

Eero Jalkanen

Helsingin kaupungin siirtyminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin ja muutosten vaikutukset Staran mittaustoimintaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

22.4.2013

Tekijä Otsikko	Eero Jalkanen Helsingin kaupungin siirtyminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin ja muutosten vaikutukset Staran mittaus toimintaan
Sivumäärä Aika	42 sivua + 1 liite 22.4.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	palvelupäällikkö Eero Kannosto lehtori Reijo Aalto
<p>Helsingin kaupunki on siirtynyt vuoden 2012 lopulla käyttämään EUREF-FIN-koordinaatioita ja N2000- korkeusjärjestelmää. Insinööryön aiheena ovat Helsingin kaupungin tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmien muunnosprosessi ja muutosten vaikutukset Helsingin kaupungin rakentamispalvelun Staran mittaus toimintaan. Insinööryössä tutkitaan muunnosprosessiin liittyviä ongelmia sekä uusien järjestelmien tuomia positiivisia vaikutuksia ja mahdollisuuksia mittausorganisaation kannalta.</p> <p>Muunnosprosessiin tutustuttiin käymällä läpi muissa kunnissa jo tehtyjä EUREF-FIN- ja N2000-muunnoksia, ja tutustumalla Helsingin kaupungin kiinteistöviraston kaupunkimittausosaston tuottamaan aineistoon muunnosprosessista. Aineistosta koottiin kattava kokonaisuus, jonka avulla mittaushenkilöstö pystyy tutustumaan kattavasti järjestelmien ominaisuuksiin ja eroavaisuuksiin. Muunnosprosessiin Staralla ja mittaus toimintaan liittyviin ongelmakohtiin ja mittausprosessin vaikeuksiin tutustuttiin osana mittaushenkilöstöä sekä haastatteluin.</p> <p>Alkuperäisen tasokoordinaattimuunnoksen Helsingin kaupungille on määrittänyt Geotrim Oy. Tämän muunnoksen pohjalta Helsinki on määrittänyt muunnosparametrit Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston ja ETRS-GK25-koordinaatiston välille käyttäen 2D-Helmert-muunnosmenetelmää. Näiden muunnosparametrien avulla Helsingin paikkatietoaineisto on muunnettu uuteen järjestelmään ja mittauslaitteistoille on määritetty omat korjauksensa. N2000-muunnos on tehty vakiokorjauksella $N2000 = NN + 305 \text{ mm}$.</p> <p>Tämän insinööryön ensisijaisena tarkoituksena on tuoda selkeää informaatiota Staran mittausorganisaation ulottuville liittyen uusiin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiin. Työn tarkoituksena on myös pohtia mittaus toiminnassa ilmenneitä ongelmia ja mittausprosessiin liittyviä ongelmakohtia. Insinööryö luo myös pohjaa Staran puutteelliselle laatuohjeistukselle.</p>	
Avainsanat	EUREF-FIN, N2000, koordinaatistomuunnos, mittaus toiminta

Author Title	Eero Jalkanen Transition Process to EUREF-FIN and N2000 Systems in the City of Helsinki and Effects on the Measuring Work and Processes at Stara
Number of Pages Date	42 pages + 1 appendix 22 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Eero Kannosto, Service Manager Reijo Aalto, Senior Lecturer
<p>The City of Helsinki switched to use EUREF-FIN coordinate systems and N2000 height system at the end of year 2012. The purposes of this final year project were to analyse the plane coordinate system and the height system transition processes in the City of Helsinki and the effects on measuring work and measuring processes at Stara, caused by the new systems. Problems, positive effects and new possibilities caused by the transition process were investigated at wide range.</p> <p>Transition processes from the old systems to EUREF-FIN systems have already been carried out in many municipalities in Finland and some of them were used as references in this project. The City Survey Division of Helsinki has also produced reports and manuals about the transition process of Helsinki, which were the main references in this study.</p> <p>The original plane coordinate transformation parameters for Helsinki were determined by Geotrim Ltd. The City Survey Division of Helsinki used these transformation parameters to determine the transformation between Helsinki coordinate system and ETRS-GK25 coordinate system by using the 2D-Helmert transformation method. The height transformation from NN-system to N2000-system was executed with a simple formula: $N2000 = NN + 305 \text{ mm}$.</p> <p>The main aim in this study is to introduce new and understandable information about EUREF-FIN and N2000 systems for the staff of Stara, to help their work in the field and in the office. The project also focuses on the problems in the measuring process at Stara in general and during the transformation process. The study includes tentative quality instructions for the measuring processes at Stara.</p>	
Keywords	EUREF-FIN, N2000, coordinate system transformation, measuring

Sisällys

Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Toimeksiantaja	3
2.1	Stara	3
2.2	Mittausosasto	4
2.3	Projektimittaus-osasto	5
2.3.1	Käytössä olevat mittauslaitteistot ja -varusteet	5
2.3.2	Käytössä olevat tietokoneohjelmistot	6
3	Teoriataustaa uudistuksille	7
3.1	Koordinaattijärjestelmä	7
3.2	Datumi	8
3.3	Koordinaatisto	8
3.3.1	Maantieteellinen koordinaatisto	9
3.3.2	Ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaatisto	9
3.3.3	Tasokoordinaatistot ja projektiot	10
3.4	Koordinaatit	13
3.5	Koordinaattimuunnos	13
3.6	Koordinaattikonversio	14
3.7	ETRS89-koordinaattijärjestelmä	14
3.8	EUREF-FIN	15
3.9	ETRS-TM35FIN	15
3.10	ETRS-GKn	16

4	Helsingin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät	16
4.1	Helsingin kaupungin erilliskoordinaatisto	16
4.2	NN-korkeusjärjestelmä	17
4.3	ETRS-GK25-tasokoordinaatiston ja N2000-korkeusjärjestelmän tausta	18
4.3.1	INSPIRE-direktiivi	18
4.3.2	Julkisen hallinnon suositukset	19
4.4	ETRS-GK25-tasokoordinaatisto	19
4.5	Muunnokset EUREF-FINin ja Helsinki-koordinaatiston välillä	19
4.5.1	Tasomuunnos	20
4.5.2	Tasomuunnoksen valinta ja testaaminen	22
4.5.3	Kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos	22
4.6	N2000-korkeusjärjestelmä	23
4.7	Siirtymisaikataulu EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin	24
5	Uusien järjestelmien vaikutukset Helsingissä	24
5.1	Kaupunkiorganisaatio ja muutosten vaikutusten laajuus	24
5.2	Uusien järjestelmien vaikutukset Staran mittaustoimintaan	26
5.2.1	Mittauslaitteisiin liittyvät ongelmat	26
5.2.2	Tietokoneohjelmistojen ongelmat	27
5.2.3	Siirtymävaiheen ongelmat	29
5.2.4	Mittausten dokumentointi	30
5.2.5	Muita ongelmakohtia	31
5.2.6	Uudistusten hyötyjä	31
6	Järjestelmien eroavaisuudet käytännössä	32
7	Mittausprosessi ja laatuohjeistus	35
7.1	Mittausprosessi	35
7.2	Laatuohjeistus	35
8	Yhteenveto	38
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Testipisteet

Käsitteet ja lyhenteet

geoidi	Maan muotoa kuvaava matemaattinen malli. Malli kuvaa painovoiman keskiarvopintaa, johon merivesi asettuisi levossa.
GK	Gauss-Krügerin projektio. Poikittainen sivuava lieriöprojektiio, jota käytetään ETRS-GKn-koordinaatistojen projektiona.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä, johon kuuluu GPS, Glonass, Galileo ja Compass.
GPS	Global Positioning System. Maailmanlaajuinen Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
GRS80	Geodetic Reference System 1980. ETRS89-koordinaattijärjestelmän vertausellipsoidi.
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989. Euraasian mannerlaatan liikkumattomaan osaan sidottu yleiseurooppalainen koordinaattijärjestelmä.
ETRS-GKn	Paikallisissa kartastotöissä käytettävä EUREF-FIN-koordinaatisto.
ETRS-TM35FIN	Valtakunnallisissa kartastotöissä käytettävä EUREF-FIN-koordinaatisto.
EUREF-FIN	ETRS89-koordinaattijärjestelmän suomalainen realisaatio.
INSPIRE-direktiivi	EU-direktiivi paikkatietoaineistojen ja -palveluiden julkisesta saatavuudesta.
JHS	Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan JUHTAn hyväksymä julkisen hallinnon suositus.

UTM	Universe Transverse Mercator. Poikittainen leikkaava leiriöprojektiio, jota käytetään ETRS-TM35FIN-koordinaatiston projektiona.
WGS84	World Geodetic System 1984. GPS-järjestelmän perustana oleva koordinaattijärjestelmä ja geoidimalli.

1 Johdanto

Paikkatiedon ja paikkatietopalveluiden kustannustehokas käyttäminen kunnan omassa toiminnassa ja sujuva jakaminen niin organisaation sisällä kuin myös muiden kuntien kanssa on nykypäivänä suuressa arvossa. Paikkatiedon julkinen saatavuus ja tarkkuus ovat parantuneet Euroopan laajuisesti viime vuosina Euroopan unionin antaman paikkatietoinfrastruktuurin koskevan INSPIRE-direktiivin ja mittausmenetelmien ja -laitteiden kehityksen myötä. Kunta- ja jopa valtioiden rajat ylittävä paikkatiedon tehokas yhteiskäyttö ja paikkatiedon ajantasaisuus vaativat niin valtakunnallisesti, kuin myös Euroopan laajuisesti yhtenäiset, nykyaikaiset ja tarkat koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät.

Helsingin kaupunki on siirtynyt vaiheittain 1.12.2012 alkaen käyttämään uudistettuja koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä valmisteltuaan uudistusta syksystä 2009 lähtien yhteistyössä muiden pääkaupunkiseudun kaupunkien kanssa. Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten kaupungit ovat ottaneet käyttöön ETRS-GK25-tasokoordinaatiston, joka perustuu eurooppalaisen ETRS89-koordinaattijärjestelmän suomalaiseen realisaatioon EUREF-FINIin. Samanaikaisesti edellä mainitut kaupungit ovat ottaneet käyttöön myös N2000-korkeusjärjestelmän, joka on yhteensopiva eurooppalaisen korkeusjärjestelmän kanssa.

Tässä insinööriyössä käsitellään Helsingin kaupungin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien uudistuksia ja niiden teoreettista perustaa. Työssä selvitetään, miksi uudistuksiin on ryhdytty ja millä menetelmillä muunnokset on toteutettu. Insinööriyön tavoitteena on pohtia uudistusten vaikutuksia Helsingin kaupungin rakentamispalvelun Staran käytännön mittausprosesseihin ja -toimintaan. Työssä myös pohditaan järjestelmien vaihtumiseen liittyviä ongelmakohtia ja hyötyjä. Lopuksi uusien ja vanhojen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien eroavaisuuksia havainnollistetaan esimerkin avulla. Insinööriyö toimii toimeksiantajan toiveen mukaisesti ohjeena Staran henkilöstölle.

Insinööriyön toimeksiantajana on Helsingin kaupungin rakentamispalvelun Staran Projektimittaus-osaston palvelupäällikkö Eero Kannosto. Muunnosprosessiin on tutustuttu käymällä läpi muualla Suomessa jo tehtyjä EUREF-FIN- ja N2000-muunnoksia ja paneutumalla Helsingin kaupungin kiinteistöviraston kaupunkimittausosaston tuottamaan aineistoon muunnosprosessista. Työskenneltyäni harjoittelijana Staralla kahteen eri otteeseen ja samanaikaisesti Helsingin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien uudistusten

tullessa ajankohtaiseksi kehittyi ajatus, että voisin tehdä insinööriyön heidän mittausresurssejaan käyttäen tuoden samalla uusiin järjestelmiin liittyvää tietoutta Projektimittausosaston ja koko Staran organisaation käyttöön. Mittaushenkilöstön toimintaan ja käytäntöihin tutustuminen on siis suoritettu osana mittaushenkilöstöä vuosien 2011–2013 aikana.

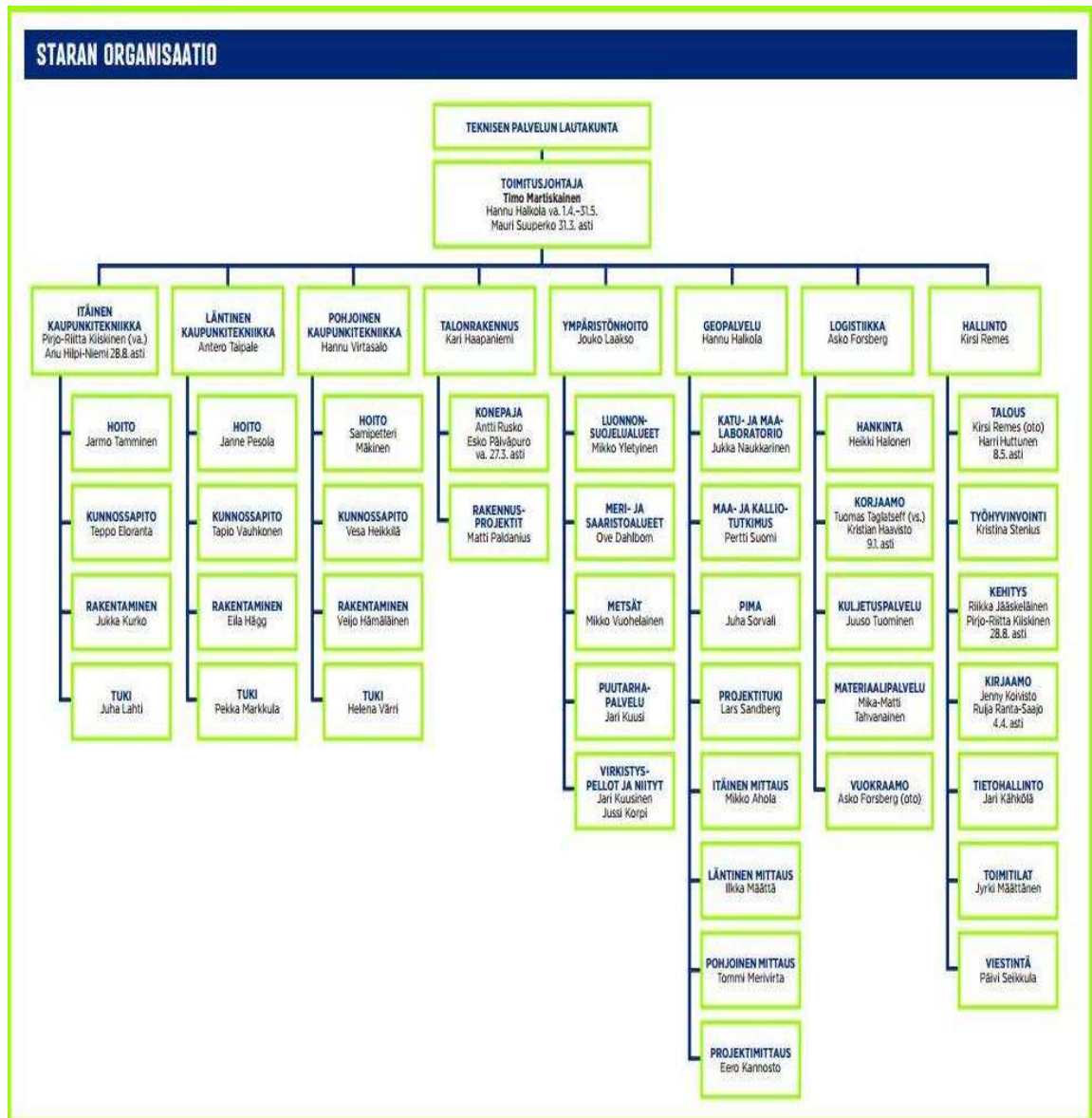
2 Toimeksiantaja

2.1 Stara

Insinööriyön toimeksiantajana toimii Stara eli Helsingin kaupungin rakentamispalvelu. Stara on vuoden 2009 alussa perustettu Rakennus- ja ympäristötoimen alainen Helsingin kaupungin virasto. Stara-nimi on otettu käyttöön 1.1.2010 ja sillä tarkoitetaan ”Stadin rakentajia”. Rakentamispalvelu syntyi vuoden 2009 alussa, kun Helsingin kaupungin rakennusvirasto jakaantui kahteen yksikköön; Rakennusvirastosta tuli tilaajavirasto ja rakentamispalvelusta tuottajavirasto. Staran juuret ovat syvällä Helsingin historiassa. Se on vuonna 1878 perustetun, kaupungin kiinteän omaisuuden rakentamisesta ja korjauksesta vastanneen rakennuskonttorin yksi tärkeistä perillisistä. (1.)

