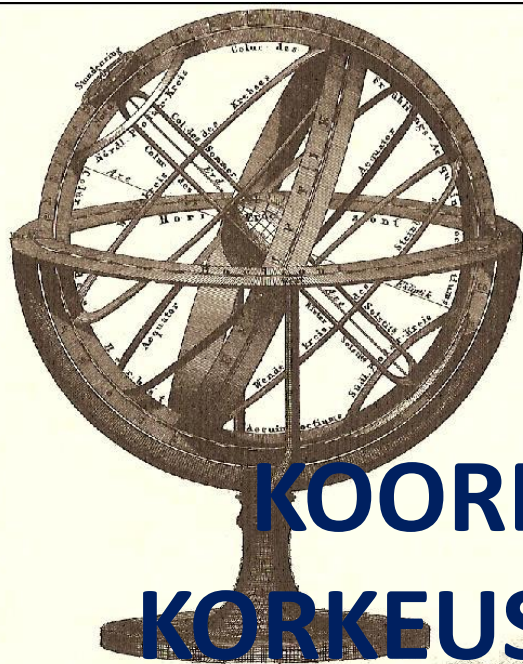


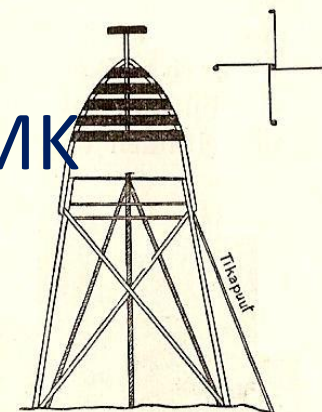
KOORDINAATTI- JA KORKEUSJÄRJESTELMÄT

Kuva 50. Lavapromiidi;
havaintokorkeus 40 m. tiki.



Pasi Laurila /Lapin AMK

13.9.2018



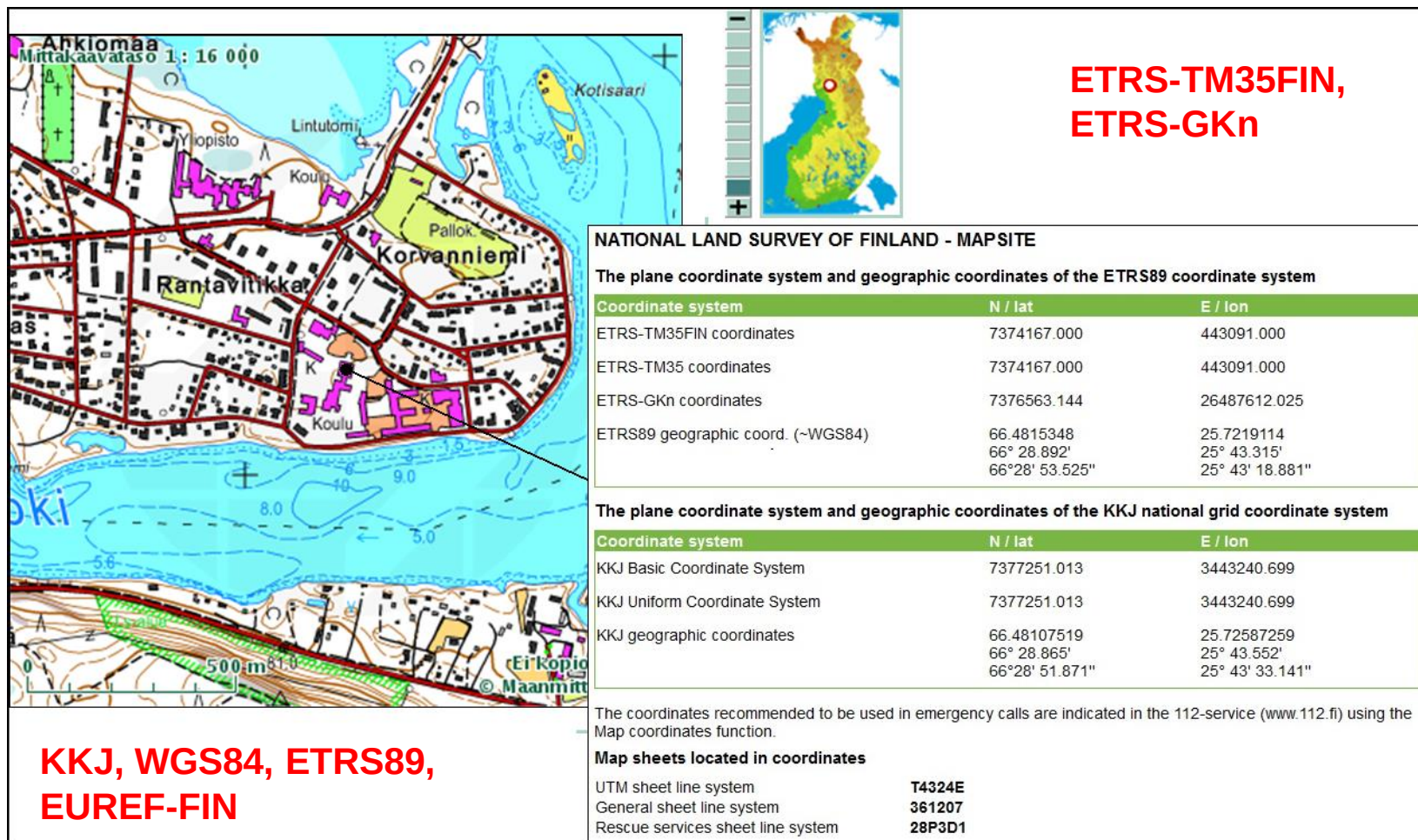
Kuva 51. Erikoismallinen
lavatorni, havaintokorkeus
3,5 m, ristikkotähtäys-
merkki.

