

# PPP-satelliittikorjauksen hyödyntäminen Maanmittauslaitoksessa

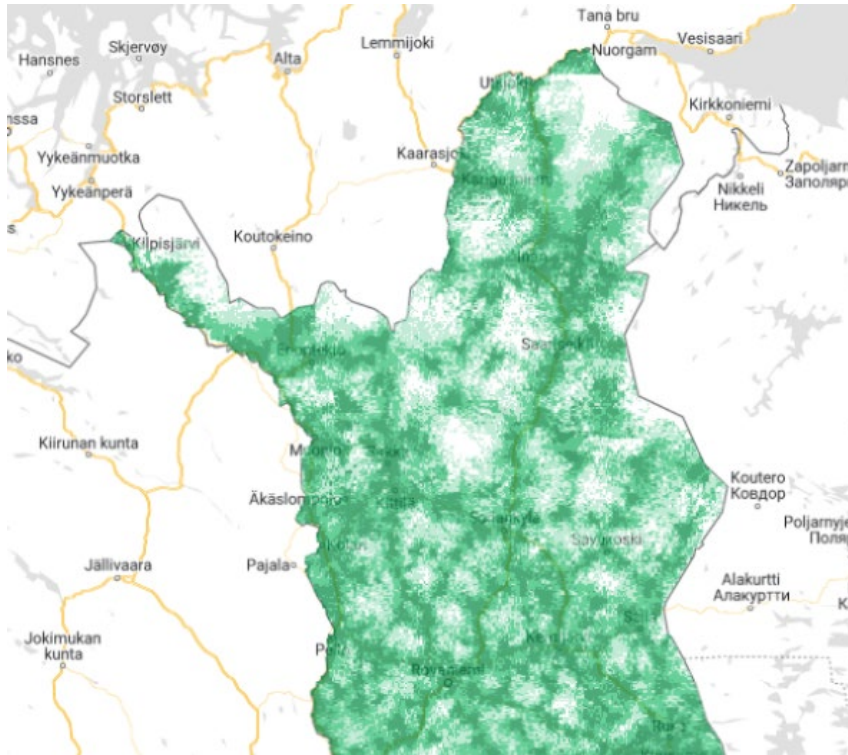
Opinnäytetyö

Jani Koivuniemi

Maanmittauspäivät - Tampere  
11.5.2023

# Aiheen valinta

## RTK-mittauksen yhteysongelmat



Kuuluvuuskartta (2G), Telia

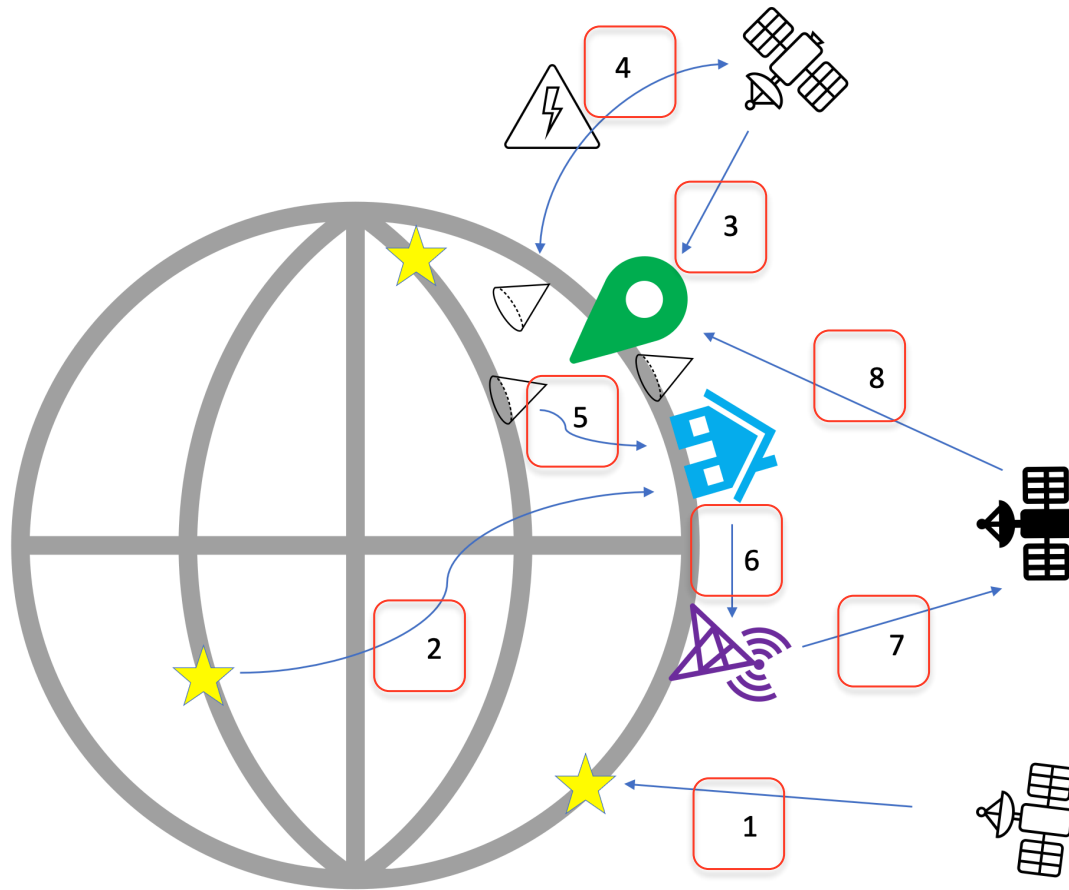
- Operaattorikatveet
  - RTK-mittaus keskeytyy tai estyy
- Vaihtoehtomenetelmät
  - Oma tukiasema
  - Staattinen mittaus
  - PPP?

# Precise Point Positioning



- Menetelmä kehitetty 1997
- Perustuu satelliittien kello- ja lentoratatietojen laskemiseen
- Ei hyödynnetä referenssipisteitä
- Korjausdata geostationaariselta tietoliikenne satelliitilta maanpäällisen operaattoriverkon sijaan
- Erämaat, saaristo ja muut syrjäseudut
- Edellytyksenä näkyvyys korjausdataa välittävään satelliittiin.
- Aikaisemmat tutkimukset
- Tarkkuus
- Konvergenssiaika

# PPP-toimintaperiaate



## Selitteet

GNSS satelliitti



SmartLink satelliitti



Maa-asema



Laskentakeskus



Uplink-asema



SmartNet verkko



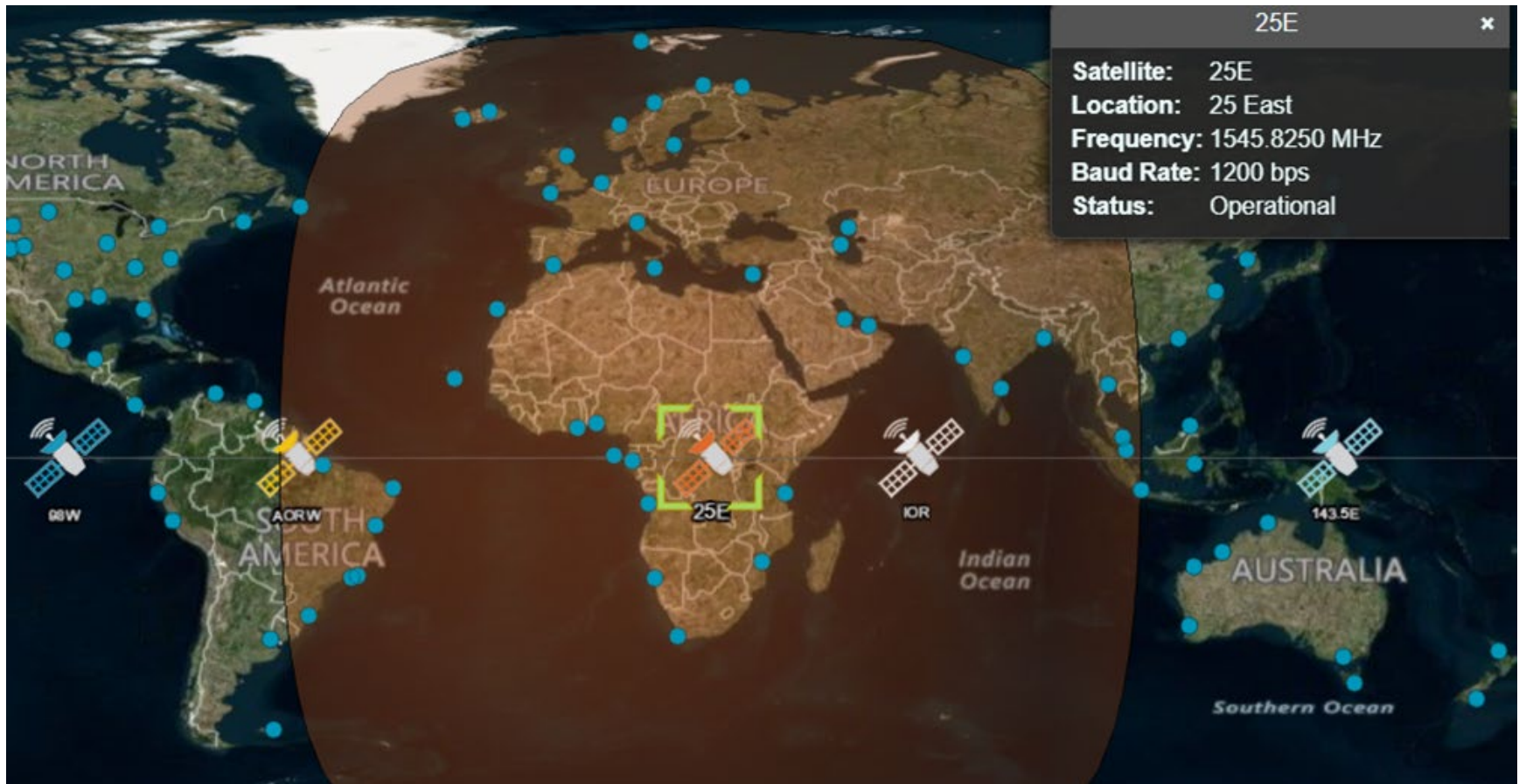
Mittaaja



Ilmakehä häiriöt



# Tietoliikennesatelliitin peittoalue ja GNSS-maa-asemat



# Tavoite

- PPP-menetelmällä mitattujen pisteiden taso- ja korkeustarkkuus sekä alustuskyky
- Määräys mittausten tarkkuudesta ja rajamerkeistä kiinteistötoimituksissa?
- PPP-tietoliikennesatelliitin korkeuskulman vaikutus?
- Tekniikan soveltuvuus tai soveltumattomuus Maanmittauslaitoksen tuotannon tarpeisiin
- Tehostaa maastomittausta vaikeilla erämaa-alueilla



