



MML
PAIKKA-
TIETO-
KESKUS FGI

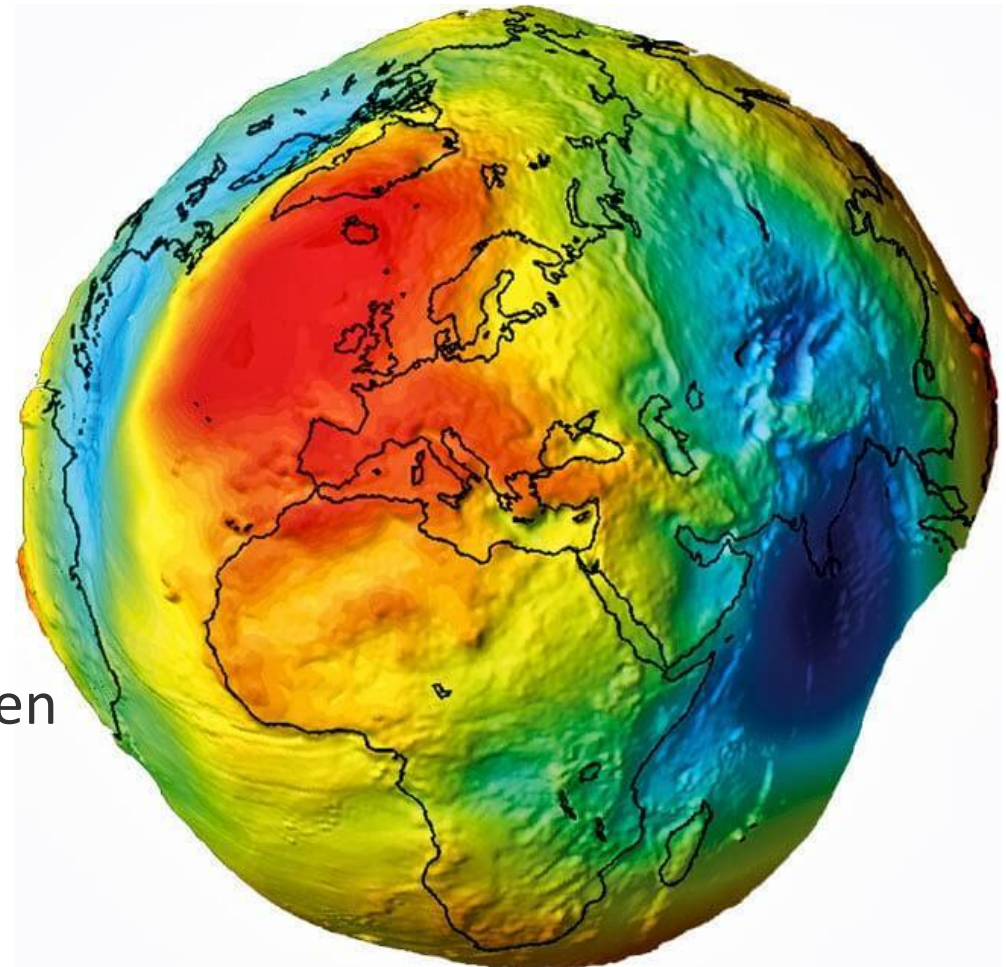
Geoidimalli ja sen hyödyt paikannukselle (korkeuden määrittämiselle)

Mirjam Bilker-Koivula

Mikä on geoidi?

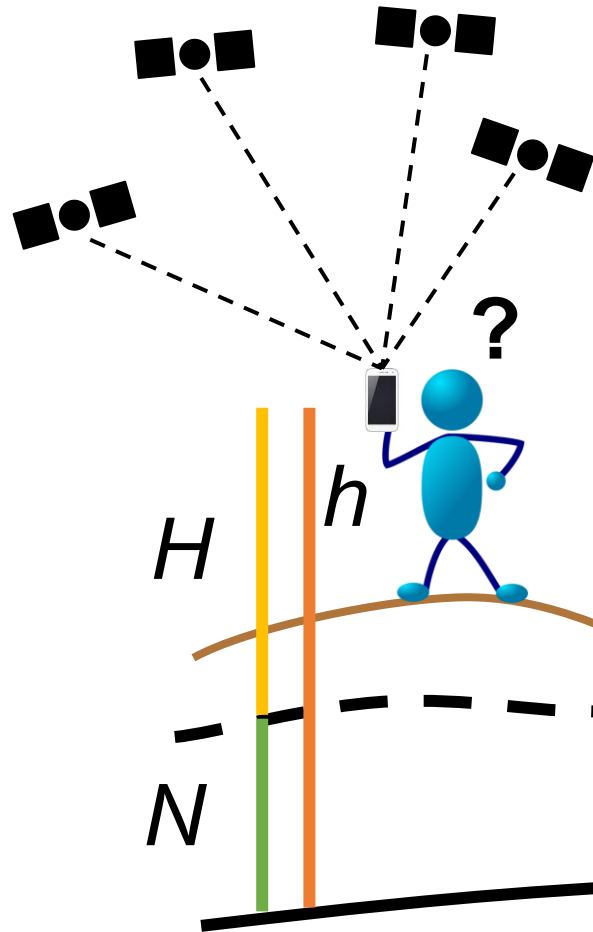
- Maapalloa kuvaava muoto
- Pinta joka vastaa levossa olevaa keskimääräistä merenpintaa
- Fysikaalinen, Maan massojen ja tiheysvaihteluiden määräämä pinta
- Maan painovoimakentän ekvipotentiaalipinta
- Korkeusjärjestelmien nolla-pinta

