



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SATELLIITTIMITTAUS MAANRAKENTAMISESSA JA MAANMITTAUSKALUSTON HANKINNAN SUUNNITTELU

TEKIJÄ: Josi Kokkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Josi Kokkonen			
Työn nimi Satelliittimittaus maanrakentamisessa ja maanmittauskaluston hankinnan suunnittelu			
Päiväys	19.4.2013	Sivumäärä/Liitteet	33/5
Ohjaaja(t) Päätoiminen tuntiopettaja Juha Pakarinen, lehtori Raimo Lehtiniemi			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Maanrakennus Leskinen Oy/Kimmo Mikkola			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella maanrakennusyrityksen mittauskaluston hankintaa. Työn tilaaja oli Maanrakennus Leskinen Oy. Yrityksessä oltiin kiinnostuneita satelliittimittalaitteesta sekä kaivinkoneen koneohjausjärjestelmästä. Työssä perehdyttiin tämän hetken satelliitteihin perustuvaan GNSS-mittaukseen maanrakentamisen näkökulmasta. Lisäksi työssä tutustuttiin erilaisiin markkinoilla oleviin kaivinkoneiden koneohjausjärjestelmiin. GNSS-mittaus on satelliittimittausta, jossa hyödynnetään perinteisen amerikkalaisen GPS-järjestelmän lisäksi myös muita satelliittijärjestelmiä. Tällä hetkellä Suomessa pystytään mittauksissa hyödyntämään GPS-satelliittien lisäksi ainoastaan venäläistä Glonass-järjestelmää, mutta myös muita järjestelmiä on koko ajan maailmalla kehitteillä. Satelliittimittauksiin on kehitelty lähiaikoina uusia menetelmiä, jotka soveltuvat hyvin erityisesti maanrakentamisen mittauksiin. Opinnäytetyössä tutustuttiin eri menetelmiin ja laitevaihtoehtoihin työn tilaajan lähtökohdat huomioon ottaen.</p> <p>Aluksi valmistajilta pyydettiin tarjouksia GNSS-mittalaitteista ja kaivinkoneiden koneohjausjärjestelmistä. Niiden pohjalta mietittiin laitehankintojen kannattavuutta yritykselle. GNSS-mittalaitteen osalta laskettiin kuinka kauan menee, että sen hankintahinta saadaan kuoletettua vähentyneiden mittauspalveluiden seurauksena. Kaivinkoneiden koneohjausjärjestelmien osalta pohdittiin mahdollisia ratkaisuja sekä niiden hyötyjä maanrakennustyömaiden konetyöskentelyn kannalta.</p> <p>Kannattavuuslaskelman mukaan työn tilaajan mittaustarpeella GNSS-mittalaitteen hankintahinta kuolettuu noin kolmessa ja puolessa vuodessa. Jos arvioidaan mittalaitteen käyttöiäksi kuusi vuotta, tulee voittoa noin 15 000 €, eli reilu 7 € jokaista suoritettua mittaustyötuntia kohti. Puhtaan voiton lisäksi hankinnalla saavutetaan etuja joiden rahallista hyötyä on vaikea arvioida. Myöhemmin kannattavuutta voidaan edistää tarjoamalla palvelua myös ulospäin.</p>			
Avainsanat Satelliittipaikannus, GNSS, koneohjaus, maanrakentaminen			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Josi Kokkonen			
Title of Thesis Satellite surveying in earthworks and planning of procurement of surveying equipment			
Date	19 April 2013	Pages/Appendices	33/5
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Full-time teacher Mr. Raimo Lehtiniemi, Lecturer			
Client Organisation /Partners Maanrakennus Leskinen Oy/Kimmo Mikkola			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to plan a procurement of surveying equipment for a company. Equipment that the company was interested in were GNSS-surveying equipment and machine control systems for an excavator. The thesis was commissioned by Maanrakennus Leskinen Oy.</p> <p>First the theory of satellite positioning and different kind of satellite surveying methods were studied. Current GNSS-surveying is based on American GPS-technology. The term GNSS means Global Navigation Satellite System and it includes several different satellite systems. Machine control systems to an excavator had to be familiarized also. The productiveness of the GNSS-surveying equipment and machine control system was estimated from the company's point of view. Bids were asked for the desired products. Based on the deals of manufacturers it was calculated how long it takes to amortise the procurement.</p> <p>The profitability calculation in this study showed that it takes about three and half years to amortise purchase price of GNSS-surveying equipment. In six years profit will be about 15 000 €. It is over 7 € for each completed surveying hour. It was also proved that the procurement brings advantages which financial benefits are difficult to assess. Later the profitability can be improved by providing surveying service to other companies.</p>			
Keywords Satellite surveying, GNSS, machine control, civil engineering			
Public			

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT.....	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Tilaaja.....	6
1.2 Tausta ja tavoitteet.....	6
2 SATELLIITTIMITTAUS.....	8
2.1 GPS-paikannusjärjestelmä	8
2.2 GNSS-mittaus	9
2.2.1 Perusmittaustavat	10
2.2.2 Tarkkuus ja siihen vaikuttavat tekijät.....	12
2.3 RTK-mittaus (Real Time Kinematic).....	16
2.4 Verkko-RTK-mittaus	17
2.4.1 VRS (Virtual Reference Station System).....	18
2.4.2 MAC (Master-Auxiliary Concept).....	19
2.4.3 iMAC (Individualized Master-Auxiliary Concept)	21
3 KONEOHJAUSJÄRJESTELMÄT	22
3.1 2D-järjestelmät.....	22
3.2 3D-järjestelmät.....	24
4 HANKINTOJEN SUUNNITTELU JA NIIDEN LÄHTÖKOHDAT	26
4.1 GNSS-mittalaite	26
4.2 Koneohjausjärjestelmä	27
5 TARJOUSTEN TEKEMINEN.....	28
6 KANNATTAVUUDEN LASKEMINEN JA ARVIOINTI.....	29
7 PÄÄTELMÄT	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	
Liite 1. Tarjouspyyntö GNSS-mittalaitteista 1	
Liite 2. Tarjouspyyntö GNSS-mittalaitteista 2	
Liite 3. Tarjouspyyntö koneohjausjärjestelmistä	
Liite 4. GNSS-mittalaitteen kannattavuuslaskelma	

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

C/A-koodi	Coarse/Acquisition –koodi, siviilikäyttöön tarkoitettu satelliittien lähettämä paikannuskoodi.
DGPS/ DGNSS	Differential Global Positioning System, reaaliajassa tai jälkilaskennallisesti suoritettua tarkennettua GPS/GNSS -paikannusta, jolla päästään n.0,5 - 5 metrin tarkkuuteen.
DOP	Dilution Of Precision, DOP-luvut ilmoittavat paikannuksen epävarmuuden.
Galileo	Kehitteillä oleva eurooppalainen koko maailman kattava satelliittipaikannusjärjestelmä. Tämän hetkinen arvioitu valmistumisaika on vuonna 2018.
GIS	Geographical Information System, paikkatietojärjestelmä.
Glonass	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikova, Venäjän ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System, globaaleista satelliittipaikannusjärjestelmistä ja niiden kokonaisuudesta käytettävä yleistermi.
GPS	Global Positioning System, Yhdysvaltojen ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
Ionosfääri	Ilmakehän ylin kerros, joka sijaitsee noin 50 - 400 kilometrin korkeudessa maan pinnasta.
Kantoaalto	Vakiotaajuinen ja vakioamplitudinen jaksollinen signaali, jota käytetään etäisyyden mittauksen havaintosuurena suhteellisessa mittaustavassa.
Troposfääri	Ilmakehän alin kerros
WGS84	GPS-järjestelmän käytössä oleva maailmanlaajuinen koordinaattijärjestelmä.
1 σ -taso	Todennäköisyystaso, jota käytetään mittatarkkuuden arvioimiseen. Tällä tasolla tuloksen arvioitu virhe on 68 % mittaustavasta pienempi tai yhtä suuri kuin ilmoitettu arvo.

