

RTK GNSS comparison measurements 5.4. – 6.4. 2024

Tested devices: South G3 and G5 and Emlid RS2, RS3 and RX.

Ari Kilpelä / D.Sc. (tech.) / Dimense Ltd.

This document uses both Finnish and English languages.

Johdanto

Mittaukset tehtiin Oulussa pienellä puistoalueella kahden tien, Tokantien ja Sahantien välissä. Mittausistuntoja oli kaksi, joista nro 1 oli helpoin GNSS-laitteille. Haastava ympäristö (mittaus 2) koostuu hyvin vanhoista ja pitkistä männystä. Näiden kahden mittauksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko erilaisia tuloksia havaita ja kuinka suuri on mittaustulosten hajonta eri laitteiden välillä ja saman laitteen eri mittausten välillä. Emme käytä sanaa "tarkkuus", koska se riippuu myös RTK-tukiaseman /CORS-verkon ominaisuuksista, emmekä käyttäneet tässä vertailussa vertailumittauspisteitä. Sekä Southin että Emlidin laitteet olivat tehdasasetuksilla, paitsi että Southin laitteissa käytettiin satelliitteja GPS L1-C/A, L2-C/A, L2-P ja L5, Glonass L1-C/A, L2-C/A ja L2-P, BDS B1,B2,B3 ja B2A sekä Galileo E1,E2,E5B ja E6. Elevation mask oli 10 astetta. Mittaukset tehtiin lumen päältä (lumen syvyys 40-70 cm), mutta koska lumi oli kovaa, mittauksessa käytetty Leica-jalusta pysyi vakaana mittausten ajan. Jalusta säädettiin täsmälleen vaakasuoraan molemmissa mittauksissa ja laitteissa ei käytetty kallistuskorjausta. Yksi mittaussessio kesti noin 45 minuuttia, jossa ajassa mitattiin kaikki laitteet.

Mittaus 1 = kohtalaisen vaikea paikka, ei avoin, mutta ei kokonaan puiden peittämä. Jokaisella instrumentilla tehtiin 30 yksittäistä mittausta, kaikki mittaukset olivat kaikilla laitteilla RTK FIX:ssä. CORS-verkko oli Karera (sama kaikille) ja mittausohjelmisto Field Genius Android (RS2:lle ja RS3:lle mittaus aloitettiin ja konfiguroitiin Flowilla ja FGA vastaanotti NMEA-viestejä GN-tilassa, 1Hz taajuudella). Koordinaattijärjestelmä oli ETRS-TM35FIN ja Geoidimalli FIN2005N00. Ohjain oli South H6.

Mittaus 2 = vaativa paikka, kokonaan puiden ympäröimä. Ainoa avoin osa avaruudesta oli luoteen suuntaan. Kaikissa mittauksissa oli samat tekniset parametrit kuin mittauksessa 1. Eroina oli, että yhdellä laitteella (RS2) ei saatu yhtään RTK FIX-tulosta ja osalla laitteista (RS2, RX ja G3) vain osa mittauksista saatiin RTK FIX-tilassa. Vertailutuloksiin on otettu vain RTK FIX-tilassa mitatut tulokset. Mittausvirheen takia RS3-laitteella tehtiin kaikkiaan vain 20 mittausta, muilla 30 (myös RS2:lla, mutta niitä ei julkaista, koska yksikään tuloksista ei ollut RTK FIX-tilassa mitattu).

Introduction

These measurements were carried out in Oulu, Finland, in a small park area between 2 roads, Tokantie and Sahantie. There were 2 measurement sessions, number 1 being the easier one for GNSS devices. The challenging surrounding (session 2) has been created by very old and long pine trees. The purpose of these 2 measurement sessions was to clarify if different results can be measured. We are not using the word "accuracy", because it depends also on the RTK base station /CORS network features and we did not use any reference measurement points in this comparison. Both South's and Emlid's equipment were at factory settings, except that South's equipment used satellites GPS L1-C/A, L2-C/A, L2-P and L5, Glonass L1-C/A, L2-C/A and L2-P, BDS B1,B2,B3 and B2A and Galileo E1,E2,E5B and E6. Elevation mask was 10 degrees. The measurements were made on top of the snow (snow depth 40-70 cm), but because the snow was

hard, the Leica tripod used in the measurement remained stable during the measurements. The stand was adjusted exactly horizontally in both measurements and the devices did not use tilt correction. One measurement session lasted about 45 minutes, during which time all devices were measured.

