

Suomen uusi korkeusjärjestelmä N2000

Suomeen on luotu uusi korkeusjärjestelmä. Mitä uusi järjestelmä merkitsee käyttäjän kannalta vai onko se vain yksi uusi järjestelmä monenkirjavien korkeusjärjestelmien joukkoon?

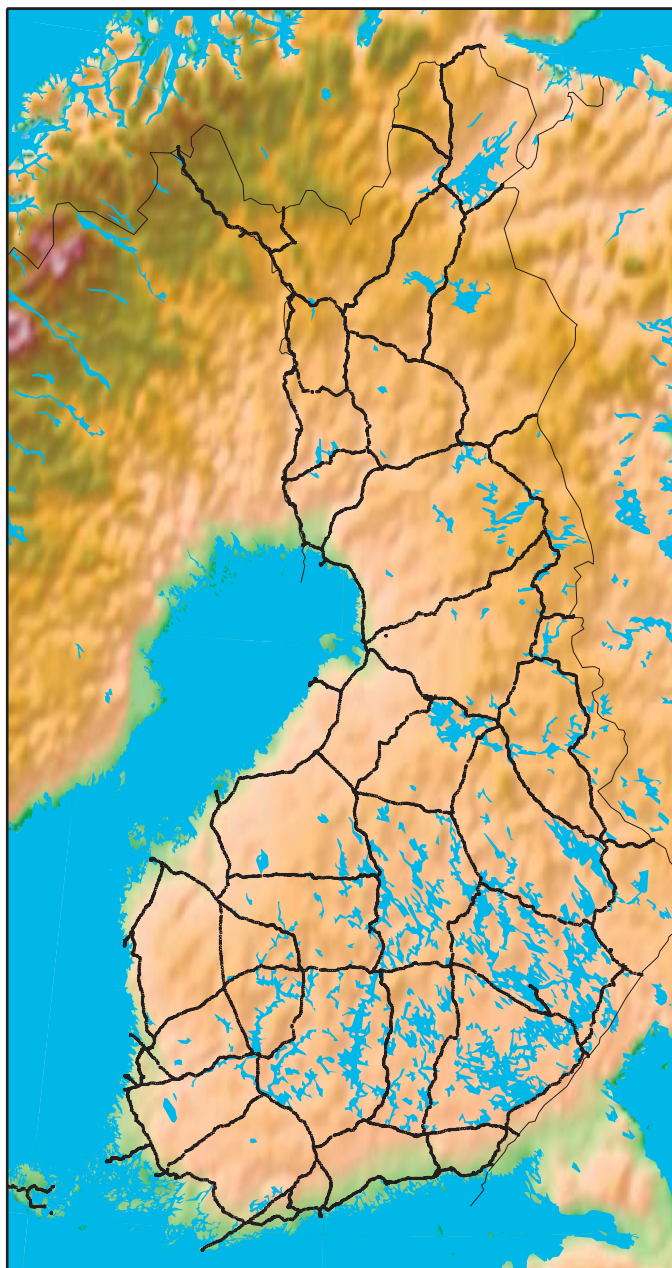
Kolmas valtakunnallinen tarkkavaaitus valmistui tänä syksynä, kun viimeinenkin sidos Venäjälle saatiin mitattua. Nykyinen N60-korkeusjärjestelmä perustuu toiseen valtakunnalliseen tarkkavaaitukseen, jonka perusteella korkeudet on laskettu vuoden 1960 mukaisina. Maannousun seurauksena nykyhetken todelliset korkeudet poikkeavat vuoden 1960 mukaisista N60-järjestelmän korkeuksista jopa 40 cm. Kolmas vaaitus antaa mahdollisuuden hyödyntää uutta havaintoaineistoa Suomen alueen korkeussuhteista. Uusi N2000-korkeusjärjestelmä tuo ajantasaistetun aineiston myös käyttäjien ulottuville.

