TuAMK väyläsuunnittelu

Geodesiaa ja paikannusta
3.2.2015

Maan muoto ja koko
(= geodesia)

- pyörimisliike
- keskipiste
- koordinaattiakselit
- prekessio ja nutaatio

Kulmalukemien esitysmuodot

1 radiaani = 63.66197723 gon
= 57.29577951º
= 57 º17'44.8063"
= 57 º17.746772'
= 3437.746772'
= 206264.8063"

$13^h46^m34.67^s$

Ast.minsek; geodeettiset koordinaatit ja kulmat
Ast.mindes; koordinaatit navigoinnissa
Ast.des ; suunnat navigoinnissa
gon.des ; käytännön geodesian mittaukset
mgon 0.001 gon
mrad 0.001 radiaania

Esimerkki ajan mittauksesta

Alkuhetki 27.7.1949 klo 12.00 SVA
loppuhetki puolipäivä 7.4.1999

Loput 27.7.49	43200	27.7.49
(4+31+30+31+30+31)x86400	13564800	31.12.49
49x365x86400	1545254000	
12x86400	1036800	31.12.98
(31+28+31+6)x86400	8294400	6.4.99
aamupäivä 7.4.99	43200	
	-3600	
	1 568 242 800	

Keskivirhe

	Mittaustulos	*Tulos-Ka*	*(Tulos-Ka)^2*
1	110.486	+13.4 mm	179.56
2	110.475	+2.4 mm	5.76
3	110.456	-16.6 mm	275.56
4	110.466	- 6.6 mm	43.56
5	110.480	+ 7.4 mm	54.76
ka	**110.4726**		559.20

$m_0=\sqrt{559.2/4}$

$= 11.8$ mm

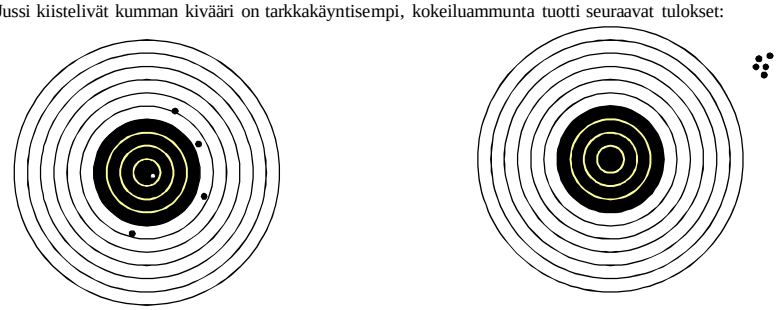
Etäisyyshavainnon keskivirhe 11.8 mm

Keskiarvon keskivirhe on $m_0/\sqrt{n}$ n=5

11.8/2.23=5.3 mm

Tarkkuuden ilmaiseminen yhdellä luvulla johtaa (aina) harhaan

Kalle ja Jussi kiistelivät kumman kivääri on tarkkakäyntisempi, kokeiluammunta tuotti seuraavat tulokset:

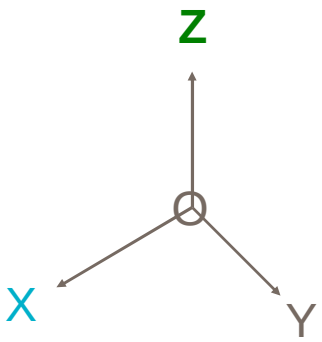


KALLE JUSSI

Kallen kommentti oli: Siinäs näit, sinun kiväärillä ei osu edes tauluun, minulla osuu joka laukaus teeren kokoiseen pilkkaan.

