

Koordinaattijärjestelmä Koordinaatisto Karttaprojektio

Koordinaattijärjestelmä sisältää määritelmät, *koordinaatisto* on sen realisaatio maastossa ja *karttaprojektio* tämän esitysmuoto kaksiulotteisella kartalla



ISO/TC 211 -työryhmän raportti ”*Geographic Information – Spatial referencing by coordinates*” määrittelee suuren joukon koordinaattijärjestelmiin ja koordinaatistoihin liittyviä termejä. *Julkisen hallinnon suosituksessa* JHS153 on määritelmien suomenkieliset vastineet. JHS153 kokonaisuudessaan löytyy julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan (JUHTA) sivuilta (<http://www.intermin.fi/intermin/hankkeet/juhta/home.nsf>).

- datumi: Sellaisten suureiden joukko, joka tarvitaan Maan pintaan kiinnitetyn koordinaatiston määrittelemiseksi. Datumien määritteleviä suureita ovat esim. lähtöpisteen geodeettiset koordinaatit φ, λ, h), ja luotiviivanpoikkeaman komponentit (ξ, η) sekä geoidin korkeus lähtöpisteessä (N) .
- geoidi: Maan painovoimakentän tasa-arvopinta, joka merialueilla yhtyy valtamerten keskivedenpintaan.
- geodeettiset koordinaatit: Vertausellipsoidiin kiinnitetty paikan sijainti; leveys φ), pituus (λ) ja korkeus vertausellipsoidin pinnasta (h) .



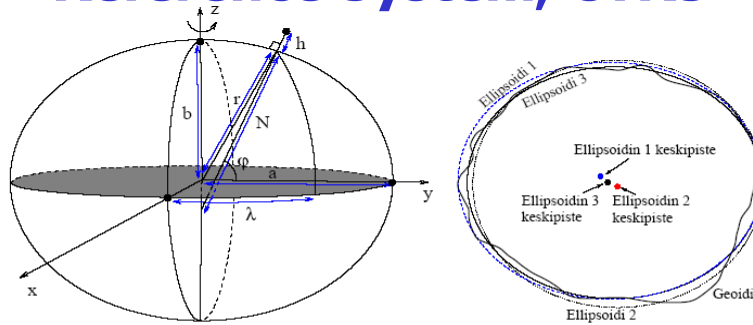


- koordinaatisto: 3D- tai 2D-, yleensä suorakulmainen akselisto, jonka avulla pisteen paikka voidaan määrittellä koordinaatiston origoon nähden. Koordinaatisto on koordinaattijärjestelmän realisaatio, joka on toteutettu mittaamalla joukolle maastossa olevia kiintopisteitä järjestelmän mukaiset koordinaatit.
- koordinaatit: Suureet, jotka tarvitaan pisteen sijainnin määrittelemiseksi valitussa koordinaatistossa. Koordinaatit voidaan esittää joko suorakulmaisina (x, y, z) tai geodeettisina (φ, λ, h) .
- koordinaattijärjestelmä: Joukko suureita, jotka tarvitaan koordinaatiston määrittelemiseksi, sijoittamiseksi ja orientoimiseksi.
- maantieteelliset koordinaatit: Vertausellipsoidiin kiinnitetty paikan sijainti. Maantieteelliset koordinaatit ovat leveys (φ) ja pituus (λ) .



- 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.

Conventional Terrestrial Reference System, CTRS

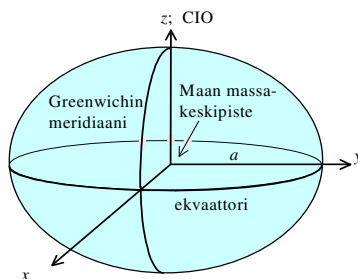


Kuva 2.13: CTRS:n mukaisen suorakulmisen koordinaatiston origo on Maan massakeskipisteessä, z -akseli osoittaa Maan pyörimisakselin suuntaan ja x -akseli Greenwichin meridiaaniin. Maan muotoa kuvaamaan asetetaan tavallisesti pyörähdysellipsoidi (vasemmalla). Kuvan symbolit on selitetty tekstissä. Aiemmin ellipsoidit sovitettiin niin, että ne kuvasivat Maata parhaiten sillä alueella, jolla niitä käytettiin (oikealla, ellipsoidit 1 ja 2). Nykyiset globaalit mallit käyttävät geosentristä ellipsoidia (ellipsoidi 3). Paksu viiva on keskimerenpinta ja manneralueilla sen teoreettinen jatke, *geoidi*. Muoto- ja korkeusvaihteluja on suuresti liioiteltu.



Koordinaattijärjestelmä

Määrittelee koordinaattiakselien origon, akselien suunnan; 3-ulotteinen

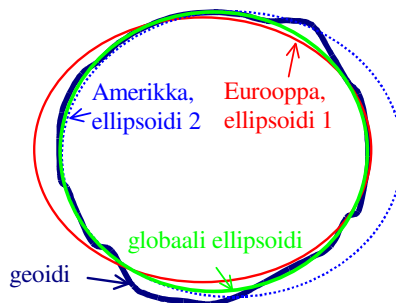


- Origo Maan massakeskipisteessä
- Z-akseli maan pyörimisakselin suuntainen
- X-akseli Greenwichin meridiaanissa



Koordinaattijärjestelmä

Koordinaattijärjestelmään kuuluu myös
vertausellipsoidin määrittely;
Aiemmin: mittausalueelle parhaiten sopiva
ellipsoidi, esim Hayford
Nyt: globaali ellipsoidi, GRS-80, WGS-84



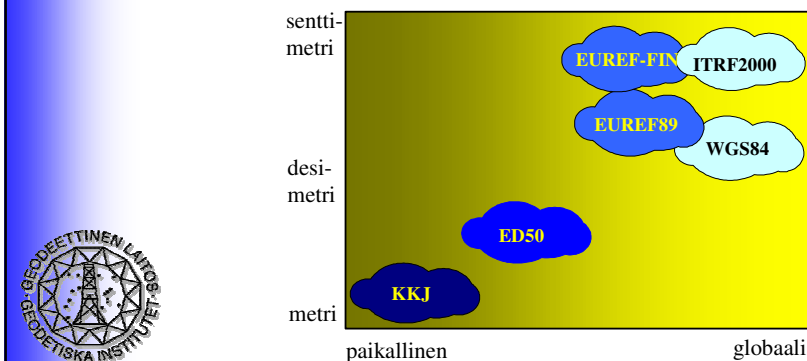
Geodeettisen datumin määrittely, GRS80

- $a = 6378137$ m ellipsoidin isoakselin puolikas
- $J_2 = 1082630 \cdot 10^{-9}$ dynaaminen litistyneisyys
- $\omega_E = 7292115 \cdot 10^{-11}$ rad/s maapallon pyörimisen kulmanopeus
- $GM = 3986005 \cdot 10^8$ m³s⁻² gravitaatiovakio (massan yksikkönä Maan massa ilmakehineen)



Koordinaatisto

Koordinaattijärjestelmän realisaatio, esim. maastossa olevia pultteja, joiden koordinaatit on mitattu annetun koordinaattijärjestelmän mukaisesti. Sisältää mittausvirheet.