Geoidimalli kuvaa geoidin pinnan ja ellipsoidipinnan välistä etäisyyttä



Kuva: <https://geodesy.science/glossary/geoid/>

Geoidimalli ja korkeuden muunnospinta



Korkeuden muunnospinta

= painovoimadatasta laskettu geoidimalli joka on sovittu GPS-vaaitus datan avulla kansallisiin vertausjärjestelmiin

$$H_{N2000} = h_{\text{EUREF-FIN}} - N_{\text{geoidimalli}}$$

geoidi

ellipsoidi

Suomen uusiin malli:
FIN2023N2000
Julkasitu 15.1.2024

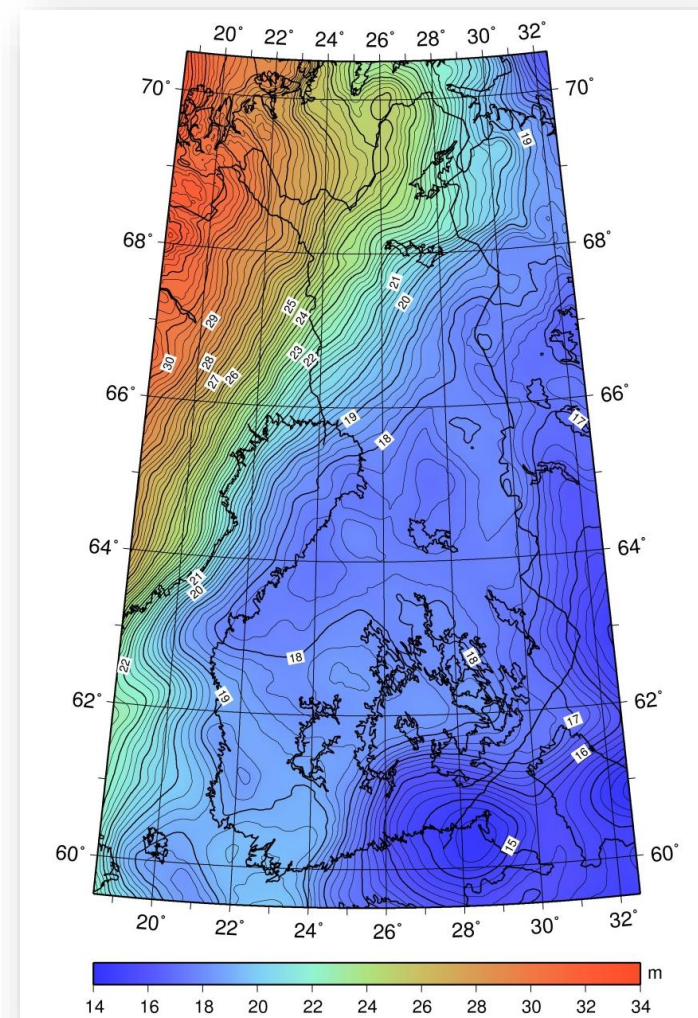
Vähän historiaa

Ensimmäinen korkeuden muunnospinta EUREF-FIN ja N2000 korkeuksien välillä oli:

FIN2005N00 geoidimalli

- Luotu 2000-luvun alussa
 - Perustuu Pohjoismaiden geoidimalliin NKG2004
 - Aika ennen painovoimasatelliitteja
 - Sovittu 1996/1997 mitattuun GPS-vaaitus dataan (40 pistettä)
- Tarkkuus 2 cm

Ei enää riittävä!!!



~20 vuotta!

Kehitykset sitten FIN2005N00

- Painovoimasatelliitit
 - Parempia globaalipainovoimamalleja
- Valtakunnallinen laserkeilaus
 - Parempi & tiheämpi korkeusmalli
- Painovoimadatan yhtenäistäminen
 - mm. epookkimuunnos 1963 -> 2000
- Painovoimamittauksia merellä