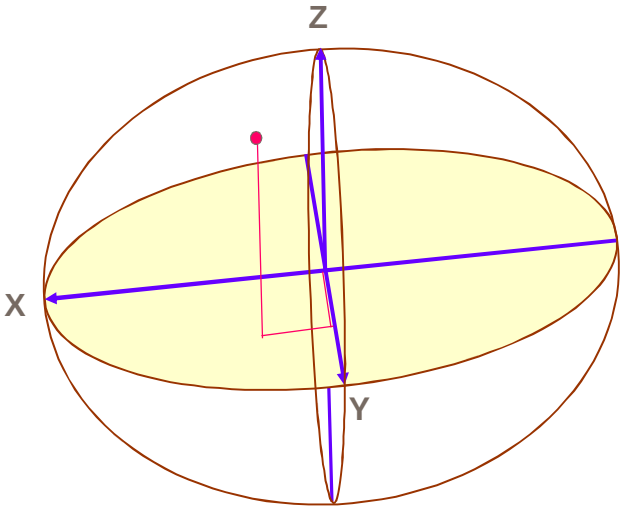
Jussin vastaus: Minun kiväärini on **tarkkakäyntisempi.** Kiväärin tähtäimissä on **vakiovirhe.** Kun virhe poistetaan säätämällä **(kalibroimalla)** on taulun kympistä jäljellä vain repaleinen reikä.

ECEF-koordinaatisto



- Origo maapallon massakeskipiste
- Z-akseli yhtyy maapallon pyörähdysakseliin
- X-akseli suuntautuu Greenwichin meridiaaniin

PYÖRÄHDYSELLIPSOIDI



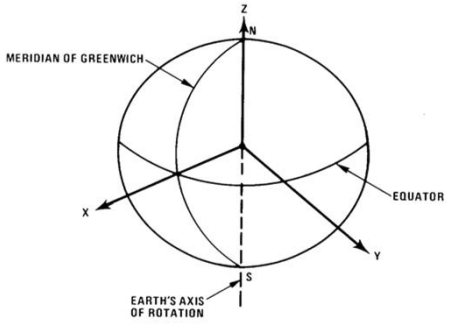
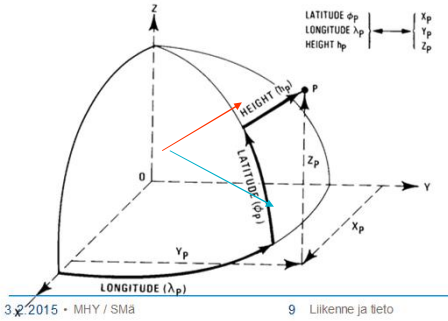


Figure 2-18. The Cartesian Coordinate System



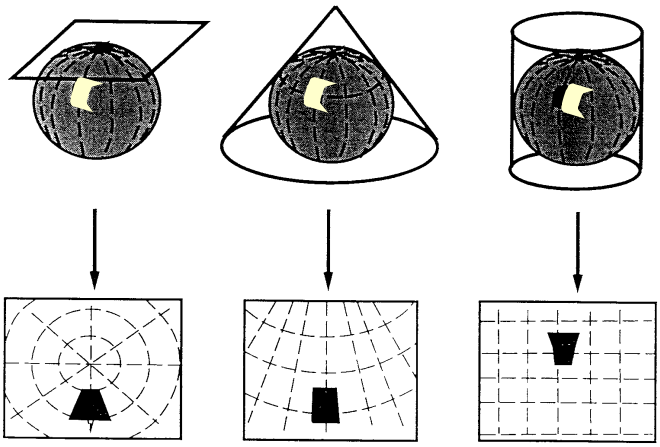
Maantieteelliset koordinaatit

Lat 60º20.63' N
Lon24º54.34' E

Pallokoordinaatit
maantieteelliset
koordinaatit

EI MERKATOR-projektion koordinaatit!!!

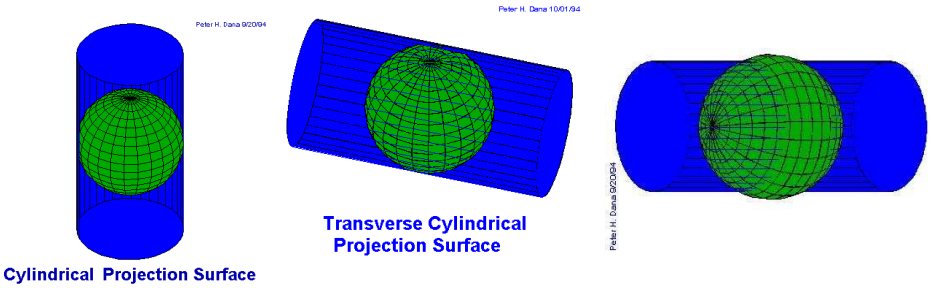
PROJEKTIOSTA



Tasoprojektio Kartioprojektio Lieriöprojektio

(Paikkatieto ja paikkatietojärjestelmät, Silva Carelica 28)

