

Ohjeet satelliittipaikantimien ostajille ja käyttäjille v 1.0

Ari Kilpelä, TkT, TJ / Dimense OY

Mitä tarkoittaa RTK GNSS ?

Tämä kirjoitus on tarkoitettu ohjeeksi RTK GNSS- satelliittipaikantimien ostajille. **RTK GNSS (Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite System)** -laitteita käytetään tarkkaan (senttimetrialuokan) paikannukseen ja sijainnin määrittämiseen esim. **maanmittauksessa, rakennusalan sovelluksissa, tienrakennuksessa, maanviljelyssä ja muissa tarkkuutta vaativissa tehtävissä**, joissa tarvitaan tarkkaa ja reaaliaikaista sijaintitietoa. Pelkkä sana GNSS tarkoittaa satelliittipaikannusta, jossa käytetään hyväksi kaikkia maailman satelliittijärjestelmiä, joista Suomessa tärkeimmät ovat GPS (USA), Galileo (EU), Beidou (Kiina) ja Glonass (Venäjä). Myös esim. Intialla ja Japanilla on omat järjestelmänsä. Sana RTK tarkoittaa käytännössä korjattua satelliittipaikannusta, jossa tukiasemalta tai tukiasemilta tuleva referenssitieto yhdistetään mittajaan oman laitteen mittaustulokseen ja näin saadaan tarkkuutta parannettua kymmenien senttimetrien-metrin luokasta senttimetrialuokan tarkkuuteen.

RTK GNSS -järjestelmä koostuu vähintään kahdesta GNSS-laitteesta: yksi tukiasemana (tai tukiasemina) ja toinen liikkuvana laitteena (kuten maanmittausväline, traktori tai lennokki). **Tukiasema vastaanottaa signaaleja satelliiteilta ja lähettää korjaussignaaleja mittaavalle laitteelle**, mikä mahdollistaa tarkemman sijainnin määrittämisen verrattuna perinteiseen GNSS:ään. Korjaussignaali voi tulla suoraan yhdeltä tukiasemalta joko laitteiden sisäisten radioiden välityksellä tai internetin kautta. Jotta mittalaite pääsee internetiin, siinä itsessään pitää olla GSM-modeemi tai se voi päästä esim. Wifin ja kontrollerin (puhelimien) kautta nettiin. Tukiasema voi olla myös **tukiasemien verkko** (ns. **CORS eli Continuously Operating Reference Station**), jotka voivat muodostaa ns. **VRS (Virtual Reference Station)**- aseman eli useista asemista tulevat signaalit muodostavat käyttäjän lähelle ns. **virtuaalisen aseman**. Se voi olla hyvinkin lähellä käyttäjää. On huomattava, että RTK GNSS-järjestelmän rinnalle on tulossa (2024) myös maksuttomia järjestelmiä, kuten **Beidou PPP¹ ja Galileo HAS²**, joiden avulla päästään 10 cm (Beidou) / 20 cm (Galileo) horisontaaliresoluutioon. Nämä järjestelmät vaativat laitteelta kykyä vastaanottaa ao. signaaleja, kuten esim. Southin laitteissa on³.

RTK GNSS -laitteita käytetään siis tilanteissa, joissa tarvitaan **tarkkaa ja reaaliaikaista sijaintitietoa**, esimerkiksi tarkkuutta vaativassa maanmittauksessa, paikannuksessa rakennusprojekteissa tai tienrakennuksessa, sekä maanviljelyssä esimerkiksi tarkkuuskylvöissä tai sadonkorjuussa.

Yleensä yhden pisteen mittaustapahtuma on sellainen, **että mittalaite (joka sisältää antennin) on kiinnitetty n. 180 cm pitkän mittasauvan päähän** ja sauvan pää on maassa siinä kohdassa, jonka paikka halutaan määrittää. Laitetta ohjataan ns. **kontrollerilla, joka on nykyään useimmin Android-laite**, esim. normaali puhelin tai tabletti tai kenttäkäyttöön tarkoitettu vahvistettu ja suojattu puhelin, jossa voi olla sekä mekaaninen että kosketusnäppäimistö. Käytännössä kaikki markkinoilla olevat RTK GNSS-mittalaitteen on tarkoitettu **ulkokäyttöön vaihtelevissa lämpötiloissa, myös pakkasella ja ne kestävät kosteusrasitusta (sadetta) ja jopa upotuksen veteen**.

¹ <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/5/1358>

² <https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/galileon-has-tarkkuuspalvelu-tarjoaa-tarkempaa-paikannusta>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=FugHENPCha4>

Mikä on RTK GNSS-laitteiden tarkkuus ?

RTK GNSS -laitteiden tarkkuus riippuu monista tekijöistä, kuten käytetystä laitteistosta, signaalien laadusta ja ympäristöolosuhteista. Yleensä tarkkuutta ei kuvata sillä sanalla (accuracy) vaan sanalla ”precision” eli mittausepävarmuus. Se kuvaa sitä, millainen hajonta samassa pisteessä mitatuilla arvoilla on. Yleensä sillä tarkoitetaan ns. normaali- eli Gaussin jakauman sigma-arvoa⁴ eli hajontaa, jonka sisälle menee n. 68 % tuloksista. Huomaa, että on siis ihan mahdollista, että vaikka laite toimii oikein, se voi antaa yksittäistuloksen, joka ei ole sigma-arvon (eli SD-arvon) sisällä. Sana tarkkuus puolestaan pitää sisällä kaikki tulokseen vaikuttavat virhelähteet, joihin kuuluu RTK GNSS-järjestelmässä myös tukiaseman (tai tukiasemien) järjestelmälle antama tarkkuus.

Ideaalitilanteessa, kun käytössä on korkealaatuiset GNSS-vastaanottimet ja hyvä signaalien saatavuus, mittausepävarmuus voi olla **jopa alle senttimetrin luokkaa** sekä vaakasuunnassa että pystysuunnassa. **Kuitenkin käytännön sovelluksissa tarkkuus voi riippua ympäristöstä, kuten signaalien häiriöistä, signaalia heijastavista pinnoista tai satelliittien näkyvyydestä.** Perinteisesti järjestelmän tarkkuutta on kuvattu termillä ”pystyssä oleva kananmuna”, eli +/- 10-15 mm vaakasuunnassa ja n. +/-15-20 mm pystysuunnassa. Kun mittaustuloksia keskiarvoistetaan, mittausepävarmuus voi olla jopa muutamia millimetrejä.