Koordinaatistot

WGS-84: GPS:n käyttämä globaali koordinaatisto, nyk. lähellä ITRF:ää

ITRF-2000: Tarkin käytettävissä oleva globaali koordinaatisto, yli 200 pysyvää GPS-asemaa, koordinaatit ajasta riippuvia

ETRF-89: Euraasian mannerlaattaan kiinnitetty koordinaatisto, ensimmäinen realisaatio EUREF-89

EUREF-FIN: Suomen kansallinen realisaatio



Taulukko 2.3: Geodeettisen vertaussysteemin GRS80 määrittelevät suureet IAG:n vuoden 1980 resoluution mukaan.

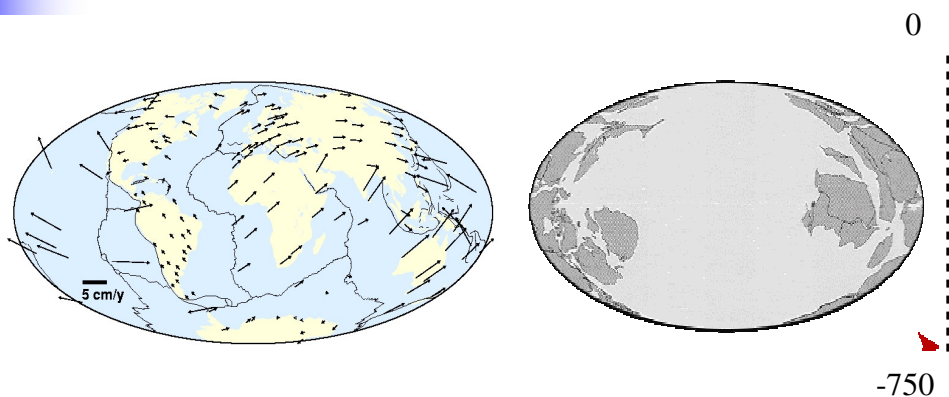
a	$= 6\,378\,137\text{ m}$	ellipsoidin isoakselin puolikas
J_2	$= 1\,082\,630 \times 10^{-9}$	dynaaminen litistyneisyys
ω_E	$= 7\,292\,115 \times 10^{-11}\text{ rad/s}$	maapallon pyörimisen kulmanopeus
GM	$= 3\,986\,005 \times 10^8\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$	gravitaatiovakio

Taulukko 2.6: WGS84:n määrittelevät suureet (NIMA, 2000).

a	$= 6\,378\,137\text{ m}$	ellipsoidin isoakselin puolikas
f	$= 1/298.257223563$	litistyneisyys
ω_E	$= 7\,292\,115 \times 10^{-11}\text{ rad/s}$	maapallon pyörimisen kulmanopeus
GM	$= 3\,986\,004.418 \times 10^8\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$	gravitaatiovakio



Plate tectonics, continental drift 750 My



NNR - NUVEL

$$d\varphi/dt = \Omega \cos(\varphi_0) \sin(\lambda - \lambda_0)$$

$$d\lambda/dt = \Omega (\sin(\varphi_0) - \cos(\lambda - \lambda_0) \tan(\varphi) \cos(\varphi_0))$$

$$dx/dt = \Omega_y \times z - \Omega_z \times y$$

$$dy/dt = \Omega_z \times x - \Omega_x \times z$$

$$dz/dt = \Omega_x \times y - \Omega_y \times x.$$



Taulukko 2.4: NNR-NUVEL-1A laattojen kiertonavat ja kulmanopeudet. DeMets et al., Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions, *Geophys. Res. Lett.* Vol. 21 No. 20, 2191-2194, 1994

Laatan nimi	maantieteellinen			suorakulmainen		
	φ_0 [°]	λ_0 [°]	Ω [°/Ma]	Ω_x [rad/Ma]	Ω_y [rad/Ma]	Ω_z [rad/Ma]
Africa	50.569	-73.978	0.2909	0.000891	-0.003099	0.003922
Antarctica	62.986	244.264	0.2383	-0.000821	-0.001701	0.003706
Arabia	45.233	-4.464	0.5455	0.006685	-0.000521	0.006760
Australia	33.852	33.175	0.6461	0.007839	0.005124	0.006282
Caribbea	25.014	266.989	0.2143	-0.000178	-0.003385	0.001581
Cocos	24.487	244.242	1.5103	-0.010425	-0.021605	0.010925
Eurasia	50.631	247.725	0.2337	-0.000981	-0.002395	0.003153
India	45.505	0.345	0.5453	0.006670	0.000040	0.006790
N. America	-02.438	-85.895	0.2069	0.000258	-0.003599	-0.000153
Nazca	47.804	259.870	0.7432	-0.001532	-0.008577	0.009609
Pacific	-63.045	107.325	0.6408	-0.001510	0.004840	-0.009970
S. America	-25.325	235.570	0.1164	-0.001038	-0.001515	-0.000870
Juan de Fuca	-30.054	58.870	0.6658	0.005200	0.008610	-0.005820
Philippine	-38.011	-35.360	0.8997	0.010090	-0.007160	-0.009670
Rivera	20.428	253.128	1.9781	-0.009390	-0.030960	0.012050
Scotia	-25.273	261.234	0.1705	-0.000410	-0.002660	-0.001270



ITRS, International Terrestrial Reference System

1. It is *geocentric*, the center of mass being defined for the whole earth, including oceans and atmosphere.
2. The *unit of length* is *the metre* (SI). This scale is consistent with the TCG time coordinate for a geocentric local frame, in agreement with IAU and IUGG (1991) resolutions. This is obtained by appropriate relativistic modelling.
3. Its orientation was initially given by the BIH orientation at 1984.0.
4. The *time evolution of the orientation* is ensured by using a *no-net-rotation condition* with regards to horizontal tectonic motions over the whole earth.