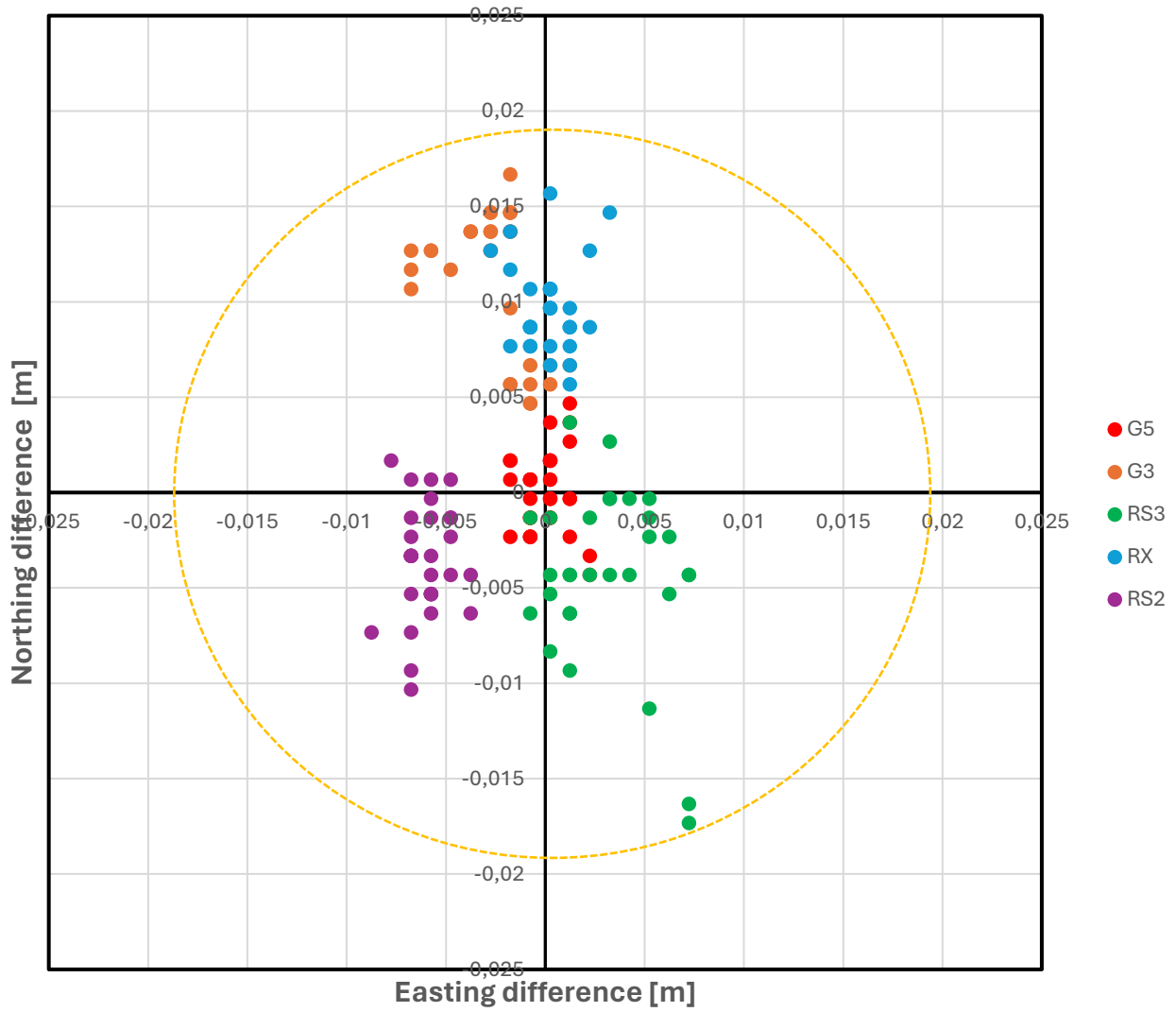
Measurement session 1 = moderately difficult place, not open, but not totally covered with trees. 30 measurements were done with each instrument, all in RTK FIX. CORS network was Karera (the same for all) and the measurement software was Field Genius Android (for RS2 and RS3 the measurement was started and configured with Flow and FGA received NMEA messages in GN mode, 1Hz frequency). The coordinate system was ETRS-TM35FIN and Geoid model was FIN2005N00. The controller was South H6.