RTK GNSS -laitteiden tarkkuuteen vaikuttaa pääasiassa muutama tekijä:

- 1) **Satelliittisignaalien laatu:** Satelliittien signaalien vahvuus, esteetön näkyvyys ja signaalien monipuolisuus vaikuttavat suoraan tarkkuuteen. Parempi signaalien laatu johtaa yleensä parempaan tarkkuuteen.
- 2) **GNSS-vastaanottimen laatu:** Laadukkaat GNSS-vastaanottimet pystyvät paremmin käsittelemään signaaleja ja tarjoamaan tarkempaa sijaintitietoa. Tämä sisältää vastaanottimen herkkyyden ja kyvyn korjata signaalin häiriöitä. Laadusta puhuttaessa tärkeitä parametreja **ovat satelliittitaajuuksien määrä** (näitä ovat esim. GPS:llä L1, L2, L5 jne.) ja **kanavien lukumäärä** (vaihtelee kymmenistä jopa yli 1500 kanavaan). Satelliittitaajuuksien määrän lisäämisen on osoitettu parantavan toimintaa häiriöllisessä monitie-etenemisympäristössä (GPS vs GNSS)⁵. Kanavien lukumäärän lisääminen mahdollistaa laitteelle paremman kyvyn käsitellä heijastuneita häiriösignaaleja ja nopeamman toiminnan, mutta se myös samalla lisää laitteen energian kulutusta⁶.
- 3) **Korjaussignaalien saatavuus:** RTK-järjestelmä vaatii korjaussignaalien lähettämistä tukiasemasta liikkuvalla laitteella. Korjaussignaalien saatavuus ja laatu vaikuttavat suoraan tarkkuuteen. Suomessa Maanmittauslaitos on rakentanut koko Suomen kattavan tukiasemaverkoston. Karera myy tämän verkon korjaussignaalia kaupallisesti. Jos käytät omaa tukiasemaa, ota huomioon, että tarkkuus heikkenee etäisyyden kasvaessa. Yleisesti mittausepävarmuus (precision) heikkenee 0.5-1 ppm (miljoonasosan) verrattuna etäisyyteen eli jokainen 10 km lisäys etäisyyteen tukiasemasta heikentää tarkkuutta 0.5-1 cm verran
- 4) **Ympäristöolosuhteet:** Rakennukset, puut, vuoret ja muut esteet voivat heijastaa tai tukkia satelliittisignaaleja, mikä voi vaikuttaa tarkkuuteen. Myös sääolosuhteet, kuten pilvisuus tai sateet, voivat vaikuttaa signaalien laatuun.

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution

⁵ https://www.researchgate.net/publication/345719792_Adaptive_GNSS_Receiver_Design_for_Highly_Dynamic_

⁶ <https://globalgpsystems.com/gnss/understanding-satellite-frequencies-and-gnss-receiver-channels/>

- 5) **Vastaanottimen sijainti:** GNSS-vastaanottimen sijainti maastossa voi vaikuttaa signaalien vahvuuteen ja niiden määrään, mikä puolestaan vaikuttaa tarkkuuteen. Ns. **PDOP-luku** kertoo satelliittien näkyvyydestä. **Dilution of Precision (DOP)**⁷ on termi, jota käytetään satelliittinavigaatioissa ja geomatiikan⁸ suunnittelussa määrittämään virheen eteneminen navigointisatelliittien geometrian matemaattisena vaikutuksena paikannusmittauksen tarkkuuteen. **PDOP ottaa huomioon kaikki kolme dimensiota (3D). Jos arvo on alle 1, arvo on ideaalinen eli paras mahdollinen ja arvot välillä 1-2 tarkoittavat erittäin hyvää tilannetta.**
- 6) **Laitteen käyttötapa:** Oikein kalibroitu ja käytetty GNSS-vastaanotin voi tarjota paremman tarkkuuden kuin huonosti kalibroitu tai esim. väärässä kulmassa oleva vastaanotin. Useimmissa ammattikäyttöön tarkoitetuissa RTK GNSS-laitteissa on ns. **IMU (Inertial Monitoring Unit), joka korjaa vinossa olevan mittasauvan aiheuttaman mittausvirheen.** IMU siis ”tietää”, mihin suuntaan ja kuinka paljon sauva on kallistuneena ja korjaa virhettä vastaavasti. Mittaustilanne voi olla sellainen (esim. mitattaessa puunrungon paikkoja), että mittasauva täytyy olla vinossa, koska muuten satelliittisignaalien laatu heikkenee liikaa eikä saada mitään mittaustulosta eli ns. RTK Fixiä.

RTK GNSS-laitteiden tarkkuus käytännössä

RTK GNSS-laitteiden datalehdissä on ilmoitettu laitteen tarkkuus esim. näin: Horizontal: 8 mm + 0.5 ppm RMS , Vertical: 15 mm + 0.5 ppm RMS. Tässä ilmoitustavassa on **kaksi tärkeää termiä, ppm ja RMS**. Näistä ensinmainittu tarkoittaa **metrin miljoonasosaa (parts per million) kertaa etäisyys tukiasemasta metreinä** eli esim. 0.5 mm ppm tarkoittaa 10 km etäisyydellä: $0.5 \times 10^{-6} \times 10000 \text{ m} = 5 \times 10^{-3} \text{ m} = 5 \text{ mm}$. Huomaa, että VRS-tukiasema voi olla hyvinkin lähellä. Termi RMS (Root Mean Square) on myös hyvin tärkeä. Se tarkoittaa jakauman hajontaa eli ns. sigma-arvoa. Normaali-jakaumalla sigma-arvon sisällä on +/-34.1 % eli 68.2 % kaikista mittaustuloksista⁹. Esim. 8 mm + 0.5 ppm RMS tarkoittaa (tukiaseman ollessa 10 km päässä), että horisontaali (N-E) mittauksen RMS-hajonta on 8 mm+5 mm = 13 mm. Jos taas tukiasema on käyttäjän vierellä, hajonnaksi tulee 8 mm, koska etäisyyden sisältävä termi jää pois.

Onko eri merkkisten ja erilaisten laitteiden välillä sitten eroja käytännössä ? Kuten on osoitettu, tarkkuus ja mittausepävarmuus riippuvat siitä, kuinka paljon hyvin laitteet näkevät satelliitit (PDOP-luku) ja kuinka lähellä signaaleja heijastavia esteitä on. Jos mitataan ”keskimääräisen haastavissa” oloissa, eri merkkisten laitteiden väliset mitatut pisteet ovat ”standardikananmunan” sisällä¹⁰. Kun mittaus tehdään ”vaikeissa” oloissa, joissa satelliittilukumäärä putoaa selvästi ja lähellä on signaaleja heijastavia kohteita, laitteiden välille voi tulla selviä eroja. On jopa mahdollista, että jotkut laitteet eivät toimi ollenkaan tai niillä kestää kauan aikaa päästä ns. RTK FIX-tilaan eli siihen toimintatilaan, jossa ne saavat jatkuvasti korjaussignaalia ja kykenevät yhdistämään omat mittaustuloksensa korjaussignaaliin. On mahdollista, että tilanteessa, jossa yksi laite ei pääse ollenkaan RTK FIX-tilaan, toinen laite mittaa koko ajan RTK FIX- tilassa. [Käytännön mittauksissa](#) on osoitettu, että **suuresta kanava- ja satelliittitajuuksien lukumäärästä on etua vaikeissa oloissa mitattaessa.**

⁷ [https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_\(navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_(navigation))

⁸ <https://fi.wikipedia.org/wiki/Geomatiikka>

⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution

¹⁰ https://dimense.fi/site/assets/files/1268/rtk_gnss_comparison.pdf

IMU-korjauksen eli **kallistuskorjauksen mittausepävarmuus (precision)** voi olla ilmoitettu esim. näin ”less than 10mm + 0.7 mm/° tilt to 30°”. IMU (voi olla ilmoitettu esim. sanalla ”tilt correction”) voi joko olla päällä tai poissa päältä. Koska IMUn mittausepävarmuuden ilmaisevassa lausekkeessa on termi 10 mm, se tarkoittaa, että jos se on päällä, se heikentää heti hajontaa 10 mm ja jos vielä kallistuskulma on 30 astetta, niin hajonta lisääntyy termillä $10 \text{ mm} + 0.7 \times 30 \text{ mm} = 31 \text{ mm}$. Eli tarkimman tuloksen saa niin, että IMU kytketään pois päältä ja mittasauva säädetään tarkasti pystysuoraksi. Tyypillinen mittasauvan kallistuskulmavirhe (silloin kun sitä yritetään pitää käsin pystysuorassa) voi olla n. 5-10 astetta eli ym. kaavalla laskettu mittaustulosten hajonta lisääntyy silloin lukemalla $10 \text{ mm} + 5-10 \times 0.7 \text{ mm} = 13.5-17 \text{ mm}$ eli ollaan vielä ns. kananmunatarkkuudessa.

