

JHS 153 ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa

Versio: 6.6.2008

Julkaistu:

Voimassaoloaika: Toistaiseksi

Sisällys

1 Johdanto.....	1
2 Soveltamisala.....	2
3 Viittaukset.....	2
4 Termit ja määritelmät.....	2
5 Sijainnin esittäminen.....	5
5.1 ETRS89-järjestelmän määrittely.....	6
5.2 Maantieteellisten koordinaattien ja 3D- suorakulmaisten koordinaattien välinen yhteys.....	7
5.3 ETRS89-järjestelmän realisoiminen.....	8
5.3.1 Kansallisen realisaation luominen.....	8
5.3.2 Tihennykset ja luokkahierarkia.....	9
6 EUREF-FIN -koordinaatiston ja kkj:n välinen yhteys.....	10
6.1 EUREF-FIN -koordinaatiston ja kkj:n välinen 3D-muunnos.....	10
7 Opastavat tiedot.....	11
8 Viitteet.....	11

1 Johdanto

Maailmanlaajuinen, yhtenäinen koordinaattijärjestelmä on satelliittipaikannusjärjestelmien joustavan käytön perusta. Kansainvälinen yhteistyö tieteen ja teknologian aloilla, etenkin navigointi- ja paikannusjärjestelmiä käytettäessä edellyttää yhtenäisen ja maailmanlaajuisen koordinaattijärjestelmän tuntemista. Kansainvälisten paikkatietoaineistojen tulee perustua yhtenäiseen, globaaliin koordinaattijärjestelmään.

Kansainväliset maanmittaus- ja kartoitusalan järjestöt ovat kiinnittäneet erityistä huomiota yhtenäisen, globaalin koordinaattijärjestelmän tarpeellisuuteen Euroopassa. Kansainvälinen Geodeettinen Assosiaatio (IAG¹) on perustanut alakomission (EUREF²), jonka ohjauksessa Euroopan alueelle on 1990-luvulla luotu yhtenäinen koordinaattijärjestelmä. Tämän työn tuloksena useimpien Euroopan maiden kansallisten koordinaattijärjestelmien erot yleiseurooppalaisesta koordinaattijärjestelmästä tunnetaan 1-2 metrin tarkkuudella ([European Coordinate Reference Systems](#)³).

Euroopan komission aloitteesta organisoitiin vuonna 1999 kokous, joka suositteli ETRS89-koordinaattijärjestelmän hyväksymistä yleiseurooppalaiseksi maantieteellisten koordinaattien järjestelmäksi ([Spatial Reference Workshop](#)⁴). Kokous suositteli edelleen, että eri maiden kansalliset mittausviranomaiset toimittaisivat julkiseen käyttöön sellaiset siirtoparametrit sekä menetelmät, joiden avulla siirtyminen kansallisesta koordinaattijärjestelmästä ETRS89-järjestelmään voidaan tehdä.

¹ <http://www.iag-aig.org/>

² <http://www.euref.eu/>

³ <http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/>

⁴ <http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/> >References > Papers/publications

[Proceedings & Recommendations of Spatial Reference Workshop, November 1999](#)

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

Suomessa Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen tehtävänä on luoda ja ylläpitää sekä valtakunnallista koordinaattijärjestelmää että valtakunnallista korkeusjärjestelmää kartoituksen, paikkatietojen käytön ja navigoinnin tarpeita varten. Tietoyhteiskunnan eräs perusedellytys on tarkka koordinaattijärjestelmä, joka on liitetty naapurimaiden vastaaviin järjestelmiin.

Suomen valtakunnallisissa kartastotöissä käytössä ollut Kartastokoordinaattijärjestelmä, **kkj**, perustuu ensimmäisen luokan kolmioverkon koordinaatteihin. Tämä kolmioverkko on liitetty 1990-luvun loppupuolella GPS-mittausten avulla eurooppalaiseen ETRS89-järjestelmään kansallisen realisaation EUREF-FIN:n kautta. Näiden mittausten perusteella EUREF-FIN:n ja Kartastokoordinaattijärjestelmän välille on johdettu luvussa 6 kuvattu yhteys. Likimääräisiä muunnoksia varten on esitetty myös yleiset muunnosparametrit ja niiden keskivirheet EUREF-FIN:n ja Kartastokoordinaattijärjestelmän välille. Kartastokoordinaattijärjestelmän pisteiden epähomogeenisuuden ja kolmioketjujen vääristymien vuoksi koordinaatistojen välinen lineaarinen muunnos ei anna tulokseksi tarkkoja koordinaatteja. Karttaprojektiosuositukseen JHS 154 on sisällytetty muunnosmenettely, jolla saavutetaan koko maan alueella parempi kuin desimetrin tarkkuus tasokoordinaateissa.