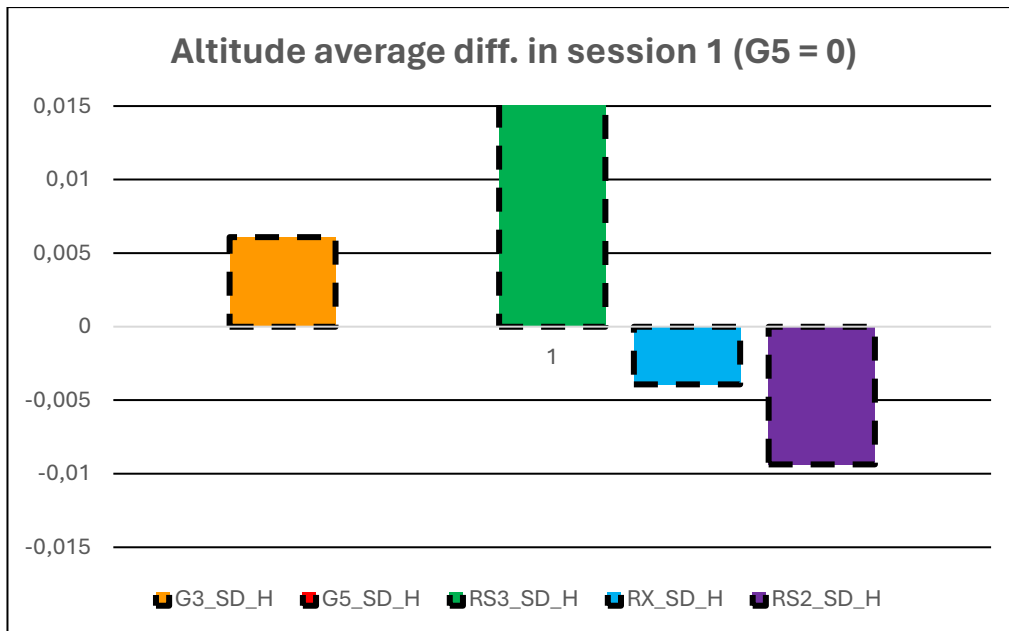
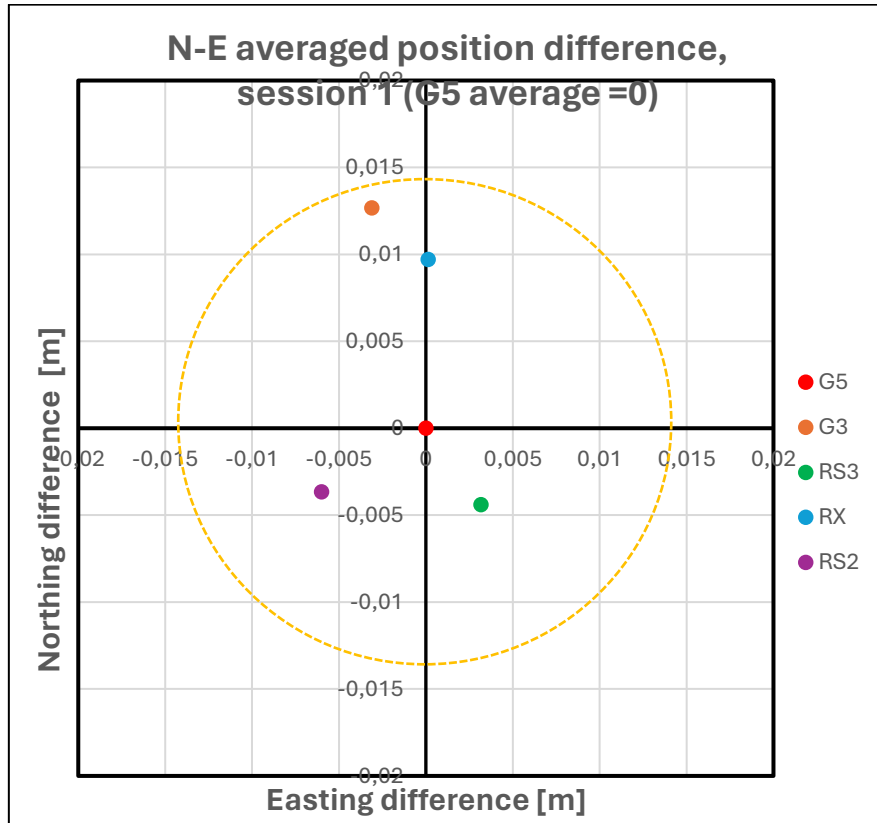
Measurement session 2 = demanding site, completely surrounded by trees. The only open part of the space was towards the northwest. All measurements had the same technical parameters as session 1. The differences were that one device (RS2) did not receive any RTK FIX results and some devices (RS2, RX and G3) only received some measurements in RTK FIX mode. Only the results measured in RTK FIX mode have been included in the comparison results. Due to a measurement error, only 20 measurements were made with the RS3 device, 30 with the others (also with the RS2, but they are not published because none of the results were measured in RTK FIX mode.