- Uusi homogeeninen GPS-vaaitus aineisto – 74 pistettä

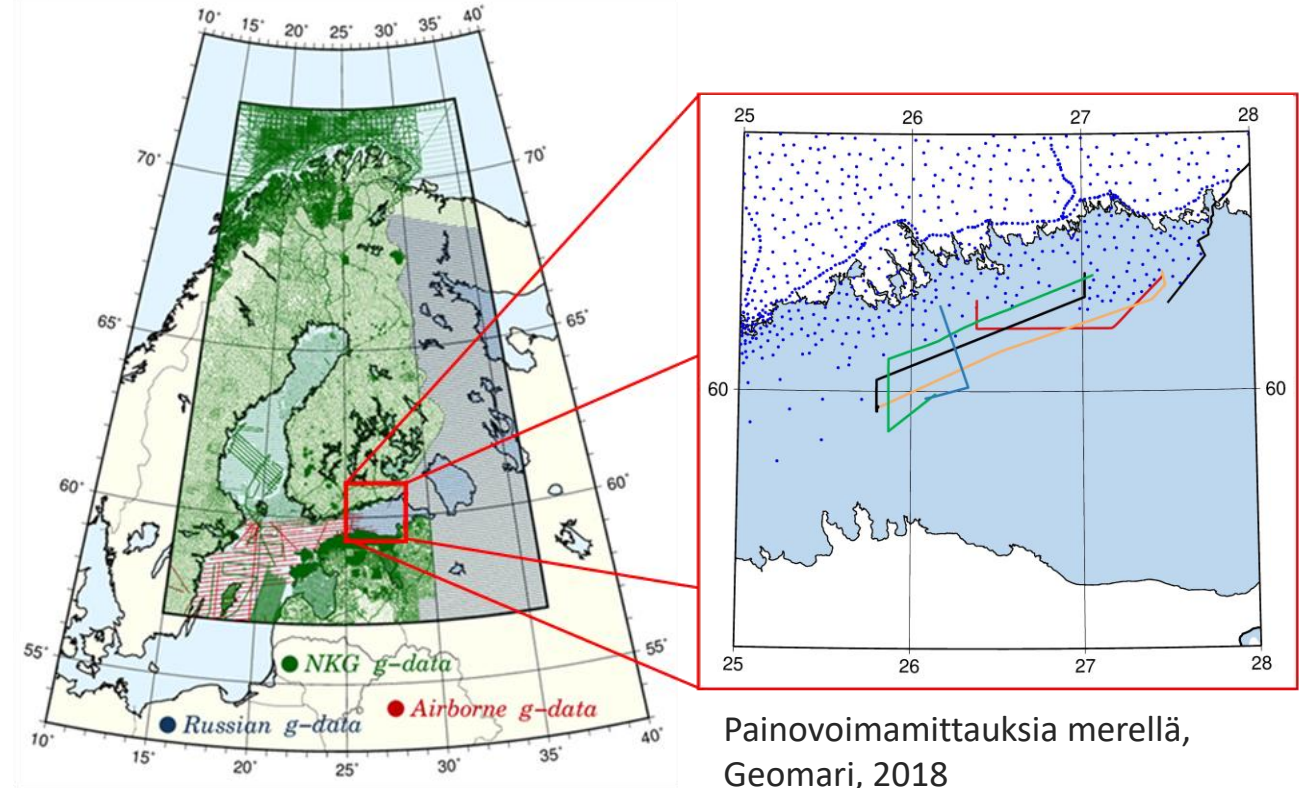
Uusia
gravimetrisia
geoidimalleja

Uusi
sovitus

Suomen gravimetristen geoidimallien laskenta 2016-2019

- Data
 - Pituus 15° – 36°
 - Leveys 56.8° – 72.2°
 - 145 519 painovoimapistettä (maalla, ilmassa, merellä)
 - Globaalipainovoimamalli, korkea-resoluutioinen EIGEN-6C4
 - Korkeusmalli NKG-DEM2014

- Poista-laske-palauta -laskentamenetelmä



Tulos: gravimetrinen geoidimalli

FIN_EIGEN-6C4_GEO

- Tarkkuus 1.7 cm
- Parempi kuin FIN2005N00
- Mutta ~30 cm offset

	Keski-arvo	Keski-hajonta	Min.	Max.
FIN2005N00	-	0.019	-0.078	0.032
Pohjoismaiden NKG2015	-0.023	0.019	-0.039	0.044
FIN_EIGEN-6C4_GEO	0.289	0.017	-0.050	0.041

Sovitus GPS-vaaitus dataan

- Gravimetrinen geoidimalli FIN_EIGEN-6C4_GEO
- Uusi GPS-vaaitus aineisto 74 pistettä