Stara on Helsingin noin 1 600 henkilöä työllistävä kaupungin oma palveluntuottaja, joka rakentaa, kunnostaa ja ylläpitää kaupungin katuja ja puistoja, korjaa rakennuksia ja kiinteistöjä, hoitaa luonnonmukaisia alueita ja tuottaa logistiikan ja teknisen alan palveluja. Tärkeimpinä tuotteina ovat kaupunkitekniikan rakentaminen ja ylläpito, kiinteistöjen korjaus ja kunnossapito, logistiset palvelut, pohjatutkimus sekä ympäristönhoidon palvelut. Lisäksi Stara tuottaa ja tarjoaa erilaisia maastomittaukseen liittyviä palveluja. (1.)

Staran pääkonttori sijaitsee Ilmalassa, ja muutoin Staran tukikohdat sijaitsevat ympäri Helsinkiä. Kuvassa 1 on esitetty Staran organisaatio kaaviomuodossa. Organisaatio jakautuu kahdeksaan yksikköön: Hallinto, Itäinen kaupunkitekniikka, Läntinen kaupunkitekniikka, Pohjoinen kaupunkitekniikka, Geopalvelu, Logistiikka, Talonrakennus ja Ympäristöhoito. Lisäksi jokainen yksikkö jakautuu vielä pienempiin osastoihin. Esimerkiksi Geopalvelu jakautuu Katu- ja maalaboratorioon, PIMAan (pilaantuneen maaperän kunnostus) Maa- ja kalliotutkimukseen, Projektitukeen, Läntiseen, Pohjoiseen ja Itäinen mittaukseen ja Projektimittaukseen. (2.)



Kuva 1. Staran organisaatiokaavio (2).

2.2 Mittausosasto

Staran Geopalvelun mittaus-toiminnot jakautuvat neljään pääsääntöisesti kaupungin eri alueilla toimivaan mittauspiiriin: Läntinen, Pohjoinen, Itäinen mittaus sekä Projektimitaus. Mittausosaston tarjottaviin palveluihin kuuluvat muun muassa maa- ja kallioperän tutkimiseen tarvittavat mittaukset, maastokartoitukset, erilaiset suunnitelmien maastoon merkitsemiset, tarkemittaukset, vesi- ja viemärijohtojen mittaukset ja kartoitukset, maa-massojen määrälaskenta sekä maisemasuunnittelun ja viherrakentamisen mittaus-palvelut. (3.)

2.3 Projektimittaus-osasto

Projektimittaus-osaston tukikohta sijaitsee Helsingin Kaupungin puutarhan alueella keskeisellä paikalla Helsingissä, aivan Olympiastadionin kupeessa Taka-Töölön kaupunginosassa. Projektimittaus-osastolla on myös toinen tukikohta, joka sijaitsee Tattarisuon teollisuusalueella Koillis-Helsingissä. Näiden kahden toimipisteen keskinäinen työnjako jakautuu karkeasti niin, että Taka-Töölön tukikohdan tehtävät ovat pääasiassa erilaisia rakentamiseen ja suunnitteluun liittyviä kartoitus- ja merkintämittauksia. Tattarisuon toimipisteen toimenkuvana ovat erityisesti maa- ja kallioperään liittyvät erilaiset geotekniset tutkimusmittaukset.

Suurin osa Projektimittaus-osaston työtehtävistä liittyy kaupungin puistoissa tapahtuvaan rakentamiseen sekä viherrakentamisen mittauspalveluihin. Projektimittaus-osaston toimialueena on koko Helsingin alue poiketen näin hieman muista mittauspiireistä, jotka toimivat karkeasti nimensä mukaisilla ilmansuuntaan viittaavilla mittausalueilla. Projektimittaus-osasto on jo ennen uusien koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien käyttöönottoa suorittanut myös joitain yksittäisiä muualle Etelä-Suomeen suuntautuvia mittaus-tehtäviä, kuten Vihdin Eerolan siirtolapuutarhan suunnitteluun liittyviä alkukartoituksia ja havainnollistamismittauksia.

Projektimittaus-osaston henkilöstö koostuu palvelupäälliköstä ja viidestä mittausryhmästä eli mittausparista. Koulutustaustaltaan mittauksia suorittavat henkilöt ovat pääasiassa kartoittajia. Osalla henkilöstöstä on myös työkokemuksen kautta kehittyntä ammattitaitoa ja mittauskokemusta. Mittaushenkilöstö on siis koulutautunut hyvin erilaisten mittauksen suorittamiseen vaadittavien taito- ja osaamistasojen kannalta. Koulutusta ja tietoutta liittyen uusiin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiin kuitenkin tarvitaan.

2.3.1 Käytössä olevat mittauslaitteistot ja -varusteet

Staran Projektimittaus-osastolla on käytössään pääasiassa yhdysvaltalaisen Trimblen takymetri- ja GNSS (Global Navigation Satellite System) -mittauskalustoa. Mittauksissa käytetään melko hyvin alansa huippua ja nykyaikaa edustavia Trimble S6- ja S8 -takymetrejä sekä Trimble R6-3- ja Trimble R8 GNSS -vastaanottimia. Lisäksi käytössä on kaksi Trimble VX Spatial Station -takymetriä. Takymetrejä ja GNSS-vastaanottimia hallitaan ja mittauksia käsitellään takymetrin runkoon, GNSS-sauvaan tai prisma-

vaan kiinnitetyn Trimble CU -maastotietokoneen avulla. Ensimmäisen Trimble VX Spatial Station -takymetrin hankinnan yhteydessä Projektimittaus-osasto hankki myös yhden Trimble Tablet Rugged PC:n. Kyseessä olevan Tablet PC:n avulla esimerkiksi VX Spatial Station -takymetrillä suoritettavat laserkeilaukset ovat helpommin hallittavissa kuin kojeen runkoon kiinnitetyllä Trimble CU:lla. Sekä Trimble CU -maastotietokoneisiin että Trimble Tablet Rugged PC:hen on asennettu Trimble Access -maastomittausohjelmisto, joka soveltuu lukemattomiin erilaisiin mittaustarkoituksiin ja -menetelmiin. Projektimittaus-osaston takymetrit soveltuvat käytettäväksi sekä perinteiseen koje-prisma-mittaukseen että robottimittaukseen.

Mittausosaston välineistöön kuuluu luonnollisesti myös erilaisia prismoja ja tähyksiä. Jokaisella mittausryhmällä on käytössään erilaisia prismoja, jotka eroavat toisistaan käyttötarkoituksensa ja toimintaperiaatteensa perusteella. Modernein Projektimittaus-osaston käytössä oleva prisma on Trimble MultiTrack -prisma, joka on varustettu radioyhteydellä. Näin takymetrin ja prisman on mahdollista olla yhteydessä toisiinsa radiosignaalin välityksellä. Etenkin peitteisessä maastossa mittaaminen, prisman löytäminen ja siihen tähtääminen on huomattavasti helpompaa radioyhteyden ansiosta.

Mittaustehtävään sopivat mittausvälineistöt valitaan aina riippuen mittaustehtävässä vaadittavasta mittaustarkkuudesta ja käytössä olevista henkilöresursseista. Yksinkertaisimmat tehtävät voidaan hoitaa pelkän GNSS-vastaanottimen avulla, kun taas tarkempiin mittauksiin käytetään aina takymetriä ja tehtävään soveltuvaa prismaa.

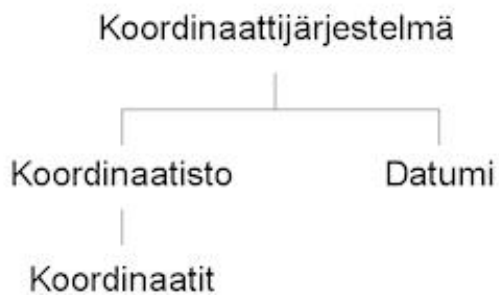
2.3.2 Käytössä olevat tietokoneohjelmistot

Staran projektimittausosasto käyttää mittaustietojen hallinnan ja käsittelyn alustana Bentley'n Microstation V8i -ohjelmaa, jota täydennetään Terrasolidin erityisesti maastomittaukseen tarkoitetuilla ohjelmistoilla, TerraSurveyllä ja TerraModelerilla. TerraSurveylla hallitaan mittaustietoa ja sen avulla valitaan mittauksessa käytetty ja käyttötarkoitusta vastaava koodikirjasto, minkä lisäksi mittaustiedot ladataan Microstation-ohjelmassa käsiteltäviksi kohteiksi. Microstationin työkaluja käyttäen aineisto muokataan ymmärrettäväksi kartaksi: yhdistetään katkonaiset taiteviivat, lisätään tarvittavat viitetekstit, tarkistetaan mittauksen sijoittuminen suhteessa kantakarttaan ja tarkistetaan korkeuslukemat suhteessa kaupungin luomaan korkeuskäyräaineistoon. TerraModelerin avulla mittaustietosta voidaan luoda 3D-pintamalli, ja pintamallin pe-

rusteella kartoitukseen voidaan piirtää korkeuskäyrät. Kolmas käytetty Terrasolidin sovellus on TerraPipe, jonka avulla esimerkiksi maanalaisista viemäri- ja vesijohtoverkostoista kerätty paikkatieto voidaan havainnollistaa 3D-kuvana.

3 Teoriataustaa uudistuksille

Koordinaattijärjestelmistä puhuttaessa puhutaan usein myös niihin liittyvistä datumeista, koordinaatistoista ja koordinaateista. Näiden termien käyttö eri lähteissä on jokseenkin kirjavaa. Joissain tapauksissa nähdään puhuttavan esimerkiksi koordinaatistosta, vaikka oikeampi termi saattaisi olla koordinaattijärjestelmä. Kuvan 2 mukainen kaavio kuvaa edellä mainittujen käsitteiden hierarkiaa ja auttaa hahmottamaan näiden käsitteiden keskinäisiä suhteita.



Kuva 2. Koordinaattijärjestelmän muodostuminen ja termien välinen hierarkia (4).

3.1 Koordinaattijärjestelmä

Koordinaattijärjestelmä on datumista ja koordinaatistosta muodostuva järjestelmä, jonka avulla pisteen tai kohteen sijainti maapallolla voidaan ilmaista yksikäsitteisesti. Koordinaattijärjestelmä voi olla globaali, alueellinen tai paikallinen. Paikallisella koordinaattijärjestelmällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi valtion tai kunnan kattavaa koordinaattijärjestelmää. Koordinaattijärjestelmä-termillä tarkoitetaan yleensä vain geodeettisia, suorakulmaisia ja karttaprojektioitasojen koordinaatistoja. (5.) Koordinaattijärjestelmää luotaessa määritellään järjestelmän origo ja koordinaattiakselin orientointi (6, s. 7).

Teoreettisemmin sanottuna koordinaattijärjestelmä on joukko suureita, jotka tarvitaan koordinaatiston määrittelemiseksi, sijoittamiseksi ja orientoimiseksi. Geodeettisen koordinaattijärjestelmän määrittelemiseen tarvittavia suureita ovat vertausellipsoidin isoakselin puolikas (a), Maan geosentrinen vetovoimavakio (GM), dynaaminen muotokerroin (J_2), pyörähdysliikkeen kulmanopeus (ω), koordinaatiston origon sijainti ja koordinaattiakselien suunnat. (7.) Esimerkiksi GRS80-vertausellipsoidin (Geodetic Reference System 1980), johon esimerkiksi ETRS89-koordinaattijärjestelmä (European Terrestrial Reference System) pohjautuu, suureet ovat $a = 6\,378\,137$ m, $GM = 3\,986\,005 \times 10^8$ m³ s⁻², $J_2 = 108\,263 \times 10^{-8}$ ja $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11}$ rad s⁻¹ (6, s. 62).

3.2 Datumi

Datumilla tarkoitetaan parametrijoukkoa, joka kiinnittää koordinaatiston tarkasteltavaan kokonaisuuteen (7, s. 3). Datumien avulla siis määritellään koordinaatiston origo, mittakaava ja orientaatio (5). Petri Honkanen on määritellyt datumien diplomityössään seuraavasti:

Datumi perustuu tiettyyn vertausellipsoidiin ja sen origon siirtoon sekä mahdollisesti kiertoon. Referenssipisteenä eri datumien välillä on maapallon massakeskipiste, johon verrattuna vertausellipsoidia siirretään. (8, s. V.)

Geodeettinen datumi määrittelee valitun vertausellipsoidin tai kolmiulotteisen suorakulmisen koordinaatiston sijainnin ja orientoinnin suhteessa Maahan. Horisontaalinen datumi käsittää vertauspinnan ja koordinaatiston nollatasot eli se kiinnittää koordinaatiston. Korkeusdatumi eli vertikaalinen datumi määrittelee korkeusjärjestelmän vertauspinnan eli nollatason, jonka suhteen korkeudet ilmaistaan, eli se kiinnittää korkeustason. Paikallinen datumi on paikallisen koordinaatiston ja origon orientaation määrittelevä datumi. (7, s. 3)

3.3 Koordinaatisto

Koordinaatistolla tarkoitetaan koordinaattiakselien muodostamaa mitta-asteikkoa, joka on joko kaksi- tai kolmiulotteinen. Koordinaatiston avulla kohteen tai pisteen sijainti voidaan esittää matemaattisesti tarkasti. Koordinaatisto kiinnitetään maapalloon, jotta sen hyödyntäminen onnistuu eri mittauksissa. Koordinaatiston realisointi eli raken-

taminen maastoon tehdään geodeettisten ja tähtitieteellisten mittausten sekä runkomi-
tausten avulla. Maanmittauksessa on käytössä kolmenlaisia koordinaatistoja: kaksiulotteinen maantieteellinen koordinaatisto, kaksiulotteinen suorakulmainen koordinaatisto ja kolmiulotteinen suorakulmainen koordinaatisto. Kaksiulotteisten koordinaatistojen yhteydessä kolmas ulottuvuus esitetään korkeuden avulla. (9, s. 127–128.)

3.3.1 Maantieteellinen koordinaatisto

Maantieteellinen koordinaatisto on maapallon pyörähdys- eli vertausellipsoidiin kiinnitetty koordinaatisto. Liitoskohtina ovat pohjois- ja etelänavat, päiväntasaaja ja niin sanottu Greenwichin meridiaani eli nollameridiaani. Maantieteellisen koordinaatiston esittäminen maapallon pinnalla tapahtuu asteverkon avulla. Sen muodostavat tasaisin astevälein piirretyt pituus- ja leveyspiirit. Kohteen sijainnin esittäminen maantieteellisessä koordinaatistossa tapahtuu kulmamittojen avulla: leveyskulma (φ) ja pituuskulma (λ) annetaan asteina, minuutteina ja sekunteina tai desimaaliasteina. Leveyskulmalla ilmoitetaan havaintopaikan ja ekvaattoritason välinen kulma eli se lasketaan päiväntasaajasta pohjoiseen tai etelään. Pituuskulma on havaintopaikan ja nollameridiaanin välinen kulma eli se lasketaan nollameridiaanista itään tai länteen. Koordinaattilukujen kasvusuunta voidaan ilmaista pohjoisena tai eteläisenä leveytenä ja itäisenä tai läntisenä pituutena. Laskettaessa leveys on positiivinen päiväntasaajan pohjoispuolella ja negatiivinen eteläpuolella. Pituus on positiivinen nollameridiaanista itään ja negatiivinen nollameridiaanista länteen. (9, s. 129–130.)