1 JOHDANTO

1.1 Tilaaja

Työni tilaajana on Maanrakennus Leskinen Oy, joka on Kuopiossa sijaitseva maanrakennusyritys. Nykyisin jo edesmennyt talousneuvos Eino Leskinen perusti yrityksen vuonna 1945. Yritys toimi aluksi sirkkelisahaustoiminnalla ja aloitti maanrakennustoiminnan 1954. Vuonna 1982 yritys muuttui nykyiseen osakeyhtiömuotoonsa nykyisellä nimellä ja rakensi oman toimitalon. Vuonna 2003 yritystoiminnan osti Timo Penttinen, ja nykyään toimitusjohtajana toimii Tomi Penttinen. (Maanrakennus Leskinen) Viimeisinä vuosina yritys on työllistänyt noin 16 ihmistä ja liikevaihto on ollut keskimäärin noin 1,7 miljoonaa euroa vuodessa. (Taloussanomat) Maanrakennus Leskinen Oy:n toimialoina ovat erilaiset maanrakennustyöt kuten pohja- ja kadunrakentaminen sekä perustus- ja kunnallistekniset työt. Yrityksen päätoimialueena ovat Kuopio ja sen lähialueet.

1.2 Tausta ja tavoitteet

Pohdimme tilaajan kanssa yhdessä opinnäytetyölleni aihetta. Lähtökohtana työlle on, että aihe olisi yritykselle hyödyllinen ja ajankohtainen. Yrityksessä on mietitty GNSS-mittalaitteen sekä koneohjausjärjestelmän hankintaa, mutta investointien suuruuden takia hankintojen kannattavuutta on tutkittava tarkemmin. Satelliittimittaus ja koneautomaatio ovat nopeasti kehittyvää tekniikkaa ja ne ovat nykyaikana myös hyvin kaupallistettuja. Laitteiden valmistajia on paljon, ja erilaisia sekä eritasoisia vaihtoehtoja löytyy runsaasti. Lähivuosien aikana satelliittimittaukseen on kehitelty myös uudenlaisia erityisesti maanmittaukseen sopivia menetelmiä.

Opinnäytetyöni tavoitteena on pohtia tarvetta GNSS-mittauskalustolle ja aikaansaada ehdotus yrityksen käyttöön suunnitellun mittalaitteen hankinnasta. Sitä varten pitää tutustua satelliittipaikannuksen teoriaan ja siinä käytettäviin menetelmiin. Lisäksi tutustun erilaisiin kairakoneeseen asennettaviin koneohjausjärjestelmiin ja pyrin arvioimaan niiden kannattavuutta Maanrakennus Leskinen Oy:n käytössä.

Omalla mittakalustolla voitaisiin vähentää huomattavasti mittauspalvelujen ostamista ulkopuolisilta yrityksiltä. Mittamiesten tuloa työmaalle ei myöskään tarvitse odottaa, jos yrityksellä on oma mittalaite aina käytävissä. Näillä tavoin pyritään parantamaan yrityksen tuloksia ja kannattavuutta. Vaikka ensisijaisesti mittalaite hankittaisiin omaan käyttöön, mahdollistaisi se tulevaisuudessa myös mittauspalveluiden myymisen muille yrityksille.

Aloitan työni toteutuksen tutustumalla satelliittimittaukseen ja koneautomaatioon kirjallisuuden ja internetin avulla. Työn alkuvaiheessa perehdyn alan laitevalmistajiin ja niiden jäl-

leenmyyjiin Suomessa. Käyn Kuopion musiikkikeskuksella järjestettävillä maanmittauspäivillä tutustumassa alalla toimiviin yrityksiin ja niiden laitevalikoimiin. Olen yhteydessä näiden yritysten myynti-insinöörien ja muun henkilökunnan kanssa. Heidän kanssaan yhdessä mietimme sopivia tuotteita ja sovelluksia työn tilaajan tarpeet huomioiden. Keskustelemme laitteiden ominaisuuksista ja käymme mahdollisuuksien mukaan maastossa kokeilemassa laitteita. Mielenkiintoisimmista laitteista pyydän kirjalliset tarjoukset. Työn tilaajan kanssa yhdessä valitsemme hinnoiltaan ja ominaisuuksiltaan mielenkiintoisimpia laitteita ja pyydämme niitä yritykselle testikäyttöön.

GNSS-mittalaitteen hankinnan kannattavuuden arvioimiseen pyydän työn tilaajalta viiden viimeisimmän vuoden ajalta ulkopuolisilta yrityksiltä tilattujen mittauspalveluiden laskut. Niistä lasken mittauspalveluihin vuodessa kuluvan keskimääräisen summan ja sen avulla mittauksiin kuluvan työmäärän. Niiden tietojen avulla pystyn laskemaan kuinka kauan kuluisi, että mittalaitteen hankintahinta saadaan kuoletettua.

2 SATELLIITTIMITTAUS

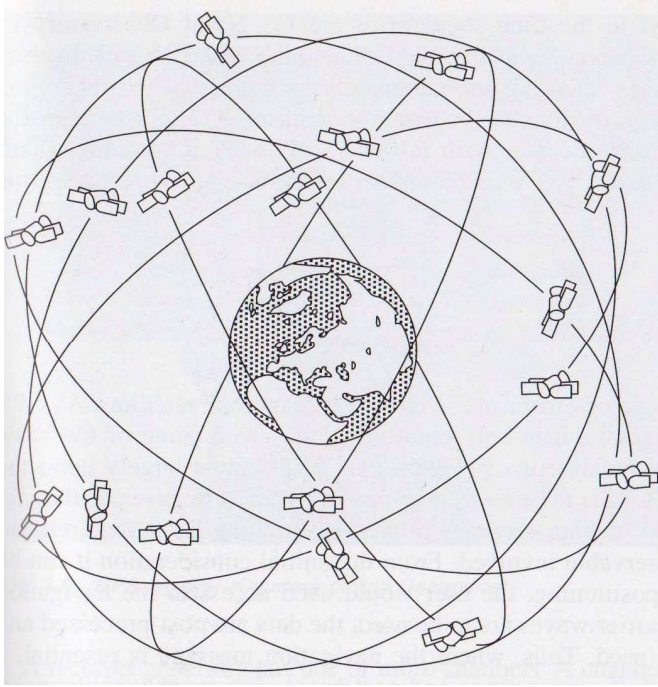
Satelliittimittaus on maailmanlaajuista paikannusta, joka perustuu avaruudessa kiertävien satelliittien lähettämiin signaaleihin. Mittaukseen tarvitaan satelliitin signaaleja vastaanottava mittalaite. Jotta paikannus kolmiulotteisessa tilassa on mahdollista, joudutaan mittaamaan satelliitin vastaanottimen etäisyydet vähintään kolmeen satelliittiin. Käytännössä virheiden hallinnan vuoksi etäisyydet on kuitenkin mitattava vähintään neljään eri satelliittiin. Samaan aikaan valvonta-asemat määrittävät satelliittien tarkkaa sijaintia avaruudessa. Kun tiedetään satelliittien sijainnit havaintohetkellä ja niiden etäisyydet vastaanottimeen, pystytään vastaanottimen sijainti määrittämään varsin tarkkaan. Se mahdollistaa missä päin tahansa maailmaa suoritettavan reaaliaikaisen paikantamisen ajasta ja sääolosuhteista riippumatta. Ennen satelliittipaikannustekniikkaa maailmanlaajuinen paikantaminen perustui tähtitieteeseen. Tähtien suuntaan ja havaintohetken aikaan perustuva mittaus oli hidasta, vaativaa sekä sääolosuhteista riippuvaa. (Laurila 2012, 280 ja 291)