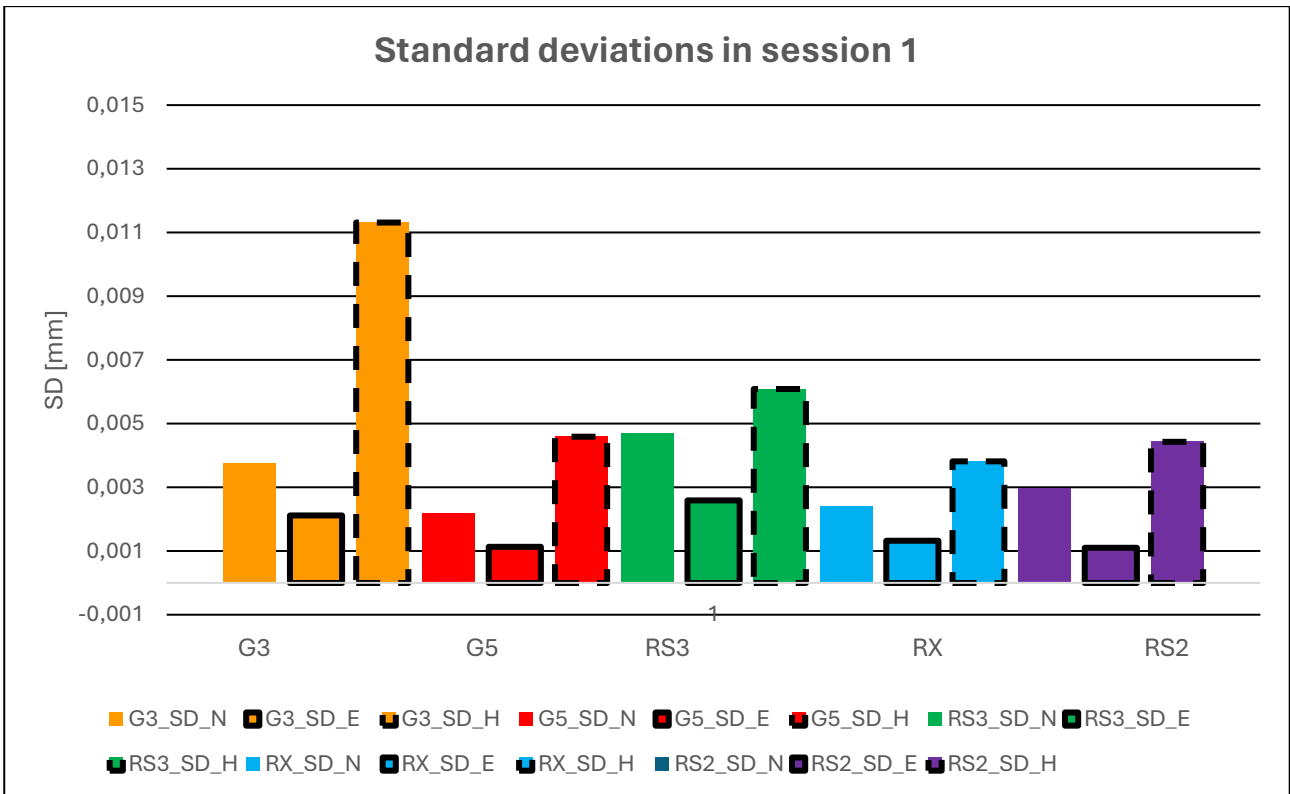
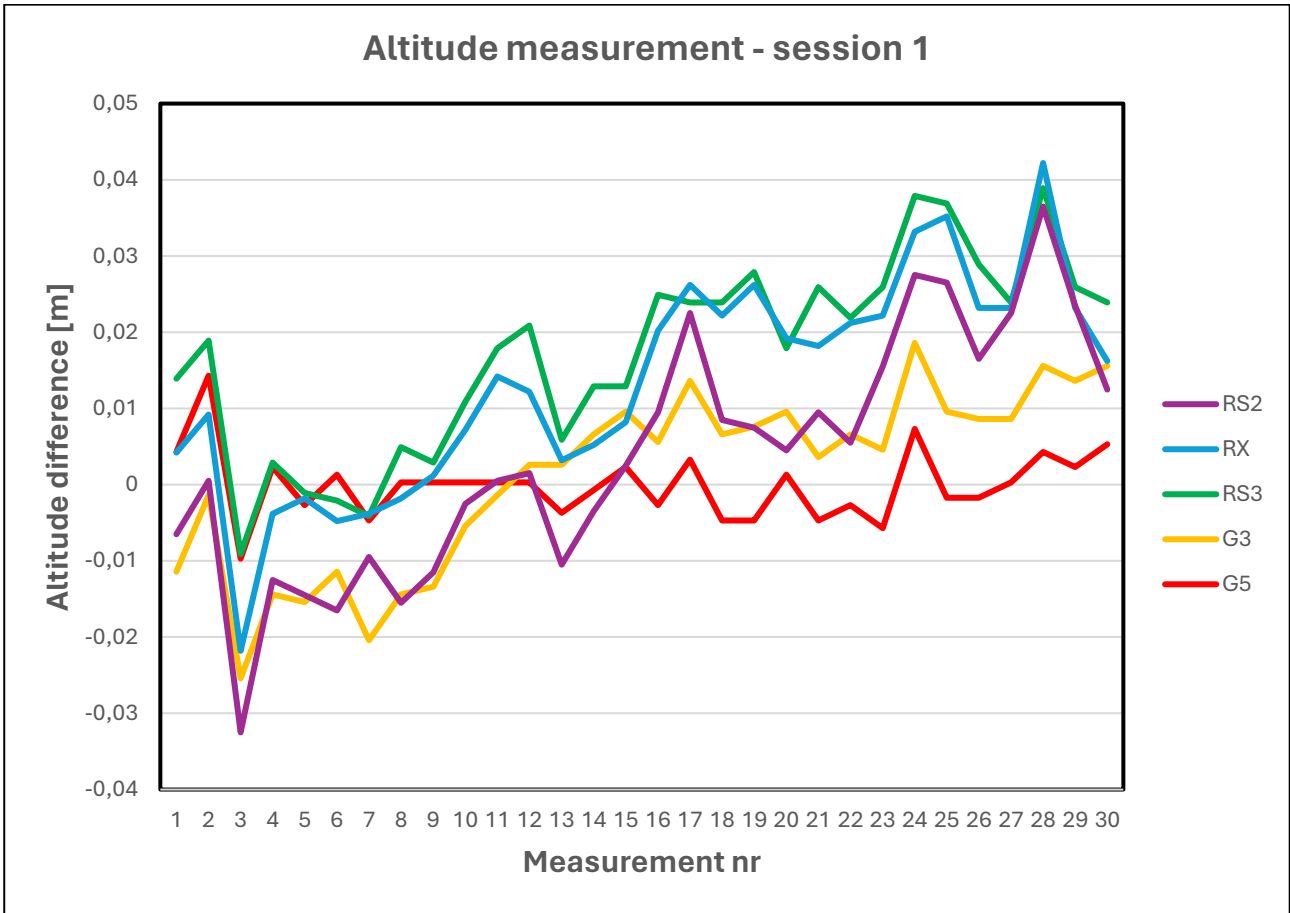
Session 1 = moderately difficult place for RTK GNSS devices to get RTK FIX



