1
50134	6898210	2470212	-2	61143	6918098	2460738	3.9
61145	6916787	2462054	3.5	61144	6917359	2461382	4.1
61146	6914737	2464016	3.4	542225	6914338	2461056	-1.9
61147	6913646	2464418	3	542227	6908592	2459638	-4.4
61148	6912667	2464650	3.7	552304	6931600	2499463	-9.8
61149	6910565	2465818	3.3	552308	6925009	2495844	-8.1
712243	6896761	2492219	0.2				
712244	6896028	2492736	0.5				
712245	6895342	2493208	0.9				
712246	6893960	2494175	0.2				
712249	6889015	2497549	1.4				
771402	6908393	2504331	3.2				
771404	6909550	2506449	3				
782305	6906192	2506707	-0.1				
782306	6905976	2507187	-0.7				
782307	6905557	2507855	-0.9				
983201	6905410	2509141	-0.9				
983202	6906269	2510666	-1.8				
91M2211	6928580	2478221	-2.1				
97M0136	6896395	2467130	-6				

Liite 13

Liite 13. TOISEN ASTEEN SIIRTOKORJAUSMALLIN N60→N2000 PARAMETRIT (PASW Statistic 18) JA JÄÄNNÖSVIRHEET

PASW Statistic 18:

```
* NonLinear Regression.
MODEL PROGRAM a=0 b=0 c=0 d=0 e=0 f=0.
COMPUTE PRED_=a+b * NKKJ + c*EKKJ + d * NKKJ ** 2 + e * EKKJ * NKKJ + f * EKKJ ** 2.
NLR N2000N60
  /OUTFILE='C:\Users\Antti\AppData\Local\Temp\spss4832\SPSSFNLR.TMP'
  /PRED PRED_
  /CRITERIA SCONVERGENCE 1E-8 PCON 1E-8.
```

Iteration History^b

Iteration Number ^a	Residual Sum of Squares	Parameter					
		a	b	c	d	e	f
1.0	12.693	.000	.000	.000	.000	.000	.000
1.1	.001	-2.021	4.778E-7	6.248E-8	7.870E-14	-4.592E-13	4.937E-13
2.0	.001	-2.021	4.778E-7	6.248E-8	7.870E-14	-4.592E-13	4.937E-13
2.1	.001	-9.034	1.310E-6	3.394E-6	1.762E-13	-1.337E-12	1.043E-12
dimension0 3.0	.001	-9.034	1.310E-6	3.394E-6	1.762E-13	-1.337E-12	1.043E-12
3.1	.001	-26.580	2.913E-6	1.306E-5	3.155E-13	-2.755E-12	1.070E-12
4.0	.001	-26.580	2.913E-6	1.306E-5	3.155E-13	-2.755E-12	1.070E-12
4.1	.001	-64.495	6.662E-6	3.314E-5	5.005E-13	-5.291E-12	5.533E-13
5.0	.001	-64.495	6.662E-6	3.314E-5	5.005E-13	-5.291E-12	5.533E-13

5.1	.001	-149.335	1.875E-5	6.781E-5	3.948E-13	-9.562E-12	-4.849E-13
6.0	.001	-149.335	1.875E-5	6.781E-5	3.948E-13	-9.562E-12	-4.849E-13
6.1	.001	-314.932	5.645E-5	9.624E-5	-1.728E-12	-1.292E-11	-1.532E-12
7.0	.001	-314.932	5.645E-5	9.624E-5	-1.728E-12	-1.292E-11	-1.532E-12
7.1	.001	-600.151	.000	.000	-7.362E-12	-1.359E-11	-2.302E-12
8.0	.001	-600.151	.000	.000	-7.362E-12	-1.359E-11	-2.302E-12
8.1	.001	-1019.246	.000	.000	-1.614E-11	-1.329E-11	-3.172E-12
9.0	.001	-1019.246	.000	.000	-1.614E-11	-1.329E-11	-3.172E-12
9.1	.001	-1018.722	.000	.000	-1.612E-11	-1.331E-11	-3.178E-12
9.2	.001	-1018.722	.000	.000	-1.612E-11	-1.331E-11	-3.178E-12
9.3	.001	-1018.722	.000	.000	-1.612E-11	-1.331E-11	-3.178E-12
9.4	.001	-1019.037	.000	.000	-1.612E-11	-1.330E-11	-3.178E-12
9.5	.001	-1019.301	.000	.000	-1.613E-11	-1.330E-11	-3.178E-12
10.0	.001	-1019.301	.000	.000	-1.613E-11	-1.330E-11	-3.178E-12
10.1	.001	-1019.375	.000	.000	-1.613E-11	-1.331E-11	-3.180E-12
10.2	.001	-1019.320	.000	.000	-1.613E-11	-1.330E-11	-3.179E-12
10.3	.001	-1019.306	.000	.000	-1.613E-11	-1.330E-11	-3.178E-12
10.4	.001	-1019.302	.000	.000	-1.613E-11	-1.330E-11	-3.178E-12

