

Markku Korhonen

# Kirkkonummen kunnan taso- ja korkeusjärjestelmien muuntaminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (ylempi AMK)  
Rakentamisen koulutusohjelma,  
maanmittauksen suuntautuminen  
Opinnäytetyö  
16.9.2013

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Markku Korhonen Kirkkonummen kunnan taso- ja korkeusjärjestelmien muuntaminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin 59 sivua 16.9.2013
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	maanmittaustekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Vesa Rope
<p>Kirkkonummen kunnassa on koordinaatistojen muunnoksien lähtökohtana pidetty sitä, että muunnokset tehdään yksinkertaisia menetelmiä käyttäen, mikäli tämä on tavoitetarkkuusrajojen puitteissa mahdollista. Työn tarkoituksena on ollut selvittää, pystytäänkö Kirkkonummella taso- ja korkeuskoordinaatistojen muunnokset tekemään käyttäen valmiiksi määriteltäviä valtakunnallisia tasomuunnosparametreja ja korkeusmuunnos tekemään vakiokorkeusarvolla. Näitä koordinaatistojen muunnosvaihtoehtoja on tarkasteltu ja niiden soveltuvuutta käytännössä tutkittu.</p> <p>Kirkkonummen kunnassa ryhdyttiin tekemään taso- ja korkeuskoordinaatiston muunnoksia, koska julkiset laitokset ja organisaatiot ovat siirtymässä käyttämään omissa järjestelmissään yhteiseurooppalaisen tasokoordinaatiston suomalaiskansallista realisaatiota EUREF-FIN ja uutta korkeuskoordinaatistoa N2000. Pääkaupunkiseudulla on useammalla kunnalla käynnissä koordinaatistojen muunnoshankkeita ja lisääntyvän yhteistyön takia paikkatietoaineistojen osalta näiden toimijoiden kanssa päädyttiin Kirkkonummella valita tasokoordinaatistoksi yhteinen ETRS-GK25.</p> <p>Tasojärjestelmän muunnoksen osalta tarkasteltiin, pystytäänkö muunnos suorittamaan valmiilla määritetyillä muunnosparametreilla vai joudutaanko suorittamaan runkopistemittauksia ja määrittämään paikalliset muunnosparametrit.</p> <p>Korkeusjärjestelmän muunnosta varten kartoitettiin kunnan alueelta ne korkeuskiintopisteet, joille tunnetaan vaaitut korkeudet molemmissa korkeusjärjestelmissä. Tällä tarkastelulla selvitettiin korkeuden vakioimuunnosarvo ja se, onko korkeusverkossa alueellisia poikkeamia vai onko uuden ja vanhan korkeusjärjestelmän välinen korkeusero homogeeninen koko kunnan alueella.</p> <p>Kirkkonummella ei ole käytetty ns. paikallista taso- tai korkeuskoordinaatistoa, vaan paikkatiedot ovat sidottuja Maanmittauslaitoksen käyttämään valtakunnalliseen taso- ja korkeuskoordinaatistoon. Tästä johtuen muunnokset aikaisemmista koordinaatistojärjestelmistä uusiin järjestelmiin voidaan toteuttaa käyttämällä valmiita tasomuunnosparametreja ja vakiokorkeusmuunnosarvoa.</p>	
Avainsanat	ETRS-GK25, EUREF-FIN, N2000

Author Title Number of Pages Date	Markku Korhonen The municipality of Kirkkonummi's plane and height system transformation in to EUREF-FIN and N2000 systems 59 pages 16 September 2013
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Land Surveying
Instructor	Principal Lecturer Vesa Rope
<p>In the municipality of Kirkkonummi the starting point for the coordinate transformations has been that the transformations should be carried out using simple methods, if this is possible within the limits of target precision. The purpose of this thesis work has been to examine if the plane and height system transformation using already defined national plane transformation parametrics and the height transformation using standard height value can be carried out in Kirkkonummi. These alternatives of the coordinate transformation has been examines and studied their sustainability in practice.</p> <p>The municipality of Kirkkonummi began to make plane and height system transformation because public institutions and organizations are switching over to the joint European plane coordinates Finnish national realization EUREF-FIN and the new height coordinate N2000 in their own systems. In the metropolitan area there are under way coordinate transformation projects in several municipalities, and because of incremental cooperation on geographic information materials with these actors, Kirkkonummi decided to choose the joint ETRS-GK25 as plane coordinate system.</p> <p>As for the plane system transformation, it was examined, can the transformation be carried out with already defined transformation parametrics or do reference point measurements have to be performed and local transformation parametrics defined.</p> <p>For the height system transformation those height fixed points from the municipality area was surveyed which defined heights are known in both height systems. This investigation clarified the standard height transformation value and whether there are local deviations in the height network, or if the height differences between the new and the old height system is homogeneous in the entire area of the municipality.</p> <p>In the municipality of Kirkkonummi one has not used so called local plane and height coordinate system because all geographic information has been combined with national plane and height coordinate system which used in National Land Survey of Finland. Because of that transformation from the earlier coordinate systems to new systems can be done by using already defined plane transformation parameters and standard height transformation value.</p>	
Keywords	ETRS-GK25, EUREF-FIN, N2000

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Työn tavoitteet ja menetelmät	2
2	Teoria	3
2.1	Tasokoordinaatistot	3
2.1.1	Aikaisemman tasokoordinaatiston VVJ:n määritelmä	4
2.1.2	Nykyisen tasokoordinaatiston KKJ:n määritelmä	4
2.1.3	Uuden tasokoordinaatiston EUREF-FIN:nin määritelmä	5
2.2	Tasokoordinaatiston muunnosvaihtoehdot	6
2.2.1	Helmert-muunnos	7
2.2.2	Affiininen muunnos	8
2.2.3	Affiininen kolmioittainen muunnos	10
2.3	Korkeuskoordinaatistot	12
2.3.1	Aikaisemman korkeuskoordinaatiston N43:n määritelmä	12
2.3.2	Nykyisen korkeuskoordinaatiston N60:n määritelmä	12
2.3.3	Uuden korkeuskoordinaatiston N2000:n määritelmä	13
2.3.4	Geoidimallit	13
2.4	Korkeuskoordinaatiston muunnosvaihtoehdot	14
2.4.1	Vakiomuunnosarvo koko muunnosalueelle	14
2.4.2	Alueellisten muunnosarvojen määrittäminen	14
3	Lähtötilanne	16
3.1	Tasorunkoverkon tilan määrittäminen	16
3.1.1	Nykyinen tasokoordinaatisto	16
3.1.2	Aikaisemmat tasokoordinaatiston muunnokset	17
3.1.3	Tasorunkoverkon homogeenisuus	18
3.2	Korkeusrunkoverkon tilan määrittäminen	20
3.2.1	Nykyinen korkeuskoordinaatisto	20
3.2.2	Aikaisemmat korkeuskoordinaatiston muunnokset	20

3.2.3	Korkeusrunkoverkon homogeenisuus	24
3.3	Kunnan GNSS-mittaus VRS-verkossa	26
4	Muunnoksien tulokset	26
4.1	Tarkkuusvaatimukset	26
4.2	ETRS-GKn karttaprojektiokaistan valinta	27
4.3	Tasokoordinaatiston muunnos	28
4.4	Korkeuskoordinaatiston muunnos	33
4.5	Paikkatiedon tuotantoympäristön muunnos	39
4.5.1	Paikkatietoaineistot	39
4.5.2	Paikkatietojärjestelmä	46
4.5.3	Paikkatiedon tuottajat ja käyttäjät	48
4.6	Seudulliset koordinaatistojen muunnoshankkeet	49
5	Päätelmät	49
5.1	Muunnoksien tulokset	49
5.2	Tiedottaminen	50
5.3	Koordinaatiston muunnostyön aiheuttamat kustannukset	51
5.4	Tulevaisuuden jatkohankkeet	51
	Lähteet	52

## Lyhenteet

BLR. Baltic Leveling Ring. Itämeren ympäri kulkeva vaaitusverkko, joka muodostuu kansallisista korkeusverkoista.

ED50. European Datum 1950. 1950-luvulla tehty Euroopan kolmioverkkojen yhteistaitus.

EPN. EUREF Permanent Network. Euroopan pysyvä GPS-verkko, johon kuuluu Suomen pysyvistä FinnRef-aseamista neljä asemaa Metsähovi, Vaasa, Joensuu ja Sodankylä.

ETRS89. European Terrestrial Reference System 89. Tasokoordinaatisto, joka on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan defortumattomiin osiin ja yhtyy ITRS-järjestelmään epookissa 1989.0.

ETRS-GKn. EUREF-FIN-koordinaatiston Gauss-Krüger-projektioon perustuva tasokoordinaatisto, joka on jaettu asteen levyisiin projektiokaistoihin.

ETRS-TM35FIN. UTM-projektioon perustuva tasokoordinaatisto, joka kattaa koko Suomen ja jonka keskimeridiaani on 27°.

EUREF-FIN. ETRS89-koordinaattijärjestelmän kansallinen realisaatio Suomessa. Perustuu Geodeettisen Laitoksen mittaamiin sataan pisteeseen vuosina 1996–1997.

FinnRef. Suomen pysyvä GPS-verkko, johon kuuluu 13 asemaa.

FIN2000-geoidimalli. Mallin avulla EUREF-FIN:issä olevasta ellipsoidisesta (GRS80) korkeudesta saadaan N60-järjestelmän mukainen korkeus.

FIN2005N00-geoidimalli. Mallin avulla EUREF-FIN:issä olevasta ellipsoidisesta (GRS80) korkeudesta saadaan N2000-järjestelmän mukainen korkeus.

GNSS. Global Navigation Satellite System, yhteisnimitys maailmanlaajuisille satelliittipaikannusjärjestelmille kuten yhdysvaltalaiselle GPS:lle, venäläiselle GLONASS:ille, eurooppalaiselle Galileolle sekä kiinalaiselle Compassille.

IGS. International GNSS Service. Pysyvien GNSS-asemien verkko, johon Suomesta kuuluu yksi piste Metsähovi.

ITRS. International Terrestrial Reference System. Globaali kolmiulotteinen koordinaattijärjestelmä.

KKJ. Kartastokoordinaatistojärjestelmä.

KTJ. Maanmittauslaitoksen kiinteistötietojärjestelmä.

LN. Lapin väliaikainen korkeusjärjestelmä.

NAP. Normaal Amsterdams Peil. Hollannin korkeusjärjestelmän referenssitaso.

NN. Suomen ensimmäinen korkeusjärjestelmä, jonka nollataso on sidottu tietyn ajanhetken keskimerenpinnan tasoon.

N43. Toisen valtakunnallisen tarkkavaaituksen mukainen korkeusjärjestelmä.

N60. Toisen valtakunnallisen tarkkavaaitusverkon pääosa.

N2000. Kolmannen valtakunnallisen tarkkavaaituksen mukainen korkeusjärjestelmä.

NKRK-aineisto. Numeerinen kiinteistörajakartta. Maanmittauslaitoksen numeerisen kiinteistörekisterin aineisto.

VRS-verkko. Geotrim Oy:n ylläpitämä virtuaalitikiasemaverkko, jota voidaan hyödyntää esim. staattisessa ja RTK-satelliittimittauksessa

VVJ. Vanha valtion järjestelmä.

YKJ. Yhtenäiskoordinaattijärjestelmä.

# 1 Johdanto

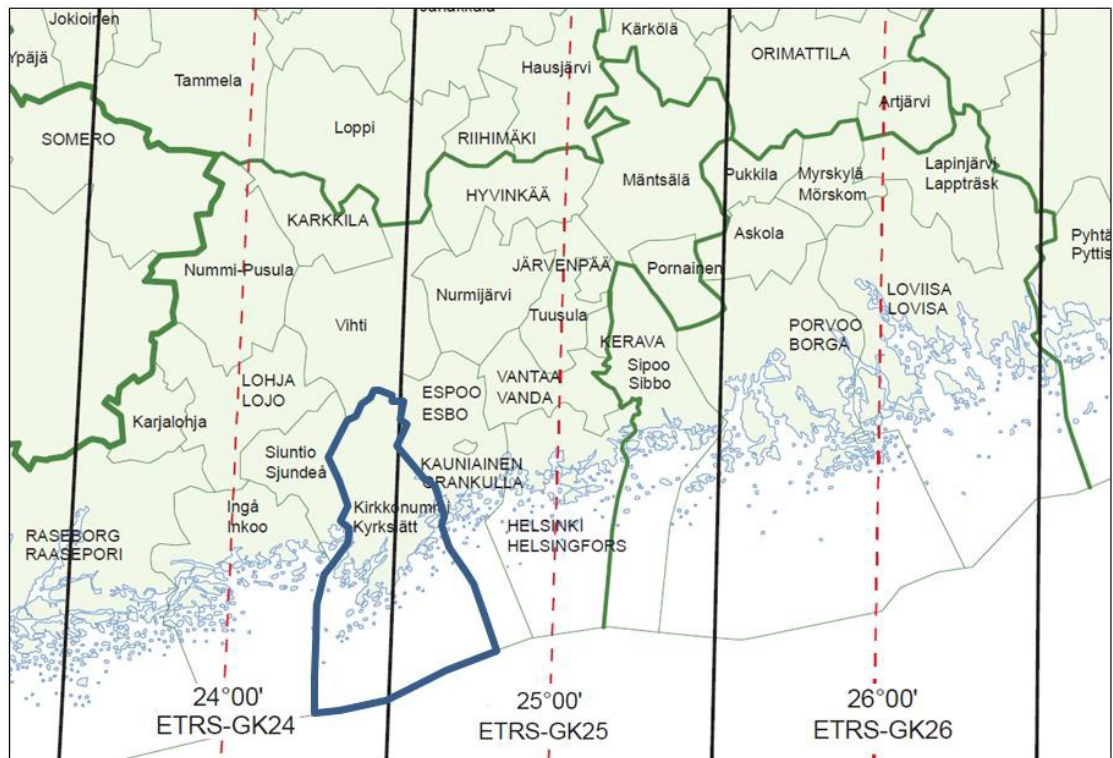
## 1.1 Tausta

Kirkkonummen kunnassa ryhdyttiin vuonna 2011 valmistelemaan taso- ja korkeuskoordinaatiston muunnoksia, koska Maanmittauslaitos oli siirtymässä käyttämään omassa järjestelmässään yhteiseurooppalaista tasokoordinaatistoa EUREF-FIN ja uutta korkeuskoordinaatistoa N2000. Kunnan kiinteistörekisterin ylläpidosta huolehtii Maanmittauslaitos ja KTJ-aineiston toimitukset KKJ-koordinaatistossa päättyvät vuonna 2012. Lisäksi Kirkkonummi kuuluu Helsingin seudun ympäristöpalveluihin (HSY) ja Helsingin seudun liikenteeseen (HSL), joiden kanssa paikkatietoaineistojen vaihdot tehdään tulevaisuudessa EUREF-FIN-koordinaatistossa.

Kirkkonummella on tällä hetkellä käytössä KKJ-tasokoordinaatisto ja N60-korkeuskoordinaatisto. Aikaisemmin on ollut myös VVJ-tasokoordinaatisto ja N43-korkeuskoordinaatisto käytössä osassa kunnan alueella. VVJ:n ja KKJ:n sekä N43:n ja N60:n koordinaatistojen väliset muunnokset määritettiin vuonna 2009, jolloin kunnassa siirryttiin käyttämään vain yhtä taso- ja korkeuskoordinaatistoa. Tasokoordinaatiston muunnoksessa käytettiin Maanmittauslaitoksen pisteitä, joiden avulla muunnos tehtiin. Korkeusmuunnos tehtiin samansuuruisena tasomuunnoksena koko N43-korkeusalueelle. Muunnoksen suuruus selvitettiin vaaitusten avulla ja todettiin, että muunnettavalla alueella ei ole merkittäviä eroja korkeuseron suuruudessa.

Uudellamaalla on käynnissä useita eri koordinaatiston muunnoshankkeita, ja Kirkkonummikin on ollut mukana Länsi-Uudenmaan kymmenen kunnan yhteisessä hankkeessa. Tämä hanke on tarkoitus toteuttaa Maanmittauslaitoksen avustuksella, ja siinä tehdään vain tasokoordinaatiston muunnos EUREF-FIN-järjestelmään. Projektiokaistaksi projektissa on valittu ETRS-GK24, kun taas Kirkkonummella on päädytty käyttämään kaistaa ETRS-GK25. Projektiokaistojen ETRS-GK24 ja ETRS-GK25 välinen raja (Kuva 1.) kulkee likipitään keskeltä Kirkkonummen kuntaa, mutta lisääntyvän yhteistyön takia paikkatietoaineistojen osalta pääkaupunkiseudun kanssa päädyttiin Kirkkonummella valita projektiokaistaksi ETRS-GK25.





Kuva 1. Kirkkonummen kunnan sijainti ETRS-Gauss-Krüger-tasokoordinaatiston 1°:n kaistajaossa (Maanmittauslaitos 2013).

## 1.2 Työn tavoitteet ja menetelmät

Kirkkonummen kunnassa on koordinaatistojen muunnoksien lähtökohtana pidetty sitä, että muunnokset tehdään yksinkertaisia menetelmiä käyttäen, mikäli tämä on tavoite-tarkkuusrajojen puitteissa mahdollista. Työn tarkoituksena on ollut selvittää, pystytäänkö Kirkkonummella taso- ja korkeuskoordinaatistojen muunnokset tekemään käyttäen valmiiksi määriteltäviä valtakunnallisia tasomuunnosparametreja ja korkeusmuunnos tekemään vakiokorkeusarvolla. Näitä koordinaatistojen muunnosvaihtoehtoja on tarkasteltu ja niiden soveltuvuutta käytännössä tutkittu.

Korkeusjärjestelmän vaihdoksen osalta kartoitetaan kunnan alueelta sellaiset korkeuskiintopisteet, joille tunnetaan vaaitut korkeudet molemmissa korkeusjärjestelmissä. Pisteiden tarkastelulla pyritään selvittämään, onko korkeuserossa järjestelmien välillä alueellisia poikkeamia vai säilyykö järjestelmien välinen korkeusero homogeenisena läpi koko kunnan alueen. Tarkastelu tehdään Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen vaaitsemilla pisteillä ja lisäksi kartoitetaan, onko lisävaaituksille tarvetta.

Tasojärjestelmän vaihtoa varten kartoitetaan kunnan nykyinen kiintopisteverkko ja tutkitaan vaihtoehdot, joilla muunnos voidaan suorittaa. Tarkastellaan, pystytäänkö muunnos suorittamaan valmiilla määritetyillä valtakunnallisilla muunnosparametreilla vai joudutaanko suorittamaan runkopistemittauksia ja määrittämään paikalliset muunnosparametrit. Mikäli kiintopisteiden tarkastelussa käy ilmi, ettei kiintopisteistö ole laadultaan homogeenista ja niissä on virheitä, niin pisteitä ei lähdetä muuntamaan, vaan niille määritetään mittaamalla uudet koordinaatit uudessa järjestelmässä. Valtakunnallisten muunnosparametrien avulla muunnettujen paikkatietoaineistojen tarkastelulla voidaan myös testata muunnosten tarkkuutta ja toimivuutta. Esimerkiksi voidaan tarkistaa kiinteistörajaelementin muunnosta mittaamalla maastossa rajamerkeille koordinaatteja uudessa järjestelmässä ja verrata näitä koordinaatteja muunnettuihin koordinaatteihin. Samalla voidaan verrata kiinteistöjen pinta-aloja sen selvittämiseksi, muuttuvatko ne merkittävästi muunnoksen myötä verrattuna vanhassa järjestelmässä mitattuihin pinta-aloihin.

## 2 Teoria

### 2.1 Tasokoordinaatistot

Suomen tasokoordinaatistojärjestelmät perustuvat 1900-luvulla tehtyihin kolmiomittauksiin, joita tehtiin vuodesta 1919 aina vuoteen 1987 Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen toimesta. Geodeettinen laitos mittasi I luokan kolmioverkon, jota Maanmittauslaitos tihensi alemman luokan mittauksilla aina vuoteen 1987 saakka. 1900-luvun alussa mittauksissa käytettiin optisia teodoliitteja, joilla havainnot tehtiin kolmiomittaustorneista. Etäisyys, eli niin sanottu perusviiva, mitattiin invarlankamittauksella, minkä jälkeen voitiin trigonometrisesti määrittää kolmioiden muiden sivujen pituudet. Kolmioverkko sijoitettiin ja orientoitiin valitulle vertausellipsoidille, esimerkiksi Hayford 1924, tähtitieteellisillä mittauksilla. Myöhemmin tulivat käyttöön elektroniset etäisyysmittauskojeet, joilla kolmiopisteiden välinen etäisyys pystyttiin mittaamaan elektronisesti. Lisäksi käyttöön tulivat tallentimet, joihin havainnot pystyttiin tallentamaan suoraan. 1980-luvun lopussa satelliittimittaus syrjäytti perinteisen kolmiomittauksen. (Häkli ym. 2009.)

