

A photograph of a surveying station set up in a grassy field. A yellow tripod holds a surveying instrument. A yellow toolbox is on the ground next to it. In the background, there is a calm lake reflecting the sky, with a line of trees and houses on the far shore. The scene is overcast.

Puutteellisen mittausperustan riskit rakentamisessa

Pasi Laurila

Geoforum Summit 2022

Helsinki, Messukeskus Siipi, 31.10.2022

Mittausperusta ja sen laatu

Mittausperusta muodostuu hankeen alueelle rakennetuista ”pysyvistä” kiintopisteistä ja niille geodeettisin mittauksin tuotetuista koordinaateista ja korkeuksista.

Koordinaattijärjestelmä: ETRS89/EUREF-FIN
Projektio ja tasokoordinaatisto: ETRS-GKn
Korkeusjärjestelmä: N2000
Geoidimalli: FIN2005N00

Mittausperustan teknistä laatua kuvaavat sijaintitietojen tarkkuus ja luotettavuus, mittausten dokumentointi, ja kiintopisteiden rakenne ja käytettävyys hankkeen aikana.

Mittausperustaa rakennetaan



Lapin ammattikorkeakoulu, Rovaniemi, 26.9.2018

**Esityksessä tarkastellaan lähinnä tasosijaintia.
Kuitenkin korkeus on rakentamisessa usein
tasosijaintia kriittisempi tekijä.**

Erilaisia hankkeita ja mittausperustoja

Rakennushankkeet voivat tuottaa esimerkiksi rakennuksia, teitä, rautateitä, tunneleita, siltoja, kanavia ja kaivoksia.

Infrarakentamisessa mittausperusta muodostuu perinteisen runko-mittausajattelun mukaisesti hierarkkisesta kiintopisteverkosta. Siihen tukeutuen suoritetaan rakentamisen suunnittelu ja ohjaus koneohjausjärjestelmiä ja perinteisempiäkin menetelmiä käyttäen.

Talonrakennushankkeissa, ja myös silloissa ja tunneleissa, perinteinen hierarkkisuus ei välttämättä toteudu, vaan kiintopisteiden mittaukset ja merkintämittaukset sekä rakennusvalvonnan ja työmaan mittaukset lomittuvat toisiinsa.

Perustan mittaukset vaativat ohjeita. On kaikkien hankkeen osapuolten etu, että noudatettavista ohjeista on sovittu. Infra-rakentamisen ohjeet ovat ajan tasalla. Talonrakentamisen ohjeet ovat hajaantuneet moniin rakentamisen standardeihin ja ohjekortteihin. Ne ovat osaksi melko vanhaa perua, ja niiden saataavuudessa voi olla ongelmia.



Mittausohjeet ja -menetelmät

NKMO 1991 = Numeerisen kartoituksen maastomittausohjeet
KMO 2003 = Kaavoitusmittausohjeet

JHS 184 = Kiintopistemittaus EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmässä
Ohje 18/2017 = Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot - Mittausohje

NKMO 1991		KMO 2003		JHS 184		Ohje 18/2017		Mittausmenetelmät			
1	$r \leq 2$ ppm	Valtakunnalliset kiintopisteet	EUREF-FIN-tihennyspisteet	E1	FinnRef-asemat	E1-E3 lähtöpisteet		Staatinn mitta			Varsinainen tai kevennetty tarkkavaaitus verkko
				E1b	EUREF-FIN - tihennyspisteet						
2	$r \leq 10$ ppm			E2	EUREF-FIN - tihennyspisteet						
		Pysyvät GNSS-asemat									
3	$r \leq 20$ ppm	Kunnan kiintopisteet	Peruskiintopisteet $r \leq 20$ ppm	E3	EUREF-FIN - tihennyspisteet	Peruspisteet $r \leq 10$ ppm					
					Kunnan ylemmät peruskiintopisteet						
4	$r \leq 30$ ppm		Käyttökiintopisteet $r \leq 50$ ppm	E4	Kunnan alemmat peruskiintopisteet	Käyttöpisteet	$r \leq 20$ ppm				
5	$r \leq 50$ ppm			E5	Kunnan ylemmät käyttökiintopisteet	Apupisteet	$r \leq 50$ ppm				
					E6				Kunnan alemmat käyttökiintopisteet		
Mittauksen rakenne ja suhteellinen tarkkuus		Mittauksen rakenne ja suhteellinen tarkkuus		Mittauksen rakenne, sulkuvirheet, jäännösvirheet ja mittausten erot		JHS 184 ja suhteellinen tarkkuus		GNSS-mittaus	Takymetrimittaus	Korkeudenmittaus	

Aktiiviset ja passiiviset kiintopisteet
Mittaus yli hierarkian

**Rakennusmittauksen standardi ISO 4463-1
(1989): jäännösvirheet**

Rakentamisessa tarvitaan hyvää suhteellista tarkkuutta.