# Määräykset

Määräykset mittausten tarkkuudesta ja rajamerkeistä kiinteistötoimituksissa (2011, 2012)

Mittausluokan vaatimukset rajamerkin sijaintitarkkuudelle

Mittausluokka 1	$\leq 0.12$ m
Mittausluokka 2	$\leq 0.2$ m
Mittausluokka 3	$\leq 0.3$ m
Mittausluokka 4	$\leq 0.5$ m

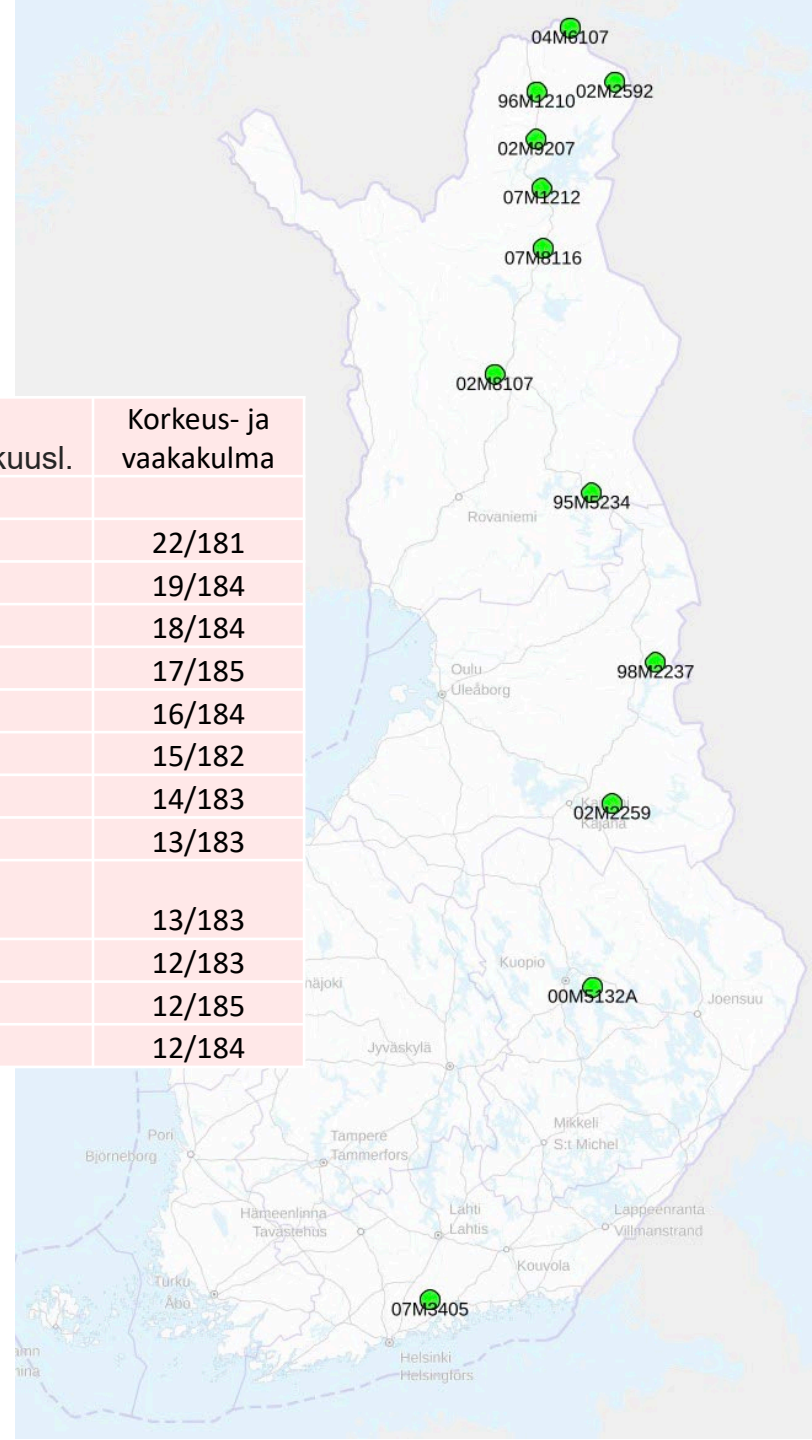
## Sallitut mittausmenetelmät

- Suorakulmainen mittaus rajatuin etäisyyksin
- Takymetrimittaus
- RTK-mittaus
- Verkko-RTK-mittaus
- **PPP ?**

# Testipisteet

Kiintopiste	Nimi	Kunta	Tasotarkkuusl.	Korkeustarkkuusl.	Korkeus- ja vaakakulma
			ETRS	N2000	
07M3405	Nimetön	Askola	3	2	22/181
00M5132A	Hemmonranta	Kuopio	3	3	19/184
02M2259	Kuohuvaara	Sotkamo	3	2	18/184
98M2237	Saarikylän th	Suomussalmi	2	1	17/185
95M5234	Morottaja	Salla	1	1	16/184
02M8107	Pittiövaara	Sodankylä	3	1	15/182
07M8116	Kakslauttanen	Inari	2	1	14/183
07M1212	Myössäjärvi	Inari	2	1	13/183
02M9207	Neljäntuulentupa	Inari	2	1	13/183
96M1210	Rovarinne	Utsjoki	1	1	12/183
02M2592	Kirakkajärvi	Inari	2	2	12/185
04M6107	Niemelä	Utsjoki	2	3	12/184

- Mittaussessiot 4 x 30 min / kp
- Autotallennus 1 min. välein
- Yhteensä 1440 pistettä





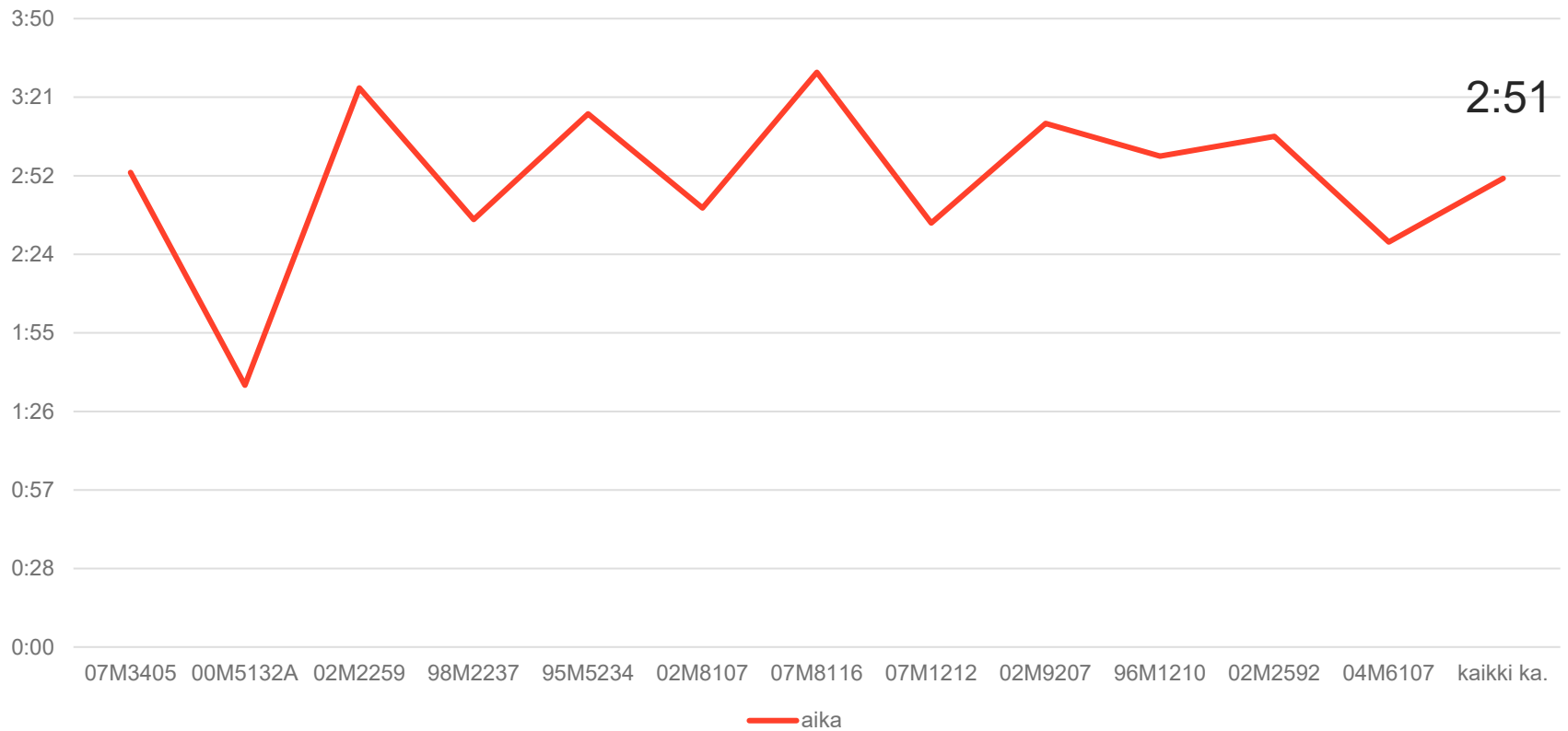


# Mittauskalusto

- Leica GS18i vastaanotin
- Leica CS35 tallennin
- Leica Captivate mittausohjelmisto
- Leica SmartLink, 1kk PPP-testilisenssi.
- Rullamitta