Erot ohjelmistojen välillä

Ohjelmistot toimivat nykyään **yleensä Android-alustalla**. Aiemmin ja vähäisessä määrin vielä nykyäänkin on ollut saatavana **Windows-alustalla** toimivia ohjelmia, mutta Android-alustan edullisuus ja monipuolisuus on tehnyt sen, että se on selvästi Windowsia yleisempi. On olemassa myös joitain **iOS-alustalla** toimivia ohjelmia.

Ohjelmistoja on pääsääntöisesti kahdenlaisia: **joko ao. merkille tehtyjä tai ns. geneerisiä**, jotka toimivat usean eri merkkisen (esim. 10-15 eri merkin) laitteen kanssa. Ohjelmat eroavat toisistaan näissä: 1) **laitteen konfigurointiominaisuudet** (geneerisissä ohjelmissa on vähemmän laitteen konfigurointiominaisuuksia), 2) tarjolla olevat **mittausominaisuudet** (kuten perusmittaukset -paikan mittaus ja paalutus, koodikirjastojen käyttö, CAD-tuonti, mittaus CAD-kuvista, linjojen luonti, kuvien käyttö eli AR-ominaisuudet, linkitys muihin laitteisiin kuten kaikuluotaimeen tai takymetriin jne.), 3) **lisensointi** (on olemassa sekä ikuisen lisenssin että vuosilisenssin ohjelmia). Merkkikohtaisten ja maksullisten geneeristen mittausohjelmien (**Aplitop TcpGPS ja Microsurvey Field Genius**) lisäksi on olemassa myös ilmaisia geneerisiä mittausohjelmia, kuten **Qfield**, joka on ns. GIS-ohjelma (geographic information system) eli paikkatietojärjestelmä, joka luo, hallitsee, analysoi ja kartoittaa kaiken tyyppistä dataa. Myös suomalainen rakennusympäristöön tehty **Infrakit** on yksi mahdollisuus, joka tuo mukanaan lisäominaisuuksia, kuten tietojen siirron työpöytäympäristön ja mittausympäristön välillä ja **BIM**- ominaisuudet (Building Information Modeling eli rakennuksen tietomallin).

Perusmittaus-toiminnot maanmittausohjelmissa ovat **paikanmittaus ja paalutus**. Ensin mainittu tarkoittaa sitä, että maastossa on joku kohde, jonka koordinaatit halutaan tietää. Mittauksen lopputulos on tällöin yksinkertaisesti lista pisteistä (esim. csv-muodossa), joka sisältää pisteen koordinaatit halutussa koordinaatistossa. Mittauslaite tekee koordinaattimuunnokset mittauksen yhteydessä. Paalutus voi tapahtua **joko CAD-kuvalla tai pistelistan avulla**. CAD-kuva (dxf,shp) tuodaan laitteeseen ja siitä osoitetaan piste, jonka paikka halutaan määrittää (”paaluttaa” eli merkitä paalulla). Pistelistan avulla tapahtuvassa mittauksessa laite osoittaa nuolilla, mihin suuntaan käyttäjän pitää siirtää mittasauvaa, jotta listan ao. piste on sauvan kohdalla.

On mahdollista, että laitteen **konfigurointi tehdään kokonaan mittausohjelmalla tai** erillisellä ohjelmalla (jossa on yleensä enemmän säätömahdollisuuksia), joka toimii selaimella, kun jollain älylaitteella on kytkettytytty laitteen muodostamaan Wifi-hotspottiin.

Koordinaatistomahdollisuuksissa voi olla eroja. Kaikissa Suomessa myytävissä ohjelmissa pitää olla tarjolla vähintään koko Suomen kattava **ETRS-TM35FIN ja paikalliset GK-koordinaatistot**. Myös vanhemmat **KKJ-koordinaatistot** saattavat olla joissain tapauksissa tarpeellisia.

Koordinaattijärjestelmien välillä voi tehdä muunnoksia Paikkatietoikkunassa¹¹. Korkeusjärjestelmänä on nykyään käytössä **FIN2000 ja FIN2005N00**. Myös **N60- ja N43-** järjestelmät ovat käytössä. Niinikään korkeusjärjestelmien välillä voi tehdä muunnoksia^{12, 4}.

Laite ei toimi, mitä tehdä ?

Jos laite toimii huonosti tai ei ollenkaan, se voi johtua useammasta seikasta:

- 1) Onhan **laitteen ja kontrollerin (puhelin tai padi) välillä yhteys** ? Se voi olla Wifin tai Bluetoothin kautta. On mahdollista, että mittauspaikassa ei ole käytössä 4G/5G-verkkoa. Tällöin ainoa mahdollisuus on käyttää UHF/Lora-verkkoa ja toista laitetta tukiasemana.
- 2) tarkista, että laite saa **RTK-korjaussignaalia** joko internetin tai UHF-radion kautta. On mahdollista (mutta harvinaista), että korjaussignaalissa olisi jotain vikaa
- 3) millainen on **mittauspaikka ja mikä on PDOP-luku** ? Jos mittaat hyvin hankalassa paikassa, jossa satelliittien näkyvyys estyy, siirry parempaan paikkaan ja tarkista toimivuus siellä. Jos PDOP on luokkaa 1-2, se on vielä normaali ja jos alle 1, se on paras mahdollinen luku¹³ (PDOP kertoo satelliittien näkyvyydestä). Suomessa on palvelu nimeltä GNSS-Finland-Service, josta voi nähdä Maanmittauslaitoksen asemilta mitatut kunkin satelliitin signaalivoimakkuudet¹⁴
- 4) jos epäilet, että samasta paikasta otetut lukemat heittelevät liikaa, tarkista, että **kallistuskorjaus on päällä** (jos laitteessa se on) tai tarkista, että **mittasauva on aina mitattaessa suorassa**
- 5) jos epäilet, että yksittäistuloksilla **on liian suuri hajonta**, laita mittalaite kolmijalalle ja ota pidemmän aikaa yksittäismittaustuloksia ja **laske niistä keskihajonta** ja tarkista, onko se linjassa laitteen oman lukeman kanssa (ota huomioon keskihajonnan määritelmä¹⁵)
- 6) jos samaa paikkaa mitattaessa tulokset vaihtelevat, tarkista kohdat 3 ja 4 ja tarkista vielä, että sauva ei uppoa maaperään – **kovalla alustalla tehdyt mittaukset ovat luotettavimpia**
- 7) jos mittaustuloksesi mukaan olet kaukana sieltä, missä sinun pitäisi olla, tarkista, että tulokset ovat kartan ja muiden tietojen mukaan **samassa koordinaatistossa**. Suomessa on käytössä mm. ETRS-TM34,35 ja 36FIN ja ETRS-GKxx-koordinaatistot, missä xx voi vaihdella 19-31¹⁶. Ota huomioon, että GK-koordinaatistoissa voi esiintyä sekä ”pitkää” että ”lyhyttä” koordinaattia, mikä lyhyen tapauksessa tarkoittaa, että lukemasta puuttuvat kaksi ensimmäistä numeroa (eli GK-lukema). Jos näin on, voit mahdollisesti korjata tilanteen laitteen mittausohjelmassa kohdassa ”**false easting**”, jossa voit lisätä esim. GK26:n tapauksessa sinne lukeman 26000000. Voit tehdä korjaukset myös jälkikäteen esim. Excelillä
- 8) **GNSS-häirintä** on mahdollista, varsinkin Suomen raja-alueilla. Häirintätilanteissa mittaus voi olla mahdotonta.
- 9) Jos laite tarvitsee ihan oikeasti huoltoa, monilla alla esitetyillä merkeillä on EU-alueella huolto / tarkistuspiste, johon laite voidaan toimittaa. Näitä on esimerkiksi Hollannissa ja Unkarissa. Laitteissa voi olla myös sisäänrakennettuna **tarkastusohjelmia**, jotka käyvät läpi laitteen toiminnan. Ne löytyvät usein laitteen konfigurointiasetuksista.