PROJEKTIOISTA

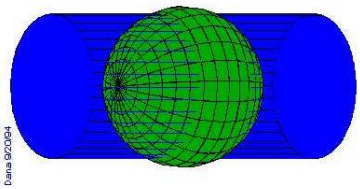


Mercator

Transverse Mercator (Gauss-Krüger)

Universal Trans-verse Mercator (UTM)

UTM-PROJEKTIO



Universal Transverse Mercator (UTM)

kaistajako 12 ° (27 ° = TM35FIN, vrt. yhtenäiskoordinaatisto, kaista 3: 27 °) projektiokorjaukset esim. Ahvenanmaalla luokkaa 2000 mm / km.

Uuden koordinaattijärjestelmän vaikutukset:

VATU: turvalaitteille mitattu EUREF-koordinaatit (GPS-geodeettiset mittaukset)
Merikartat: kansainvälinen esitystapa: INT-kartat (EUREF-koordinaatit)

Maastomittaukset: GPS-mittaukset suoraan EUREF-koordinaateiksi
Paikalliset rakennusmittaukset: edelleen Gauss-Krüger projektiossa, johtuen suurista mittakaavakorjauksista projektion reunoilla (myös väyläsuunnitelmat)

Korkeusjärjestelmäksi on ehdotettu Amsterdamin vertailutasoa (NAP), käyttöönotossa odotetaan Geodeettisen laitoksen ja merentutkimuslaitoksen selvityksiä.

DATUMIT vs. PROJEKTIOT

- EUREF
  - XYZ ECEF-koord
  - φ,λ,h -koordinaatit
  - GRS-80 vertausellips
  - UTM (yleiskaista, 6° jako)
  - Gauss-Krüger
    - eri kaistoissa

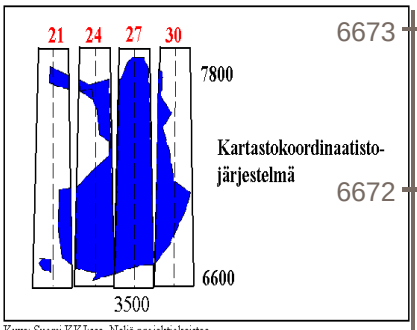
[MKL 7] ⟷

- KKJ
  - XYZ ECEF-koord
  - φ,λ,h -koordinaatit
  - Hayford International 1924 vertausellips
  - Gauss-Krüger
    - eri kaistoissa

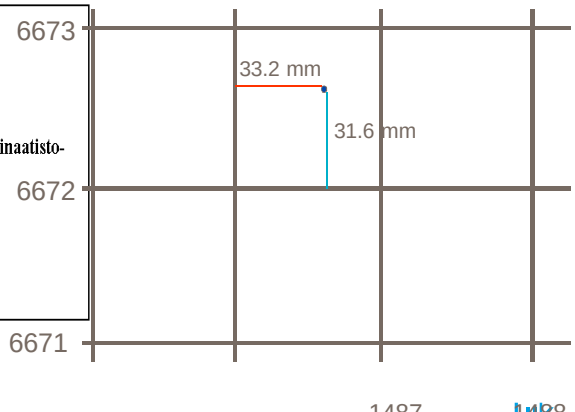
TASOKOORDINAATISTO

X=6672000+ 20000x0.0316 =6672632
Y=1486000+ 20000x0.0332 =1486664

KKJ



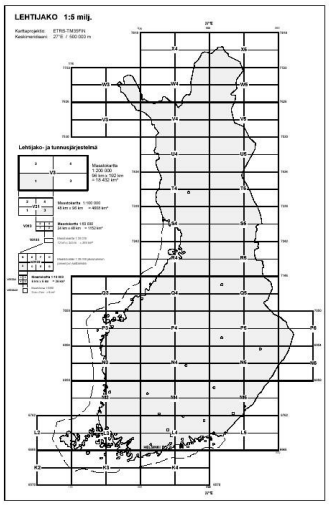
Kuva: Suomi KKJ:ssa. Neljä projektiokaistaa.