### 2.1.1 Aikaisemman tasokoordinaatiston VVJ:n määritelmä

Helsingin järjestelmä (valtion vanha järjestelmä VVJ) perustui 1920-luvulla Geodeettisen laitoksen I luokan kolmiomittauksiin, ja sen lähtöpisteeksi valittiin Helsingin Kallion kirkon tornissa sijaitseva I luokan kolmiopiste. Pisteelle oli määritetty tähtitieteelliset koordinaatit, mutta sen luotiviivan poikkeamia ei tunnettu, joten pisteen maantieteelliseksi koordinaateiksi otettiin tähtitieteelliset koordinaatit. Todellisuudessa lähtöpisteellä oli huomattava luotiviivan poikkeama, joka aiheutti suuret laskennalliset luotiviivan poikkeamat myös verkon muille pisteille. VVJ-järjestelmän tarkkuus ei ollut homogeeninen, koska verkkoa oli tasoitettu paloittain mittausten edetessä ja tästä aiheutui virheiden kasautumista. Järjestelmä oli käytössä aina vuoteen 1970 asti, jolloin käyttöön otettiin Kartastokoordinaattijärjestelmä KKJ. (Häkli ym. 2009.)

Kirkkonummella on ollut käytössä VVJ-koordinaatisto osassa kunnan aluetta aina vuoteen 2009 asti, jolloin siirryttiin käyttämään yhtä tasokoordinaatistoa KKJ koko kunnan alueella.

### 2.1.2 Nykyisen tasokoordinaatiston KKJ:n määritelmä

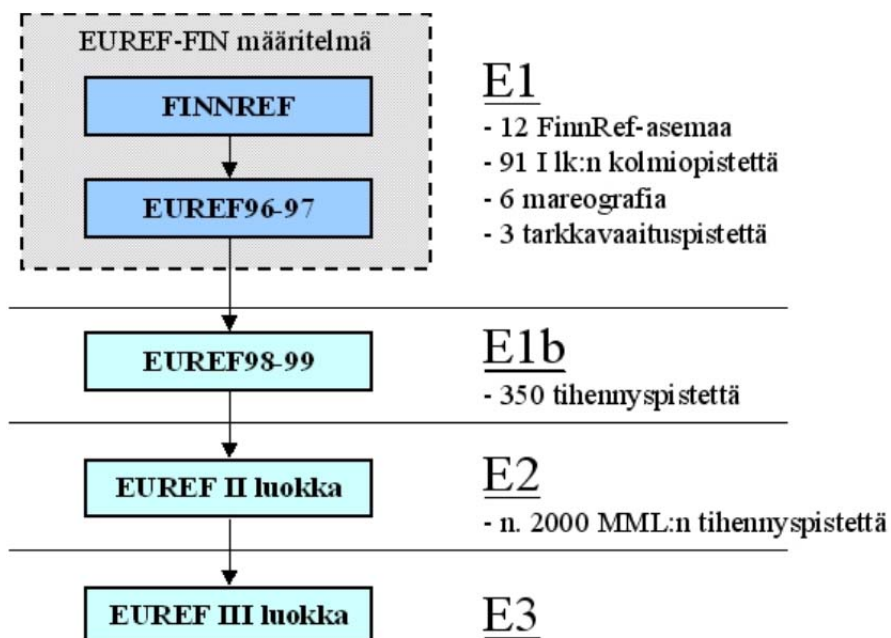
Kartastokoordinaattijärjestelmä KKJ otettiin käyttöön vuonna 1970, kun VVJ-järjestelmän heikkoudet tunnettiin ja koko Suomen I luokan kolmioverkko oli tasoitettu. KKJ-järjestelmän karttaprojektiksi valittiin Gauss-Krüger-projektio ja vertausellipsoidiksi valittiin Hayfordin ellipsoidi, jotka molemmat olivat olleet käytössä myös VVJ-järjestelmässä. KKJ-järjestelmässä kolmen asteen levyisiä kaistoja on neljä. Lisäksi keskimeridiaanin  $27^\circ$  suhteen projisoitiin koko maan kattava Yhtenäiskoordinaatisto (YKJ). KKJ-järjestelmä haluttiin poikkeavan mahdollisimman vähän VVJ-järjestelmästä, joten maantieteelliset ED50-koordinaatit muunnettiin tasokoordinaateiksi koko maan kattavassa Gauss-Krüger-projektiossa, jonka keskimeridiaani oli  $27^\circ$ . Tämän jälkeen suoritettiin ED50- ja VVJ-järjestelmien välinen muunnos yhteisten pisteiden avulla, jossa ED50-koordinaatistoa siirrettiin ja kierrettiin siten, että se oli mahdollisimman lähellä VVJ-järjestelmää. I luokan kolmiopisteille laskettiin KKJ-koordinaatit, jotka edelleen muunnettiin eri projektiokaistoihin ja jotka toimivat lähtöpisteistönä KKJ-koordinaatistolle. (Häkli ym. 2009.)

Kirkkonummella otettiin KKJ-koordinaatisto käyttöön ensin osassa kunnan aluetta ja vuonna 2009 siirryttiin käyttämään vain KKJ-koordinaatistoa koko kunnan alueella.

### 2.1.3 Uuden tasokoordinaatiston EUREF-FIN:nin määritelmä

Suomen ETRS89-järjestelmän kansallinen realisaatio EUREF-FIN pohjautuu avaruus-geodeettisiin mittauksiin ja kansainvälisiin koordinaattijärjestelmiin. Koordinaatisto on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan muuttumattomaan osaan. ETRS89 on geosentrinen koordinaatisto, joka yhtyy kansainväliseen ITRS-koordinaattijärjestelmään ajanhetkellä 1989.0.

IGS:n (International GNSS Service) pysyvien GNSS-asemien verkkoon Suomesta kuuluu yksi piste Metsähovi. EPN:n (EUREF Permanent Network) Euroopan pysyvään GPS-verkkoon kuuluu Suomen pysyvän FinnRef:nin asemista neljä asemaa Metsähovi, Vaasa, Joensuu ja Sodankylä. Vuonna 1992 Suomen EUREF-pisteistöä tihennettiin mittauskampanjalla, jossa mitattiin 22 I luokan kolmiopistettä. Edelleen vuosina 1996–1997 pisteistöä tihennettiin sadalla pisteellä ja kampanjassa oli mukana myös 12 kappaletta FinnRef pysyviä GPS-asemia. Pisteet olivat lähinnä I luokan kolmiopisteitä, jolloin voitiin määrittää vanhojen geodeettisten järjestelmien ja ETRS89-järjestelmän välinen muunnos. Vuosina 1998–1999 pisteistöä jälleen tihennettiin, jolloin mitattiin 350 pistettä käytännöllisempiin paikkoihin. (Kuva 2.) Maanmittauslaitos on edelleen jatkanut EUREF-FIN-pisteistön tihentämistä II ja III luokan pisteillä. (Häkli ym. 2009.)

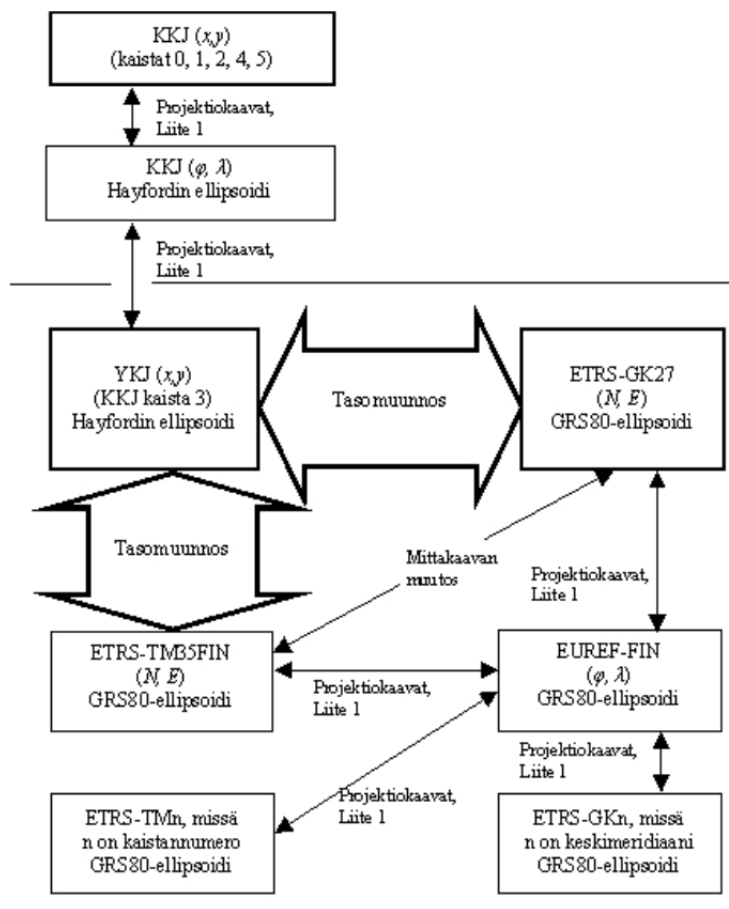


Kuva 2. EUREF-FIN-pisteiden luokkajako. EUREF-FIN:nin määrittävät FinnRef ja vuosina 1996–97 mitattu 100:n pisteen verkko jotka muodostavat I luokan (E1). Vuosina 1998–99 mitattu 350 pisteen verkko muodostaa Ib luokan (E1b) ja Maanmittauslaitoksen tihennykset II ja III luokat (E2) ja (E3). (Häkli ym. 2009.)

## 2.2 Tasokoordinaatiston muunnosvaihtoehdot

Muunnoksilla voidaan muuntaa koordinaatteja koordinaattijärjestelmästä, koordinaatistosta tai esitystavasta toiseen. Muunnokset voidaan jakaa koordinaattimuunnoksiin ja koordinaattikonversioihin.

Koordinaattimuunnoksessa koordinaatit muunnetaan koordinaattijärjestelmästä toiseen, kuten KKJ:n ja ETRS-TM35FIN:nin välinen tasomuunnos. (Kuva 3.) Käytettävät muunnosparametrit lasketaan molemmissa koordinaatistoissa mitattujen yhteisten pisteiden avulla. Koordinaattien on oltava samantyyppisiä, koska muunnosta ei voi suorittaa esimerkiksi kolmiulotteisen ja kaksiulotteisten koordinaatistojen välillä. Koordinaattimuunnoksiin liittyy muunnosvirhe, joka heikentää koordinaattien tarkkuutta. Muunnosvirheen suuruus vaihtelee esimerkiksi muunnosmenetelmästä, muunnoksen määrittämisessä käytettyjen pisteiden laadusta ja muunnosalueen koosta riippuen. (Häkli ym. 2009.)

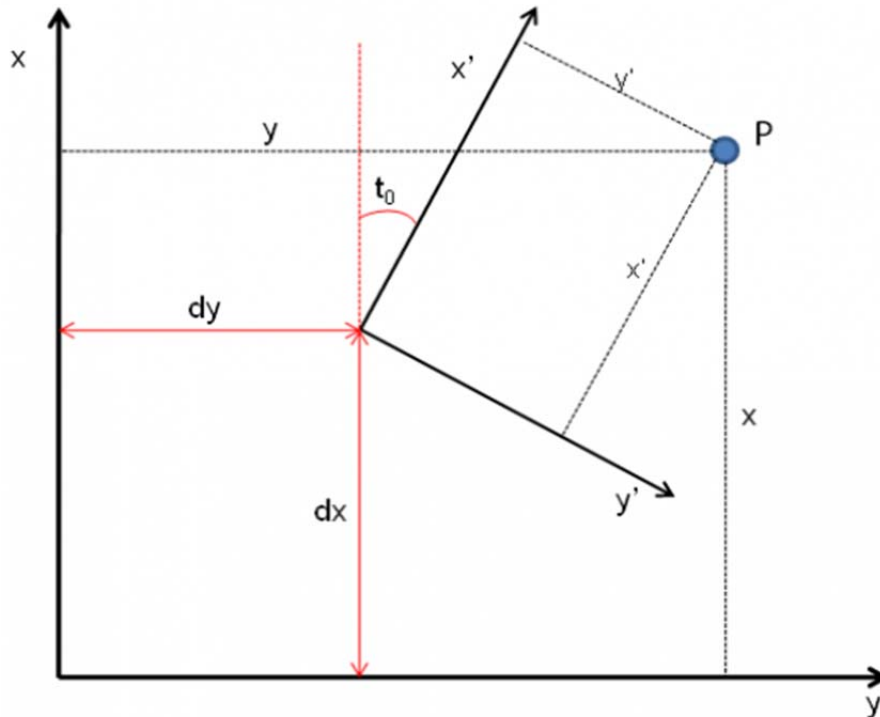


Kuva 3. Muunnoskaavio KKJ-koordinaateista EUREF-FIN-koordinaatteihin (JHS 154).

Koordinaattikonversiossa muunnetaan koordinaattien esitystapaa saman koordinaattijärjestelmän sisällä, esimerkiksi siirtyminen projektiokaistasta toiseen, kuten ETRS-TM35FIN- ja ETRS-GKn-tasokoordinaatistojen välillä. Lisäksi tasokoordinaattien muuntaminen maantieteellisiksi koordinaateiksi on esimerkki koordinaattikonversiosta. Koordinaattikonversiossa ei ole muunnosvirhettä, jos laskentatarkkuus on riittävä. (Häkli ym. 2009.)

### 2.2.1 Helmert-muunnos

Neliparametrinen Helmert-muunnos on lineaarinen yhdenmuotoisuusmuunnos, joka tehdään kahden suorakulmaisen koordinaatiston välillä. Muunnoksessa muunnettavien pisteiden muodostamien kuvioiden muoto säilyy. Pisteiden sijainti, orientointi ja mittakaava voivat muuttua. Tasomuunnoksessa on neljä parametria eli kahden koordinaattiakselin suuntaiset siirrot, yksi kierto ja mittakaavatekijä. (Kuva 4.) Tasomuunnoksen suorittamiseen eli muunnosparametrien laskemiseen tarvitaan vähintään kahden pisteen koordinaatit. On kuitenkin suositeltavaa käyttää useampia muunnospisteitä, jolloin saadaan ylimääritystä muunnosparametrien laskentaan ja parempi kontrolli muunnokselle. (Maanmittauslaitos 2013.)



Muunnoksen parametrit ovat seuraavat:

- origon siirrot x- ja y-akselien suunnassa (dx ja dy)
- koordinaatiston kierto ( $t_0$ )
- mittakaavakerroin (k).

Helmert-muunnoksen kaavat ovat

- $x = dx + x'k\cos(t_0) - y'k\sin(t_0) = a + cx' - dy'$
- $y = dy + x'k\sin(t_0) + y'k\cos(t_0) = b + dx' + cy'$

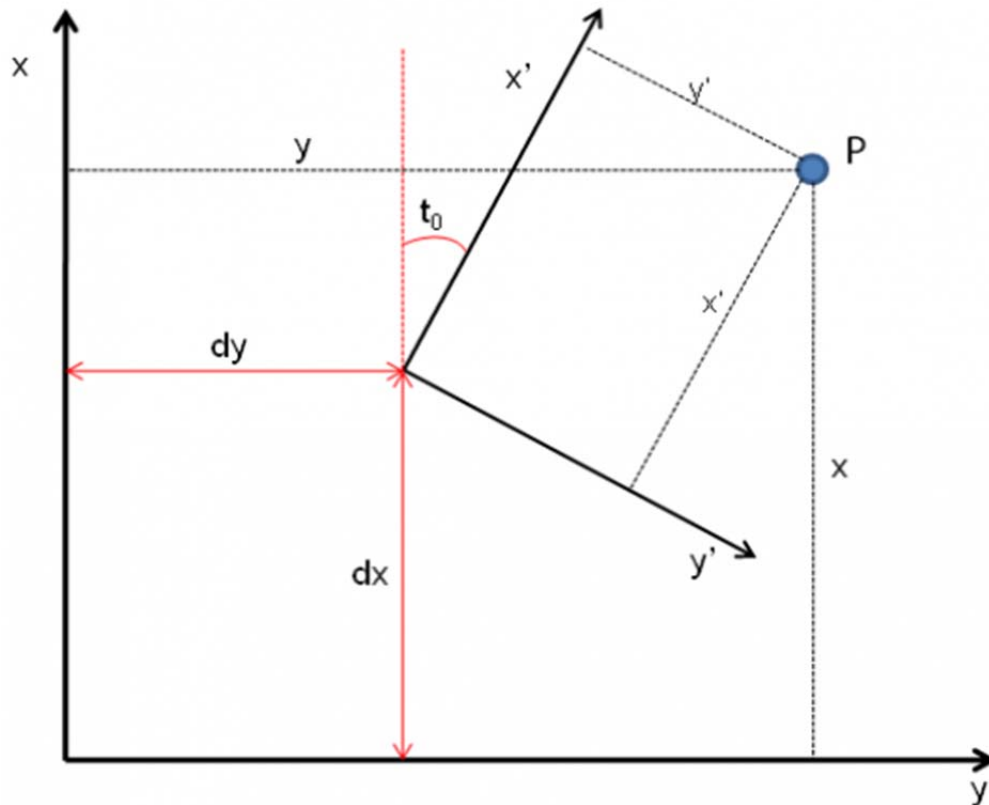
joissa  $a = dx$  ,  $b = dy$  ,  $c = k\cos(t_0)$  ,  $d = k\sin(t_0)$

Kuva 4. Helmert-muunnos (Maanmittauslaitos 2013).

### 2.2.2 Affiininen muunnos

Affiininen muunnos poikkeaa Helmert-muunnoksesta siinä, että mittakaavan muutos on eri koordinaattiakselien suhteen. Tämän johdosta affiininen muunnos ei säilytä kuvioiden muotoja. Affiininen muunnos saattaa olla tarkempi tietyissä tapauksissa, esimerkiksi määritettäessä muunnosta deformoituneesta paikallisesta koordinaatistosta valtakunnalliseen koordinaatistoon. Tasomuunnoksessa on viisi parametria eli kahden koordinaattiakselin suuntaiset siirrot, yksi kierto ja kaksi mittakaavatekijää, molempien koordinaattiakselien suhteen. (Kuva 5.) Tasomuunnoksen suorittamiseen eli muunnos-

parametrien laskemiseen tarvitaan vähintään kolmen pisteen koordinaatit. On kuitenkin suositeltavaa käyttää useampia muunnospisteitä, jolloin saadaan ylimääritystä muunnosparametrien laskentaan ja parempi kontrolli muunnokselle. (Maanmittauslaitos 2013.)



Muunnoksen parametrit ovat seuraavat:

- origon siirrot x- ja y-akselien suunnassa (dx ja dy)
- koordinaatiston kierto ( $t_0$ )
- mittakaavakerroin ( $k_x$ ) ja ( $k_y$ ).

Affiinisen muunnoksen kaavat ovat

- $x = dx + x'k_x \cos(t_0) - y'k_y \sin(t_0) = a + cx' - dy'$
- $y = dy + x'k_x \sin(t_0) + y'k_y \cos(t_0) = b + ex' + fy'$

joissa  $a = dx$  ,  $b = dy$  ,  $c = k_x \cos(t_0)$ ,  $d = k_y \sin(t_0)$ ,  $e = k_x \sin(t_0)$ ,  $f = k_y \cos(t_0)$

Kuva 5. Affiininen muunnos (Maanmittauslaitos 2013).



### 2.2.3 Affiininen kolmioittainen muunnos

Kolmioittaisessa affiinisessä muunnoksessa lasketaan kolmion kärjissä sijaitsevien tunnettujen vastinpisteiden avulla muunnoksen parametrit, joiden avulla muunnetaan piste koordinaatistosta toiseen. Ensin täytyy paikallistaa, minkä kolmioverkon kolmion sisällä muunnettava piste sijaitsee. (Kuva 7.) Muunnoksen etuna on, että kolmioiden kärkipisteissä koordinaatit eivät muutu ja että muunnetut kohteet ovat jatkuvia siirryttäessä kolmiosta toiseen. Lisäksi etuna on, että käänteisen muunnoksen laskenta onnistuu helposti ja että muunnospisteistöä voi tihentää paikallisesti ilman, että tihennys vaikuttaisi muunnokseen kolmion ulkopuolella. Muunnoksen huonona puolena on, että kolmioittain tehty affiininen muunnos ei tunnista karkeita virheitä, koska muunnokseen ei saada tarkkuusarviota. Muunnoksessa käytetään kuutta tunnettua ja kuutta tuntematonta parametria, joten muunnokseen ei jää ylimääritystä. (Kuva 6.) Tästä johtuen muunnoksen kontrollointi on tehtävä jotenkin muuten esim. testipistein ja muunnospisteiden huolellisella valinnalla. Muunnoksen tarkkuus ei voi olla tarkempi kuin kolmioiden epätarkin piste, jota on käytetty parametrien laskennassa. (Maanmittauslaitos 2013.)