Maanmittauksen tekninen toimintaympäristö

- Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä tarvitaan sijainnin täsmälliseen esittämiseen
- Maanmittaajien tekemät mittaukset ovat sijaintimittauksia: ilman koordinaatteja ja korkeuksia mittauksia ei juurikaan tehdä
- **Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät muodostavat maanmittaajan teknisen toimintaympäristön**
- Tämä toimintaympäristö on monimuotoinen: koordinaatteja ja korkeuksia on moneen lähtöön

Lapin AMK, Rantavitikka

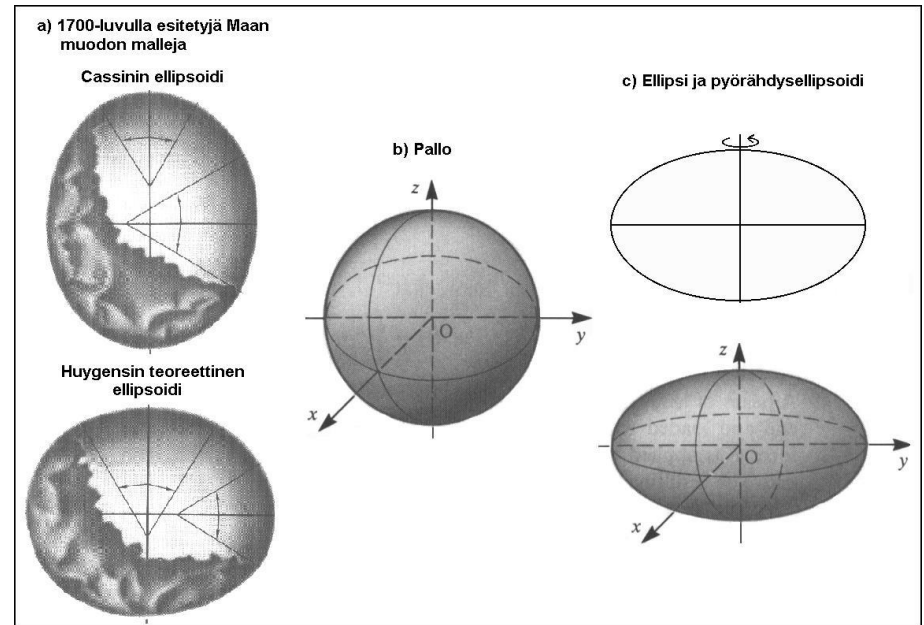
Maanmittauslaitoksen karttapaikka (nykyinen näkymä on erilainen):
<https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>



Maan muoto ja mittasuhteet

- Maa on pallomainen kappale, jonka säde on noin 6380 km
- Maanmittauksessa tarvitaan täsmällisempää tietoa
- **Geodesia tutkii asiaa**
 - Painovoima ja geoidi
 - Pyörähdysellipsoidi on Maan matemaattinen malli

Maan muotoon liittyviä kuvauksia



Geoidi on Maan painovoimakentän tasa-arvopinta, merenpinta ja sen kuviteltu jatke mantereiden alla, korkeusjärjestelmän nollataso

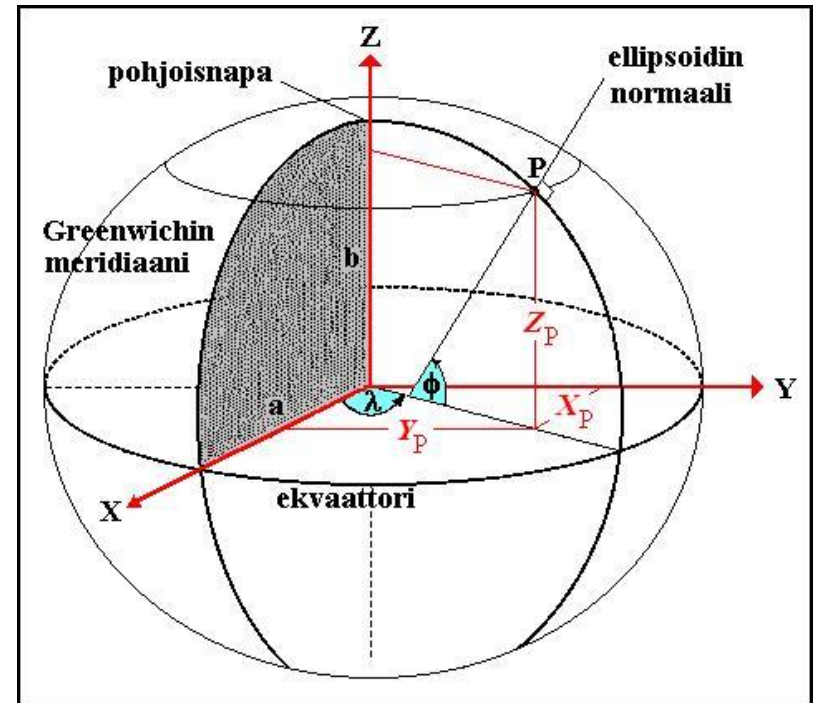
Koordinaatistot

- **Koordinaatisto on tapa esittää kohteen sijainti matemaattisen täsmällisesti**
- Koordinaatisto voi olla kaksiulotteinen (2D) tai kolmiulotteinen (aito 3D tai 2D+1D)
- Koordinaatisto voi olla tason (2D), pallo-, lieriö- tai kartiopinnan (2D) tai avaruuden (3D) koordinaatisto
- Koordinaatisto voi olla suorakulmainen tai käyräviivainen koordinaatisto (2D tai 3D)
- Koordinaatisto voi olla tason tai pallopinnan napakoordinaatisto
- Koordinaatisto voi liittyä maapalloon, sen osa-alueeseen, yksittäiseen havaintopaikkaan, mittalaitteeseen tai kartta-projektioon