Suomeen luotu EUREF-FIN mahdollistaa myös sen, että mittaukset voidaan sitoa suoraan tähän yleiseurooppalaisen ETRS89-järjestelmän mukaiseen pisteistöön.

2 Soveltamisala

Tämä julkisen hallinnon suositus on tarkoitettu paikkatietoaineistojen ja -järjestelmien tuottajille. Suositus on luonteeltaan tekninen ja siinä määritellään yleiseurooppalaisen ETRS89-koordinaattijärjestelmän realisaatio Suomessa. Tästä suomalaisesta koordinaatistosta käytetään nimitystä EUREF-FIN erotukseksi eurooppalaisista realisaatioista (ETRFyy). Valtakunnallisissa kartastotöissä ja paikkatietopalveluissa suositellaan käytettäväksi kuvattua yleiseurooppalaista koordinaattijärjestelmää ETRS89 nykyisen Kartastokoordinaattijärjestelmän (kkj) asemesta. Siirtymävaiheessa myös Kartastokoordinaattijärjestelmä (kkj) tulee olemaan edelleen käytössä.

Suosituksen tavoitteena on lisäksi yhtenäistää ja nopeuttaa ETRS89-koordinaattijärjestelmän käyttöönottoa Suomessa. Kansalliset mittausviranomaiset ovat valmistelleet julkiseen käyttöön ohjeita ja muunnosmenettelyjä, jotka helpottavat siirtymistä nykyisestä järjestelmästä yleiseurooppalaiseen koordinaattijärjestelmään. Samalla on annettu suositus käytettävistä karttaprojektioista ja kartastojen lehtijaosta. Kyseisessä suosituksessa JHS 154 ohjeistetaan myös karttaprojektoiden käyttämistä ja tasokoordinaattien muuntamista järjestelmästä toiseen kkj:n vääristymät mahdollisimman hyvin huomioiden.

3 Viittaukset

ISO 19111:2007⁵ Geographic Information - Spatial Referencing by Coordinates

ISO/FDIS 6709:2008⁶ Standard representation of geographic point location by coordinates

JHS 154⁷ ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja karttalehtijako

4 Termit ja määritelmät

2D

Kaksiulotteinen

⁵ http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=41126&commid=54904

⁶ <http://www.isotc211.org/pow> Standardi on vielä päivitettävänä v. 2008.

⁷ <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs154>

3D

Kolmiulotteinen

datumi

Datumilla tarkoitetaan parametreja, jotka kiinnittävät koordinaatiston tarkastelun kohteena olevaan kokonaisuuteen. **Paikallinen datumi** on paikallisen koordinaatiston origon ja orientaation määrittelevä datumi. **Horisontaalinen datumi (tasodatumi)** käsittää vertauspinnan ja koordinaatiston nollatasot (akselit) geodeettisen koordinaatiston horisontaalisten koordinaattien ilmaisemista varten. **Korkeusdatumi** määrittelee korkeusjärjestelmän vertauspinnan eli nollatason, jonka suhteen pisteiden korkeudet ilmastaan ja sitoo sen maahan. **Geodeettinen datumi** määrittelee valitun vertausellipsoidin tai kolmiulotteisen suorakulmaisen koordinaatiston sijainnin ja orientaation suhteessa Maahan.

geoidi

Se Maan painovoimakentän potentiaalin tasa-arvopinta, joka parhaiten yhtyy valtameren keskivedenpintaan. Geoidin ja vertausellipsoidin välistä korkeuseroa N kutsutaan geoidin korkeudeksi. N on positiivinen ellipsoidin yläpuolella ja negatiivinen sen alapuolella.

geodeettiset koordinaatit

Vertausellipsoidiin kiinnitetty paikan sijainti. Geodeettiset koordinaatit ovat leveys (ϕ) ja pituus (λ) ja korkeus vertausellipsoidin pinnasta (h). Leveys ja pituus mitataan kaarimitoissa (aste, minuutti ja sekunti) ja korkeus metreinä. Geodeettinen leveys ja pituus ilmaisevat vertausellipsoidin paikallisen normaalin suunnan ekvaattori- ja nollameridiaanitasojen suhteen.