3.3.2 Ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaatisto

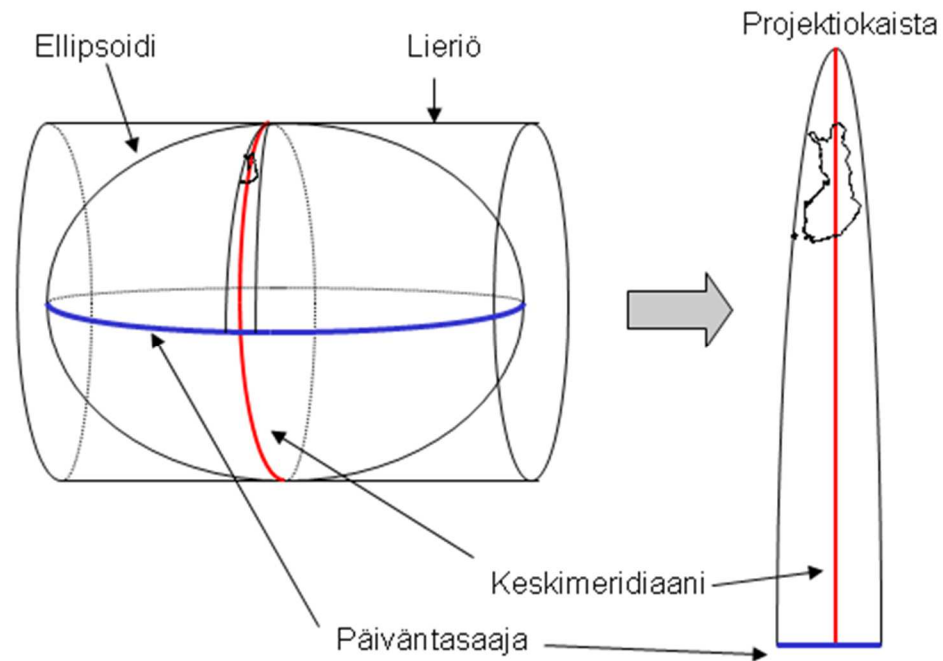
Ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaatisto on maapallon vertausellipsoidiin kiinnitetty kolmiulotteinen koordinaatisto. Tällaisen koordinaatiston realisaatio voi olla sellainen, että sen origo sijaitsee Maan massakeskipisteessä eli koordinaatisto on geosentri-
nen. Kyseisen koordinaatiston X- ja Y-akselit sijaitsevat ekvaattoritasossa eli päiväntasaajan tasolla ja ovat toisiinsa nähden kohtisuorassa X-akselin kasvaessa kohti Greenwichin meridiaania ja Y-akselin kasvaessa kohti itää. Esimerkki tällaisesta koordinaatistosta on GPS-järjestelmän WGS84-koordinaattijärjestelmä (World Geodetic System 1984). (9, s. 130–131.)

3.3.3 Tasokoordinaatit ja projektiot

Maapallon muodon vuoksi maapallon kohteiden esittäminen tasolla ei ole aivan yksinkertaista. Kun maantieteelliset koordinaatit halutaan siirtää tasoon, tarvitaan karttaprojektio, jonka avulla voidaan käyttää pituusmittoja kulmamittojen sijaan. Tarkemmin sanottuna karttaprojektioilla tarkoitetaan maapallon ”pyöreää” pintaa, joka on muutettu tasoksi. Tasomainen esitystapa mahdollistaa kohteiden esittämisen muun muassa painetulla kartalla, johon voidaan liittää tasokoordinaatisto. (10, s. 7.) Pallon projisoiminen tasoksi ei onnistu täysin virheettömästi. Kun kuvataan pallomainen, ”pyöreä”, pinta tasolle, tämä johtaa aina kuvauksesta johtuviin projektio- ja mittakaavavirheisiin. Nämä virheet taas aiheuttavat kuvattavien alueiden pinta-aloihin ja muotoihin muutoksia verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen. (8, s. 6.)

Projektiot voivat olla maapallon suhteen joko pysty- tai poikittaisasentoisia, ja lisäksi ne voivat olla maapallon pintaa sivuavia tai leikkaavia (9, s. 134). Karttaprojektioihin liittyviä ominaisuuksia ovat oikeapintaisuus, -pituus ja -kulmaisuus, joista osa vääristyy aina riippuen valitusta projektioista. Yleisimpiä karttaprojektioityyppejä ovat taso-, kartio- ja lieriöprojektiot. Suomen maastokartoissa käytetään poikittaisasentoisia lieriöprojektioita, koska ne soveltuvat hyvin pohjois-eteläsuuntaisten alueiden kuvaamiseen. Lieriöprojektiot ovat konformisia eli paikallisesti oikeapituisia ja -kulmaisia. (6, s. 7.)

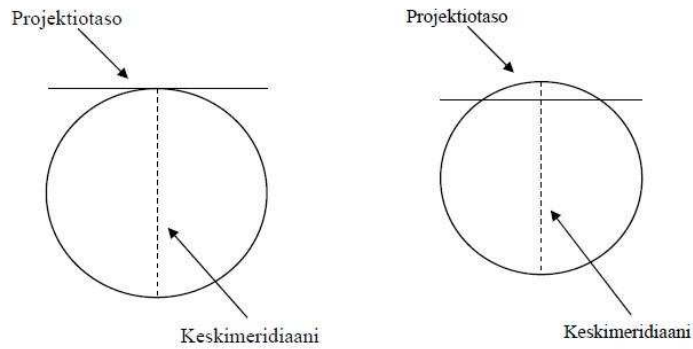
JHS 154 (Julkisen hallinnon suositus) määrittelee Suomessa käytettävän EUREF-FIN-tasokoordinaatiston karttaprojektioiksi UTM-projektion (Universe Transverse Mercator) eli poikittaisen lieriöprojektion. Tämän perusteella valtakunnalliseen karttatoimintaan on luotu kyseisen projektion mukainen ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatisto. Paikalliseen tarkoitukseen eli esimerkiksi yhden kunnan kattavaan kartasto- ja mittaustarkoitukseen voidaan käyttää alueellisesti tarkempaa GK-projektiota (Gauss-Krüger) ja siihen liittyviä tasokoordinaatistoja ETRS-GKn niin, että koko käsiteltävä alue tulee kuvatuksi samassa projektiokaistassa. (11, s. 5.) Näitä tasokoordinaatistoja esitellään tarkemmin luvuissa 3.9 ja 3.10. Poikittaisen lieriöprojektion ja yksittäisen projektiokaistan toimintaperiaatteet on esitelty kuvassa 3.



Kuva 3. Poikittaisen lieriöprojektion ja projektiokaistan periaatteet (12).

UTM-projektio on ominaisuuksiltaan leikkaava lieriöprojektio. Se tarkoittaa, että projektion mittakaavakerroin kaistan keskimeridiaanilla on alle 1 eikä se siis ole oikeamittainen kyseisellä keskimeridiaanilla. UTM-projektion mittakaavakerroin on tasan 1 eli oikeamittainen noin 180 kilometriä sekä länteen että itään kaistan keskimeridiaanista.

Gauss-Krügerin-projektio on sivuava lieriöprojektio, joka tarkoittaa, että sen mittakaavakerroin keskimeridiaanilla on 1. On huomioitavaa, että vaikka ETRS-GKn-koordinaatiston ja ETRS-TM35FIN-koordinaatiston keskimeridiaanit olisivat samat, niiden koordinaatit eroavat toisistaan johtuen erilaisesta projektiotyypistä. (11, s. 7–8.) Sivuvan ja leikkaavan projektion eroavaisuuksia havainnollistaa kuva 4.



Kuva 4. Sivuvan ja leikkaavan lieriöprojektion periaatteet (8, s.6).

Taulukossa 1 on eritelty UTM- ja GK-projektoiden ja niihin perustuvien Suomessa käytettävien tasokoordinaatistojen ominaisuuksia ja eroavaisuuksia.

Taulukko 1. UTM- ja GK-projektoiden ominaisuuksia (11, s. 6).

	ETRS-TMn	ETRS-TM35FIN	ETRS-GKn	ETRS-GK25
Karttaprojektio	UTM	UTM	Gauss-Krüger	Gauss-Krüger
Vertausellipsoidi	GRS80	GRS80	GRS80	GRS80
Keskimeridiaani(t)	21°, 27°, 33°	27°	19°, 20°, 21°... 31°	25°
Meridiaanikaistoja	3	1	13	1
Kaistanleveys (suhteessa keskimeridiaaniin)	6°	Koko Suomi, noin 13° (-8° - +5°)	tarkoituksen mukainen	1°
Itäkoordinaatin arvo keskimeridiaanilla	500 000 m	500 000 m	n 500 000 m, missä n = keski- meridiaanin aste- luku (19–31)	25 500 000 m
Mittakaava keskimeridiaanilla	0.9996	0.9996	1.0	1.0

Taulukossa 1 olevat ETRS-TM35FIN- ja ETRS-GK25-koordinaatistot ovat Helsingin paikkatietoaineistojen ja mittaustoimintojen kannalta olennaiset koordinaatistot, joten niiden ominaisuudet on nostettu esille. Valtakunnallisen kartastokoordinaattijärjestelmän (KKJ) ominaisuuksia ei ole esitelty, koska sillä ei ole juurikaan kytköstä Helsingin runkoverkkoihin tai koordinaattijärjestelmiin.

3.4 Koordinaatit

Koordinaatit ovat lukuarvoja, jotka määrittelevät pisteen sijainnin valitussa koordinaatistossa. Lukuarvojen määrä on yhteneväinen koordinaatistossa olevien akseleiden määrään. Koordinaatit voivat olla esimerkiksi geodeettisia koordinaatteja (ϕ, λ, h), avaruuskoordinaatteja (X, Y, Z) tai tasokoordinaatteja (x, y tai N, E). Pisteen sijainnin määrittäminen onnistuu leveyskoordinaatin, pituuskoordinaatin ja korkeuskoordinaatin avulla. Korkeuskoordinaatteja ovat esimerkiksi ortometrinen korkeus (H), korkeus ellipsoidista (h) ja normaalikorkeus (H). (7, s. 3.)

Yleiseurooppalaisen ETRS89-koordinaattijärjestelmän mukaiset koordinaatit esitetään joko geodeettisina koordinaatteina (pituus, leveys ja korkeus) tai suorakulmaisina 3D-koordinaatteina. Maantieteelliset koordinaatit (ϕ, λ) esitetään kulmayksikköinä (aste, minuutti, sekunti) ja korkeus metreinä. Suorakulmaisten koordinaattien yksikkönä on metri. (7, s. 5–6.)

3.5 Koordinaattimuunnos

Koordinaattimuunnoksella tarkoitetaan menetelmää ja toimenpidettä, jossa muunnetaan koordinaatteja kahden eri datumiin perustuvan koordinaatiston välillä eli kahden eri koordinaattijärjestelmän välillä. Koordinaattimuunnos suoritetaan tietyillä muunnosparametreilla, jotka on määritetty kyseisissä koordinaatistoissa tunnettujen yhteisten pisteiden avulla. Muunnos voi olla yksi-, kaksi- tai kolmiulotteinen. (7, s. 3.) Tässä insinööriyössä käsiteltävä koordinaattimuunnos tapahtuu Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston ja EUREF-FIN-koordinaatiston välillä.

Yleisimpiä koordinaattimuunnosmenetelmiä ovat 4-parametrinen yhdenmuotoisuusmuunnos eli Helmert-muunnos ja 5-parametrinen affiininen muunnos. Helmert-muunnoksessa parametrit ovat koordinaattiakseleiden suuntaiset siirrot (dx ja dy), yksi koordinaatiston kierto (t_0) ja mittakaavakerroin (k) eli pisteiden sijainti, orientointi ja mittakaava voivat muuttua, mutta niiden muodostamat kuviot säilyvät. Helmert-muunnoksen kaavat ovat

$$\begin{aligned}
 x &= dx + x'k\cos(t_0) - y'k\sin(t_0) = a + cx' - dy' \\
 y &= dy + x'k\sin(t_0) + y'k\cos(t_0) = b + dx' + cy' \\
 \text{missä. } a &= dx, b = dy, c = k\cos(t_0), d = k\sin(t_0)
 \end{aligned}
 \tag{13.}$$

Helmert-muunnoksen ja affiinisen muunnoksen ero on siinä, että affiinisessa muunnoksessa molemmille koordinaattiakseleille määritellään lisäksi oma mittakaavatekijänsä, joten myös pisteiden muodostamat kuviot muuttuvat. Huomioitavaa on lisäksi, että koordinaattimuunnoksiin liittyy aina eri tekijöistä, esimerkiksi mittausvirheistä, johtuvaa muunnosvirhettä. (13.)

3.6 Koordinaattikonversio

Koordinaattikonversio on menetelmä, jolla muunnetaan koordinaatteja kahteen samaan datumiin perustuvan koordinaatiston välillä eli koordinaattijärjestelmän sisällä. Tällainen konversio tehdään esimerkiksi, kun halutaan muuttaa maantieteelliset koordinaatit tasokoordinaateiksi. Koordinaattikonversiolla tarkoitetaan myös karttaprojektiolta tai tasokoordinaatistolta toiseen karttaprojektioon tai tasokoordinaatistoon siirtymistä, kuten esimerkiksi kaistanvaihtoa ETRS-GK25-kaistalta ETRS-GK24-kaistalle. (7, s. 3; 13.)

3.7 ETRS89-koordinaattijärjestelmä

ETRS89-koordinaattijärjestelmä on kolmiulotteinen ja suorakulmainen koordinaattijärjestelmä, jonka origo sijaitsee maapallon massakeskipisteessä, ja jonka akselit on orientoitu maapallon suhteen (14). ETRS89-järjestelmä on yleiseurooppalainen koordinaattijärjestelmä, joka kiinnittyy Euraasian mannerlaatan liikkumattomaan osaan ja yhtyy ITRS-järjestelmään (International Terrestrial Reference System) epookkina eli ajanhetkenä 1989.0. Vuonna 1989 suoritettiin kattava GPS-mittauskampanja EUREF89, jonka tuloksena luotiin Euroopan laajuinen yhtenäinen ja koordinaateiltaan muuttumaton ETRS89-koordinaattijärjestelmä. Ajan kuluessa järjestelmästä on tullut yleiseurooppalainen standardi. Tämän järjestelmän vertausellipsoidi on GRS80. (9, s. 148; 6, s. 22–23.)

3.8 EUREF-FIN

EUREF-FIN on ETRS89-koordinaattijärjestelmän kansallinen realisaatio Suomessa. EUREF-FIN perustuu Geodeettisen laitoksen mittaamiin 100 GPS-pisteeseen, ja sitä on myöhemmin täydennetty Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen mittauksilla. Perusteet EUREF-FIN-koordinaatiston käyttöönotolle saadaan julkisen hallinnon suosituksista JHS 153 ja JHS 154. EUREF-FIN on kolmiulotteinen koordinaatisto, ja sen vertausellipsoidi on GRS80. (7; 11)

Useat organisaatiot ja kunnat ovat jo siirtyneet käyttämään EUREF-FINin mukaisia tasokoordinaatioita. Esimerkiksi Lahden kaupunki siirtyi käyttämään uutta tasokoordinaattijärjestelmää jo vuonna 2005 ja Maanmittauslaitos vuonna 2010. (8, s. 4.) EUREF-FIN-järjestelmän suuri hyöty on muun muassa se, että sen koordinaatteja voidaan pitää yhteensopivina satelliittipaikannuksen perustana olevan WGS84-koordinaattijärjestelmän koordinaattien kanssa. (6, s. 20.) On huomioitavaa, että puhuminen ”EUREF-FIN”-koordinaatistosta on epätäsmällistä, koska EUREF-FINillä voidaan tarkoittaa jotain 13:sta ETRS-GK_n-tasokoordinaatistosta, ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistoa, maantieteellistä koordinaatistoa tai suorakulmaista 3D-koordinaatistoa.

