
Pieksämäen kaupunki, Euref-koordinaatistoon ja N2000 – korkeusjärjestelmään siirtyminen

Mittausten laadun tarkastus ja muunnoskertoimien laskenta

Kyösti Laamanen

2.0

4.10.2013



SISÄLTÖ

1	YLEISTÄ	2
2	GNSS – MITTAUKSET JA VERKKOTASOITUKSET	2
	2.1 Muunnosmenetelmä KKJ3 – koordinaatistosta ETRS-GK27 - koordinaatistoon.....	3
	2.2 Muunnoslaskenta	3
	2.3 Muunnosparametrit	3
3	N2000 - TARKKAVAAITUKSET	4
	3.1 Siirtokorjaus N43-N2000 keskustan alueella	4
	3.2 Siirtokorjaus N60 – N2000 entisen maalaiskunnan alueella.....	4
	3.3 Siirtokorjaus N60 – N2000 Jäppilän ja Virtasalmen alueilla	5
4	GEOIDIMALLIN LASKENTA	5
5	LIITTEET	6
	5.1 Helmert – muunnos	6
	5.2 N43 – N2000 siirtokorjaus keskustan alueella	7
	5.3 N60-N2000 siirtokorjaus entisen maalaiskunnan alueella	8

1 Yleistä

Pieksämäen kaupunki on päättänyt vaihtaa mittaustoimessa käytettävän tasokoordinaation vanhasta KKJ – järjestelmän kkj3 – tasokoordinaatistosta uuteen EUREF – FIN - järjestelmän mukaiseen ETRS – GK27 – tasokoordinaatistoon. Korkeusjärjestelmä on samassa yhteydessä päätetty vaihtaa uusimpaan valtakunnalliseen N2000 - järjestelmään.

Euref – uudistuksen vaatimat GNSS – satelliittimittaukset suoritettiin kesällä 2013 Tampereen Rajamerkki Oy:n toimesta ja N2000 – järjestelmä uudistuksen vaatimat tarkkavaaitukset Maanmittauslaitoksen toimesta.

Mittaukset perustuvat Sito Tietotekniikan laatimiin projektisuunnitelmiin, jotka oli tehty erikseen taso- ja korkeusjärjestelmän uusimista varten. Pieksämäen kaupunki tilasi laaduntarkastuksen ja muunnoskertoimien määrityksen Sito Tietotekniikka Oy:ltä syyskuussa 2013.

2 GNSS – mittaukset ja verkkotasoitukset

Havaintotyöt tehtiin kesäkuussa 2013. Laskentatulokset toimitettiin laaduntarkastukseen syyskuussa 2013. Aineisto sisälsi:

- mittausraportti
- silmukoiden sulkuvirhelaskenta vapaa/kytketty verkko
- verkkotasointus vapaa/kytketty verkko
- verkkopiirros
- koordinaattilistaus

Seuraavat aineistot eivät olleet saatavilla

- havaintodata RINEX – muodossa
- pistekohtaiset havaintopöytäkirjat

Mittaukset ja verkkotasointus on tehty projektisuunnitelman vaatimusten mukaan. Kiinteän verkon tasointuksen lopputulos täyttää vaaditun 10 ppm – tarkkuusvaatimuksen.

Verkossa on mukana kontrollipisteenä Pieksämäen VRS – piste, jolle lasketut koordinaatit poikkeavat julkaistuista 7 mm sekä pohjois- että itäkoordinaatissa ja 18 mm korkeudessa. Julkisen Hallinnon Suosituksissa JHS 184 (Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä) esitetty tarkkuusvaatimus 25 mm (taso) / 50 mm (korkeus) täyttyy hyvin.

2.1 Muunnosmenetelmä KKJ3 – koordinaatistosta ETRS-GK27 - koordinaatistoon

Pieksämäen vanha KKJ3 – tasokoordinaatisto ja uusi ETRS – GK27 – koordinaatisto perustuvat molemmat Gaus-Kruger – projektioon ja niillä on sama keskimeridiaani. Muunnos niiden välillä voidaan määrittää suoralla tasomuunnoksella joko käyttäen 4-parametrista Helmert – muunnosta tai 6 – parametrista affiinista muunnosta.

2.2 Muunnoslaskenta

Alustavassa muunnoslaskennassa voitiin tunnistaa 3 pistettä, joiden jäännösvirheet olivat useita kymmeniä settimetrejä ja joiden voidaan epäillä liikkuneen ajan kuluessa. Kyseiset keskustan alueella olevat pisteet (n:ot 601, 620 ja 9513) jätettiin pois lopullisesta laskennasta. Korvaavaksi pisteeksi pohjoisessa otettiin valtakunnallinen kolmiopiste 98M5303B.