Maa- ja metsätalousministeriö valtuutti vuoden 2004 alussa Geodeettisen laitoksen kutsumaan työryhmän valmistelemaan uuden valtakunnallisen korkeusjärjestelmän luontia. Työryhmän tehtävänä oli kartoittaa eri käyttäjäryhmien tarpeet ja vaatimukset. Työryhmä jätti mietintönsä joulukuussa 2004 ja uusi korkeusjärjestelmä on tuossa mietinnössä kaavailun mukainen. Se noudattelee yleiseurooppalaisen korkeusjärjestelmän periaatteita.

Kolme valtakunnallista vaaitusta

Suomen ensimmäinen valtakunnallinen korkeusjärjestelmä NN on käytössä

**Kolmannen tarkkavaaituksen
linjaston pituus on yli 9 000
km ja kiintopisteitä on noin
6 000.**



paitsi joissakin kunnissa myös esimerkiksi vanhoissa, mutta voimassa olevissa vesioikeuden päätöksissä, joillakin ympäristökeskuksen vedenkorkeusasemilla ja sisävesialueiden väylätiedoissa.

Järjestelmä perustuu Tie- ja vesirakennusten ylihallituksen tekemään Suomen Ensimmäiseen tarkkavaaitukseen (1892–1910). Vaaitusverkko kattoi vain maan eteläisen osan Kajaani–Oulu-linjan tasalle.

Järjestelmän lähtötasona oli Helsingin Katajanokan siltaan kiinnitetyn vesiasteikon nollepiste. Järjestelmässä ei ollut mahdollista ottaa huomioon mittauksen aikana tapahtunutta maannousua. Kiintopisteiden väliset korkeuserot vastaavat likimain tilannetta vaaituksen keskiketkellä eli vuoden 1900 tienoilla.

Korkeusjärjestelmän ajantasaistamiseksi ja sen ulottamiseksi koko maahan Geodeettinen laitos aloitti Toisen tarkkavaaituksen vuonna 1935. Vuosina 1935–1955 mitattiin Ensimmäisen vaaituksen kanssa yhteinen verkko sekä muutamia uusia linjoja Aavasaksa–Rovaniemi–Kemijärvi-linjalle saakka.

Toisen tarkkavaaituksen edetessä luotiin tilapäiseksi tarkoitettu korkeusjärjestelmä N43. Verkon korkeuserot vastasivat likimäärin tilannetta vaaituksen keskiketkellä, mutta mittauksen aikana tapahtunutta maannousua ole otettu huomioon. Järjes-



Kolmannen tarkkavaaituksen viimeinen kone-asema Lieksan asemalla. Kuva Pekka Lehmuskoski.

telmä on yhä edelleen käytössä useissa kunnissa.

Lapin tarkkavaaitus tehtiin kahdessa osassa 1953–1962 ja 1971–1972. Kahdella mittauksella pyrittiin määrittämään maannousu myös niillä alueilla, jonne Ensimmäinen vaaitus ei ulottunut. Lisäksi tehtiin uusintamittaus Kemistä Karigasniemelle v. 1973–1975. Mitatut korkeudet julkaistiin tilapäisessä korkeusjärjestelmässä LN (Lapin nolla). Arvot ovat lähellä N60-korkeuksia.

Nykyinen N60-korkeusjärjestelmä luotiin tasoittamalla Toisen tarkkavaaituksen vaaitusverkko geopotentialilukuja käyttäen. Maannousu voitiin laskea niillä alueilla, jotka olivat yhteisiä Ensimmäisessä ja Toisessa vaaituksessa ja näitä maannousulukuja käyttäen laskettiin kiintopisteiden korkeuserot vuoteen 1960. Myöhemmin saatiin käyttöön myös Lapin maannousuluvut. N60-järjestelmän lähtökorkeudeksi

valittiin Helsingin mareografin vuosien 1935–1954 havainnoista laskettu Helsingin keskivedenpinta vuonna 1960.