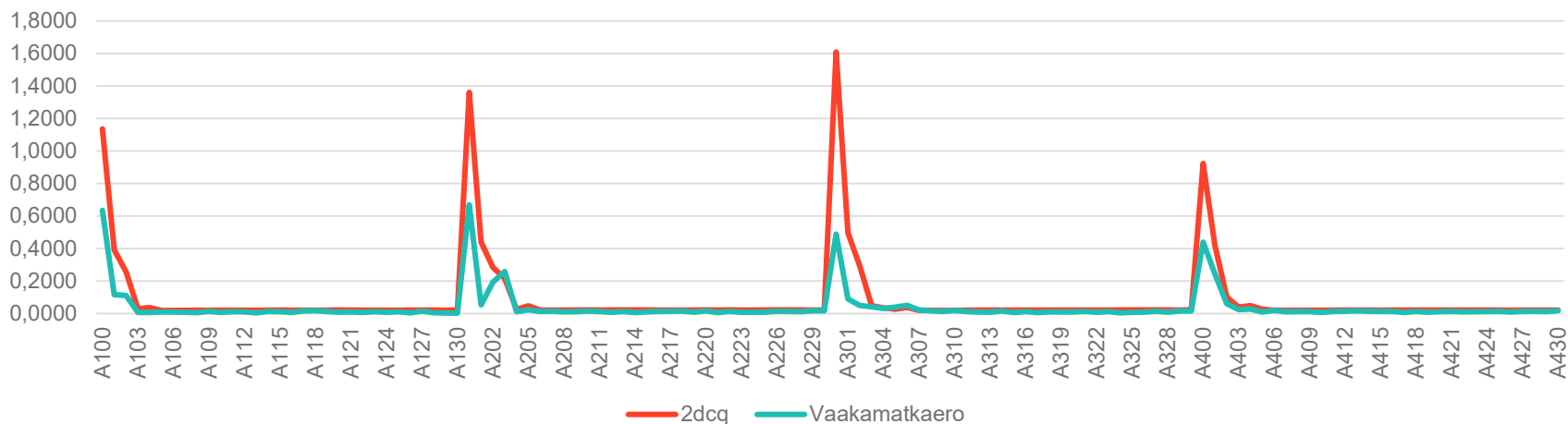
# Alustusaika

Alustusaika PPP-satelliitin havaitsemisesta lähtien

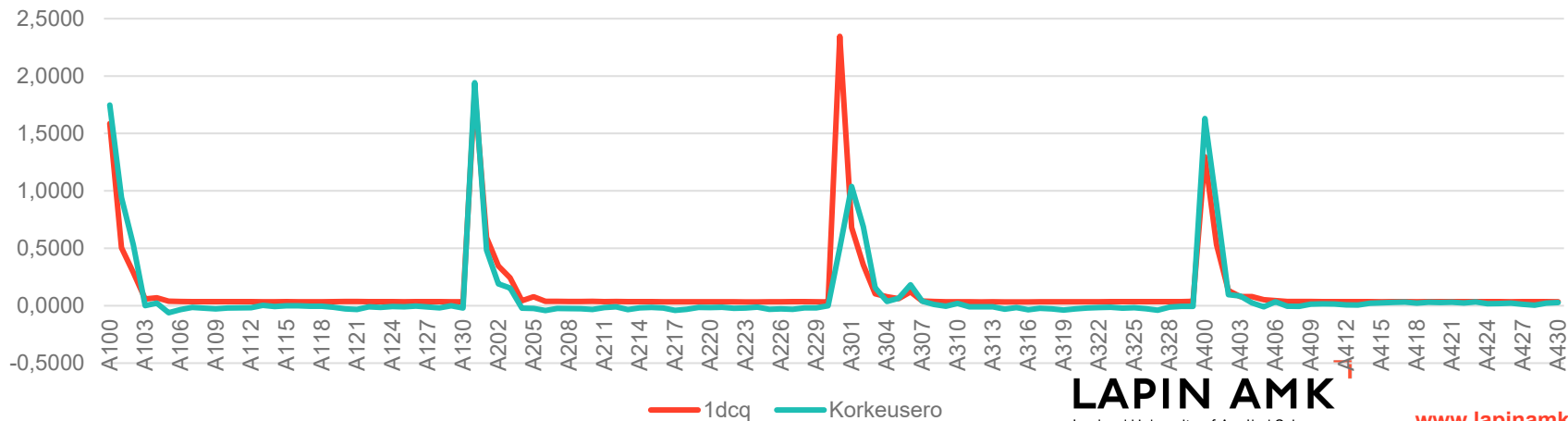


# Esimerkki, mittauskohde avoimessa maastossa

Vaakatarkkuus 07M3405 Askola

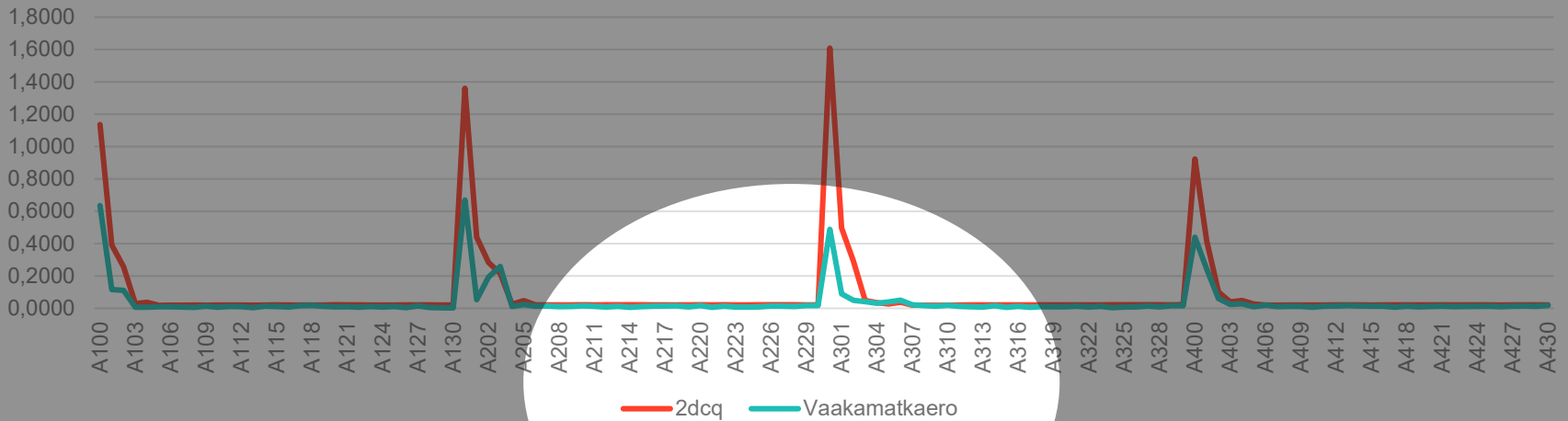


Korkeustarkkuus 07M3405 Askola

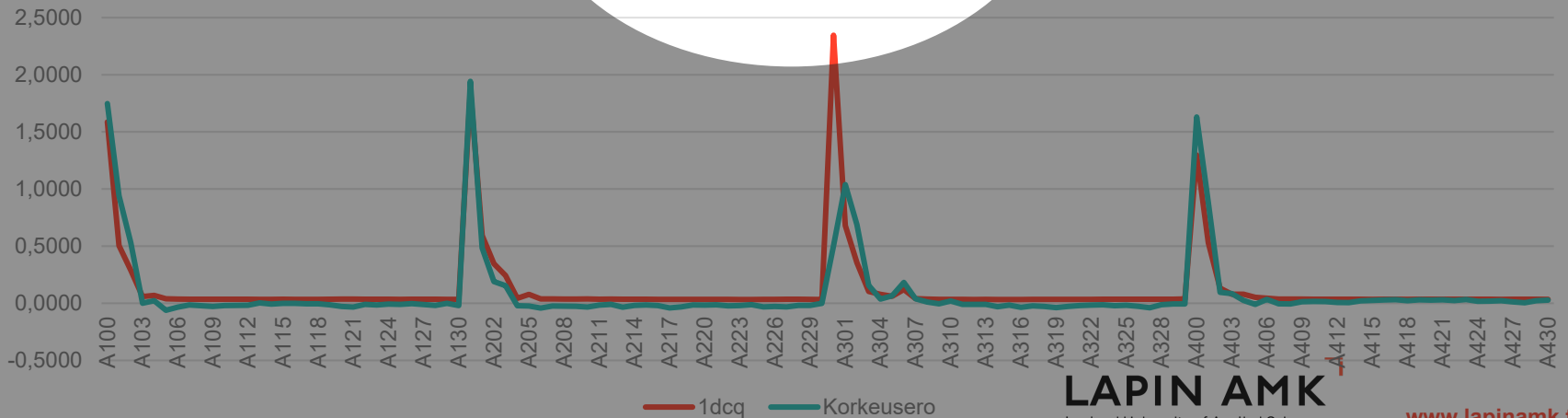


# Esimerkki, mittauskohde avoimessa maastossa

Vaakatarkkuus 07M3405 Askola