koordinaatisto

Koordinaattiakselien muodostama mitta-akselisto. Erityyppisiä koordinaatistoja ovat esimerkiksi suorakulmainen koordinaatisto, geodeettinen koordinaatisto, pallokoordinaatisto, lieriökoordinaatisto, tasokoordinaatisto ja napakoordinaatisto. Termiä koordinaatisto käytetään geodesiassa tarkoittamaan myös koordinaattijärjestelmän realisaatiota (coordinate reference frame). Tällöin tarkoitetaan usein CTRF:n (Conventional Terrestrial Reference Frame⁸) mukaista koordinaatistoa. CTRF määritellään fyysisten pisteiden joukkona, joille on tarkasti määritetyt koordinaatit tietyssä koordinaattijärjestelmässä.

koordinaatit

Lukuarvot, jotka määrittelevät pisteen sijainnin valitussa koordinaatistossa. Lukuarvoja on yhtä monta kuin koordinaatistossa on akseleita. Koordinaatit voivat olla esimerkiksi geodeettisia koordinaatteja (ϕ, λ, h), avaruuskoordinaatteja (X, Y, Z) tai tasokoordinaatteja (x, y tai N, E). Sijainti voidaan määrittellä leveyskoordinaatin, pituuskoordinaatin ja korkeuskoordinaatin avulla. Korkeuskoordinaatteja ovat esimerkiksi ortometrinen korkeus (H), korkeus ellipsoidista (h) ja normaalikorkeus (H).

koordinaattitieto

Koordinaattien ja tietyn koordinaattijärjestelmän avulla ilmaistu sijainti.

koordinaattikonversio

Menetelmä, jolla muunnetaan koordinaatteja kahden samaan datumiin perustuvan koordinaatiston välillä (esimerkiksi muunnos geodeettisista koordinaateista tasokoordinaateiksi).

koordinaattimuunnos

Menetelmä, jolla muunnetaan koordinaatteja kahden eri datumiin perustuvan koordinaatiston välillä (esimerkiksi kkj:n ja EUREF-FIN:n välillä). Muunnos suoritetaan muunnosparametreilla, jotka on määritetty näissä koordinaatistoissa tunnettujen yhteisten pisteiden avulla. Muunnos voi olla yksiulotteinen korkeusmuunnos, kaksiulotteinen tasomuunnos tai kolmiulotteinen muunnos avaruudessa.

⁸ IERS Technical Note No. 32, <http://www.iers.org/MainDisp.csl?pid=46-25776>

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

koordinaattijärjestelmä

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.

luotiviivan poikkeama

Suureet, joilla määritellään paikallisen luotiviivan suunnan poikkeama vertausellipsoidin normaalista. Luotiviivan poikkeama määritellään pohjois-etelä suuntaisen (ξ) ja itä-länsi suuntaisen (η) komponentin avulla. ξ :n ja η :n yksikkö on kaarisekunti.

maantieteelliset koordinaatit

Vertausellipsoidiin kiinnitetty paikan sijainti. Maantieteelliset koordinaatit ovat leveys (φ) ja pituus (λ). Ne mitataan kaarimitoissa (aste, minuutti ja sekunti) päiväntasaajatasosta ja Greenwichin nollameridiaanista lähtien. Leveys on positiivinen ekvaattorin pohjoispuolella ja negatiivinen sen eteläpuolella. Pituus kasvaa nollameridiaanista itään.

sijainti

Paikka, jossa jokin sijaitsee. Sijainti ilmoitetaan suoran sijainnin tai epäsuoran sijainnin avulla. Suoralla sijainnilla tarkoitetaan koordinaattien ja tietyn koordinaattijärjestelmän avulla ilmaistua sijaintia.

vertausjärjestelmä

Joukko suureita, jotka tarvitaan Maan muotoa ja kokoa kuvaavan järjestelmän määrittelemiseksi. Geodeettisen vertausjärjestelmän määrittelemiseen tarvitaan seuraavat neljä suurta: vertausellipsoidin isoakselin puolikas (a), Maan geosentrinen vetovoimavakio (GM), dynaaminen muotokerroin (J_2), pyörähdysliikkeen kulmanopeus (ω).

vertausellipsoidi

Maan pinnan muotoa kuvaava matemaattinen pinta. Ellipsoidin koko ja muoto määritellään yleensä isoakselin puolikkaan (a) ja litistysuhteen (f) avulla.