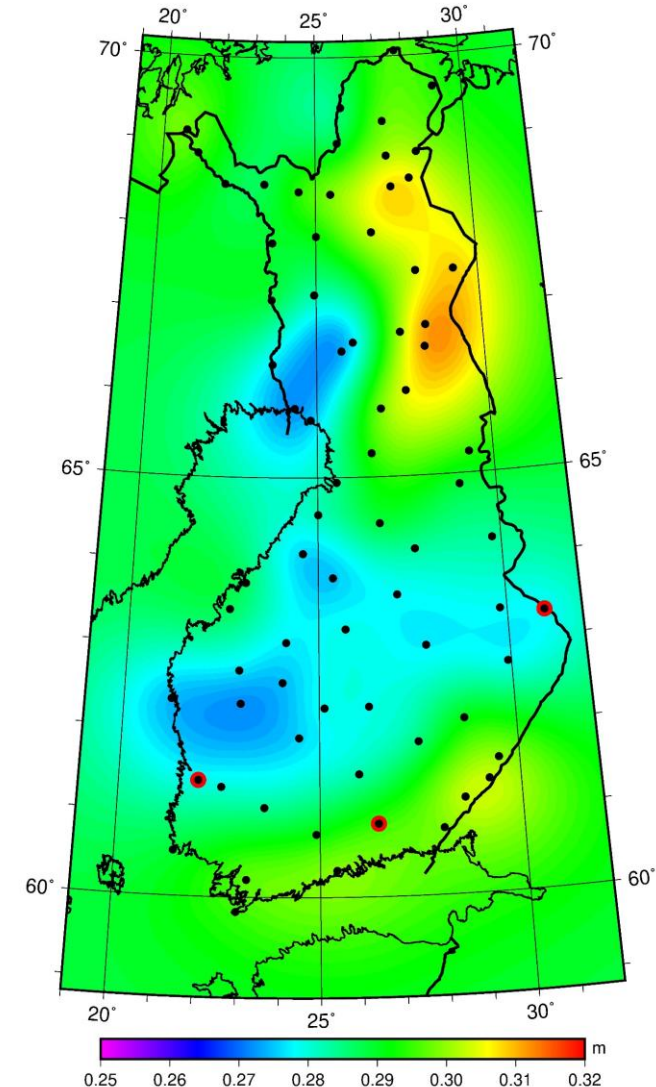
$$\Delta N = h_{\text{GPS}} - H_{\text{vaaitus}} - N_{\text{FIN_EIGEN-6C4_GEO}}$$

- Sovitaan korjauspinta geoidikorkeuserojen läpi
 - Pienimmän neliösumman kollokaatio
- Lisätään korjauspinta geoidimalliin → FIN2023N2000

	Keski-arvo	Keski-hajonta	Min.	Max.
FIN2005N00	-	0.019	-0.078	0.032
FIN_EIGEN-6C4_GEO	0.289	0.017	-0.050	0.041
FIN2023N2000	0.000	0.014	-0.042	0.031