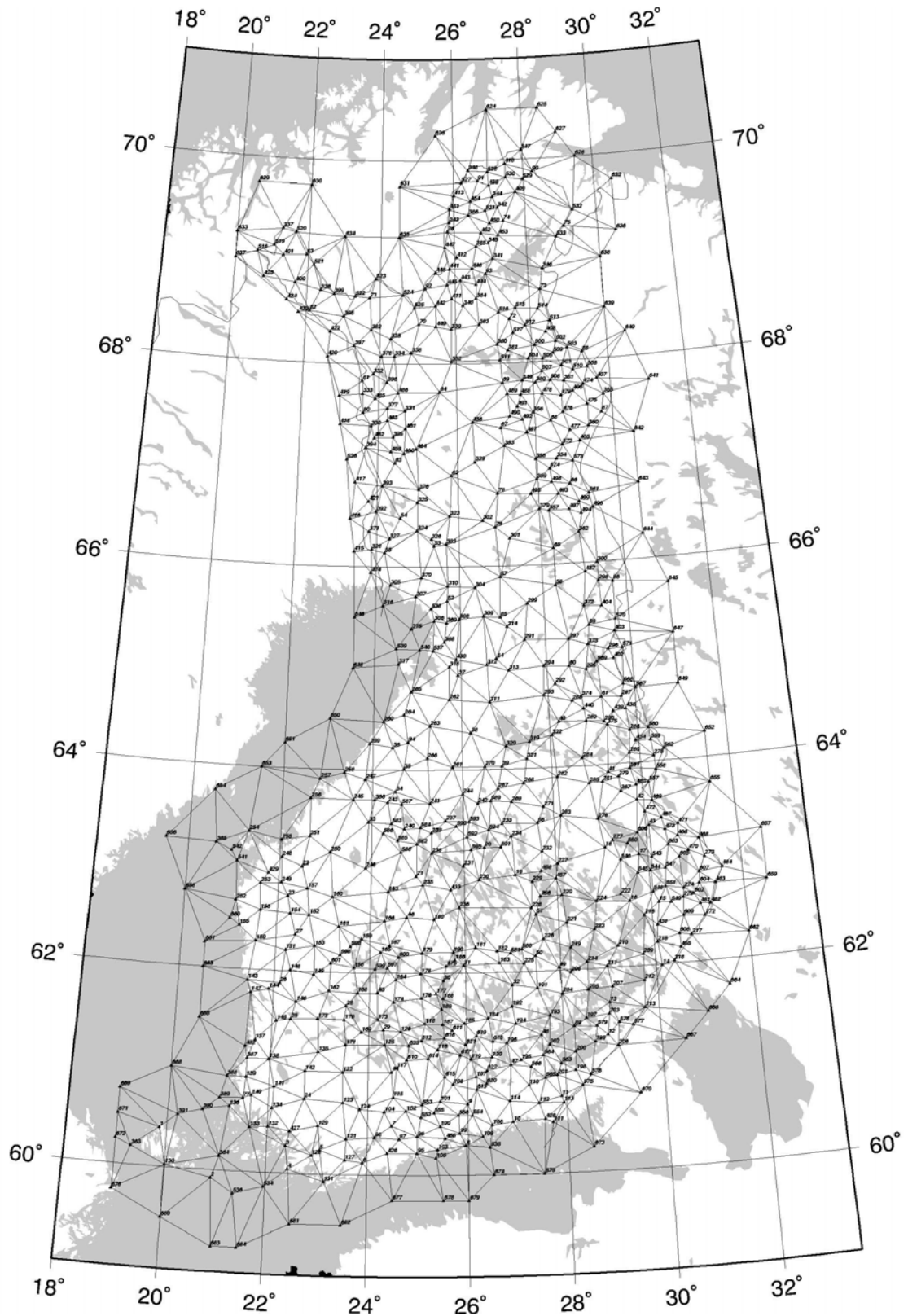
Affiinisen muunnoksen muunnoskaavat ovat muotoa

$$x_2 = Dx + a_1x_1 + a_2y_1$$

$$y_2 = Dy + b_1x_1 + b_2y_1$$

joissa kertoimet  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  ja  $b_2$  ovat akseleiden kiertokulmien ja mittakaavatekijöiden funktioita.

Kuva 6. Kolmioittaisen affiinisen muunnoksen muunnoskaavat. Kolmioiden kärkipisteiden avulla kullekin kolmiolle on määritetty affiinisen muunnoksen parametrit: origon siirrot, koordinaattiakselien kiertokulmien erot ja mittakaavaerot koordinaattiakselien suunnissa. (Maanmittauslaitos 2013.)



Kuva 7. Kolmioittaisen affiinisen muunnoksen muunnoskolmiot. Muunnospisteistö käsittää yhteensä 624 kpl sekä KKJ- että ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa tunnettua pistettä. (Maanmittauslaitos 2013.)

## 2.3 Korkeuskoordinaatistot

Ensimmäinen tarkkavaaitus Suomessa suoritettiin vuosina 1892–1910, jonka perusteella muodostettiin NN-korkeusjärjestelmä. Vaaitus kattoi lähinnä Etelä-Suomen, ja sen nollakorkeudeksi valittiin Helsingin Katajanokalla sijaitsevan vesiasteikon nollapiste. Nykyisin NN-järjestelmä on enää harvoissa kunnissa käytössä. (Häkli ym. 2009.)

### 2.3.1 Aikaisemman korkeuskoordinaatiston N43:n määritelmä

Maankohoamisen vuoksi korkeusjärjestelmää on aika-ajoin päivitettävä, joten vuonna 1935 aloitettiin toinen valtakunnallinen tarkkavaaitus. N43-korkeusjärjestelmä luotiin NN-korkeusjärjestelmän seuraajaksi ja järjestelmän lähtökorkeudeksi otettiin Helsingin Pasilassa sijaitseva piste, jolle määriteltiin NN-korkeus. N43-järjestelmän korkeuksia ei tehty koko verkon tasoituksena, vaan verkko laajeni sitä mukaan kun mittaukset eteni-  
vät, jolloin korkeudet kiinnitettiin aina edellisen silmukan kiinnitettyihin korkeuksiin ja näin ollen uudet pisteet pakotettiin jo laskettuihin korkeuksiin. N43-korkeusjärjestelmä on edelleen käytössä joissakin kunnissa, ja Kirkkonummellakin se oli vuoteen 2009 asti käytössä osassa kuntaa. (Häkli ym. 2009.)

### 2.3.2 Nykyisen korkeuskoordinaatiston N60:n määritelmä

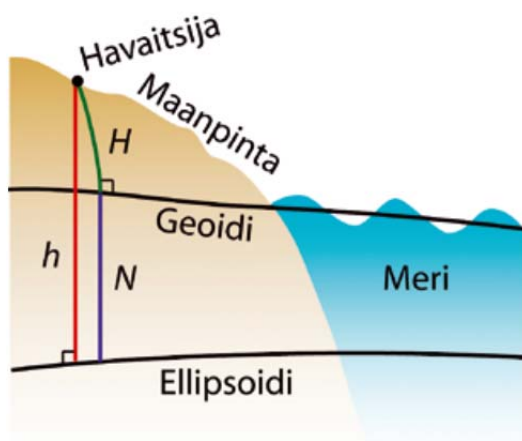
Vuoteen 1955 mennessä oli saatu vaaittua toisen tarkkavaaitusverkon pääosa, sisältäen ensimmäisen tarkkavaaituksen linjat, jolle laskettiin vaaitusverkon tasoitus. Vuonna 1960 saatiin tasoituksen tuloksena korkeuserot ja maanpinnankohoamisen suuruus kullakin kiintopisteellä. N60-järjestelmän lähtökorkeudeksi valittiin Helsingin teoreettinen keskivedenpinnan korkeus vuonna 1960. Lappiin luotiin väliaikainen LN-korkeusjärjestelmä, joka perustui vuosien 1953–1972 tarkkavaaituksiin. Kun sitten vuosina 1973–1975 tehtiin uusintavaaituksia, saatiin selville maankohoamisen korkeus, jolloin LN-järjestelmä voitiin korvata N60-korkeusjärjestelmän korkeuksilla. N60-korkeusjärjestelmä on edelleen suurimmassa osassa niitä kuntia käytössä, joissa ei ole siirrytty käyttämään uutta N2000-korkeusjärjestelmää. (Häkli ym. 2009.)

### 2.3.3 Uuden korkeuskoordinaatiston N2000:n määritelmä

Suomen kolmas tarkkavaaitus suoritettiin vuosina 1978–2006. Sen lähtöarvo määriteltiin kansainvälisenä yhteistyönä Itämeren ympäri tehdyllä tasoituksella BLR (Baltic Leveling Ring), ja sen lähtötaso on NAP (Normaal Amsterdams Peil), joka on määritelty Hollannissa sijaitsevalta pisteeltä. Suomessa N2000-korkeusjärjestelmän lähtötason määrittävä peruspiste sijaitsee Kirkkonummella Geodeettisen laitoksen Metsähovin tutkimusasemalla, jonka korkeuslukema on saatu BLR-tasoituksesta. Poiketen aiemmista kansallisista korkeusjärjestelmistä N2000-järjestelmää ei ole sidottu Helsingin keskimääräiseen merenpinnan korkeuteen, vaan se perustuu NAP:n mukaiseen korkeustasoon. Siten N2000:n korkeudet ovat normaalikorkeuksia, kun taas N60:n korkeudet ovat ortometrisia korkeuksia. (Häkli ym. 2009.)

### 2.3.4 Geoidimallit

Geoidimallin avulla voidaan esittää fysikaalisten ja geometrinen korkeuksien välinen yhteys. Esimerkiksi GNSS:llä mitattaessa saadaan korkeuksia, jotka ovat vertausellipsoidin pinnassa, kun taas perinteiset fysikaaliset korkeudet ovat merenpinnan tasoon yhtyvistä geoidin pinnasta. Fysikaalisten ja geometrinen korkeuksien välinen yhteys voidaan esittää seuraavasti:  $N = h - H$ , jossa  $N$  on korkeus geoidista,  $h$  on korkeus ellipsoidista ja  $H$  on ortometrisen tai normaalikorkeus. (Kuva 8.) (Häkli ym. 2009.)



Kuva 8. Erilaisia korkeuksia.  $N$  on korkeus geoidista,  $h$  on korkeus ellipsoidista ja  $H$  on ortometrisen tai normaalikorkeus. (Häkli ym. 2009.)

N2000-järjestelmän mukaisten korkeuksien yhteydessä käytetään FIN2005N00-geoidimallia. FIN2005N00-mallilla voidaan ellipsoidiset EUREF-FIN-korkeudet muuntaa N2000-korkeuksiksi. N60-korkeuksien kanssa on käytettävä FIN2000-geoidimallia. (Häkli ym. 2009.)

## 2.4 Korkeuskoordinaatiston muunnosvaihtoehdot

Maankohoaminen, joka johtuu jääkauden aiheuttamasta maankuoren painumisen palautumisesta, aiheuttaa tarvetta ajantasaistaa korkeusjärjestelmää tietyin väliajoin. Suomessa näitä valtakunnallisen korkeusjärjestelmän tarkkavaaituksia on tehty kolme reilun sadan vuoden aikana. Korkeusjärjestelmien ajantasaistaminen on aiheuttanut käytössä olevien korkeuskoordinaatistojen muunnostarpeen aina uudempaan järjestelmään. Korkeustiedon muuntamiseen järjestelmästä toiseen on olemassa muutamia vaihtoehtoja, joista kaksi vaihtoehtoa on esitelty seuraavissa kappaleissa. Nämä vaihtoehdot ovat, että käytetään vakiomuunnosarvoa koko muunnosalueelle tai määritetään alueelliset muunnosarvot muunnoskolmioita hyväksikäyttäen.

### 2.4.1 Vakiomuunnosarvo koko muunnosalueelle

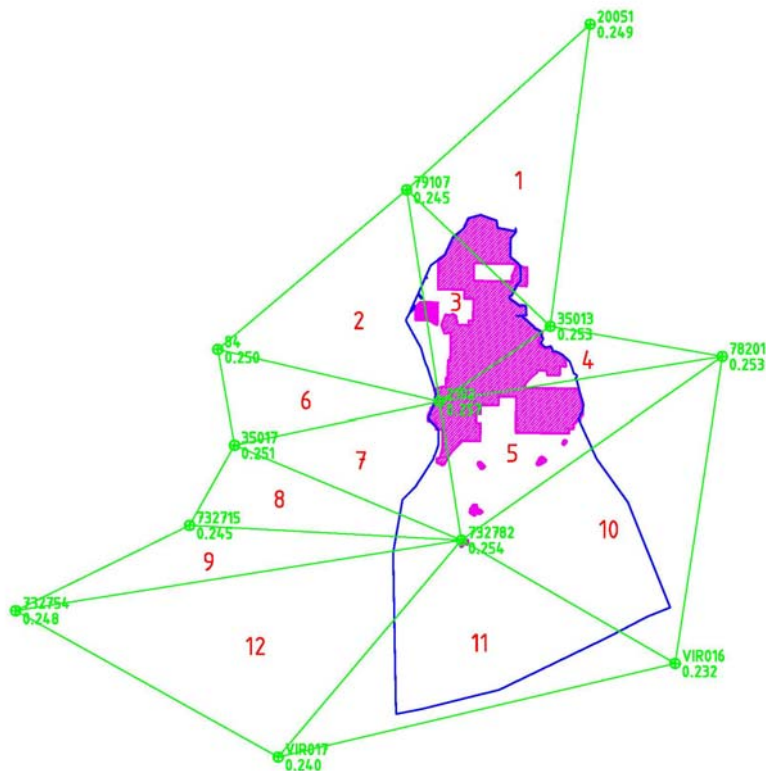
Muunnos voidaan suorittaa tekemällä vertaus vaaittujen korkeuskiintopisteiden korkeustietoja vanhassa ja uudessa korkeusjärjestelmässä. Mikäli korkeusmuunnoksen vakiokorkeusarvo määritellään tällä menetelmällä, vaaituksia ei tarvitse suorittaa, vaan lähtötietoina käytetään rekistereistä löytyviä jo vaaittuja korkeusarvoja korkeuskiintopisteille molemmissa järjestelmissä. Tällöin korkeuskiintopisteverkko täytyy kattaa tasaisesti koko muunnettava alue ja korkeuskiintopisteiden korkeustiedot on oltava vaaittu riittäväällä tarkkuudella. Vertauksen tuloksesta voidaan määrittää vakioarvo korkeuserolle vanhan ja uuden järjestelmän välille. Samalla tutkitaan, onko korkeusjärjestelmässä alueellisia poikkeamia vai onko korkeusero homogeeninen koko muunnosalueella.

### 2.4.2 Alueellisten muunnosarvojen määrittäminen

Mikäli korkeuspisterunkoverkon tarkasteluissa havaitaan merkittävää alueellista vaihtelua korkeuserossa, on syytä määrittää alueelliset muunnosparametrit. Tässä menetelmässä alue jaetaan kolmioihin, joiden kärkipisteet määrittävät kolmion sisällä käytettävän korkeusmuunnoksen. Maannoususta johtuvia alueellisia korkeuden vaihteluita voi-

daan pyrkiä korjaamaan esim. muunnosalueen yhdensuuntaisella kallistuksella. Jos muunnosalueen korkeusvaihtelut ovat merkittäviä jo pienillä alueilla, voi ainoa järkevä vaihtoehto olla mitata ja tasoittaa korkeusrunkoverkko uudelleen.

Maanmittauslaitos on määrittänyt korkeusmuunnoskolmiot N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välille koko maan laajuisesti. Kolmioverkon jokaiselle kärkipisteelle on määritelty korkeus kummassakin korkeusjärjestelmässä, joiden avulla korkeuden siirtokorjaukset ovat laskettavissa. (Kuva 9.) Muunnoskolmioiden parametrit ovat ladattavissa Geodeettisen Laitoksen muunnospalvelusta osoitteesta <http://coordtrans.fgi.fi/index.jsp>. (Taulukko 1.)



Kuva 9. Maanmittauslaitoksen määrittämät korkeusmuunnoskolmiot N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välille Kirkkonummen kunnan alueella. Viivoitetut alueet ovat kunnan kantakartta-alueita.

Taulukko 1. Kirkkonummen kunnan alueelle osuu 12 N60- ja N2000- korkeusmuunnoskolmiota, joilla voidaan määrittää korkeuden siirtokorjaukset.

Kirkkonummen alueelle osuvat N60 ja N2000 korkeuskolmiot					
Kolmion tunniste	1. kärkipisteen tunniste	2. kärkipisteen tunniste	3. kärkipisteen tunniste		
1	35013	79107	20051		
2	84	2192	79107		
3	2192	79107	35013		
4	2192	78201	35013		
5	2192	732782	78201		
6	2192	35017	84		
7	732782	35017	2192		
8	732782	732715	35017		
9	732754	732715	732782		
10	VIR016	732782	78201		
11	VIR017	VIR016	732782		
12	VIR017	732782	732754		
Kärkipisteiden koordinaatit, korkeustieto N60- ja N2000 korkeusjärjestelmissä sekä järjestelmien välinen korkeusero					
Kärkipisteen tunniste	KKJ X-koordinaatti	KKJ Y-koordinaatti	N60-korkeus	N2000-korkeus	korkeusero (m)
84	6675826	3328708	63.94100	64.19060	0.2496
2192	6669193	3353509	26.12500	26.38173	0.2567
20051	6711282	3371785	92.70400	92.95300	0.2490
35013	6677298	3366264	9.41000	9.66317	0.2532
35017	6665012	3330260	15.56100	15.81228	0.2513
78201	6673315	3385545	2.95500	3.20809	0.2531
79107	6693208	3350541	71.26700	71.51150	0.2445
732715	6656119	3324919	7.91100	8.15580	0.2448
732754	6647076	3305033	3.05000	3.29800	0.2480
732782	6653522	3355505	5.98600	6.23960	0.2536
VIR016	6638869	3379183	0.00000	0.23200	0.2320
VIR017	6629653	3334129	0.00000	0.24000	0.2400

### 3 Lähtötilanne

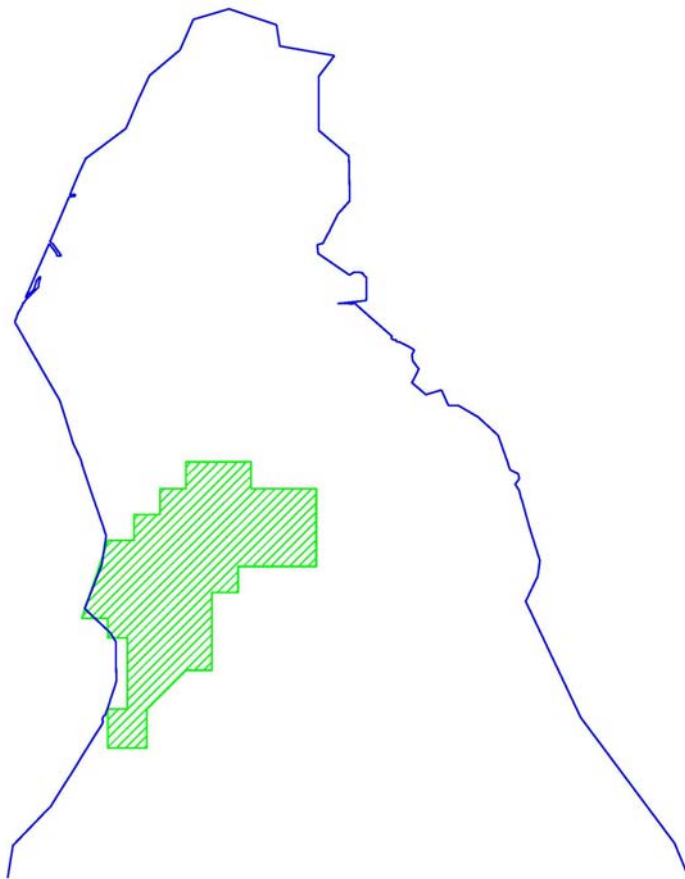
#### 3.1 Tasorunkoverkon tilan määrittäminen

##### 3.1.1 Nykyinen tasokoordinaatisto

Tällä hetkellä Kirkkonummella on käytössä tasokoordinaatistona KKJ ja maantieteellisesti kunta sijaitsee kaistan numero 2 alueella. Tasokoordinaatisto on sidoksissa Maanmittauslaitoksen käyttämään koordinaatistoon, eli ns. paikallista koordinaatistoa ei ole Kirkkonummella ollut käytössä. Kaikki kunnassa ja ulkopuolisilla tahoilla tuotettu paikkatieto on sidoksissa tähän valtakunnalliseen tasokoordinaatistoon. Kunnan mittausustoimi käyttää RTK-GNSS-laitteissaan Geotrim Oy:n tarjoamaa VRS-palvelua, ja tätä varten on vuonna 2003 mitattu ja määritelty Kirkkonummen KKJ-koordinaatiston parametrit.

### 3.1.2 Aikaisemmat tasokoordinaatiston muunnokset

Alun perin Kirkkonummella on ollut käytössä VVJ-tasokoordinaatisto koko kunnan alueella. Jossain vaiheessa siirryttiin käyttämään osassa kunnan aluetta VVJ-tasokoordinaatistoa ja osassa KKJ-koordinaatistoa. (Kuva 10.) Vuonna 2009 kunta siirtyi käyttämään koko kunnan alueella yhtä tasokoordinaatistoa KKJ2. VVJ- ja KKJ-tasokoordinaatistojen välisessä muunnoksessa on käytetty parametreina yhden muunnospisteen kautta tehtyä muunnosta. Tasokoordinaatisto muunnettiin Kirkkonummen vesitornissa sijaitsevan Maanmittauslaitoksen kolmannen luokan valtakunnallisen kolmiopisteen 73 M 7351 koordinaattien erotuksien mukaan. VVJ- ja KKJ-koordinaattijärjestelmien pohjoiskoordinaatin (X) välinen ero on -1.416 metriä ja itäkoordinaatin (Y) +1.637 metriä. (Taulukko 2.)



Kuva 10. Kirkkonummen VVJ-koordinaatiston alue vuoteen 2009 saakka.