Derivatives are calculated numerically.

a. Major iteration number is displayed to the left of the decimal, and minor iteration number is to the right of the decimal.

b. Run stopped after 27 model evaluations and 10 derivative evaluations because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSSCON = 1.00E-008.

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
a	-1019.301	134.355	-1286.067	-752.535
b	.000	.000	.000	.000
c	.000	.000	6.619E-5	.000
d	-1.613E-11	.000	-2.172E-11	-1.054E-11
e	-1.330E-11	.000	-1.843E-11	-8.164E-12
f	-3.178E-12	.000	-5.671E-12	-6.839E-13

Correlations of Parameter Estimates

	a	b	c	d	e	f
a	1.000	-.982	-.209	.938	.134	.306
b	-.982	1.000	.019	-.986	.049	-.205
c	-.209	.019	1.000	.139	-.957	-.555
d	.938	-.986	.139	1.000	-.214	.153
e	.134	.049	-.957	-.214	1.000	.289
f	.306	-.205	-.555	.153	.289	1.000

ANOVA^a

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares
Regression	12.692	6	2.115
Residual	.001	94	.000
Uncorrected Total	12.693	100	
Corrected Total	.011	99	

Dependent variable: N2000-N60

a. $R^2 = 1 - (\text{Residual Sum of Squares}) / (\text{Corrected Sum of Squares}) = .955$.

Toisen asteen siirtokorjauspolynomin jäännösvirheet:

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Toisen asteen polynomin jäännösvirhe, mm	Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Toisen asteen polynomin jäännösvirhe, mm
2001	6902628	2488785	-1.9	50119	6903560	2493977	-0.5
2002	6903427	2488681	-2.4	50120	6904084	2492577	-2.0
2003	6903625	2488471	-1.7	50121	6903991	2490991	-4.1
2764	6898641	2491909	-0.8	50122	6904248	2489334	-0.7
41167	6905127	2488146	-1.9	50123	6904666	2487958	-2.2
41168	6906664	2487949	-2.1	50124	6905785	2485737	-0.5
41169	6908973	2488699	-1.5	50125	6904471	2484489	0.1
41170	6911167	2489613	0.4	50126	6903795	2482480	-2.5
41171	6912376	2490230	1.4	50127	6902653	2481666	-4.0
41172	6917955	2491888	4.7	50128	6901850	2480242	-2.8
41173	6921846	2494218	-0.9	50129	6900802	2479066	0.9
41174	6923101	2494508	-2.8	50130	6900547	2476992	2.5
41175	6924438	2495187	-4.1	50131	6900248	2475660	3.0
50109	6904275	2510872	-2.7	50132	6899761	2473500	3.4
50110	6904433	2509426	-1.3	50133	6899140	2472071	0.8
50111	6905020	2508213	-1.2	50134	6898210	2470212	0.6
50112	6905968	2505649	-2.0	61145	6916787	2462054	0.4
50113	6905738	2503886	2.7	61146	6914737	2464016	0.5
50115	6905027	2500502	4.2	61147	6913646	2464418	0.2
50116	6903704	2499092	-2.1	61148	6912667	2464650	1.2
50117	6903861	2497168	-1.7	61149	6910565	2465818	1.2
50118	6903237	2496160	-2.6	61150	6909779	2466253	0.9
				61151	6907297	2468905	1.3
				61152	6906383	2470305	1.2
				61153	6905365	2470215	0.8
				61154	6904176	2470383	0.4