Muunnos laskettiin sekä Helmert- että affiinisille kaavoille. Tulokset olivat:

Helmert – muunnos keskivirhe 0.018 m

Affiininen muunnos keskivirhe 0.017 m

Tulokset ovat käytännössä yhtä tarkkoja. Tässä tilanteessa on suositeltavampaa käyttää Helmert – muunnosta koska se ei muuta kuvioden muotoa ja pinta-alamuutokset ovat pienempiä.

Lopullisia Helmert – muunnoksen kertoimia laskettaessa testattiin myös keskustan ja Jäppilän pisteiden avulla laskettu yhteinen muunnos. Kyseisen 25 pisteellä lasketun muunnoksen keskivirhe oli 0.018 m ja pistekohtaiset jäännösvirheet pysyivät käytännössä samoina. Näin ollen Keskusta-Jäppilän paikkatietoaineistot voidaan muuntaa samoilla parametreilla, jotka on esitetty seuraavassa kappaleessa.

2.3 Keskustan – Jäppilän muunnosparametrit

Helmert - kaavat:

$$X = X_0 + A \cdot x - B \cdot y$$

$$Y = Y_0 + B \cdot x + A \cdot y$$

Parametrit KKJ3 -> ETRS-GK27:

$$X_0 = -122.38089975$$

$$Y_0 = 23999913.45654502$$

$$A = 0.999993963704$$

$$B = -0.000009136523$$

Parametrit ETRS-GK27 -> KKJ3:

$X_0 = 341.66011952$

$Y_0 = -24000058.32462610$

$A = 1.000006036240$

$B = 0.000009136634$

Huom ! On tärkeää, että parametrit tallennetaan täydellä tarkkuudella niitä käyttäviin järjestelmiin.

2.4 Virtasalmen alueen paikkatietoaineistojen muuntaminen

Virtasalmen alueella ei ollut kunnan omia vanhoja tasorunkopisteitä, joiden avulla muunnos KKJ3->ETRS-GK27 olisi voitu määrittää. Alueen paikkatiedot voidaan muuntaa JHS 153, liite 5:n mukaisella affiinisella kolmiomuunnoksella.

3 N2000 - tarkkavaaitukset

Maanmittauslaitos suoritti korkeusjärjestelmien välisten siirtokorjausten laskemisessa tarvittavat tarkkavaaitukset kesällä 2013. Vaaitukset perustuvat Sito:n tekemään projektisuunnitelmaan. Vaaitukseen otettiin tosin mukaan selvästi suunnitelmassa esitettyä enemmän kaupungin vanhoja korkeuskiintopisteitä joka lisäsi laskentatyötä mutta antoi myös lisäluotettavuutta etenkin N43-N2000 – siirtokorjauksen laskentaan.

Laitoksen suorittamissa vaaituksissa sulkuvirheen tarkkuustavoite ($10 \text{ mm} \times \sqrt{L}$ missä L on linjan pituus kilometreissä) täyttyy kaikilta osin.

Maanmittauslaitoksen 3 luokan N2000-vaaitusten laskenta Nenonpellon alueella ei ole vielä valmistunut ja ko. alueen korkeusjärjestelmätarkastelua ei siten voida vielä tehdä.

3.1 Siirtokorjaus N43-N2000 keskustan alueella

Korjaus laskettiin 57 korkeuskiintopisteen avulla. Siirtokorjaukseksi saadaan **+ 0.368 m**.

Laskennan keskihajonta on 0,0047 m. Laskennasta jätettiin pois 3 pistettä, joilla ero keskiarvosta poikkesi yli 1 cm. Kaikki jäljellä olevat erot keskiarvosta läpäisevät sigma 3 ja myös sigma 2,5 – testin.

3.2 Siirtokorjaus N60 – N2000 entisen maalaiskunnan alueella

Korjaus laskettiin 11 pisteen avulla. Siirtokorjaukseksi saadaan **+ 0.280 m**.

Laskennan keskihajonta on 0.0029 m. Yhtään pistettä ei hylätty. Kaikki erot läpäisevät sigma 3 ja myös sigma 2,5 – testin.