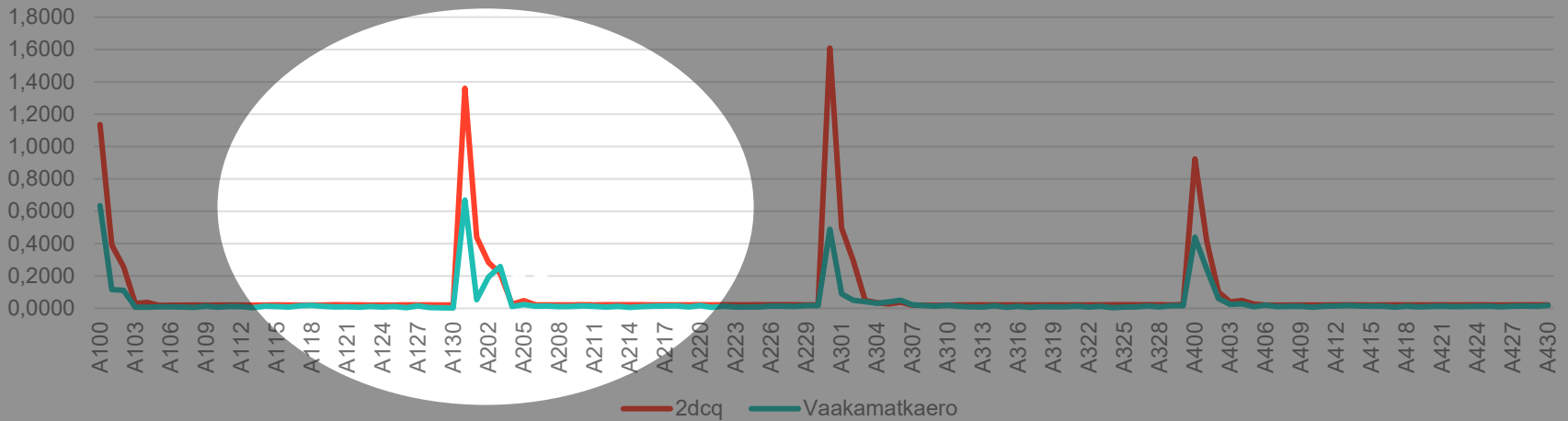


Korkeustarkkuus 07M3405 Askola

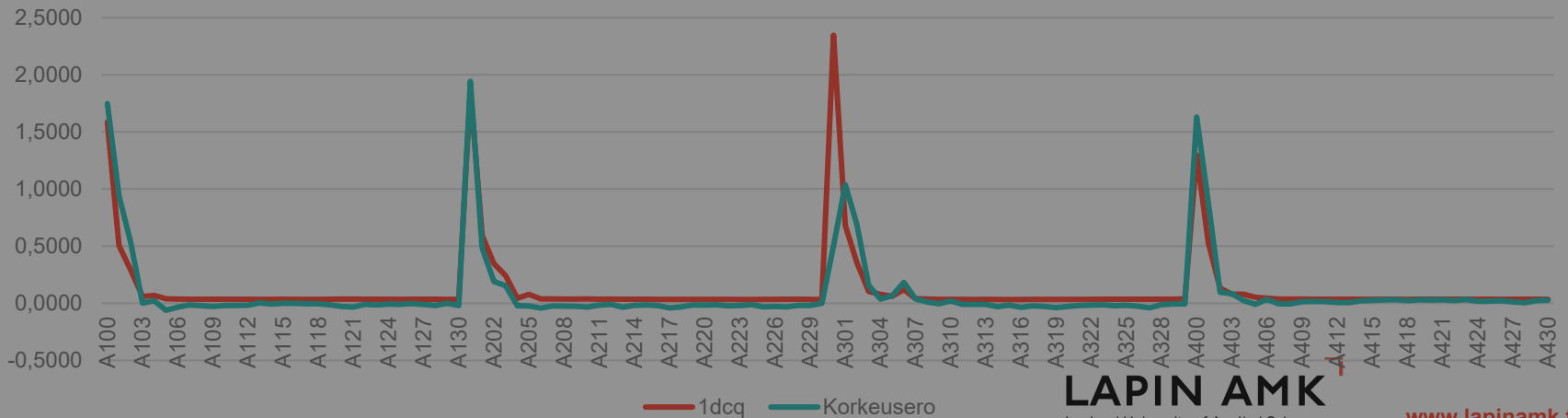


# Esimerkki, mittauskohde avoimessa maastossa

Vaakatarkkuus 07M3405 Askola

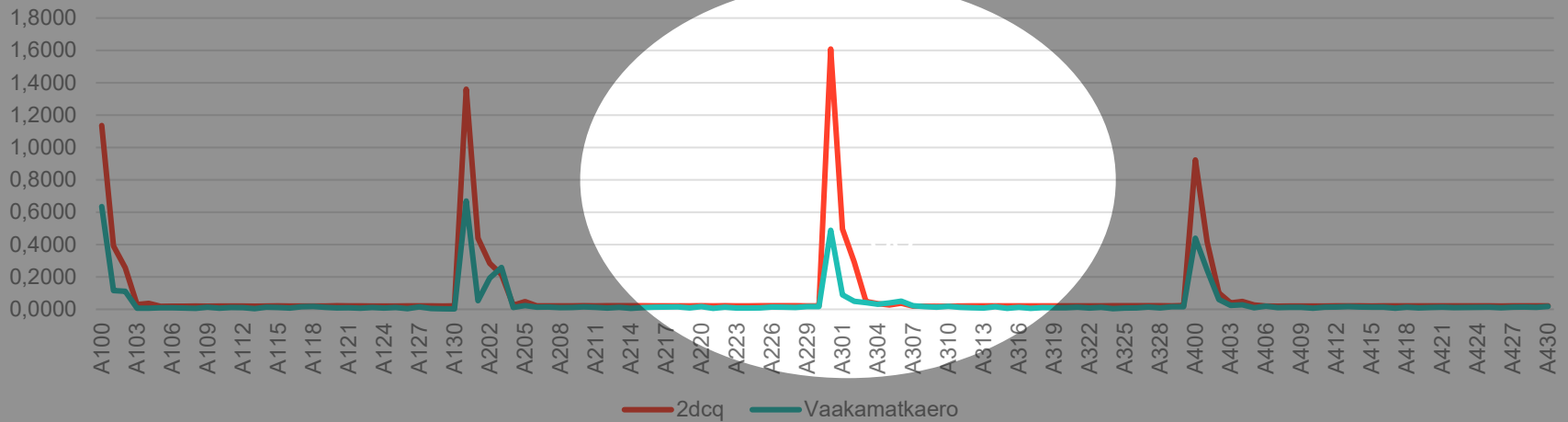


Korkeustarkkuus 07M3405 Askola

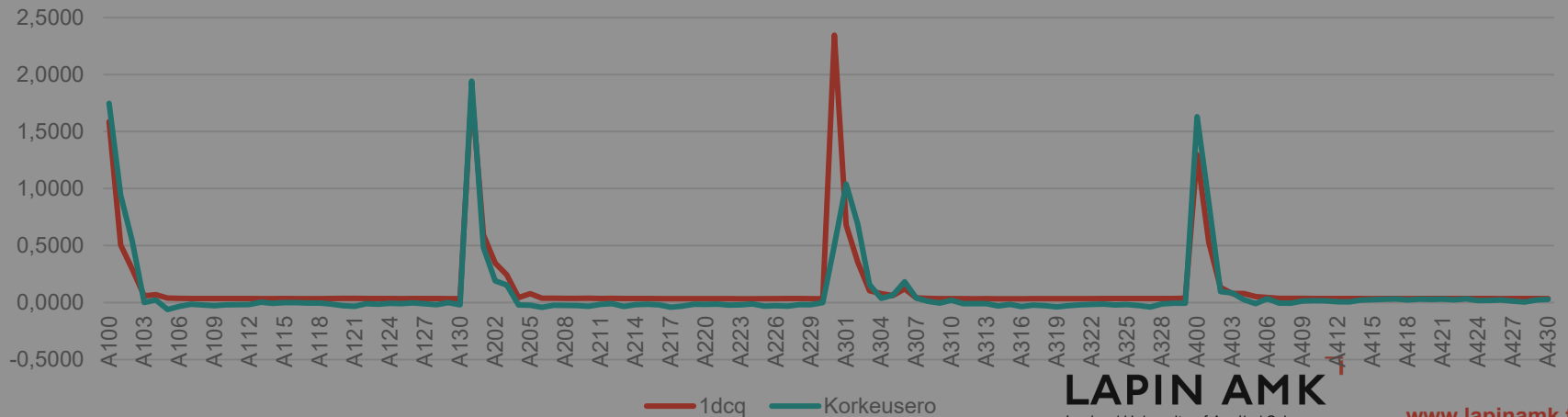


# Esimerkki, mittauskohde avoimessa maastossa

Vaakatarkkuus 07M3405 Askola

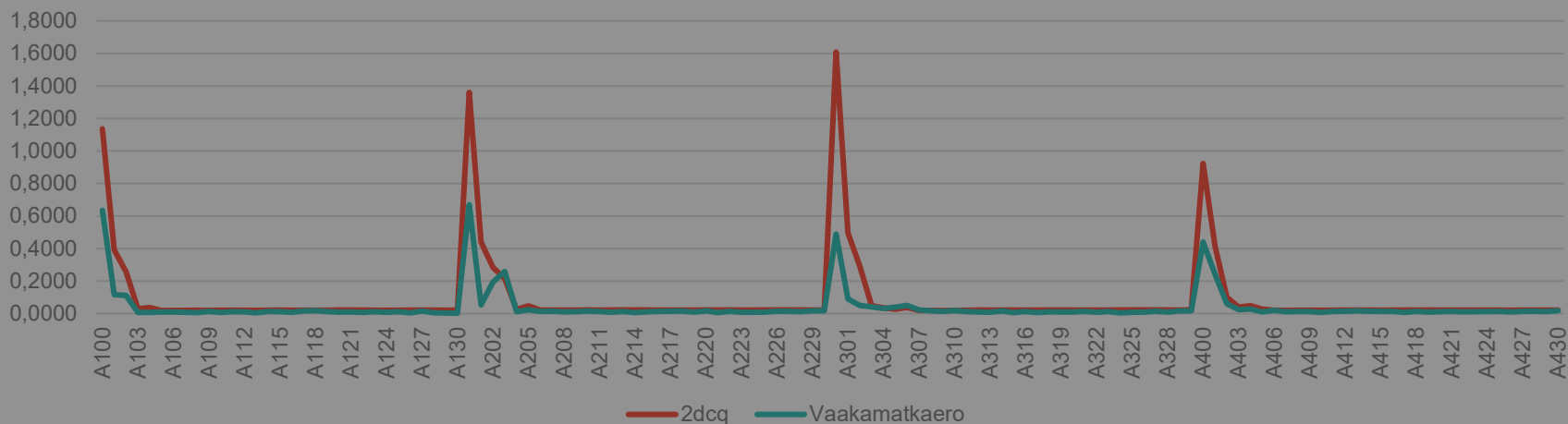


