

SUOMEN NYKYISET GEOIDIMALLIT – TAUSTA JA TARKKUUS –

Mirjam Bilker-Koivula

Geodeettinen laitos, Geodesian ja geodynamiikan osasto
Mirjam.Bilker@fgi.fi

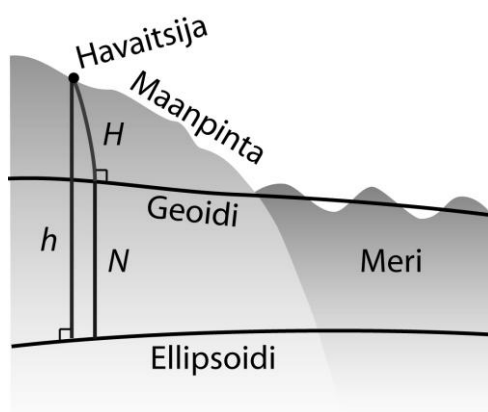
TIIVISTELMÄ

Muunnettaessa GPS:lla mitattuja EUREF-FIN -korkeuksia vaaituskorkeuksiksi, tarvitaan geoidimallia. Suomessa on käytössä kaksi mallia: FIN2000, jolla EUREF-FIN -korkeuksia voidaan muuntaa N60-korkeuksiksi ja FIN2005N00, jolla EUREF-FIN -korkeuksia voidaan muuntaa N2000-korkeuksiksi. FIN2000-malli perustuu NKG96 -geoidimalliin, johon laskettiin 156 GPS/vaaituspisteiden avulla korjauspinta. Mallin tarkkuus on 3 cm. FIN2005N00-mallin pohjana on NKG2004-geoidimalli, johon laskettiin korjauspinta 50 EUVN-DA pisteen avulla. Mallin tarkkuus on 2 cm.

Avainsanat: geoidimalli, FIN2000, FIN2005N00, tarkkuus

1 JOHDANTO

Geoidimallit ovat viime vuosikymmenien aikana saaneet yhä tärkeämmän roolin maanmittauksessa. Syynä on GPS-satelliittipaikannus, joka yhä enemmän korvaa perinteisiä maanmittausmenetelmiä kuten vaaitusta. GPS mittaa korkeuksia ellipsoidipinnan suhteen, toisin kuin vaaitus josta saadaan korkeuksia keskimerenpinnan suhteen kansallisessa korkeusjärjestelmässä. Jos halutaan muuntaa korkeuksia näiden järjestelmien välillä tarvitaan geoidimalli, joka kuvaa geoidin ja ellipsoidin väliset etäisyydet (Kuva 1). Suomessa GPS-korkeudet ovat EUREF-FIN -järjestelmässä ja vaaituskorkeudet N60- tai uudessa N2000-korkeusjärjestelmässä.



Kuva 1. GPS:lla mitattu ellipsoidikorkeus (h), korkeus merenpinnasta (H), ja geoidikorkeus (N).

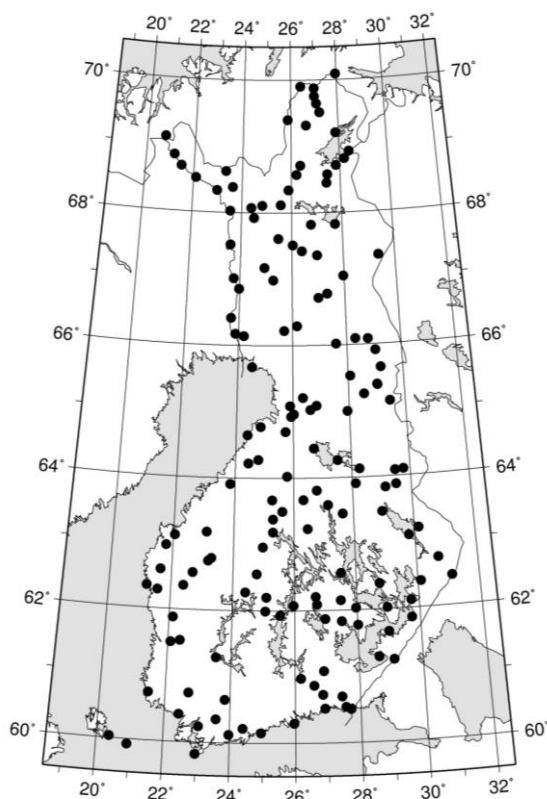
GPS-vaaitukseen on käytössä kaksi geoidimallia: FIN2000-malli, jolla EUREF-FIN -korkeuksia voidaan muuntaa N60-korkeuksiksi, ja FIN2005N00-malli, jolla EUREF-FIN