Tällä hetkellä N60 on maassamme yleisimmin käytössä oleva korkeusjärjestelmä. Sitä käyttävät esimerkiksi valtakunnalliset organisaatiot Geodeettinen laitos, Geologian tutkimuskeskus, Maanmittauslaitos, Merentutkimuslaitos, Ratahallintokeskus, Tiehallinto ja Topografikunta.

Edellisten järjestelmien lisäksi kunnissa on käytössä myös omia järjestelmiä ja joissakin tapauksissa kuntaliitoksen seurauksena yhden kunnan alueella voi olla käytössä useampia järjestelmiä. Yli 50 kunnassa on käytössä jokin muu kuin N60-järjestelmä.

Suomen kolmas tarkkavaaitus aloitettiin vuonna 1978 ja viimeiset linjat mitattiin Ahvenanmaalla syksyllä 2004. Vuoden 2006 syksyllä mitattiin vielä yksi puuttuva liitos Venäjän rajalle.

Linjojen yhteispituus on n. 9 000 km ja kiintopisteitä on yli 6 000. Geodeettisen laitoksen luoma uusi N2000-järjestelmä perustuu kolmanteen vaaitukseen, mutta järjestelmässä on otettu huomioon myös eurooppalainen näkökulma.

Eurooppalaiset korkeusjärjestelmät

Kansainvälisen Geodeettisen Assosiaation (IAG) eurooppalaisten koordinaattijärjestelmien alakomissio EUREF ja sen edeltäjät ovat suorittaneet useita Euroopan tarkkavaaitusverkkojen yhteistasoituksia, esimerkiksi UELN-95/98. Niitä on käytetty lähinnä tieteellisiin tarkoituksiin.

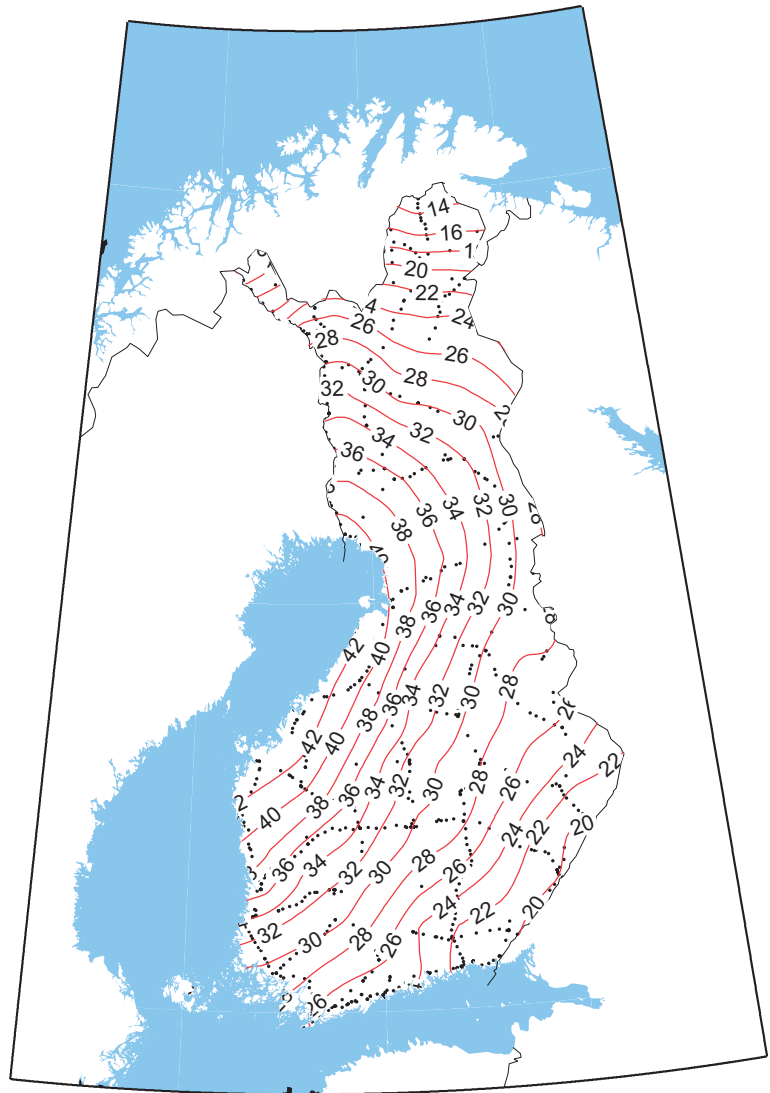
Eurooppalaisen paikkatiedon yhteiskäytön edistäminen on ollut 1990-luvulta alkaen monien hankkeiden päämääränä. Tavoitteena on luoda yhteiset eurooppalaiset koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. EUREF-komission Tromssan kokouksen päätöslauselma vuodelta 2000 määritteli EVRS2000-korkeusjärjestelmän (*European Vertical Reference System*). EUREFin tekninen työryhmä on myöhemmin vielä tarkentanut määritelmää ja sen käytännön toteutusta.