TASOKOORDINAATISTO TM35FIN

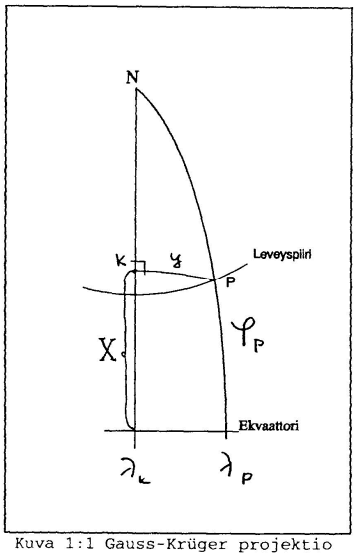
JULKISEN HALLINNON SUOSITUS JHS 154 34

Liite 6 Karttalehtijako (kuva)



Karttalehtien mittakaavat:

1 : 200 000
1 : 100 000
1 : 50 000
1 : 25 000
1 : 10 000
1 : 5 000



Kuva 1:1 Gauss-Krüger projektio

X on kantapisteen etäisyys päiväntasaajalta

y on etäisyys keskimeridiaanista

Koska halutaan välttää negatiivinen y (keski-meridiaanin länsipuolella on tapana lisätä y -arvoon (1)500000

Y = y + 500000

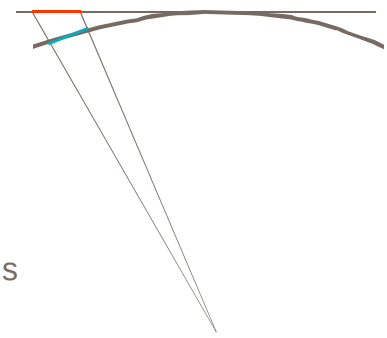
Kaistansiirto
Gauss-Krüger muunnokset

X=6920425.971 Y=**1**504644.692 $\lambda_k = 21^o$

6924242.034	0659796.538	$\lambda_k = 18^o$
6923810.980	2349485.580	$\lambda_k = 24^o$
6934399.740	3194562.363	$\lambda_k = 27^o$
6952200.468	4040120.687	$\lambda_k = 30^o$
62°23'19.46592"	21° 5'23.22145"	