ITRS on CTRS:n määritelmän mukainen järjestelmä



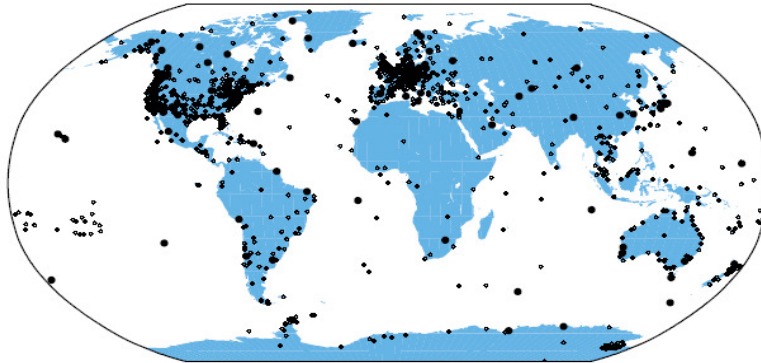
ITRF

The ITRS is realized by estimates of the *coordinates and velocities* of a set of stations observed by VLBI, LLR, GPS, SLR, and DORIS. Its name is International Terrestrial Reference Frame ([ITRF](#)).

The International Terrestrial Reference Frame (ITRF) is a set of points with their 3-dimensional cartesian coordinates which realize an ideal reference system, the International Terrestrial Reference System ([ITRS](#)), as defined by the [IUGG resolution No. 2](#) adopted in Vienna, 1991.



ITRF2000/2004



Kuva 2.16: IERS:n ylläpitämän ITRF2000-koordinaatiston määrittelevät pisteet (täytetyt ympyrät) ja muut ITRF2000-pisteet (avoimet ympyrät). Lähde <http://www.iers.org/iers/>.



Taulukko 2.5: ITRF-2000 -koordinaatiston laskennassa mukana olevat suomalaiset GPS-asetat. Liikevektorit on saatu GPS-ratkaisuista ja saattavat poiketa hieman taulukon 2.4 NUVEL-mallin mukaisista nopeuksista.

	x [m]	y [m]	z [m]
	dx/dt [m/a]	dy/dt [m/a]	dz/dt [m/a]
Metsähovi	2892570.923	1311843.330	5512634.057
	-.0160	.0149	.0088
Vaasa	2699864.444	1078263.891	5658064.766
	-.0141	.0154	.0149
Joensuu	2564139.226	1486149.658	5628951.362
	-.0185	.0142	.0071
Sodankylä	2200146.809	1091638.257	5866870.700
	-.0168	.0117	.0117



WGS84

WGS84 on *CTRS:n* mukaisesti perustettu geosentrinen järjestelmä. Sen määritelmä on siten sama kuin ITRS:n. WGS84:n alkuperäinen realisaatio oli modifioitu Doppler-järjestelmää varten luodusta NNSS-koordinaatistosta (NNSS, Navy Navigation Satellite System). Tämän origoa ja skaalaa muutettiin ja koordinaatistoa kierrettiin niin, että sen nollameridiaani yhtyi tuolloin viimeisimpään olemassa olleeseen BIH:n (Bureau International de l'Heure; IERS:n edeltäjä) määrittelemään v. 1984 nollameridiaaniin ja BIH:n terrestriseen koordinaatistoon BTS.

Sittemmin WGS84:n realisaatiota on tarkennettu useaan otteeseen, ja viimeisin v. 2000 määrittely (8350.2, kolmas laitos, NIMA, 2000) toteaa, että WGS84 on senttimetritasolla yhtenevä ITRF:n kanssa. Realisaatio perustuu GPS:n kontrolliasemiin ja NIMA:n seuranta-asemiin (kuva 1.9, s. 17). ITRF:n realisoiviin pisteisiin verrattuna (kuva 2.18, s. 79) WGS84-pisteitä on kuitenkin hyvin vähän.

Käytännössä ITRF ja WGS84 ovat yhtenevät, mutta muodollisesti niillä on joitakin eroja. Näistä merkittävien on eri vertausellipsoidi. WGS84-referenssiellipsoidi on tosin käytännössä sama kuin ITRF:n *GRS80*. WGS84-ellipsoidin litistys-suhde on $f = 1 : 298.257223563$ ja GRS80:llä $f = 1 : 298.257222101$. Ero on niin pieni, että korkeusero GRS80-ellipsoidiin nähden on kaikkialla maapallolla alle millimetrin. GPS-havaintojen redukoinnissa suorakulmaisista maantieteelliseksi voidaan siis käyttää kumpaa tahansa ellipsoidia.



Eurooppalainen koordinaatisto

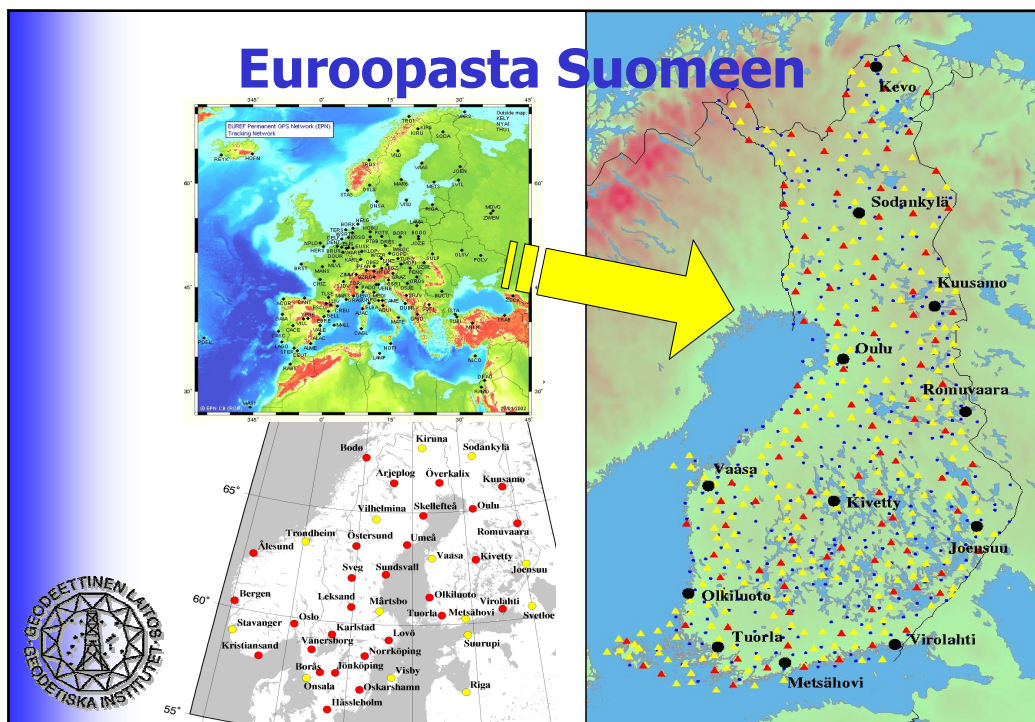
- Globaalit koordinaatistot ajasta riippuvia, eivät sovellu esim. kartoituksen pohjaksi
- **ETRS-89** määrittelee eurooppalaisen järjestelmän; yhtenevä ITRS:n kanssa hetkellä 1989.0
- **ETRF-89**; realisoidaan Euraasian mannerlaatan deformatumattomaan osaan mitattujen kiintopisteverkkojen avulla
- **EPN**, Euroopan pysyvä GPS-verkko nykyisin tärkein kiintopisteistö
- Kansalliset realisaatiot, mm. **EUREF-FIN**