Korkeustarkkuus 07M3405 Askola

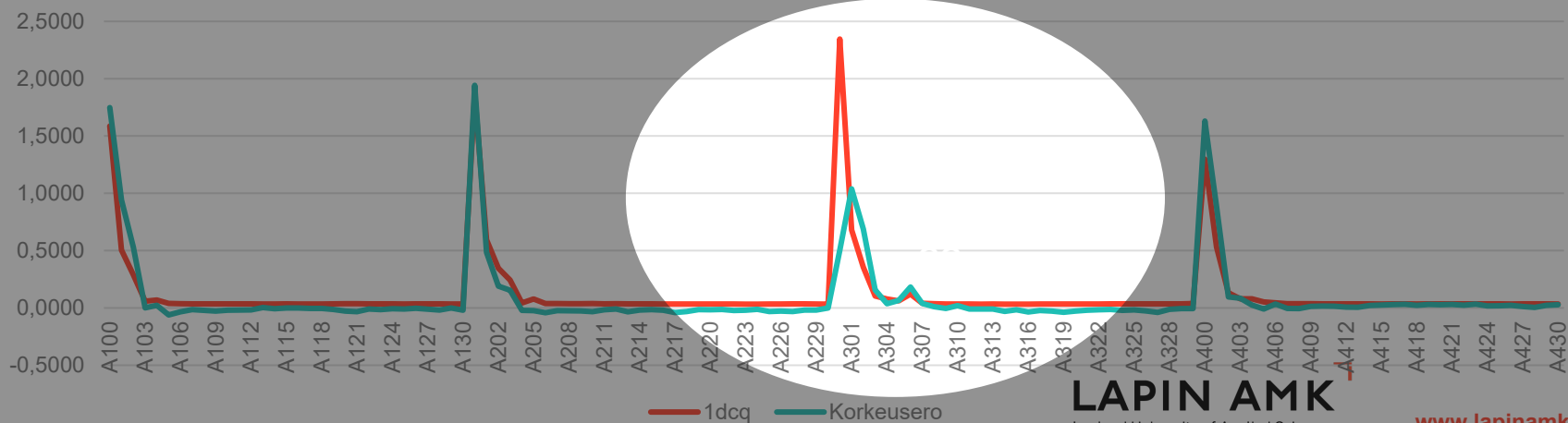


# Esimerkki, mittauskohte avoimessa maastossa

Vaakatarkkuus 07M3405 Askola



Korkeustarkkuus 07M3405 Askola



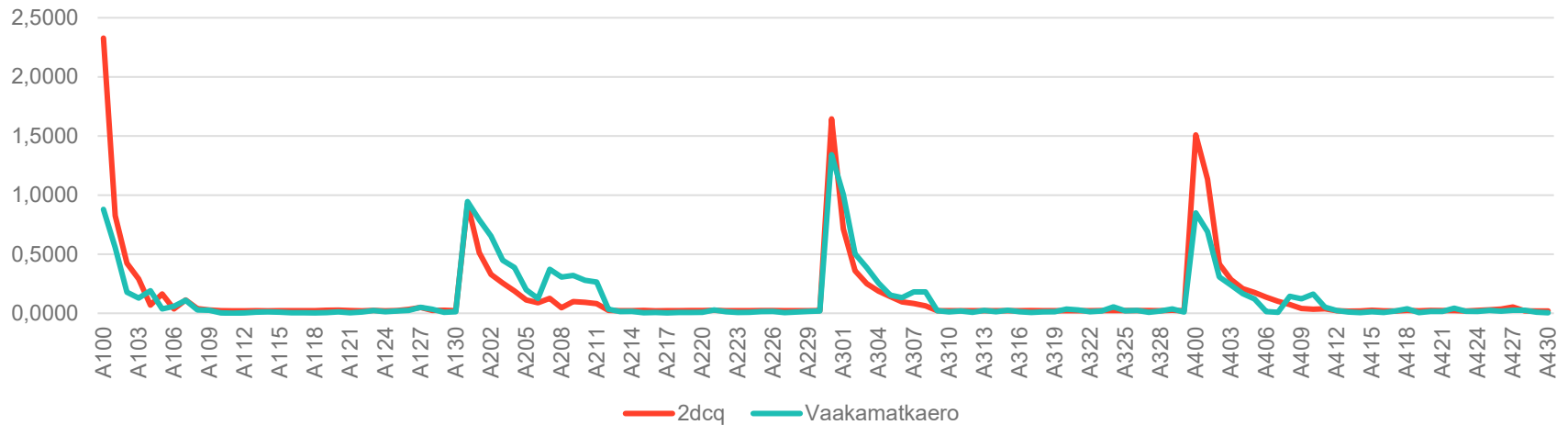


Askola 07M3405 / Inari 07M1212

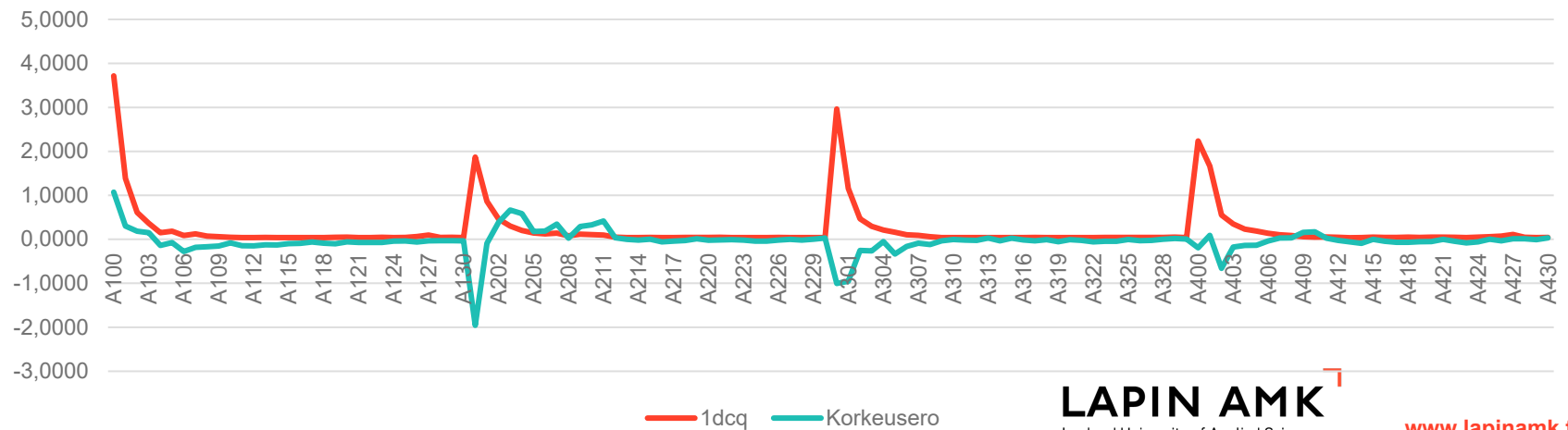


# Esimerkki, mittauskohteessa puustoa ympärillä

Vaakatarkkuus 07M8116 Saariselkä

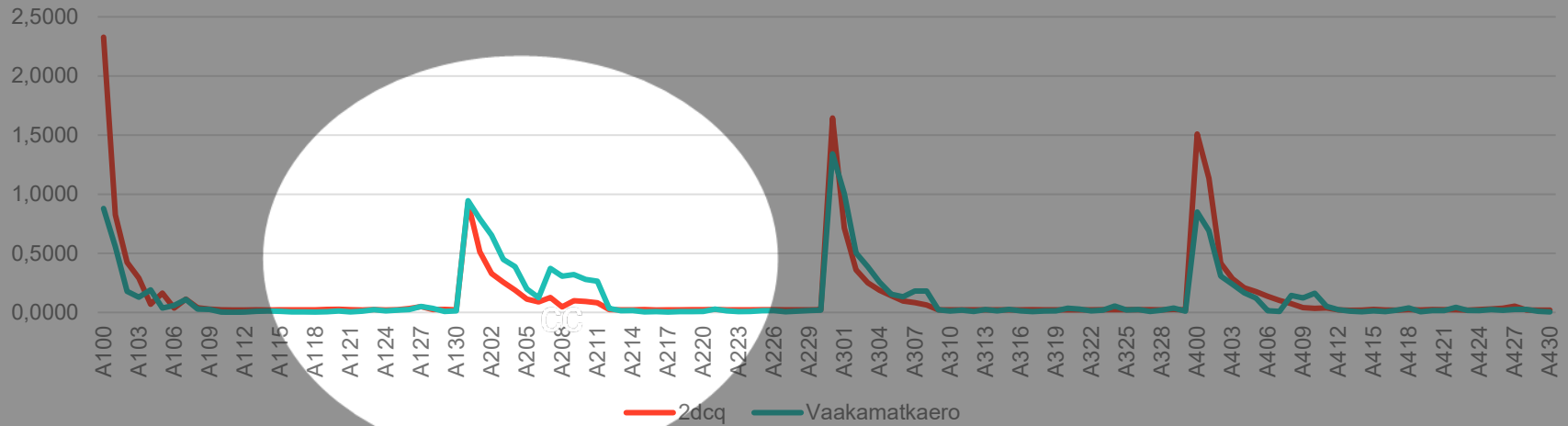