¹¹ <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

¹² <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/koordinaattimuunnokset/fin2000-geoidimalli>

¹³ [https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_\(navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_(navigation))

¹⁴ <https://gnss-finland.nls.fi/#/stations>

¹⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation

¹⁶ <https://www.einouikkanen.fi/geodocs/kkjgps.htm>

Vinkejä laitteen ostajalle

Se, millainen laite on käyttäjälle paras, riippuu paljon laitteen käyttötarkoituksesta. Laitteet eroavat toisistaan 1) hinnan, 2) ominaisuuksien, 3) koon ja painon ja 4) varusteiden, kuten laukun, laturin ja mittasauvan ja 5) ohjelmiston osalta. Alla on esitelty muutamia valinnassa käytettyjä painotusvaihtoehtoja ja niiden perusteella tehtyjä valintoja Dimense Oy:n tuotevalikoimasta. Ajantasaiset hinnat löytyvät Dimensen sivuilta. Yhteistä kaikille laitteille on USB-C- ja Bluetooth-liitännät. Yleensä laitteissa on kiinteät akut, mutta kaikkein kalleimmissa malleissa on vaihdettavat akut. Kaikki laitteet toimivat normaaleissa olosuhteissa reilusti työpäivän yli ilman lisälatausta. Ohjelmistojen saatavuudessa on eroja eli jotkut valmistajan omat ohjelmat ovat ilmaiseksi ladattavissa ja toiset taas maksullisia. Ensin mainitut voivat olla hyödyllisiä siinä tilanteessa, että laitteella on useita käyttäjiä, jotka kaikki käyttävät laitteen kontrollerina omaa puhelinta. Toisaalta mittalaitteen mukana kulkeva kontrolleri on sikäli hyödyllinen, että ladatut taustakartat, mittaustulokset ja asetukset ovat silloin yhdessä paikassa ja valmiina käyttöön.

Laitteiden tarkkuuksia ei ole otettu tarkasteluun siitä syystä, että RTK FIX-tilan tarkkuudet ovat datalehtien perusteella hyvin lähellä toisiaan. Näin on myös mitattu olevan, kunhan ei mennä liian vaativiin mittausympäristöihin.

1: Pieni, edullinen ja kätevä laite

Tässä kategoriassa on 3 laitetta: **Emlid RX**, **Singular XYZ Sfaira One/One Plus** ja **Alpha 4i**. RX ja Sfaira ovat molemmat pieniä ja keveitä ”pötkylöitä”, jopa taskuun mahtuvia, kuitenkin täysiverisiä RTK GNSS-laitteita. Ominaisuuksiltaan ne ovat hieman riisutumpia kuin isoveljensä samoilta merkeiltä, näissä on kommunikointimuotona ulospäin vain Bluetooth ja USB-C eli näissä ei ole sisäisiä GSM-modeemeita tai UHF-radioita. Alpha 4i taas on perinteisemmän ”lautasen” muotoinen, mutta sekin on pieni ja kevyt. Kaikki tämän kategorian laitteet ovat hinnaltaan suhteellisen lähellä toisiaan, noin 1250-1800 euron luokassa (alv. 0).

[Emlid RX](#) on Emlidin pienin, edullisin ja yksinkertaisin RTK GNSS- vastaanotin. Siinä on **sama 184-kanavainen** satelliittipiiri kuin kooltaan suuremmissa RS2+/RS3-malleissa. Laitteen koko on **172 x 51 x 51 mm** ja paino **250 grammaa**. Tekninen suorituskyky on sama kuin ”isoveljissä”, mutta RX:ssä **ei ole kallistuskompensointia**. Toiminta-aikaa luvataan täydellä akulla **16 tuntia**. Toimintalämpötila-alue on **-20 C - +65 C** ja **suojaustaso IP68** eli laite kestää veteen upottamisen 1.5 m syvyyteen. Emlid RX:n hintaan kuuluu Emlid **Flow-mittausohjelma**, jonka hyvänä puolena on, että sillä pysyy täysin konfiguroimaan RXn toimintaa (mittausominaisuuksien lisäksi), mutta täysiverisen mittausohjelman saadakseen pitää hankkia vuosimaksullinen Flow:n versio tai sitten joku geneerinen ohjelma, kuten Field Genius. Ilmaisesti Flow:sta puuttuu mm. koodikirjastot, CAD-tuonti, linjaominaisuudet ja kuvan kerrosten hallinta. Flow:n perusversio on täysin ilmainen eli sen voi ladata niin moneen puhelimeen tai tablettiin kuin haluaa. RX:n etuna on kesästä 2024 alkaen myös **yhteensopivuus Pix4D:n kanssa**. Sen käyttö vaatii Pix4D:n



Kuva 1. Emlid RX

lisenssin, kahvan puhelinta varten ja iPhone Pro tai Pro max-mallin, joissa on Lidar. Tällä yhdistelmällä voi toteuttaa **fotogrammetria (3D)malleja** ympäristöstä.

[Singular XYZ Sfaira ja One/One Plus](#) on hyvin samankaltainen kuin Emlid RX, koko on 149 x 51 mm ja paino **409 grammaa**. Sekä Sfaira One:ssa että One Plus:ssa on **1408 kanavaa**. One ja One plus eroavat toisistaan siinä, että **Plus-mallissa on myös kallistuskompensointi**, joka toimii **60 asteen** kallistukseen saakka. Toimintalämpötila-alueeksi luvataan **-45 C - +75 C ja suojaustasoksi IP65**. Mittausohjelma **SingularPad** on toiminnoiltaan verrannollinen muihin täysin varustettuihin kilpailijoiden ohjelmiin eli siinä on mukana myös **kerrosten valinta, CAD-tuonti (dxf ja dwg, ei shp:ta), linjaominaisuudet, taustakartan valinta ja koodikirjastot**. Testit ovat osoittaneet RX:n ja One Plus-mallien suorituskyvyn olevan hyvin lähellä toisiaan¹⁷.



Kuva 2. SingularXYZ Sfaira One Plus

[Alpha 4i](#):n halkaisija on 98 mm ja paino **380 grammaa**. Laitteen kotelo on **IP67** veden ja pölynpitävä ja kestää 100 % kosteutta ja pudotuksen betonilattialle 1.5 m korkeudelta. Käyttölämpötila-alue on **-30 C - +70 C**. Akun kestoaika on **18 tuntia** 4G-moodissa. Alpha 4:ssä on **1408 kanavaa** ja vastaanottokyvykyys 24 eri satelliittitaajuudelle. Alpha4i:ssa on **kallistuskompensointi**, jonka erikoisuutena on **kyky mitata jopa yli 90 asteen kulmissa** eli mittalaite voi olla mittasauvan kärjen alapuolella (kyky mitata ”ylöspäin”). Toinen merkittävä ero muihin tämän kategorian laitteisiin on, että **laitteessa on myös 410-470 MHz radio**, joka on yhteensopiva mm. Trintalk-, South- ja Satel-protokollien kanssa eli laite voi ottaa vastaan tai lähettää korjausdataa sisäisellä radiollaan.