3.3 Siirtokorjaus Nenonpellon alueella

Korjaus laskettiin 3 maanmittauslaitoksen korkeuskiintopisteen avulla. Siirtokorjaukseksi saadaan **+ 0.283 m**. Laskennan keskihajonta on 0.0006 m. Yksi piste (865202) hylättiin, se poikkesi muista n. 4 cm. Havainnot ei ollut riittävästi sigma – testeihin.

3.4 Siirtokorjaus N60 – N2000 Jäppilän ja Virtasalmen alueilla

Siirtokorjaukset laskettiin projektisuunnitelman laatimisen yhteydessä.

Jäppilä: + 0.281 m

Virtasalmi: + 0.259 m

3.5 Paikkatietoaineistojen korkeuksien muuntaminen entisen maalaiskunnan ja Jäppilän alueilla

Paikkatietoaineistojen korkeuksia muunnettaessa voidaan entisen maalaiskunnan ja Jäppilän alueilla käyttää haluttaessa yhteistä siirtokorjausta **+0.280 m**.

4 Geoidimallin määrittäminen

Geoidimalleja käytetään nykyaikaisessa satelliittipaikannukseen perustuvassa mittaus-toiminnassa korkeuskoordinaatin määrittämisessä. Satelliittimittaus tuottaa ensisijaisesti korkeuksia koordinaattijärjestelmässä käytettävän vertausellipsoidein suhteen. Käytännön mittauksissa käytetään ns. ortometrisiä tai normaalikorkeuksia jotka ovat paikalliseen geoidipintaan sidotun korkeusjärjestelmän mukaisia. Muunnos ellipsoidi-korkeuksista normaalikorkeuksiksi tehdään geoidimallin avulla.

Koko Suomen alueelle on tuotettu Geodeettisen laitoksen toimesta geoidimalleja eri koordinaattijärjestelmien ellipsoidisten korkeuksien ortometrisiksi tai normaalikorkeuksiksi muuntamista varten.

Uusin geoidimalli FIN2005N00 on tarkoitettu EUREF-FIN – järjestelmässä mitattujen ellipsoidikorkeuksien muuntamiseen N2000 – korkeuksiksi.

Pieksämäen kaupunki käyttää päivittäisessä mittaus-toiminnassaan RTK - satelliittipaikannukseen perustuvaa VRS – mittausjärjestelmää. Mittauksen tukiasema sijaitsee kaupungin keskustassa paloaseman katolla.

VRS – järjestelmällä voidaan mitata suoraan kaupungin uudessa ETRS-GK27 - taso-koordinaatissa ja N2000 – korkeusjärjestelmässä olevia koordinaatteja. Järjestelmäs-sä käytetään FIN2005N00 – geoidimallia.

Tehtyjen GNSS – mittausten ja tarkkavaaitusten avulla kaupungin alueelle saatiin yh-deksälle pisteelle sekä ellipsoidiset korkeudet että vaaitut normaalikorkeudet. Näitä verrattiin FIN2005N00 – geoidimalliin. Tuloksena on, että nyt mitattujen ja geoidimal-lin tuottamien korkeudet eroavat toisistaan keskiarvoisesti n. 3 cm ja erojen keskiha-jonta on +/- 3 cm. Tulosta voidaan pitää hyvänä staattisella GNSS – menetelmällä tuotettuna ja Geodeettisen laitoksen FIN2005N00 – malli toimii hyvin alueella.

Kaupungin käytämän VRS – mittauskaluston tuottama tarkkuus testattiin soveltamalla uusien JHS 184 (Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä) - suos-i-tusten mukaista mittausjärjestelyä. Mittaus tehtiin neljällä kiintopisteellä, joilla vaaittu N2000n – korkeus. Yksi pisteistä (39075) oli valtakunnallinen 1. luokan taso- ja kor-keuskiintopiste.

Lopputulokset osoittavat, että käytetyllä mittausjärjestelyllä saadaan tuloksia, jotka poikkeavat staattisesta mittauksesta ja vaaituksesta sekä tasossa että korkeudessa enintään 16 mm. Korkeuden määrittämisessä voitiin tässä mittauksessa havaita + 13

mm systemaattinen ero verrattuna vaattuihin korkeuksiin. Johtopäätös on, että FIN2005N00 – malli toimii VRS - järjestelmässä ja kyseistä mittauskalustoa käyttäen erittäin hyvin ja tuottaa RTK - satelliittimittauksen ääri rajoilla olevia tarkkuuksia. Eri vastaanotinten yksilölliset erot tuottavat tyypillisesti suuremman hajonnan kuin nyt käytetyn yhden vastaanottimen antama systemaattinen ero. Erillistä paikallista geoidimallia ei kaupungin alueella näin ollen tarvita.