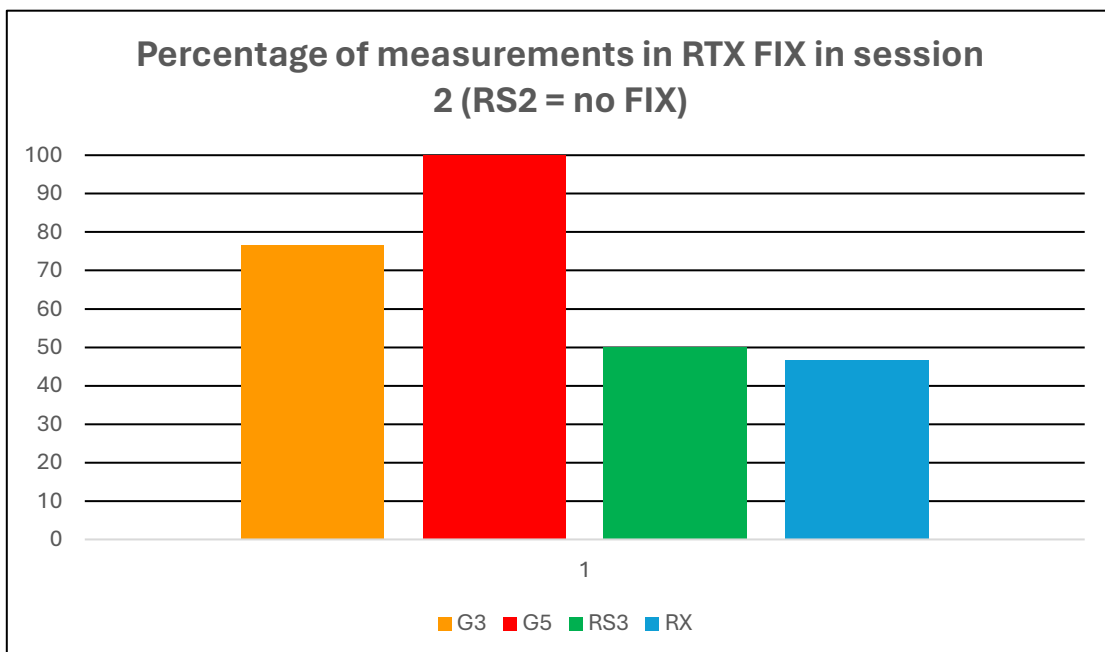
N-E- measurement, session 1



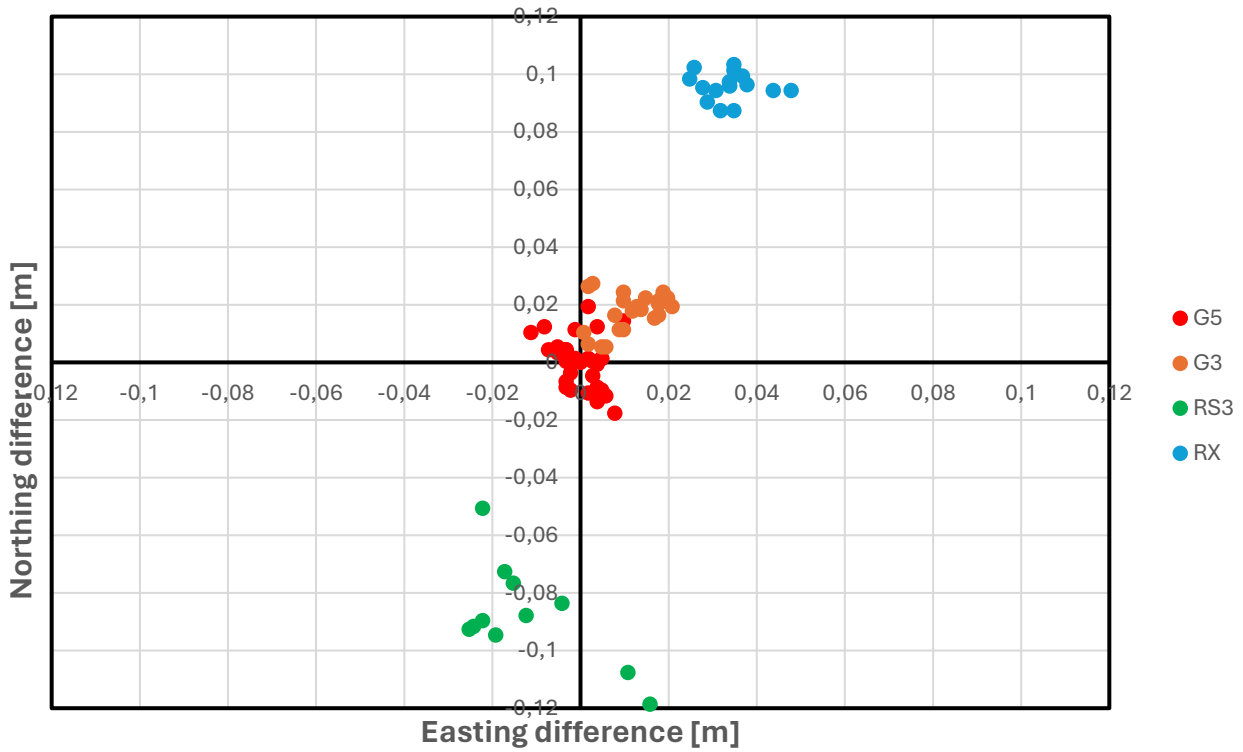