Samanaikaisesti on Euroopan komission INSPIRE-aloitetta kehitelty työryhmissä, ja vuonna 2004 komissio esitti direktiiviehdotuksensa. Siihen on sen jälkeen tehty kansallisia kommentteja ja täsmennyksiä, ja direktiivi on odotettavissa lähiaikoina. Direktiivi ei pyri kansallisten järjestelmien yhtenäistämiseen, mutta edellyttää, että ympäristöön liittyvät paikkatietoaineistot ovat saatavissa yhteisessä eurooppalaisessa järjestelmässä.

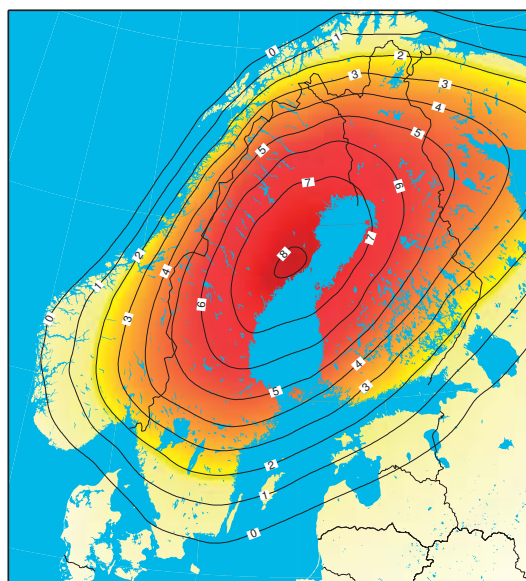
Kuinka korkeusjärjestelmä tehdään

Vesi virtaa aina alamäkeen. Kuulostaa itsestäänselvyydeltä, mutta sen huomioonottaminen korkeusjärjestelmää tehtäessä ei ole helppoa. Vaaituksella saadaan selville kahden kiintopisteen välinen potentiaaliero. Tällöin tiedetään kumpaan suuntaan vesi virtaa. Potentiaalieron muuttaminen metreinä ilmaistuksi korkeuseroksi voidaan tehdä usealla eri tavalla. Tässä prosessissa tieto veden virtaussuunnasta saattaa hämärtyä jos korkeusero on hyvin pieni. Käytännön elämässä ongelmaa ei yleensä ole.

GPS-korkeudenmäärittäminen on yleistynyt nopeasti. GPS mittaa etäisyyksiä Maan keskipisteestä. Etäisyys voidaan muuttaa korkeudeksi Maata likimain kuvaavasta vertausellipsoidista, mutta GPS ei tiedä veden virtaussuunnasta mitään. Niinpä esimerkiksi Haminassa meren pinta on



N60- ja N2000-järjestelmien välinen likimääräinen ero senttimetreinä. Kuva Veikko Saaranen, Geodeettinen laitos.