5 Liitteet

5.1 Helmert – muunnos

```

Helmert muunnos
Pisteitä
  25
Keskivirhe
  xy  0.017985
  z   0.000000
Kertoimet
  A   0.9999939637
  B  -0.0000091365
Siirtoparametrit
-122.381, 23999913.457, 0.000
Mittakaava
  0.99999396
Kiertokulma
-0.00058165
Käytetyt pisteet ja jäännösvirheet

```

pno	X	Y	Z	vX	vY
98M53038	6918178.776	27505924.014	0.000	0.008	-0.014
254	6906707.391	27506836.471	0.000	0.023	0.023
351	6911654.936	27505732.906	0.000	-0.023	0.007
412	6909083.818	27510550.810	0.000	-0.001	-0.009
600	6907907.905	27506607.674	0.000	0.009	0.008
1074	6912266.905	27505846.786	0.000	0.003	0.016
1092	6908514.249	27507122.588	0.000	0.016	-0.008
1094	6909309.664	27507171.774	0.000	-0.011	-0.001
1110	6909953.278	27507637.516	0.000	0.018	0.022
1111	6910508.327	27507374.335	0.000	-0.007	-0.015
1140	6909630.780	27506569.644	0.000	-0.027	-0.002
1172	6910653.451	27506235.054	0.000	-0.008	0.009
1502	6909560.718	27509677.433	0.000	0.014	0.012
1504	6909947.262	27510505.072	0.000	-0.004	0.010
1509	6911868.730	27513133.222	0.000	0.001	-0.009
1711	6912044.490	27509908.554	0.000	-0.012	-0.008
1720	6911375.429	27508589.941	0.000	-0.015	-0.002
8638	6919593.014	27522296.052	0.000	0.013	0.007
9007	6909183.871	27501461.574	0.000	-0.010	-0.008
9516	6911001.638	27509575.930	0.000	0.037	-0.048
98M5320	6921298.913	27523467.493	0.000	0.001	-0.003
86M1058	6917787.196	27523267.966	0.000	-0.033	-0.012
E201011	6919660.522	27521130.499	0.000	0.029	-0.019
E1060	6919116.734	27521995.110	0.000	-0.033	0.037
8638	6919593.014	27522296.052	0.000	0.013	0.007

5.2 N43 – N2000 siirtokorjaus keskustan alueella

N:o	N	E	N43	N2000	ero	ero ka	sigma2,5 po <1	
	824	6909444,6	510315	129,116	129,4866	0,3706	0,003	0,2
52101	6909000,7	509320	125,582	125,95413	0,3721	0,004	0,4	
83216	6908439,4	511510	125,193	125,55727	0,3643	-0,004	0,3	
83215	6908654,9	510634	123,392	123,76467	0,3727	0,005	0,4	
8440	6907978,9	510146	131,836	132,201	0,3650	-0,003	0,2	
8434	6906607,9	509498	132,414	132,7798	0,3658	-0,002	0,2	
83113	6906279,4	505303	129,200	129,57058	0,3706	0,003	0,2	
596	6908513,7	508736	122,181	122,54628	0,3656	-0,002	0,2	
69025	6907882,9	508698,98	121,465	121,83582	0,3708	0,003	0,3	
60015	6905350,3	508735	136,8738	137,24171	0,3679	0,000	0,0	
62059	6910711,8	509262	120,892	121,25793	0,3659	-0,002	0,2	
657141	6909702,7	511612	133,0922	133,4649	0,3727	0,005	0,4	
83112	6906826	508472	125,495	125,86586	0,3709	0,003	0,3	
83214	6908790,4	510230	121,892	122,26469	0,3727	0,005	0,4	
8428	6909783	3506108	123,455	123,8203	0,3653	-0,003	0,2	
7935	6909751	3506452	122,708	123,0696	0,3616	-0,006	0,5	
7936	6910009	3506430	123,580	123,9396	0,3596	-0,008	0,7	
7939	6910067	3506562	131,568	131,9304	0,3624	-0,005	0,5	
5808	6909949	3507094	144,961	145,3287	0,3677	0,000	0,0	
6402	6910222	3507133	136,571	136,9451	0,3741	0,006	0,5	
6542	6910222	3507133	134,379	134,7418	0,3628	-0,005	0,4	
7001	6910251	3507714	123,404	123,7625	0,3585	-0,009	0,8	
7809	6911139	3506844	125,766	126,1294	0,3634	-0,004	0,4	
7801	6911013	3506673	131,813	132,1774	0,3644	-0,003	0,3	
7904	6910691	3507228	123,962	124,3259	0,3639	-0,004	0,3	
5205	6910985	3507673	121,0425	121,4113	0,3688	0,001	0,1	
6508	6910695	3507683	120,400	120,7625	0,3625	-0,005	0,5	
656481	6911988	3506087	139,2022	139,5746	0,3724	0,005	0,4	
8726	6911665	3506216	139,808	140,1778	0,3698	0,002	0,2	
8725	6911289	3506459	137,336	137,7073	0,3713	0,003	0,3	
8429	6911324	3506212	147,3345	147,706	0,3715	0,004	0,3	
7808	691142	3506697	125,067	125,4352	0,3682	0,000	0,0	
8721	6910960	3506194	127,557	127,9293	0,3723	0,004	0,4	
6524	6909849	3507268	141,752	142,1222	0,3702	0,002	0,2	
7304	6909541	3507106	133,958	134,3296	0,3716	0,004	0,3	
6810	6908440	3507850	133,219	133,5788	0,3598	-0,008	0,7	
7001	6910251	3507714	123,404	123,7625	0,3585	-0,009	0,8	
8603	6910170	3508563	123,335	123,7074	0,3724	0,005	0,4	
5203	6910373	3508099	121,6814	122,0475	0,3661	-0,002	0,2	
5301	6910593	3508431	122,448	122,8233	0,3753	0,007	0,6	
5316	6910448	3508552	122,27	122,6359	0,3659	-0,002	0,2	
6527	6911827	3508756	121,472	121,8486	0,3766	0,009	0,7	
5801	6910997	3508719	121,773	122,1362	0,3632	-0,005	0,4	