Kuva 3. Alpha 4i

Alphan ohjelma DIMap Pro sisältää pitkälle samat edistyneet ominaisuudet kuin muut täydelliset mittausohjelmat, siinä on mm. **koodikirjastot, linjaominaisuudet ja CAD-kuvien tuonti (dwg)**. Kuitenkin kerrokset puuttuvat ja taustakartta on vain 2D tai satelliittikuva.

2: Peruslaite kaikilla varusteilla

Tässä ”Toyota Corolla”- luokassa on kaikkien merkkien peruslaitteet, kuten **Alpha 5i, South G3, South G4, Emlid RS2+ ja Emlid RS3 ja Tersus Luka**. Hintaluokka on laajahko, pelkälle laitteelle, mittasauvalle ja ohjelmalle noin 2200 e-4300 e. Toisaalta koko paketin (laite, kontrolleri, laukku, laturi, kaapelit, mittasauva, ohjelma, kontrollerin pidike) voi saada jopa alle 2400 eurolla ([5i-paketti](#)) tai alle

¹⁷ https://dimense.fi/site/assets/files/1993/comparison_4_gnss_devices.pdf

2700 eurolla ([G3-paketti](#)). Kallein on Tersuksen laite, mutta siinä on huomioitava, että sen täydellisen NUWA-mittausohjelman voi ladata ilmaiseksi niin moneen laitteeseen kuin haluaa.

[Alpha 5i](#) on tämän luokan edullisin laitepaketti. Siinä on **1116 kanavaa ja 26 satelliittitaajuutta**. Laitteen mitat ovat **138mm*68mm ja paino 780 grammaa**. Laitteen kotelo on **IP67** veden ja pölynpitävä ja kestää 100 % kosteutta ja pudotuksen betonilattialle 2 m korkeudelta (mittakepin kanssa). Käyttölämpötila-alue on **-30 C - +70 C**. Verrattuna ”pikkuveljeen” 4i-malliin 5i:ssä on vähän isompi akku ja tuplasti tehokkaampi UHF-radio (410-470 MHz). Kallistuskompensoinnin **mittausalue on 0- 70 astetta**. Alphan **kontrolleri B55** vastaa ominaisuuksiltaan suurelta osin kilpailijoitaan: ”oikea” näppäimistö kosketusnäytön ohella, paino **335 grammaa, 5200 mAh akku ja muisti 4G DDR4 + 64G**. Täydelliseen pakettiin kuuluu laturi, kovamuovisalkku ja mittasauva.



Kuva 4. Alpha 5i

[Emlid RS2+ ja RS3](#) ovat luoneet Emlidin maailmanmaineen. Yhteistä kaikille Emlidin laitteille on pitkälle mietitty Flow-ohjelmisto ja erinomainen tehtaan tuki webportaalin ”[keskustelukerhoineen](#)”. Vaikka perus-Flow-ohjelmassa ei ole kaikkia muiden mittausohjelmien ominaisuuksia, sen ilmainen ladattavuus ja toimivuus kaikissa mobiililaitteissa (Android ja iOS) ovat merkittäviä etuja. Näiden seikkojen vuoksi Emlidin laitteita on käytetty monien muiden laitteiden kanssa, kun on tarvittu tarkkaa satelliittipaikannusta, esimerkiksi YellowScan ja Rieglin LiDARien yhteydessä. RS2/3-laitteita on verrattu kalliimpiin laitteisiin ja hyviksi havaittu¹⁸, tosin erojakin on saatu muihin merkkeihin¹⁹.

Emlid RS2+ ja RS3 eroavat toisistaan siinä, että RS3-mallissa on kallistuskompensointi, jonka tarkkuus on RTK-tarkkuus + 2 mm + 0,3 mm/° ja Lora-radion lisäksi siinä on myös 410-470 MHz radio, jossa on Trimtalk-protokolla. Molemmissa on **184 kanavaa**. RS2+:n ja RS3:n etuina RX:ään verrattuna on sisäinen GSM-modeemi (4G) ja myös Lora-modeemi. RS2/3:n koko on **126 x 126 x 142 mm ja paino 950 grammaa**. Tiiviysluokka on **IP67 ja käyttölämpötila-alue -20 C - +65 C**. Toiminta-ajaksi luvataan **18 tuntia** RTK-tilassa, kallistuskompensointi päällä. RS3:n akun koko on **5200mAh**. Laitteissa on **Wifi, Bluetooth ja USB-C** ja myös lisäliitin, jossa on **RS-232- ja 12V liitynnät**. Dimense Oy on myynyt Emlidin laitteita myös pakettina, jossa on mukana South H6-kontrolleri (Emlidillä ei ole omaa kontrolleria tuotannossa).

¹⁸ <https://www.geoweeknews.com/news/what-does-the-rtk-gnss-accuracy-test-between-the-emplid-reach-rs2-and-topcon-hiper-vr-tell-us>

¹⁹ https://dimense.fi/site/assets/files/2071/rtk_gnss_comparison-1.pdf



Kuva 5. Emlid RS3 ja South-kontrolleri H6.

[South G3 ja sen rinnakkaismalli G7](#) ovat molemmat **1598 kanavan** kallistuskompensointiyksiköllä (IMU) varustettuja RTK GNSS-vastaanottimia, jotka ottavat signaalia vastaan peräti **27 eri satelliittitaajuudella**. Laitteiden välinen ero on siinä, että G7 voi sisältää GSM-modeemin, mitä puolestaan G3 ei sisällä. G3:n mitat ovat **130 x 130 x 80 mm ja paino 790 grammaa**. G7 on hieman suurempi ja sen paino on **970 grammaa**. Näiden GNSS-yksikkö on integroitu edistyneeseen SoC:hen (eli koko toiminta on integroitu yhteen piiriin). Sirun etuna on korkea integrointi ja pieni tehokulutus, häiriösignaalien tehokas vaimennus ja laadukkaampi havaintodata satelliitteista. G3/G7 sisältävät kallistuskompensoinnin, joka toimii pisteestä toiseen ilman uudelleen kalibrointia ja kallistuskulma voi olla jopa 60°. G3 saa RTK GNSS- korjausdataa kontrollerin (H6) kautta internetistä tai oman **"Farlink"-radion** kautta suoraan toiselta GNSS-laitteelta. G7:ssä on RTK-korjaussignaalin vastaanotto mahdollinen myös laitteen oman **GSM (4G)-modeemin** kautta. Sisäänrakennettu **6800 mAh akku** kestää yli **15 tuntia jatkuvaa toimintaa**. **USB-C**-tyypin liitin mahdollistaa sisäänrakennettujen akkujen lataamisen PD-pikalaturilla, kuten myös pääsyn sekä sisäiseen muistiin että verkkokäyttöliittymään samanaikaisesti ilman työtilan vaihtamista. SOUTH **G7** on **IP67**-vedenpitävä, kestää kaatua mittasauvan kanssa 2 m korkeudelta betonille ja käyttölämpötila-alue on **-25 C - +65 C**. G3:n ominaisuudet ovat muuten samat, mutta käyttölämpötila-alue on **-45 C - +75 C**. Myös G3:n suorituskyky on osoitettu testeissä, kuten lähteissä ²⁰ ja ²¹