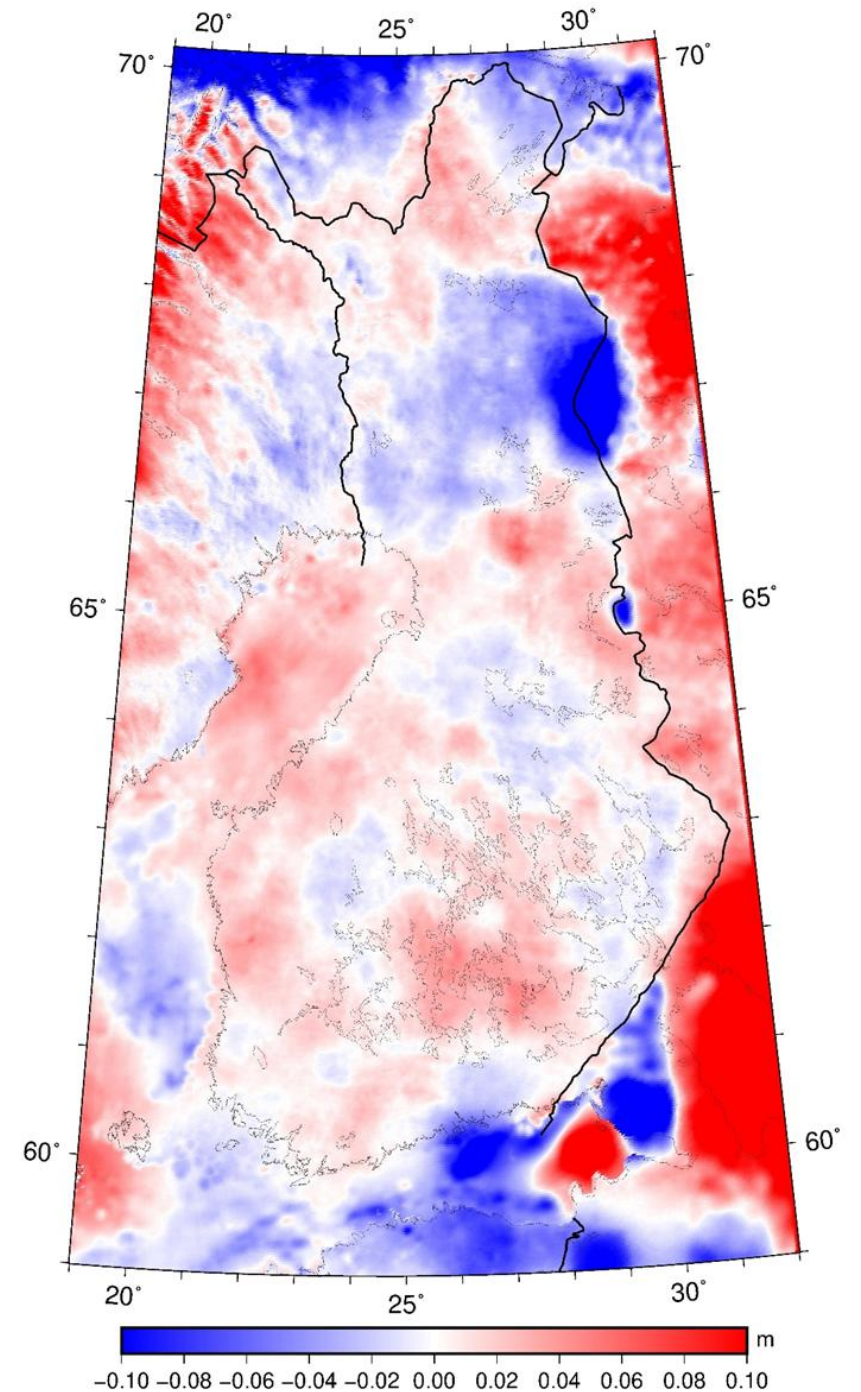
Julkaistu
15.1.2024

Collocation (95.9 km, ind.std.(1.23 cm))



FIN2023N2000 – FIN2005N00

- Erot suurimassa osassa maassa < 2cm
- Isommat erot
 - Uudet painovoimadatat merellä
 - Itärajalla maleilla on eri painovoimadatoja



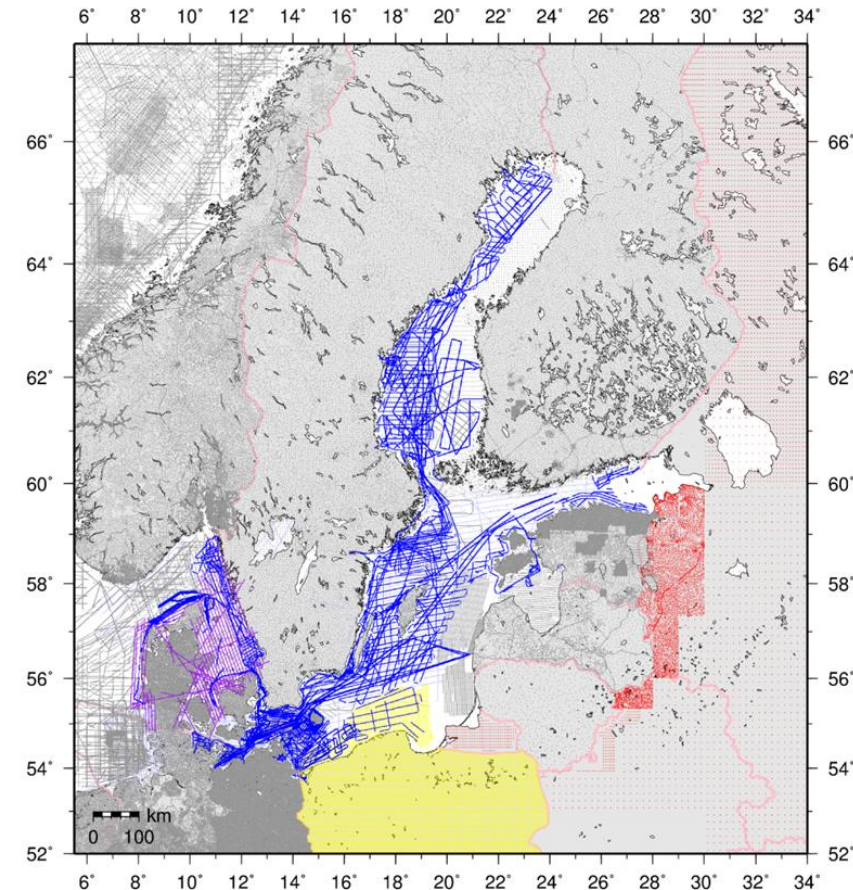
Itämerellä: BSCD2000 korkeuden muunnoshila

- Itämerelle uusi vertaustaso: BSCD2000
- Suomen vesillä: N2000

Vertaustaso määrittää BSCD2000 geoidimalli

- Sovittu jokaisen maan koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiin GNSS/vaaitusdatan avulla, Suomessa: EUREF-FIN ja N2000 (74 pistettä)
- Yhdistetty rannikkoa pitkin kunkin maan geoidimalliin
 - Suomi: FIN2023N2000
- Epävarmuus merellä: 2 cm
- Julkaistu 1.12.2023