Käytetyt lyhenteet:

BIH	Bureau International de l'Heure Kansainvälinen aikapalvelutoimisto, jonka toiminta siirtyi vuonna 1987 IERS- järjestöön (International Earth Rotation Service).
GPS	Global Positioning System Satelliittipaikannusjärjestelmä
GRS80	Geodetic Reference System 1980 ⁹ Vertausjärjestelmä, jonka IAG päätti ottaa käyttöön vuonna 1979. Se määritellään seuraavien suureiden avulla: Vertausellipsoidin isoakselin puolikas: $a = 6378\,137\text{ m}$ Maan geosentrinen vetovoimavakio: $GM = 3986\,005 \times 10^8\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$ Dynaaminen muotokerroin: $J_2 = 108\,263 \times 10^{-8}$ Maan pyörähdysliikkeen kulmanopeus: $\omega = 7292\,115 \times 10^{-11}\text{ rad s}^{-1}$
EPN	EUREF Permanent Network

⁹ Moritz, H. (2000). Geodetic Reference System 1980. Journal of Geodesy, 74:1, March 2000.

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

Euroopan pysyvien GPS-asemien verkko

ETRF	European Terrestrial Reference Frame 3D-koordinaatisto, jonka avulla ETRS89-järjestelmä on realisoitu. ETRS89-järjestelmästä on olemassa useita ETRF-realisaatioita, esim. ETRF89, ETRF96 ja ETRF2000.
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989 3D-koordinaattijärjestelmä, joka on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan yhtenäiseen osaan ja yhtyy ITRS-järjestelmään epookkina 1989.0.
EUREF	European Reference Frame IAG:n alakomissio SC1.3a (Koordinaatistot – Alueelliset koordinaatistot – Eurooppa)
EUREF89	European Reference Frame ETRS89-järjestelmän ensimmäinen realisaatio.
EUREF-FIN	ETRS89-järjestelmän realisaatio Suomessa
<i>FinnRef</i>	Suomen pysyvien GPS-asemien verkko
IAG	International Association of Geodesy
IERS	International Earth Rotation Service Kansainvälinen Maan pyörähdysliikettä ja sen parametreja määrittävä organisaatio
ISO	International Organization for Standardization Kansainvälinen standardointijärjestö
ITRF	International Terrestrial Reference Frame ITRS:n realisaatio. ITRF-koordinaatteja on julkaistu useissa realisaatioissa, mm. ITRF2005. ITRF-koordinaatteihin on liitettävä myös ajanhetki, esim. ITRF2005(2008.12), sillä mannerlaattojen liikkeiden vuoksi koordinaatit muuttuvat ajan mukana.
ITRS	International Terrestrial Reference System Globaali, 3D-koordinaattijärjestelmä, jonka perussuuret ovat GRS80-järjestelmän mukaisia ja koordinaatiston orientointi on BIH:n vuoden 1984.0 orientoinnin mukainen.
kkj	Kartastokoordinaattijärjestelmä
WGS84	World Geodetic System 1984 on GPS-satelliittien käyttämä koordinaattijärjestelmä. WGS84 on Yhdysvaltain puolustushallinnon karttalaitoksen (NIMA, nykyisin NGA, National Geospatial-intelligence Agency) määrittelemä järjestelmä, jonka tarkka määrittely esitetään NIMA:n julkaisussa TR8530.2 ¹⁰ . Siinä todetaan mm., että sellaisia alueellisia datumeja, jotka perustuvat tarkasti ITRS:n realisaatioon, kuten EUREF-FIN, voidaan pitää identtisinä WGS84:n kanssa.

5 Sijainnin esittäminen

Sijainti esitetään määritellyn koordinaattijärjestelmän mukaisten koordinaattien avulla. ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit esitetään joko geodeettisina koordinaatteina (pituus, leveys ja korkeus) tai

¹⁰ http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

suorakulmaisina 3D-koordinaatteina. Maantieteelliset koordinaatit (φ , λ) esitetään kulmayksikköinä (aste, minuutti, sekunti) ja korkeus metreinä. Suorakulmaisten koordinaattien yksikkönä on metri.

5.1 ETRS89-järjestelmän määrittely

ETRS89-järjestelmä¹¹ on paikkatiedon keräämistä, varastointia ja analysointia varten luotu yleiseurooppalainen geodeettinen datumi. Järjestelmän geodeettiset koordinaatit perustuvat GRS80-vertausellipsoidiin¹².