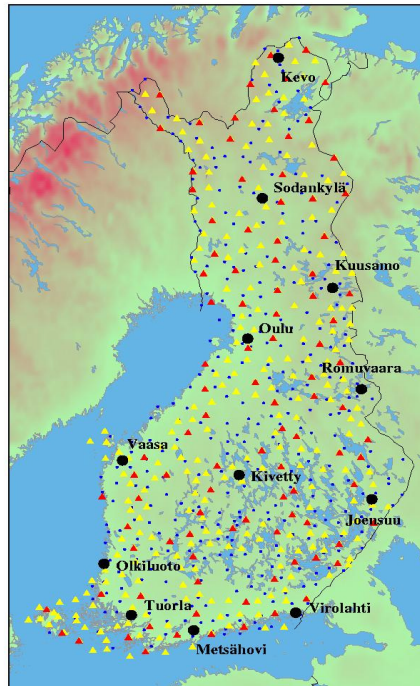
ETRS89

Vuoden 1990 Firenzen kokouksessa IAG:n alakomissio *EUREF* (IAG Reference Frame Sub-Commission for Europe, IAG SC1.3a, <http://www.euref-iag.net/>) esitti, että Euroopassa tulisi siirtyä käyttämään koordinaatistoa, joka on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan deformatumattomaan osaan.

Tuossa kokouksessa määriteltyä järjestelmää kutsutaan *ETRS89:ksi* (European Terrestrial Reference System 1989). ETRS89 on yhtenevä ITRS:n kanssa epookkina 1989.0, mutta ETRS:n realisaatio ei ole samalla tavalla ajasta riippuva. Vastaavaa realisaatiota kutsutaan nimellä *ETRF89* (European Terrestrial Reference Frame)



FinnRef®



EUREF-FIN

- Suomen uusi koordinaattijärjestelmä
- Sidottu pysyvän GPS-verkon kautta kansainvälisiin järjestelmiin
- "Yhteensopiva" GPS:n kanssa
- Julkisen hallinnon suositukset 153, 154
- Siirrytään käyttämään vähitellen; kartat uudistuvat



EUREF-FIN

Miten?

- 1. EUREF-kampanja v. 1989
- Kansalliset tihennykset
- 100 pisteen verkko Suomeen 1996-1997
- Suomen pysyvä GPS-verkko FinnRef[®]
- Euref-komission hyväksymät Suomen viralliset pisteet v. 1999 (19 kpl)
- Euroopan pysyvä GPS-verkko, globaali GPS-verkko