Mittausperusta luodaan ensisijaisesti verkkona

Pisteittäin

Verkkona

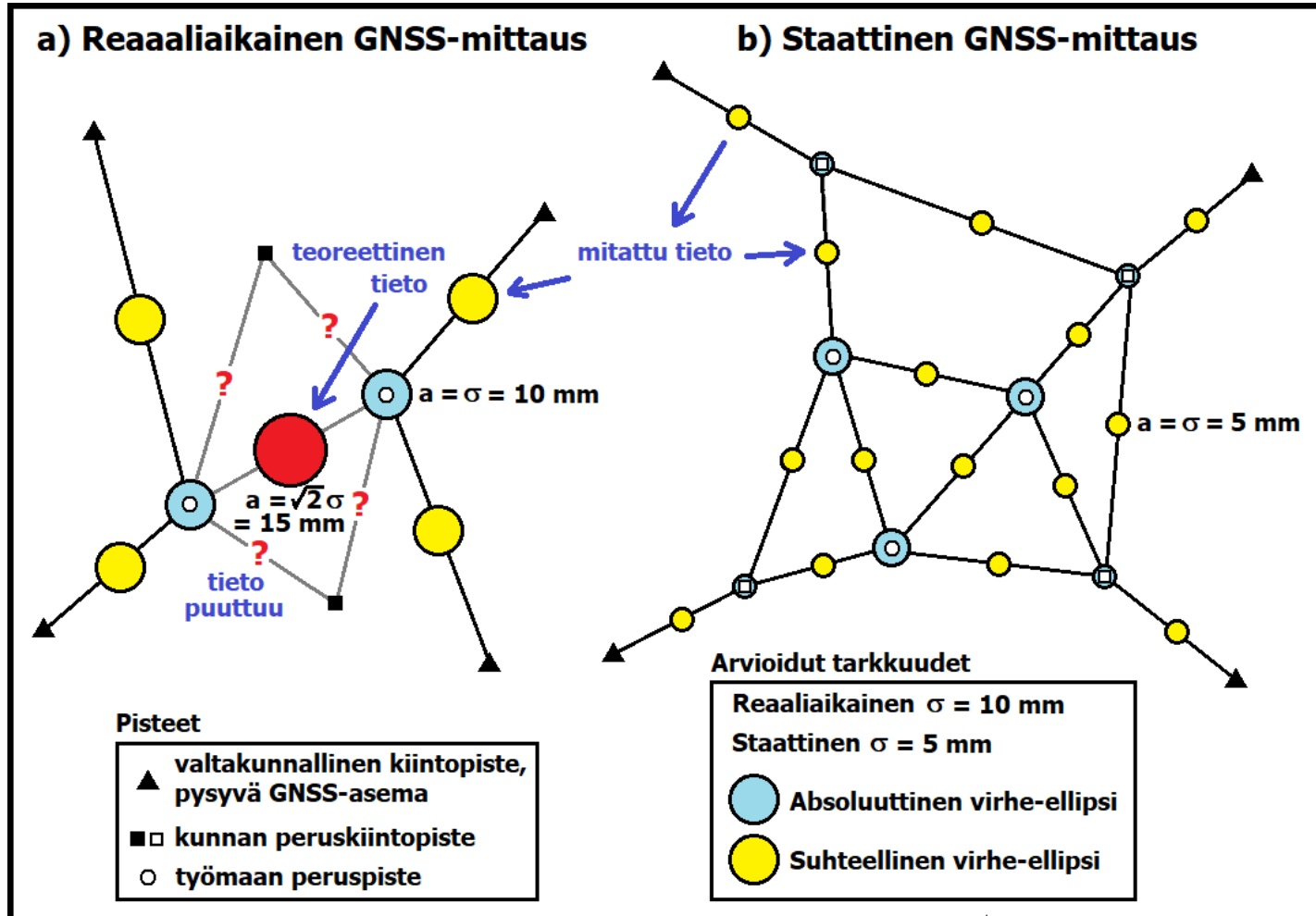
KOSKA:

1. Luotettavuus (= karkeiden virheiden hallinta) paranee
2. Suhteellinen tarkkuus ja sen homogeenisyys paranevat
3. Tietojen todentaminen ja dokumentointi paranevat

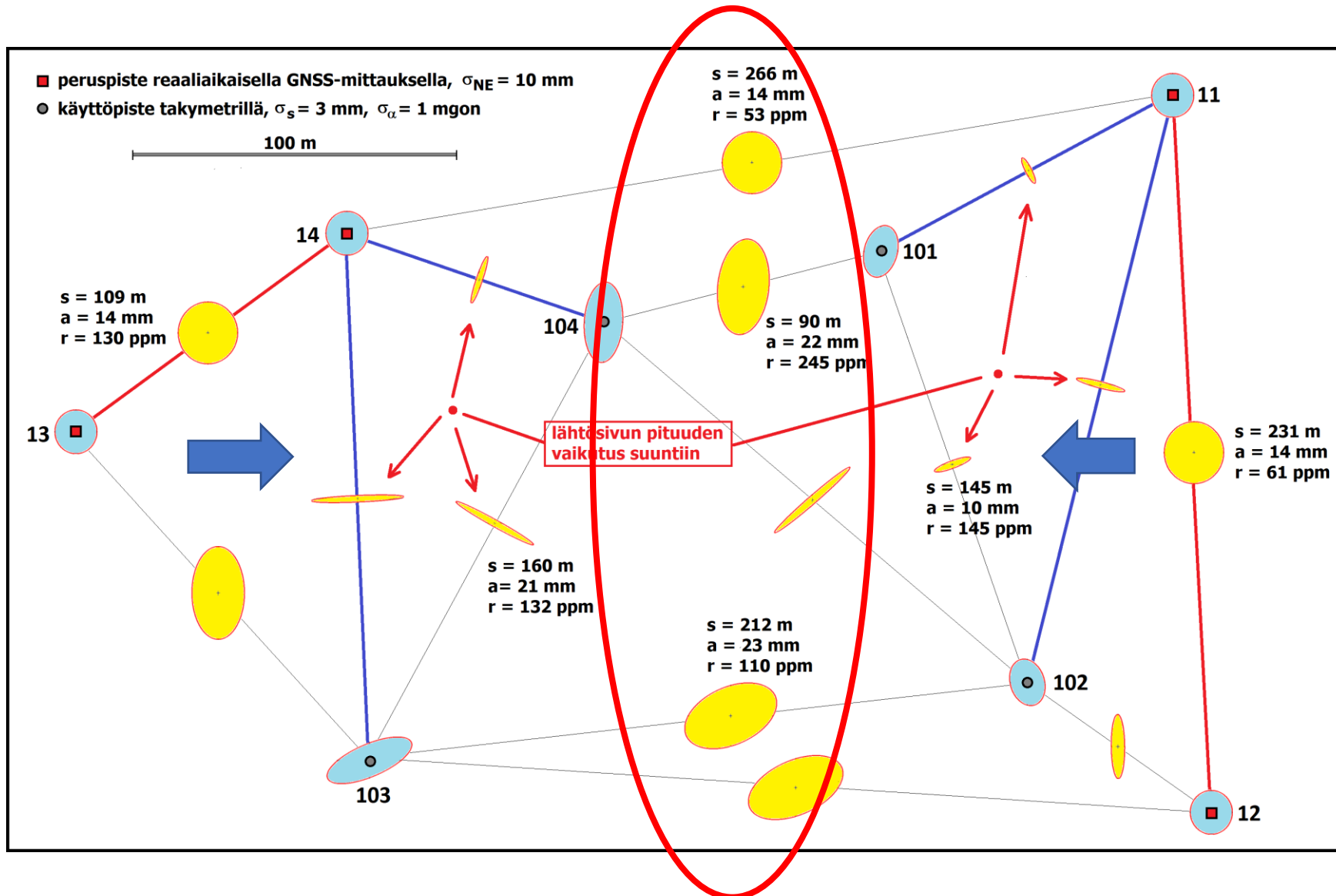
**Yhdistävä havainto määrittää piste-
välin suhteellisen tarkkuuden**

JHS 184: reaaliaikaisesti mitattavien pisteiden välimatkan pitää olla vähintään 500 m.