Kontrolleria H6 voidaan käyttää monen merkkisten laitteiden kanssa varustettuna yleiskäyttöisellä mittausohjelmalla, kuten Aplitop TcpGPS tai Microsurvey FieldGenius. H6 on uuden sukupolven ammattimainen Android-ohjain. Siihen on asennettu **Android 11/12 OS** ja siinä voidaan ottaa käyttöön **täydellinen mekaaninen näppäimistö** erillisillä näppäimillä 26 kirjaimelle ja numerolle, mikä tekee käytöstä kentällä nopeamman ja on hyödyllinen varsinkin kylmällä säällä. Laite on vesitiivis (**IP67**) ja 1,5 metrin pudotuksenkestävä. Käyttölämpötila-alue on **-20 C - +60 C**. Sisäänrakennettu **9200 mAh** Li-ion akku kestää pitkään, koko työpäivän. **Kaksi nano-SIM-korttia** tukevat 4G-verkkoa. Laitteessa on integroituna erilaisia antureita, kuten NFC, gyroskooppi, e-kompassi, G-sensori jne. Uuden sukupolven Bluetooth V4.1:ssä työtäisyys on yli 20 metriä. Edistynyt WIFI-moduuli mahdollistaa työskentelyetäisyydeksi jopa 30 metriä.

²⁰ https://dimense.fi/site/assets/files/2006/rtk_gnss_comparison-1.pdf

²¹ https://dimense.fi/site/assets/files/1993/comparison_4_gnss_devices.pdf

Mittausohjelmistoksi South-laitteissa suosittelemme Southin oman Survstarin ohella Microsurvey FieldGenius Android -ohjelmaa, joka on lähtöisin Kanadasta ja on alan markkinajohtaja. FieldGenius for Android™ tukee yleisimpiä markkinoilla tällä hetkellä saatavilla olevia laitteita, kuten Southin ja Emlidin laitteita. Karttapohjainen tiedonkeruuohjelmisto on helppokäyttöinen ja intuitiivinen, mikä vähentää harjoitusaikaa.



Kuva 6. South G3 ja kontrolleri H6.

[South G4](#) on Southin uusinta teknologiaa, joka perustuu S805 GNSS -järjestelmään. Siinä on **1698 kanavaa** useiden satelliittien ja heikkojen signaalien seuraamiseen. Mitat ovat **135mm(W)×135mm(L)×84.75mm(H)** ja paino **890g**. Akun koko on **6800 mAh**. Lämpötila-alue on **-25°C~+65°C** ja tiiviysluokka **IP68**. Iskunkestävyys on **MIL-STD-810G** eli se kestää 2 metrin pudotuksen sementtilattialle. Laitteen horisontaalinen tarkkuus on **8 mm + 0.5 ppm RMS** ja vertikaalinen **15 mm + 0.5 ppm RMS** (NTRIP-korjauksella). Tärkeä parannus on korkea onnistumisprosentti ja RTK FIX-saamisen nopeus, kuten tiheään metsän alla ja rakennusten ympäröimänä, joissa aiemmin oli mahdotonta saada nopeasti RTK FIX:iä. UHF-Farlink 2.0 pystyy käsittelemään suurempia tietoja ja tarjoamaan vakaamman tiedonsiirron. Lisäksi Farlink 2.0 voi vastaanottaa tietoja yhdestä tietystä tukiasemasta. Vaikka useat tukiasemat lähettävät samalla taajuudella, G4 vastaanottaa tiedot oikealta tukiasemalta. Vuonna 2023 julkaistiin kaksi suurta päivitystä: Kalibroimaton IMUn alustus ja vakauden parantaminen. Vuodelle 2024 tehtiin taas uusi päivitys: sauvaa käännettäessä IMU-anturi pysyy käyttökelpoisena. G4:n runko on valmistettu AZ91D magnesiumseoksesta, jolla on korkea lujuus ja erinomainen lämmönpoisto. Pinta on ruiskutettu metallimaalilla, mikä tekee G4:n rungosta kestäväen naarmuja, iskuja ja ruostetta vastaan. G4:n yläkansi on valmistettu polykarbonaatista. Sillä on hyvä palonkestävyys ja muodonmuutoksia estävät ominaisuudet. GNSS-signaali vastaanotetaan tasaisesti kaikista suunnista. G4 on varustettu kaikilla perusmoduuleilla, kuten 4G, 2 W radio, WiFi, IMU ja laajennettava SSD (jopa 128 Gt). Beidou PPP ja Galileo HAS auttavat sinua saavuttamaan tarkan pisteen paikantamisen satelliitin lähettämien signaalien avulla, joten voit jopa työskennellä alueilla ilman CORS-korjauksia.



Kuva 7. South G4 ja kontrolleri H6

Tersus on v. 2014 perustettu yritys, jolla on toimipisteet Kiinassa, USAssa, EU-alueella ja Australiassa. Se on yksi maailman kuudesta GNSS-vastaanottimia valmistavasta yrityksestä, jotka suunnittelevat itse satelliittivastaanotinpiirit. [LUKA](#) on Tersuksen uusi malli, jossa on käytetty hyväksi Oscarista saatua kokemusta ja tuotu sama suorituskyky edullisemmalla hintatasolla. LUKA GNSS -vastaanotin tukee kalibrointivapaata kallistuksen kompensointitoimintoa, joka on immuuni magneettisille häiriöille. LUKA GNSS -vastaanottimesta on neljä versiota, eli valittavina ominaisuuksina ovat UHF-radio ja kallistuskompensointi (IMU), kaikissa malleissa on 4G-modeemi. Lukan koko **on 132 x 68 mm ja paino 835 grammaa**. LUKAssa on **1568 kanavaa**, 410-470MHz UHF-radio, 4G-modeemi, Wi-Fi, Bluetooth, NFC, kallistuksen kompensointi ilman kalibrointia, **8GB** sisäistä tallennustilaa, jopa **19 tuntia** työskentelyä 4G/3G/2G-verkossa ja Rover-radiotilassa ja **IP68**-luokiteltu pöly- ja vesitiivis kotelo ja se on MIL-STD-810G-testattu. Tersuksella on myös mahdollisuus hankkia ilmainen Tersus Caster Servicen (TCS) tilaus, jolla korjaustiedot välitetään Luka Basesta Roverille. LUKA-vastaanotinta voidaan käyttää mittauksiin Tersuksen omalla Android-pohjaisella kontrollerilla (**TC20 tai TC50**) tai millä tahansa nykyaikaisella Android-puhelimella. Ohjelma voi olla joko Tersuksen oma **Nuwa-ohjelma** (ilmainen) tai jokin muu Android-pohjainen ohjelma, kuten **Aplitop TcpGPS tai Microsurvey Field Genius**. Tersus TC20 -ohjain on kestävä älypuhelin, jossa on **4,3 tuuman kosketusnäyttö, 3Gb/32Gb muistia ja aakkosnumeerinen näppäimistö. TC50:ssä on 5 tuuman kosketusnäyttö, tehokkaampi prosessori ja enemmän muistia (4Gb/64Gb)**. Molemmat laitteet ovat täysin yhteensopivia Tersus NUWA-ohjelmiston kanssa. Ammattimaisen **IP68**-luokituksen ansiosta ne ovat kestäviä ja luotettavia ankarissa käyttöolosuhteissa. NUWA-ohjelmistossa on **suomalaiset koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät**. NUWA on ladattavissa ilmaiseksi Tersuksen sivuilta. Myös LUKA on esiintynyt vertailutestissä ²².