-korkeuksia voidaan muuntaa N2000-korkeuksiksi. Seuraavissa luvuissa esitetään miten mallit kehitettiin ja millä tarkkuudella korkeusmuunnoksia voidaan mallien avulla tehdä.

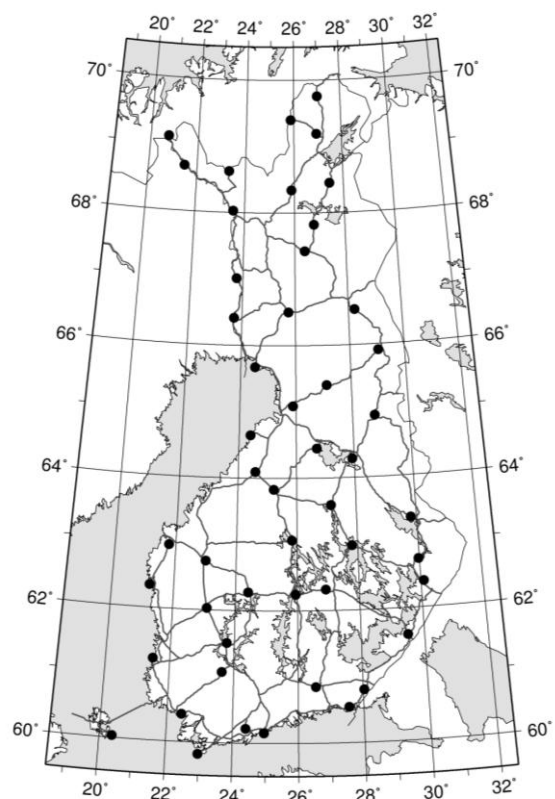
2 FIN2000-GEOIDIMALLI

FIN2000-geoidimalli perustuu NKG96-geoidimalliin. Pohjoismaiden kattava NKG96-geoidimalli on laskettu pohjoismaisen geodeettisen komission geoidityöryhmässä. Malliin käytettiin Pohjoismaiden, Baltian maiden ja Venäjän alueella tehtyjä painovoimahavaintoja ja globaalia EGM96-painovoimamallia. Yli 300:n GPS-vaaituspisteen avulla on todettu, että NKG96-geoidimallin tarkkuus on 10 cm:n luokkaa (Forsberg et al., 1996). NKG-96-mallin geoidikorkeuksien ja GPS-vaaituspisteiden avulla laskettujen geoidikorkeuksien erojen RMS on Suomessa 12 cm ja trendin poistamisen jälkeen 6 cm (Bilker et al., 2003).

NKG96-malli sovittiin Suomen N60-korkeusjärjestelmään käyttämällä 156 vuosina 1996-99 mitattua GPS-pistettä (kuva 2), joiden vaaitut korkeudet tunnetaan N60-järjestelmässä. Pisteiden korkeuksista lasketujen geoidikorkeuksien ja NKG96-mallista saatujen geoidikorkeuksien välisiin erotuksiin sovitettiin neljännen asteen polynomipinta, jolla korjattiin NKG96-mallia. Lopputulos on FIN2000-geoidimalli, jolla EUREF-FIN -korkeudet voidaan muuntaa N60-korkeuksiksi. Polynomisovituksen jäännösvirheiden avulla määritetty tarkkuus on 2,8 cm ja suurimmat muunnosvirheet ovat 8-9 cm (Ollikainen, 2002).



Kuva 2. FIN2000-geoidimallin laskemiseen käytetyt GPS/vaaituspisteet.



Kuva 3. FIN2005N00-geoidimallin laskemiseen käytetyt EUVN-DA GPS/vaaituspisteet ja Suomen kolmas tarkkavaaitusverkko.