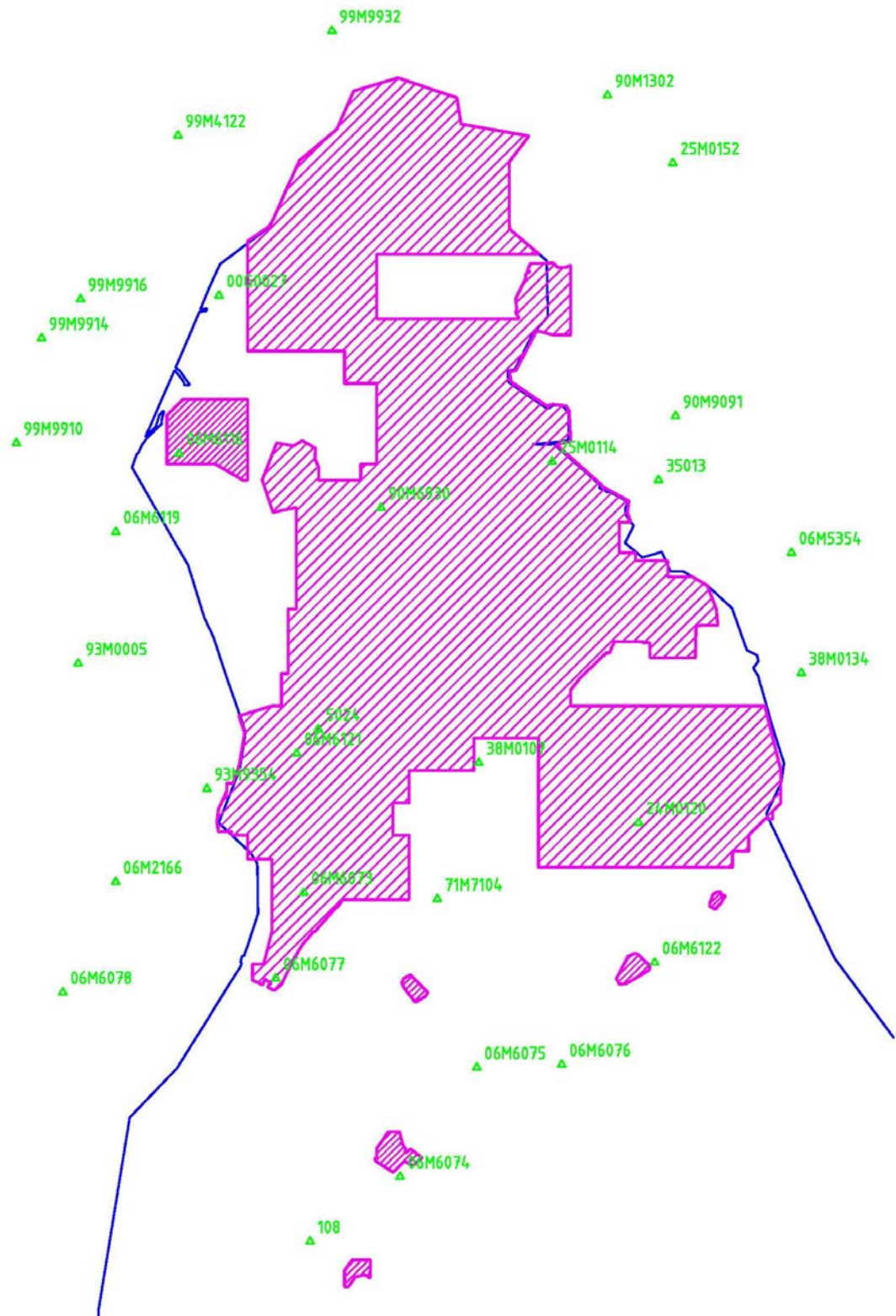
Taulukko 2. Kirkkonummen VVJ- ja KKJ-koordinaatiston muunnospisteen koordinaattierot.

Kirkkonummen vesitornin pisteen 73 M 7351 koordinaatit eri tasojärjestelmissä		
	VVJ	KKJ
X	6668316.789	6668315.373
Y	2525464.464	2525466.101

VVJ- ja KKJ-koordinaatistojen X- ja Y-koordinaattien ero:  
 X -1.416 m  
 Y +1.637 m

### 3.1.3 Tasorunkoverkon homogeenisuus

Käytössä oleva tasorunkoverkko on syntynyt ajan saatossa erilaisilla mittausmenetelmillä ja erilaisilla mittaustarkkuuksilla. Verkossa on mukana niin takymetrillä mitattuja V ja VI luokan jonopisteitä kuin staattisena GNSS-mittauksena mitattuja IV luokan runkopisteitä. Lisäksi verkossa on mukana Geodeettisen laitoksen I luokan sekä Maanmittauslaitoksen II ja III luokan pistettä. Runkopisteverkkoa on inventoitu ja pyritty selvittämään kiintopisteiden KKJ-koordinaatiston mukaisten koordinaattien tarkkuutta ja homogeenisuutta. Maastossa tehdyssä inventoinnissa tarkistettiin kiintopisterekisterissä olevien pisteiden tämän hetkinen kunto, olemassaolo sekä käytettävyys satelliittimittaukseen. Inventoinnissa ilmeni, että kiintopisterekisterissä on jonkin verran pisteitä, jotka ovat tuhoutuneet ajansaatossa, pisteitä jotka sijaitsevat mittausten kannalta epäedullisissa paikoissa sekä pisteitä, joilla on epätarkasti määritellyt KKJ-koordinaatit. Runkoverkkoa ei voi luonnehtia kovinkaan homogeeniseksi. Inventoinnin yhteydessä kartoitettiin myös ne kiintopisteet, joille tunnetaan tarkat mittaamalla määritellyt EUREF-FIN-järjestelmän mukaiset koordinaatit. Kunnan alueelta havaittiin 93 tällaista Geodeettisen laitoksen, Maanmittauslaitoksen sekä kunnan omaa kiintopistettä, joita voidaan käyttää kiintopistemittausten lähtöpisteinä. (Kuva 11.)



Kuva 11. Geodeettisen laitoksen I luokan ja Maanmittauslaitoksen II ja III luokan EUREF-FIN-kolmiopisteet Kirkkonummen alueella, joita on 16 kappaletta. Viivoitetut alueet ovat kunnan kantakartta-alueita.

## 3.2 Korkeusrunkoverkon tilan määrittäminen

### 3.2.1 Nykyinen korkeuskoordinaatisto

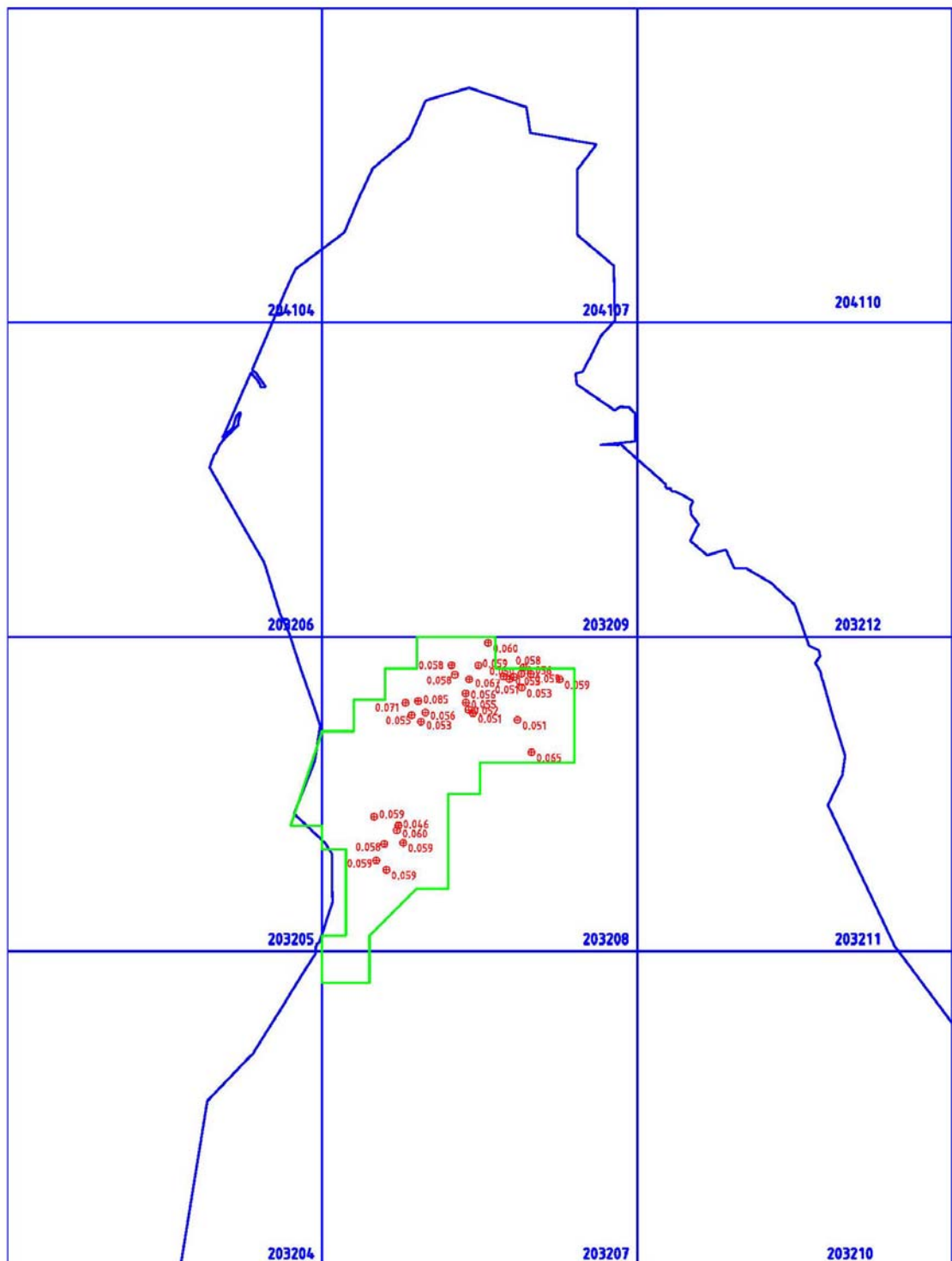
Kirkkonummella on käytössä korkeuskoordinaatistona N60-korkeusjärjestelmä, joka on sidoksissa Maanmittauslaitoksen käyttämään korkeuskoordinaatistoon. Kunnalla on vähän käytössä omia korkeuskiintopisteitä, joten yleisesti on käytetty valtakunnallisia korkeuskiintopisteitä ja niiden korkeusarvoja korkeustiedon lähtöarvoina. N43-korkeusjärjestelmässä olevia korkeuskiintopisteitä on kunnan toimesta vaaittu N60-korkeusjärjestelmään.

### 3.2.2 Aikaisemmat korkeuskoordinaatiston muunnokset

Ennen vuotta 2009 Kirkkonummella oli käytössä kaksi korkeusjärjestelmää N43 ja N60, kunnes siirryttiin käyttämään vain yhtä järjestelmää N60 koko kunnan alueella. Korkeuskoordinaatiston muunnoksessa on käytetty yhtä vakiomuunnosarvoa koko muunnettavalla alueella. Vakiomuunnosarvo määriteltiin laskemalla muunnosalueella olevien vaaittujen korkeuskiintopisteiden N43- ja N60-järjestelmien välinen korkeusero. Mikäli korkeuspisteelle ei tunnettu vaaittua korkeutta molemmissa korkeusjärjestelmissä jo valmiiksi, niin puuttuva korkeustieto vaaittiin pisteelle. Korkeuseron laskentaan valittiin 31 pistettä, joiden korkeuseroarvojen avulla pystyttiin määrittämään vakiomuunnoksen suuruus ja arviomaan se, että muunnettavalla alueella korkeusero kahden eri järjestelmän välillä on homogeeninen. Pisteistä yhdeksän on Geodeettisen laitoksen I luokan ja Maanmittauslaitoksen II ja III luokan vaaituspisteitä, ja loput 22 ovat IV luokan kunnan toimesta vaaitsemia pisteitä. (Taulukko 3.) Vaaitusten tuloksena saatiin korkeusjärjestelmien välisen korkeuseron keskiarvoksi 0.058 metriä, pienimmän korkeuseron ollessa 0.046 metriä ja suurimman 0.085 metriä. (Kuva 12.) Maanmittauslaitos on määrittänyt valtakunnalliset alueelliset korkeusmuunnosarvot N60- ja N43-korkeusjärjestelmien välille. (Kuva 13.) Korkeusero järjestelmien välillä on ilmoitettu karttalehdittäin ja Kirkkonummen N43-järjestelmän alueella korkeusero N60-järjestelmään on 0.064 metriä. (Taulukko 4.) Vaaitustulosten ja Maanmittauslaitoksen määrittämän alueellisen korkeuseroarvon perusteella vakiomuunnosarvoksi päätettiin +0.060 metriä, eli N43-korkeusjärjestelmän mukaisiin korkeuksiin lisättiin 0.060 metriä, jolloin saatiin N60-korkeusjärjestelmän mukaisia korkeuksia.

Taulukko 3. Vaaitut korkeuskiintopisteet N43- ja N60-korkeusjärjestelmien välisen korkeuseron selvittämiseksi. I luokan pisteet ovat Geodeettisen laitoksen vaaitsemia pisteitä, II ja III luokan pisteet ovat Maanmittauslaitoksen vaaitsemia ja IV luokka on kunnan vaaitsemia korkeuskiintopisteitä.

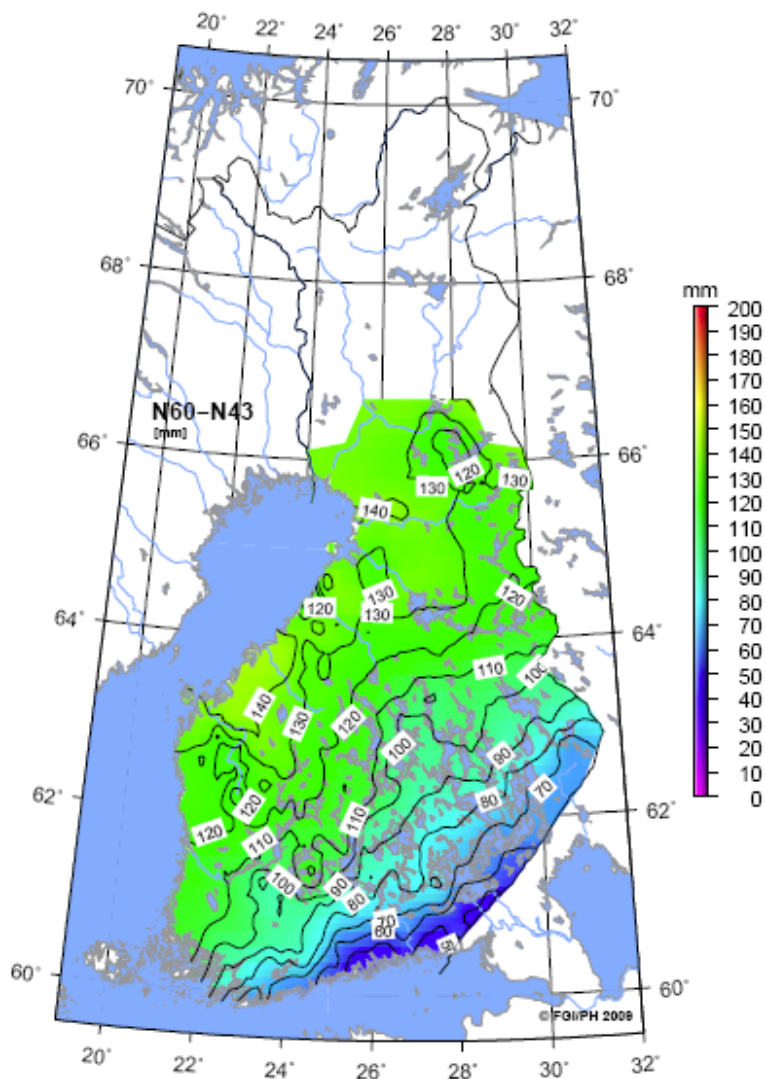
Vaaitut korkeuskiintopisteet N43- ja N60-korkeusjärjestelmissä sekä järjestelmien välinen korkeusero					
Kiintopisteen numero	N43-korkeus	N43-korkeustarkkuusluokka	N60-korkeus	N60-korkeustarkkuusluokka	Korkeusero (m)
642201	5.141	4. luokan vaaituspiste	5.187	4. luokan vaaituspiste	<b>0.046</b>
682502	34.994	4. luokan vaaituspiste	35.044	4. luokan vaaituspiste	0.050
35014	8.319	1. luokan vaaituspiste	8.370	1. luokan vaaituspiste	0.051
65023	10.787	1. luokan vaaituspiste	10.838	1. luokan vaaituspiste	0.051
682501	31.242	4. luokan vaaituspiste	31.293	4. luokan vaaituspiste	0.051
672403	9.015	4. luokan vaaituspiste	9.067	4. luokan vaaituspiste	0.052
672304	9.302	4. luokan vaaituspiste	9.355	4. luokan vaaituspiste	0.053
682604	27.066	4. luokan vaaituspiste	27.119	4. luokan vaaituspiste	0.053
672201	15.327	4. luokan vaaituspiste	15.382	4. luokan vaaituspiste	0.055
30	8.917	4. luokan vaaituspiste	8.972	4. luokan vaaituspiste	0.055
682602	30.653	4. luokan vaaituspiste	30.708	4. luokan vaaituspiste	0.055
21	14.302	4. luokan vaaituspiste	14.358	4. luokan vaaituspiste	0.056
682601	31.987	4. luokan vaaituspiste	32.043	4. luokan vaaituspiste	0.056
8	8.748	4. luokan vaaituspiste	8.804	4. luokan vaaituspiste	0.056
89001	4.317	4. luokan vaaituspiste	4.375	4. luokan vaaituspiste	0.058
692401	22.492	4. luokan vaaituspiste	22.550	4. luokan vaaituspiste	0.058
692601	30.938	4. luokan vaaituspiste	30.996	4. luokan vaaituspiste	0.058
743301	29.034	3. luokan vaaituspiste	29.092	3. luokan vaaituspiste	0.058
792121	10.564	2. luokan vaaituspiste	10.623	2. luokan vaaituspiste	0.059
5	18.454	4. luokan vaaituspiste	18.513	4. luokan vaaituspiste	0.059
56003A	10.248	1. luokan vaaituspiste	10.307	1. luokan vaaituspiste	0.059
89003	17.299	4. luokan vaaituspiste	17.358	4. luokan vaaituspiste	0.059
692513	9.142	1. luokan vaaituspiste	9.201	1. luokan vaaituspiste	0.059
792122	16.976	2. luokan vaaituspiste	17.035	2. luokan vaaituspiste	0.059
2	32.230	4. luokan vaaituspiste	32.289	4. luokan vaaituspiste	0.059
86431P	28.366	3. luokan vaaituspiste	28.426	3. luokan vaaituspiste	0.060
632201	8.254	4. luokan vaaituspiste	8.314	4. luokan vaaituspiste	0.060
692501	21.104	1. luokan vaaituspiste	21.169	1. luokan vaaituspiste	0.065
4	38.180	4. luokan vaaituspiste	38.247	4. luokan vaaituspiste	0.067
672202	20.269	4. luokan vaaituspiste	20.340	4. luokan vaaituspiste	0.071
672302	23.919	4. luokan vaaituspiste	24.004	4. luokan vaaituspiste	<b>0.085</b>
				<b>keskiarvo</b>	<b>0.058</b>



Kuva 12. Vaaitut korkeuskiintopisteet N43- ja N60-korkeusjärjestelmissä sekä järjestelmien välinen korkeusero. Vihreärajaus on kunnassa vuoteen 2009 käytössä olleen N43-korkeuskoordinaatisto alue.

Taulukko 4. Maanmittauslaitoksen määrittämät muunnoskolmioiden korkeuseroarvot N43- ja N60-korkeusjärjestelmien välille karttalehdittäin.