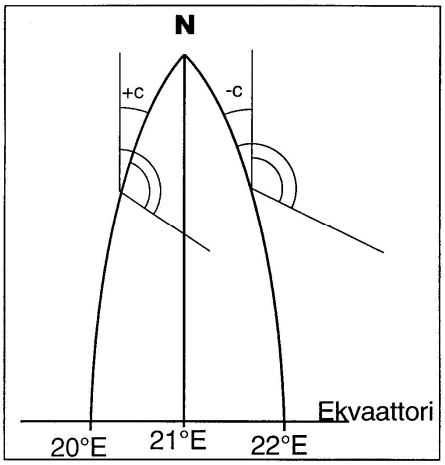
Transverse Mercator **EI UTM**

Projektiovääristymät



Pituuskorjaus

Meridiaanikonvergenssi



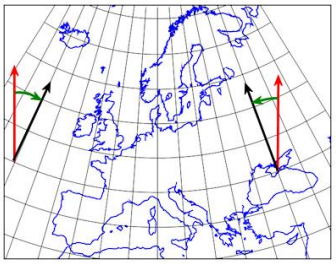
$c = \Delta\lambda \ \sin \varphi$

$\varphi = 62^o$ -> $\sin \varphi = 0.882$

Jos $\Delta\lambda = 1.5^o$ on

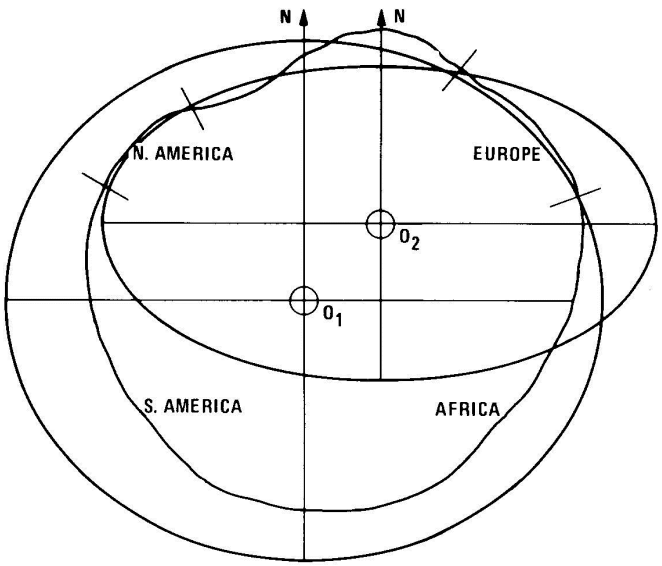
c noin 1.3^o

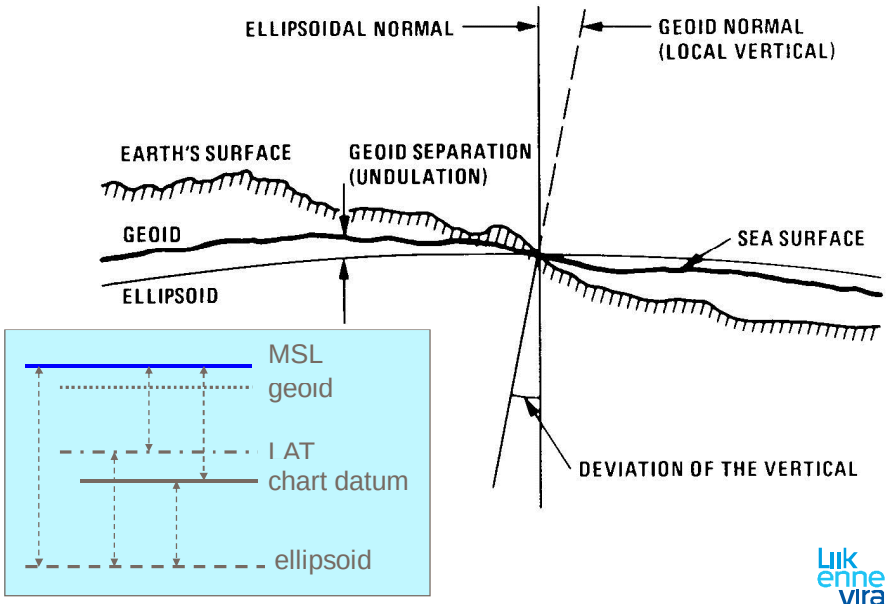
Vrt. napaluvun korjaus, joka on vastakkaismerkkinen



DATUM

- Ellipsoidi, tulee olla tiedossa
- DATUM on se sopimus (kiinnittäminen) millä tietty ellipsoidi ”naulataan” todelliseen maankuoreen
- DATUM on fysikaalinen ilmiö, kahden DATUMIN välistä eroa ei voi johtaa mistään kaavoista
- KKJ on Suomen DATUM (1930-luku)
- WGS84 on DATUM, missä satelliittien ratatiedot annetaan
- EUREF-89 on WGS84 realisointi Euroopan alueella
- EUREF-FIN on EUREF Suomessa
  - GRS80-ellipsoidi


N
N
N. AMERICA
EUROPE
O_2
O_1
S. AMERICA
AFRICA


ELLIPSOIDAL NORMAL
GEOID NORMAL
(LOCAL VERTICAL)
EARTH'S SURFACE
GEOID SEPARATION
(UNDULATION)
GEOID
SEA SURFACE
ELLIPSOID
MSL
geoid
I AT
chart datum
ellipsoid
DEVIATION OF THE VERTICAL

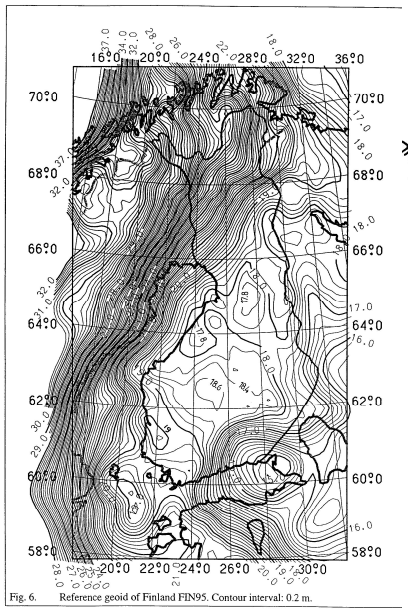
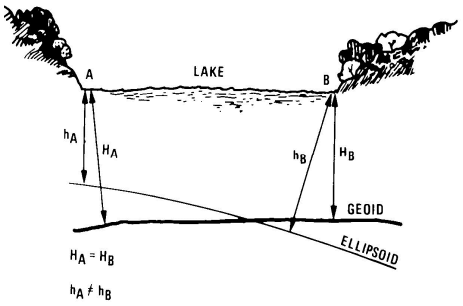


Fig. 6. Reference geoid of Finland FIN95. Contour interval: 0.2 m.