Maapallon koordinaatistot

- Kulmamittoja käyttävä **maan-**
tieteellinen koordinaatisto (2D)
→ yleisesti kartoilla, GNSS-
mittauksissa
- Ekvaattori eli päiväntasaaja,
nollameridiaani eli Greenwichin
meridiaani, leveyskulma (ϕ) ja
pituuskulma (λ)
- Maakeskinen **suorakulmainen**
koordinaatisto (3D; X, Y, Z) →
GNSS-mittauksissa

ϕ 'fii', λ 'lambda'



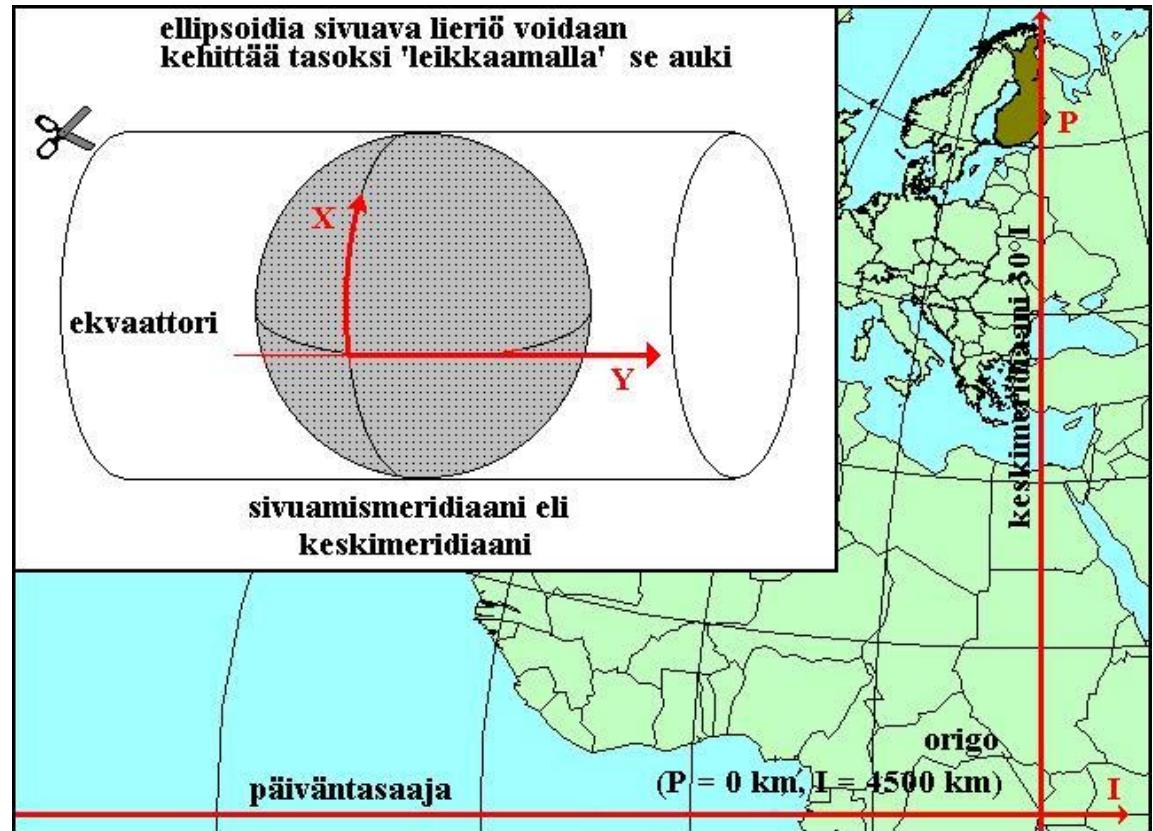
geosentrisen eli
maakeskinen

Karttaprojektiot ja kartan suorakulmainen koordinaatisto

Useimmiten maastomittauksissa käytetään karttaprojektioon perustuvaa suorakulmaista koordinaatistoa eli **kartta-koordinaatistoa**

→ **ETRS-TM35FIN, ETRS-GKn**

Yksityiskohtaisten karttojen projektiio on yleensä oikeakulmainen, poikittaisasentoinen lieriöprojektiio (kuvassa)



Karttaprojektioiden vaihtoehdot

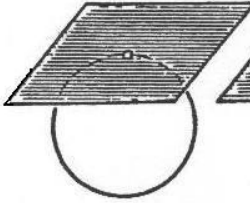
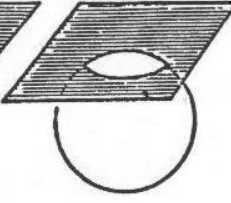
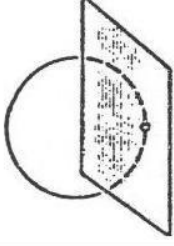
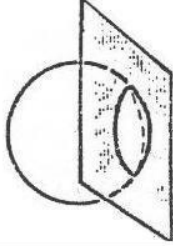
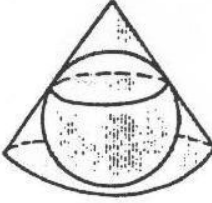
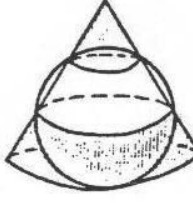
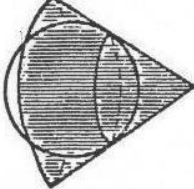
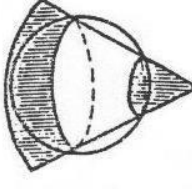
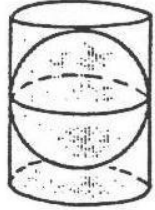
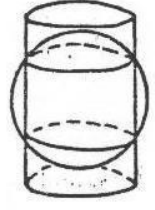
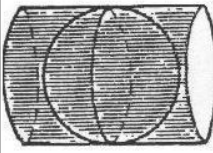
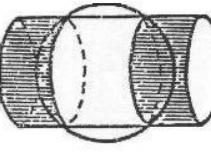
Projektiio = kappaleen tasokuva