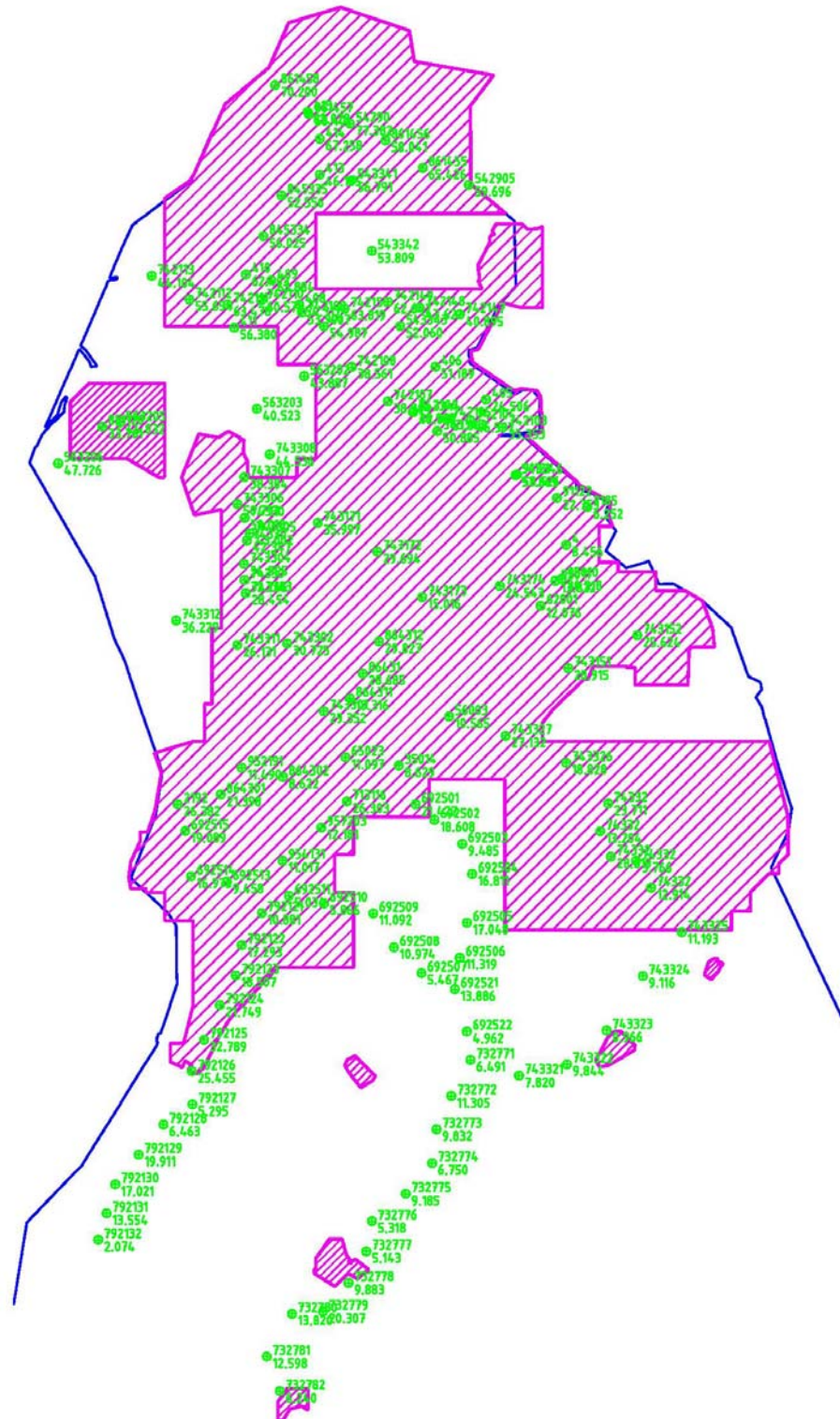
<b>N43- ja N60-korkeuskoordinaatistojen muunnoskolmiot ja niiden arvot, jotka sijaitsevat Kirkkonummella olleella VVJ/N43 alueella</b>				
Kärkipisteen tunniste	Karttalehden numero	X KKJ	Y KKJ	Korkeusero (m)
129	203205	6668107.6459	3348107.8482	0.062
150	203207	6657661.6218	3357646.4373	0.064
151	203208	6667653.7245	3358100.1374	0.064
152	203209	6677645.7929	3358554.2450	0.064



Kuva 13. Maanmittauslaitoksen määrittämä valtakunnallinen N60- ja N43-korkeusjärjestelmien välisen korkeuseron vaihtelu alueittain.

### 3.2.3 Korkeusrunkoverkon homogeenisuus

Kiintopisteitä inventoidessa huomattiin, että useilta kiintopisterekisterissä olevilta tasopisteiltä puuttui korkeuskoordinaatti kokonaan tai N60-järjestelmän mukaisen korkeustiedon synnystä pisteelle ei ollut mitään tietoa. Tarkasteluissa huomattiin lisäksi, että niiden pisteiden, joilla oli korkeustieto, korkeustarkkuus vaihteli suuresti. Kiintopisteiden korkeuskoordinaattiarvoja ei voida pitää homogeenisina eikä luotettavina. Inventoinnin yhteydessä kartoitettiin myös ne korkeuskiintopisteet, joille tunnetaan vaaittu korkeus molemmissa N60- ja N2000-korkeusjärjestelmissä. Tällaisia Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen vaaitsemia I, II ja III luokan pistettä löytyi 135 kappaletta kunnan alueelta. (Kuva 14.)



Kuva 14. Geodeettisen laitoksen I luokan ja Maanmittauslaitoksen II ja III luokan N2000-korkeuskiintopisteet Kirkkonummen alueella, joita on 135 kappaletta. Viivoitetut alueet ovat kunnan kantakartta-alueita.



### 3.3 Kunnan GNSS-mittaus VRS-verkossa

Kunnassa ryhdyttiin mittaamaan GNSS-laitteilla 2000-luvun alussa, jolloin mittalaitteille määriteltiin mittausparametrit joilla mittaaminen tapahtuu VRS-verkossa. KKJ-koordinaatiston parametrien määrittelyä varten suoritettiin staattinen GNSS-mittaus kiintopisteille, jolloin saatiin mittausparametrit koko kunnan alueelle.

KKJ-koordinaatistoa käytettäessä kunnassa on ollut käytössä kahdet eri parametrit paikkatietoaineistojen tuotannossa, eli määritellyt mittausparametrit VRS-verkkoa varten sekä Maanmittauslaitoksen käyttämät valtakunnalliset KKJ-koordinaatiston parametrit. Paikkatietoaineistoista numeerinen kiinteistörekisteriaineisto ja kaavan suunnittelun pohjakartta on tuotettu valtakunnallisessa Maanmittauslaitoksen käyttämässä KKJ-koordinaatistossa sekä suurin osa kiintopisteistä. Kunnan itse tuottama kiinteistörajaelementti pohjakartta-alueilla on puolestaan syntynyt suurimmaksi osaksi mittauksista, joissa on käytetty kunnan omia KKJ-parametreja. Samoin kartoitusten yhteyksissä mitatut karttakohteet ovat mitattu pohjakartoille GNSS-RTK-laitteilla VRS-verkon paikallisella muunnoksella. Paikkatietoaineistoja ovat tuottaneet myös monet eri konsultit, ja heidän tuottamien aineistojen koordinaatistot ovat pohjautuneet Maanmittauslaitoksen käyttämään KKJ-koordinaatistoon.

## 4 Muunnoksien tulokset

### 4.1 Tarkkuusvaatimukset

Paikkatietoaineistojen tarkkuusvaatimukset tulevat Maanmittauslaitoksen Kaavoitusmittausohjeista, ja kun tätä kautta mietitään aineistojen todellista tarkkuutta, tasokoordinaatiston muunnos voidaan suorittaa käyttämällä valmiiksi määriteltäviä valtakunnallisia muunnosparametreja. Paikkatietoaineistojen KKJ-koordinaatit ovat riittävällä tarkkuudella valtakunnallisessa koordinaatistossa, eli ns. paikallista koordinaatistoa ei paikkatietoaineistojen tuottamisessa ole käytetty. Esimerkiksi kaavan suunnittelun pohjakartta 1:1000 mittakaavassa on Kirkkonummella n. 23 600 ha, ja ne on tuotettu kaavoitusmittausohjeiden tarkkuusluokassa 2, joten muunnoksen jälkeenkin aineistolla olevat tarkkuusrajat saavutetaan. Mittausluokassa 2 karttakohteiden pistekeskivirhe

saa olla tasossa puolesta metristä kolmeen metriin ja korkeudessa 0,5 metriä Kaavoitusmittausohjeiden mukaan. (Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 94. 2003.)

Kunnan itse mittaamien rajamerkkien koordinaattien muuntamisessa täytyy olla tarkempina ja muunnoksen jälkeen tarkistaa mittauksin muunnoksen onnistuminen. Tarkistuksissa täytyy selvittää valtakunnallisten muunnosparametrien toimivuutta aineistolle, joka on mitattu VRS-GNSS-mittauksin käyttäen kunnan omia mittausparametreja. Tässä tarkastelussa selviää, kuinka lähellä valtakunnallista KKJ-koordinaatistoa Kirkkonummella on toimittu paikkatietoaineistojen tuottamisessa. Mikäli tarkasteluissa havaitaan huomattavaa eroa, täytyy pohtia paikallisten muunnosarvojen määrittämistä. Tässäkin voidaan käyttää Kaavoitusmittausohjeiden raja-arvoja eli huomattavana erona voidaan pitää, jos rajamerkkien muunnettujen ja maastossa mitattujen koordinaattien ero on systemaattisesti yli 120 mm asemakaava-alueella ja yli 180 mm haja-asutusalueella. Varsinkin asemakaava-alueilla rajamerkkien koordinaattien epätarkkuudet aiheuttavat vaikeutta kaavalaskennan suorittamiselle.

Käyttökiintopisteiden osalta tarkkuusvaatimukset tasossa ovat mittausluokissa 1 ja 2 15 mm ja korkeudessa 5 mm. Mikäli kunnan kiintopisteverkko on epähomogeeninen, vanhojen pisteiden epätarkkoja koordinaatteja ei ole järkevää lähteä muuntamaan uuteen koordinaatistoon, vaan pisteille mitataan koordinaatit uudessa järjestelmässä.

Korkeusmuunnoksen tarkkuusvaatimukset tulevat esille muunnettaessa varsinkin johdokartan aineistoja. Kun käytetään vakiomuunnosarvoa koko aineiston korkeustiedon muuntamiseen, niin aineistoa on muunnoksen jälkeen tarkasteltava, jottei synny alueita, joissa käytetty korkeusmuunnosarvo ei annakaan oikeaa tulosta, sillä jo muutamien senttimetrien korkeusvirheet voivat aiheuttaa ongelmia.

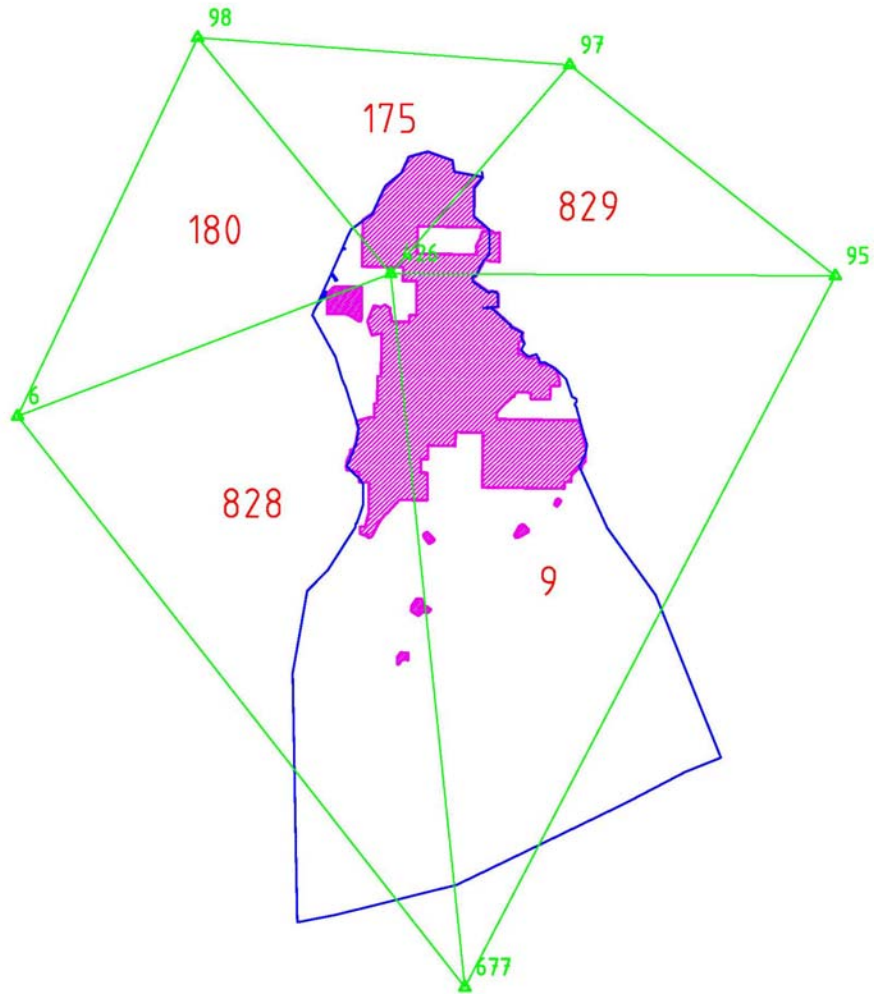
#### 4.2 ETRS-GKn karttaprojektiokaistan valinta

Kunnassa käytössä olevan KKJ-kaistan 2 luonnollinen EUREF-FIN-järjestelmän mukainen ETRS-GK-kaista on 24, johon tasokoordinaatiston muunnos voitaisiin tehdä. Kirkkonummella projektiokaistojen ETRS-GK24 ja ETRS-GK25 välinen raja kulkee likipitään keskeltä kuntaa ja käytettäväksi karttaprojektioksi valittiin ETRS-GK25. Se miksi Kirkkonummi valitsi Gauss-Krüger-kaistaksi 25, johtuu lisääntyvästä yhteistyöstä paikkatietoaineistojen osalta pääkaupunkiseudun sekä Helsingin seudun ympäristöpalve-

luiden (HSY) ja Helsingin seudun liikenteen (HSL) kanssa. Länsi-Uudenmaan kuntien kanssa, jotka ovat vallinneet projektiokaistan ETRS-GK24 käyttöönsä, on yhteistyötä vähemmän.

#### 4.3 Tasokoordinaatiston muunnos

Tasokoordinaatiston muunnosvaihtoehdoksi valittiin käytettäväksi kolmioittaista affiinis-ta muunnosta Geodeettisen laitoksen kolmioittain laskemilla alueellisilla muunnosarvoilla. Tällä muunnostavalla päästään paikkatietoaineistojen osalta riittävään tarkkuuteen ja vältetään paikallisten muunnosarvojen määrittämiseltä mittaamalla ja laskemalla. Kirkkonummen kunnan alueelle osuu seitsemän muunnoskolmiota, joista viisi on mantereella ja kaksi merialueella, joilla muunnokset KKJ-koordinaatistosta ETRS-GK25-koordinaatistoon voidaan suorittaa. (Kuva 15.) Geodeettisen laitoksen muunnospalvelusta osoitteesta <http://coordtrans.fgi.fi/index.jsp> voidaan ladata muunnoskolmioiden parametrit. (Taulukko 5.)



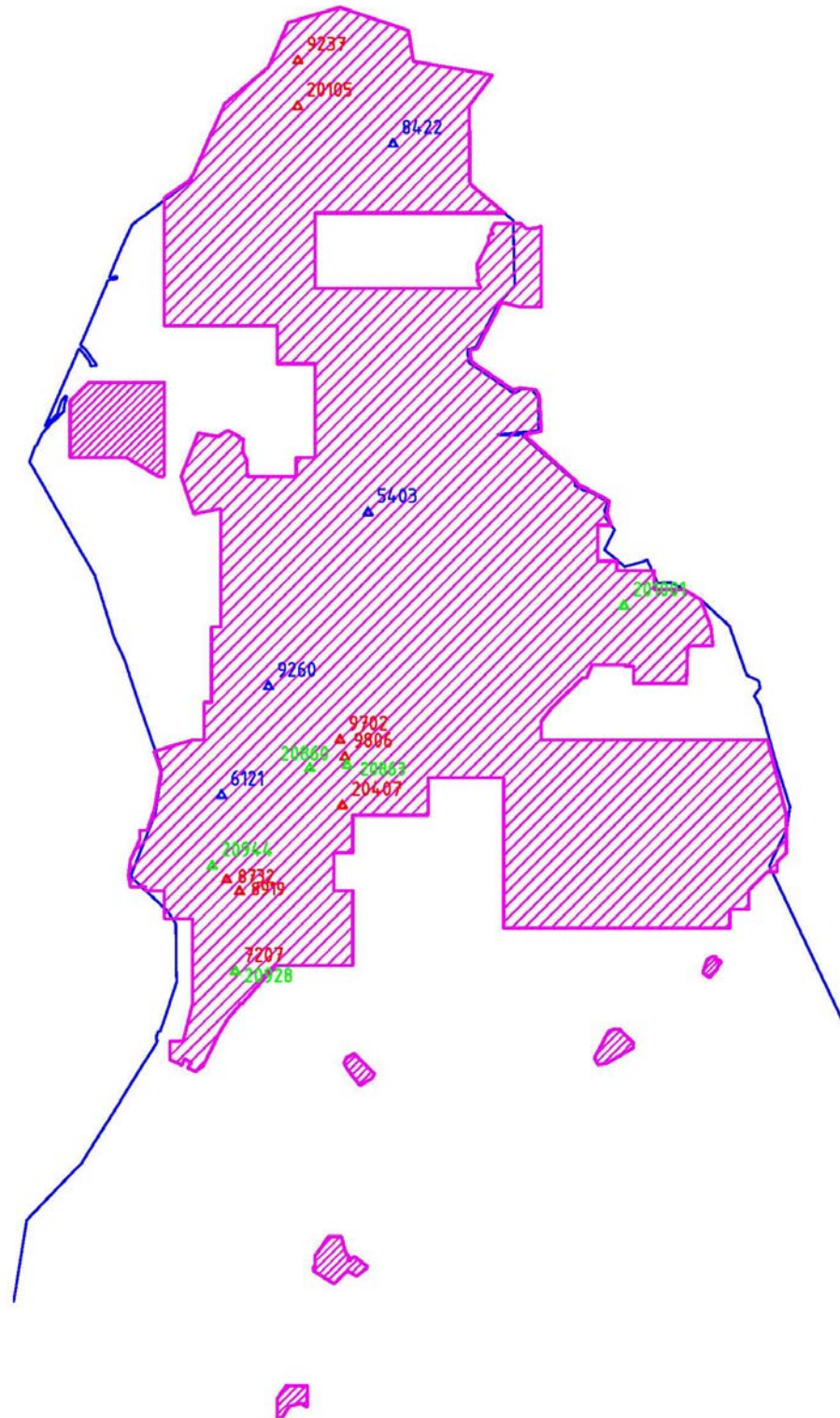
Kuva 15. Geodeettisen laitoksen määrittämät viisi mantereelle osuvaa tasomuunnoskolmiot KKJ- ja ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistojärjestelmien välille Kirkkonummen kunnan alueella. Viivoitetut alueet ovat kunnan kantakartta-alueita.

Taulukko 5. Kirkkonummen alueelle osuvien Geodeettisen laitoksen affiinisten muunnoskolmioiden parametrit KKJ-koordinaatistosta ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon ja päinvastoin.

Kirkkonummen alueella olevien affiinisten muunnoskolmioiden parametrit KKJ-koordinaatistosta ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon									
1. kärkipisteen tunnistenumero	2. kärkipisteen tunnistenumero	3. kärkipisteen tunnistenumero	Kolmion tunnistenumero	a1	a2	ΔE	b1	b2	ΔN
95	97	426	829	-0.0000054575812950	0.999595722094713	-2998717.7196	0.999596406246056	0.0000044832828829	-123.1628
95	426	677	9	-0.0000037668581185	0.999595781632541	-2998729.2156	0.999595269419971	0.0000044437280238	-115.4328
426	97	98	175	-0.0000046211411018	0.999594802560622	-2998720.2223	0.999594415239264	0.0000066723055088	-117.2045
426	98	6	180	-0.0000041237697779	0.999595450609301	-2998725.7201	0.999592283059729	0.0000038942572827	-93.6362
677	426	6	828	-0.0000037993878089	0.999595337702858	-2998727.5085	0.999595155865028	0.0000028944157171	-109.4749
Kirkkonummen alueella olevien affiinisten muunnoskolmioiden parametrit ETRS-TM35FIN-koordinaatistosta KKJ-koordinaatistoon									
1. kärkipisteen tunnistenumero	2. kärkipisteen tunnistenumero	3. kärkipisteen tunnistenumero	Kolmion tunnistenumero	a1	a2	ΔN	b1	b2	ΔE
95	97	426	829	-0.0000044874069893	1.00040375676141	109.7554	1.00040444140752	0.0000054621625004	2999930.5247
95	426	677	9	-0.0000044473814151	1.00040489445871	102.1431	1.00040438184046	0.0000037698920531	2999941.8477
426	97	98	175	-0.0000066776839490	1.00040574944635	97.2264	1.00040536163761	0.0000046249080280	2999935.7890
426	98	6	180	-0.0000038974278348	1.00040788325485	81.9869	1.00040471309350	0.0000041271541881	2999939.3439
677	426	6	828	-0.0000028967569988	1.00040500810121	100.8326	1.00040482609412	0.0000038024587351	2999941.4722

Kiintopisteiden inventoinnin yhteydessä kävi selväksi, ettei kiintopisterekisterissä olevien pisteiden koordinaatteja ole syytä muuntaa ETRS-GK25-koordinaatistoon niiden epätarkkojen ja epähomogeenisten KKJ-koordinaattien takia. Kiintopisteille tulee määrittää ETRS-GK25-koordinaatiston mukaiset koordinaatit mittaamalla staattisena GNSS-mittauksena.