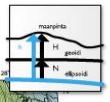
Converting GPS-based heights to N2000

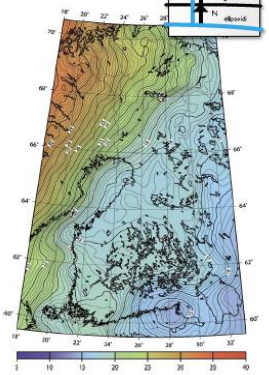
GPS cannot provide the N2000 heights directly, but heights (h) measured with GPS can be converted to N2000 heights (H) using a FIN2005 geoid model.

The FIN2005 geoid height (N) can be estimated on the map below or computed using a numerical geoid model. The conversion is carried out with formula $H = h - N$.

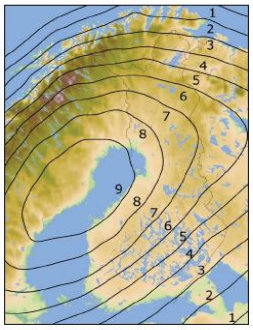
The accuracy of the FIN2005 geoid model exceeds 5 cm throughout the country.

The geoid is a fictitious extension of the sea level under the continents. At sea, the geoid almost coincides with the free sea surface.





Map 5: FIN2005 geoid model: Geoid height (N) in meters above the GRS80 ellipsoid.



Map 6: Land uplift relative to the centre of the Earth.

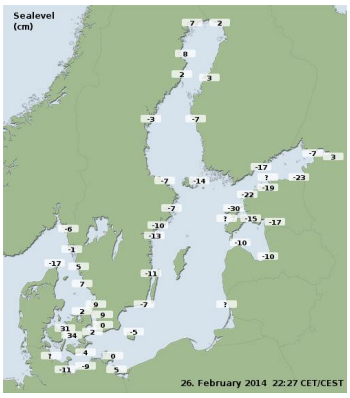
24° 28°

Finnish Geodetic Institute
www.fgi.fi

Finnish Marine Research Institute
www.fimr.fi

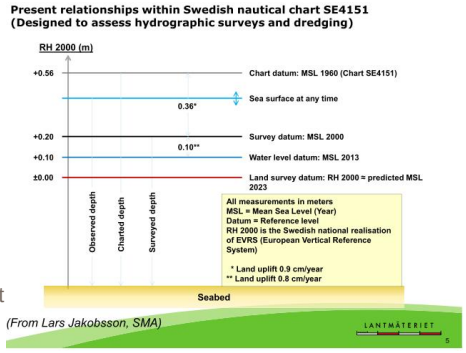
Finnish Maritime Administration
www.fma.fi

National Land Survey of Finland
www.nls.fi

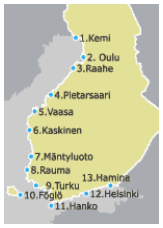


Korkeusjärjestelmät

- NN, N43, N60
- keskivesi: MW 2010 (nyt käytössä)
- Amsterdamin vertaustaso: N2007 korkeus
- tarve Itämeren yhteiselle vertaustasolle (aluksi erot tiedossa) BOOS



(From Lars Jakobsson, SMA)



Ilmatieteen laitos

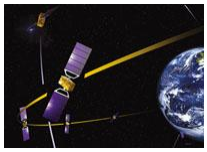
- Vedenkorkeustiedot (suljettu allas, vallitsevat tuulet)
- Jäätilannetiedot
- aaltotiedot