Oheisessa taulukossa esitetään ETRS89-järjestelmän perussuuret ISO 19111 standardin (Spatial referencing by coordinates) mukaisesti määriteltynä:

ETRS89 –koordinaattijärjestelmä

ETRS89 geodetic coordinate reference system			
UML identifier	Attribute	Entry	Comment
SC_GeodeticCRS			
name:	Geodetic CRS name	ETRS89	
domainOfValidity:	CRS validity	Europe	
scope:	CRS scope		
CS_EllipsoidalCS			
name:	Ellipsoidal coordinate system name	Latitude/longitude/height	
CS_CoordinateSystemAxis			
name:	Coordinate system axis name	geodetic latitude	
axisAbbrev:	Coordinate system axis abbreviation	φ	
axisDirection:	Coordinate system axis direction	north	
axisUnitID:	Coordinate system axis unit identifier	degree	
CS_CoordinateSystemAxis			
name:	Coordinate system axis name	geodetic longitude	
axisAbbrev:	Coordinate system axis abbreviation	λ	
axisDirection:	Coordinate system axis direction	east	
axisUnitID:	Coordinate system axis unit identifier	degree	
CS_CoordinateSystemAxis			
name:	Coordinate system axis name	Ellipsoidal height	
axisAbbrev:	Coordinate system axis abbreviation	h	
axisDirection:	Coordinate system axis direction	up	
axisUnitID:	Coordinate system axis unit identifier	metre	
CD_GeodeticDatum			
name:	Geodetic datum name	European Terrestrial Reference System 1989	
alias:	Datum alias	ETRS89	
remarks:	Datum remarks	See Boucher, c. Altamimi, Z. (1992): The EUREF Terrestrial Reference System and its First Realizations. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationalen Erdmessung, Heft 52, München 1992, pages 205 – 213 or ftp://etrs89.ensg.ign.fr/pub/euref/info/guidelines/	
anchorDefinition:	Datum anchor		
realizationEpoch:	Datum realization epoch	1989	
CD_PrimeMeridian			
name:	Prime meridian name	Greenwich	
GreenwichLongitude:	Prime meridian Greenwich longitude	0 degree	

¹¹ <http://crs.bkg.bund.de/crseu/crs/eu-europe.php?country=EU> ja <http://etrs89.ensg.ign.fr/>

¹² http://www.gfy.ku.dk/~iag/HB2000/part4/grs80_corr.htm

ETRS89 geodetic coordinate reference system			
UML identifier	Attribute	Entry	Comment
CD_Ellipsoid			
name:	Ellipsoid name	GRS 80	See Moritz, H. (2000): Geodetic Reference System 1980. Journal of Geodesy, 74:1, March 2000.
semiMajorAxis:	Length of semi-major axis	6378137.0 m	
secondDefiningParameter:	Second defining parameter	inverseFlattening	
inverseFlattening:	Inverse flattening	298.257222101	

5.2 Maantieteellisten koordinaattien ja 3D- suorakulmaisten koordinaattien välinen yhteys

Ellipsoidilla esitettyjen maantieteellisten koordinaattien systeemi on käyräviivainen. Koordinaattivivoja kutsutaan paralleleiksi, joiden leveys- (φ) ja pituusasteet (λ) ovat vakioita. Ellipsoidisia koordinaatteja kutsutaan joko geodeettisiksi tai maantieteellisiksi koordinaateiksi.

Geodeettiset koordinaatit voidaan muuntaa 3D- suorakulmaisiksi koordinaateiksi koordinaatistossa, joka sijoitetaan vertausellipsoidiin nähdén siten, että koordinaatiston origo yhtyy ellipsoidin keskipisteeseen, Z- akseli yhtyy pyörähdyksakseliin, ja positiivinen X-akseli kulkee pisteen ($\varphi = 0, \lambda = 0$) kautta.

Muunnoskaavat

Symbolit

φ	geodeettinen leveys
λ	geodeettinen pituus
h	korkeus ellipsoidista
X, Y, Z	3D-suorakulmaiset koordinaatit
N	ellipsoidin poikittaiskaarevuussäde
e	ellipsoidin ensimmäinen eksentrisyys
a	ellipsoidin isoakselin puolikas
f	ellipsoidin litistysuhde

Geodeettiset koordinaatit (φ, λ, h) saadaan muunnetuiksi suorakulmaisiksi 3D-koordinaateiksi (X, Y, Z) seuraavien kaavojen avulla:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [N + h] \cos \varphi \cos \lambda \\ [N + h] \cos \varphi \sin \lambda \\ [N(1 - e^2) + h] \sin \varphi \end{bmatrix}$$

missä N on ellipsoidin poikittaiskaarevuussäde

$$N = a(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{-1/2}$$

ja e ellipsoidin ensimmäinen eksentrisyys

$$e = (2f - f^2)^{1/2}$$

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

3D-suorakulmaiset koordinaatit saadaan muunnetuksi geodeettisiksi koordinaateiksi seuraavalla menetelmällä:

$$\lambda = \arctan \frac{Y}{X}$$

Jos X on positiivinen, $|\lambda| < 90^\circ$; jos X on negatiivinen, $|\lambda| > 90^\circ$.