3.9 ETRS-TM35FIN

ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatisto on JHS 154:n mukainen valtakunnallisissa kartastotöissä käytettävä EUREF-FIN-koordinaatisto, ja sen kanssa käytetään UTM-karttaprojektiota kaistassa 35. UTM-karttaprojektio on esitelty tarkemmin luvussa 3.3.3. Koordinaatiston nimessä ETRS viittaa datumiin, TM projektityyppiin, 35 ilmoittaa UTM-kaistanumeron ja FIN kertoo projektion poikkeavan standardista. (11, s. 5.)

UTM-karttaprojektio jakaa maapallon 6°:n levyisiin kaistoihin, joita on yhteensä 60. Suomi osuu parhaiten projektikaistalle 35, jonka keskimeridiaani on 27°. Kaistaa on levitetty luvussa 3.3.3 esitetyn taulukon 1 mukaisesti kattamaan koko Suomen alue. Näin luodun tasokoordinaatiston avulla valtakunnalliset kartastotyöt ja paikkatiedon hallinta onnistuvat valtakunnallisesti samassa koordinaatistossa. (11, s. 5–7.)

3.10 ETRS-GKn

ETRS-GKn-tasokoordinaatisto on JHS 154:n mukainen paikalliseen ja tarkempaan tarkoitukseen eli esimerkiksi yhden kunnan kattavaan mittaus- ja kaavoitustoimintaan käytettävä tasokoordinaatisto. ETRS viittaa datumiin, GK Gauss-Krügerin projektioon ja n keskimeridiaaniin, joka on tasa-aste välillä $19^\circ - 31^\circ$. Koordinaatiston keskimeridiaani n valitaan siten, että se kattaa mahdollisimman hyvin kohdealueen. Kaistaa levitetään tarpeen vaatiessa niin, että koko käsiteltävä alue tulee kuvatuksi samassa projektiokais-tassa. ETRS-GKn-tasokoordinaatiston avulla projektiovirheet ovat pienemmät kuin valtakunnallista ETRS-TM35FIN-koordinaatistoa käytettäessä. Esimerkiksi Helsingissä on uudistusten myötä käytössä ETRS-GK25-tasokoordinaatisto. (11, s. 5–7.)

4 Helsingin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät

4.1 Helsingin kaupungin erilliskoordinaatisto

Ennen uuteen ETRS-GK25-järjestelmään siirtymistä Helsingissä on ollut käytössä tasokoordinaatistona 1920-luvulla luotu paikallinen Helsingin kaupungin erilliskoordinaatisto eli niin sanottu Helsinki-koordinaatisto, joka ei varsinaisesti perustu mihinkään valtakunnalliseen järjestelmään. Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston alkuperäinen origo on ollut Helsingissä Kallion kirkon kirkontornin ristin kohdalla. Tälle pisteelle määritetyt Helsingin erilliskoordinaatiston mukaiset tasokoordinaatit ovat koordinaatit $x=20000$ (pohjoinen) ja $y=50000$ (itä). Vastaavat maantieteelliset koordinaatit valtakunnallisessa EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä ovat 60.18413 (pohjoinen) ja 24.94935 (itä). Helsingin siirryttyä sähköiseen aineistojen ylläpitoon päätettiin origo siirtää sijaitsemaan Suomenlahdella. (15.)

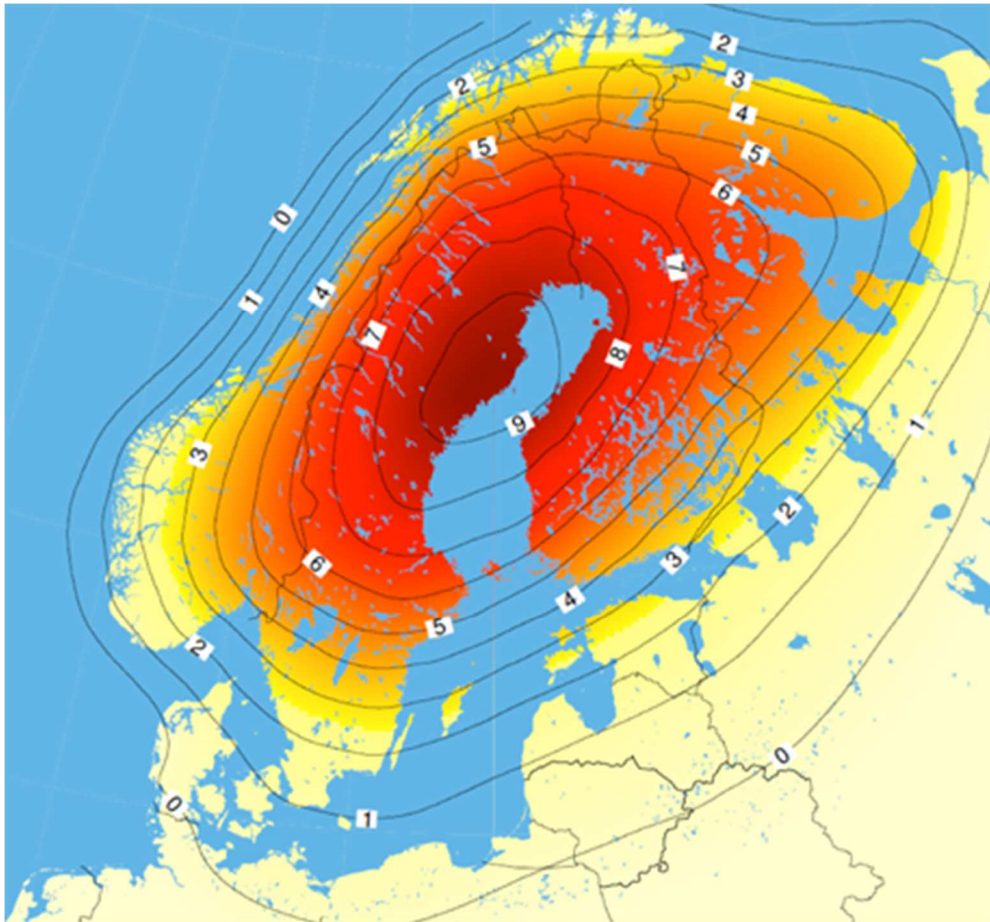
Helsingin kaupungin erilliskoordinaatisto on ollut käytössä Helsingissä noin 90 vuoden ajan. Noiden vuosien aikana Helsingin kaupunki on kehittynyt ja kasvanut kooltaan huomattavasti. Kaupunkiin on liitetty uusia maa-alueita ja aiemmin muiden kuntien hallintaan kuuluneita alueita. Kaupungin laajenemisen myötä myös kaupungin ylläpitämän runkoverkon on tuona aikana täytynyt laajentua sitä mukaa kuin rakentamisen kannalta on ollut tarpeellista. Laajenemisesta johtuen runkoverkkoa on mitattu ja rakennettu ajallisesti epätasaisesti eikä runkoverkosta ole aina rakennettu tasapainoista. Runkoverkon

rakenne on paikoin hyvin epätasapainoinen, ja nykypäivänä osa runkoverkosta on myös tuhoutunut. Ongelmia runkoverkon tarkkuuden ja tasalaatuisuuden suhteen ovat aiheuttaneet myös edellä mainitut vuosien saatossa tapahtuneet kunta- ja muut maa-alueiitokset, sillä eri alueilla on saattanut olla käytössä eri koordinaattijärjestelmiä, erilaisia mittaustapoja ja poikkeavia tarkkuusvaatimuksia. (16.) Runkoverkon vääristymät ovat tunnetusti olleet pahimmillaan Jollaksen ja Lauttasaaren alueilla. Runkoverkon ongelmat ja epähomogeenisuus todettiin myös vuonna 2007 tehtyjen GPS-mittausten ja valmisteluprojektin aikana suoritettujen uusintamittausten avulla. (17.)

Helsingin kaupungin erilliskoordinaatistosta on ollut käytössä omat realisaationsa mantereelle ja ulkosaaristoon riippuen mittausalueesta. Helsinki-mantere-realisaation käyttäminen ulkosaaristossa tehtävissä mittaustöissä aiheuttaa mittauksiin epätarkkuutta, joten tarkkuutta vaativiin saariston mittauksiin on ollut oma Helsinki-ulkosaaristo-realisaatio. Näin tarkkuutta vaativien mittausten suhteellinen tarkkuus Helsingin kaupungin erilliskoordinaatistossa on pystytty varmistamaan riittävällä tarkkuudella. (16.)

4.2 NN-korkeusjärjestelmä

Helsingin kaupungin korkeusjärjestelmänä on ollut ennen uuteen N2000-järjestelmään siirtymistä NN-korkeusjärjestelmä. NN-järjestelmä eli ”normaalinolla” perustuu Suomen ensimmäiseen tarkkavaaitukseen, joka suoritettiin vuosien 1892–1910 aikana. Järjestelmän nollakohdaksi määritettiin Helsingin Katajanokan laiturissa sijainneen vedenkorkeusasteikon nollakohta, joka oli 30,465 metriä Helsingissä Tähtitieteellisen observatorion läheisyydessä sijaitsevan Suomen pääkiintopisteen alapuolella. (18.) Korkeusjärjestelmän päivittäminen viimeistään tässä vaiheessa uusien suositusten mukaiseksi ja vastaamaan todellisuutta on loogista, sillä maankohoaminen on Helsingissä noin 3–4 millimetriä vuodessa, kuten kuva 5 osoittaa (19).



Kuva 5. Maannousu Pohjoismaissa millimetreinä vuodessa (19).

4.3 ETRS-GK25-tasokoordinaatiston ja N2000-korkeusjärjestelmän tausta

4.3.1 INSPIRE-direktiivi

Lainsäädännöllisenä taustana uusiin järjestelmiin siirtymiselle on INSPIRE-direktiivi. INSPIRE-direktiivi on Euroopan Unionin laatima vaatimus eurooppalaisen paikkatietoinfrastruktuurin tehostamiseksi ja kirjavan eri koordinaattijärjestelmissä tapahtuvan paikkatietotuotannon hallinnoimiseksi ja selkeyttämiseksi. Kyseisen direktiivin määrittelemässä paikkatietoinfrastruktuurissa kansalliset eri organisaatioiden tuottamat paikkatietoaineistot ja -palvelut on mahdollista yhdistää yhteiskäyttöisyyden helpottamiseksi sekä tehostamiseksi. (20, s. 1.) Direktiivi astui voimaan 15.5.2007. Suomessa direktiivi on saatettu voimaan säätämällä laki paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009), joka tuli voimaan 17.6.2009, sekä asetus paikkatietoinfrastruktuurista (725/2009), joka tuli voimaan 12.10.2009. (21.)

4.3.2 Julkisen hallinnon suositukset

Julkisen hallinnon suositukset ovat julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan (JUHTA) määrittelemiä suosituksia, jotka koskevat julkisen sektorin tietohallintoa. Suomen julkisen hallinnon suositukset JHS 153, JHS 154 ja JHS 163 perustuvat INSPIRE-direktiiviin ja sitä varten säädettyihin lakiin ja asetukseen. JHS 153 määrittää ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. JHS 154 suosittaa ETRS89-järjestelmän mukaiset karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja karttalehtijaon. JHS 163 määrittelee N2000- korkeusjärjestelmän Suomen valtakunnalliseksi korkeusjärjestelmäksi. (22.)

4.4 ETRS-GK25-tasokoordinaatisto

Helsingin uusi tasokoordinaattijärjestelmä on siis jo luvussa 3.10 mainittu ETRS-GK25, joka perustuu Euroopan laajuisen ETRS89-järjestelmän suomalaiseen realisaatioon EUREF-FINiin. Helsingissä sopivimmaksi JHS 154:n mukaiseksi Gauss-Krügerin projektion kaistaksi valittiin keskimeridiaani 25° , joka kulkee suhteellisen keskeltä Helsinkiä Kulosaaren kohdalla. Myös muut pääkaupunkiseudun kunnat mahtuvat miltei kokonaisuudessaan tasa-asteen 25° kattavan kaistan sisään. Uuden järjestelmän myötä Helsingissä ja muissa pääkaupunkiseudun kunnissa on seudullisesti yhtenäinen ja eurooppalaisten sekä valtakunnallisten suositusten mukainen tasokoordinaatisto. (23.)

4.5 Muunnokset EUREF-FINin ja Helsinki-koordinaatiston välillä

Muunnoskaavojen lähtökohtana on käytetty vuonna 2007 suoritettua Helsingin kolmioverkon uudelleenmittausta, jossa Helsingin kaupungin 1. luokan pisteet mitattiin uudelleen staattisella GPS-mittauksella EUREF-FIN-liitosta varten. Mittauksen tulokset ja muunnosparametrit EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmän ja Helsingin kaupungin erillis-koordinaatiston välille toimitti Geotrim Oy vuoden 2008 kesällä. (17.) Helsingin kaupungin kiinteistöviraston kaupunkimittausosasto on näiden parametrien perusteella laatinut Helsingin paikkatietoaineistojen muunnokseen käytettävät 2D-Helmert- ja N2000-muunnoskaavat. Ne esitellään kaupunkimittausosaston 5.3.2012 julkaisemassa ohjeessa. Ohje on laadittu osana käyttöönottoprojektia. (24.)

4.5.1 Tasomuunnos

Tasomuunnosparametrien määrittäminen vaatii sen, että vertailukoordinaatit ovat samassa muodossa eli esimerkiksi tasokoordinaatistoina. Helsingin kaupungin kaupunkimittausosasto on määritellyt muunnoskaavat Helsingin koordinaatiston ja ETRS-GK25-koordinaatiston välille Helmert-muunnoksella eli 4-parametrisella yhdenmuotoisuusmuunnoksella. Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston ominaisuuksista johtuen mantereelle ja ulkosaaristoon on täytynyt määrittää omat muunnoskaavansa. Mannermuunnos aiheuttaa ulkosaaristossa noin 10–20 cm virheelliset arvot, joten se kuitenkin soveltuu yleisesti paikkatietoaineistojen muunnoksiin koko kaupungin alueella. Sellaisissa tapauksissa, joissa tarkkuusvaatimus on tätä suurempi, tulee tarvittaessa käyttää erillistä ulkosaaristo-muunnosta. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi maastomittauksiin ja kantakartan muunnoksiin liittyvät asiat. (24.)

Helsingin mantereeseen ja ulkosaariston muunnoskaavojen käyttämisen rajalinjaksi on määritetty Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston mukaisen kiinteistökartan karttalehtirivien 0 ja 1 välinen raja, jonka pohjoiskoordinaatti on $x=12800$ m. Muunnosalueen raja sijoittuu pohjois-eteläsuunnassa noin 1 500 metriä Santahaminan saaren eteläkärjestä etelään. Helsinki-mantereeseen Helmert-muunnoksessa käytettyjen tunnettujen muunnospisteiden koordinaatit ja jäännösvirheet ovat liitteessä 1. Taulukkoon 2 on poimittu Helsinki-mantereeseen Helmert-muunnoksen jäännösvirheiden oleellimmat arvot ja taulukkoon 3 Helsinki-ulkosaaristo-muunnoksen vastaavat arvot. (24.)