Tasokoordinaatiston tarkasteluissa ei ole huomattu merkittävää eroa Maanmittauslaitoksen käyttämiin KKJ-arvoihin verrattuna Kirkkonummen kunnan mittaustoimen käyttämiin KKJ-arvoihin. Tarkastelu tehtiin mittaamalla RTK-GNSS-laitteistolla kiintopisteitä sekä kunnan omilla KKJ-parametreilla että Maanmittauslaitoksen käyttämällä GNSS-mittauksessa käyttämillään parametreilla. Mittaukset suoritettiin 17:sta pisteelle. (Kuva 16.) Mittausten tuloksena saatiin suurimmaksi koordinaattieroksi X-akselilla 0.072 metriä ja Y-akselilla 0.038 metriä. Keskiarvo X-koordinaattierossa oli 0.026 metriä ja Y-koordinaattierossa 0.014 metriä. (Taulukko 6.) Mittaukset suoritettiin kullekin pisteelle useamman kerran, aina eri alustuksella, eri päivinä, mittaussauva aina tuettuna statiivila sekä usealla mittaushavainnolla, joista laskettiin koordinaattien keskiarvot. Kun otetaan huomioon vielä RTK-GNSS-laitteiston mittaustarkkuus, mitään hälyttävää eroa ei ole havaittavissa näiden kahden mittausparametrien välillä.



Kuva 16. Mittausparametrien tarkistuksissa käytettyjen kiintopisteiden sijainnit. Punaiset pisteet ovat jononmittauspisteitä, vihreät ovat staattisia GNSS-mittauspisteitä ja siniset ovat Maanmittauslaitoksen kolmiopisteitä. Viivoitetut alueet ovat kunnan kantakartta-alueita.

Taulukko 6. Vertailu kunnan ja Maanmittauslaitoksen käyttämistä RTK-GNSS-mittausparametreista.

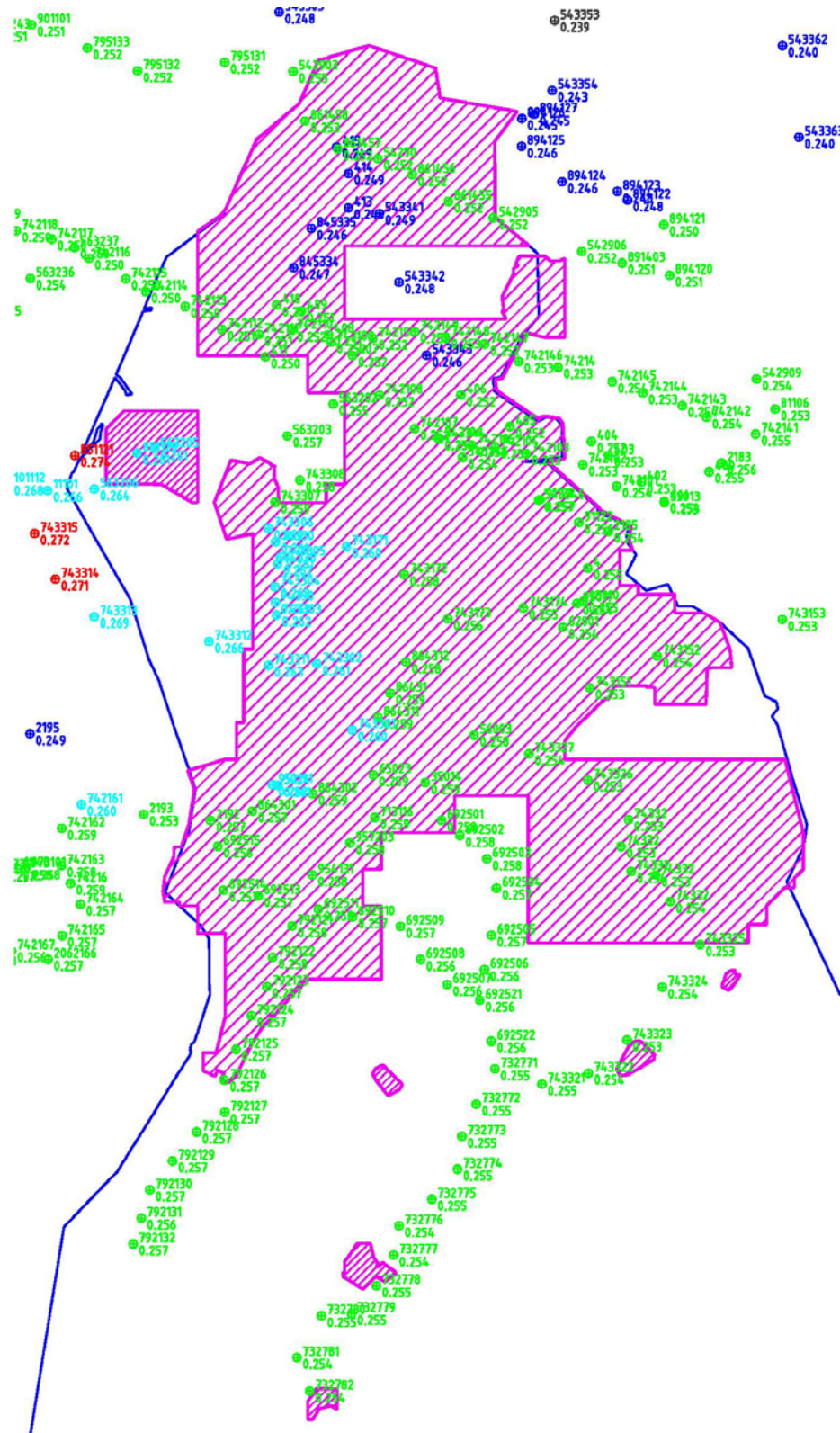
<b>Kirkkonummen kunnan ja Maanmittauslaitoksen RTK-GNSS-mittausparametrien koordinaattierojen vertailu</b>			
<b>Pistenumero</b>	<b>X KKJ</b>	<b>Y KKJ</b>	<b>Mittausparametrit</b>
<b>6121</b>	6666528.250	2521516.534	Kirkkonummen KKJ parametrit
kolmiopiste	6666528.211	2521516.553	MML:n KKJ parametrit
	0.039	-0.019	koordinaattiero (m)
<b>20860</b>	6667241.679	2523861.145	Kirkkonummen KKJ parametrit
staattinen	6667241.653	2523861.158	MML:n KKJ parametrit
GNSS-piste	0.026	-0.013	koordinaattiero
<b>20863</b>	6667320.879	2524847.803	Kirkkonummen KKJ parametrit
staattinen	6667320.873	2524847.792	MML:n KKJ parametrit
GNSS-piste	0.006	0.011	koordinaattiero
<b>9806</b>	6667544.429	2524786.383	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6667544.467	2524786.350	MML:n KKJ parametrit
	-0.038	0.033	koordinaattiero
<b>9260</b>	6669420.856	2522761.816	Kirkkonummen KKJ parametrit
kolmiopiste	6669420.825	2522761.838	MML:n KKJ parametrit
	0.031	-0.022	koordinaattiero
<b>9702</b>	6667996.483	2524660.485	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6667996.472	2524660.523	MML:n KKJ parametrit
	0.011	<b>-0.038</b>	koordinaattiero
<b>20928</b>	6661840.222	2521884.942	Kirkkonummen KKJ parametrit
staattinen	6661840.179	2521884.961	MML:n KKJ parametrit
GNSS-piste	0.042	-0.019	koordinaattiero
<b>7207</b>	6661843.600	2521879.964	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6661843.528	2521879.986	MML:n KKJ parametrit
	<b>0.072</b>	-0.021	koordinaattiero
<b>20407</b>	6666257.515	2524721.069	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6666257.472	2524721.087	MML:n KKJ parametrit
	0.043	-0.018	koordinaattiero
<b>8919</b>	6663971.434	2521994.627	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6663971.397	2521994.653	MML:n KKJ parametrit
	0.036	-0.027	koordinaattiero
<b>8732</b>	6664285.927	2521651.841	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6664285.886	2521651.859	MML:n KKJ parametrit
	0.041	-0.018	koordinaattiero
<b>20944</b>	6664645.447	2521269.787	Kirkkonummen KKJ parametrit
staattinen	6664645.407	2521269.808	MML:n KKJ parametrit
GNSS-piste	0.040	-0.021	koordinaattiero
<b>5403</b>	6674042.692	2525402.811	Kirkkonummen KKJ parametrit
kolmiopiste	6674042.694	2525402.835	MML:n KKJ parametrit
	-0.002	-0.024	koordinaattiero

<b>201001</b>	6671560.436	2532189.708	Kirkkonummen KKJ parametrit
staattinen	6671560.389	2532189.731	MML:n KKJ parametrit
GNSS-piste	0.046	-0.024	koordinaattiero
<b>20105</b>	6684830.389	2523533.772	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6684830.355	2523533.774	MML:n KKJ parametrit
	0.034	-0.002	koordinaattiero
<b>8422</b>	6683833.912	2526064.438	Kirkkonummen KKJ parametrit
kolmiopiste	6683833.900	2526064.421	MML:n KKJ parametrit
	0.012	0.017	koordinaattiero
<b>9237</b>	6686050.468	2523542.197	Kirkkonummen KKJ parametrit
jonopiste	6686050.472	2523542.224	MML:n KKJ parametrit
	-0.004	-0.027	koordinaattiero
	koordinaattiero X	koordinaattiero Y	
<b>keskiarvo</b>	<b>0.026</b>	<b>-0.014</b>	

#### 4.4 Korkeuskoordinaatiston muunnos

Kirkkonummen kunnan alueella on 135 korkeuskiintopistettä, joilla on vaaitut korkeudet molemmissa N60- ja N2000-korkeusjärjestelmissä. Pisteet ovat Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen vaaitsemia I, II ja III luokan korkeuskiintopisteitä. Lisäksi kunnassa on omana työnä vaaittu korkeuskiintopisteille korkeuksia N60- ja N2000-korkeusjärjestelmissä. N60-korkeuksia on vaaittu sellaisille korkeuskiintopisteille, joilla tunnetaan korkeus N43-korkeusjärjestelmässä, koska on haluttu selvittää myös N43- ja N60-järjestelmien välistä korkeuseroa ja korkeusmuunnoksen tarkkuutta. Korkeuskiintopistejonot sijaitsevat tasaisesti ympäri kuntaa. Näistä pisteistä on pystytty määrittämään N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välinen ero ja tarkastelemaan korkeuseron alueellista vaihtelua. (Kuva 17.) Tarkasteluissa havaittiin, että korkeusero järjestelmien välillä on suurimmillaan kaksi senttimetriä eri alueiden välillä, joten merkittävää poikkeamaa ei ole. Alueellisiin korkeusmuunnoksiin ei ole tarvetta, vaan muunnos voidaan suorittaa koko kunnan alueelle samalla vakiomuunnosarvolla. Vakiomuunnosarvoksi saatiin laskettua + 0.255 metriä. (Taulukko 7.) Täten N60-järjestelmän mukaisia korkeuksia nostettiin 0.255 metriä, jolloin saatiin N2000-järjestelmän mukaisia korkeuksia. Maanmittauslaitoksen määrittämät valtakunnalliset korkeusjärjestelmien väliset korkeuseroarvot Kirkkonummen alueella tukevat laskettua vakiomuunnosarvoa. (Kuva 18.)





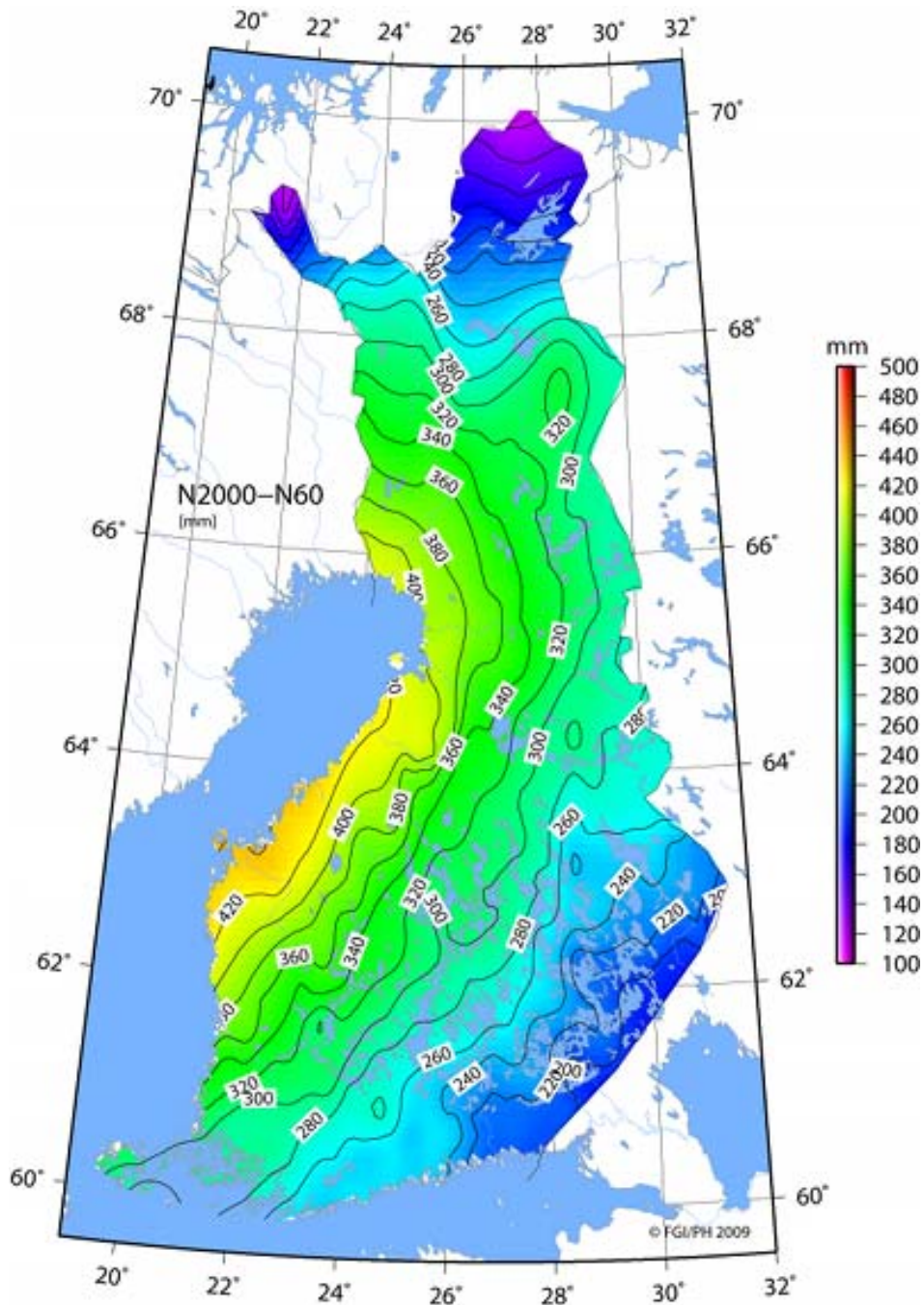
Kuva 17. Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen vaaitsemien korkeuskiintopisteiden korkeuserot N60- ja N2000-järjestelmien välillä. Korkeuskiintopisteiden eri värit indikoivat korkeuseron vaihtelua järjestelmien välillä. Eri värien välillä on yhden senttimetrin ero korkeuserossa. Viivoitetut alueet ovat kunnan kantakartta-alueita.

Taulukko 7. Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen vaaitsemat I–III luokkien korkeuskiintopisteet Kirkkonummen alueella ja järjestelmien väliset korkeuserot.

<b>Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen vaaitsemat korkeuskiintopisteet</b>					
<b>Kirkkonummen alueella N60- ja N2000-korkeusjärjestelmissä ja niiden väliset korkeuserot</b>					
Kiintopisteen numero	N60-korkeus	N60-korkeus-tarkkuusluokka	N2000-korkeus	N2000-korkeus-tarkkuusluokka	Korkeusero (m)
743312	35.963	3. luokka	36.2286	3. luokka	0.266
563206	47.462	3. luokka	47.7257	3. luokka	0.264
743311	25.868	3. luokka	26.1311	3. luokka	0.263
95M2191	11.228	1. luokka	11.49029	1. luokka	0.262
74330P	32.004	3. luokka	32.2661	3. luokka	0.262
743304	34.633	3. luokka	34.895	3. luokka	0.262
74330K	42.085	3. luokka	42.3468	3. luokka	0.262
743303	28.192	3. luokka	28.4537	3. luokka	0.262
563205	44.571	3. luokka	44.8324	3. luokka	0.261
5024	12.410	4. luokka	12.671	4. luokka	0.261
743305	42.741	3. luokka	43.0019	3. luokka	0.261
743302	30.464	3. luokka	30.7246	3. luokka	0.261
74330L	49.749	3. luokka	50.0096	3. luokka	0.261
851120	33.501	3. luokka	33.7615	3. luokka	0.261
743306	50.473	3. luokka	50.7334	3. luokka	0.260
743171	35.737	3. luokka	35.9971	3. luokka	0.260
743301	29.092	3. luokka	29.3519	3. luokka	0.260
864302	8.363	3. luokka	8.6222	3. luokka	0.259
743307	38.125	3. luokka	38.384	3. luokka	0.259
65023	10.838	1. luokka	11.09696	1. luokka	0.259
35014	8.370	1. luokka	8.62883	1. luokka	0.259
86431P	28.426	3. luokka	28.6847	3. luokka	0.259
M713116	26.044	3. luokka	26.3027	3. luokka	0.259
864311	19.057	3. luokka	19.3156	3. luokka	0.259
692501	21.169	1. luokka	21.4275	2. luokka	0.258
743172	29.436	3. luokka	29.6943	3. luokka	0.258
954131	10.759	3. luokka	11.0172	3. luokka	0.258
792122	17.035	2. luokka	17.2931	2. luokka	0.258
692502	18.350	1. luokka	18.6079	2. luokka	0.258
692503	9.227	1. luokka	9.4849	2. luokka	0.258
743308	44.278	3. luokka	44.5358	3. luokka	0.258
864312	29.569	3. luokka	29.8267	3. luokka	0.258
692511	4.776	1. luokka	5.0336	2. luokka	0.258
56003A	10.307	1. luokka	10.5645	1. luokka	0.258
792121	10.623	2. luokka	10.8805	2. luokka	0.258
864301	21.141	3. luokka	21.3984	3. luokka	0.257
792125	32.532	2. luokka	32.7893	2. luokka	0.257
563203	40.266	3. luokka	40.5233	3. luokka	0.257
692513	9.201	1. luokka	9.4583	2. luokka	0.257
792123	18.250	2. luokka	18.5072	2. luokka	0.257

692509	10.835	1. luokka	11.0922	2. luokka	0.257
543346	57.612	3. luokka	57.8691	3. luokka	0.257
792128	6.206	2. luokka	6.4631	2. luokka	0.257
792124	21.492	2. luokka	21.7491	2. luokka	0.257
792129	19.654	2. luokka	19.911	2. luokka	0.257
692504	16.554	1. luokka	16.8109	2. luokka	0.257
792130	16.764	2. luokka	17.0209	2. luokka	0.257
91121	58.269	3. luokka	58.5259	3. luokka	0.257
792126	25.198	2. luokka	25.4549	2. luokka	0.257
692510	5.609	1. luokka	5.8658	2. luokka	0.257
692505	16.791	1. luokka	17.0478	2. luokka	0.257
2192	26.125	1. luokka	26.38173	1. luokka	0.257
692514	16.716	1. luokka	16.9727	2. luokka	0.257
792132	1.817	2. luokka	2.0735	2. luokka	0.257
792127	5.039	2. luokka	5.2955	2. luokka	0.257
692515	18.833	1. luokka	19.0894	2. luokka	0.256
743173	14.760	3. luokka	15.0164	3. luokka	0.256
692508	10.718	1. luokka	10.9744	2. luokka	0.256
792131	13.298	2. luokka	13.5543	2. luokka	0.256
692507	5.211	1. luokka	5.4672	2. luokka	0.256
91122	22.497	3. luokka	22.7532	3. luokka	0.256
692506	11.063	1. luokka	11.319	2. luokka	0.256
692521	13.630	1. luokka	13.8858	2. luokka	0.256
692522	4.706	1. luokka	4.9616	2. luokka	0.256
563202	43.632	3. luokka	43.8871	3. luokka	0.255
732771	6.236	1. luokka	6.4909	2. luokka	0.255
743174	24.288	3. luokka	24.5429	3. luokka	0.255
743321	7.565	3. luokka	7.8199	3. luokka	0.255
732775	8.930	1. luokka	9.1848	2. luokka	0.255
VR004	8.201	1. luokka	8.45578	1. luokka	0.255
95010	30.063	1. luokka	30.31777	1. luokka	0.255
732772	11.050	1. luokka	11.3047	2. luokka	0.255
732779	20.052	1. luokka	20.3067	2. luokka	0.255
732780	13.565	1. luokka	13.8197	2. luokka	0.255
732773	9.577	1. luokka	9.8316	2. luokka	0.255
732774	6.495	1. luokka	6.7495	2. luokka	0.255
732778	9.628	1. luokka	9.8825	2. luokka	0.255
732781	12.344	1. luokka	12.5984	2. luokka	0.254
732777	4.889	1. luokka	5.1434	2. luokka	0.254
732776	5.064	1. luokka	5.3183	2. luokka	0.254
62001	11.822	1. luokka	12.07626	1. luokka	0.254
95011	13.568	1. luokka	13.82222	1. luokka	0.254
743324	8.862	3. luokka	9.116	3. luokka	0.254
543345	50.631	3. luokka	50.8849	3. luokka	0.254
74332P	12.660	3. luokka	12.9139	3. luokka	0.254
2185A	5.998	1. luokka	6.25182	1. luokka	0.254
74332M	28.365	3. luokka	28.6188	3. luokka	0.254
743322	9.590	3. luokka	9.8437	3. luokka	0.254