Korkeustarkkuus 07M8116 Saariselkä

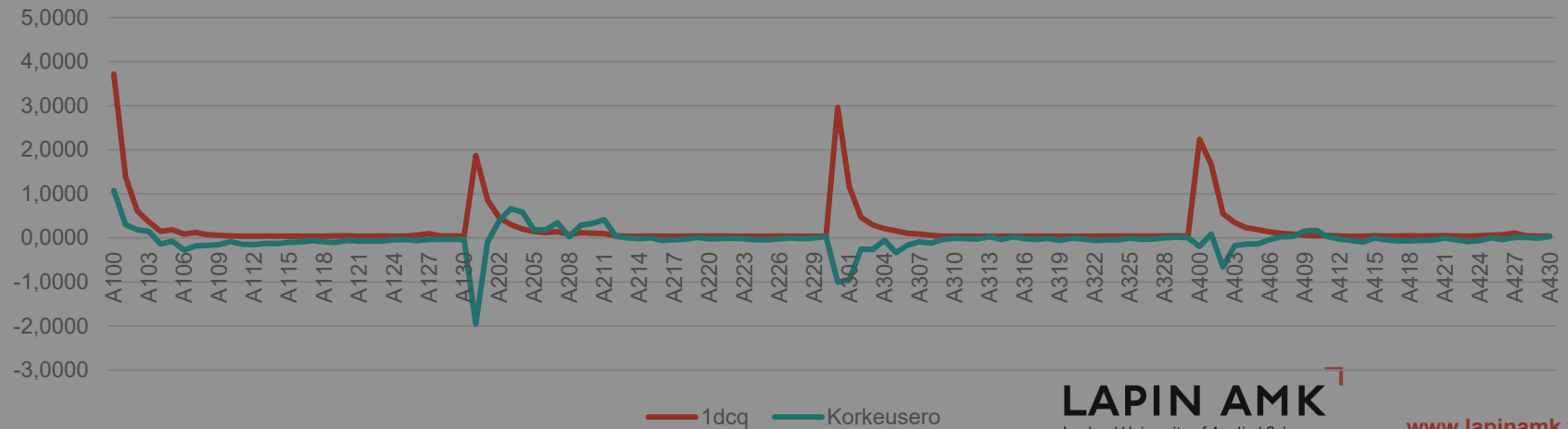


# Esimerkki, mittauskohteessa puustoa ympärillä

Vaakatarkkuus 07M8116 Saariselkä

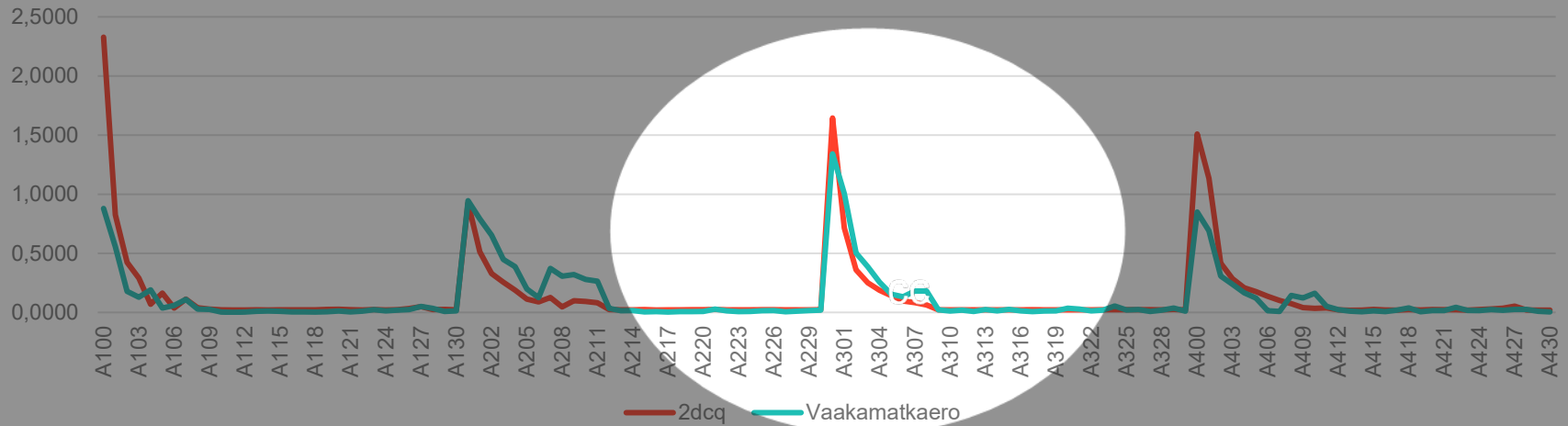


Korkeustarkkuus 07M8116 Saariselkä

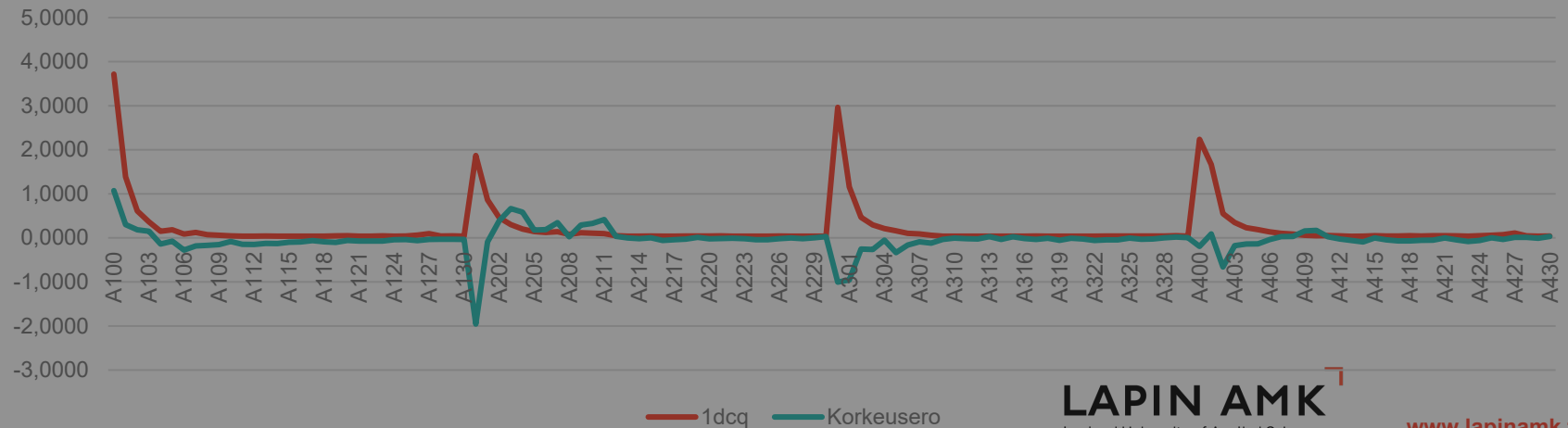


# Esimerkki, mittauskohteessa puustoa ympärillä

Vaakatarkkuus 07M8116 Saariselkä

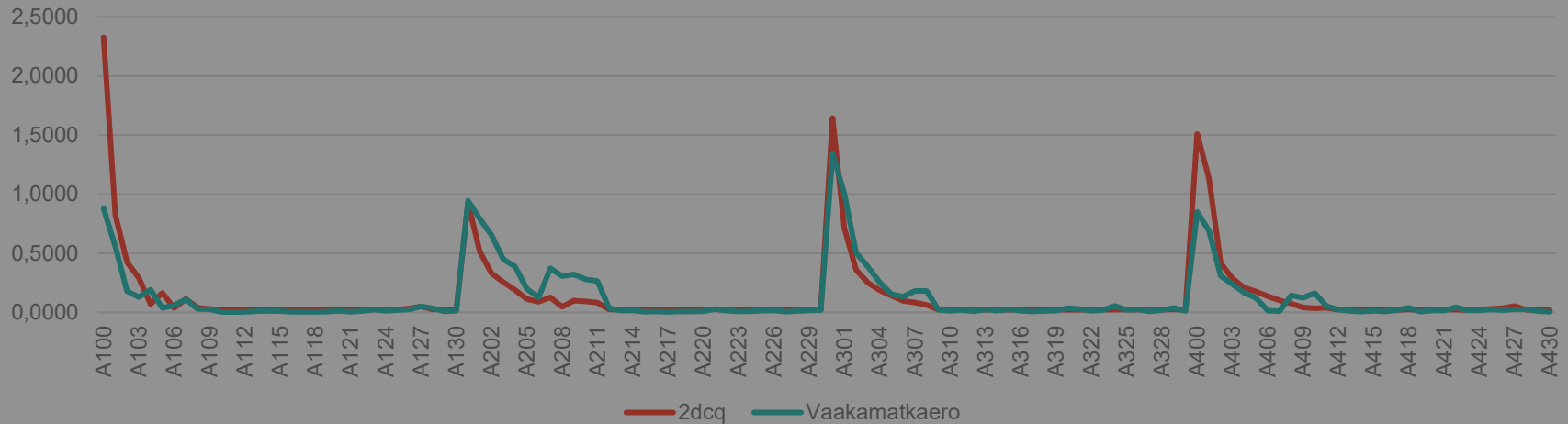