Esim. 15 mm/300 m = 50 ppm



Pisteittäisen mittauksen vaarat



SIMULOITU ESIMERKKI:

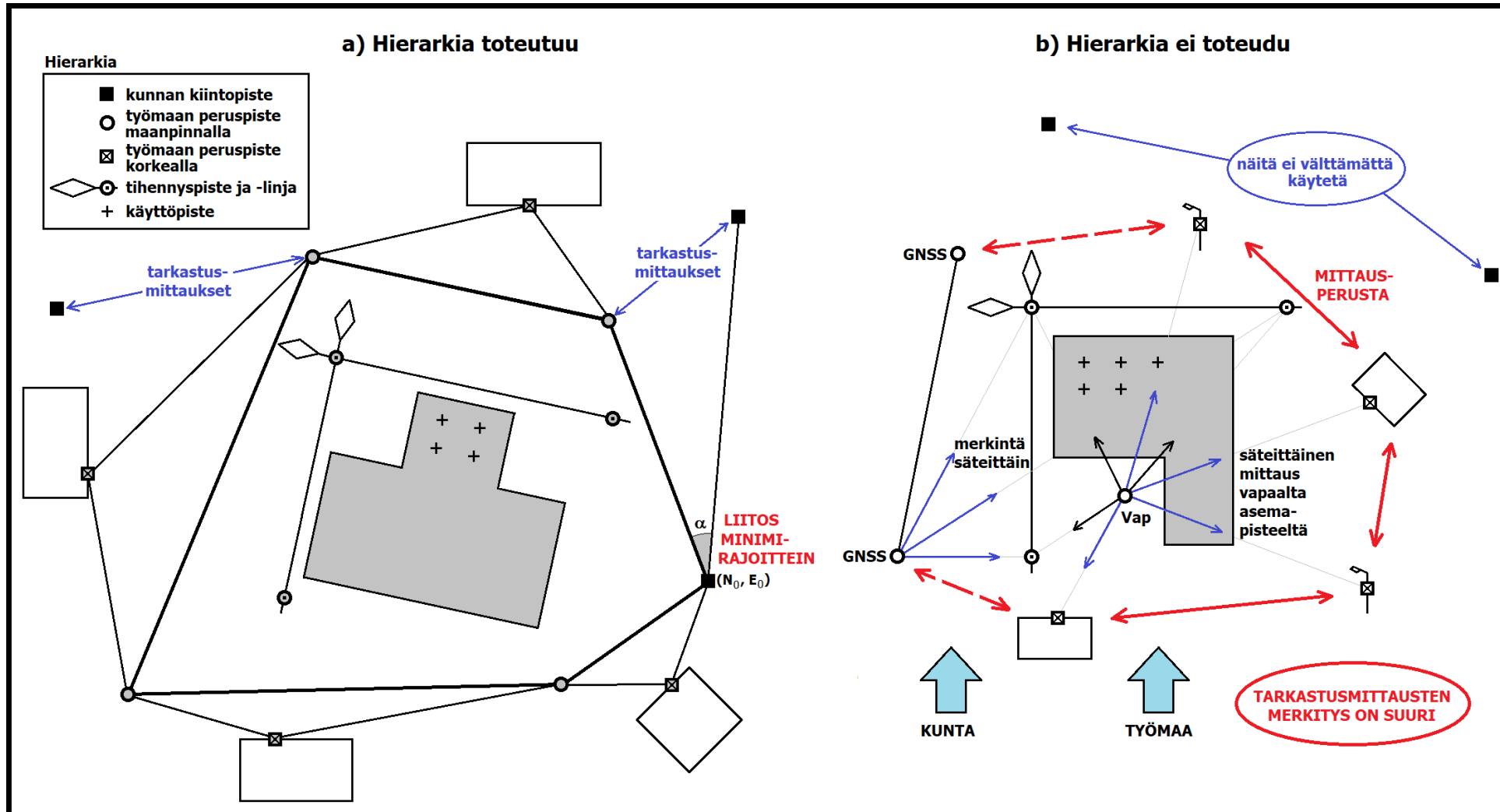
Pisteet 11-14 mitataan reaaliaikaisella GNSS-mittauksella.