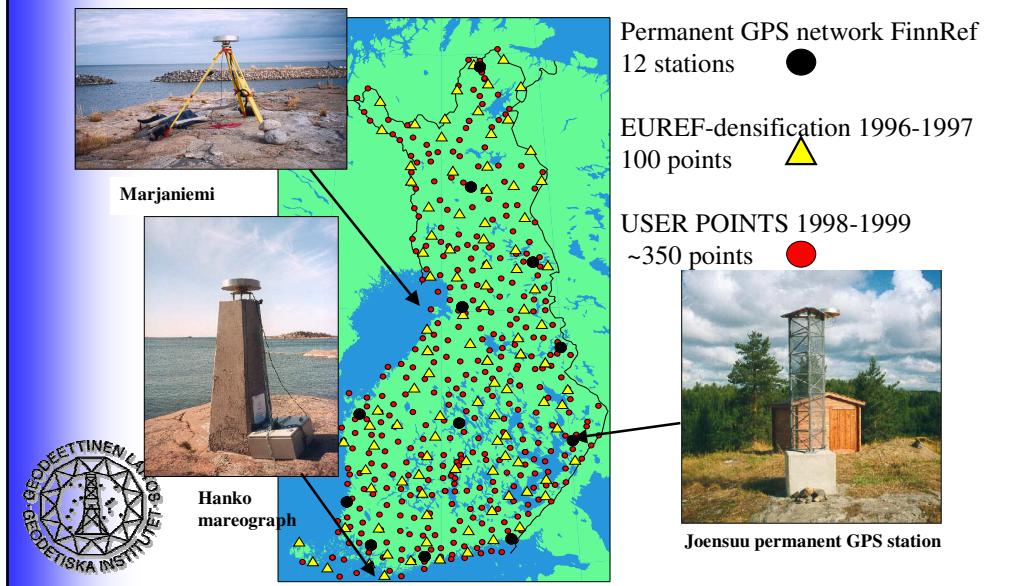


EUREF-FIN

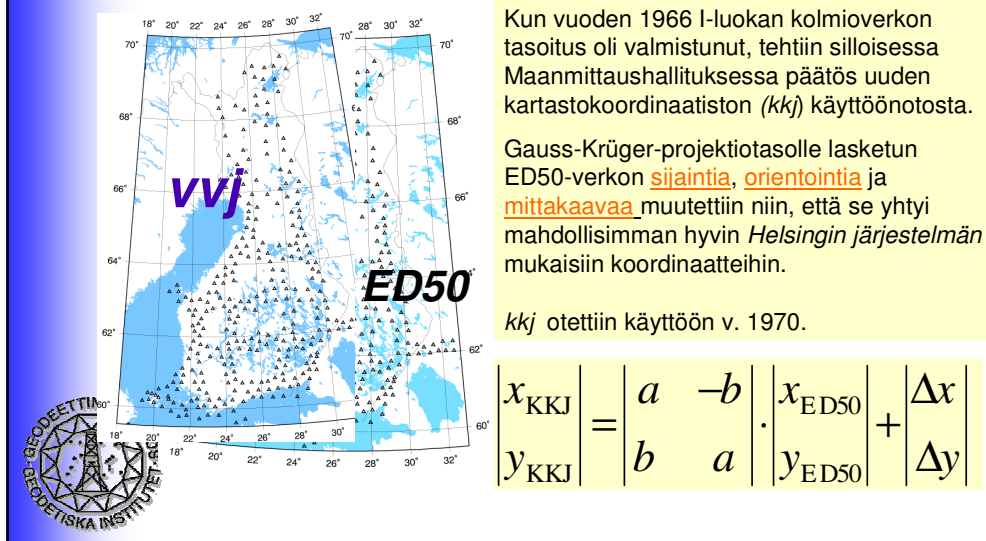
- FinnRef[®]-verkosta neljä pistettä EPN:ssä
- 100 pisteen tihennys v. 1996-97; havaintojaksot väh. 48 h; tasointi FinnRef[®]-verkkoon
- FinnRef[®]-verkon koordinaatit kiinnitetty ITRF96:een
- Tasoitettut koordinaatit muunnettu ETRS-järjestelmään EUREF-komission antamien suositusten mukaisesti



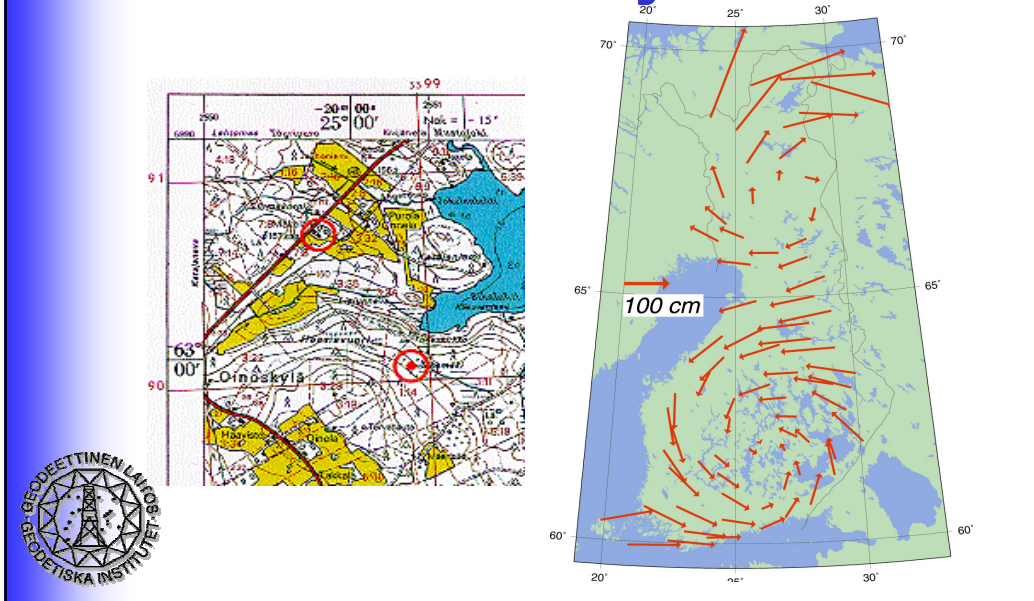
Finnish permanent GPS network – FinnRef and GPS densifications 1996-1999



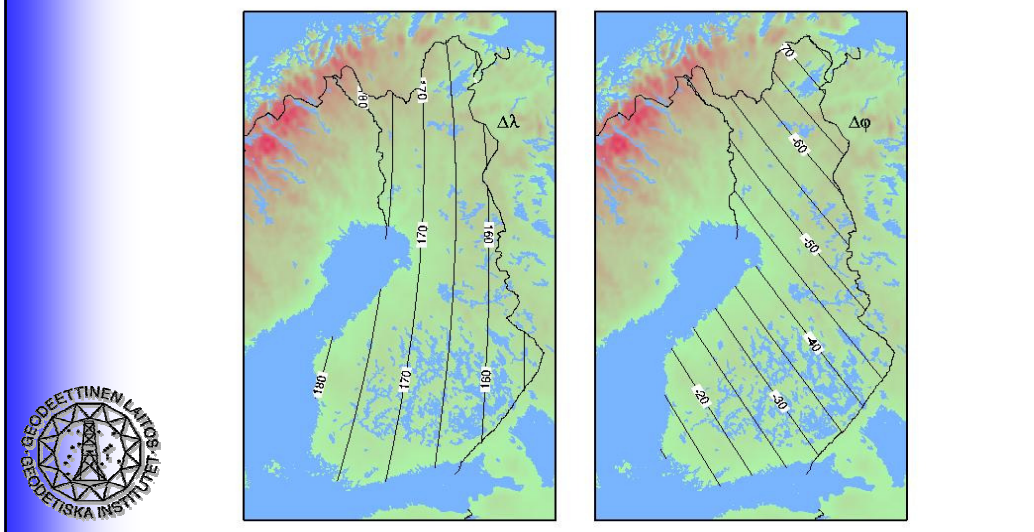
Kartastokoordinaattijärjestelmän luominen



Mitä vikaa kkj:ssä on?



GPS-koordinaattien poikkeama karttakoordinaateista



Julkisen hallinnon suositukset:

- [JHS 153](#): ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa (julkaistu 2002)
- [JHS 154](#): ETRF89-koordinaatiston kanssa käytettävät karttaprojektiot ja karttalehtijako (julkaistu 2003)
 - Karttaprojektiot
 - Koordinaatistojen väliset muunnokset
 - Karttalehtijako



<http://www.intermin.fi/intermin/hankkeet/juhta/home.nsf>

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

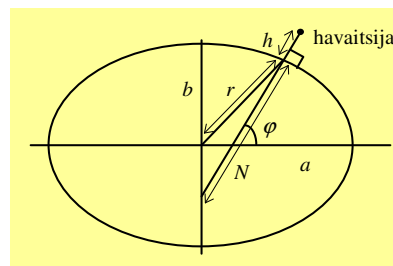
Muunnokset

- Koordinaattijärjestelmien väliset muunnokset triviaaleja; vain origo ja kierto
- Koordinaatistojen väliset muunnokset vaikeita; havaintovirheet, orientointi, skaala, erilaiset realisaatiot, ... yhdenmuotoisuusmuunnos ei aina anna riittävän hyvää tulosta
- Karttaprojektoiden välisissä muunnoksissa edellisten lisäksi otettava huomioon erilaiset skaalakorjaukset yms.