*Myös toisinpäin: Merellä
FIN2023N2000 = BSCD2000*



Yhteenveto FIN2023N2000

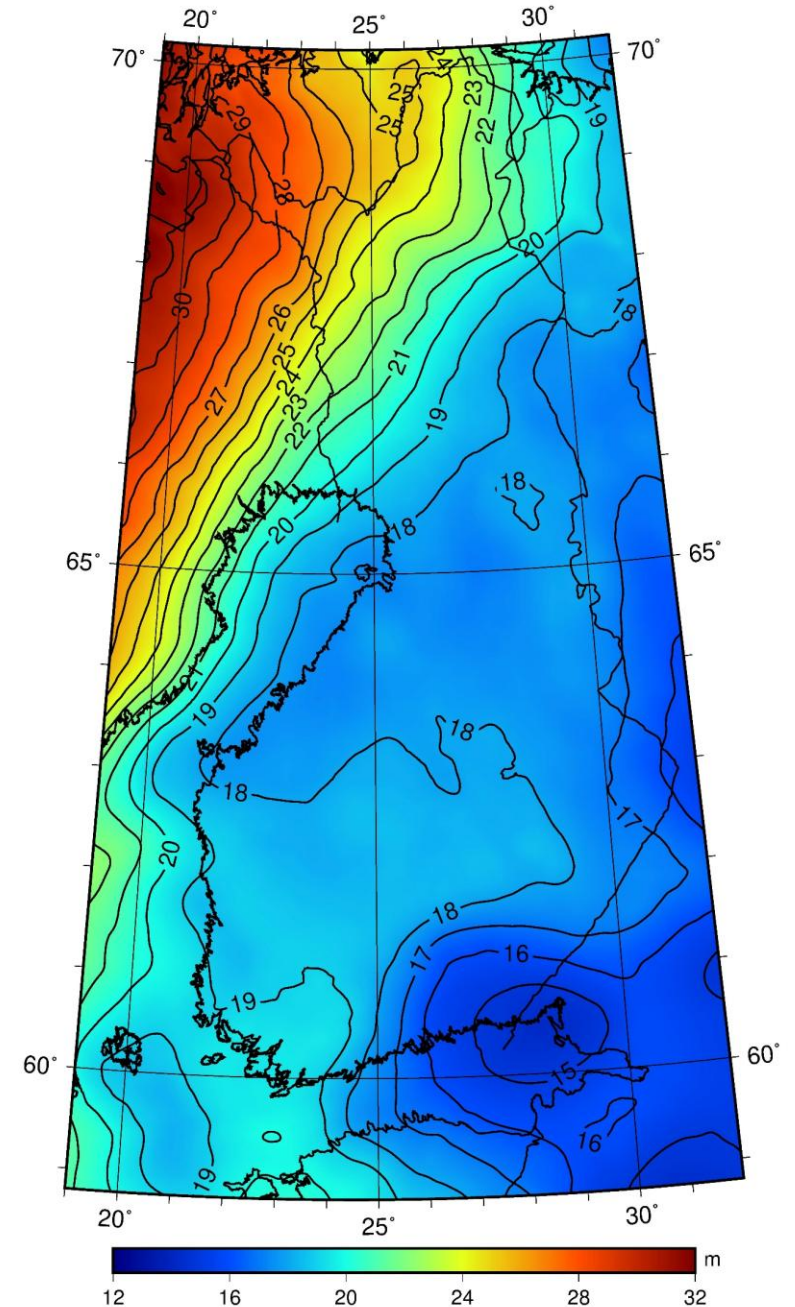
- Uusi Suomen korkeuden muunnosmalli, FIN2023N2000 geoidimalli on julkaistu 15.1.2024
 - 30% parempi malli kuin vanha FIN2005N00
 - Paras malli, joka voimme saada Suomen nykyisellä painovoima-aineistolla
- BSCD2000 korkeuden muunnoshila on julkaistu 1.12.2023
 - Realisoi Itämeren vertaustaso, Baltic Sea Chart Datum 2000

	korkeuden muunnospinta	Tarkkuus (sigma)
Maalla	FIN2023N2000	1.4 cm
Merellä	BSCD2000	~2 cm
Rannikkoalueelleen vesillä	BSCD2000	~2 cm

FIN2023N2000

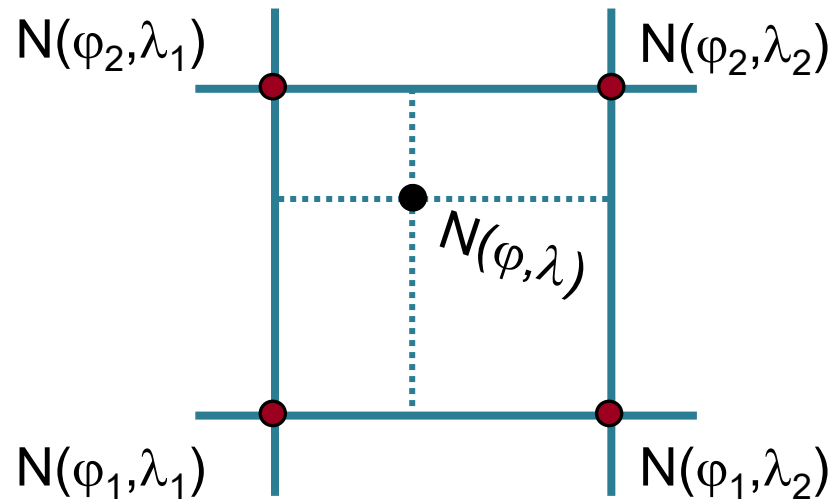
- Korkeuden muunnospinta EUREF-FIN ja N2000 järjestelmien välille
- ASCII-hila, EUREF-FIN φ , λ
- $\Delta\varphi = 0.01^\circ$, $\Delta\lambda = 0.02^\circ$ (tupla tiheys!)
- Tarkkuus 1.4 cm
- Avoimesti saatavilla fairdata.fi -palvelimelta
<https://doi.org/10.23729/a82f4cd8-fe16-4843-8f41-95ef9abc3ff8>
- Selitykset suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi

FIN2023N2000 quasi-geoid heights



Miten geoidimallia voi käyttää?