Asiakkailla on myös helppo perustaa oma tukiasema Tersus Caster Server (TCS) -palvelimelta, jolla GNSS-tukiasema voidaan nopeasti konfiguroida lähettämään korjaustietoja matkaviestinverkon kautta radion sijaan. FieldGeniuksen ja Nuwan tukemana Luka voidaan konfiguroida erilaisiin työtiloihin sopimaan erilaisiin päivittäisiin töihin. Tersuksen maailmanlaajuisen kumppaniverkoston nopean teknisen tuen tukemana Oscar GNSS -vastaanotin on taitava ja luotettava kumppani

²² https://dimense.fi/site/assets/files/2023/comparison_4_gnss_devices.pdf



Kuva 8. Tersus Luka ja kontrolleri TC50.

3: Parasta, mitä rahalla saa

Southin ja Tersuksen huippumallit tarjoavat vielä parempia ominaisuuksia kuin perusluokan laitteet. Näitä ovat South G5 ja Tersus Oscar. Yleisesti ottaen näissä suorituskyky on vielä parempi, akut ovat isommat (tai niitä on useita), radio on tehokkaampi ja fyysinen suojausluokka korkeampi. Myös koko ja paino ovat hieman suuremmat.

South G5:ssä on **1760 kanavaa** ja se tukee kaikkia tarvittavia satelliittijärjestelmiä ja taajuuksia (GPS L1C/A, L1C, L2C, L2P, L5 - Galileo E1, E5A, E5B, E5AltBOC, E6 - Glonass L1C/A, L2C/A, L2P, L3CDMA - BDS B1I, B1C, B2I, B2a, B3, myös SBAS, QZSS ja Navic). RTK GNSS- tarkkuus on **horisontaalisesti 6 mm + 0.5 ppm RMS ja vertikaalisesti 10 mm + 1 ppm RMS**. IMUn tarkkuus on sama kuin G3:ssa, kallistuskulma jopa 60 astetta, tarkkuus 10mm + 0.7 mm/° 30° saakka. Siinä on pitkän kantaman **Farlink UHF-radio (10-15 km)** ja **10 000 mAh:n litiumioniakku**, joka voi kestää **25 tuntia** jatkuvaa työtä (staattinen mittaus). Käyttölämpötila-alue on **-45°C ~ +65°C**, tiiviysluokka **IP 68** ja se kestää upottamisen 1 m syvyyteen veteen ja kaatumisen mittasauvan kanssa 2 m korkeudesta betonille. Tiedonsiirtona on 4G, Bluetooth, Wifi, NFC ja USB-C ja siinä on **1,3 tuuman värillinen LCD-kosketusnäyttö** itse mittalaitteessa, josta näkee laitteen tilan tekstimuodossa. UHF-antennirakenne yläkannessa mahdollistaa UHF-signaalin tehokkaan vastaanoton ja lähettämisen kaikkiin suuntiin, välttäen rikkoutumista onnettomuudessa ja suojaten vedeltä ja pölyltä. South G5 esitti testissä erittäin vakuuttavaa suorituskykyä²³

²³ https://dimense.fi/site/assets/files/2042/rtk_gnss_comparison-1.pdf



Kuva 9. South G5 ja kontrolleri H6.

TERSUS OSCAR on kehitetty vastaamaan parhaita markkinoilla olevia laitteita. Oscar Ultimate:ssa on uuden sukupolven kallistuskompensoitu GNSS-vastaanotin, jossa on erittäin tarkka inertiamittausyksikkö (IMU), jonka tarkkuus on < 2 cm jopa 60 asteen mittakepin kallistuskulmalla (kannattaa verrata muihin merkkeihin). Tällainen käytännössä kalibrointivapaa kallistuksen kompensointi on immuuni magneettisille häiriöille. Oscar GNSS -vastaanottimista on kolme versiota: Basic, Advanced ja Ultimate. Kaikissa Oscar-vastaanottimissa on **576 kanavaa** ja ne käyttävät kaikkia Suomen alueella tärkeimpiä satelliittipaikannusjärjestelmiä (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou). RTK-tarkkuus on **8mm+1ppm (horisontaalinen) ja 15mm+1ppm (vertikaalinen)**. Laitteen koko on **157x157x103mm** ja paino **1.4 kg** (akun kanssa). Oscar-vastaanottimia voi käyttää sekä RTK-mittausvastaanottimina (rover) että tukiasemina (base). Tukiasemakäytössä korjausdata voidaan lähettää sisäisellä UHF-radiomodeemilla suoraan vastaanottiin tai 4G-modeemilla Tersuksen palvelimien kautta vastaanottiin, ilmaiseksi. Palvelimen kautta toimittaessa yksi tukiasema voi palvella kymmentä (10) vastaanotinta eli roveria. Luonnollisesti Oscar-laitteet toimivat myös kaupallisten RTK-korjausverkkojen (kuten Karera) kanssa standardin mukaisella NTRIP-datalla. Sisäänrakennettu UHF-radiomoduuli (410-470MHz) on käytettävissä korjaustietojen vastaanottamiseen tai lähettämiseen. Suurikapasiteettinen akku on irrotettava ja näyttää itse akun latauksen LED-näytöllä. Yhdessä kaksi akkua mahdollistavat jopa **16 tuntia kenttätöitä** 4G / 3G / 2G- ja Rover-radiotilassa. Oscar voidaan määrittää helposti myös laitteen omalla **1,54 tuuman interaktiivisella näytöllä** (Ultimate- ja Advanced-versiot). Oscar-laitteiden käyttölämpötila-alue on laajimpia markkinoilla, **-40C - +70C**. Pöly- ja kosteusuojaus on markkinoiden paras, **IP68**. Laite on läpäissyt **MIL-STD-810G** testin ja kestää pudotuksen 2 metrin korkeudesta betonille.

OSCAR-vastaanotinta voidaan käyttää mittauksiin Tersuksen omalla Android-pohjaisella kontrollerilla (**TC20 tai TC50**) tai millä tahansa nykyaikaisella Android-puhelimella. Ohjelma voi olla joko Tersuksen oma **Nuwa-ohjelma** (ilmainen) tai jokin muu Android-pohjainen ohjelma, kuten **Aplitop TcpGPS tai Microsurvey Field Genius**. Tersus TC20 -ohjain on kestävä älypuhelin, jossa on **4,3 tuuman kosketusnäyttö, 3Gb/32Gb muistia ja aakkosnumeerinen näppäimistö**. TC50:ssä on **5 tuuman kosketusnäyttö, tehokkaampi prosessori ja enemmän muistia (4Gb/64Gb)**. Molemmat laitteet ovat täysin yhteensopivia Tersus NUWA-ohjelmiston kanssa. Ammattimaisen **IP68**-luokituksen ansiosta ne ovat kestäviä ja luotettavia ankarissa käyttöolosuhteissa. NUWA-ohjelmistossa on **suomalaiset koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät**. NUWA on ladattavissa ilmaiseksi Tersuksen sivuilta..

Asiakkailla on myös helppo perustaa oma tukiasema Tersus Caster Server (TCS) -palvelimelta, jolla GNSS-tukiasema voidaan nopeasti konfiguroida lähettämään korjaustietoja matkaviestinverkon kautta radion sijaan. FieldGeniuksen ja Nuwan tukemana Oscar voidaan konfiguroida erilaisiin työtiloihin sopimaan erilaisiin päivittäisiin töihin. Tersuksen maailmanlaajuisen kumppaniverkoston nopean teknisen tuen tukemana Oscar GNSS -vastaanotin on taitava ja luotettava kumppani.