Karttaprojektio = maapallon tasokuva

Kuvaustekniset ominaisuudet:

- **oikeakulmaisuus**
- **oikeapintaisuus**
- **oikeamittaisuus**

Projektiopinta ei ole ratkaiseva tekijä kuvausteknisten ominaisuuksien kannalta, vaan kuvaussäteen kulku määrää kuvaustekniset ominaisuudet

	PERUSASENTOINEN		POIKITTAIASENTOINEN	
	Sivuava	Leikkaava	Sivuava	Leikkaava
TASO-PROJEKTIO				
KARTIO-PROJEKTIO				
LIERIÖ-PROJEKTIO				
MATEMAATTINEN PROJEKTIO				

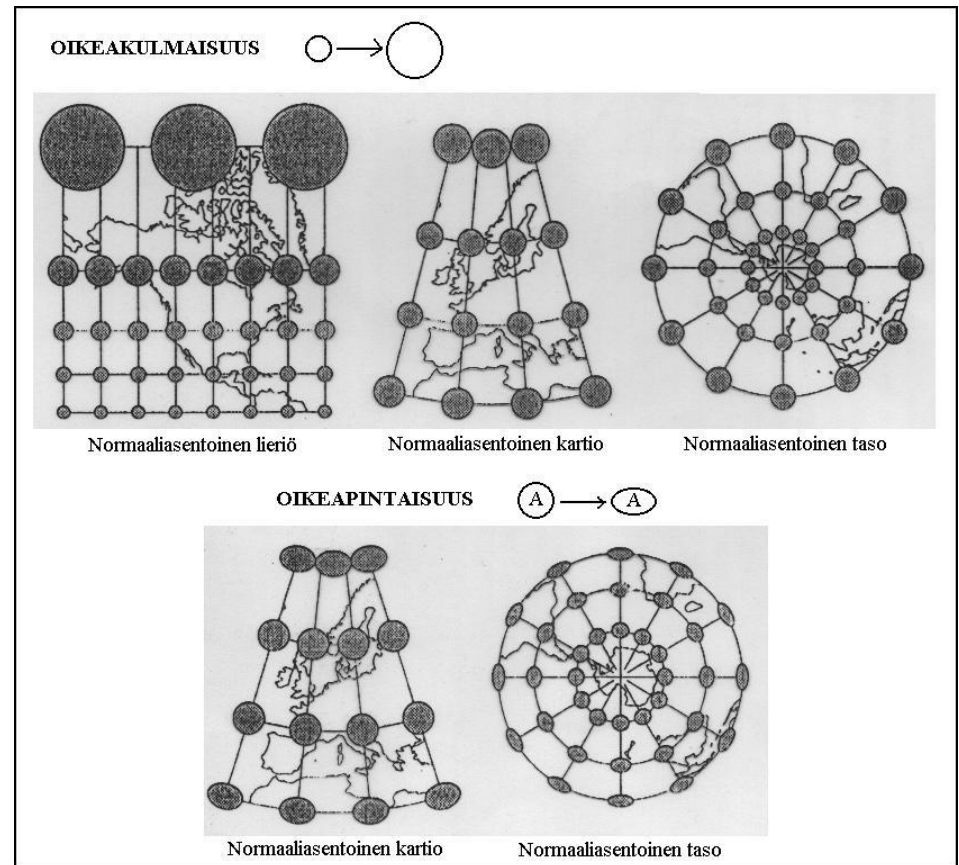
Oikeakulmaisuus ja oikeapintaisuus

Laajan alueen kartta ei ole koskaan oikeamittainen. Kartta ei voi olla samanaikaisesti oikeakulmainen ja oikeapintainen

Oikeakulmaisessa projektiossa pienialaisten kuvioiden muoto säilyy

Oikeapintaيسessa projektiossa kuvioiden pinta-alat kuvautuvat oikein

Kuvassa maapallon pinnalle on laitettu saman kokoisia kiekkoja ja näytetään, kuinka ne kuvautuvat eri projektioissa.



Poikittaisasentoinen lieriöprojektio on oikeakulmainen

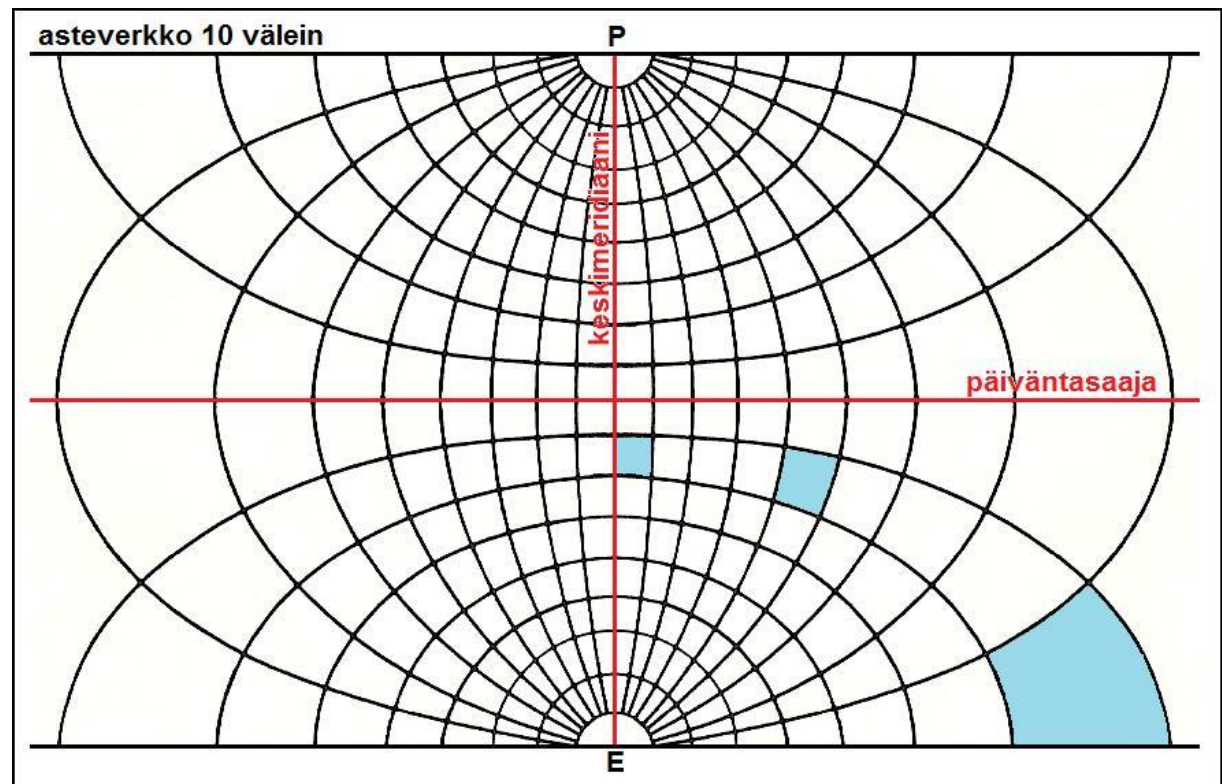
Kartan ominaisuuksia tarkasteltaessa kannattaa miettiä miten asiat ovat maapallon pinnalla ja miten ne kuvautuvat kartalle. Miten oikeakulmaisuus näkyy alla olevassa kartassa?