Helsinki-mantere

Helsingin mantereeseen alueella käytettävät muunnoskaavat ovat

Helsinki – ETRS-GK25:

$$N_{\text{ETRS-GK25}} = 6654650,14636 + 0,99998725362 * x_{\text{Helsinki}} + (-0,00120230340) * y_{\text{Helsinki}}$$

$$E_{\text{ETRS-GK25}} = 25447166,49457 + 0,00120230340 * x_{\text{Helsinki}} + (0,99998725362) * y_{\text{Helsinki}}$$

ETRS-GK25 – Helsinki:

$$x_{\text{Helsinki}} = -6685321,29640 + (1,00001130081) * N_{\text{ETRS-GK25}} + 0,00120233218 * E_{\text{ETRS-GK25}}$$

$$y_{\text{Helsinki}} = -25439452,96812 + (-0,00120233218) * N_{\text{ETRS-GK25}} + 1,00001130081 * E_{\text{ETRS-GK25}}$$

Taulukko 2. Helsinki-mantere muunnoksen jäännösvirheet (24).

x maksimi	-0,045 m
y maksimi	-0,066 m
xy maksimi	0,067 m
xy keskiarvo	0,027 m
xy keskihajonta	0,017 m

Taulukko 2 osoittaa, kuinka paljon muunnospisteissä ilmenee enimmillään jäännösvirhettä. Taulukosta ilmenee myös jäännösvirheiden keskiarvo ja keskihajonta.

Helsinki-ulkosaaristo

Helsingin ulkosaariston muunnoskaavat ovat

Helsinki – ETRS-GK25 ulkosaaristossa:

$$N_{\text{ETRS-GK25}} = 6654650,19674 + 0,99997583448 * x_{\text{Helsinki}} + (-0,00119961037) * y_{\text{Helsinki}}$$

$$E_{\text{ETRS-GK25}} = 25447167,13709 + 0,00119961037 * x_{\text{Helsinki}} + (0,99997583448) * y_{\text{Helsinki}}$$

ETRS-GK25 – Helsinki ulkosaaristossa:

$$x_{\text{Helsinki}} = -6685329,53161 + (1,00002272403) * N_{\text{ETRS-GK25}} + 0,00119966652 * E_{\text{ETRS-GK25}}$$

$$y_{\text{Helsinki}} = -25439762,03818 + (-0,00119966652) * N_{\text{ETRS-GK25}} + 1,00002272403 * E_{\text{ETRS-GK25}}$$

Taulukko 3. Helsinki-ulkosaaristo muunnoksen jäännösvirheet (24).

x maksimi	-0,060 m
y maksimi	0,064 m
xy maksimi	0,068 m
xy keskiarvo	0,044 m
xy keskihajonta	0,021 m

Taulukossa 3 on esitelty jäännösvirheiden ominaisuuksia Helsinki-ulkosaaristo-muunnoksella.

Taulukko 4. Kallion kirkon koordinaattien erot eri muunnoksilla (24).

	Helsinki-koordinaatisto	ETRS-GK25-mantere	ETRS-GK25-ulkosaaristo
x / N	x = 20 000	N = 6674589,776	N = 6674589,733
y / E	y = 50 000	E = 25497189,903	E = 25497189,921

Näiden kahden eri muunnosvaihtoehdon eroavaisuuksia yksittäisen pisteen koordinaateissa voidaan havainnollistaa ottamalla esimerkiksi Helsingin Kallion kirkon koordinaatit. Eroavaisuudet on esitetty taulukossa 4. Kuten koordinaattieroista voidaan huomata, oikean muunnoksen käyttäminen on olennaista tarkkoissa mittauksissa.

4.5.2 Tasomuunnoksen valinta ja testaaminen

Helsingin tasomuunnosmenetelmän valinnassa olennaisena tekijänä oli muunnoksen soveltuvuus käytössä oleviin paikkatieto-ohjelmistoihin. Erityisesti kantakartta-aineiston tarkka muuntaminen oli vaatimuslistalla korkealla. Alustavien testausten perusteella todettiin 2D-Helmert-muunnoksen soveltuvan hyvin Microstation- ja StellaMap-ohjelmistoihin, joita kaupunkimittausosastolla suurimmaksi osaksi käytetään. Ylipäätään muunnosmenetelmien soveltuvuutta Helsingin paikkatieto-ohjelmistoihin testattiin uusien järjestelmien käyttöönoton yhteydessä. Eri muunnosmenetelmillä tehtyjä muunnoksia vertaamalla saatiin kuvaa menetelmien eroavaisuuksista ja soveltuvuudesta Helsingin runkoverkolle ja voitiin todeta, että eri menetelmin tehtyjen muunnosten tarkkuuksissa ei ollut huomattavia eroavaisuuksia. Paikkatietoaineistojen sopivimmaksi ja tarkoituksenmukaisimmaksi muunnosmenetelmäksi todettiin 2D-Helmert-muunnos, koska se säilyttää kohteiden muodot ja pinta-alat oikeina. Näin vältetään pinta-ala- ja rajamittaeroista sekä suorakulmaisuusmääritteistä johtuvista ongelmista. (17.)

4.5.3 Kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos

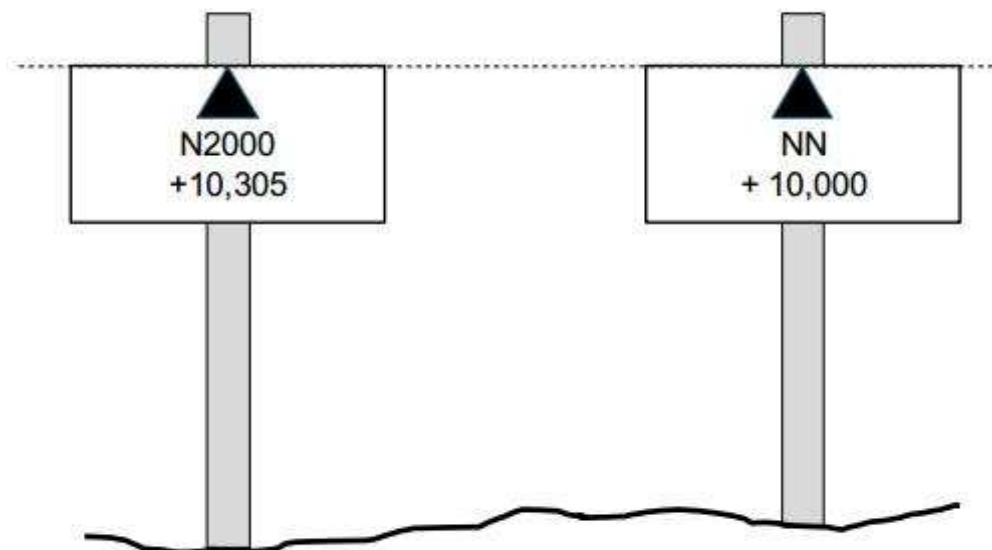
Geotrim Oy on määrittänyt muunnoksen ja tasoituksen Helsingin kaupungille vuonna 2008 ja määritellyt muunnosparametrit Helsingin koordinaatiston ja EUREF-FINin välille. Testipisteet-liitteessä (liite 1) mainitut Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston pisteet on mitattu EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä (latitudi, longitudi) ja muunnettu Geodeettisen laitoksen koordinaattimuunnosohjelmalla ETRS-GK25- ja ETRS-TM35FIN-

koordinaatistoihin sekä maantieteellisiksi desimaaliasteiksi. Edellä mainittuja ETRS-GK25-koordinaatiston koordinaatteja ja liitteessä 1 esitettyjä Helsingin koordinaatiston testipisteitä on käytetty Helsinki-mantereen ja Helsinki-ulkosaariston 2D-Helmert-muunnosten muunnosparametrien määrittämiseen. (24.)

4.6 N2000-korkeusjärjestelmä

JHS 163 suosittaa Suomessa käytettäväksi valtakunnalliseksi korkeusjärjestelmäksi N2000-korkeusjärjestelmää. N2000-korkeusjärjestelmä perustuu kolmanteen valtakunnallisen tarkkavaaituksen tuloksiin. Se on tasoitettu Itämeren ympäri ja on yhteensopiva eurooppalaisen korkeusjärjestelmän kanssa. Kansallisen tasoituksen lähtöpisteenä toimii Metsähovin korkeuspiste ja eurooppalaisena referenssipisteenä Amsterdamin nollataso NAP eli Normaal Amsterdams Peil. (25.)

Korkeusjärjestelmän muunnos NN-korkeusjärjestelmästä N2000-korkeusjärjestelmään on Helsingin kaupungin alueella toteutettu vakiokorjauksella $N2000 = NN + 305$ millimetriä. Kyseinen muunnos on käytössä vain Helsingin alueella, sillä muilla pääkaupunkiseudun kunnilla on oma korkeuden muunnoksensa. (24.) Kuva 6 havainnollistaa Helsingin korkeusjärjestelmämuutoksen toimintaperiaatteen.



Kuva 6. N2000-korkeusjärjestelmän vakiokorjaus + 305 mm Helsingissä (24).

Helsinki käytti korkeusmuunnoksen määrittelyyn 23:a Helsingin alueella sijainnutta Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen 1.–2. luokan N2000-korkeuspistettä, jotka ovat myös Helsingin omia korkeuskiintopisteitä. Korkeusmuunnos saatiin laske-
malla erotus N2000- ja NN-järjestelmien välille, joka oli keskiarvoltaan +305 millimetriä. Korkeusrunkoverkon todettiin muunnokseen käytettyjen pisteiden kohdalla tehtyjen ha-
vaintojen perusteella olevan homogeeninen eikä muita lisämittauksia katsottu tarpeelli-
siksi. Alueellisia systemaattisia eroja korkeusrunkoverkossa ei havaittu korkeusmuun-
noksen määrittelyn yhteydessä. (17.)

4.7 Siirtymisaikataulu EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin

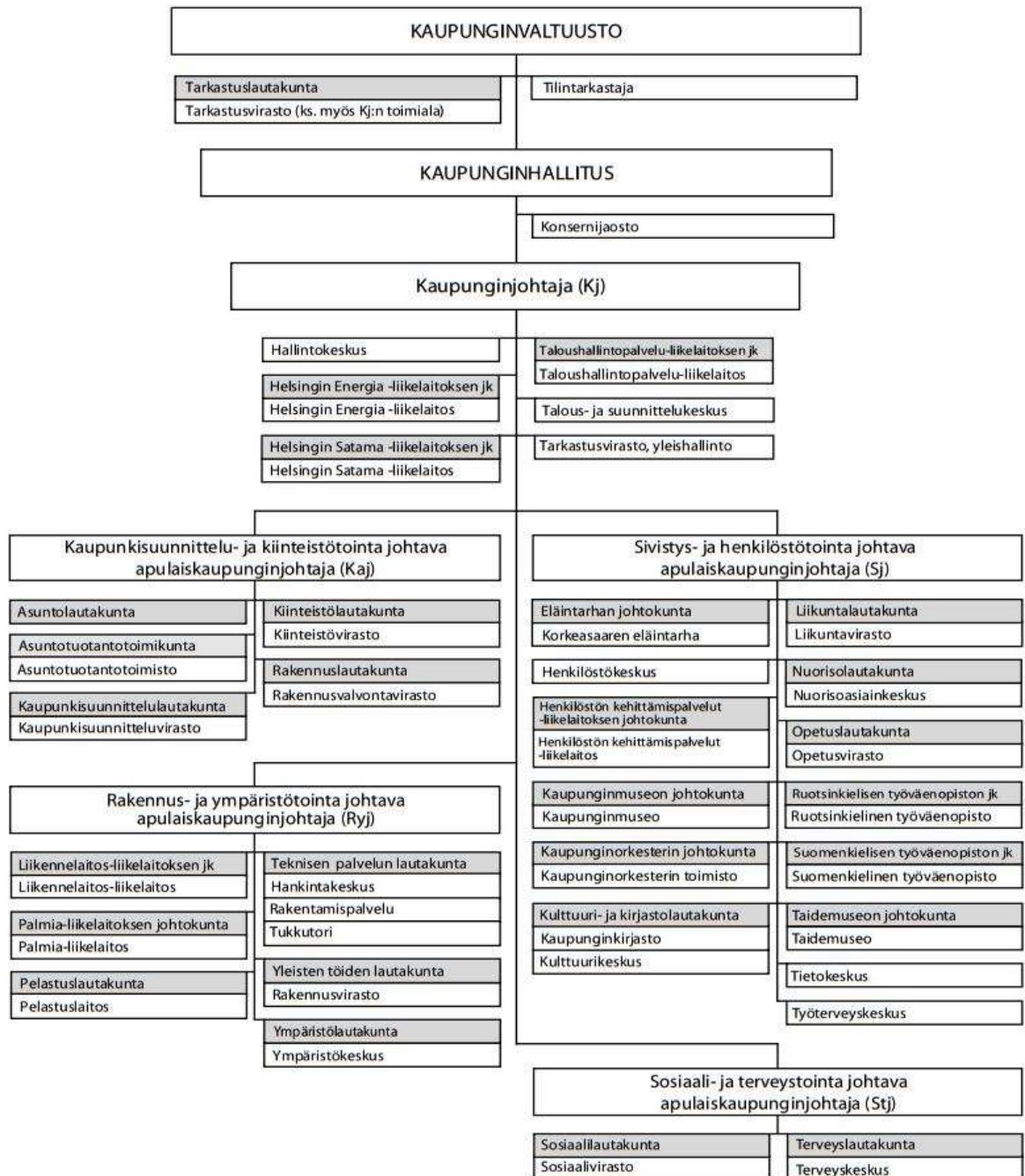
Pääkaupunkiseudun kunnat aloittivat koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien uudistamis-
hankkeen esiselvitysprojektilla vuoden 2009 syyskuussa. Kuntien mittausosastot selvit-
tivät muutosten vaatimia toimenpiteitä tahoillaan ja yhteistyössä yhteisissä neuvotte-
luissa. Valmisteluprojekti aloitettiin vuoden 2011 marraskuussa tähdäten siihen, että jär-
jestelmien uudistus ja käyttöönotto onnistuisi 1.12.2012 pääkaupunkiseudun laajuisesti
yhtäaikaisesti. Helsingin kaupunginhallitus antoi uudistamishankkeen tiedoksi
16.1.2012, ja varsinainen käyttöönottoprojekti aloitettiin tammikuun 2012 aikana. Käyt-
töönottoon tähtäävää testausta suoritettiin jatkuvasti vuoden 2012 kuluessa. Käyttöö-
nottopäivä 1.12.2012 oli sopivasti lauantai, ja uudistusten uskottiin pääosin toimivan ja
paikkatietoaineistojen olevan käytössä jo sitä seuranneena maanantaina kahden käyttö-
katkospäivän jälkeen. (23.) Staran järjestelmissä ilmeni kuitenkin ongelmia, joiden vuoksi
uusien järjestelmien käyttöönottoa jouduttiin Staran osalta lykkäämään eteenpäin vuo-
delle 2013.

5 Uusien järjestelmien vaikutukset Helsingissä

5.1 Kaupunkiorganisaatio ja muutosten vaikutusten laajuus

Helsingin kaupungin organisaatio koostuu yhteensä neljästä eri toimesta, jotka ovat Kau-
punkisuunnittelu- ja kiinteistötoimi, Rakennus- ja ympäristötoimi, Sivistys- ja henkilöstö-
toimi sekä Sosiaali- ja terveystoimi. Näiden lisäksi kaupungin organisaatioon kuuluvat
esimerkiksi erilaisia talous- ja hallintokeskuksia sekä Helsingin taloudelle erityisen tärkeä

Helsingin Energia -liikelaitos. Organisaatiota johtaa kaupunginjohtaja, ja kaupungin päätöksenteko suoritetaan kaupunginhallituksessa ja kaupunginvaltuustossa.



Kuva 7. Helsingin Kaupungin organisaatiokaavio (26).

Helsingin kaupungin kokoisessa kaupunkiorganisaatiossa (kuva 7) on useita toimijoita, jotka tarvitsevat tietoutta ja osaamista koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiin liittyen. Tämän vuoksi on tärkeää ottaa esille organisaation rakenne, ja ymmärtää, missä kaikissa

organisaation yksiköissä järjestelmien uudistaminen voi vaikuttaa kyseisen yksikön toimintaan. Suoraan rakentamiseen ja suunnitteluun liittyviä ja sitä myöten koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä hyödyntäviä virastoja ovat

- Rakentamispalvelu (Stara)
- Asuntotuotantotoimisto
- Kaupunkisuunnitteluvirasto
- Kiinteistövirasto
- Rakennusvalvontavirasto
- Liikennelaitos
- Rakennusvirasto
- Liikuntavirasto.