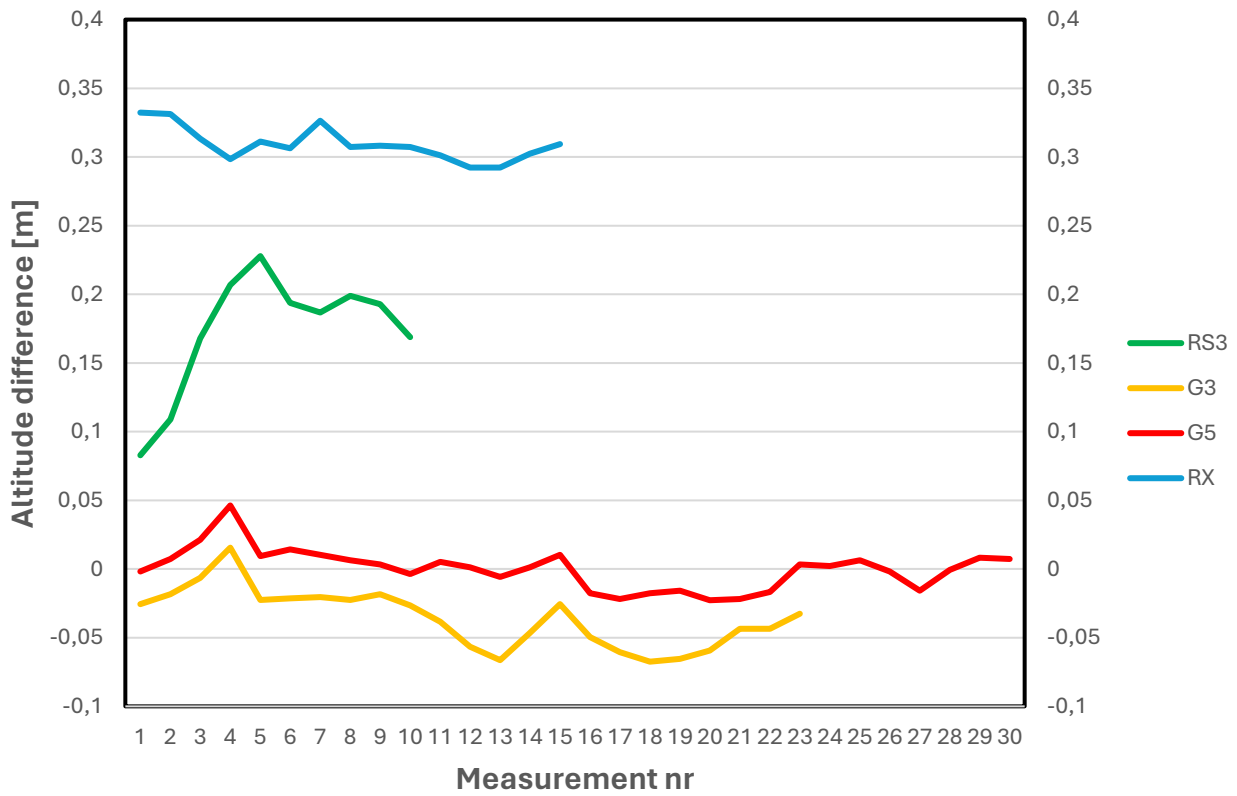
Session 2 = difficult place for RTK GNSS devices to get RTK FIX