Maantieteellisistä suorakulmaisiin

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N+h) \cos \varphi \cos \lambda \\ (N+h) \cos \varphi \sin \lambda \\ \left(\frac{b^2}{a^2} N + h \right) \sin \varphi \end{pmatrix}$$



$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}$$

"Käänteistehtävä"

$$\tan \varphi \approx \frac{z}{(1-e^2)\sqrt{x^2+y^2}} \quad \rightarrow \quad N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}},$$

$$h = \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{\cos \varphi} - N$$

$$\tan \varphi = \frac{z}{\left(1 - e^2 \frac{N}{N+h}\right) \sqrt{x^2+y^2}}$$

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}},$$

$$\lambda = \arctan \frac{y}{x}$$



Terrestristen koordinaatistojen väliset muunnokset

3D-koordinaattimuunnokset: Helmert-muunnos

Kahden suorakulmaisen koordinaatiston välinen muunnos voidaan tehdä, kun koordinaatistojen origojen väliset

koordinaattierot, koordinaattiakselien erisuuntaisuus ja mittakaavaero tunnetaan.

Vektori ΔX ilmoittaa koordinaatiston 2 origon sijainnin koordinaatiston 1 origoon nähden.

$$\mathbf{X}_2 = \Delta \mathbf{X} + (1+m) \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{X}_1$$

$$\Delta \mathbf{X} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}$$

Kiertomatriisin $\mathbf{R}$:n alkiot ilmoittavat koordinaattiakselien erisuuntaisuuden.

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 1 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 1 \end{pmatrix}$$



Affiininen muunnos

Affiininen muunnos ei säilytä kuvioden muotoja ja siinä mittakaavan muutos koordinaattiakselien suunnassa on erilainen. Muunnos voidaan esittää muodossa

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_1 & e_z & -e_y \\ -e_z & m_2 & e_x \\ e_y & -e_x & m_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$



Polynomimuunnos

Polynomimuunnoksessa uuden koordinaatiston koordinaatit saadaan esitettyä laskettujen koordinaattierojen avulla. Tasossa saamme

$$x_2 = x_1 + \Delta x$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y$$

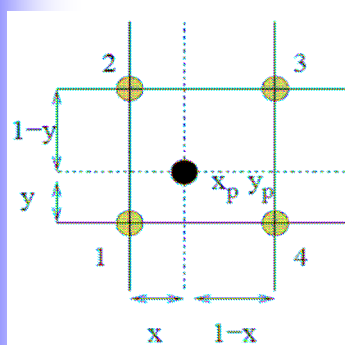
missä

$$\Delta x = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} x^i y^j$$

$$\Delta y = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n b_{ij} x^i y^j.$$



Interpolointi



Kuva 2.26: Bilineaarinen interpolointi tasavälisessä hilassa. Pisteiden 1, 2, 3, ja 4 avulla lasketaan muunnos pisteessä (x_p, y_p) .

$$\Delta x_p = (1-x) \cdot (1-y) \cdot \Delta x_3 + (1-x) \cdot y \cdot \Delta x_4 + x \cdot (1-y) \cdot \Delta x_2 + x \cdot y \cdot \Delta x_1$$

$$\Delta y_p = (1-x) \cdot (1-y) \cdot \Delta y_3 + (1-x) \cdot y \cdot \Delta y_4 + x \cdot (1-y) \cdot \Delta y_2 + x \cdot y \cdot \Delta y_1.$$



Muunnos ITRF - ETRF

$$\mathbf{X}_{\text{ETRF89}}(t_c) = \mathbf{X}_{\text{ITRFyy}}(t_c) + \mathbf{T}_{yy} + \begin{bmatrix} 0 & -\dot{R}_{3yy} & \dot{R}_{2yy} \\ \dot{R}_{3yy} & 0 & -\dot{R}_{1yy} \\ -\dot{R}_{2yy} & \dot{R}_{1yy} & 0 \end{bmatrix} \cdot \mathbf{X}_{\text{ITRFyy}}(t_c) \cdot (t_c - 1989.0)$$

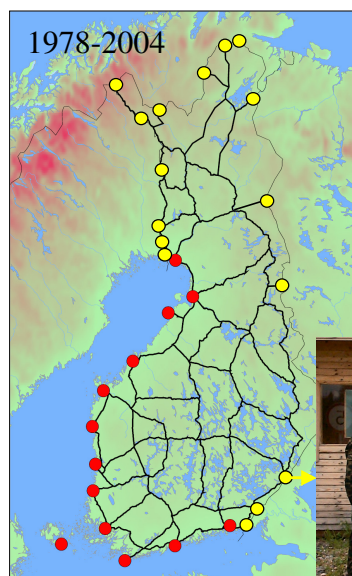
missä siirtoparametrille käytettiin seuraavia arvoja:

$$\begin{cases} Tx_{96} = 4.1 \text{ cm} \\ Ty_{96} = 4.1 \text{ cm} \\ Tz_{96} = -4.9 \text{ cm} \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{R}_{196} = 0.20 \text{ [0.001''/y]} \\ \dot{R}_{296} = 0.50 \text{ [0.001''/y]} \\ \dot{R}_{396} = -0.65 \text{ [0.001''/y]} \end{cases}$$

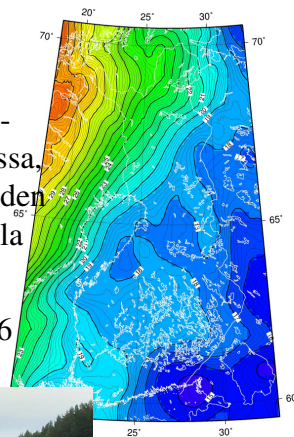


Korkeusjärjestelmät

FIN2000 geoid model



- N60, nollapiste Helsingin keski-vedenkorkeudessa, maannousu kahden vaaituksen avulla
- Uusi korkeusjärjestelmä 2006