Lisäksi muun muassa Pelastuslaitos käyttää satelliittipaikannukseen perustuvia paikannusmenetelmiä löytääkseen kohteeseensa ja Ympäristökeskus tekee ympäristön tilan parantamiseen ja kehittämiseen liittyviä suunnitelmia, joissa hyödynnetään paikkatietoa. Voidaankin todeta, että insinööriyössä käsiteltävällä aiheella on siis varsin laajaa merkitystä näin laajassa organisaatiokokonaisuudessa.

5.2 Uusien järjestelmien vaikutukset Staran mittaus toimintaan

5.2.1 Mittauslaitteisiin liittyvät ongelmat

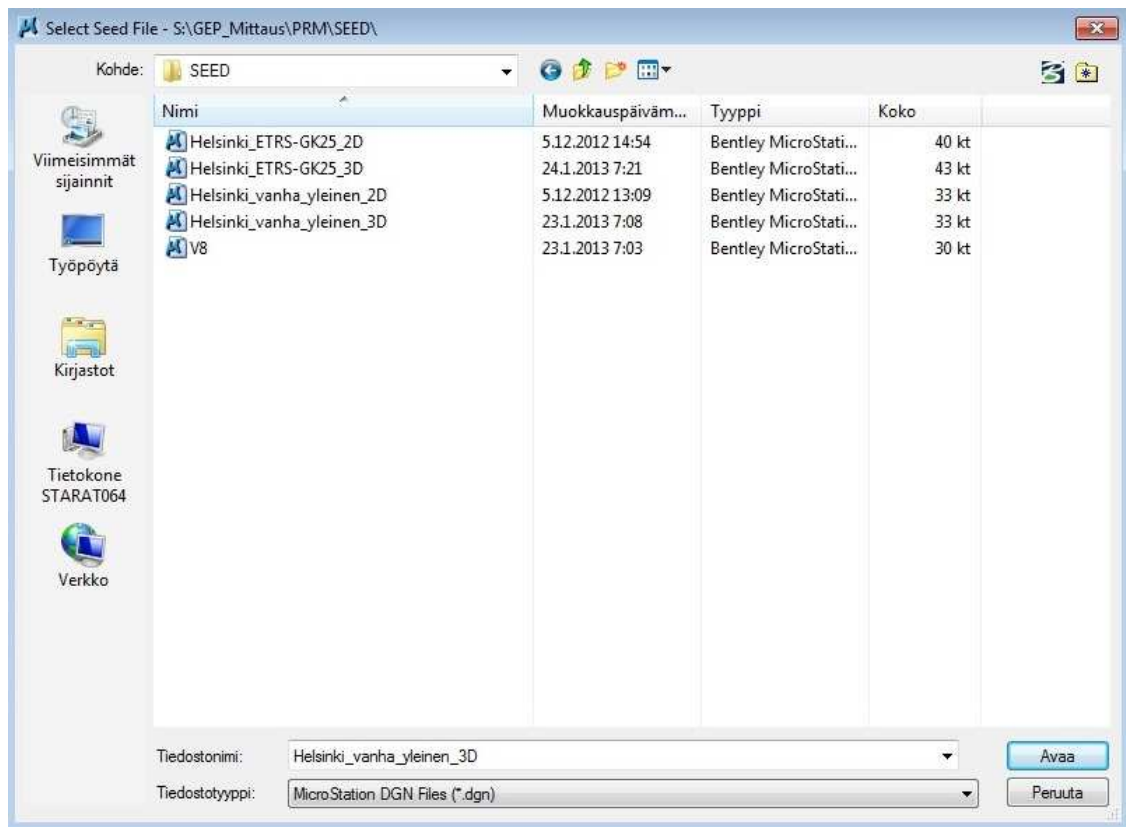
Yhtenä ilmeisimmistä uusien koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien aiheuttamista ratkaistavista ongelmista Staran mittausorganisaatiolle oli mittauslaitteistojen päivitystarve. Mittauslaitteisiin oli asennettava uudet muunnoskaavojen mukaiset koordinaattijärjestelmien asetukset, jotta mittaaminen voitaisiin suorittaa suoraan oikeassa järjestelmässä eikä muunnostyökaluja tarvita enää mittaustiedon käsittely- ja muokkaamisvaiheessa. Projektimittaus-osaston tapauksessa uusien asetusten päivittäminen mittalaitteistoon tilattiin mittauslaitteiston toimittajalta eli Geotrim Oy:ltä.

Toisena muutoksena laitteisiin liittyä uuden mittauksen aloittaminen. Uutta mittaustyötä aloitettaessa ja uutta mittaustyötä luotaessa ”Työn ominaisuudet” -valikossa on valittava käytettävä oikea koordinaattijärjestelmä. Mahdollisia työn mukaan valittavia vaihtoehtoja

on nykyään neljä. Aiempien käytössä olleiden Helsinki-mantere- ja Helsinki-saaret-asetusten lisäksi valittavissa ovat vaihtoehdot ETRS-GK25-mantere ja ETRS-GK25-saaret riippuen siitä, missä mittaustyötä ollaan suorittamassa. Mittaajan tuleekin siis olla erityisen huolellinen aloittaessaan uuden mittaustyön, jotta mittaukset tullaan tekemään varmasti oikeassa koordinaattijärjestelmässä. Käytännössä kuitenkin lähes kaikki mittaustyöt tapahtuvat mantereella, eikä saaret-muunnoksille ole juuri tarvetta.

5.2.2 Tietokoneohjelmistojen ongelmat

Ennen koordinaattijärjestelmien uudistuksia Microstation-ympäristössä toimiminen oli yksinkertaista, sillä Helsingin kaupungin kantakartta ja siihen liittyvä korkeuskäyräaineisto olivat yksiselitteisesti Helsingin kaupungin erilliskoordinaatistossa eli korkeudet perustuivat NN-korkeusjärjestelmään. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä uudistusten myötä uutta mittaustyötä aloittavan tai mittausta valmistelevan henkilön on valittava aina oikea seed-file eli pohjatiedosto dgn-kuvatiedostolle sen mukaan, missä järjestelmässä mittaukset on suoritettu tai tullaan suorittamaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, että uuden kuvatiedoston luomisvaiheessa on valittava joko aiemmin käytössä olleen Helsinki-koordinaatiston mukainen V8 seed-tiedosto tai uuden ETRS-GK25-koordinaatiston ja N2000-korkeusjärjestelmän mukainen Helsinki_ETRS-GK25_3D seed-tiedosto. Kuvassa 8 luodaan uutta dgn-kuvatiedostoa, ja valittavana on erilaisia seed-tiedostoja.



Kuva 8. Seed-tiedoston valitseminen uutta kuvatiedostoa luotaessa.

Valitsemalla oikean seed-tiedoston kuvatiedoston pohjaksi kuvatiedostoon pystyy lataamaan suoraan palvelimelta erilaisia tiedostoja referensseiksi eli tausta-aineistoiksi oikeassa koordinaattijärjestelmässä. Tällaisia referenssitiedostoja ovat esimerkiksi kanta-kartta- ja asemakaava-aineistot, pisteverkostot ja maanalaiset putki- ja johtoverkostot. Seed-tiedoston avulla myös määritellään kuvatiedostossa käytettävä tasomaailma, joka Staralla on yleensä aina sama tilaajatahosta riippumatta.

Yksi koordinaattimuunnosprosessiin liittyvä selkeä tietotekninen ongelma oli yllättävien ongelmien ilmentyminen ja tietojärjestelmien osittainen toimimattomuus uusien taso- ja korkeusjärjestelmien käyttöönottohetkestä eteenpäin jopa kahden kuukauden ajan. Mittaustiedon ja jo olemassa olevan aineiston yhteensovittamiseen liittyvät ongelmat aiheuttivat esteitä ja viivästyksiä uusissa järjestelmissä mittaamiselle. Joissain tapauksissa esimerkiksi kantakartat eivät oikeasta seed-tiedostosta huolimatta latautuneet oikeassa koordinaattijärjestelmässä, eikä mitattua aineistoa pystytty tällöin vertaamaan tunnettuun aineistoon. Tietoteknisten ongelmien takia uusiakaan suurempia mittausprojekteja ei ollut vielä aloitettu uusissa taso- ja korkeusjärjestelmissä kaksi kuukautta virallisen järjestelmien vaihtumispäivämäärän jälkeen.

5.2.3 Siirtymävaiheen ongelmat

Helsingissä taso- ja korkeusjärjestelmien uudistaminen on laajuutensa ja vaikutustensa takia niin suuri operaatio, että siihen on päätetty sisällyttää pituudeltaan ennalta määrittelemätön siirtymävaihe, joka toisaalta mahdollistaa organisaatioiden sopeutumisen uudistuksiin, mutta toisaalta aiheuttaa myös hankaluuksia. Esimerkiksi Lahden kaupungin suorittama taso- ja korkeusjärjestelmien uudistaminen toteutettiin kerralla niin, että päätetyn järjestelmävaihtopäivämäärän jälkeen kaikki mittausaineiston käyttäminen ja tuottaminen tapahtuu vain uudessa järjestelmässä (27). Tämä eroaa Helsingin käytännöstä siinä, että Helsingissä esimerkiksi mittauksiin liittyvät suunnitelmat saattavat tulla vielä virallisen järjestelmävaihtopäivän 1.12.2012 jälkeenkin vanhassa Helsingin kaupungin erilliskoordinaatistossa.

Oleellista Staran Projektimittaus-osaston käytännöissä on ollut, että koko mittausprosessi toteutetaan yhdessä järjestelmässä, ja näin on sovittu toimittavan myös tulevaisuutta ajatellen. Taso- ja korkeusjärjestelmien uudistumisten voidaankin katsoa aiheuttavan ongelmia mittausprosessissa siirtymävaiheen aikana, kun käytettävä koordinaattijärjestelmä ei ole mittausprosessin kaikille osapuolille välttämättä selvillä ja eri toimijoiden välillä voi syntyä epäselvyyksiä.

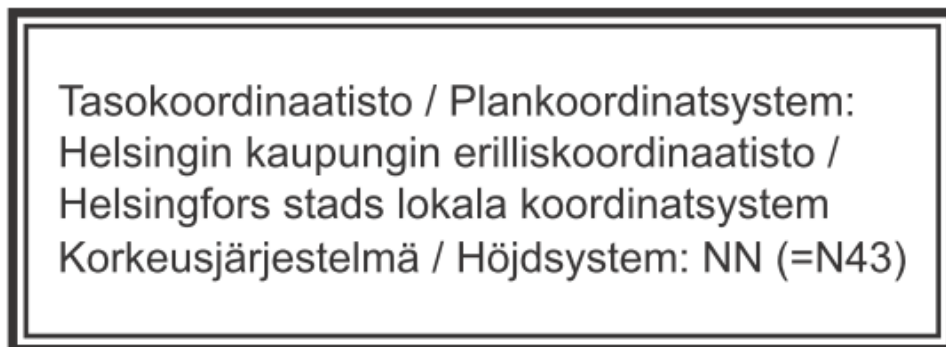
Mittauskohteen alkukartoitus, suunnittelumittaukset, pintamallit, korkeuskäyrät, merkintämittaukset ja muu paikkatieto sekä toteutumien mittaaminen suoritetaan siis samassa järjestelmässä koko hankkeen ajalta. Tämä tuo vaatimuksia mittaushenkilöstön tarkkaavaisuuteen vuosia eteenpäin. Kohteessa mittauksia suorittavan henkilön tulee olla selvillä kohteessa käytettävistä järjestelmistä ja myös toimia sen mukaisesti, jotta aineisto tulee tuotettua yhtenäisellä tavalla ja tarkkuus- ja laatuvaatimukset täyttyvät. Epäselvissä tilanteissa käytettävät järjestelmät tulee aina tarkistaa tiedon tuottajalta.

Mittaustoiminnan kannalta todennäköisin ja huomattavin ongelma uusien taso- ja korkeusjärjestelmien myötä tulee liittymään uuden ja vanhan korkeusjärjestelmän eroavaisuuteen ja sen myötä merkintämittauksiin liittyviin ongelmiin siirtymävaiheessa. Korkeusjärjestelmien eron ollessa 305 millimetriä väärän järjestelmän käyttäminen mittaustyössä ja sen huomaaminen silmämääräisesti maasto- ja mittaustöissä on käytännössä ainakin erittäin hankalaa ja jopa mahdotonta. Rakentamisen kannalta 305 millimetriä väärässä oleva korkeusmerkintä on kuitenkin erittäin merkittävä ja voi olla negatiivisilta taloudelli-

silta vaikutuksiltaan todella huomattava. Väärässä korkeusjärjestelmässä tehty korkeusmerkintä voi esimerkiksi ohjata rakentamista siten, että tien kallistukset ovat väärään suuntaan tai viemäriverkostossa virtaussuunta on päinvastainen kuin pitäisi. Tällaisen virheen huomaaminen ja korjaaminen rakennusprojektin myöhäisessä vaiheessa voi tulla huomattavan kalliiksi.

5.2.4 Mittausten dokumentointi

Siirtymävaiheen aikana on erityisen tärkeää huolehtia, että mittaushenkilöstö käyttää oikeita koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä. Yhtä tärkeää on myös ilmoittaa mittauksiin liittyvien dokumenttien yhteydessä käytetyt järjestelmät. Ilman tätä ilmoitusta asiaa tuntematon henkilö ei välttämättä ymmärrä tai osaa hyödyntää sinällään oikeaa tietoa oikealla tavalla. Kuvissa 9 ja 10 on mittauksiin liittyvien suunnitelmien ja dokumenttien yhteydessä käytettävä vanhojen ja uusien taso- ja korkeusjärjestelmien mukaiset merkintämallit. Merkintämalli siis ilmoittaa, mitä järjestelmiä suunnittelussa tai mittauksessa on käytetty ja mitä järjestelmää tulee käyttää.



Kuva 9. Vanha Helsingin merkintämalli.



Kuva 10. Uusi Helsingin merkintämalli.

5.2.5 Muita ongelmakohtia

Kahden rinnakkaisen koordinaattijärjestelmävaihtoehdon olemassaolo mittauslaitteissa mahdollistaa väärän tasokoordinaattijärjestelmän käyttämisen myös muissa mittauksissa, mutta sen käytön huomaaminen on helpompaa verrattuna väärään korkeusjärjestelmään. Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston ja ETRS-GK25:n tasokoordinaattien koordinaattilukemat eroavat sen verran paljon toisistaan, että kojetta käyttävä henkilö huomaa eron lukuja katsoessaan.

Uusien järjestelmien myötä myös mittaushenkilöstön osaamille tulee uusia vaatimuksia. Mittaushenkilöstön olisi hyvä ymmärtää peruskäsitteitä ja periaatteita uusiin järjestelmiin liittyen, jotta esimerkiksi vanhassa järjestelmässä olevan aineiston hyödyntäminen on luontevaa ja mittaus- ja paikkatiedon jakaminen laajemmalla alueella onnistuu. Uuden koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän sisällön oppiminen ja omaksuminen vaatii siis toisaalta motivaatiota mittaushenkilöstöltä ja myös resursseja työnantajaorganisaatiolta koulutuksen muodossa.

Ongelmaksi Staralla on myös koettu tiedotuksen riittämättömyys muunnoksen toteuttaneen Kiinteistöviraston kaupunkimittausosaston suunnalta. Muunnoksen etenemisestä ja muunnokseen liittyvistä ongelmista ei ole tiedotettu tarpeeksi. Toisaalta myös Staran yhteistyö kaupungin muiden toimijoiden kanssa ei ole kaikissa kohdissa ollut riittävää eikä esimerkiksi suunnitteluorganisaatioiden aikomuksista uusien järjestelmien käyttöönottoon liittyen ole ollut täyttä selvyyttä. Kaupungin eri organisaatioilla ei ole myöskään yhtenäistä ohjeistusta uusien järjestelmien käyttöönoton ajankohdan suhteen.