N2000-korkeusjärjestelmän luonnissa käytetty pohjoismainen maannousumalli. Käyrät kuvaavat maannousun nopeutta merenpinnan suhteen, yksikkö mm/vuodessa.

nelisen metriä lähempänä Maan keskipistettä kuin Helsingissä. Vaaitus kuitenkin antaa oikean tuloksen: Haminassa ja Helsingissä meren pinta on likimain samalla korkeudella. GPS-korkeuksien muuttamiseksi valtakunnan korkeusjärjestelmään tarvitaankin merenpinnan muotoa kuvaava malli, geoidi. Se voidaan laskea painovoimahavaintojen avulla myös mannerten kohdalla.

Geoidi on vaaituksen käyttämä vertauspinta ja korkeusjärjestelmä määrittelee kiintopisteen korkeuden tuosta vertauspinnasta. Geoidin korkeus sovitaan niin että se kuvaa lähtöpisteessä keskimääräistä merenpintaa; siksi usein käytetäänkin termiä ”korkeus merenpinnasta”. Suomen tähänastiset valtakunnalliset korkeusjärjestelmät on sidottu Helsingin keskivedenpintaan.

N2000-järjestelmän lähtötasoksi ei enää otettu Helsingin keskiveden tasoa, vaan se sidottiin eurooppalaisen korkeusjärjestelmään niin hyvin kuin se nykyisen realisaation puitteissa on mahdollista. Lähtötasona on Amsterdamin nollapiste (Normaal Amsterdam Peil, NAP), joka on mm. eurooppalaisen UELN-tasoituksen lähtöpisteenä.

Parhaan mahdollisen sidoksen saamiseksi tehtiin pohjoismaisena yhteistyönä vaaitusverkkojen yhteistasoitus. Alue kattoi Pohjoismaiden lisäksi Baltian maat, Pohjois-Puolan ja Pohjois-Saksan ja Koillis-Hollannin. Tasoituksen tuloksena Metsähovin observatoriossa olevalle kiintopisteelle saatiin geopotentialiluku, joka otettiin kansallisen järjestelmän lähtöpisteeksi.

Maannouskorjauksella on Suomessa kaikkein suurin vaikutus korkeuslukkemiin. Koska N60:n nollahetkestä on kulunut jo yli 40 vuotta, muuttaa maannousu korkeuslukuja 10–40 cm. Pohjoismaisen Geodeettisen Komission (NKG) työryhmässä oli sovittu yhteisestä tavasta maannousun laskemiseksi. Niinpä uudessa järjestelmässä maannousu lasketaan vuoden 2000 tilanteen mukaisesti. Tällä on ollut jo erinomainen käytännön sovellus: Suomen ja Ruotsin uudet kansalliset korkeusjärjestelmät ovat yhteensopivia muutaman millimetrin tarkkuudella.

Kaikki muut korjaukset ovat paljon vähäisempiä, vaikka periaatteeltaan ne poikkeavat N60:n laskennassa käytetyistä. Tällainen on mm. menetelmä jolla geopotentialierot muunnetaan metreinä ilmaistuksi korkeuseroiksi. Muunnoksessa tarvitaan tieto mittauspisteen painovoimasta. Kyse on siitä, käytetäänkö muunnoksessa todellista mitattua painovoimaa ja maankamaran tiheyttä, vai laskennallista,

mallista saatavaa arvoa.

Eurooppalaisessa korkeusjärjestelmien realisaatiossa käytetään normaalikorkeuksia, joka on siis valittu myös N2000:n korkeuden tyypiksi. Normaalikorkeus määritetään käyttämällä matemaattisesti laskettua painovoimaa, joten todellisia mitattuja painovoima-arvoja ei tarvita. Nykyinen N60-järjestelmä on ortometrisen korkeusjärjestelmä, jossa korkeudet on laskettu todellisia painovoima-arvoja käyttäen.