Vuonna 1957 Neuvostoliitto lähetti maailman ensimmäisen satelliitin avaruuteen. Ensimmäisen kokonaisen paikannusjärjestelmän kehitti USA 1960-luvun alussa. Tämä alunperin sotilaskäyttöön tarkoitettu paikannusjärjestelmä oli nimeltään Transit Doppler ja se loi perustan myös tänä päivänä suoritettaville satelliittimittauksille. (Laurila 2012, 280)

2.1 GPS-paikannusjärjestelmä

Nykypäivän satelliittimittauksessa kuullaan usein puhuttavan GPS-paikannuksesta. GPS-paikannusjärjestelmä (Global Positioning System) on amerikkalaisten kehittänyt satelliittijärjestelmä, jonka Yhdysvaltain puolustushallinto kehitti. Järjestelmää aloitettiin kehittämään 1970-luvulla ja se valmistui nykyiseen muotoonsa 1994. Vaikka järjestelmä kehitettiin ensisijaisesti sotilaskäyttöön, on sen kehitystyössä alusta asti huomioitu myös siviilikäytön tarpeet. (Laurila 2012, 282)

GPS-järjestelmä muodostuu satelliitti-, valvonta- ja käyttäjälohkosta. Satelliittilohkon toiminnallinen laajuus on 24 satelliittia (kuva 1). Tämä tarkoittaa sitä että avaruudessa tulisi olla aina vähintään 24 toimivaa satelliittia. Satelliitit kiertävät maata noin 20 200 km:n korkeudessa maanpinnasta kuudella eri ratatasolla. Niiden kiertonopeus on noin 4 km/s. Valvontalohko muodostuu yhdestä päävalvonta-asemasta ja useista antenni- ja seuranta-asemista. Valvontalohkon asemat valvovat järjestelmän yleistä toiminnallista tilaa, määrittävät satelliittien ratoja ja kellovirheitä sekä tarvittaessa siirtävät satelliitteja. Valvonnan toiminnot ovat paikannustarkkuuden kannalta tärkeä osa satelliittimittauksia. Käyttäjälohko muodostuu paikannuspalvelun käyttäjistä. Niitä ovat mm. valtiot, kunnat, yritykset sekä yksityiset henkilöt, jotka vastaanottimilla mittaavat satelliittien lähettämiä signaaleja sijainnin, nopeuden ja ajan määrittämiseksi. (Laurila 2012, 282 - 285)



KUVA 1. GPS-järjestelmän 24 satelliittia maata kiertävillä radoilla (Schofield 2001, 309)

2.2 GNSS-mittaus

Nykyään satelliittipaikannus ei ole pelkkää GPS-mittausta, sillä myös muilla mailla on omia satelliittipaikannusjärjestelmiä. Siksi onkin on alettu puhumaan GNSS-paikannuksesta. GNSS-lyhenne tulee sanoista Global Navigation Satellite System ja se tarkoittaa eri maiden kehittämien ja ylläpitämien satelliittipaikannusjärjestelmien muodostamaa kokonaisuutta. GPS:n lisäksi suurimpia satelliittijärjestelmiä ovat Venäläinen Glonass-järjestelmä ja Euroopan Unionin vielä keskeneräinen Galileo-järjestelmä. Lisäksi Japani, Kiina ja Intia ovat suunnittelemassa ja toteuttamassa omia paikannusjärjestelmiään. Paikannusjärjestelmien käyttäjien kannalta GNSS-järjestelmän tavoitteena on näiden eri järjestelmien sujuva yhteiskäyttö. Tällä hetkellä ainoastaan GPS- ja Glonass-järjestelmien osalta tämä tavoite täyttyy. (Laurila 2012, 289 ja 281) Monissa nykyisissä satelliittimittalaitteissa on kuitenkin jo valmiudet myös Galileo-järjestelmälle, jotta myös lähitulevaisuudessa valmistuvaa järjestelmää voidaan hyödyntää mittauksissa.

Venäläinen Glonass-järjestelmä on satelliittien määrän ja kattavuuden osalta lähes GPS-järjestelmää vastaava. Se on ollut toiminnassa 1990-luvulta asti ja on yleisessä käytössä maailmanlaajuisesti. Glonass-satelliittien keski-ikä on ollut vain noin kolme vuotta, kun taas GPS-satelliiteilla se on noin 10 vuotta. Muutenkaan järjestelmän luotettavuus ei ole ollut GPS-järjestelmän tasolla. Osaksi juuri näistä syistä Glonass-järjestelmän ylläpidossa on ollut suuria teknisiä ja taloudellisia ongelmia, eikä se ole syrjäyttänyt GPS-järjestelmän valta-

asemaa satelliittipaikannuksessa. Suuri osa nykyajan satelliitivastaanottimista hyödyntävät mittauksissa myös Glonass-satelliittejä, joka on hyvä lisä täydentämään GPS-järjestelmää etenkin hankalissa mittaustilanteissa. (Laurila 2012, 281 ja 290)

Euroopan Unionin ja Euroopan Avaruusjärjestön suunnittelema ja rahoittama Galileo-hanke laitettiin vireille, jotta voitaisiin tarjota muista maista riippumatonta satelliittipaikannuspalvelua. Ilman omaa paikannusjärjestelmää Euroopan valtiot ovat riippuvaisia GPS - paikannusjärjestelmästä, jonka käyttöä USA voi halutessaan häiritä tai jopa estää kokonaan. Tällä hetkellä maata kiertää neljä Galileo-järjestelmän satelliittia, jotka samalla puolella maapalloa ollessaan mahdollistavat jo järjestelmän toimivuuden testaamisen. Hankkeen oli alun perin syytä valmistua v. 2008, mutta vastoinkäymisten takia valmistuminen on koko ajan viivästynyt. Viimeisimpien tavoitteiden mukaan pyritään lopullinen 30:n satelliitin järjestelmä saamaan valmiiksi v. 2018. Vuoteen 2014 loppuun mennessä on tarkoitus saada 18 satelliittia sisältävä järjestelmä alustavaan käyttöön. Lopullisessa valmiudessa järjestelmä tulee olemaan nykyistä GPS-järjestelmää tarkempi ja luotettavampi, ja se tulee toimimaan yhdessä GPS-satelliittien kanssa. (Tähdet ja Avaruus)