743327	26.878	3. luokka	27.1317	3. luokka	0.254
732782	5.986	1. luokka	6.2396	2. luokka	0.254
743152	25.370	3. luokka	25.6236	3. luokka	0.254
743325	10.940	3. luokka	11.1933	3. luokka	0.253
743323	0.713	3. luokka	0.9663	3. luokka	0.253
74332L	12.951	3. luokka	13.2043	3. luokka	0.253
74332K	3.513	3. luokka	3.7662	3. luokka	0.253
743326	18.575	3. luokka	18.8282	3. luokka	0.253
743151	28.662	3. luokka	28.9151	3. luokka	0.253
74332R	23.458	3. luokka	23.7111	3. luokka	0.253
861458	69.947	2. luokka	70.20007	1. luokka	0.253
742103	35.100	2. luokka	35.353	2. luokka	0.253
742148	43.369	2. luokka	43.6218	2. luokka	0.253
742147	40.642	2. luokka	40.8945	2. luokka	0.252
405	24.254	1. luokka	24.50649	1. luokka	0.252
742149	62.390	2. luokka	62.6424	2. luokka	0.252
861456	57.789	2. luokka	58.0414	2. luokka	0.252
54290P	77.130	2. luokka	77.3823	2. luokka	0.252
742104	46.345	2. luokka	46.5973	2. luokka	0.252
742150	63.567	2. luokka	63.8193	2. luokka	0.252
742106	38.746	2. luokka	38.9983	2. luokka	0.252
543344	41.770	3. luokka	42.0223	3. luokka	0.252
742105	51.716	2. luokka	51.9682	2. luokka	0.252
861457	58.149	2. luokka	58.4011	2. luokka	0.252
861455	65.174	2. luokka	65.4261	2. luokka	0.252
407	54.735	1. luokka	54.98695	1. luokka	0.252
406	50.937	1. luokka	51.18894	1. luokka	0.252
742108	38.309	2. luokka	38.5609	2. luokka	0.252
742109	53.649	2. luokka	53.9009	2. luokka	0.252
542905	59.444	2. luokka	59.6957	2. luokka	0.252
742107	38.712	2. luokka	38.9637	2. luokka	0.252
742110	60.325	2. luokka	60.5765	2. luokka	0.252
409	63.633	1. luokka	63.88401	1. luokka	0.251
408	54.066	1. luokka	54.31697	1. luokka	0.251
410	62.152	4. luokka	62.40296	1. luokka	0.251
742111	63.227	2. luokka	63.47789	1. luokka	0.251
742112	55.403	2. luokka	55.6536	2. luokka	0.251
411	56.130	1. luokka	56.38046	1. luokka	0.250
742113	43.854	2. luokka	44.1039	2. luokka	0.250
414	67.009	1. luokka	67.25795	1. luokka	0.249
415	61.780	1. luokka	62.02885	1. luokka	0.249
543341	56.542	3. luokka	56.7908	3. luokka	0.249
413	45.937	1. luokka	46.18538	1. luokka	0.248
543342	53.561	3. luokka	53.8089	3. luokka	0.248
845334	55.778	3. luokka	56.02451	1. luokka	0.247
845335	52.310	3. luokka	52.55634	1. luokka	0.246
543343	51.814	3. luokka	52.06012	1. luokka	0.246
<b>keskiarvo</b>					<b>0.255</b>



Kuva 18. Maanmittauslaitoksen määrittämä valtakunnallinen N2000- ja N60-korkeusjärjestelmien välisen korkeuseron vaihtelu alueittain.

Kiintopisteiden osalta muunnosta ei suoriteta, vaan kuten jo pisteiden tarkkuuden tarkastelussa kävi ilmi, niiden koordinaatteja ei ole syytä lähteä muuntamaan epähomogeenisten koordinaattien takia. Muille paikkatietoaineistoille korkeusjärjestelmän vaihdos voidaan suorittaa vakiomuunnosarvolla. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Korkeusjärjestelmien väliset vakimuunnosarvot.

Kirkkonummen vesitornin pisteen 73 M 7351 koordinaatit eri korkeusjärjestelmissä			
	<b>VVJ</b>	<b>KKJ</b>	<b>ETRS-GK25</b>
	<b>N43</b>	<b>N60</b>	<b>N2000</b>
Z	77.120	77.180	77.435
Korkeuskoordinaatistojen väliset korkeuserot:			
N43 + 0.060 m = N60			
N43 + 0.315 m = N2000			
N60 + 0.255 m = N2000			

#### 4.5 Paikkatiedon tuotantoympäristön muunnos

##### 4.5.1 Paikkatietoaineistot

Kirkkonummen kunnan eri toimialoilla tuotetaan ja hyödynnetään erilaisia paikkatietoja erilaisilla ohjelmistoilla ja järjestelmillä. Näissä paikkatietojärjestelmän eri osissa olevat aineistot muunnetaan ETRS-GK25-koordinaatistoon ja tuodaan järjestelmän eri ohjelmistojen käyttöön. Muunnostyötä tehdään omana työnä sekä konsulttien avustuksella. Muunnostyössä käytetään FME-ohjelmaa (Feature Manipulation Engine), jonka monipuolisilla työkaluilla koordinaatistojen ja formaattien muunnokset saadaan vaivattomasti tehtyä. Konsultteja käytetään lähinnä paikkatietojärjestelmän tietokannassa olevien paikkatietojen muuntamiseen, kuten Facta- ja Tekla-ohjelmistojen tietokantojen muunnoksessa sekä Internet-karttapalvelun aineistojen muunnoksessa ja päivittämisessä.

##### Opaskartta

Opaskartta-aineisto on tuotettu MicroStation-ohjelmalla DGN-formaatissa ja KKJ-koordinaatistossa. Opaskartasta on myös tuotettu rasterikuva eri järjestelmien käyttöön. DGN-formaatissa oleva vektoriopaskartan koordinaatisto muunnetaan FME-ohjelmalla. Rasteriopaskartan koordinaatiston on muuntanut konsultti, joka tuottaa kunnan Internet-karttapalvelun.

## Maastokartta

Kunnan Internet-karttapalvelua varten tilataan Maanmittauslaitoksen maastokartta ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa, jonka konsultti sitten muuntaa karttapalvelun päivityksen yhteydessä ETRS-GK25-koordinaatistoon. Facta- ja Tekla-järjestelmiä varten muunnetaan kunnassa ylläpidetty maastokartta uuteen koordinaatistoon FME-ohjelmalla.

## Kantakartta

Kantakartta-aineisto tuotetaan ja ylläpidetään TeklaGIS-ohjelmistolla ja konsultti suorittaa tietokannassa olevalle kartta-aineistolle taso- ja korkeuskoordinaatistojen muunnokset. Muunnoksen jälkeen aineistosta poistetaan N60-korkeusjärjestelmän mukaiset korkeuskäyrät, minkä jälkeen siihen liitetään N2000-korkeusjärjestelmässä tuotetut korkeuskäyrät. Konsultti on tuottanut Maanmittauslaitoksen laserkeilaamasta korkeuspisteaineistosta korkeuskäyrät N2000-korkeusjärjestelmässä koko kunnan alueelle. Muunnoksen jälkeen kantakartat muunnetaan muihin formaatteihin FME-ohjelmalla, jotta ne saadaan myös muiden paikkatietojärjestelmän ohjelmien käyttöön.

## Kiinteistökartta

Kirkkonummen kunnan kiinteistörekisterin ylläpidosta ja kiinteistötoimituksista huolehtii Maanmittauslaitos koko kunnan alueella. Maanmittauslaitos lopetti aineistojensa ylläpidon ja toimituksen KKJ- ja N60-koordinaatistoissa vuoden 2012 loppuun mennessä, mikä tarkoittaa myös sitä, että Kirkkonummen kiinteistörekisterin ylläpito loppuu kyseisissä koordinaatistoissa. Kirkkonummi sijaitsee kahden eri ETRS-GK-kaistan rajalla, mistä johtuen Maanmittauslaitos suorittaa esimerkiksi kiinteistöjen lohkomiset siinä GK-kaistassa, jossa kiinteistö maantieteellisesti sijaitsee. Kunnan paikkatietojärjestelmään Maanmittauslaitoksen numeerinen kiinteistörajaelementti tosin saadaan ETRS-GK25-koordinaatistossa koko kunnan alueelta. Kunnan oma tuottama kiinteistökartta päivitetään TeklaGIS-ohjelmalla, minkä jälkeen aineisto muunnetaan uuteen koordinaatistoon. Aineistolle on tehty pinta-alatarkistuksia ottamalla tarkasteluun 104 kappaletta eri puolilla kuntaa sijaitsevia erikokoisia kiinteistöjä ja vertaamalla KKJ-koordinaatistossa olevia pinta-aloja ETRS-GK25-koordinaatistoon muunnettuja pinta-aloja. Kiinteistöt sijaitsevat sekä asema- että yleiskaava-alueilla. Pienimmän kiinteistön pinta-ala on n. 235 m<sup>2</sup> ja suurimman 50,8 ha. Suurin pinta-alan muutos muunnoksen jälkeen oli 4.766

m<sup>2</sup> ja pienin muutos 0,002 m<sup>2</sup>. Vertailussa olleiden kiinteistöjen pinta-alojen keskiarvo on 4 ha ja pinta-alojen muutoksen keskiarvo on 0,268 m<sup>2</sup>. (Taulukko 9.) Tulosten perusteella voi todeta, että kiinteistörajaelementin koordinaatistojärjestelmien välisen muunnoksen voi suorittaa valtakunnallisilla affiinisilla kolmioittaisilla muunnosparametreilla.

Taulukko 9. Kiinteistöjen pinta-alojen muutosten vertailun KKJ ETRS-GK25 muunnoksen jälkeen.

<b>Kiinteistöt joille tehty pinta-alamuutoksen vertailu KKJ ETRS-GK25-koordinaatistomuunnoksen jälkeen</b>				
Kaavatilanne	Kiinteistötunnus	Pinta-ala m <sup>2</sup> KKJ	Pinta-ala m <sup>2</sup> ETRS-GK25	Pinta-alojen erotus m <sup>2</sup>
Yleiskaava	257-404-3-57	<b>234.836</b>	<b>234.835</b>	<b>0.002</b>
Yleiskaava	257-404-5-12	4746.437	4746.361	0.076
Yleiskaava	257-404-5-134	10081.437	10081.456	0.019
Yleiskaava	257-404-6-28	246009.234	246008.219	1.015
Yleiskaava	257-404-9-63	139826.090	139824.257	1.834
Yleiskaava	257-414-3-136	808.681	808.708	0.027
Yleiskaava	257-414-3-166	2519.261	2519.298	0.037
Yleiskaava	257-414-4-49	23620.807	23621.208	0.401
Yleiskaava	257-414-4-54	2394.751	2394.780	0.029
Yleiskaava	257-414-5-9	177560.846	177562.398	1.552
Yleiskaava	257-414-6-75	278405.292	278406.290	0.998
Yleiskaava	257-414-6-87	57668.661	57668.727	0.066
Yleiskaava	257-414-878-3	3716.551	3716.543	0.008
Yleiskaava	257-414-9-3	5140.372	5140.406	0.034
Asemakaava	257-416-8-18	1379.703	1379.974	0.271
Asemakaava	257-418-1-208	239.750	239.745	0.006
Yleiskaava	257-418-1-244	121096.100	121095.722	0.378
Yleiskaava	257-418-1-256	5000.998	5000.977	0.021
Yleiskaava	257-418-4-1	57325.209	57325.256	0.046
Asemakaava	257-420-1-10	910.001	909.979	0.022
Yleiskaava	257-425-1-105	15088.319	15088.451	0.132
Yleiskaava	257-425-2-106	7764.577	7764.546	0.031
Yleiskaava	257-425-2-142	<b>507721.965</b>	<b>507717.200</b>	<b>4.766</b>
Yleiskaava	257-425-3-22	3656.446	3656.456	0.009
Yleiskaava	257-425-5-59	168255.473	168255.341	0.131
Asemakaava	257-428-1-141	2498.451	2496.783	1.668
Asemakaava	257-431-1-53	1150.593	1150.595	0.002
Yleiskaava	257-431-1-83	5022.011	5021.960	0.051
Yleiskaava	257-432-1-12	4311.660	4311.586	0.074
Yleiskaava	257-435-1-37	472.791	472.812	0.021
Yleiskaava	257-435-1-74	7146.075	7146.160	0.084



Yleiskaava	257-436-1-59	1447.918	1447.886	0.032
Yleiskaava	257-437-1-131	272140.606	272139.062	1.543
Asemakaava	257-437-1-80	831.598	831.605	0.007
Asemakaava	257-441-1-265	1261.059	1261.042	0.017
Yleiskaava	257-441-1-515	13223.726	13223.750	0.025
Asemakaava	257-441-1-545	1421.000	1420.997	0.003
Yleiskaava	257-441-1-566	80488.857	80488.877	0.020
Yleiskaava	257-441-1-567	5509.822	5509.872	0.050
Yleiskaava	257-441-1-618	5104.091	5104.101	0.011
Asemakaava	257-441-1-632	1320.004	1320.009	0.005
Yleiskaava	257-441-1-647	5023.975	5023.979	0.004
Yleiskaava	257-445-1-101	920.924	920.922	0.002
Yleiskaava	257-445-11-15	6560.432	6560.409	0.023
Yleiskaava	257-445-1-17	67558.585	67558.294	0.290
Yleiskaava	257-445-1-80	4200.379	4200.382	0.002
Yleiskaava	257-445-2-42	5862.334	5862.242	0.092
Yleiskaava	257-445-2-66	7835.269	7835.189	0.080
Yleiskaava	257-445-4-132	11733.626	11733.548	0.078
Yleiskaava	257-445-4-59	2090.902	2090.901	0.001
Asemakaava	257-449-2-350	45859.199	45858.884	0.315
Yleiskaava	257-449-2-368	71787.701	71788.041	0.339
Asemakaava	257-449-2-576	4193.461	4193.420	0.041
Asemakaava	257-449-2-709	1196.002	1195.978	0.024
Asemakaava	257-449-2-732	9342.192	9342.179	0.012
Yleiskaava	257-450-2-32	8877.956	8878.047	0.091
Yleiskaava	257-450-3-38	99767.828	99769.335	1.508
Yleiskaava	257-451-1-44	20393.994	20393.871	0.123
Yleiskaava	257-451-1-52	2318.147	2318.130	0.016
Yleiskaava	257-452-2-211	84913.060	84913.293	0.233
Yleiskaava	257-452-2-458	1207.495	1207.522	0.027
Yleiskaava	257-452-2-610	1650.124	1650.109	0.015
Yleiskaava	257-452-2-685	125123.661	125124.532	0.871
Yleiskaava	257-452-2-694	10078.661	10078.720	0.059
Yleiskaava	257-454-1-8	62361.227	62361.239	0.012
Yleiskaava	257-454-3-104	21113.160	21113.043	0.117
Yleiskaava	257-454-3-105	52148.585	52148.333	0.251
Yleiskaava	257-454-4-106	3158.430	3158.446	0.016
Yleiskaava	257-454-4-124	1450.832	1450.788	0.044
Yleiskaava	257-454-4-154	18754.400	18754.423	0.023
Yleiskaava	257-454-5-28	438.946	438.146	0.800
Asemakaava	257-460-1-61	10793.363	10793.245	0.119
Yleiskaava	257-460-3-112	5193.994	5193.888	0.106
Yleiskaava	257-468-1-22	2571.362	2571.352	0.010
Yleiskaava	257-468-1-38	4999.843	4999.765	0.078
Yleiskaava	257-469-3-31	3172.897	3172.964	0.067
Yleiskaava	257-469-4-29	14792.060	14792.246	0.186
Yleiskaava	257-476-3-4	292788.786	292786.861	1.925
Asemakaava	257-476-4-225	2124.346	2124.339	0.007

Yleiskaava	257-476-5-102	2370.429	2370.437	0.009
Yleiskaava	257-476-876-3	323299.652	323297.767	1.885
Yleiskaava	257-476-878-3	9999.962	9999.925	0.036
Yleiskaava	257-483-1-52	7485.919	7485.752	0.168
Asemakaava	257-486-1-212	831.991	831.999	0.008
Asemakaava	257-488-1-1000	1275.216	1275.207	0.009
Yleiskaava	257-488-1-1008	6056.220	6056.236	0.016
Asemakaava	257-488-1-855	1100.362	1100.359	0.003
Asemakaava	257-488-1-959	694.632	694.640	0.008
Yleiskaava	257-488-1-984	16896.849	16896.827	0.022
Yleiskaava	257-490-1-162	5057.857	5057.876	0.019
Yleiskaava	257-490-1-42	3312.045	3312.071	0.026
Asemakaava	257-490-1-82	2399.982	2399.968	0.015
Yleiskaava	257-493-1-121	186685.963	186685.983	0.020
Asemakaava	257-496-2-47	947.383	947.364	0.019
Yleiskaava	257-496-5-157	1566.828	1566.857	0.030
Yleiskaava	257-496-5-391	11186.430	11186.418	0.011
Yleiskaava	257-496-5-8	79391.261	79392.293	1.032
Yleiskaava	257-496-5-94	52641.923	52642.177	0.255
Asemakaava	257-496-8-4	731.386	731.380	0.006
Yleiskaava	257-498-1-66	7788.673	7788.619	0.055
Yleiskaava	257-498-3-26	5023.020	5023.057	0.037
Yleiskaava	257-498-4-0	194335.005	194335.504	0.500
Asemakaava	257-498-4-171	888.961	888.984	0.023
Yleiskaava	257-499-1-75	8469.482	8469.571	0.090
	<b>keskiarvot</b>	<b>41051.131</b>	<b>41051.043</b>	<b>0.268</b>

### Tonttikartta ja kaavalaskenta

Tonttikartta muunnetaan uuteen koordinaatistoon paikkatietojärjestelmän konversion yhteydessä, minkä jälkeen myös tulevat asemakaavojen kaavalaskennat suoritetaan uudessa koordinaatistossa.

### Johtokartta

Konsultti suorittaa tietokannassa olevalle johtokartalle konversion, kun kaikki tausta-paikkatietoaineistot on muunnettu uusiin taso- ja korkeuskoordinaatistoihin. Lisäksi ennen konversiota aineistolle tehdään topologiatarkastus eli johtokartta-aineistossa olevat virheelliset kohteet poistetaan, kohteiden ominaisuustietoja muutetaan ja aineistosta on pyritty saamaan mahdollisimman ajantasainen.

## Osoitekartta

Osoitekartta on ylläpidetty MicroStation-ohjelmalla, mutta koordinaatistokonversion jälkeen aineiston ylläpito siirretään FactaMap-ohjelmaan, koska kyseiseen ohjelmaan on tulossa oma osoitesovellus. Konsultti suorittaa DGN-formaatissa olevan osoitenumeroaineiston konversion Factan käyttämään formaattiin Factan tietokannan koordinaatiston muunnoksen yhteydessä.

## Ajantasa-asemakaava

Ajantasa-asemakaavakartta on muunnettu konsultin toimesta uuteen koordinaatistoon. Lisäksi selvitetään ajantasa-asemakaavan digitalisointityön aloittamista TeklaGIS-ohjelmalla.

## Ortokuvat

Ortokuvat, jotka ovat KKK-koordinaatistossa, muunnetaan FME-ohjelmalla uuteen koordinaatistoon. Ortokuva-aineistoa on eri vuosilta 2000-luvun alusta lähtien eri resoluutioilla.

## Kiintopisteet

Vanhoille kiintopisteille ei tehdä koordinaatistokonversiota, vaan niille pisteille, jotka edelleen pidetään käytössä, mitataan uudet koordinaatit staattisena GNSS-mittauksena ETRS-GK25-tasokoordinaatistoon ja N2000-korkeuskoordinaatistoon. Kiintopisteet inventoidaan maastossa ja aineistosta poistetaan tuhoutuneet, tarpeettomat pisteet sekä pisteet, jotka sijainniltaan ovat satelliittimittauksen kannalta epäedullisissa paikoissa. Tarvittaessa osalle pisteistä vaaitaan uuden korkeuskoordinaatiston mukaiset korkeudet. Lisäksi uuteen kiintopisteaineistoon tuodaan Maanmittauslaitoksen kiintopisterekisteristä ne kiintopisteet, jolle on mitattu ETRS-TM35FIN- ja N2000-koordinaatit. Aineistossa olevien kiintopisteiden ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatit muunnetaan Geodeettisen laitoksen muunnospalvelussa ETRS-GK25-tasokoordinaatistoon. Mikäli korkeuspisteiden vaaitusjonojen havaintotiedot ovat tallella, niille tehdään tasoituslaskenta uudelleen, jolloin saadaan pisteiden korkeudet uudessa korkeusjärjestelmässä.

## Pisteselityskortit

Kiintopisteiden pisteselityskortit ovat suurimmalta osin skannattuja paperipistekortteja, jolloin niiden tietojen muuttaminen muutoin kuin käsin ei ole mahdollista. Suurin osa vanhoista kiintopisteistä poistuu käytöstä, ja lopuille mitataan uudet koordinaatit uudessa järjestelmässä, jolloin myös luovutaan pistekorttien käytöstä. Uusille kiintopisteille voidaan tehdä digitaaliset pisteselityskortit, mikäli tällaiseen on tarvetta. Lisäksi nykyisin satelliittipaikannusaikakaudella ei pistekorteille ole tarvetta, ja tarvittaessa kiintopisteelle voi määrittää kartalta sidosmitat karttaohjelmalla ja tulostaa siitä mukaan maaston kartta.