UTM (Universal
Transverse
Mercator)

tai

GK (Gauss-
Krüger)

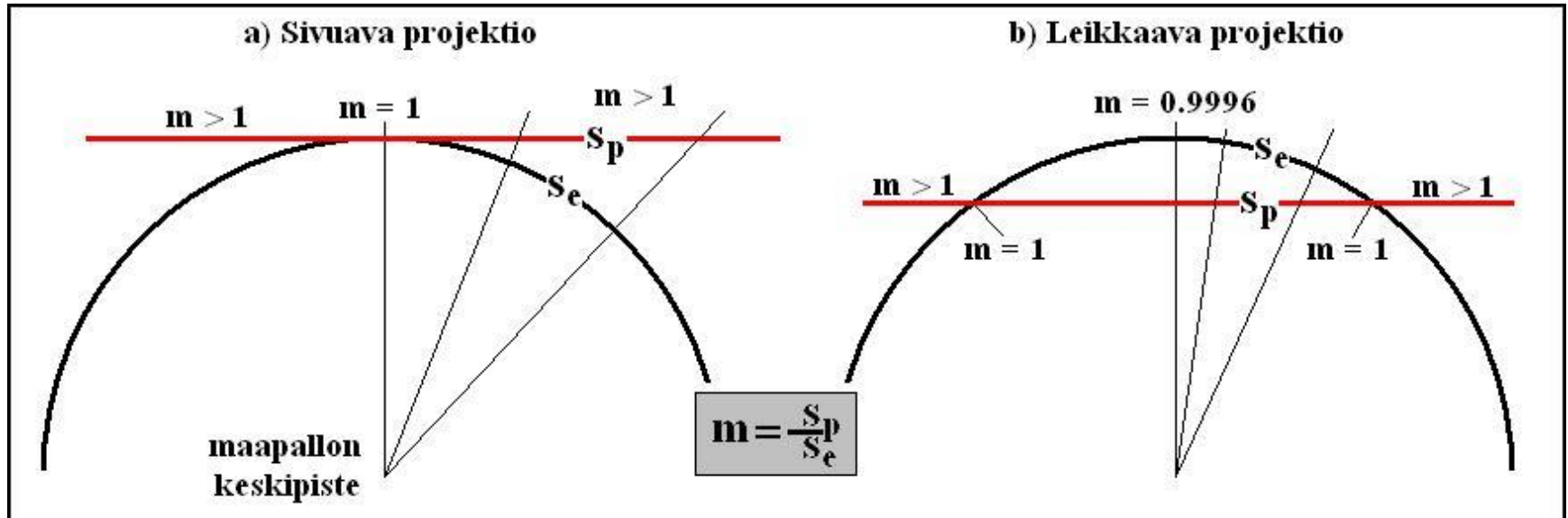
Näitä käytetään
suomalaisilla
maastokartoilla



Projektion mittakaavakerroin

GK

UTM



m = mittakaavakerroin

Gauss-Krügerin projektio on sivuvaava projektio, $m = 1$ keskimeridiaanilla

UTM-projektio on leikkaava projektio, $m = 0.9996$ keskimeridiaanilla

Mittakaavakertoimella ja projektiokaistan leveyttä säätämällä pidetään mittakaavavirheet mahdollisimman pieninä, lähes merkityksettöminä