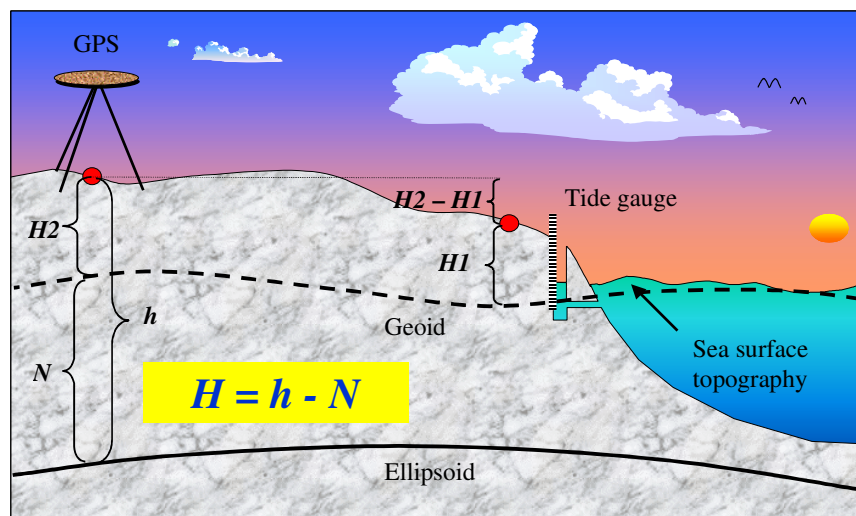


GPS ja korkeus

- GPS mittaa etäisyyksiä Maan keskipisteestä (tai korkeuksia vertausellipsoidista = h)
- Vaaitus antaa korkeudet geopotentialin tasa-arvopinnasta (geoidi), H
- h on geometrinen suure, jolla ei ole fysikaalista merkitystä, H on fysikaalinen suure, jolla ei ole geometristä merkitystä
- Geoidi on tunnettava, jotta korkeuksia voidaan verrata toisiinsa, geoidin korkeus ellipsoidista = N
- $H = h - N$

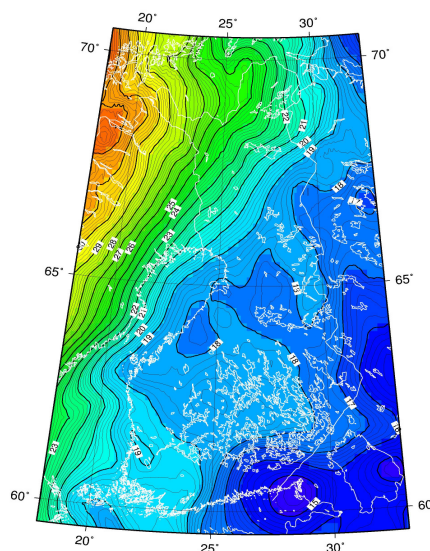
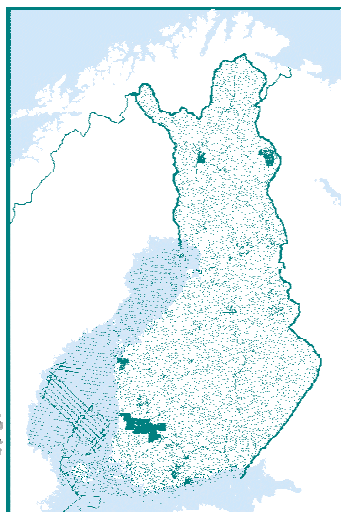
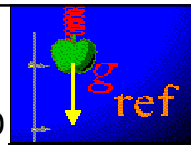


GPS, geoidi ja vaaitus

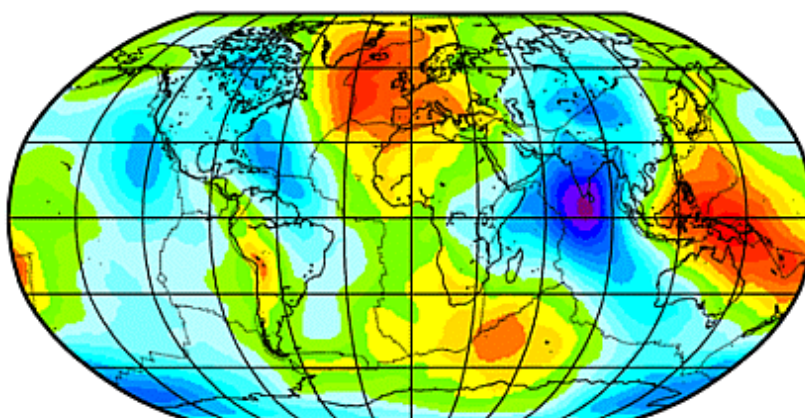


Painovoima ja geoidi

FIN2000



Globaali geoidi



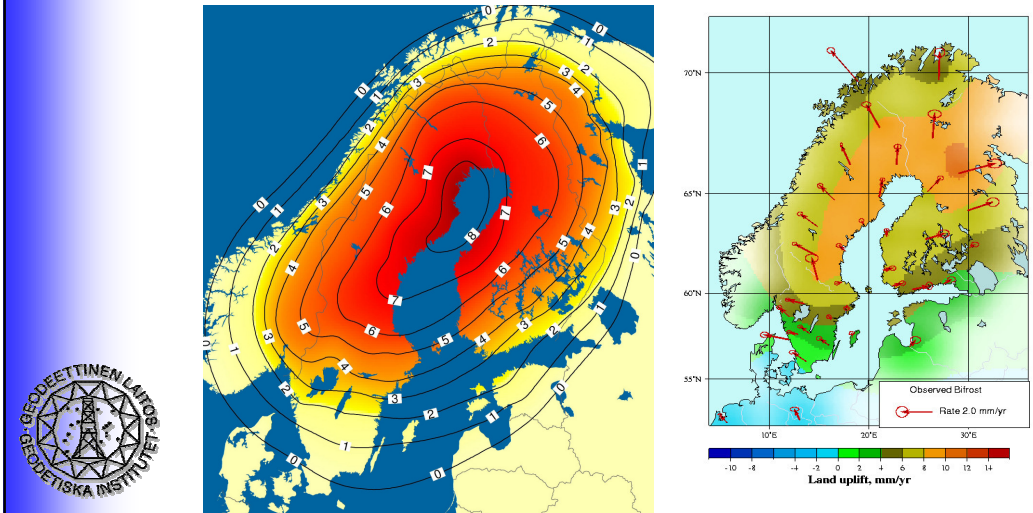
GRIM5-S1 Geoid ($a=6378136.46\text{m}$, $1/f=298.25765$) in meter