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Toisen asteen polynomin jäännösvirhe, mm
61155	6903025	2470755	0.8
61156	6899723	2470997	1.1
61157	6898669	2471089	1.1
512753	6906904	2470043	1.2
512754	6907405	2468304	1.6
512756	6911459	2465141	0.5
512758	6916018	2463054	0.6
552311	6920059	2492536	2.9
552312	6918773	2492272	6.2
552313	6917107	2491604	4.3
552314	6915416	2491087	3.0
552315	6913106	2490751	2.2
552317	6909747	2488997	-0.5
552318	6908163	2488299	-2.2
552319	6905952	2488151	-2.4
553349	6906635	2501856	2.9
681701	6899970	2490574	-0.9
681702	6901256	2489714	-0.9
712241	6901944	2489356	-1.1
712242	6897566	2491828	-0.6
781108	6901738	2470548	0.6
781306	6907249	2502615	2.5
782301	6905904	2504472	2.5
782302	6906042	2505181	3.7
782303	6906127	2505570	1.4
782304	6906143	2506061	2.2

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Toisen asteen polynomin jäännösvirhe, mm
782308	6904624	2508931	-0.6
97M0114	6905376	2502128	4.4
MP92519	6920919	2493900	0.4
41167	6905127	2488146	-1.9
50135	6897103	2468277	-1.2
50138	6894617	2464215	-0.4
61143	6918098	2460738	0.7
61144	6917359	2461382	0.9
542225	6914338	2461056	-4.6
542227	6908592	2459638	-5.2
552304	6931600	2499463	-0.1
552308	6925009	2495844	-4.5
712243	6896761	2492219	0.0
712244	6896028	2492736	0.5
712245	6895342	2493208	1.1
712246	6893960	2494175	0.9
712249	6889015	2497549	4.0
771402	6908393	2504331	2.2
771404	6909550	2506449	2.6
782305	6906192	2506707	-1.2
782306	6905976	2507187	-1.7
782307	6905557	2507855	-2.0
983201	6905410	2509141	-1.8
983202	6906269	2510666	-2.4
91M2211	6928580	2478221	-1.3
97M0136	6896395	2467130	-1.4

Liite 14

Liite 14. N60- JA N2000-KORKEUSJÄRJESTELMIEN VÄLISTEN MUUNNOS-
KOLMIOIDEN JÄÄNNÖSVIRHEET

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Muunnoskolmioiden jäännösvirhe,mm	Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Muunnoskolmioiden jäännösvirhe,mm
2001	6902628	2488785	-0.2	61150	6909779	2466253	9.1
2002	6903427	2488681	-0.5	61151	6907297	2468905	5.6
2003	6903625	2488471	0.3	61152	6906383	2470305	3.6
2764	6898641	2491909	-0.6	61153	6905365	2470215	3
41167	6905127	2488146	0.6	61154	6904176	2470383	2.1
41168	6906664	2487949	0.8	61155	6903025	2470755	1.9
41169	6908973	2488699	2.4	61156	6899723	2470997	1.2
41170	6911167	2489613	5.2	61157	6898669	2471089	0.9
41171	6912376	2490230	6.7	512753	6906904	2470043	4
41172	6917955	2491888	10.6	512754	6907405	2468304	6.8
41173	6921846	2494218	5.1	512756	6911459	2465141	10.4
41174	6923101	2494508	2.9	512758	6916018	2463054	10.9
41175	6924438	2495187	1.3	552311	6920059	2492536	8.7
50109	6904275	2510872	-0.2	552312	6918773	2492272	12.1
50110	6904433	2509426	1.2	552313	6917107	2491604	10.1
50111	6905020	2508213	1.5	552314	6915416	2491087	8.8
50112	6905968	2505649	0.9	552315	6913106	2490751	7.7
50113	6905738	2503886	5.7	552317	6909747	2488997	3.7
50115	6905027	2500502	7.1	552318	6908163	2488299	1.3
50116	6903704	2499092	0.5	552319	6905952	2488151	0.4
50117	6903861	2497168	0.9	553349	6906635	2501856	6
50118	6903237	2496160	-0.2	681701	6899970	2490574	-0.1
50119	6903560	2493977	1.9	681702	6901256	2489714	0.3
50120	6904084	2492577	0.3	712241	6901944	2489356	0.3
50121	6903991	2490991	-1.8	712242	6897566	2491828	-0.8
50122	6904248	2489334	1.4	781108	6901738	2470548	1.4
50123	6904666	2487958	0	781306	6907249	2502615	5.6
50124	6905785	2485737	1.8	782301	6905904	2504472	5.4
50125	6904471	2484489	2.3	782302	6906042	2505181	6.6
50126	6903795	2482480	-0.3	782303	6906127	2505570	4.3
50127	6902653	2481666	-2	782304	6906143	2506061	5
50128	6901850	2480242	-0.9	782308	6904624	2508931	1.9
50129	6900802	2479066	2.3	97M0114	6905376	2502128	7.4
50130	6900547	2476992	3.7	MP92519	6920919	2493900	6.5
50131	6900248	2475660	4	41167	6905127	2488146	0.6
50132	6899761	2473500	3.9	50135	6897103	2468277	-0.2
50133	6899140	2472071	0.9	50138	6894617	2464215	3.4
50134	6898210	2470212	0	61143	6918098	2460738	11.9
61145	6916787	2462054	11.1	61144	6917359	2461382	11.9
61146	6914737	2464016	10.6	542225	6914338	2461056	7.4
61147	6913646	2464418	10.3	542227	6908592	2459638	8.3