→ vain poikittaisasentoisilla lieriöprojektiioilla on kaistajako

Koordinaattijärjestelmät

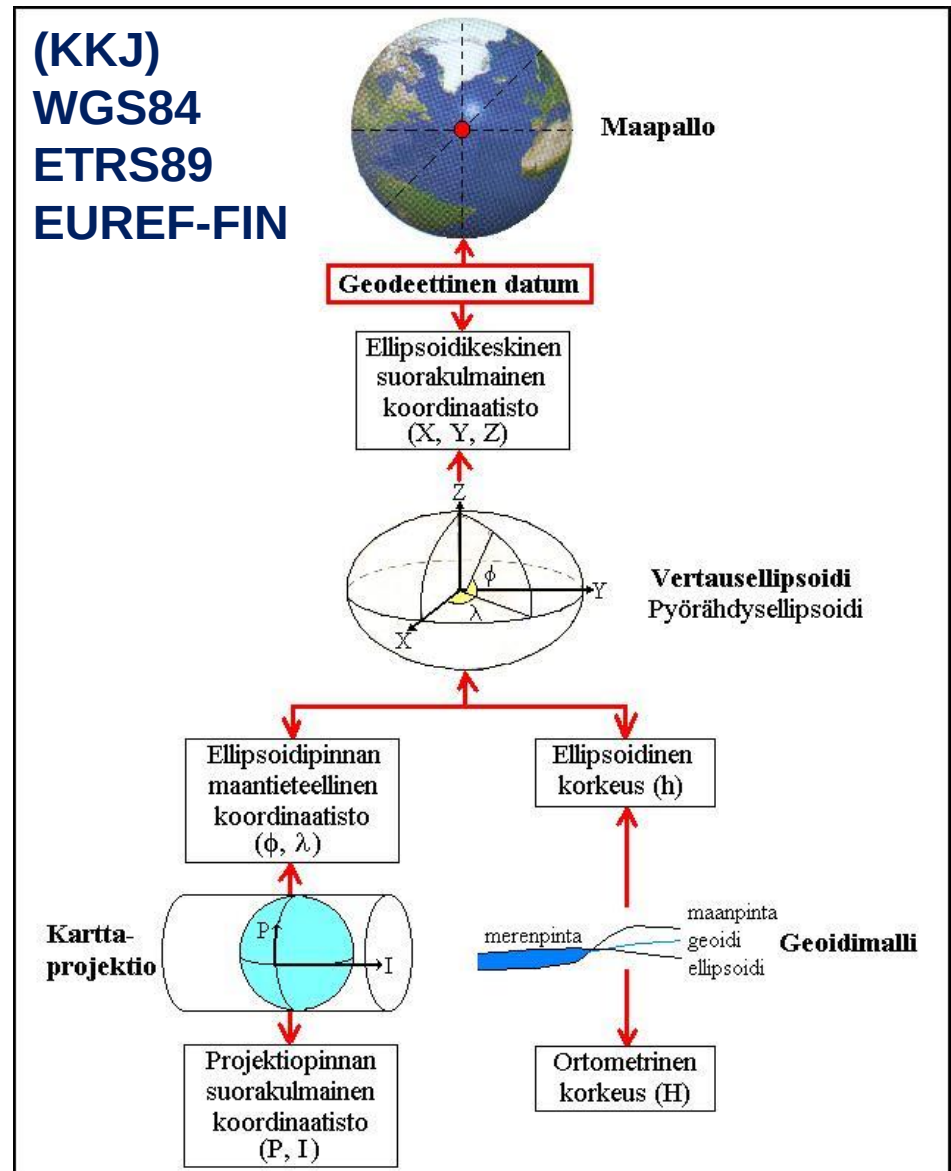
- **Koordinaattijärjestelmä syntyy, kun koordinaatisto kiinnitetään maapalloon**
- Usein kiinnitystavan kuvaamiseen liitetään käsite geodeettinen datum
- Koordinaattijärjestelmän määrittelyyn liittyy teoreettisia sopimuksia, erilaisia mittausasemia ja kiintopisteitä sekä niiden välisiä avaruusgeodeettisia ja maanpäällisiä geodeettisia mittauksia
- **Suomessa käytettyjä ja käytettäviä koordinaattijärjestelmiä ovat muun muassa KKJ, WGS84, ETRS89 ja EUREF-FIN**

KKJ, WGS84, ETRS89, EUREF-FIN

- **KKJ on Suomen vanha, käytöstä poistunut koordinaattijärjestelmä**
- WGS84 on GPS-järjestelmän geosentrinen koordinaattijärjestelmä
- ETRS89 on WGS84-järjestelmän eurooppalainen toteutus eli realisaatio
- EUREF-FIN on ETRS89-järjestelmän suomalainen toteutus eli realisaatio
- **ETRS89/EUREF-FIN on Suomen nykyinen koordinaattijärjestelmä**

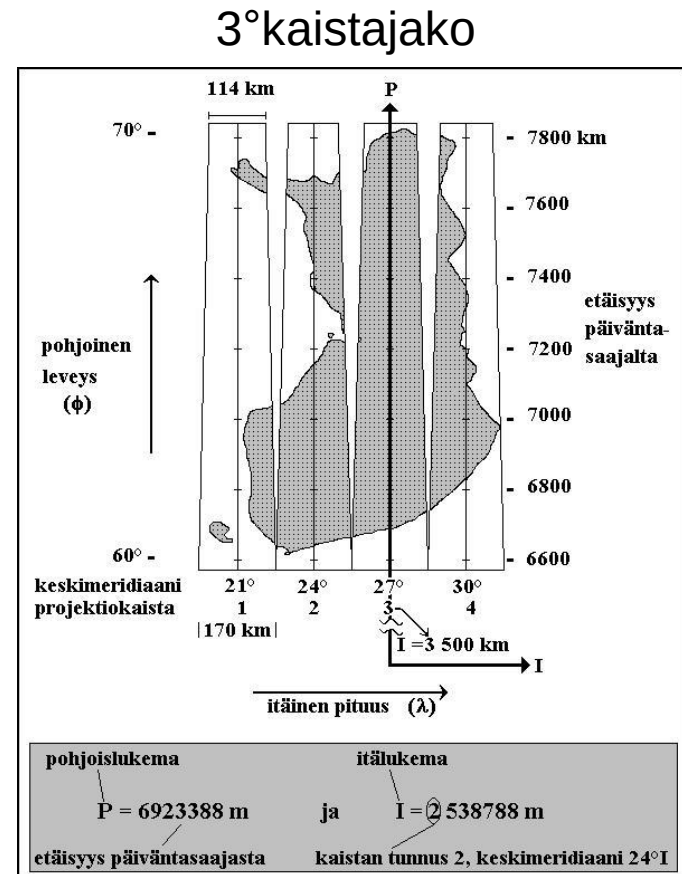
Koordinaattijärjestelmän koordinaatistot