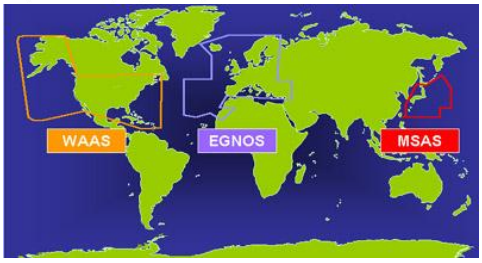
MERENMITTAUSALUS

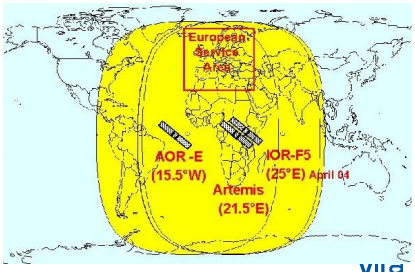
Antennien paikka aluksessa;
DGPS-paikannus, laadunseuranta, menettelytavat;
Automatisoitu tallennus: kellon avulla yhdistetään syvyys- ja paikkatieto
Normien mukaiset menettelytavat ja laadunseuranta

- **GNSS**: GPS / GLONASS / Galileo & EGNOS / WAAS
- Ionosfäärin mallintaminen ja korjauksien suuruuden arviointi kohteessa
- avoin palvelu, navigoinnin eheyspalvelu, kaupallinen palvelu, viranomaispalvelu, pelastuspalvelu
- EGNOS operatiivinen SOLAS-toimintaan maaliskuussa 2011

esa EGNOS
European Geostationary Navigation Overlay Service



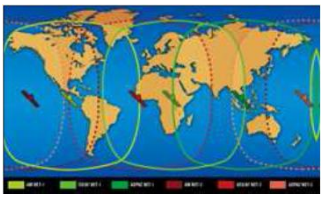


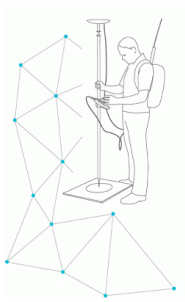


DIFFERENTIAL POSITIONING

e.g. Wide Area DGPS

Pysyvät referenssiasemat
Virtuaalinen korjausaseman laskenta
Korjaukset kommunikointisatelliitin kautta tai GSM-data (IP protokolla)



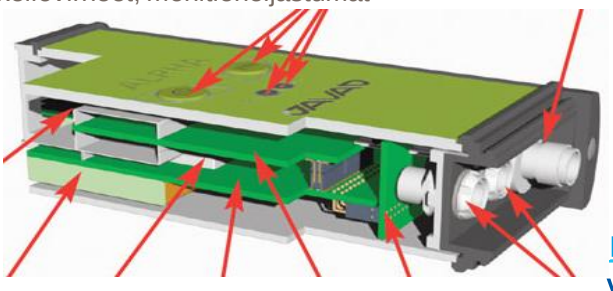


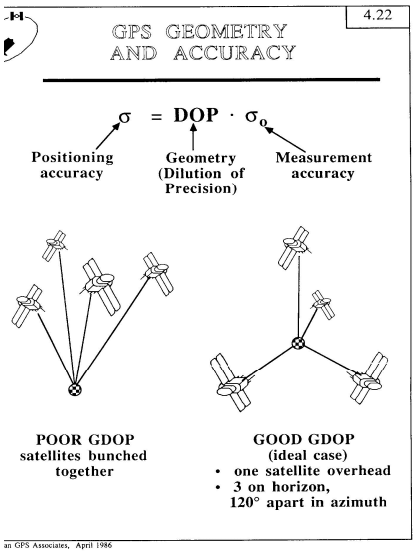
SWEDPOS C-Nav (C&C) GL:n paikannuspalvelu

DGNSS

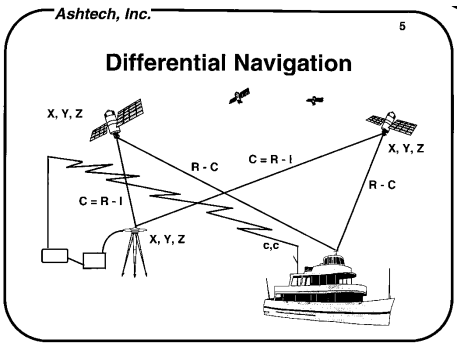
Differential GPS (NMEA type messages): 4 serial ports (input/output)
- data collection and survey (RS-232C): GGA
- motion sensor, radar etc.: GLL, VTG
- PPS pulse