Lähitulevaisuuden paikannustekniikassa GPS-järjestelmän johtava asema on turvattu vuosikymmeniksi eteenpäin. Muutkin valtiot tulevat varmasti kehittämään ja ylläpitämään omia järjestelmiään saavuttaakseen sotilaallista ja poliittista arvovaltaa sekä taloudellisia etuja. USA:n suunnittelemat GPS-järjestelmän uudistukset ja Galileo-järjestelmän rakentaminen sijoittuvat suunnilleen samaan ajankohtaan. Näin ollen Galileo-hankkeen viivästymisen takia EU tulee tuskin saamaan valta-asemaa tai suurta taloudellista etua hankkeellaan. Tulevaisuudessa satelliittipaikannuksen käyttäjillä tulee kuitenkin olemaan paljon valinnanvaraa ja mahdollisuuksia toisiaan tukeviin paikannusjärjestelmiin. (Laurila 2012, 289 ja 291)

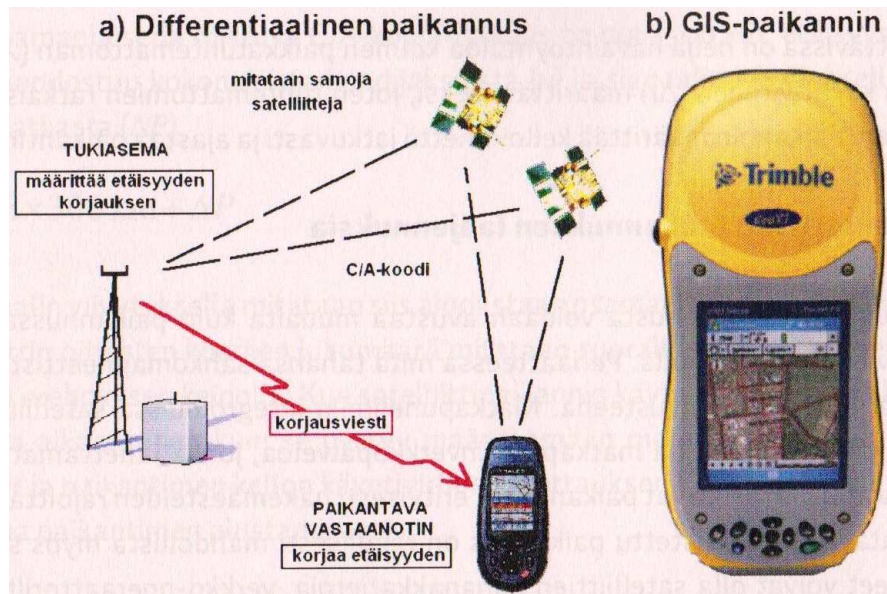
2.2.1 Perusmittaustavat

On olemassa erilaisia mittaustapoja eli mittaamoodeja, jotka voidaan luokitella esimerkiksi mittauksissa käytettävien havaintosuureiden, systemaattisten virheiden korjaamistekniikoiden ja havaintolaitteiden lukumäärän mukaan. Kolme perusmittaustapaa ovat absoluuttinen paikannus, differentiaalinen paikannus ja suhteellinen paikannus. Suhteellinen paikannus on vaihehavaintoihin perustuvaa mittausta, eli etäisyys satelliittiin tai toiseen vastaanottimeen mitataan paikannussignaalin kantoaallon avulla. Se on rakentamisen ja maanmittauksen näkökulmasta tärkein mittaustapa. Ainoastaan sen avulla saavutetaan riittävän hyvä mittatarkkuus rakentamisen ja koneohjauksen tarpeisiin. (Laurila 2012, 292-295) Käytännössä eri paikannustapojen suurimmat erot ovat mittatarkkuudessa sekä niissä käytettävien mittalaitteiden ja mittakorjauspalveluiden hinnoissa. Halvimpia absoluuttisen paikannuksen laitteita, kuten autonavigaattoreita, saa jo kymmenillä euroilla, kun taas kalleimmat suhteellista paikannusta hyödyntävät laitteet maksavat parikymmentä tuhatta euroa (Laurila 2012, 295).

Lisäksi tarkkuutta parantavia korjauksia käytettäessä on joko ostettava oma kiinteä tukiasema tai maksettava korjausten vastaanottamiseen kuuluva lisenssimaksu korjauspalvelujen tarjoajille.

Absoluuttinen paikannus on peruspaikannusta, jota käytetään liikkussa jalan, tai erilaisilla kulkuneuvoilla. Tällaista sijainnin määrittystä kutsutaan navigoinniksi ja se on laajimmin käytetty satelliittipaikannusmenetelmä. Sen paikannustarkkuus on noin 5 - 10 metriä ja se sopii tarkkuutensa puolesta vain harrastekäyttöön ja moniin ajoneuvonavigoinnin sovelluksiin. Absoluuttiseen paikannukseen tarvitaan vain yksi havaintolaite. Paikka lasketaan satelliittien suhteen käyttäen hyödyksi satelliittien lähettämiä C/A-koodihavaintoja. Menetelmä perustuu erittäin tarkkaan ajan mittaukseen, eli kellojen tarkkuuteen. Satelliittien kellojen tarkkuus on hyvä, sillä valvonta-asetat tarkkailevat koko ajan niiden käyntivirheitä ja välittävät niitä käyttäjille paikannussignaalin mukana. Paikantimen kello on epätarkempi, eli rannekellon tavoin se liukuu vähitellen pois oikeasta ajasta. Paikantimen kellon käyntivirhe on kuitenkin mittausteknisesti helppo hävittää, kun mitataan etäisyydet mittauksen vaatiman kolmen satelliitin sijaan vähintään neljään satelliittiin. (Laurila 2012, 293, 295, 297)

Myös differentiaalinen paikannus (DGPS, DGNSS) on toimintaperiaatteeltaan (kuva 2,a) C/A-koodihavaintoihin perustuvaa mittauksia. Siinä kuitenkin käytetään avuksi tunnetulla pisteellä olevaa tukiasemaa, jolla voidaan korjata osa mittauksen virheistä. Nämä virheet ovat lähinnä valvontalohkosta, satelliittilohkosta ja ilmakehästä aiheutuvia havaintohetken systemaattisia virheitä ja niihin tehtäviä korjauksia kutsutaan differentiaalikorjauksiksi. Mittaaja ei tarvitse kuin yhden oman differentiaaliseen paikannukseen valmiin satelliittipaikantimen (kuva 2,b), sillä mittaukseen on tarjolla erilaisia yleisiä tukiasemapalveluita. Korjauspalveluita käytettäessä tarvitaan myös tietoliikenneyhteys palvelun tarjoajaan ja mahdollisesti lisälaite korjaussignaalin vastaanottamiseen. Vaihtoehtoisesti käyttäjä voi perustaa myös oman tukiaseman, jonka korjaukset välitetään esimerkiksi radiomodeemin kautta. Tällä paikannustavalla päästään 0,5 - 5 metrin tarkkuuteen. Differentiaalisessa mittaustavassa voidaan käyttää muitakin havaintosuureita kuin pelkkää C/A-koodia. Silloin tekniikka muuttuu monimuotoisemmaksi ja päästään tarkempaan lopputulokseen kuin edellä kuvatussa perustekniikassa. Differentiaalista mittaustapaa käytetään ammattimaisessa auto- ja laivaliikenteessä, merenmittauksessa sekä paikkatietojen keräämisessä, jolloin puhutaan GIS-paikannuksesta. (Laurila 2012, 293 ja 299-301)