3 FIN2005N00-GEOIDIMALLI

Kun uusi N2000-korkeusjärjestelmä valmistui, tuli tarve kehittää uusi geoidimalli, jolla EUREF-FIN -korkeuksia voitaisi muuntaa N2000-korkeuksiin. Samaan aikaan valmistui uusi pohjoismainen geoidimalli, NKG2004. Käytävissä oli myös uudet EUVN-DA -GPS/vaaituspisteet. Uusi FIN2005N00-geoidimalli laskettiin NKG2004-mallin ja EUVN-DA -pisteiden avulla.

NKG2004-geoidimallin laskemiseen oli käytetty paljon uutta dataa: uutta painovoimadataa Ruotsista ja Norjasta, ilmagravimetrian havaintoja Itämerellä, Baltian maiden dataa, uutta Venäjän dataa ja uusittu korkeusmalli. Mallin pohjana käytettiin GRACE-painovoimasatelliittien havainnoista laskettua globaalia GGM02S-painovoimamallia, yhdessä EGM96-mallin kanssa. Suomessa GPS-väätuspisteiden avulla laskettu tarkkuus on 5 cm ja trendin poistamisen jälkeen 3 cm.

EUVN-DA -GPS/väätusaineisto koostuu 50:stä pisteestä (Ollikainen, 2006). Näistä 10 pistettä oli mitattu vuonna 1997 ensimmäisessä EUVN (European Vertical Network) -kampanjassa. 10 pistettä oli mitattu vuonna 1996-1997 EUREF-FIN -kampanjassa. Loput 30 pistettä mitattiin kesällä 2005 EUVN-DA (EUVN densification act) kampanjan osana. Kaikki pisteet ovat tarkkaväätuspisteitä tai uusia pisteitä, jotka väätitiin ennen GPS-kampanjaa ja niillä on sekä N60- että N2000-korkeudet. Geoidisovitusta varten EUVN-DA:n lopulliset GPS-koordinaatit muunnettiin niin, että ne olivat EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmässä.

Uuden geoidimallin laskemiseksi otettiin eroja NKG2004-geoidimallista laskettujen geoidikorkeuksien ja GPS/väätus-datasta laskettujen geoidikorkeuksien välillä. Erojen läpi sovitettiin korjauspinta pienimmän neliösumman kollokaatiomenetelmällä (Moritz, 1989). Lopputulos oli sileä korjauspinta, jonka jäännösvirheiden minimi, maksimi ja keskihajonta olivat -2.8 cm, 3.4 cm, ja 1.1 cm. Korjauspinnan todellinen tarkkuus laskettiin ristiinvalidoinnin avulla. Tarkkuus osoittautui olevan 1.9 cm (keskihajonta) kun taas minimi ja maksimi erot olivat -4.7 cm ja 6.0 cm

Korjauspinta lisättiin NKG2004-geoidimalliin, ja lopputulos oli uusi FIN2005N00-geoidimalli (kuva 4). FIN2005N00-geoidimallilla EUREF-FIN -korkeudet voidaan muuntaa N2000-korkeuksiksi.

4 YHTEENVETO

Suomessa on käytössä kaksi geoidimallia: FIN2000 ja FIN2005N00. FIN2000-geoidimallilla voidaan muuntaa EUREF-FIN -korkeuksia N60-korkeuksiksi. Mallin tarkkuus on 3 cm ja suurimmat muunnosvirheet ovat 8-9 cm. FIN2005N00-geoidimalli on uusin malli ja sillä voidaan muuntaa EUREF-FIN -korkeuksia N2000-korkeuksiksi. Mallin tarkkuus on 2 cm ja suurimmat muunnosvirheet voivat olla 6 cm.