- Koordinaattijärjestelmässä sijainti voidaan esittää kolmella tapaa (kuvassa)
- **Kaikki esitystavat ovat samanarvoisia**
- Esitystavasta toiseen siirrytään matemaattisin muunnoksin, joita kutsutaan **koordinaatti-konversioiksi**



Kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ)

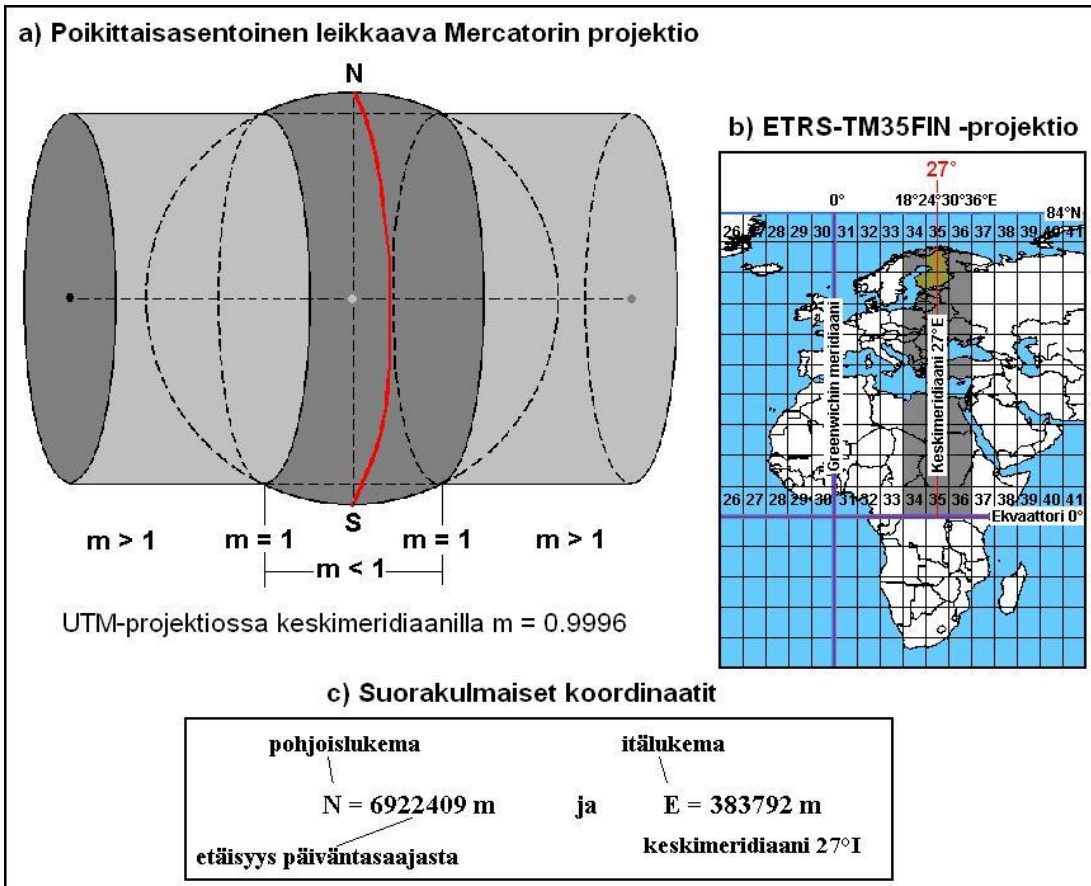
- Likimäärin ED50-järjestelmässä
- Gauss-Krügerin projektio
- 3° kaistajako mittakaavavirheen pienentämiseksi
- Kuusi peruskoordinaatistoa (kaistat 0-5)
- Yhtenäiskoordinaatisto (kaista 3) maanlaajuisessa käytössä
- Kaista tunnustetaan itäkoordinaatin ensimmäisestä numerosta
- **Poistunut käytöstä, mutta vanhoja aineistoja löytyy vielä**



Suomen nykyisessä ETRS89-järjestelmässä käytetään tiheämpää 1° kaistajakoa (GKn)