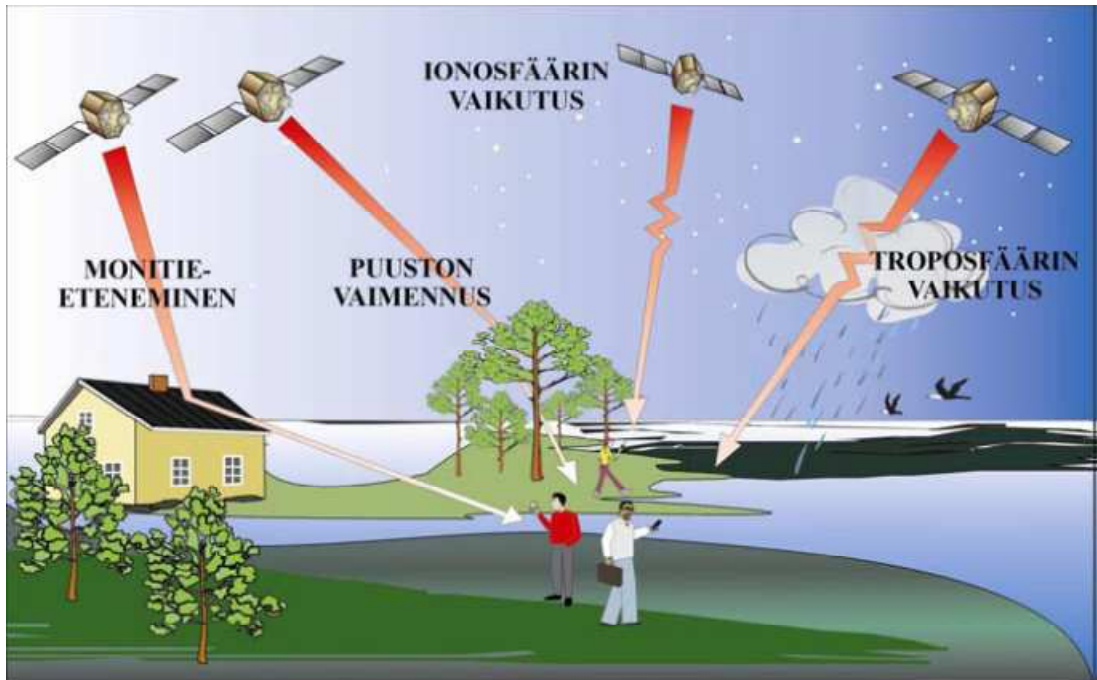
KUVA 2. a.) Differentiaalisen paikannuksen toimintaperiaate,
 b.) Differentiaalisessa paikannuksessa käytettävä GIS-paikannin
 (Laurila 2012, 300)

Suhteellinen paikannus eroaa kahdesta muusta perusmittaustavasta siinä, että etäisyydenmittauksessa havaintosuurena käytetään kantoaaltoa. Mittaustapa on huomattavasti monimutkaisempi kuin koodihavaintoihin perustuvat mittaustavat. Lisäksi paikantavan vastaanottimen sijainti mitataan toisen vastaanottimen suhteen, mistä tulee nimitys suhteellinen mitaus. Tällä mittaustavalla saadaan erotushavainnot yhdistämällä kahden ajankohdan, vastaanottimen tai satelliitin havainnot. Erotushavainnot toimivat vähän DGPS-paikannuksen differentiaalikorjausten tavoin ja niiden avulla päästään eroon havaintojen yhteisistä virheistä. Vertailuvastaanottimen suhteen mitattaessa päästään 1σ -tasolla alle 0,05 metrin paikannustarkkuuteen. (Laurila 2012, 294 ja 295, 301 ja 302) Maanrakentamisen mittauksia ajatellen tarkkuus on riittävä monissa käytännön työtehtävissä.

2.2.2 Tarkkuus ja siihen vaikuttavat tekijät

Satelliittipaikannuksen tarkkuutta arvioitaessa on otettava huomioon muutama asia. Ensimmäinen havaintaja on aina mittauksen aikana liikkeessä, maapallon pyörimisen takia. Samoin satelliitit ovat liikkeessä edeten noin 4 kilometriä sekunnissa. Satelliittien sijainti pystytään selvittämään vain rajallisella tarkkuudella. Jos tarvitaan erittäin tarkkaa mittausta, voidaan satelliitit paikantaa muutaman senttimetrin tarkkuudella käyttäen jälkikäteen määritettyjä ratatietoja. Joissain tieteellisissä mittauksissa tai kiintopistemittauksissa se voi olla tarpeen, mutta ei tavanomaisissa maanmittaukseen liittyvissä töissä. Satelliitin signaalin kulkeutumiseen liittyvät ongelmat (kuva 3) aiheuttavat oleellisen osan virheistä. Signaalin etenemisnopeus on riippuvainen ilmakehän tilasta. Suurin vaikutus ilmakehässä on ionosfäärillä ja troposfäärillä. Signaali voi myös heijastua ympäristön muista pinnoista aiheuttaen virheitä. Mit-

tauksen suorituksessa mittaajalle voi sattua inhimillisiä mittavirheitä tai ohjelmia voidaan käyttää väärin. Tarkoissa suhteellisissa mittauksissa erittäin suuri virhetekijä voi olla koordinaatiston ja korkeuksien muuntamiseen liittyvä geoidimalli. Vaikka suhteellisissa mittauksissa onkin mahdollista päästä erittäin suureen paikannustarkkuuteen, voidaan se menettää moninkertaisesti siirryttäessä GPS-järjestelmässä käytettävästä WGS84-järjestelmän koordinaateista paikallisiin koordinaatteihin. (Laurila 2012, 305, 306 ja 313)



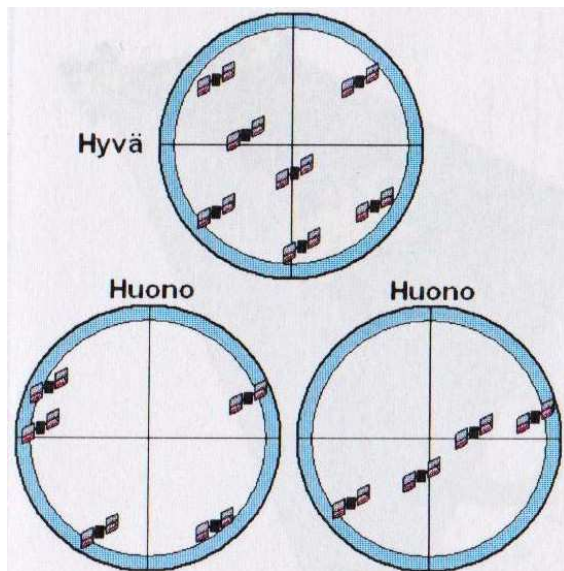
KUVA 3. Satelliittipaikannukseen virheitä aiheuttavia tekijöitä (Airos 2007, 16)

Maapallon ilmakehä on rakenteeltaan kerroksellinen ja se toimii satelliitin paikannussignaalin väliaineena. Ensin satelliitista lähtevä signaali tulee ionosfääriin, joka sijaitsee yläilmakehässä. Siinä signaalin kulkuun vaikuttaa auringon hiukkassäteilyn aktiivisuus. Pahimmassa tapauksessa satelliittipaikannus voi olla jopa mahdotonta aktiivisen ionosfäärin aikana. Ilmakehän alimmassa kerroksessa, troposfäärissä tapahtuvat sääilmiöt ja sen vaihteleva vesihöyrypitoisuus aiheuttaa paikannukseen vaikeasti huomioitavia virheitä. Suomalaisessa suhteellisen tasaisessa maastossa troposfäärin aiheuttamat virhevaikutukset ovat varsin pieniä, korkeudenmäärityksessä ehkä muutamia senttimetrejä. Kaikki GPS-satelliitit lähettävät paikannussignaalia vähintään kahdella eri aallonpituudella. Uusimmat satelliitit lähettävät signaaleja L1 ja L2-taajuuksien lisäksi vielä L5-taajuudella. Jos mittauksissa voidaan käyttää vähintään kahta aallonpituutta, voidaan signaalien kulkuerojen avulla ilmakehän virhevaikutuksia huomioida jossain määrin. (Laurila 2012, 306 ja 307)