5.2.6 Uudistusten hyötyjä

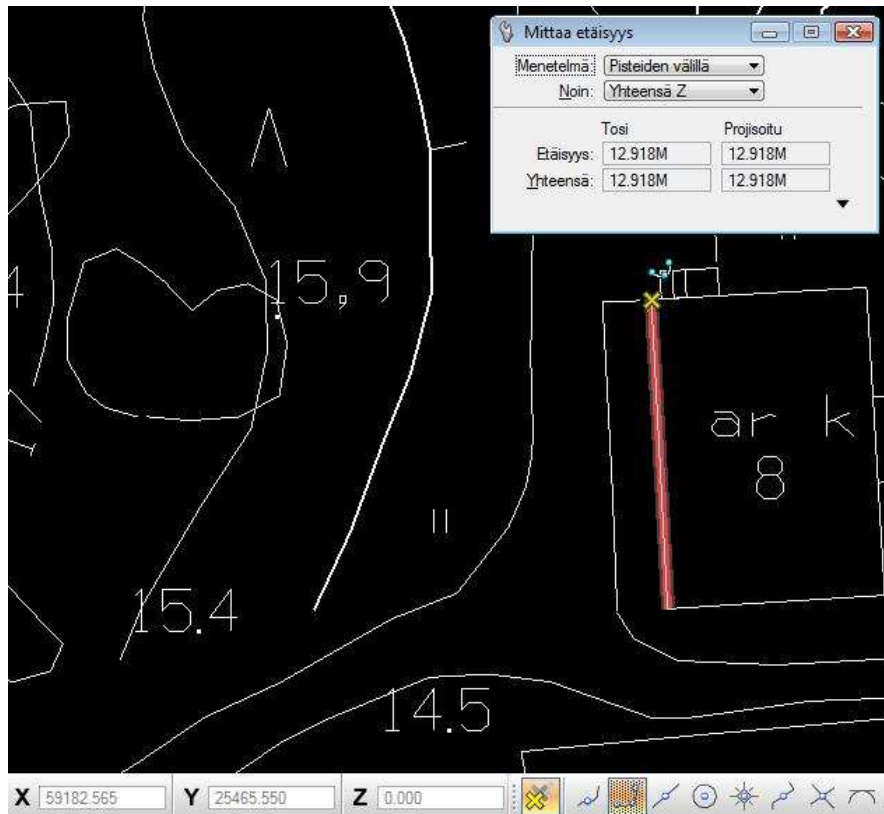
Uusien järjestelmien mukanaan tuomia selkeitä hyötyjä ovat erityisesti mittaus- ja pistetiedon tarkentuminen. Helsingin kaupungin erilliskoordinaatistossa tiedetään nimittäin olevan vääristymää erityisesti Lauttasaaren ja Jollaksen alueilla. Lisäksi maankohoamisesta johtuva korkeusjärjestelmän vääristymä tulee osittain korjatuksi uuden tarkemmin ja lähempänä nykypäivää vaaitun korkeusjärjestelmän myötä. Lisäksi EUREF-FINin Helsinki-muunnokseen käytettyä pistetietoa on tuotettu staattisella satelliittimittauksella, joka on myös JHS 184 mukainen runkoverkon suositeltu mittaustapa.

Suurena hyötynä uusista järjestelmistä tulee olemaan myös paikkatiedon jakamisen helppous pääkaupunkiseudun kuntien välillä ja myös maanlaajuisesti. Useiden kuntien jo käyttäessä samoja järjestelmiä paikkatietoa voidaan jakaa helposti niin, että se on nopeasti toisen organisaation hyödynnettävissä. Tiedonvaihtoon liittyy korkeintaan varsin yksinkertainen konversio muunnosohjelmalla projektiosta toiselle eli ETRS-GKn-koordinaatistosta ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon tai päinvastoin tai kaistanvaihto ETRS-GKn-koordinaatistojen välillä.

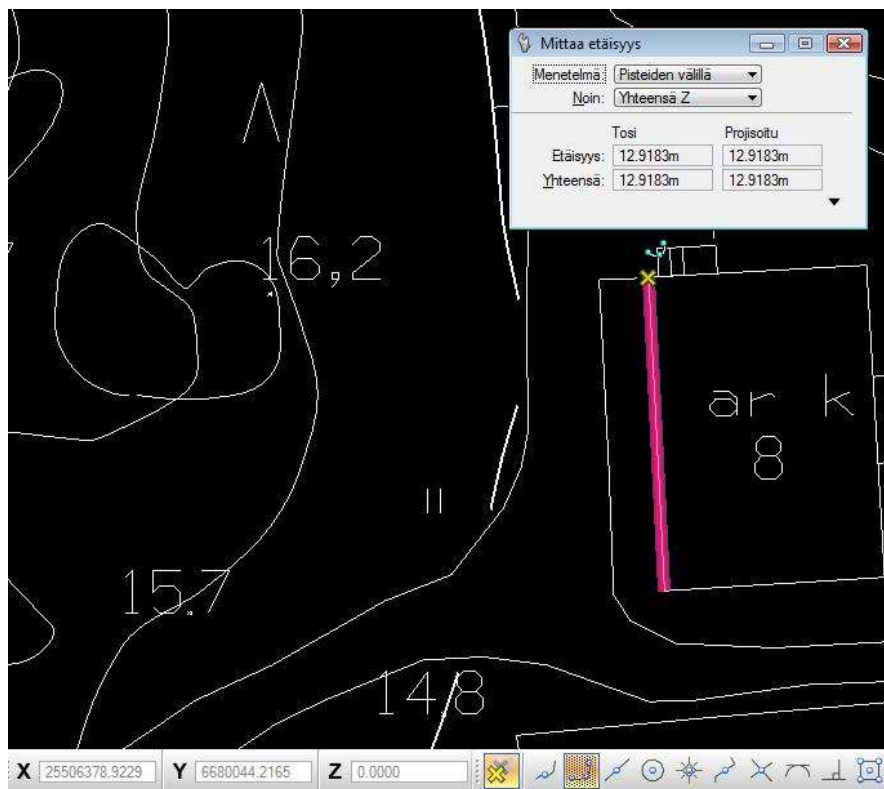
Myös pääkaupunkiseudun kuntien rajaseuduilla tapahtuva rakentaminen helpottuu, kun rajan molemmin puolin on käytössä sama tasokoordinaattijärjestelmä. Esimerkiksi tunnelien tai teiden rakentaminen ja yhteenliittäminen rajalla on aiempaa yksinkertaisempaa. Lisäksi esimerkiksi Staran mittaushenkilöstö pystyy toimimaan muiden kuntien alueella ja myös muualla Suomessa käyttäen omia mittausvälineitään ilman huomattavia muutoksia mittauslaitteisiin. Tämä mahdollistaa esimerkiksi laajemman työkentän ja laajemman markkina-alueen töiden tilaamiselle ja suorittamiselle.

6 Järjestelmien eroavaisuudet käytännössä

Järjestelmien eroavaisuuksia käytännön mittaustiedonhallinta- ja mittaustiedontuotanto-tehtävissä voidaan havainnoida kuvaesimerkein. Esimerkkien tavoitteena on havainnollistaa uusien taso- ja korkeusjärjestelmien eroavaisuuksia suhteessa vanhoihin järjestelmiin. Oletuksena on, että itse mittaaminen ja aineiston tuottaminen ja käsittely uusissa järjestelmissä ei eroa aiemmasta, mutta tiedonhallinta ja muiden toimijoiden tuottaman tiedon hyödyntäminen ja oman tuotetun paikkatiedon jakamisen kynnykset edelleen muille kunnille on matalammalla yhteneväisten järjestelmien myötä. Myös toimiminen laajemmalla alueella kuin vain Helsingissä on aiempaa yksinkertaisempaa.



Kuva 11. Vanha järjestelmä.



Kuva 12. Uusi järjestelmä.

Kuvissa 11 ja 12 on kuvakaappaukset sattumanvaraisesta esimerkikohteesta. Kuvassa 11 on Helsingin kaupunkimittausosaston tuottamaa kantan kartta-aineistoa Helsingin kaupungin erilliskoordinaatistossa sekä NN-korkeusjärjestelmässä, ja kuvassa 12 on vastaava kohde ETRS-GK25-koordinaatistossa sekä N2000-korkeusjärjestelmässä. Käytännössä suurimmat huomioitavat eroavaisuudet uudistusten myötä liittyvät kuvissa näkyviin eroavaisuuksiin korkeuskäyräaineistossa ja korkeuslukemissa. Vanhojen järjestelmien mukaisessa kuvassa korkeuslukemat ovat 30 senttimetriä suurempia kuin uusien järjestelmien mukaisessa kuvassa. Lisäksi korkeuskäyrät kulkevat kartalla erilailla vertailtaessa kuvia keskenään johtuen toisistaan eroavasta korkeusmaailmasta. Myös kuvien alalaidassa näkyvät pohjois- ja itäkoordinaatit eroavat huomattavasti toisistaan.

Esimerkin vuoksi kuvilta on myös mitattu toisiaan vastaavat kohteet havainnollistamaan muunnoksen tarkkuutta mittaushenkilöstön eli esimerkiksi Staralla toimivan mittaajan kannalta. Esimerkissä on mitattu kuvassa näkyvän rakennuksen seinän pituus Microstation-ohjelman mittausominaisuuden avulla, ja tuloksena on saatu millilleen toisiaan vastaavat lukemat. Tämä osoittaa osaltaan muunnoksen toimivuuden mittaajan kannalta, ja myös sen, ettei mittaajalle ole käytännössä merkitystä kummassa järjestelmässä toimitaan.

Stara on jo ennen uudistuksia suorittanut mittaustehtäviä muutamissa kohteissa myös muualla Etelä-Suomen alueella. Näissä on ongelmana kuitenkin ollut se, että Staran mittauslaitteisto on sisältänyt vain Helsingin kaupungin erilliskoordinaatiston realisaatiot, ja mittauksissa käytettävissä koordinaatistoissa sekä mittaustiedon hallinnassa on jouduttu käyttämään jokseenkin epävirallisia menetelmiä. Esimerkiksi muiden kuntien kanta- tai johtokartta-aineiston hyödyntäminen suoritettujen mittausten referenssitietoina ei ole onnistunut eriävien järjestelmien vuoksi. (16.) Uusien valtakunnallisesti yhteneväisten järjestelmien myötä tämä ongelma on helpommin ratkaistavissa, kun aineistot perustuvat samaan koordinaattijärjestelmään, ja niiden yhteensovittaminen onnistuu suhteellisen helposti.

7 Mittausprosessi ja laatuohjeistus

7.1 Mittausprosessi

Mittausprosessin käsittelyllä pyritään havainnoimaan ja pohtimaan Staran mittausprosessia ja sen ongelmakohtia. Staran toiminnassa mittausprosessi lähtee liikkeelle tilaajalta eli esimerkiksi Rakennusviraston Geotekniseltä osastolta tulevalla tarjouspyynnöllä, johon mittausorganisaatio eli esimerkiksi Projektimittaus-osasto lähettää tarjouksen. Saatuaan hyväksytyt tarjouksen ja mittaustilauksen mittausorganisaatio aloittaa mittauksiin liittyvän suunnittelun. Mittausorganisaatiossa inventoidaan mahdollisesti käytettävissä olevat kaupungin runkopisteet, joista mittaus voidaan aloittaa ja joihin mittaus voidaan sitoa sekä etsitään mahdollisesti jo olemassa oleva hyödynnettävä mittausaineisto. Kuten jo luvussa 5.2.3 mainitaan, oleellista Staran Projektimittaus-osaston käytännöissä on ollut, että koko mittausprosessi toteutetaan yhdessä järjestelmässä, mikä aiheuttaa tietynlaisia rajoituksia vanhan mittausaineiston hyödyntämiselle. Suunnittelijoilta eli mittauksen tilaajilta tulevalla materiaalilla on ensiarvoinen asema mittausprosessin läpiviemisen ja käytettävien järjestelmien kannalta.

Itse mittausvaiheessa tiedon tuottaminen ja kerääminen suoritetaan siis suunnittelijan suunnitelmakuvissa tai muussa ohjeistuksessa määritetyssä järjestelmässä. Mittausten jälkeen tiedot tulostetaan mittalaitteesta ja siirretään verkkolevyille käsittelyä varten. Mittausdata käsitellään Microstation-ympäristössä ja tallennetaan verkkolevyille. Valmis mitaustyö pintamalleineen ja muine dokumentteineen toimitetaan tilaajalle mitatussa koordinaatistossa.

7.2 Laatuohjeistus

Staralla ei ole käytössään varsinaista laatukäsikirjaa tai laatuohjetta, joka ohjaisi eri toimijoita toimimaan yhtenäisellä tavalla paikkatiedon tuottamisen osalta, eikä esimerkiksi käytettävien mittauslaitteiden tarkkuuksista tai kalibroinneista ole ohjeistusta. Ohjeistus esimerkiksi mittausten tarkkuusvaatimuksista olisi mielestäni tarpeellinen jo ajatellen mitaustiedon tasalaatuisuutta eri mittausyksiköiden kesken. Laatuohjeistuksen pohjaksi voitaisiin luoda käytäntö yhteneväisistä menetelmistä prosessikuvauksessa mainituissa mittausprosessin eri vaiheissa.

Tilaaajalta voitaisiin alkaa vaatia, että jo tilaajan tarjouspyynnössä ilmoitettaisiin, mitkä tulevat olemaan käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät ja missä järjestelmässä aiemmat saman kohteet mittaukset on suoritettu. Kun tarjouspyynnössä jo kerrottaisiin käytettävät järjestelmät, asiasta olisi tieto mittaustaholla jo etukäteen, eikä tieto tulisi yllätyksenä suunnittelijan tietojen pohjalta. Mittauksissa käytettäviin järjestelmiin liittyvät ongelmat tulevat ratkeamaan sitten, kun kaikki keskenäiset työmaat ja mittauskohteet on saatettu valmiiksi mittausten osalta ja mitattavaa tulee vain uusissa järjestelmissä. Vastavuoroisesti tarjousvaiheen tarjouksissa voitaisiin alkaa ilmoittaa käytettävien mittausten menetelmien lisäksi käytettävät koordinaatistot ja mahdolliset lisäkustannukset, jos aineistoja joudutaan konvertoimaan järjestelmästä toiseen.

Mittausten suunnitteluvaiheessa voitaisiin alkaa kiinnittää huomiota käytettäviin kaupungin taso- ja korkeusrunkopisteisiin sekä yleisesti mittausten lähtöpisteisiin. Runkopisteiden soveltuvuus mittausten lähtöpisteiksi mittaustuokkansa, ikänsä, kuntosaa ja sijaintinsa suhteen tulisi aina tapauskohtaisesti harkita. Lisäksi nopeasti VRS-verkossa mitattujen GNSS-pisteiden käyttöä sekä taso- että korkeuslähtöpisteinä esimerkiksi rakennustyömailla tulisi pohtia. Nykyään, kun luodaan uusia GNSS-lähtöpisteitä, mittaustavoissa ilmenee suuria yksikön sisäisiä eroavaisuuksia esimerkiksi mittausaikojen tai mittalaitteen tasauksen suhteen. Staralle olisi syytä luoda yhtenäinen ohjeistus GNSS-lähtöpisteiden mittaukselle, jonka runkona voisivat olla seuraavat ohjeet:

- vastaanotin on asetettava mitattavalle pisteelle statiivin avulla,
- havaintojen lukumäärä tulee määrittellä (esimerkiksi 100 havaintoa/piste) ja
- satelliittigeometria sekä mahdolliset monitieheijastukset tulee huomioida.