ETRS-TM35FIN-koordinaatit

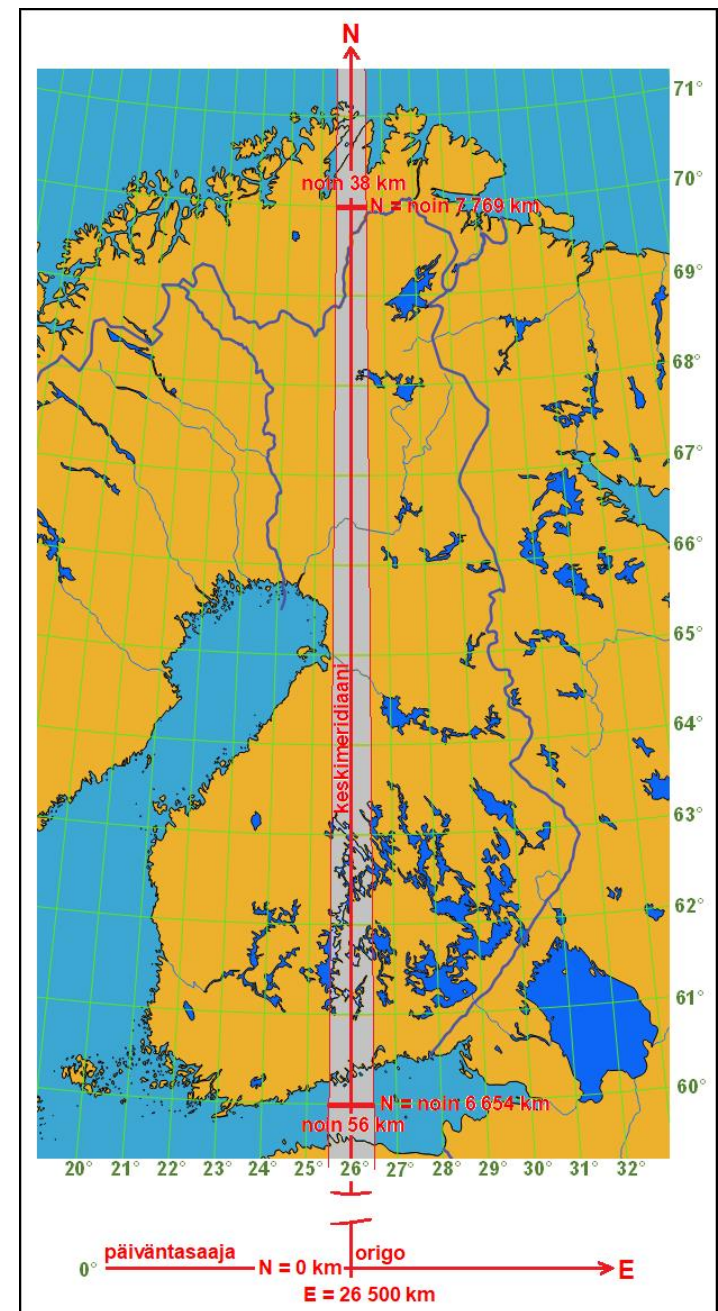
- Leikkaava poikittaisasentoinen lieriöprojektio (UTM)
- 6° kaistajako
- **ETRS89/EUREF-FIN – järjestelmässä**
- Maailmanlaajuinen kaistajako
- Suomi sijaitsee pääosin kaistalla 35, jonka keskimeridiaani on 27°E
- **Käytetään painetuilla maastokartoilla ja maanlaajuisissa paikkatietoaineistoissa**



Keskimeridiaanilla E = 500 000 m

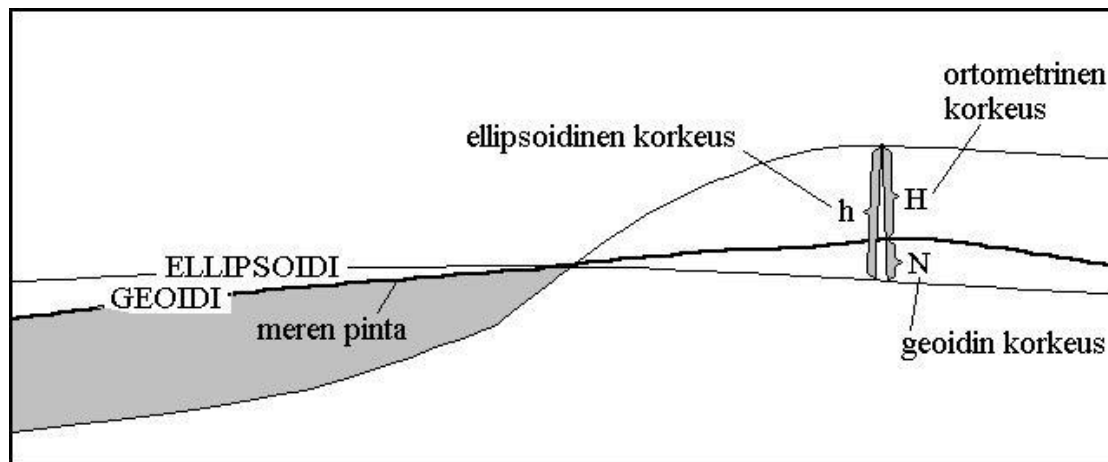
ETRS-GKn-koordinaatit

- Sivuava poikittaisasentoinen lieriö-projektio (Gauss-Krüger)
- 1° kaistajako, jolloin mittakaavavirhe on erittäin pieni
- **ETRS89/EUREF-FIN –järjestelmässä**
- 13 koordinaattikaistaa
- Itäkoordinaatin kaksi ensimmäistä numeroa (= n) ovat keskimeridiaanin asteluku (kuvassa kaista GK26)
- Keskimeridiaanilla itäkoordinaatin arvo on n 500 000 m (kuvassa E = 26 500 000 m)
- **Maanmittauksen tärkein koordinaattisto: käytetään kiinteistötoimituksissa, kunnissa ja infrahankkeissa**



Kahdenlaisia korkeuksia

- Ortometrinen korkeus (H) mitataan merenpinnan jatkeelta eli goidista (**vaaittu korkeus**)
- Ellipsoidinen korkeus (h) mitataan vertausellipsoidin pinnasta (**satelliittipaikannuksen korkeus**)
- Geoidin korkeus (N) saadaan geoidimallilta



Suomen korkeusjärjestelmät

- **Fennoskandian maannousu** pakottaa uudistamaan Suomen korkeusjärjestelmiä muutaman kymmenen vuoden välein
- Nykyisin järjestelmäasioihin vaikuttaa myös kansainvälinen yhteistyö
- Järjestelmät: NN, N43, N60, **N2000** (**uusin**)
- Korkeusjärjestelmät perustuvat tarkka-vaaituksiin ja painovoimamittauksiin
- Korkeuksien muuntamiseen ortometristen ja ellipsoidisten korkeuksien välillä tarvitaan geoidimalleja

Lähteitä

- Julkisen hallinnon suositukset (JHS) antavat tietoja Suomen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmistä: JHS 153, JHS 154 ja JHS 163, JHS 197.
- Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. RAMK, Rovaniemi.
- Poutanen, M. 2016. Satelliittipaikannus. Ursan julkaisuja 152. Ursa ry, Helsinki.
- Terminologian osalta ovat hyödyksi Tekniikan sanastokeskuksen (TSK) sanastot: TSK 30 Paikannus-sanasto, TSK 32 Geoinformatiikan sanasto