Kiintopisteen numero	N (KKJ)	E (KKJ)	Muunnoskolmioiden jäännösvirhe,mm
61148	6912667	2464650	11.4
61149	6910565	2465818	10.1
712243	6896761	2492219	-0.6
712244	6896028	2492736	-0.3
712245	6895342	2493208	0
712246	6893960	2494175	-0.9
712249	6889015	2497549	-0.3
771402	6908393	2504331	5.3
771404	6909550	2506449	5.4
782305	6906192	2506707	1.7
782306	6905976	2507187	1.1
782307	6905557	2507855	0.8
983201	6905410	2509141	0.8
983202	6906269	2510666	0.2
91M2211	6928580	2478221	-1.7
97M0136	6896395	2467130	0.5
552304	6931600	2499463	2.1
552308	6925009	2495844	0.9

Liite 15

Liite 15. KAAVAN POHJAKARTAN KÄYRÄSTÖN MUUNTO VAKIOKORJAUKSEL-
LA (Vertical Mapper 3.0)

Muunto suoritettiin MapInfon Vertical Mapper –ohjelmalla(versio 3.0). Työvaiheet olivat seuraavat

1. Yhden metrin välein oleva käyrästö muunnettiin pistetiedostoksi, jolloin jokainen käyrän solmupiste muodosti oman pisteen. Jokaisella pisteellä oli ominaisuustietona N60-korkeus.
2. Interpolointimenetelmänä käytettiin kolmiointia (Triangulation with smoothing). 10 x 10 m:n maastomallin pikseleiden korkeusarvot laskettiin kolmioiden kärkipisteiden avulla lineaarisella interpoloinnilla.
3. Pikseleiden korkeusarvoihin lisättiin Virtojen keskustan vakiokorjaus 0,353 m. Tuloksena oli N2000-järjestelmän mukainen maastomalli.
4. Maastomallista tuotettiin yhden metrin välein oleva käyrästö. Korkeusarvot ovat tasametrejä N2000-järjestelmässä.

Alkuperäisen käyrästön katkonaisuus ja vesistöjen rajaviivaelementin puute aiheuttivat epävarmuutta uuden käyrästön muodostamisessa. Interpolointimenetelmät asettavat aina rajoituksia tuloksen laadulle. Lisäksi mm. uuden käyrästön poistotealueilta aiheutti runsaasti käsityötä.

Seuraavalla sivulla on esimerkki tuotetusta N2000-käyrästöstä.

Alla on esimerkki alkuperäisestä N60-käyrästöstä (musta) ja nyt tuotetusta N2000-käyrästöstä (punainen). N2000-käyrät on poistettu manuaalisesti kuvan oikeasta yläaidassa tien kohdalta. Käyräväli molemmissa käyrästöissä on yksi metri.