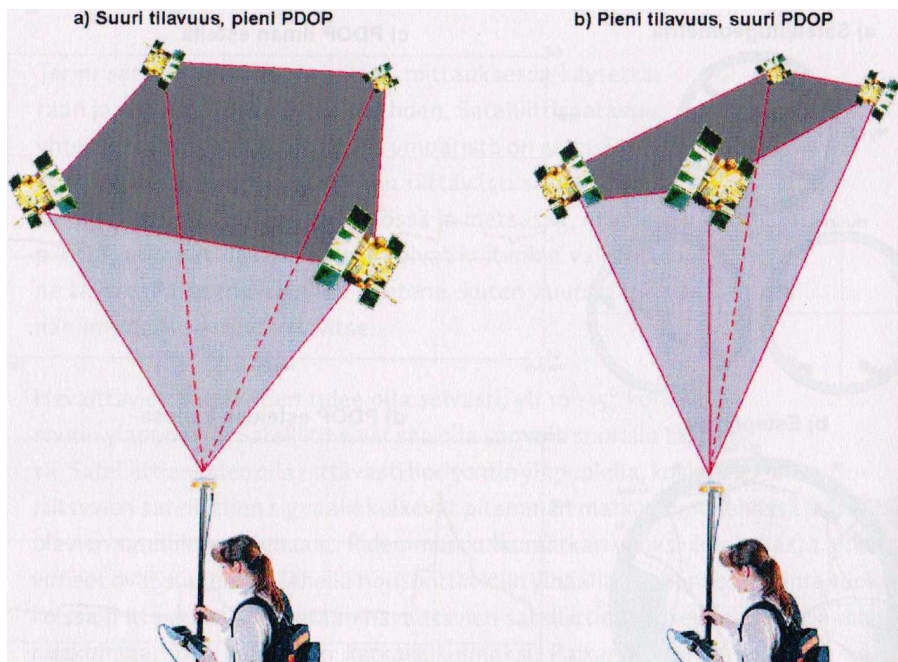
Jotta paikannus on tarkka, pitää paikannussignaalin saapua vastaanottimeen suoraan satelliitista. On kuitenkin mahdollista, että se heijastuu ympäristöstä. Silloin puhutaan monitieheijastuksesta. Heijastukset ovat mahdollisia etenkin jos lähellä mittauspaiikkaa on rakennuksia, autoja tai vettä. Heijastukset voivat aiheuttaa mittauksiin karkeita paikannusvirheitä, joita

voidaan vähentää antennitekniikalla ja signaalinkäsittelyn avulla. Absoluuttisessa paikannuksessa monitieheijastuksen vaikutus voi olla pahimmillaan 10 - 20 metrin suuruusluokkaa, kun taas suhteellisessa paikannuksessa virhevaikutukset ovat vain muutamia senttimetrejä. (Laurila 2012, 307)

Satelliittigeometrialla tarkoitetaan mittauksessa käytettävien satelliittien lukumäärää sekä niiden asemaa avaruudessa mittauksen suorittajaan nähden. Tässä yhteydessä puhutaan monesti myös satelliittisaatavuudesta. Paikannussignaali ei läpäise häiriintymättä esteitä, joten esimerkiksi kaupunkiympäristössä ja metsässä näkemäesteet voivat vaikeuttaa tai jopa estää mittauksen. Mittauksissa käytettävien satelliittien tulisi olla selvästi havaitsijan horisontin yläpuolella. Näin ollen signaalin kulkema matka ilmakehässä on lyhyempi ja ilmakehän virhevaikutus pienempi. Paikannuksen tarkkuuden kannalta satelliittigeometria olisi hyvä niin että ainakin yksi satelliitti olisi pystysuoraan ylhäällä ja muut tasaisesti jakautuneena eri suuntiin (kuva 4). Pystysuoraan ylhäällä oleva satelliitti parantaa korkeussijainnin tarkkuutta. Satelliittien sijaintia havaitsijan suhteen ja sen vaikutusta mittaustarkkuuteen voidaan esittää DOP-luvulla (DOP= Dilution of Precision), jotka tarkoittavat tarkkuuden heikentymistä. HDOP (Horizontal Dilution of Precision) kuvaa tasosijainnin epävarmuutta ja VDOP (Vertical Dilution of Precision) korkeussijainnin epävarmuutta. Taso- ja korkeussijainnin yhdistettyä epävarmuutta kuvataan PDOP-luvulla (PDOP= Position Dilution of Precision). DOP-luvut ovat laskennallisesti melko vaikeita määritettäviä. Käytännön mittauksissa mittaajalle riittää tieto, että mitä pienempiä DOP-luvut ovat, sitä parempi on satelliittien asema mittauksen kannalta (kuva 5). Ehdottomia raja-arvoja DOP-luvuille ei ole. Voidaan kuitenkin sanoa, että mittaustilanne on hyvä jos ne ovat selvästi alle viisi ja huono jos ne ovat yli 10. On olemassa rataennusteohjelmia, joilla voidaan tutkia näkemäesteiden vaikutusta paikannustarkkuuteen. Tulevan mittauspaikan näkymää haittaavat esteet kartoitetaan ja syötetään ohjelmaan. Ohjelma laskee vaikutuksen DOP-lukuihin ja hankalissa kohteissa ohjelman avulla voidaan nähdä paras mahdollinen mittausajankohta. (Laurila 2012, 308 ja 309)



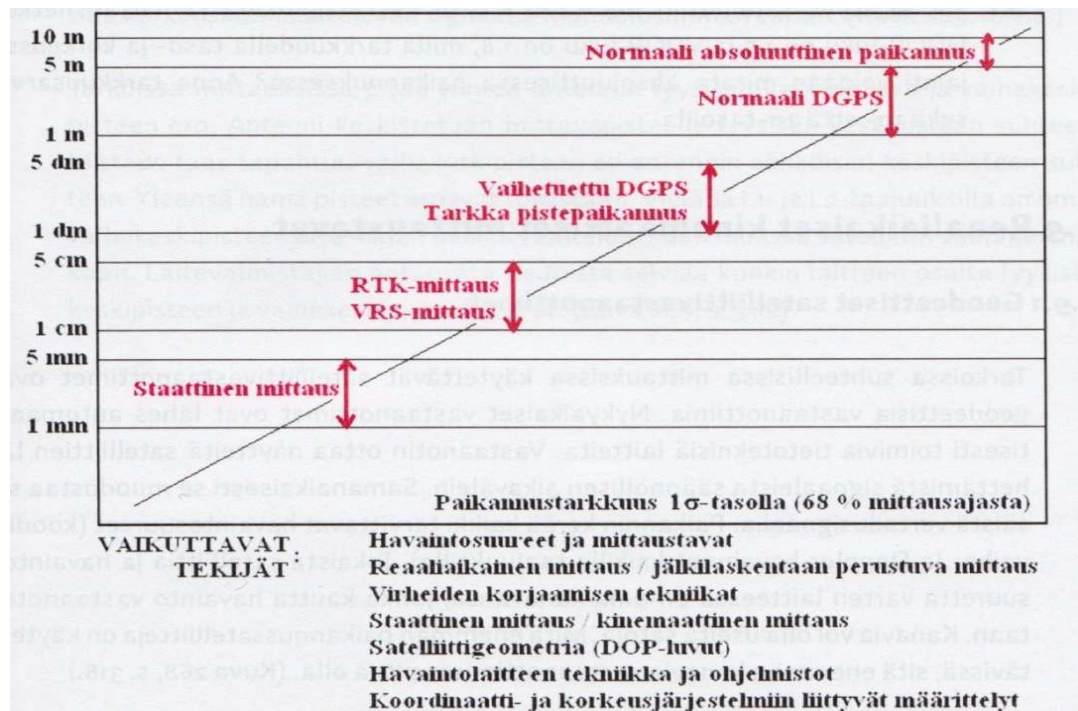
KUVA 4. Hyvä ja huono satelliittigeometria
(Laurila Pasi 2012, 309)