- Mallit ovat avoimesti saattavilla
- Geoidikorkeuksia saa interpoloimalla arvot mallin hillasta
- Esim. bi-lineaarinen interpolointi



$$N(\varphi, \lambda) = \frac{\varphi_2 - \varphi}{\varphi_2 - \varphi_1} N(\varphi_1, \lambda) + \frac{\varphi - \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} N(\varphi_2, \lambda)$$

$$N(\varphi_1, \lambda) = \frac{\lambda_2 - \lambda}{\lambda_2 - \lambda_1} N(\varphi_1, \lambda_1) + \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N(\varphi_1, \lambda_2)$$

$$N(\varphi_2, \lambda) = \frac{\lambda_2 - \lambda}{\lambda_2 - \lambda_1} N(\varphi_2, \lambda_1) + \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N(\varphi_2, \lambda_2)$$

Missä Geoidimalli käytetään?

Kaikkiialla, jossa mitataan sateliittipaikannuksella korkeuksia, jotka halutaan N2000 järjestelmässä

Rakennushankkeet

Infranhankkeet

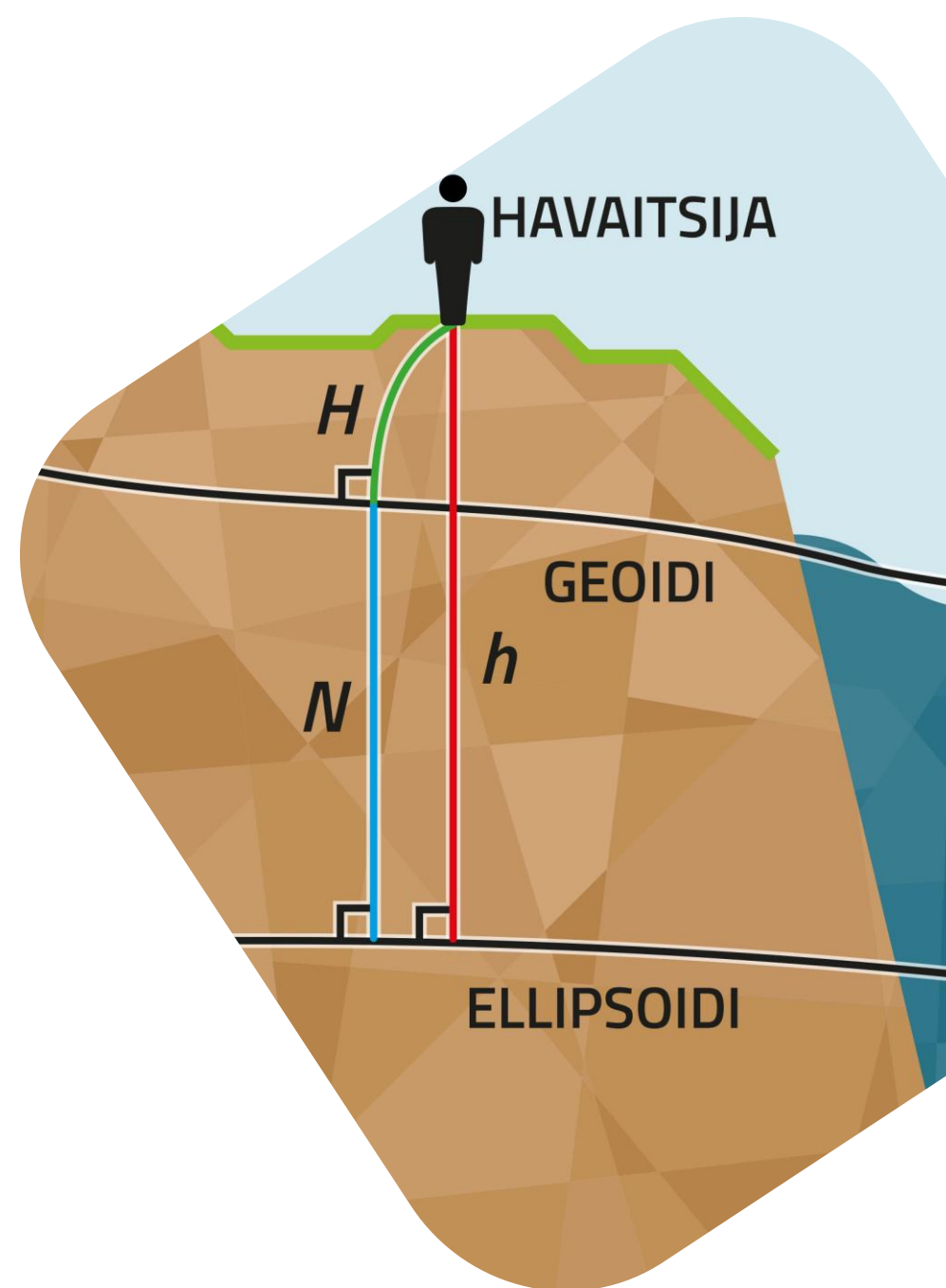
Automaattinen koneohjaus

Laserskannaus



Geoidimallien käyttö