Virhelähteitä
- Ionosfääri ja troposfääri, auringon aktiviteetti: signaalin etenemisnopeus
- Satelliittien rata ja kellovirheet, satelliittigeometria (PDOP)
- Vastaanottimen kellovirheet, monitieheijastumat



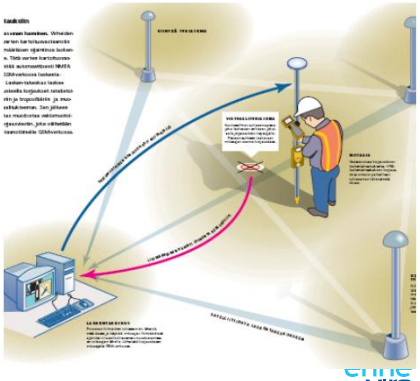


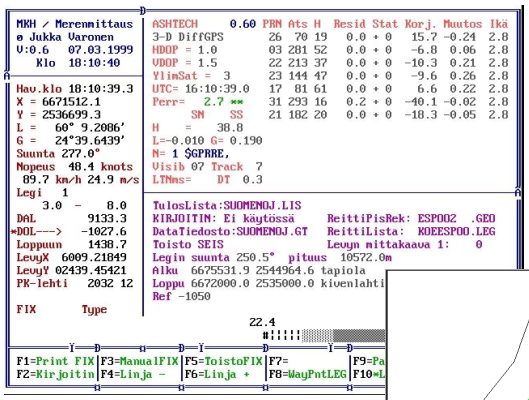
DGPS ja paikannuksen tarkkuus

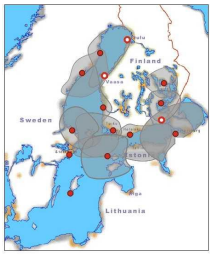


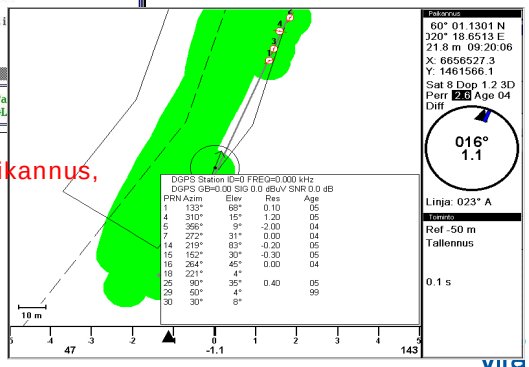
RTK-GPS, VRS, GNSS

- Oma referenssiasema radiolinkin kuuloetäisyydellä (< 20 km)
- Virtuaalinen referenssiasema GSM:n tai GPRS:n välityksellä
- Differentiaalikorjaukset koodiin ja kantoaaltoon (vaihehavainnot)
- Tuottaa myös korkeushavainnot (vertailutasoon: EUREF-89)
- Moniantennijärjestelmällä saa myös aluksen liiketilan (jälkilaskennalla)









Vähintään 6 satelliittia, 3D paikannus,
differentiaalikorjaukset AINA !
ja vain yhdeltä asemalta
(~ 10 s, max ikä 30 s),
P_{err} < 2 m (2,5 drms)

Erityisongelmatilanteita:

Auringonpilkkumaksimi aiheuttaa lisävirheitä (ionosfääri)
GPS/Glonass integriteetti puuttuu - mihin joutuvat ei-DGPS käyttäjät?
DGNSS:n mukavuus ja tarkkuus voi rappeuttaa perinteiset navigointitaidot
Kysymyksessä on *navigointi*- eli *turvallisuus* järjestelmä

Indagon Oy (Nokia Oyj:n tytäryhtiö) on lopettanut FM-taajuuksilla käytetyn RDS Fokus palvelun ja korvaa sen IP-pohjaisella @-FOKUS palvelulla. Tämän integriteetti on vielä avoin.

Kaupallisia differentiaali- ja VRS-palveluita on saatavilla, osin pohjautuvat MML:n (aiemmin Geodeettisen laitoksen) GNSS-laskentaverkkoon.

Asetusten ja laadun tarkastelu on tärkeintä merenmittaustyössä!