KUVA 5. Satelliittigeometrian vaikutus PDOP-lukuun (Laurila 2012, 310)

Satelliittipaikannuksen eri mittaustapojen paikannustarkkuutta voidaan arvioida suuntaa antavilla keskiarvoilla (kuva 6). Mittauksen virheitä ja tarkkuutta arvioitaessa tulee aina huomioida mitä todennäköisyystasoa käytetään. Voidaan käyttää niin sanottua 1σ -tasoa, joka tarkoittaa että virhe on 68 % mittausajasta annettua arvoa pienempi tai yhtä suuri. Usein satelliittimittauksen tarkkuuksissa käytetään myös 2σ -tasoa. Silloin puhutaan todennäköisyydestä 95 %. Satelliittipaikannuksen virheiden arvioinnissa ei siis yleensä oteta kantaa virheiden ylärajaan, vaan arviot perustuvat normaalijakauman keskihajontaan. Tämä tarkoittaa

että hetkellisesti satelliittimittauksissa voi ilmetä poikkeuksellisen suuriakin virheitä. (Laurila 2012, 310, 312 ja 315)



KUVA 6. Satelliittipaikannuksen mittaustapojen arvioitu tarkkuus 1σ -tasolla (Laurila 2012, 315)

2.3 RTK-mittaus (Real Time Kinematic)

Suhteellinen mittaustapa on varsin laaja käsite ja siinä esiintyy lisäksi erilaisia lisämääritteitä. Kinemaattisesta mittauksesta puhutaan, kun vertailuvastaanotin on paikoillaan ja paikantava vastaanotin liikkuu. Kun tunnetulla pisteellä oleva vertailuvastaanotin lähettää mittaamansa vaihehavainnot paikantavalle vastaanottimelle (kuva 7) on kyseessä reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (RTK-mittaus, Real Time Kinematic). Vertailuvastaanotin toimii siis tukiasemana. Paikantava vastaanotin laskee sijaintinsa tukiaseman suhteen käyttäen hyödyksi omia ja tukiaseman yhteisiä havaintoja. Jotta tiedonsiirto vastaanotinten välillä onnistuu, tulee niiden välillä olla tiedonsiirtoyhteys. Muutamien kilometrien tiedonsiirto voidaan toteuttaa radiomodeemin välityksellä. Matkapuhelinverkon avulla voidaan tietoa siirtää miten pitkiä matkoja tahansa, mutta itse mittaustapa rajoittaa tukiaseman ja vastaanottimen välisen etäisyyden noin 20:een kilometriin. Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus on nykyajan mittaus- ja kartoitustekniikassa käytettävä perusmenetelmä. Tarkkuutensa puolesta se sopii hyvin muun muassa kartoitus- ja maastomallimittauksiin. Nykyajan rakentamisessa sitä käytetään usein merkintämittauksissa ja koneohjauksessa. (Laurila 2012, 315 ja 319)



KUVA 7. RTK-mittauksissa käytettävä paikantava vastaanotin ja maastotietokone kartoitussauvassa

RTK-mittaus lähtee siitä, että liikkuva vastaanotin ratkaisee alkutuntemattomat vastaanottimien antennien ja satelliittien välillä. Tätä kutsutaan alustukseksi ja se kestää tyypillisesti muutamista kymmenistä sekunneista minuutteihin. Alustus tulee tehdä mahdollisimman avoimella paikalla, jotta ympäristön mahdolliset esteet eivät aiheuta signaalikatkoja. Alustuksen jälkeen voidaan mitata uusia pisteitä reaaliaikaisesti. RTK-mittauksella saadaan tarkkoja cm-tason tuloksia. Laittevalmistajien lupaamat tarkkuudet ovat tyypillisesti tasossa $10 \text{ mm} + 1...2 \text{ ppm}$ ja korkeudessa $20 \text{ mm} + 1...2 \text{ ppm}$. Lyhenne ppm kuvaa tukiaseman ja liikkuvan vastaanottimen välisestä etäisyydestä riippuvaa virhettä ($\text{ppm} = \text{mm/km}$). Jos yhteys satelliitteihin tai tukiasemaan katkeaa kesken mittausten, vastaanotin antaa merkin ja alustus pitää suorittaa uudestaan. (Häkli & Koivula 2005, 6 ja 7)

2.4 Verkko-RTK-mittaus

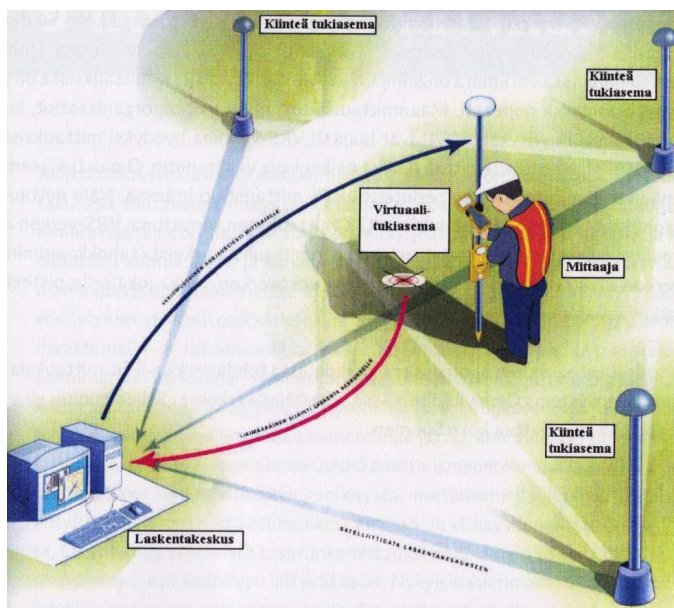
1990-luvun lopulla alettiin kehittää uusia menetelmiä reaaliaikaiseen kinemaattiseen paikantamiseen. Kehiteltiin verkko-RTK (Network RTK), jossa käytetään yhden tukiaseman sijasta useiden tukiasemien muodostamaa verkostoa. Menetelmän avulla voidaan laajentaa mittausaluetta huomattavasti ja saavutetaan kustannus- ja aikasäästöjä perinteiseen RTK-mittaukseen verrattuna. Mittaajan ei myöskään tarvitse hankkia kiinteää tukiasemaa, vaan

yksi liikkuva vastaanotin riittää. Lisäksi säästetään tukiaseman pystyttämiseen kuluvat kustannukset. (Häkli & Koivula 2005, 7) Perinteiseen RTK-mittaukseen verrattuna kustannuksia kuitenkin aiheuttavat lisenssimaksut joita maksetaan korjauspalvelujen tarjoajalle.