Korkeustarkkuus 07M8116 Saariselkä

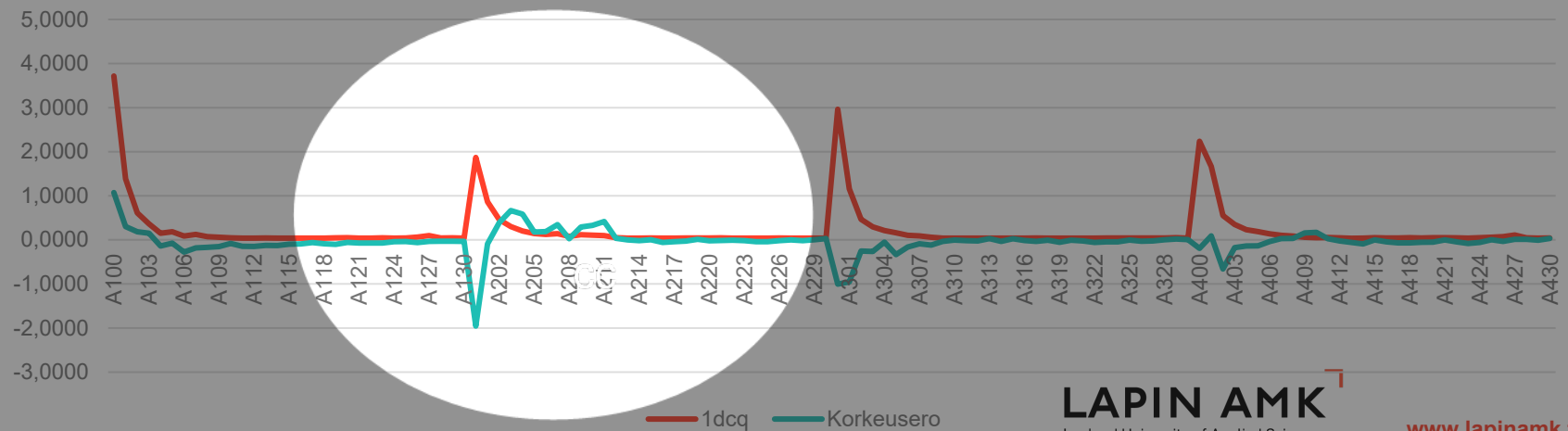


# Esimerkki, mittauskohteessa puustoa ympärillä

Vaakatarkkuus 07M8116 Saariselkä



Korkeustarkkuus 07M8116 Saariselkä



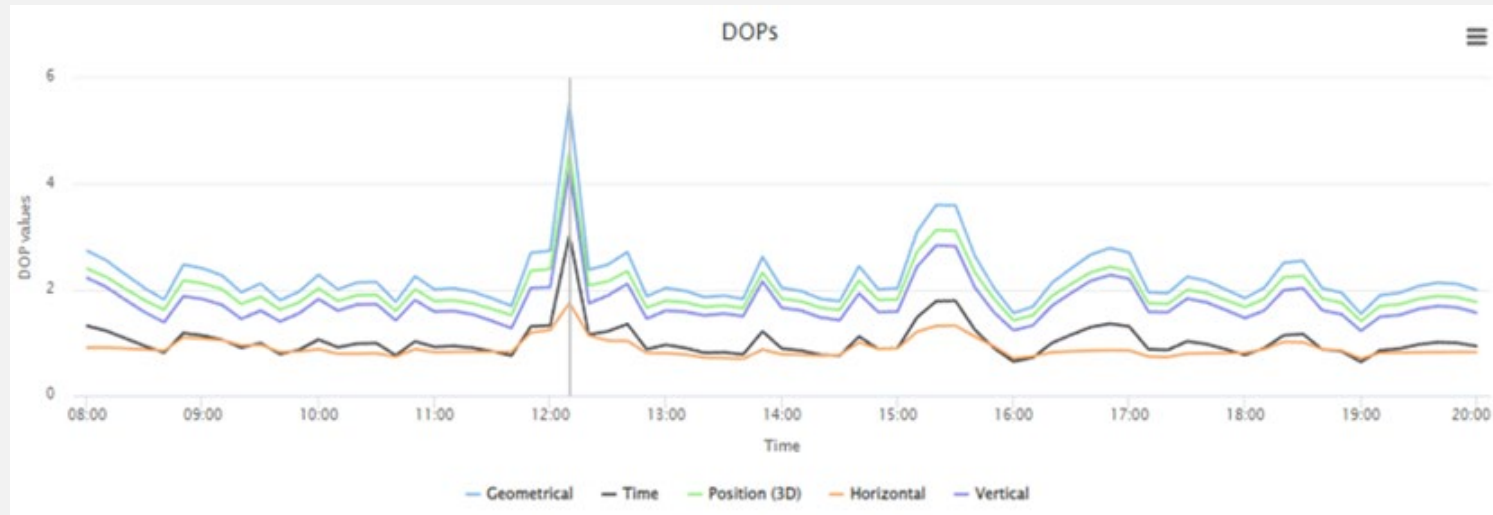


Inarin Kakslauttanen 07M8116



Inarin Kaamanen 02M9207

# Paikannuksen epäonnistuminen Sodankylä



# Jaottelu tasotarkkuusryhmiin

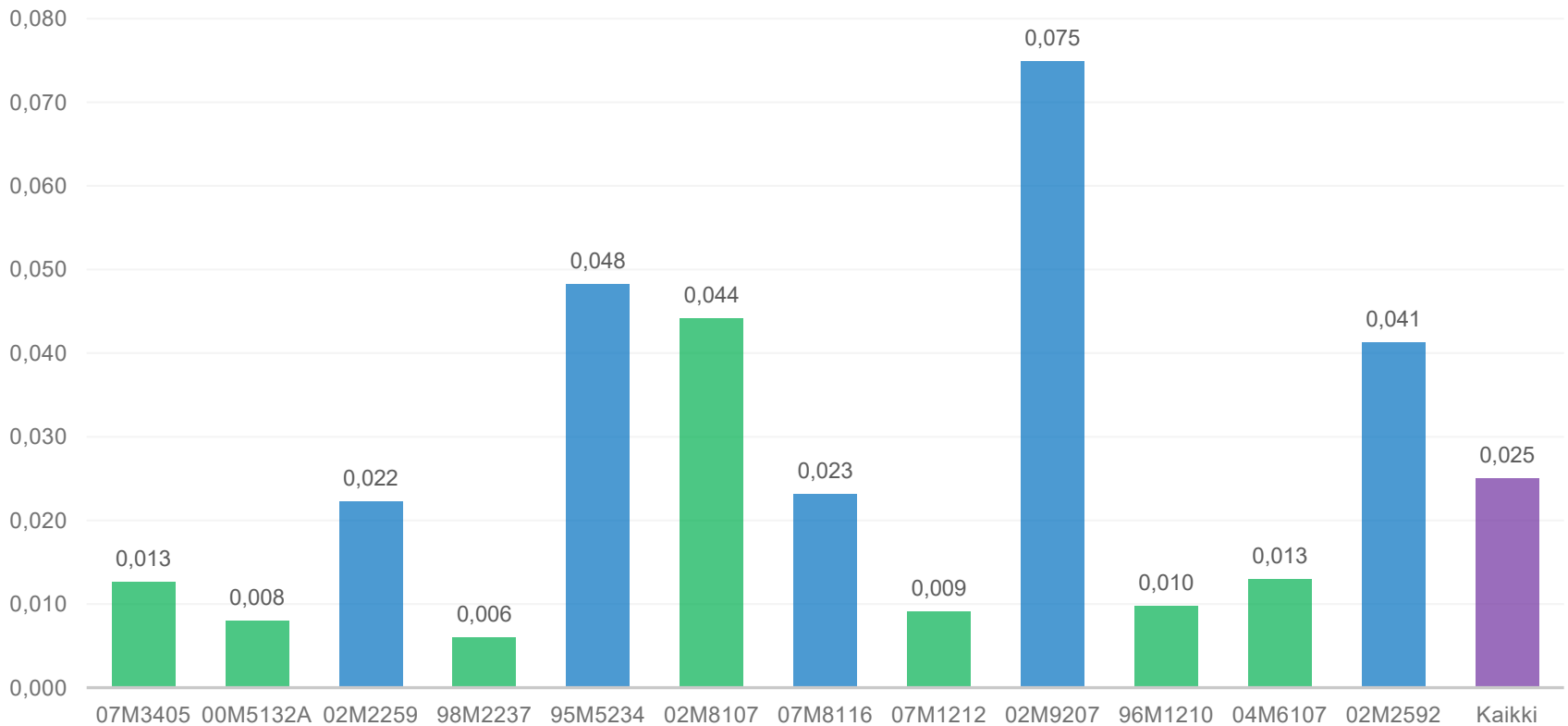
0.10-0.20  
(58)