Pisteet 101 ja 102 mitataan takymetrillä lähtösivulta 11-12.

Pisteet 103 ja 104 mitataan takymetrillä lähtösivulta 13-14.

On syytä odottaa tarkkuuteen liittyviä ongelmia ympäröidyllä alueella toimittaessa.

Talonrakentamisen mittaukset eivät ole hierarkkisia



Takymetri on talonrakentamiseen sopiva mittalaite



Mittausvälineiden kunnan merkitys

Lapin ammattikorkeakoulun Rovaniemen kampusalueen E4-luokan kiintopisteiden mittauksen tuloksia. Ne ovat uusien pisteiden muodostaman vektoriverkon vapaan tasoituksen tuloksia.

2018

Vektorit 360-3200 m

Keskihajonta **15.2 mm**

Suhteellinen tarkkuus
3.7-26 ppm

**Tasainten ja
optisten
luotien
tarkistus**

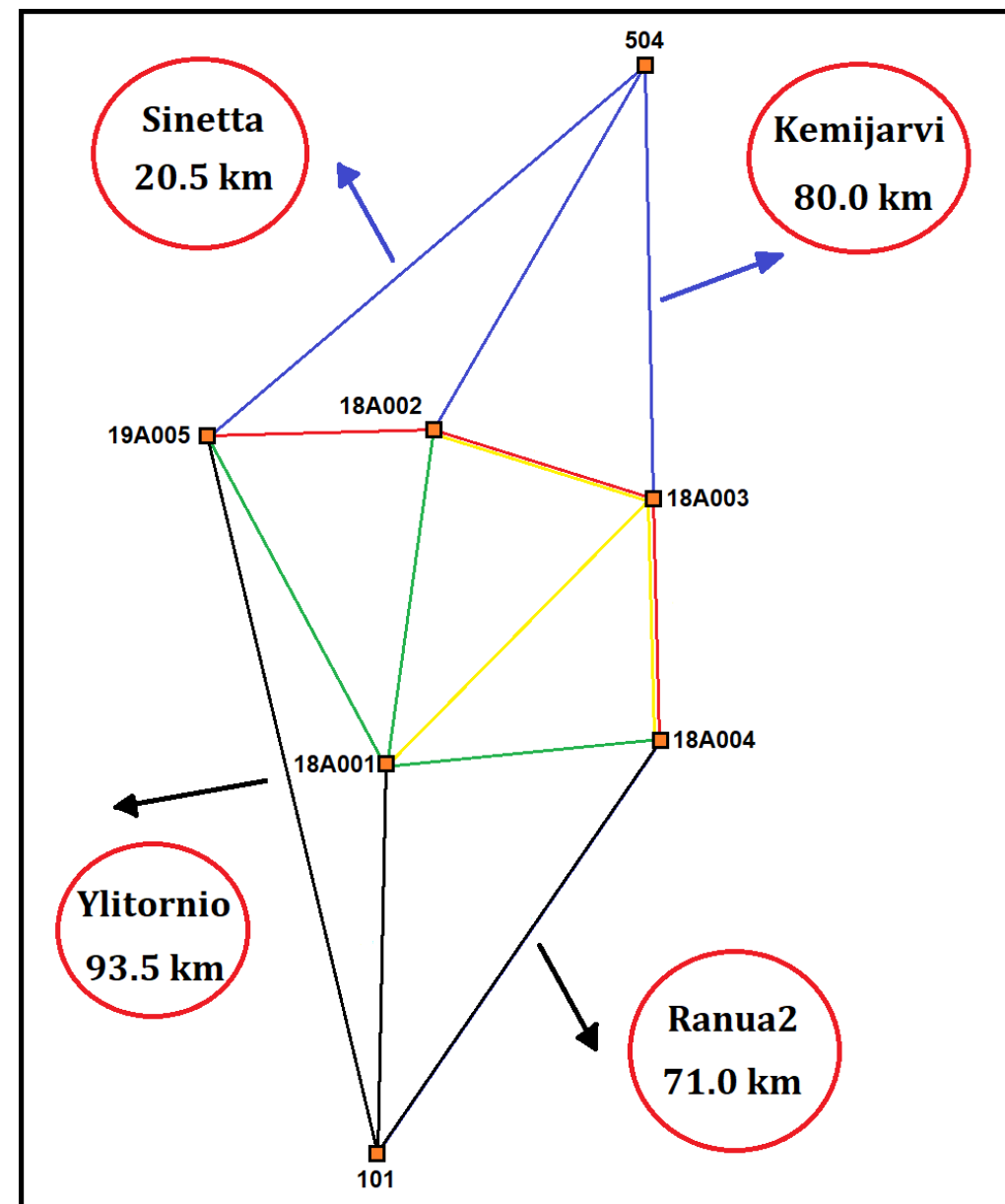
2019

Vektorit 360-1190 m

Keskihajonta **1.7 mm**

Suhteellinen tarkkuus
1.0-3.2 ppm

**Joidenkin kunnan kiintopisteiden luotettavuus
osoittautui kyseenalaiseksi.**



Yhteenveto

- Rakentamisen kannalta on tärkeää työmaan mittausten hyvä yhteensopivuus (= hyvä suhteellinen tarkkuus)
- Puutteellinen mittausperusta voi muodostua mittauksen heikon rakenteen, lähtöpisteiden virheiden, mittausvälineiden huonon kunnon ja/tai taitamattoman käytön vuoksi
- Mittausperustan puutteet eivät välttämättä heikennä tavanomaisen rakentamisen laatua: rakentamisvirheet syntyvät mittausten ja rakennustöiden ketjussa, jossa on monia välivaiheita ja toimijoita
- Mittausperustan puutteet tuskin ovat syynä, jos esimerkiksi kylpyhuoneen lattian kaadot eivät ole kohdallaan
- Siltojen tapaisissa taitorakenteissa ja liikennetunneleissa mittausperustan puutteet voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia rakentamiselle
- On helppo kuvitella mittausperustan puutteiden ja mittausvirheiden seurauksia rakentamiselle, mutta tutkittu tieto asiasta puuttuu: mittaajat ja rakentajat eivät virheistään kerro