Leveyden ensimmäinen likiarvo lasketaan kaavasta

$$\varphi_0 = \arctan \frac{Z}{(1-e^2)(X^2+Y^2)^{1/2}},$$

jota käyttäen ratkaistaan φ ja h iteroimalla seuraavien kaavojen avulla:

$$N_i = a(1 - e^2 \sin^2 \varphi_{i-1})^{-1/2}$$

$$h_i = \frac{(X^2 + Y^2)^{1/2}}{\cos \varphi_{i-1}} - N_i, \text{ kun } |\varphi_0| < 45^\circ \text{ ja}$$

$$h_i = \frac{Z}{\sin \varphi_{i-1}} - (1 - e^2)N_i, \text{ kun } |\varphi_0| \geq 45^\circ$$

$$\varphi_i = \arctan \left[\frac{Z}{(X^2 + Y^2)^{1/2}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{e^2 N_i}{N_i + h_i}} \right].$$

5.3 ETRS89-järjestelmän realisoiminen

ETRS89-järjestelmä on realisoitu Euroopan laajuisten GPS-mittausten avulla. Järjestelmän realisaation tuloksena syntyi maahan kiinnitetty koordinaatisto, jota kutsutaan nimellä ETRF89¹³ (European Terrestrial Reference Frame 1989).

5.3.1 Kansallisen realisaation luominen

Suomessa ETRS89-realisaation lähtöpisteinä on käytetty pysyvän GPS-verkon (FinnRef¹⁴) 12 GPS-asemaa, jotka puolestaan on liitetty Euroopan pysyvien GPS-asemien verkkoon (EPN¹⁵). Koordinaatiston realisoimiseksi liitettiin GPS-mittausten avulla pysyvien GPS-asemien verkkoon 100 uutta pistettä. Pisteiden koordinaatit laskettiin ITRF94-koordinaatistossa¹⁶, mutta lähtökoordinaatit ratkaisuun otettiin ITRF96¹⁷:sta,

¹³ <http://etrs89.ensg.ign.fr/pub/ssc/ETRF89.SSC>

¹⁴ <http://www.fgi.fi/osastot/projekti.php?osasto=3&siivu=6>

¹⁵ <http://www.epncb.oma.be/>

¹⁶ <ftp://itrf.ensg.ign.fr/pub/itrf/itrf94/ITRF94.REPORT>

¹⁷ http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/96/results/ITRF96_GPS.SSC.txt

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

josta ne redukoitiin ETRF96-koordinaatistoon (Epookka: 1997.0). Muunnos suoritettiin seuraavia, EUREF-komission suosituksen¹⁸ mukaisia kaavoja käyttäen:

$$\mathbf{X}_{\text{ETRF96}}(t_c) = \mathbf{X}_{\text{ITRF96}}(t_c) + \mathbf{T}_{yy} + \begin{pmatrix} 0 & \dot{R}_{3,yy} & \dot{R}_{2,yy} \\ \dot{R}_{3,yy} & 0 & -\dot{R}_{1,yy} \\ -\dot{R}_{2,yy} & \dot{R}_{1,yy} & 0 \end{pmatrix} \cdot \mathbf{X}_{\text{ITRF96}}(t_c) \cdot (t_c - 1989.0)$$

missä siirtoparametrille käytettiin seuraavia arvoja:

$$\begin{cases} Tx_{96} = 4.1 \text{ cm} \\ Ty_{96} = 4.1 \text{ cm} \\ Tz_{96} = -4.9 \text{ cm} \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{R}_{1,96} = 0.20 \quad [0.001''/y] \\ \dot{R}_{2,96} = 0.50 \quad [0.001''/y] \\ \dot{R}_{3,96} = -0.65 \quad [0.001''/y] \end{cases}$$

EUREF-komissio¹⁹ hyväksyi Prahassa 2.-5. kesäkuuta 1999 pitämässään kokouksessa tällä tavoin ratkaistusta verkosta 19 pistettä viralliseksi EUREF-pisteverkon täydennykseksi.