Todelliset painovoima-arvot vaihtelevat maankamaran tiheyden mukaisesti, joten ortometrisen korkeus kuvaa parhaiten intuitiota ”korkeus merenpinnasta”. Normaalikorkeus poikkeaa tästä hieman, mutta ero ei kuitenkaan ole merkittävä. Suomen alueella ortometristen korkeuksien ja normaalikorkeuksien ero on korkeintaan 8 cm, ja suurimmassa osassa maata alle 2 cm. Rannalla molemmat korkeudet ovat samoja.

Auringon ja Kuun aiheuttamat vuorovesivoimat muuttavat Maan muotoa. N60:ssa ja N2000:ssa vaikutus otetaan eri tavalla huomioon. Tämä aiheuttaa systemaattisen pohjois-etelä-suuntaisen kallistuksen, joka Suomen alueella on vajaat 4 cm.

Korkeusjärjestelmän tulevaisuus

Korkeusjärjestelmän käyttöönotto on pitkäkallinen ja vaativa prosessi, joka työnä saattaa olla jopa suurempi kuin uuteen koordinaattijärjestelmään siirtyminen. Numeerisen aineiston muuttaminen on helpompaa, mutta kartoissa olevien korkeuskäyrien ja muun vastaavan aineiston muuntaminen on paljon vaativampaa. Osa aineistosta joudutaan ehkä laskemaan uudelleen, eikä joidenkin täydentävien vaaitusten tekeminenkään ole poissuljettua.

Siirtyminen uuteen järjestelmään voidaan periaatteessa aloittaa jo vuonna 2007, kun Geodeettisen laitoksen laskut ja muunnokset on julkaistu ja Julkisen hallinnon suositusluonnos on olemassa. Geodeettisen laitoksen kiintopisteitä on vain noin 6 000, joten vasta Maanmittauslaitoksen aineiston saaminen N2000-järjestelmään tuo kiintopisteet kaikkien ulottuville. N60:n ja N2000:n välinen järjestelmämuunnos on toki aiemminkin käytettävissä.

Korkeusjärjestelmän käyttöönotto voidaan ajatella tehtäväksi samalla tavalla kuin koordinaattijärjestelmän tapauksessa meneteltiin. ETRS89 on eurooppalainen koordinaattijärjestelmä, jonka kansallinen realisaatio EUREF-FIN on otettu Suomen

uudeksi koordinaatistoksi. EUREF-FIN:n käyttöönotto toteutettiin Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen yhteistyönä laatimilla Julkisen hallinnon suosituksilla 153 ja 154.

Eräissä suhteissa korkeusjärjestelmä kuitenkin eroaa koordinaattijärjestelmästä. Suomen nykyinen EUREF-FIN-järjestelmä riittää pitkälle tulevaisuuteen, sillä sen tarkkuus on riittävä ja se on yhteensopiva GPS:n ja tulevan eurooppalaisen Galileo-paikannusjärjestelmän kanssa. Korkeusjärjestelmä sen sijaan vanhenee vääjäämättä. Maannousu muuttaa korkeuksia, ja muutaman vuosikymmenen kulluttua olemme jälleen samassa tilanteessa kuin tänä päivänä. Korkeusjärjestelmiä on uudistettava pari kertaa vuosisadassa. Samalla tämä asettaa myös vaatimuksia järjestelmän ylläpidolle. Jää nähtäväksi tuleeko neljäs valtakunnallinen tarkkavaaitus vai löydetäänkö tarkkavaaituksen tilalle jokin toinen menetelmä. Tällä hetkellä sellaista ei vielä ole.



Kirjoittaja on professori ja Geodeettisen laitoksen Geodesian ja geodynamiikan osaston johtaja. Sähköposti markku.poutanen@fgi.fi.