Lähteet

- Ekman, V. 2010. Rakennusmittaukset, niiden laatu ja dokumentointi. Opinnäytetyö. Lappeenranta, Saimaan ammattikorkeakoulu.
- ISO 4463-1 1989. Measurement methods for building – Setting-out and measurement. Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria.
- JUHTA 2012. JHS 184 Kiintopistemittaus EUREF-FIN –koordinaattijärjestelmässä. Saatavana verkkojulkaisuna.
- Kansanaho, R. 2011. Rakennusmittaus Trimblen S6-robottitakymetrillä ja mMIES® -rakennusmittausjärjestelmällä. Opinnäytetyö. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Laurila, P. 1993. Mittauksen ja rakentamisen laatuajattelun vertailua. Mittaus- ja kartoitustekniikan valtakunnallinen tutkijakoulutusseminaari 6.9.9.1993. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
- Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet (4. uudistettu painos). Julkaisu D nro 3. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Laurila, P. 2020. Maan mittauksia – Mittausten laskenta. Helsinki: Books on Demand.
- Liikennevirasto 2017. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje. Liikenneviraston ohjeita 18/2017. Saatavana verkkojulkaistuna.
- Möser, M. (Hrsg.) 2016. Ingenieurbau (2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Berlin: Wichmann.
- Purolainen, M. 2018. Rakennusmittaus osana rakennusprojektia. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Vehanen, E. 2020. Maavakio Oy:n rakennusmittausten laadunvarmistus. Opinnäytetyö. Espoo: Metropolia.
- Viitanen, V. 2012. Rakennusmittaukset ja laadunvarmistus. Opinnäytetyö. Espoo: Metropolia.

Yhteystiedot

Pasi Laurila

Tietokirjailija, eläkeläinen

Ortelantie 3 A 4

13210 Hämeenlinna

Puhelin: 0400 976 544

Sähköposti: ptlroi1955@gmail.com

Internet: <https://maanmittauksia.com>

Kuva: Veikko Keränen
10.3.2016