Lähdeluettelo

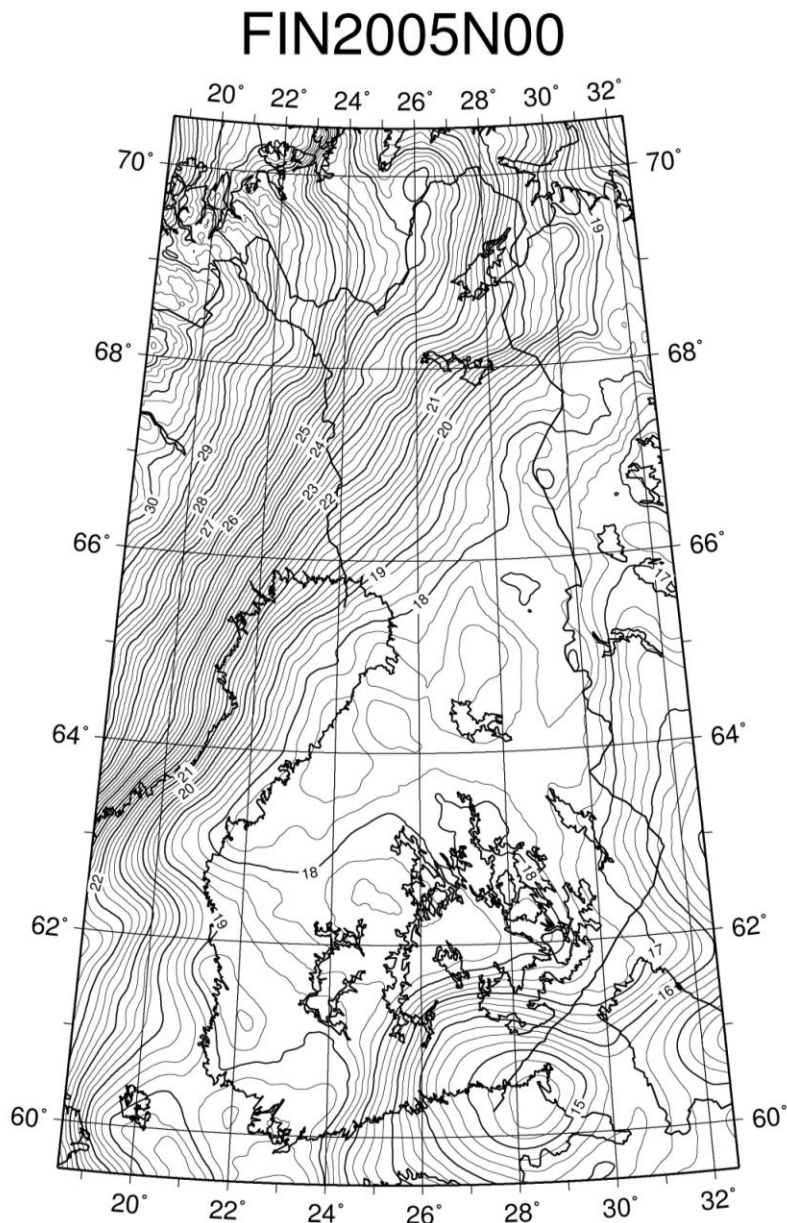
Bilker, M., M. Ollikainen and M. Poutanen (2003): Evaluation of Geoid Models with GPS/Levelling Points in Sweden and Finland. In: C. Reigber, H. Lühr, P. Schwintzer (Eds.), First CHAMP Mission Results for Gravity, Magnetic and Atmospheric Studies, 1st CHAMP Science Meeting, 21-24 January, 2002, Potsdam, Germany. Berlin: Springer, 2003.

Forsberg, R., J. Kaminskis and D. Solheim (1996): Geoid of the Nordic and Baltic Region from gravimetry and satellite altimetry. In: Segawa J., H. Fujimoto and S. Okubu (eds.), Gravity, geoid and marine geodesy, IAG Symposium Series 117. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 540-547.

Moritz, H. (1989): Advanced Physical Geodesy, 2. ed., H. Wichmann Verlag, Karlsruhe, 500 s., ISBN 3-87907-195-0.

Ollikainen, M. (2002): The Finnish geoid model FIN2000. In: Poutanen, M and H. Suurmäki (Eds.), Proceedings of the XIV General Meeting of the Nordic Geodetic Commission, Oct. 1-5, 2002, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, s. 111-116.

Ollikainen, M. (2006): The EUVN_DA campaign in Finland. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisu, 135, s. 39.



Kuva 4. FIN2005N00-geoidimalli.