On huomattava, että ratkaisun tuloksena olevien ETRF96-koordinaattien epookki on havaintojen keskihetki eli 1997.0. Kansallisen ETRS89:n realisaation tuloksena olevat koordinaatit poikkeavat useita senttejä vuonna 1989 tehdyn EUREF89-mittauksen tuloksista. Koordinaattiratkaisujen erot johtuvat suurimmaksi osaksi mittausten aikavälillä tapahtuneista maankuoren liikkeistä. Vaikka maankuoren liikkeet muuttavatkin kiintopisteiden paikkoja koordinaatistossa, EUREF-komissio ei suosittele tästä johtuvien koordinaattimuutosten redukoimista mittaushetken epookista ETRS89-järjestelmän perusepookkiin 1989.0. Koska eri ratkaisujen lopputuloksena olevat koordinaatit poikkeavat toisistaan, uudelle ratkaisulle annettiin nimeksi EUREF-FIN²⁰. Liitteessä 1 annetaan kaikkien EUREF-FIN -nimellä kutsutun, Suomen ETRS89-järjestelmän realisoimisen yhteydessä mitattujen ja ratkaistujen pisteiden koordinaatit.

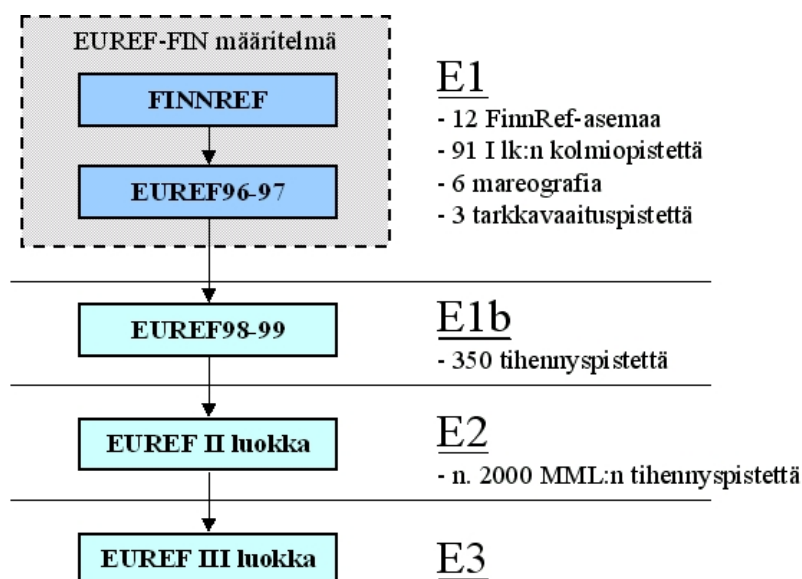
5.3.2 Tihennykset ja luokkahierarkia

EUREF-FIN koordinaatiston I luokan (E1) muodostavat pisteet, jotka määrittävät koordinaatiston. Tähän luokkaan kuuluvat siis 12 FinnRef GPS-asemaa ja vuosina 1996–1997 tehtyjen GPS-mittausten 100 pistettä. Näitä pisteitä on kuitenkin harvassa ja ne ovat usein vaikeasti saavutettavissa. Tämän johdosta Geodeettinen laitos mittasi 1998–1999 uusia pisteitä helpommin saavutettavissa oleviin paikkoihin. Tämä 350 pisteen laajennus sidottiin suoraan I luokkaan ja sitä voidaan kutsua Ib luokaksi (E1b). Maanmittauslaitos on edelleen sitonut omat II luokan (E2) EUREF-FIN -mittauksensa suoraan I ja Ib luokkiin. II luokan pisteiden pisteväli on noin 15 km ja pisteitä on yli 2000. Lisäksi MML on mitannut paikoitellen III luokan (E3) pisteitä (Kuva 1). Näillä alueilla pistetiheys on noin 5-10 km. Merialueilla ja osin myös sisävesillä EUREF-FIN -pisteistöä on tihentänyt Merenkulkulaitos 2. ja 3. luokan pisteillä.

¹⁸ <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo2007.pdf>

¹⁹ <http://www.euref.eu/html/resolutions.html#Prague>

²⁰ <http://www.fgi.fi/osastot/projekti.php?osasto=3&sivu=7>



Kuva 1. EUREF-FIN:n valtakunnallisten pisteiden luokkajako. EUREF-FIN:n määrittävät FinnRef ja vuosina 1996-97 mitattu 100 pisteen verkko ja niitä kutsutaan I luokaksi. Vuosina 1998-99 mitattu 350 pisteen verkko muodostaa Ib luokan ja MML:n tihennykset II ja III luokat.