8434	6909504	3509672	132,414	132,7798	0,3658	-0,002	0,2
5812	6910234	3509209	123,036	123,399	0,3630	-0,005	0,4
7922	6910227	3509569	130,065	130,4256	0,3606	-0,007	0,6
7923	6909737	3509539	130,276	130,6373	0,3613	-0,007	0,6
5818	6911004	3509421	125,354	125,7236	0,3696	0,002	0,1
5211	6911220	3509417	127,7585	128,1308	0,3723	0,004	0,4
6537	6911308	3509107	122,562	122,9307	0,3687	0,001	0,1
5811	6910436	3509423	124,409	124,7789	0,3699	0,002	0,2
5425	6911095	3508935	122,322	122,6939	0,3719	0,004	0,3
52101	6911898	3509494	125,582	125,9541	0,3721	0,004	0,4
8401	6912090	3508730	122,2162	122,5852	0,3690	0,001	0,1
8437	6913849	3507666	121,5789	121,9531	0,3742	0,006	0,5
8436	6913272	3508749	120,0764	120,4464	0,3700	0,002	0,2
8413	6913705	3509310	122,6644	123,0382	0,3738	0,006	0,5
				ka	0,3679		
				kh	0,0047		

5.3 N60-N2000 siirtokorjaus entisen maalaiskunnan alueella

N:o	N	E	N60	N2000	Ero	Ero ka	sigma2,5 po <1
39077	6907094,4	499184	130,273	130,55952	0,287	-0,0062	0,9
39078	6905753,9	502388	117,877	118,15421	0,277	0,0031	0,4
582749	6900068,4	496941	111,699	111,9789	0,280	0,0004	0,1
582750	6900921,1	498094	112,481	112,7603	0,279	0,0010	0,1
582752	6903215	501528	116,241	116,5193	0,278	0,0020	0,3
582753	6904865	502280	118,147	118,4262	0,279	0,0011	0,2
83111	6906366,7	500638	121,676	121,95965	0,284	-0,0033	0,5
97M2751	6901852,9	500322	117,117	117,3956	0,279	0,0017	0,2
39079	6905851,4	504519	126,261	126,53935	0,278	0,0020	0,3
865191	6910105	3503673	131,974	132,2532	0,279	0,0011	0,2
865192	6911357	3503057	132,154	132,4374	0,283	-0,0031	0,4
				ka	0,2803		
				kh	0,0029		

5.4 N60-N2000 siirtokorjaus Nenonpellon alueella

N:o	N	E	N60	N2000	Ero	
656502	6916073	506330	123,173	123,456	0,283	
865203	6915496	505932	142,698	142,981	0,283	
98M5303B	6915411	505921	141,306	141,588	0,282	
				ka	0,283	
				kh	0,0006	
865202	6913975	505444	142,672	142,995	0,323	Hylätty