-110 100 -90 -80 -70 -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90



Maannousu muuttaa korkeuksia ja välimatkoja



Eurooppalainen yhteys

- Eurooppalaisen paikkatiedon yhteiskäytön edistäminen, mm. EuroSpec, INSPIRE
- Yhtenä tavoitteena on luoda yhteinen eurooppalainen korkeusjärjestelmä
- EU-komissiolle suositus EUVN- ja UELN-hankkeiden tulosten omaksumista korkeusjärjestelmäksi
- EUREF-työryhmän määritelmä, EVRS2000, EVRF2000



N2000

Uusi kansallinen korkeusjärjestelmä N2000 on yhtenevä Euroopan korkeusjärjestelmän EVRS2000 kanssa:

- Korkeuksien lähtötaso on yleiseurooppalaisen järjestelmän lähtötaso.
- Järjestelmän korkeudet ovat normaalikorkeuksia.
- Käytettävä vuoksikorjaus on nollavuoksikorjaus.
- Maannousun osalta korkeudet vastaavat tilannetta vuoden 2000 alussa.

▪ Valmistuu v. 2006, käyttöön vähitellen



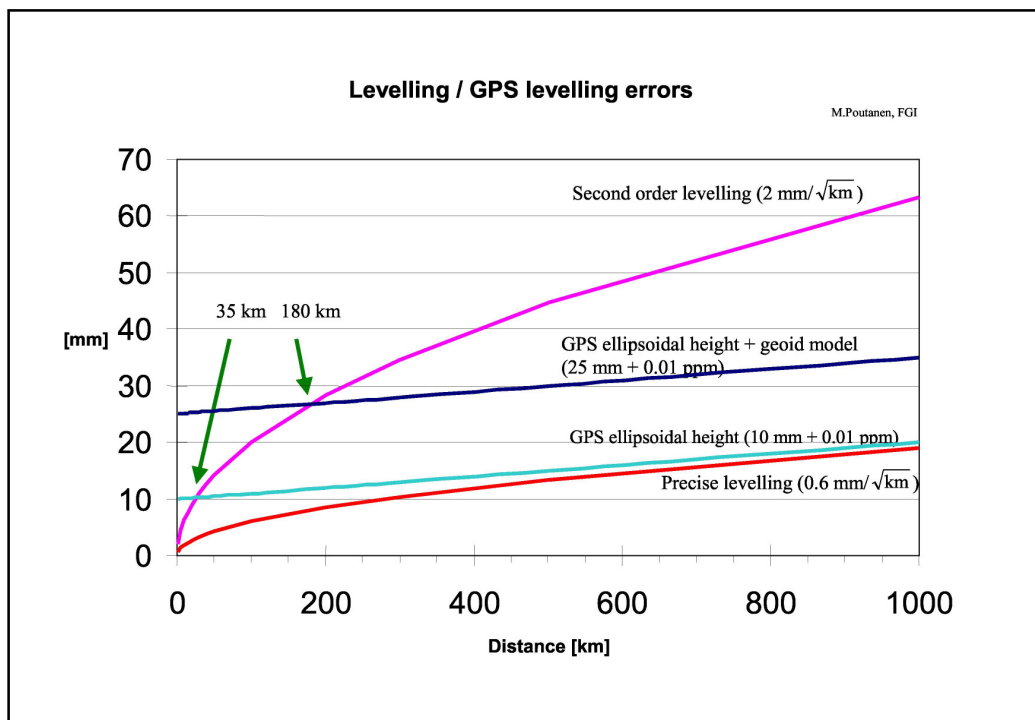
European Unified Vertical Network (EUVN)

Kampanjan tavoitteena Euroopan maiden korkeusjärjestelmien liittäminen toisiinsa.

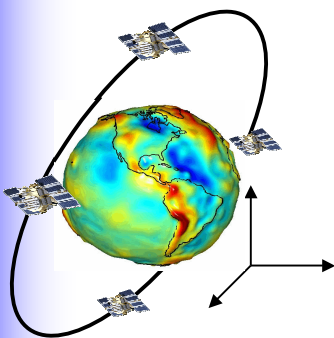


- | | |
|----------------------------------|---|
| ▲ EUREF sites | ⊙ GPS permanent stations - nodal points |
| ▲ GPS permanent stations - EUREF | ◆ Tide gauge sites |
| △ GPS permanent stations | ⊙ GPS permanent stations - tide gauge |
| • UELN & UPLN nodal points | — UELN lines |





Siirtyminen Maahan sidottuihin koordinaatteihin

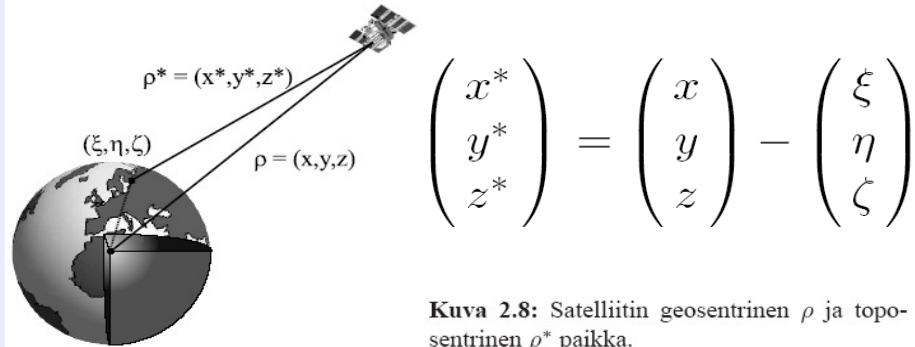


$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{CTS} = \mathbf{R}^M \mathbf{R}^S \mathbf{R}^N \mathbf{R}^P \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{CIS}$$



$$\mathbf{R}^M = \mathbf{R}_2(-x_p) \mathbf{R}_1(-y_p) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_p \\ 0 & 1 & -y_p \\ -x_p & y_p & 1 \end{pmatrix}$$

Topocentric vs. geocentric



Kuva 2.8: Satelliitin geosentrinen ρ ja topocentrinen ρ^* paikka.