6 EUREF-FIN -koordinaatiston ja kkj:n välinen yhteys

EUREF-FIN -koordinaatiston ja Kartastokoordinaattijärjestelmän (kkj) välinen yhteys johdettiin käyttäen 90 vastin pistettä, joiden EUREF-FIN -koordinaatit saatiin EUREF-FIN-realisaation tuloksista ja kkj-koordinaatit Maanmittauslaitoksen pisterekisteristä. Koordinaattimuunnos ratkaistiin 7-parametrin yhdenmuotoisuusmuunnoksena.

6.1 EUREF-FIN -koordinaatiston ja kkj:n välinen 3D-muunnos

Muunnos lasketaan 7-parametrin yhdenmuotoisuusmuunnoksen avulla ns. Bursa-Wolf menetelmällä, joka voidaan esittää seuraavan yhtälön avulla:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{kkj}} = (1+m) \cdot \begin{pmatrix} 1 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 1 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{EUREF-FIN}} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix},$$

missä ΔX , ΔY ja ΔZ ovat koordinaatistojen origojen väliset koordinaattierot ε_x , ε_y , ε_z koordinaattiakselien väliset kiertokulmat ja m ilmoittaa koordinaatistojen välisen mittakaavaeron miljoonasosina. Kiertokulmien $(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$ yksikkö kaavassa on radiaani.

EUREF-FIN -koordinaatiston realisoinnin yhteydessä mitattujen 90 vastin pisteen koordinaatit antavat pienimmän neliösumman keinolla muunnoskaavan parametreille seuraavat arvot:

	EUREF-FIN → kkj	kkj → EUREF-FIN	Keskivirhe	Yksikkö
ΔX	96.0610	-96.0617	± 1.614	m
ΔY	82.4298	-82.4278	3.111	m
ΔZ	121.7485	-121.7535	1.141	m
ε_x	4.80109	-4.80107	0.093	kaarisek.

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

ε_y	0.34546	-0.34543	0.049	kaarisek.
ε_z	-1.37645	1.37646	0.056	kaarisek.
m	-1.49651	1.49640	0.176	ppm

Yllä olevat muunnoskaavat ja parametrit antavat tulokseksi koordinaatteja, joiden poikkeamat mitatuista koordinaateista ovat maan raja-alueilla jopa 2 m suuruisia (ks. liite 3). Tästä syystä näillä kaavoilla muunnettuja koordinaatteja ei tule käyttää muuhun tarkoitukseen kuin likiarvoiksi pisteille, joille metrin kertaluokkaa oleva tarkkuus on riittävä. Tarkempi muunnos on kuvattu JHS154:ssä.

7 Opastavat tiedot

Tätä suositusta ylläpitää Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA, puh. (09) 160 01, sähköposti jhs-sihteeri@jhs-suositukset.fi

<http://www.jhs-suositukset.fi>

Lisätietoja suosituksesta antavat Geodeettinen laitos ja Maanmittauslaitos.

8 Viitteet

IAG, Commission 1 - Reference Frames

International Association of Geodesy, Commission 1 - Reference Frames

http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=7&id_t=163

EUREF

EUREF is the IAG Reference Frame Sub-Commission for Europe, integrated in the Sub-Commission 1.3, Regional Reference Frames, under Commission 1 – Reference Frames, following the implementation of the new IAG structure at the IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) General Assembly held in Sapporo, 2003. The Sub-Commission EUREF was founded in 1987 at the IUGG General Assembly held in Vancouver.

http://www.euref-iag.net/html/Overview_of_EUREF.html

European Coordinate Reference systems

A common initiative of EuroGeographics, the IAG Subcommission for European Networks (EUREF).

<http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/>

FinnRef

Suomen pysyvien GPS- asemien verkko.

<http://www.fgi.fi/osastot/projekti.php?osasto=3&sivu=6>

Geodeettisen laitoksen julkaisu no. 129

Ollikainen, M., H. Koivula and Markku Poutanen (2000): The densification of the EUREF network in Finland. 61 ss. Finnish Geodetic Institute, P.O. Box 15, FIN-02431 Masala.

Geodeettisen laitoksen tiedote no. 24

Ollikainen, M., H. Koivula ja M. Poutanen (2001): EUREF-FIN -koordinaatisto ja EUREF -pistetihennykset Suomessa,. 32 s. Geodeettinen laitos, PL 15, 02431 Masala.

Geodeettisen laitoksen tiedote no. 30

Puupponen, J., P. Häkli, H. Koivula ja M. Poutanen (2008): Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Geodeettinen laitos, PL 15, 02431 Masala.