Kuva 10. Tersus Oscar Ultimate ja kontrolleri TC50.

4. Augmented Reality- ja fotogrammetrialaitteet

Viime aikoina (kevät-kesä 2024) on markkinoille tullut uusia laitteita, joilla voidaan käyttää kameraa joko yksittäisten pisteiden etämittaukseen (AR eli Augmented Reality) tai fotogrammetriapistepilven tekemiseen kohteesta (kuten drone-kuvauksessa, mutta ”maan päällä”). Näitä laitteita ovat esim. **South V2 (AR)** ja **South Inno8** sekä Emlid RX yhdistettynä **Pix4D-kittiin** (3D-pistepilvi).

South V2 (ja myös Inno8) ovat normaaleja RTK GNSS-laitteita, mutta niissä on kamerat. Perustuen integroituun GNSS-paikannusteknologiaan, IMU kompensointiin, kuvantamiseen ja reaaliaikaisen vastaanottimen korkeuden laskemiseen, V2 tarjoaa elävää visuaalista dataa, jonka tuloksena merkintäkohde näkyy tarkasti näytöllä. Siitä on hyötyä varsinkin paalutustoiminnossa, jossa laite ohjaa käyttäjää kuvan perusteella. V2 hyödyntää SoC-tyyppistä GNSS-piiriä 1598 kanavalla usealla satelliittiperheellä ja monitaajuista seurantaan varten. AR-tekniikka näyttää virtuaalisen suuntaviivan ja etäisyydet kohteesta reaaliaikaisessa kuvanäytössä; siksi mittausohjelmisto voi ohjata mittaajan pisteisiin reaaliaikaisten kuvien avulla, jolloin ei tarvitse huolehtia reittiohjeiden tunnistamisesta, mikä säästää aikaa ja vaivaa.

South V2:n mitat ovat **131mm(φ)× 80mm** ja paino **800 grammaa**. Käyttölämpötila-alue on **-45 C - +75 C**, tiiveysluokka on **IP68** ja se kestää upotuksen 2m syvyyteen sekä pudotuksen 2 m korkeudelta betonilattialle. Akun kapasiteetti on **6800 mAh**. RTK-tarkkuus on **8mm + 0.5 ppm RMS** (horisontaalinen) ja **15mm + 0.5 ppm RMS** (vertikaalinen).



Kuva 11. South V2

South INNO8 GNSS -vastaanottimessa on jopa 1760 kanavaa (eri malleja saatavana). Se integroi perinteiseen RTK GNSS- laitteeseen edistyneitä ominaisuuksia, kuten mittausympäristön 3D-mallinnuksen. INNO8 voi kerätä suoraan kuva- ja koordinaattitiedot. Käyttäjät voivat ottaa valokuvia tai kuvata videoita kävellessään. Vain yhden valokuvaryhmän tai videon avulla käyttäjät voivat saada koordinaatit kaikille kohteille mitattavissa olevan alueen sisällä, mittaamalla satoja pisteitä muutamassa minuutissa. Laitteen mitat ovat **155 mm (φ) x 98.5 mm (H) ja paino 1.2 kg**. Käyttölämpötila-alue on **-45 C - +75 C**, tiiveysluokka on **IP68** ja se kestää upotuksen 2m syvyyteen sekä pudotuksen 2 m korkeudelta betonilattialle. Laitteessa on 2 kameraa, ns. **AR-kamera (2 Mp)** alas/eteenpäin ja **8 Mp pääkamera**. IMU (kallistusanturi) toimii **0-60 asteen kallistuksilla** ja sen päivitysnopeus on **200 Hz**.

Perinteisiin fotogrammetrialaitteisiin verrattuna INNO8:n tiedonkeruunopeus on nopeampi. Valokuvien tai videoiden keräämisen jälkeen käyttäjät voivat suorittaa reaaliaikaisen automaattisen käsittelyn käyttämällä ohjaimen tiedonkeruusovellusta. Näin käyttäjät voivat saada koordinaatit ilman PC:n jälkikäsittelyohjelmiston tarvetta, erityisesti aikakriittisissä tilanteissa. Mittaus tapahtuu SurvSTAR-ohjelmalla ja 3D-mallinnus SGO-ohjelmalla. Tallennus voi tapahtua joko video- tai kuvamoodissa. Videona tallennettu 30 s otoksen jälkikäsittely vielä 3 minuuttia ja 60 sekunnin videon käsittely noin 5 minuuttia. Mittausetäisyys on 10 m ja tarkkuus 5 cm.

Perinteiseen RTK:hen verrattuna INNO8:lla on laajempi toiminta-alue ja vähemmän kuolleita kulmia. Fotogrammetriatoiminnon avulla mittajat voivat etämitata hyvin GNSS-signaloidusta paikasta pisteitä, jotka ovat ilman GNSS-signaalia tai joissa on huono signaalin laatu. Pisteet ilman satelliittisignaalia, kuten kattojen alla olevat tilat ja aikaisemmin haastavat paikat, joissa on GNSS-signaalin monitie-etenemistä, kuten tiheät puualueet tai rakennustyömaat, on nyt helpompi mitata.

Investointinäkökulmasta INNO8 erottuu kustannustehokkaampana ja monipuolisempaan vaihtoehtona maanmittaustehtäviin verrattuna muihin mittalaitteisiin, kuten laserskannereihin. Fotogrammetrian merkittävä ominaisuus on työvoiman säästö. Visuaalista paikannusta hyödyntäen maanmittajat voivat työskennellä kentällä nopeasti. Kuvatietoja voidaan säilyttää pitkään ja käyttää uudelleen milloin tahansa. Nämä ominaisuudet soveltuvat erityisen hyvin epätavanomaisiin GNSS-

17.6.2024

mittaustehtäviin, kuten onnettomuuspaikkojen ja kaupunkien julkisten tilojen kaivauskohteiden tallentamiseen.

INNO8:aa käytettäessä mittaajat voivat tehdä etämittauksia jopa 10 metrin etäisyyksiltä tai enemmän (ihanteellisessa tilanteessa), joka eliminoi tarpeen lähestyä fyysisesti jokaista mittauspistettä.



Kuva 12. South Inno 8

Pix4D tarjoaa nykyään [Emlid RX-pakettia](#), jossa on kytketty yhteen RX, sille kahva, jossa sovitte SP Connectin iPhone 15 Pro (tai Pro Max)-kotelolle ja siihen on mahdollista ostaa 3 vaihtoehtoista softapakettia, joissa kaikissa on 1 vuoden lisenssit. Edullisimmassa vaihtoehdossa kaikki prosessointi tapahtuu pilvessä ja kahdessa kalliimmassa on mahdollisuus käyttää prosessointiin omaa tietokonetta.

 PIX4D x 



Emlid Scanning kit is ready to collect data right out of the box.

Kuva 13. Pix4D/Emlid RX-paketti

Standard / Starter Kit	Desktop Kit	Advanced Kit
		
<ul style="list-style-type: none"> • PIX4Dcatch yearly • PIX4Dcloud yearly • Training PIX4Dcatch - cloud workflow online course 	<ul style="list-style-type: none"> • PIX4Dcatch yearly • PIX4Dmatic yearly • PIX4Dsurvey yearly • Training PIX4Dcatch - desktop workflow online course 	<ul style="list-style-type: none"> • PIX4Dcatch yearly • PIX4Dcloud advanced yearly • PIX4Dsurvey yearly • Training PIX4Dcatch - desktop workflow online course

Kuva 14. Pix4D-ohjelmapakettien sisällöt.