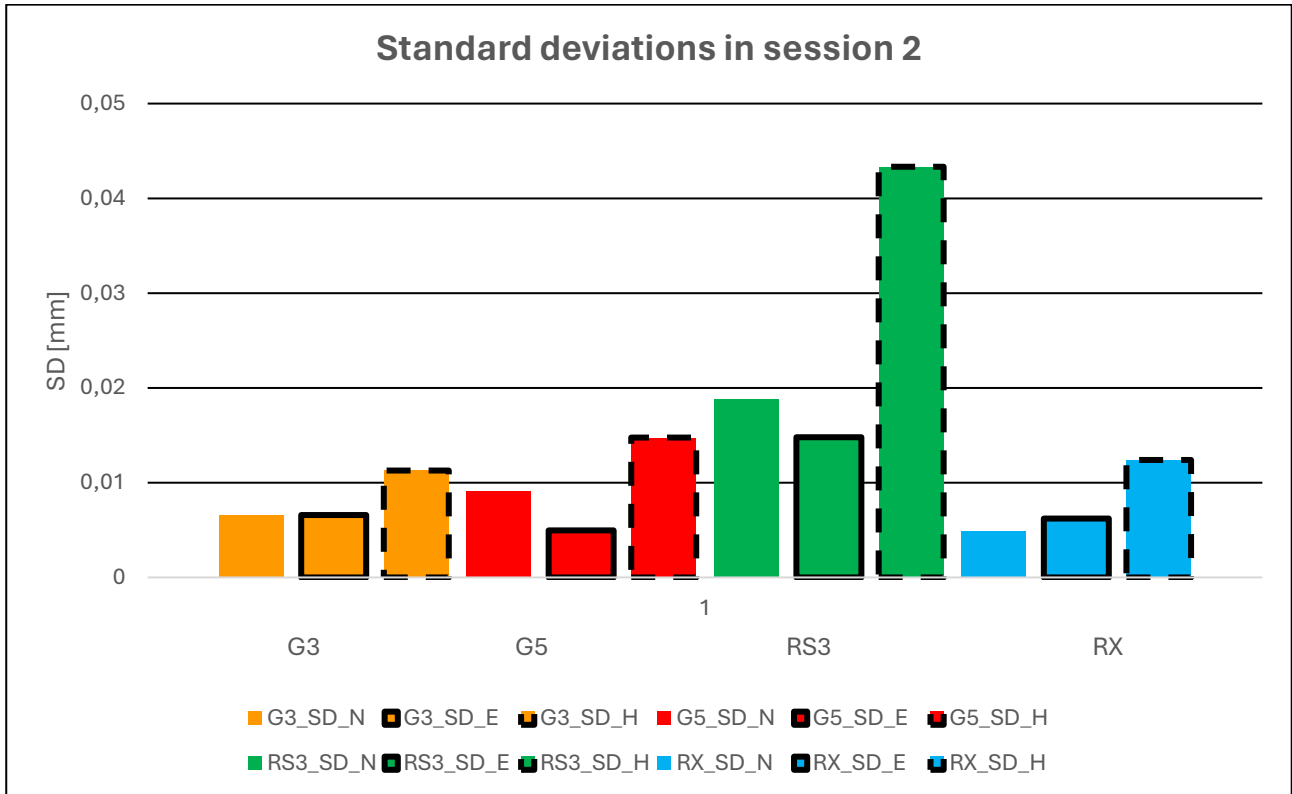


N-E- measurement, session 2, G5 aver. =0)



Altitude measurement - session 2





Summary and conclusions:

In Finnish:

Mittaussessiossa 1 kaikki laitteet saavuttivat RTK FIX-tilan 30 mittauksen aikana. Yksittäisen N-E-mittausten erot olivat alle +/-18 mm kaikkien laitteiden välillä ja keskiarvojen erot olivat alle +/-13 mm kaikkien laitteiden välillä. Korkeusmittausten keskiarvojen erot olivat -9 - +15 mm kaikkien laitteiden välillä. Yhteenvetona voidaan sanoa, että mittauksessa 1 kaikki laitteet näyttäsivät pääsevän RTK GNSS-laitteiden tyypilliseen resoluutioon ja koska 5 eri laitetta on näin lähellä toisiaan, voitaneen tässä yhteydessä jo käyttää sanaa "tarkkuus". Tarkasteltaessa korkeusmittausten muuttumista eri laitteiden välillä huomattiin, että G5 pysyi parhaiten samalla korkeudella, muiden trendin ollessa nouseva. Nouseva trendi ei näy keskihajonnoissa, mutta on ominaisuutena sellainen, joka vaikuttaa tuloksiin.

Mittaussessiossa 2 laitteiden välille tuli suuria eroja. RS2-laitetta ei saatu RTK FIXiin. RS3:n osalta on mainittava, että siinä tehtiin vain 20 mittausta, muilla 30. Kaikista mittauksista RS3:lla ja RX:llä oli noin puolet onnistuneita eli RTK FIX-mittauksia ja G3lla vastaavasti noin 75 % oli RTK FIXissä ja G5llä kaikki olivat RTKFIXissä.

N-E- paikkamittauksessa G3 ja G5 näyttivät samaa paikka n. +/-30 mm eroilla, mutta RX:llä ja RS3:lla suurimmat erot G5:een olivat +/-120 mm luokkaa. Korkeusmittauksessa erot olivat vielä suurempia. G3:n ja G5:n väliset erot olivat n. +40 mm - -60 mm välillä, mutta RXn erot vaihtelivat suuresti mittauksen mukaan n. +290mm - +330 mm välillä ja RS3n erot vastaavasti +80 mm - +250 mm välillä verrattuna G5:n paikan korkeuden keskiarvomittaukseen.

Emme pysty arvioimaan, mistä kaikista tekijöistä erot laitteiden välillä johtuvat. Koska laitteet olivat eri aikoihin (vaikka lyhyen aikajakson sisällä) samalla jalustalla samalla paikalla, ne ovat nähneet hieman eri määrät satelliitteja. Myös saman laitteen 30 mittauksen välillä satelliittien määrä vaihteli hieman. On tiedossa, että jos laite kykenee ottamaan vastaan signaalia suurelta määrältä eri satelliitteja ja eri kanavia, se voi mahdollistaa tarkan toiminnan ja minimoida monitie-etenemisestä johtuvat väärät mittaustulokset¹. On osoitettu, että monikonstellaatiojärjestelmien tarkkuuden ja täsmällisyyden (precision) monitie-ympäristöissä on havaittu olevan paljon parempia kuin yhden konstellaatiojärjestelmän (eli GPS).

In English:

In measurement session 1, all devices reached RTK FIX mode during 30 measurements. The differences in individual N-E measurements were less than +/-18 mm between all devices and the differences in average values were less than +/-13 mm between all devices. The differences in the average values of the altitude measurements were -9 to +15 mm between all devices. In summary, it can be said that in measurement 1, all devices seem to reach the typical resolution of RTK GNSS devices, and since 5 different devices are so close to each other, the word "accuracy" could already be used in this context. When looking at the change in altitude measurements between different devices, it was noticed that the G5 stayed best at the same altitude, while the trend for the others was rising. The rising trend is not visible in the standard deviations, but is a characteristic that affects the results.

In measurement session 2, there were big differences between the devices. The RS2 device did not receive RTK FIX. Regarding the RS3, it should be mentioned that only 20 measurements were made, the others 30. About half of all measurements on the RS3 and RX were successful, i.e. RTK FIX measurements, and on the G3, approximately 75% were in RTK FIX and on the G5 all 100 % were in RTKFIX.

In the N-E position measurement, G3 and G5 showed the same position with approx. +/- 30 mm differences, but with RX and RS3 the biggest differences to G5 average were +/- 120 mm. In the altitude measurement, the differences were even greater. The differences between G3 and G5 were between +40mm and -60mm, but RX's differences varied greatly depending on the individual measurement, between +290mm and +330mm, and RS3's differences were between +80mm and +250mm, respectively, compared to G5 average measurement of altitude.

We are unable to assess which of all the factors the differences between the devices are due to. Since the devices were at different times (even within a short period of time) on the same pedestal in the same place, they have seen slightly different numbers of satellites. The number of satellites also varied slightly between the 30 measurements of the same

device. It is known that if the device is able to receive signals from a large number of different satellites and different channels, it can enable accurate operation and minimize false measurement results due to multipath propagation. It has been shown the precision and accuracy of multi-constellation systems in high multipath environments is found to be much better than the single constellation systems (i.e., GPS)

i

https://www.researchgate.net/publication/345719792_Adaptive_GNSS_Receiver_Design_for_Highly_Dynamic_Multipath_Environments