## Kaava-aineistot

Asema-, osayleis- ja yleiskaavarasterit, jotka ovat TIF-formaatissa olevia georeferoituja kuvia, muunnetaan FME-ohjelmalla ETRS-GK25-koordinnatistoon. DGN- ja DWG-formaateissa olevista vektorikaava-aineistoista muunnetaan vain ne, jotka ovat topologisesti eheitä eli esimerkiksi digitaalisenaineiston alueet ovat sulkeutuvia ja muodostavat alueita sekä kohteet ovat koodattu oikeilla ominaisuustiedoilla. Topologisesti eheä aineisto on helposti muunnettavissa FME-ohjelmalla. Käytännössä vain tuoreimmat viimeisen viiden vuoden aikana piirretyt vektorimuotoiset kaavat ovat edes jollain tavalla topologisesti eheitä.

## Maaperäkairauspisteet

Maaperäkairauspisterekeristeriä ylläpidetään Tekla-ohjelmalla ja pisteille tehdään koordinaatistojen muunnokset muun Tekla-ohjelmiston tietokantakonversion yhteydessä. Muunnos tehdään omana työnä siten, että pisteet luetaan rekisteriin uudessa järjestelmässä, jolloin pisteiden sijainti ja korkeustiedot päivittyvät uusiin taso- ja korkeuskoordinaatistojen mukaisiin arvoihin.

## Kunnallistekniikan suunnitelmat

Kunnallistekniikan suunnitelmakuvat, jotka ovat TIF-formaatissa olevia georeferoituja kuvia, muunnetaan FME-ohjelmalla ETRS-GK25-koordinnatistoon. DGN- ja DWG-formaateissa olevista vektorisuunnitelma-aineistoista muunnetaan vain ne, jotka ovat topologisesti eheitä ja näin ollen muunnettavissa helposti FME-ohjelmalla. Käytännös-

sä suunnitelmia muunnetaan vain aktiivisten hankkeiden osalta uuteen koordinaatistoon. Arkistossa olevien valmiiden hankkeiden suunnitelmakuvia ei lähdetä heti systemaattisesti muuntamaan kaikkia, vaan vain tarpeellisin osin.

#### Maanpinnan korkeusmalli- ja korkeuskäyräaineisto

Kirkkonummen koko kunnan alueelta on luotu maanpinnan korkeusmalli- ja korkeuskäyräaineisto N2000-korkeusjärjestelmässä Maanmittauslaitoksen laserkeilaamasta korkeuspisteaineistosta. Maanmittauslaitoksen aineisto on ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistossa, ja se on keilattu vuonna 2008. Konsultti on luonut aineistosta maanpinnan korkeusmallin ja korkeuskäyräaineiston ja muuntanut niiden tasokoordinaatiston ETRS-GK25-järjestelmään. Maanpinnan korkeusmalliaineisto on DGN-formaatissa, ja korkeuskäyräaineisto on sekä DGN- että Tekla-formaatissa.

#### Muiden instanssien tuottamat aineistot

Selvitetään missä koordinaatistossa aineistot ovat saatavilla ja tarvittaessa muunnetaan ETRS-GK25-koordinaatistoon. Tällaisia aineistoja ovat mm. SYKE:n aineistot kuten maakuntakaava sekä Liikenneviraston Digiroad-aineisto.

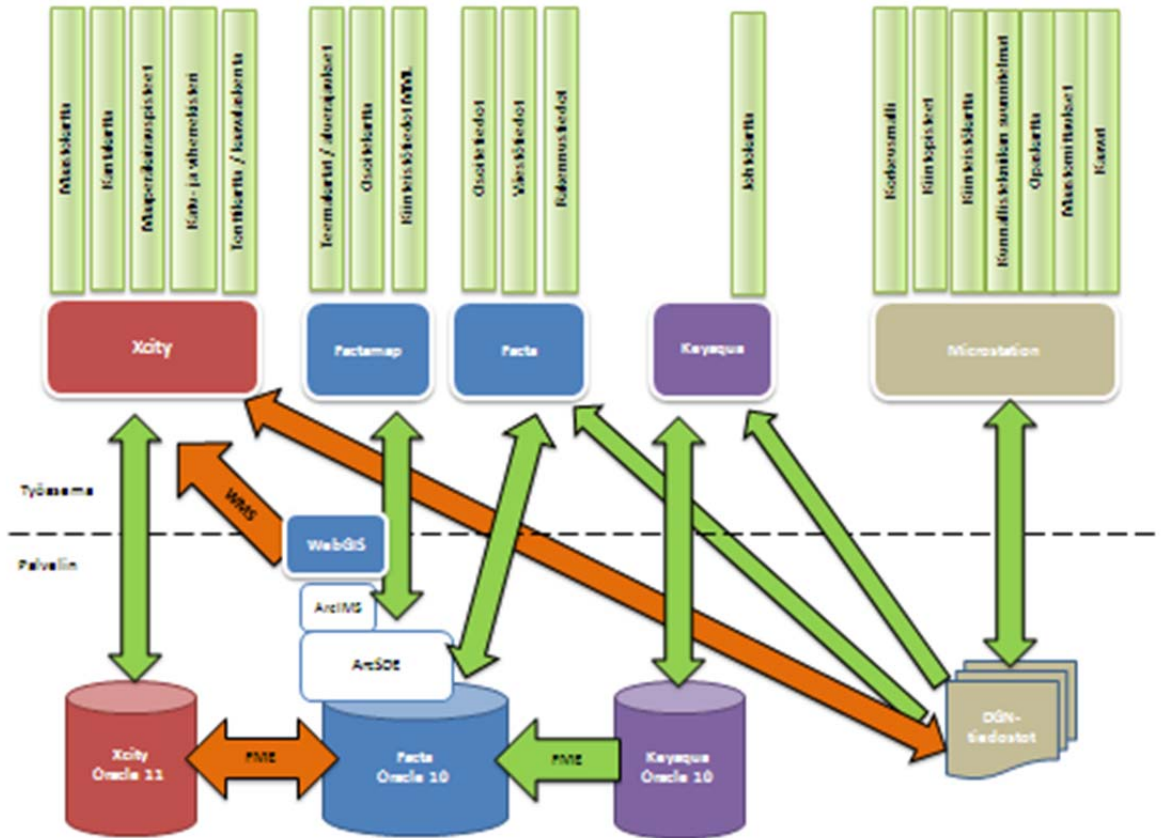
#### 4.5.2 Paikkatietojärjestelmä

Yhdyskuntatekniikan toimialalla, joka on suurin paikkatiedon tuottaja ja käyttäjä, aloitettiin vuonna 2009 paikkatietojärjestelmän kehitysprojekti, jolla on pyritty harmonisoimaan ja järjeistämään paikkatiedon tuotanto- ja jakelujärjestelmää. Projektissa luotiin paikkatietojärjestelmän kehittämisen projektisuunnitelma sekä paikkatietojärjestelmän hankintastrategia, joiden perusteella järjestelmää lähdettiin kehittämään. Lisäksi laadittiin paikkatietostrategia kunnan tietojärjestelmien jatkokehitystä varten.

Kunnan nykyinen paikkatiedon tuotanto- ja katselujärjestelmä koostuu lukuisista eri ohjelmistoista ja erillisistä tietokannoista. (Kuva 19.) Seuraavassa kappaleessa on kuvattu kunnan nykyistä paikkatietojärjestelmää ja sitä kuinka moninaiset haasteet tällaisen järjestelmän koordinaatistonmuunnos tuo tullessaan.

Yhdyskuntatekniikan Tontti- ja paikkatietopalvelut käyttävät TeklaGIS- ja MicroStation Stella-ohjelmistoa karttatuotantojärjestelmänä, Terra-ohjelmistoja laserkeilattujen ai-

neistojen käsittelyyn, Trimblen-ohjelmistoa staattisten GNSS-mittausten laskentaan sekä FME-muunnosohjelmaa paikkatietoaineistojen formaattien ja koordinaatistojen muunnoksien tekemisen. Kaavoituspalvelut käyttävät Bentley'n MicroStation Stella-ohjelmistoa kaavatuotantojärjestelmänä. Vesihuoltolaitoksen johtokarttaa tuotetaan ja ylläpidetään MicroStationin päällä toimivalla StellaNet-ohjelmalla, jonka on tuottanut KeyPro Oy. Investointipalveluilla on käytössä AutoCadin päällä toimiva Vianovan tuottama liikennemerkkisovellus ja lisäksi kunnallistekniikan suunnitelmia käsitellään AutoCad-ohjelmalla. Kunnan sivistystoimella on MapInfo-ohjelma, jonka päällä toimii Koulu-liitu-ohjelma, jolla voidaan tarkastella oppilaiden koulumatkojen turvallisuutta; tätä tietoa käytetään koulukuljetuspäätöksissä. Logican Facta-ohjelmistot Facta-rekisterit ovat käytössä monilla eri osastoilla. Yhdyskuntatekniikassa FactaMapilla tuotetaan paikkatietoaineistoja ja Facta WebGIS-ohjelma on tarkoitettu viranomaisten paikkatietojen katselukäyttöön. Kunnan eri rekisterit, kuten kiinteistö-, väestö-, rakennus- ja osoitetietorekisterit tuotetaan ja ylläpidetään Factan rekisterisovelluksella, jossa ne ovat myös eri käyttäjien käytettävissä. Esimerkiksi Viranomaistoiminnan tulosalue, eli rakennusvalvonta, ympäristönsuojelu ja ympäristöterveydenhuolto, on yksi suurista Facta-ohjelmistojen ja rekisterisovellusten käyttäjistä. Kunnalla on käytössä Factan kuntalicenssi, joka mahdollistaa laajan käyttäjäkunnan Factan eri ohjelmille rajoittamattoman lisenssimäärän takia. Lisäksi perusturvan toimialalla on käytössään MediGIS-ohjelma. Internetkarttapalvelu on Kirkkonummen kotisivuille toteutettu SITO:n SpatialWeb-sovelluksella, jonka ylläpidosta ja päivittämisestä huolehtii konsultti. Palvelussa on julkaistu kunnan peruspaikkatietoaineistoja kuten opas- ja peruskartta, ortokuvia ja eri kaavatietoja. Lisäksi palvelusta voi hakea kunnan palveluja ja osoitteita.



Kuva 19. Kirkkonummen kunnan paikkatietojärjestelmän kuvaus.

#### 4.5.3 Paikkatiedon tuottajat ja käyttäjät

Kunnan eri toimialat tuottavat ja käyttävät paikkatietoa heidän omista lähtökohdistaan, mutta kunnan sisäisistä paikkatiedon tuottajista ja käyttäjistä yhdyskuntatekniikan toimiala on ylivoimaisesti suurin. Yhdyskuntatekniikassa ei vain tuoteta paikkatietoa omiin tarpeisiin, vaan paljon aineistoa tuotetaan ja ylläpidetään paikkatietojärjestelmässä myös muiden toimialojen käyttöön. Itse paikkatietojärjestelmä on yhdyskuntatekniikan paikkatietopalveluiden hallinnoima, ylläpitämä ja kehittämä järjestelmä. Lisäksi kunnan paikkatietoja käyttävät ulkoiset asiakkaat, ja toisaalta ulkoiset tahot tuottavat paikkatietoaineistoja kunnalle. Koordinaatistojärjestelmien vaihdokset vaikuttavat paikkatiedon tuottajien ja käyttäjien työskentelyyn ja paikkatietoaineistojen käsittelyyn.

#### 4.6 Seudulliset koordinaatistojen muunnoshankkeet

Länsi-Uudellamaalla on käynnistetty vuonna 2011 kymmenen kunnan yhteinen hanke EUREF-FIN-koordinaatistoon siirtymiseksi. Hankkeeseen on kutsuttu mukaan Lohjan kaupungin vetämänä myös Kirkkonummi, Vihti, Siuntio, Inkoo, Raasepori, Hanko, Nummi-Pusula, Karjalohja sekä Karkkila. Hanke oli tarkoitus tehdä vuoden 2012 aikana Maanmittauslaitoksen vetämänä yhteisprojektina, jossa kunnille määritellään heidän nykyisten ja EUREF-FIN-koordinaatiston väliset muunnokset. Hankkeessa oli tarkoitus tehdä tasokoordinaatiston muunnos ETRS-GK24-koordinaatistoon. Siirtymistä N2000- korkeusjärjestelmään ei tämän projektin yhteydessä ole tarkoitus tehdä.

Kirkkonummi ei ole mukana projektissa, koska tarkoitus on siirtyä eri Gauss-Krüger-kaistaan, hieman eri aikataulussa, ja muunnostyö tehdään kunnan omana työnä. Lisäksi Kirkkonummella on tarkoitus tehdä samalla korkeusjärjestelmän muuntaminen N2000-järjestelmään. Koska yhteistyö pääkaupunkiseudun kanssa on lisääntynyt paikkatietojen osalta, kunnassa valittiin käytettäväksi ETRS-GK25-koordinaatisto.

## 5 Päätelmät

### 5.1 Muunnoksien tulokset

Koordinaatistojen muunnostyöhön ryhdyttäessä oletuksena oli, että kaikkien paikkatietoaineistojen muunnokset tehdään valtakunnallisia valmiiksi määriteltyjä tasomuunnosparametreja ja korkeuden vakiomuunnosarvoa käyttäen. Paikkatietoaineistojen inventoinnin yhteydessä kävi selväksi, että kaikki muut aineistot paitsi kiintopisteet pystytään muuntamaan taso- ja korkeuskoordinaatistojen osalta valtakunnallisilla tasomuunnosparametreilla ja korkeuden vakiomuunnosarvolla.

Tasokoordinaatiston muunnoksen lähtökohtana oli, että muunnos tehdään Geodeettisen laitoksen affiinisilla kolmioittaisilla muunnosparametreilla. Projektin aikana tutkittiin muunnoksen vaikutusta paikkatietoaineistoihin ja havaittiin, että suurin osa paikkatietoaineistoista voidaan muuntaa käyttämällä valmiiksi määriteltyjä muunnosparametreja, eikä paikallisen muunnoksen määrittämiselle nähty tarvetta. Tasokoordinaatiston aikaisempi muunnos VVJ:stä KKJ:hin sekä kunnan käyttämät omat GNSS-



mittausparametrit olisivat voineet aiheuttaa paikallisia vääristymiä tasokoordinaatistoon. Tarkistusten perusteella näyttäisi kuitenkin, että aikaisemmillä muunnoksilla ei ole tarkkuusvaatimusten puitteissa suurempaa vaikutusta. Kunnan runkoverkon inventoinnin aikana kävi selväksi, että kiintopisteiden epähomogeenisuuden takia niitä ei lähdetä muuntamaan, vaan käyttökiintopisteille mitataan uuden järjestelmän mukaiset koordinaatit staattisen GNSS-mittauksena.

Korkeuskoordinaatiston muunnosprojektiin ryhdyttäessä olettamuksena oli, että muunnos pystyttäisiin tekemään vakiomuunnosarvolla koko kunnan alueelle ja ettei korkeusrunkoverkossa ole alueellisia vääristymiä tai kallistumia. Suurena apuna korkeusmuunnoksen määrittämisessä oli, että Geodeettinen laitos ja Maanmittauslaitos olivat vaainneet kattavan korkeuskiintopisteverkon koko kuntaan molemmissa korkeusjärjestelmissä. Tästä oli hyvä lähteä määrittämään järjestelmien välistä korkeuseroa ja tutkimaan, onko korkeusjärjestelmien välisessä korkeuserossa joitakin alueellisia poikkeamia vai pyysyykö ero homogeenisena koko kunnan alueella. Aikaisempi korkeuskoordinaatiston muunnos N43:sta N60:een sekä Maanmittauslaitoksen määrittämät valtakunnalliset korkeusjärjestelmien väliset korkeusmuunnosarvot Kirkkonummen alueella antoivat viitettä siitä, että korkeusmuunnos pystyttäisiin tekemään vakiomuunnosarvolla. Tulokseksi saatiin, ettei alueellisia vääristymiä ole ja muunnos voidaan suorittaa vakiomuunnosarvolla +0.255 metriä.

## 5.2 Tiedottaminen

Siirtymisestä uusien koordinaatistojen käyttöön Kirkkonummella on tiedotettu työn edetessä ja aikataulujen selviytyessä. Vuoden 2012 aikana on tiedotettu kaikkia yhdyskuntatekniikan työntekijöitä tulevasta koordinaatistojärjestelmän vaihdoksesta ja sen vaikutuksista tuotantoympäristöön ja paikkatietojärjestelmään. Lisäksi kaikkia niitä työntekijöitä, jotka toimivat ulkoisten asiakkaiden kanssa paikkatietoasioissa, on pyydetty informoimaan tulevasta koordinaatiston vaihdoksesta. Ensimmäinen tiedote annettiin toukokuussa 2012, siinä oli selvitetty, mitä muunnos tarkoittaa ja miten se vaikuttaa sekä alustava aikataulu. Marraskuussa kun aikataulut alkoivat selkeytyä, informoitiin uudemman kerran yhdyskuntatekniikan työntekijöitä sekä muita kunnan toimialojen työntekijöitä, jotka toimivat paikkatietoaineistojen parissa. Lisäksi tiedotettiin tulevasta tuotantokatkoksien ajankohdista. Tuotantokatkokset ajoittuivat eri ajankohtiin, koska paikkatietojärjestelmässä on monta eri ohjelmistokokonaisuutta ja aikataulullisesti

koordinaatiston muunnosta ei voitu suorittaa niissä yhtä aikaa. Eriaikaisuus johtui ohjelmistotoimittajien ruuhkasta koordinaatistojen osalta loppuvuodesta 2012. Vuoden 2013 alussa tiedotettiin kertaalleen yhdyskuntatekniikan työntekijöitä koordinaatiston muunnoksesta ja kun työ on saatettu päätökseen, tiedote julkaistaan myös kunnan nettisivuilla ja paikallislehdissä.

### 5.3 Koordinaatiston muunnostyön aiheuttamat kustannukset

Koordinaatistojen muunnoksista on aiheutunut kustannuksia yhteen noin 40 000 euroa, Kustannukset ovat lähinnä syntyneet konsulttien käyttämisestä paikkatietojärjestelmän tietokannassa olevien aineistojen muuntamisesta, korkeuskäyräaineiston luomisesta uudessa korkeusjärjestelmässä ja kantakarttojen päivittämisestä uuteen järjestelmään, mittalaitteiden vuokraamisesta, ohjelmistojen ja koulutuksen hankkimisesta. Suurin kustannusten aiheuttaja oli konsulteille maksettavat palkkiot paikkatietoaineistojen ja tietokantojen muuntamisesta uuteen järjestelmään, eli noin 30 000 euroa.

### 5.4 Tulevaisuuden jatkohankkeet

Paikkatietojärjestelmän kehittämistä jatketaan strategian mukaisesti ja eri aineistojen muunnostyötä jatketaan sekä muunnosten toimivuutta käytännössä seurataan. Muunnostyössä on suurena apuna ollut FME-ohjelma, jonka monipuolisilla työkaluilla paikkatietoaineistojen formaatti ja koordinaatistomuunnokset ovat helposti tehtävissä. Kun koordinaatistojen muunnosparametreina on käytetty valtakunnallisia tasomuunnosparametreja ja vakiokorkeusarvoa, eri muunnostöiden tekeminen helpottuu myös sitä kautta, että muunnosparametrit saadaan suoraan ohjelmista, joilla paikkatietoja käsitellään. Koordinaatiston muunnoksen jälkeen joudutaan olemaan jonkin aikaa tilanteessa, jossa on käytössä kaksi koordinaatistoa: vanha ja uusi. Siirtymäkaudella täytyy kiinnittää erityistä huomioita siihen, että tiedetään, missä järjestelmässä kunnasta lähtevä ja kuntaan tuleva paikkatietoaineisto on ja tässä tiedottamisen tärkeys korostuu, jotta vältetään ongelmilta. Varsinkin korkeustiedon kanssa on oltava tarkkana, koska 25 senttimetrin korkeusero voi aiheuttaa suuria kustannuksia esimerkiksi rakentamisessa. Tulevaisuudessa pyritään avaamaan paikkatietoaineistojen jakelu- ja katselupalveluita ja kun toimitaan samassa koordinaatistossa koko pääkaupunkiseudulla, aineistojen jakelu ja hyödyntäminen helpottuvat.

## Lähteet

Geodeettinen laitos 2012. Geodeettisen laitoksen koordinaattimuunnospalvelu. Osoitteessa <http://coordtrans.fgi.fi/index.jsp>

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

Julkisen hallinnon suositus 153. ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. Versio 6.6.2008. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs153>

Julkisen hallinnon suositus 154. ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, taso-koordinaatistot ja karttalehtijako. Versio 6.6.2008. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs154>

Julkisen hallinnon suositus 163. Suomen korkeusjärjestelmä N2000. Versio 6.6.2008. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs163>

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

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

Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 94. 2003. Kaavoitusmittausohjeet. Määräys MML\1\012\2003.

Maanmittauslaitos 2013. Muunnokset Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/muunnokset>

Väätäinen, A. 2010. Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi. Opinnäytetyö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu; Maanmittaustekniikka.