0.050-0.099  
(59)

<0.050  
(1220)

# Tasotarkkuusryhmä alle 5 cm

Tasotarkkuus, 2dcq <0.050m

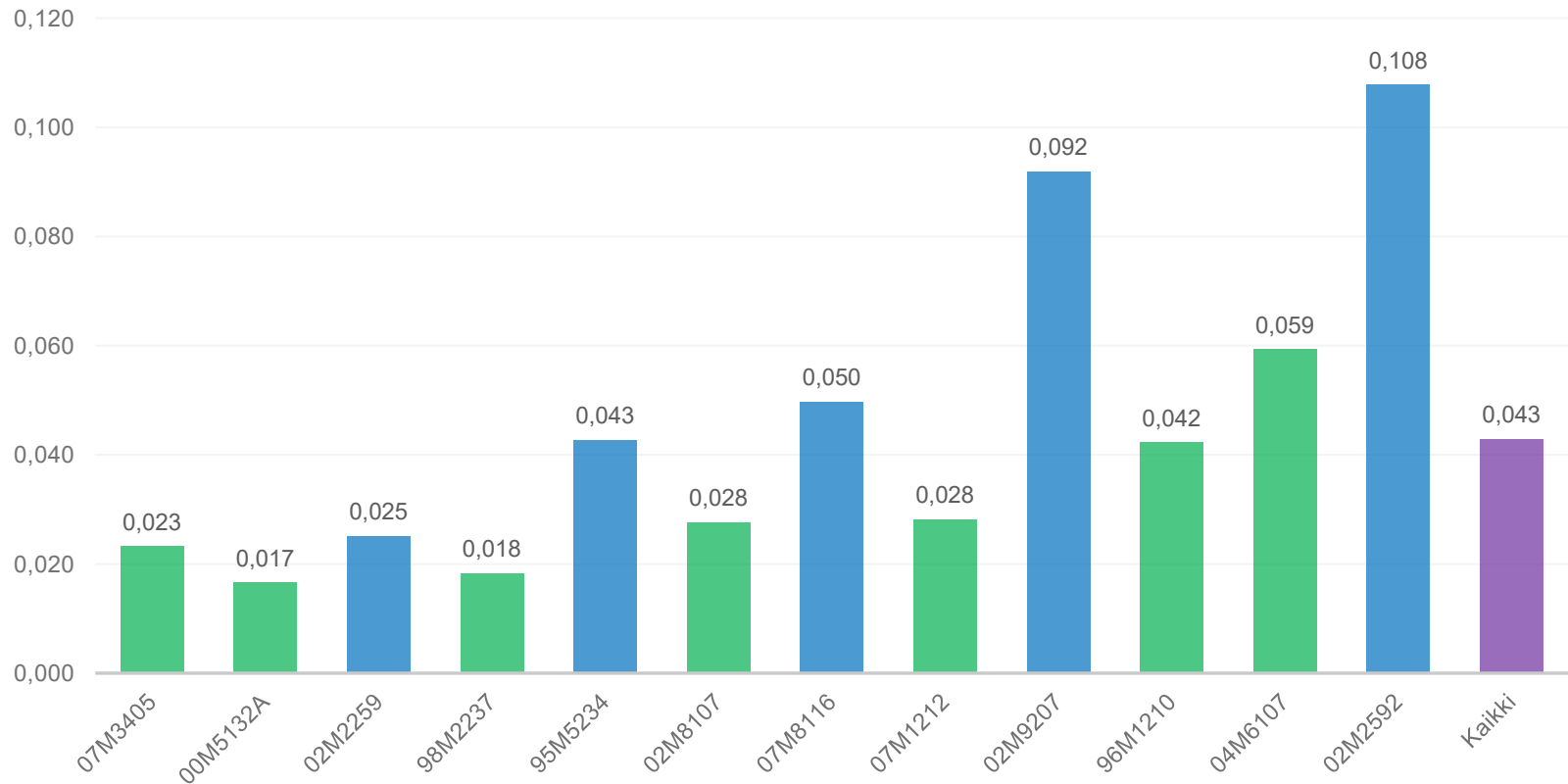


- Vihreä, avoin maasto
- Sininen, puustoa ympärillä



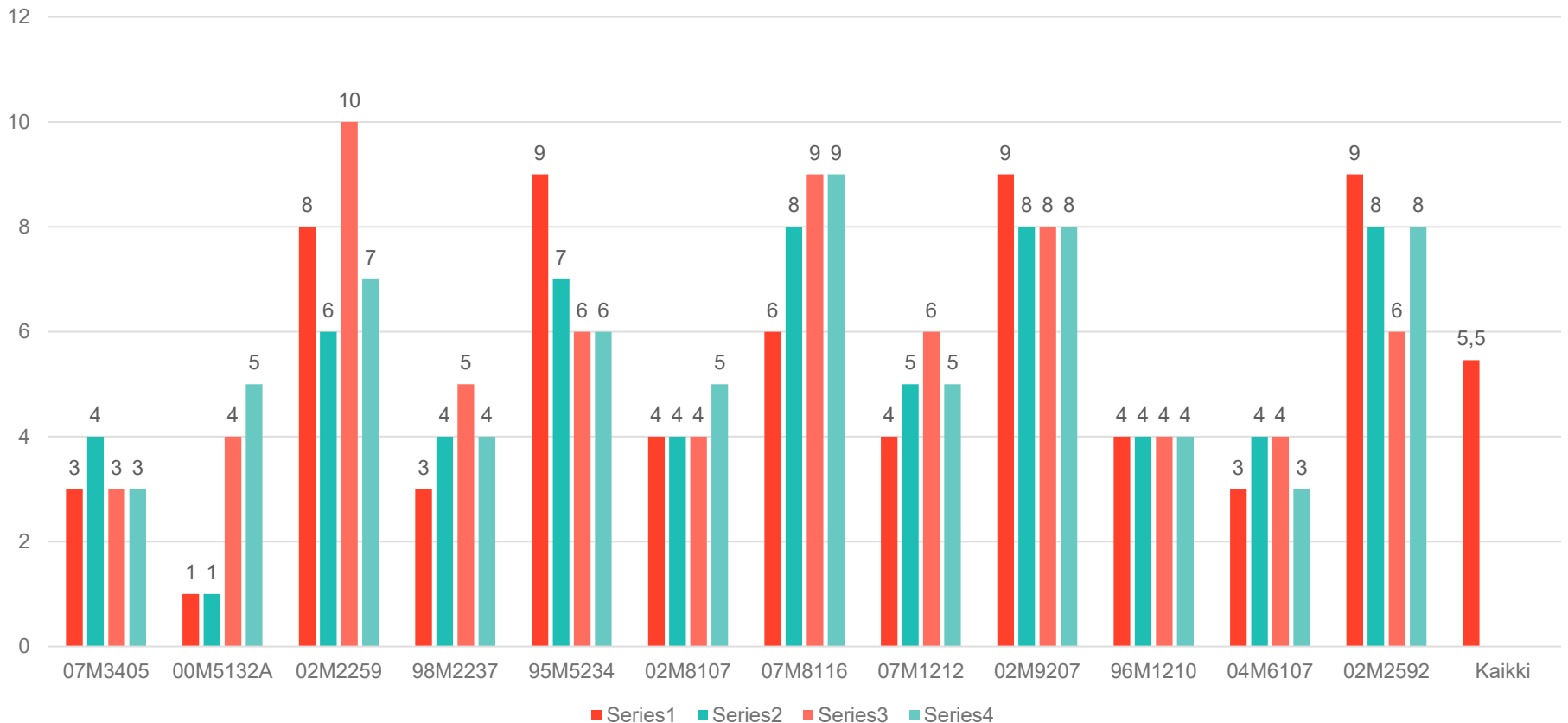
# Tasotarkkuusryhmä alle 5 cm

Korkeustarkkuus (m), 2dcq <0.05



# Alle 5 cm tasotarkkuuden saavuttamiseen kulunut aika

<5cm 2dcq saavuttaminen mittausarjoittain (min)



# Mittausluokan täytyminen

		Kpl	%
Havaintoja (2dcq <0.050)		1220	100.00
Mittausluokka 1	≤ 0.12 m	1172	96.07
Mittausluokka 2	≤ 0.2 m	1185	97.13
Mittausluokka 3	≤ 0.3 m	1200	98.36
Mittausluokka 4	≤0.5 m	1214	99.51
Ei täytä mittausluokkien vaatimuksia	>0.5	6	0.49

# Tulosten yhteenveto

- PPP-mittaustekniikan kyvykkyys
  - Vertailu kiintopisteiden koordinaattiarvoihin
  - Mittaussarjojen välillä vastaanotin sammuksissa
- Puuston ja satelliittigeometrian vaikutus
- Mittausten kontrollointi (sijainnin käyttäytyminen!)
- Mittausohjelman ilmoittama tasotarkkuus  $<0.05\text{m}$  !
- Maantieteellisellä sijainnilla ei vaikutusta
- Sopii MML:n käyttöön

# Johtopäätökset

- PPP-tekniikan tarkkuus ja nopeus selville
- Sopiva menetelmä, mahdollista säästää työaika ja saada reaaliaikaisia koordinaatteja myös erämaissa operaattoriverkkojen ulkopuolella
- Jatkosuositukseset
  - Tekniikan toimivuus selvitettävä myös muilla laitemerkeillä ja palveluilla
  - Galileo HAS –palvelun tutkiminen
  - Kiinteistötoimitusten mittauksia koskeva määräys uusittava!

---

PPP-tekniikka tuotannossa

2023 valtakuntien välisessä rajankäynnissä





?

<https://www.theseus.fi/handle/10024/784832>