Pohdinta GNSS-mittauksen korkeustarkkuuden riittävydestä lähtöpisteissä voitaisiin myös sisällyttää laatuohjeistukseen. GNSS-mittalaitteella luodut lähtöpisteet ovat kuitenkin usein tarpeellisia mittausten sujuvamman suorittamisen kannalta, kun runkoverkon lähtöpisteitä ei löydy tai ne ovat huomattavan kaukana kohteesta.

Mittaustapoihin ja eri mittauksissa käytettäviin mittausvälineisiin tulisi myös saada selkeät määritelmät. Mittauksissa käytettävillä prismoilla ja mittalaitteilla on tarkkuuksiensa suhteen eroavaisuuksia. Mikäli mittaus vaatii huomattavaa tarkkuutta, jos esimerkiksi seurantamittaukset niin vaativat, tulisi käyttää mahdollisimman tarkkoja välineitä ja lähtöpisteitä. Myös mittalaitteiden orientoinnille tulisi määrittää rajat. Kartoitusmittauksiin

usein riittää kaksi lähtöpistettä, jos niiden välinen kulma on sopiva, mutta esimerkiksi merkintämittauksissa lähtöpisteinä voisi olla kolme sijainniltaan tunnettua pistettä.

Mittausten dokumentointia voitaisiin ohjeistaa niin, että kartoitettavista kohteista luotaisiin kartoitusohje, jonka perusteella koko organisaation mittaushenkilöstö osaisi tuottaa yhteneväistä kartoitusaineistoa. Dokumentointia voitaisiin yhtenäistää myös siten, että esimerkiksi merkintämittauksista otettaisiin aina kartoitustieto talteen, eli merkityt pisteet voitaisiin todentaa jälkikäteen. Mittausten tarkkuuksille voitaisiin myös määritellä toleransseja, jotta koko organisaation työnjälki olisi mahdollisimman tasalaatuista eikä mitaajan henkilöydellä olisi käytännön merkitystä. Mittauksista tallentuneet mittaustiedostot sekä mittausraportit tulisi aina tallentaa työtä koskevaan kansioon mahdollista myöhempiä tarkastelua varten yhteisesti sovitulla tiedostonnimeämistavalla.

Tiedonkäsittely mittausten jälkeen on hyvin paljon henkilöstä riippuvaa, ja eri henkilöillä on erilaisia mieltymyksiä mittaustiedon hallinnan suhteen. Laatuohjeistukseen voisi kuitenkin määritellä esimerkiksi käytettävät jo aiemmissa luvuissa mainitut seed-tiedostot ja tasomaailmat. Myös mittaustiedon muokkausmenetelmiin liittyvät rajoitukset ja ohjeet voitaisiin määritellä. Mittaustiedon käsittelyn kannalta olisi myös oleellista tietää, mihin tarpeeseen ja tarkoitukseen mittausaineisto on menossa. Esimerkiksi pintamallin ja korkeuskäyräaineiston luominen ja sen tarpeellisuus jokaisen kartoituksen yhteydessä voitaisiin ohjeistaa.

Luotettavan mittausaineiston tuottamisen taustalla on oikealla tavalla toimivat mittauslaitteet ja -välineistö. Mittauksissa käytettävien mittalaitteiden tulisi olla säännöllisin väliajoin kalibroituja ja tarkastettuja sekä säädettyjä. Kalibroinneista tulisi pitää mukana kalibrointitodistuksia.

Laatuohjeistukseen voisi sisällyttää myös perehdyttämistä ja koulutusta, jolloin uusien työntekijöiden ja harjoittelijoiden kanssa toimiminen olisi suoraviivaista ja samanlaista koko organisaation sisällä. Tämä auttaisi sekä uutta työntekijää että tehostaisi organisaation toimintaa, kun esimerkiksi perehdytykseen liittyvät vastuut olisivat tiedossa.

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli paneutua Helsingin kaupungissa suoritettuihin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien uudistuksiin ja pohtia uudistusten vaikutuksia Staran mittausorganisaation toimintaan. Työssä käytiin läpi muunnosprosessin eri vaiheita ja muunnoksiin liittyviä toimintaperiaatteita.

Helsingin kaupunki ja sen eri organisaatiot Stara mukaan lukien aloittivat siirtymisen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin 1.12.2012. Uudet järjestelmät oli tarkoitus ottaa Staralla käyttöön vähitellen kevään 2013 aikana, kun ongelmat olivat ratkenneet ja tilauksia saatiin myös uusissa järjestelmissä.

Helsingissä Staran kannalta muunnosprosessi ei sujunut aivan toivotulla tavalla, koska Staran tietojärjestelmissä ilmeni tietoteknisiä yhteensopimattomuusongelmia ja tämä viivästytti uusien järjestelmien käyttöönottoa. Muunnosprosessin mukanaan tuomia ongelmia olivat korkeusmaailman muutokseen liittyvät riskitekijät, siirtymävaiheen ongelmat, mittausdokumentaatioon liittyvät tekijät sekä tiedotuksen ja yhteistyön puuttuminen. Uusien mahdollisuuksien aukeaminen alueellisesti ja kansallisesti yhteneväisten taso- ja korkeusjärjestelmien vuoksi sekä pistetiedon ajantasaistuminen olivat selkeitä uudistusten tuomia hyötyjä. Muunnosprosessin myötä myös uudistuminen organisaation sisällä ja siirtyminen yhtenäisiin mittausmenetelmiin olisi paikallaan. Alustavan laatuohjeistuksen perusteella mittausprosessiin liittyviä laatutekijöitä ja -ohjeistusta voidaan lähteä kehittämään.

Insinööriyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin, sillä työ muodostaa tiiviin kokonaisuuden tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmävaihdoksesta. Työ kuvaa koko prosessin yksityiskohtaisesti ja avaa prosessin sisältöä mittausorganisaation työntekijöille helposti ymmärrettävällä tavalla. Työn olisi voinut saada vielä havainnollisemmaksi, mikäli Staralla olisi jo ollut täydessä käytössä uudet taso- ja korkeusjärjestelmät. Uuden järjestelmän mukaista mittausaineistoa olisi näin voinut vielä selkeämmin esitellä ja vertailla vanhojen järjestelmien ohella. Työn lopussa esitetään mittausprosessin kehittämissuositukset työn tilaajaorganisaatiolle, mikä osaltaan tarjoaa organisaatiolle mahdollisuuden kehittää, tehostaa ja yhtenäistää omaa toimintaansa. Työn edetessä opittiin ymmärtämään muunnosprosessiin liittyvät monet vaiheet ja mahdolliset ongelmat. Insinööriyöprosessin läpivieminen loi henkistä kypsyyttä kestää epäonnistumisia ja vastoinkäymisiä sekä kehitti kypsempään ja monipuolisempaan ajatteluun.

Koordinaattimuunnosprosessi on itsessään varsinkin Helsingin kokoisessa kunnassa suuri operaatio, ja se vaatii runsaasti resursseja sekä huolellista suunnittelua. Muunnosprosessiin onnistuneeseen läpivientiin liittyy paljon huomioitavia tekijöitä, kuten sopivimman muunnosmenetelmän tai muunnosalueiden laajuuden valinta. Monenlaiset riskit ovat aina vaarana, kuten tietotekniset ongelmat tai tiedonkulun ongelmat. Tiedotukselle, koulutukselle ja tietojärjestelmien mahdollisille ongelmille on varattava runsaasti resursseja ja aikaa, kun suoritetaan näin suuria uudistuksia.

Lähteet

- 1 Staran esittely. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Staran+esittely>>. 26.10.2012. Luettu 11.12.2012.
- 2 Staran toimintakertomus 2011: Staran organisaatiokaavio. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/4ce4b8004c439f4195d0b558a88902bd/Stara_TOKE2011.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=4ce4b8004c439f4195d0b558a88902bd>. Luettu 11.12.2012.
- 3 Staran mittauspalveluiden esittely. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Geopalvelu/Mittaus>>. 8.6.2012. Luettu 11.12.2012.
- 4 Määritelmiä. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/3d-koordinaatistot/maaritelmiä>>. Luettu 15.12.2012.
- 5 Sanastokeskus TSK:n termipankki. 2012. Verkkodokumentti. Tekniikan sanastokeskus. <<http://www.tsk.fi/tepa/netmot.exe?UI=figr&height=165>>. Luettu 20.11.2012
- 6 Häkli, Pasi; Puupponen, Jyrki; Koivula, Hannu; Poutanen, Markku. 2009. Geodeettisen laitoksen tiedote 30: Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Verkkodokumentti. Geodeettinen laitos. <<http://www.fgi.fi/fgi/sites/default/files/publications/gltiedote/GLtiedote30.pdf>>. Päivitetty 10.12.2009. Luettu 27.12.2012
- 7 Julkisen hallinnon suositus 153. ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. 2008. Verkkodokumentti. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS153/JHS153.pdf>>. Päivitetty 6.6.2008. Luettu 15.12.2012.
- 8 Honkanen, Petri. 2010. Lahden kaupungin taso- ja korkeusjärjestelmien vaihtaminen EUREF-FIN ja N2000-järjestelmiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Maanmittausosasto.
- 9 Laurila, Pasi. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- 10 Patronen, Saara. 2011. ETRS89-järjestelmän käyttöönotto Suomessa. Opinnäytetyö. Rovaniemen Ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikka.
- 11 Julkisen hallinnon suositus 154. ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako. 2008. Verkkodokumentti. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS154/JHS154.pdf>>. Päivitetty 6.6.2008. Luettu 15.12.2012.

- 12 Tasokoordinaatistot. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/tasokoordinaatistot>>. Luettu 20.12.2012.
- 13 Muunnokset. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/muunnokset>>. Luettu 20.12.2012.
- 14 3D-koordinaatistot. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/3d-koordinaatistot>>. Luettu 21.12.2012.
- 15 Helsingin kaupungin paikkatietohakemisto. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <<http://ptp.hel.fi/paikkatietohakemisto/help/help.html>>. Luettu 15.11.2012.
- 16 Kannosto, Eero. Palvelupäällikkö. Stara, Geopalvelu. Projektimittaus. Insinööri-työn aikaiset keskustelut. 2011–2013.
- 17 Helsingin kaupungin kiinteistöviraston kaupunkimittausosasto. EUREF-FIN/N2000. Käyttöönoton valmistelu, Loppuraportti. 2.3.2012.
- 18 Teoreettinen keskivesi (MW) ja geodeettiset korkeusjärjestelmät Suomessa. Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/keskivesitaulukot>>. Luettu 11.12.2012.
- 19 Maannousu. 2012. Verkkodokumentti. Geodeettinen laitos. <<http://www.fgi.fi/fgi/sites/default/files/Poutanen-Fennoskandia.png>>. Luettu 20.12.2012.
- 20 Asikainen, Lauri. 2012. Rauman kaupungin siirtyminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikka.
- 21 Direktiivi, laki ja asetus. 2012. Verkkosivu. Paikkatietoikkuna. <<http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/direktiivi-laki-ja-asetus>>.
- 22 Julkisen hallinnon suositukset. 2012. Verkkosivu. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://www.jhs-suositukset.fi/web/guest>>. Luettu 22.12.2012.
- 23 Tolkki, Timo. Helsingin tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmän uudistus. Esittelymoniste. 2012. Päivitetty 2.3.2012. Luettu 20.12.2012.
- 24 EUREF-FIN/N-2000-muunnokset Helsingin kaupungissa. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/ae5f39804b310e8e87bb9fb5828cdf07/EUREF-FIN_N2000_muunnokset_Helsingin_kaupungissa.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ae5f39804b310e8e87bb9fb5828cdf07>. Päivitetty 5.3.2012. Luettu 28.2.2013.

- 25 Poutanen, Markku. Verkkodokumentti. Tampereen kaupunki. <<http://www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/maastotietopalvelu/ikaalinen07/poutanen.pdf>>. Luettu 22.12.2012.
- 26 Helsingin kaupunki, Helsingin kaupungin hallinnollinen organisaatio. Verkkodokumentti. 2013. Helsingin kaupunki. <http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/66f5020042240e59adf6fda1adf32673/HKI_hall_org_suo.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=66f5020042240e59adf6fda1adf32673> Päivitetty 1.1.2013. Luettu 25.2.2013
- 27 Honkanen, Petri. Mittauspäällikkö. Lahden kaupunki. Sähköpostihaastattelu. 27.11.2012.

Testipisteet

05.03.2012

Helsingin koordinaatistomuunnosten ja konversioiden testipisteistö:

nro	Helsinki		ETRS-GK25		ETRS-TM35FIN		EUREF-FIN maantieteelliset				
	N	E	N	E	N	E	Latitudi	Longitudi	Ellipsoidinen korkeus	Latitudi	Longitudi
2	28837,457	47640,142	6683429,972	25494840,683	6682590,171	384188,639	60°15'48,46372"	24°54'24,46937"	70,928	60,263462144	24,906797047
3	26072,107	53177,532	6680657,988	25500374,693	6679652,468	389634,777	60°14'19,01474"	25°00'24,34929"	62,9869	60,238615206	25,006763692
4	22175,463	54384,703	6676759,908	25501577,160	6675720,740	390718,325	60°12'13,05226"	25°01'42,38207"	53,4355	60,203625628	25,028439464
7	18508,069	53483,971	6673093,691	25500672,048	6672084,534	389702,852	60°10'14,60030"	25°00'43,58265"	48,6859	60,170722306	25,012106292
8	15202,665	48527,725	6669794,300	25495711,920	6668937,597	384646,340	60°08'27,91262"	24°55'22,16582"	24,6329	60,141086839	24,922823839
12	24445,147	43691,581	6679042,451	25490886,874	6678325,460	380104,632	60°13'26,44858"	24°50'08,04954"	65,0004	60,224013494	24,835569317
92	32735,009	63831,151	6687307,996	25511036,200	6685974,599	400490,061	60°17'53,34495"	25°11'58,48836"	65,229	60,298151375	25,199580100
93	28450,813	64725,703	6683022,770	25511925,581	6681665,595	401248,925	60°15'34,79537"	25°12'55,47827"	22,783	60,259665381	25,215410631
95	18273,807	41850,229	6672873,397	25489038,175	6672216,589	378070,379	60°10'06,95480"	24°48'09,16483"	30,253	60,168598556	24,802545786
218	33467,135	51878,738	6688054,508	25499084,808	6687082,834	388569,945	60°18'18,00120"	24°59'00,40594"	78,5835	60,305000333	24,983446094
248	31322,962	61293,144	6685899,025	25508496,551	6684643,636	397909,579	60°17'08,03959"	25°09'12,93715"	92,177	60,285566553	25,153593653
249	26342,678	61934,409	6680917,999	25509131,786	6679647,015	398393,426	60°14'27,04816"	25°09'53,46679"	68,747	60,240846711	25,164851886
250	16210,044	63851,691	6670783,228	25511036,795	6669462,015	399990,168	60°08'59,41117"	25°11'55,28893"	23,6821	60,149836436	25,198691369
253	21762,959	58838,688	6676342,062	25506030,586	6675168,338	395155,898	60°11'59,40160"	25°06'31,43322"	47,49	60,199833778	25,108731450
282	23049,178	47564,155	6677641,849	25494757,760	6676808,581	383930,429	60°12'41,43869"	24°54'19,61580"	52,8396	60,211510747	24,905448833
364	17250,674	45299,238	6671846,092	25492485,931	6671085,613	381484,683	60°09'34,04168"	24°51'52,87504"	52,939	60,159456022	24,864687511
602	16605,890	50411,014	6671195,225	25497596,846	6670280,494	386572,351	60°09'13,23436"	24°57'24,23484"	24,157	60,153676211	24,956731900

Postiosoite / Postadress

PL 2205 / PB 2205

00099 HELSINGIN KAUPUNKI /

00099 HELSINGFORS STAD

kmo@hel.fi

Käyntiosoite / Besöksadress

Kaupunkimittausosasto

Viipurinkatu 2 /

Viborgsgatan 2

www.hel.fi/kv/kmo

Puh. / Tfn (09) 310 31930

Fax (09) 310 31986

Y-tunnus 0201256-6