- Malli on käytettävissä erilaisissa (GNSS-, paikkatieto-) sovelluksissa
 - EPSG-koodit
 - PROJ-muunnosohjelma
 - Paikkatietoikkunan koordinaattimuunnospalvelu
- Jos tarkkuus ei ole riittävä, on mahdollista tehdä paikallinen sovitus GPS/vaaitusdataan – usein vakio riittää
- On tärkeä tallentaa metatietona mikä geoidimalli on käytetty korkeuden muunnoksessa!
- Yhden projektin sisällä kaikki on käytettävä sama malli

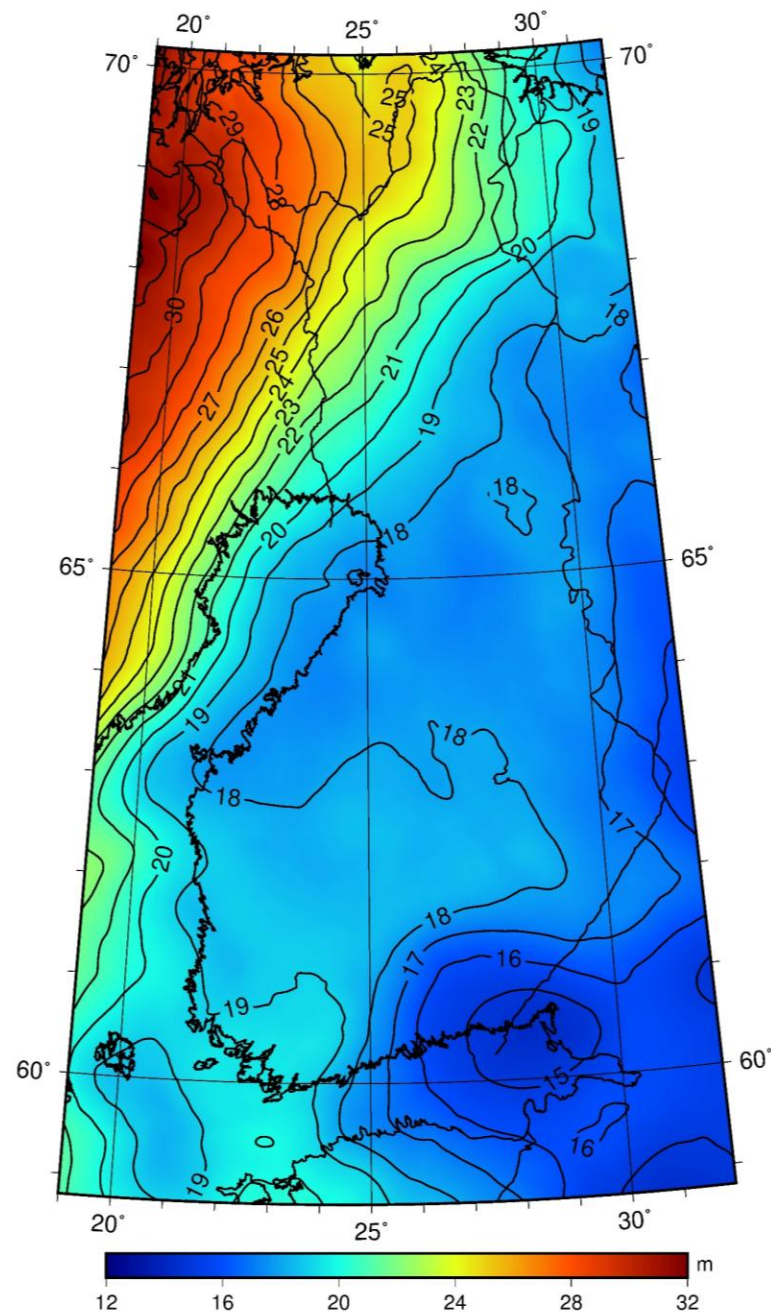


Yhteenveto

Suomen virallinen geoidimalli FIN2023N200

- Sopii parhaiten Suomen vertausjärjestelmiin
 - Maalla tarkkuus 1.4 cm (1σ)
 - Merellä tarkkuus 2.0 cm (1σ)
- Paras malli, joka voimme nykyisellä datalla ja menetelmillä laskea
- Tarvitaan kaikkialla, jossa on satelliitti-paikannuksella mitattuja korkeuksia, jotka halutaan N2000 järjestelmässä
- Projektissa on sovittava mikä malli käytetään ja mallista on merkintä metadatatassa

FIN2023N2000 quasi-geoid heights



Tunnetemme Maan – turvaamme tulevaisuutta



MML
PAIKKA-
TIETO-
KESKUS FGI



FIN2023N2000