Tänä päivänä Suomessa on käytettävissä erilaisia tukiasemaverkkoratkaisuja. Eri ratkaisut käyttävät korjauksen tuottamiseen toisistaan eroavia tekniikoita ja näin ollen myös laadussa voi esiintyä eroja. Käytettävät tukiasemaverkkomenetelmät ovat VRS (Virtual Reference Station System), MAX (Master Auxiliary Corrections), iMAX (Individualized Master Auxiliary Corrections) ja FKP (Flächen-Korrektur Parameter). Suomessa omia verkkojaan ylläpitävät Geotrim ja Leica. Geotrimin ylläpitämä Trimblen VRSnet.fi -palvelu tarjoaa korjausta VRS-tekniikalla. Leica tarjoaa SmartNet -verkossaan kaikkia neljää eri korjausmahdollisuutta.

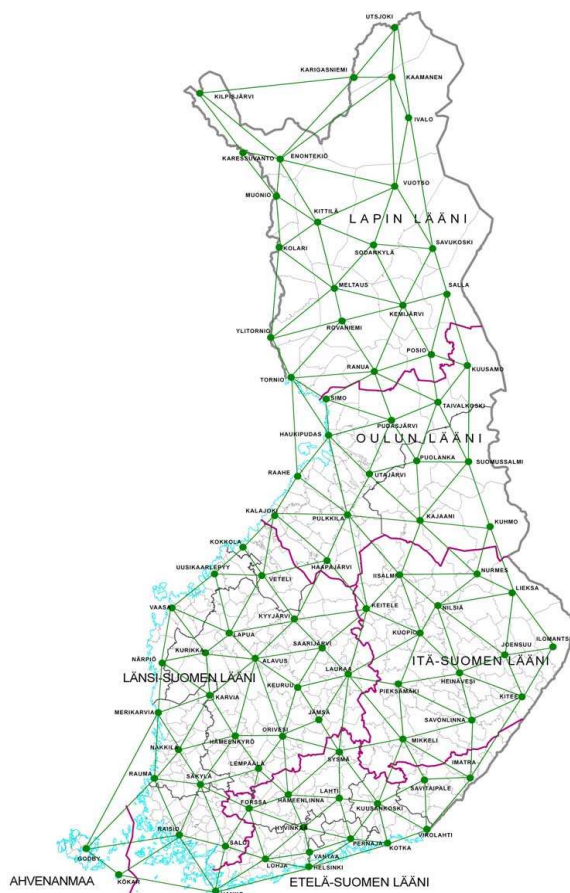
2.4.1 VRS (Virtual Reference Station System)

VRS eli virtuaalituliasemamenetelmä on kokonaisuus, joka koostuu useiden tukiasemien muodostamasta verkosta, erilaisista tietoliikennetegnologioista, laskentakeskuksesta sekä ohjelmistoteknologiasta. Ne korjaavat reaaliaikaisesti GNSS-mittauksiin ja –signaaleihin kohdistuvia virheitä. (Tötterström 2010, 13) Pääajatuksena VRS-tekniikassa on, että käyttäjälle lasketaan oma virtuaalituliasema mittaajan viereen (kuva 8). Tämä tapahtuu yleensä alustuksen yhteydessä, kun satelliittivastaanotin on ensin lähettänyt oman likimääräisen sijaintinsa laskentakeskukseen esimerkiksi GSM-verkon kautta. VRS-tekniikan ansiosta mittausalue laajenee. Lisäksi tukiaseman etäisyydestä riippuvat virheet eliminoituvat havainnoista melkein kokonaan. (Häkli 2004, 40 ja 41)



KUVA 8. Trimblen VRS-järjestelmän toimintaperiaate (Laurila 2012, 321)

Ensimmäinen VRS-teknologiaan perustuva tukiasemaverkko perustettiin Suomeen vuonna 2000 Geotrim Oy:n toimesta. Ensin verkkoa ja VRS-teknologian toimivuutta tutkittiin tehden laajoja tutkimuksia. Tuotantokäyttöön VRS laajeni vuonna 2002-2003, mutta silloin se kattoi ainoastaan Etelä-Suomen. Keväällä 2005 valmistui koko Suomen kattava valtakunnallinen VRS-verkko (kuva 9). (Tötterström Seppo 2010, 9 ja 10) Alussa verkko toimi nimellä GNSSnet.fi ja vuonna 2010 VRS-verkolle annettiin nimeksi VRSnet.fi. Nykyään tukiasemaverkkojärjestelmä koostuu yli 100:sta kiinteästä GNSS-tukiasemasta ympäri Suomen sekä Vantaalla sijaitsevasta laskentakeskuksesta. Talven 2013 aikana VRSnet.fi –palvelu muuttuu uudeksi Trimnet-konseptiksi, joka pitää sisällään uuden VRS- ja satelliittiteknologian sekä uudet sovellusalueet ja järjestelmät. (Geotrim)



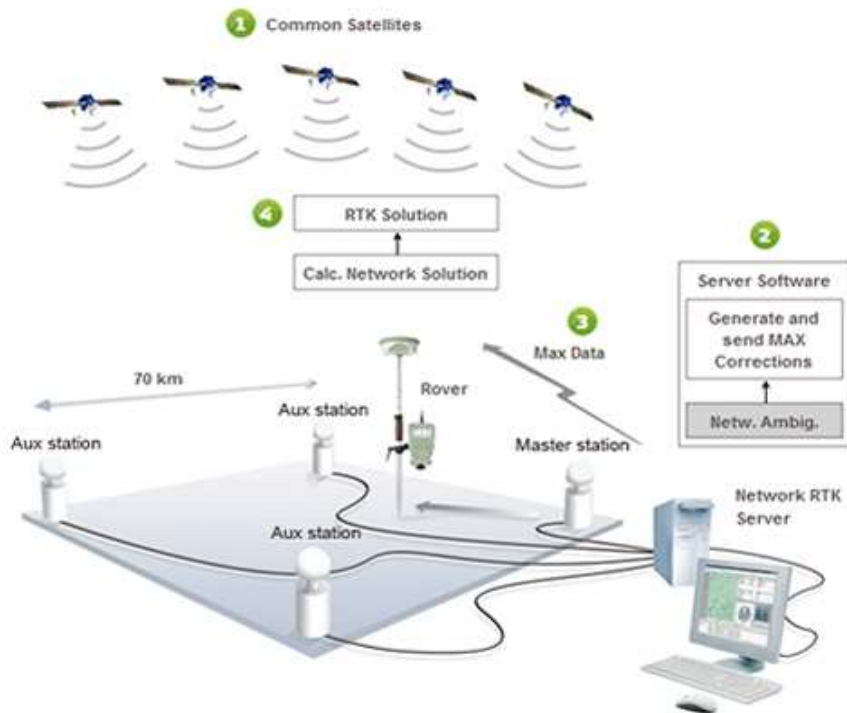
KUVA 9. Geotrimin ylläpitämä tukiasemaverkko Suomessa (gpsnet)

2.4.2 MAC (Master-Auxiliary Concept)

MAC-menetelmässä verkko-RTK –palvelinohjelmisto laskee verkon alkutuntemattomat ja ionosfäärin aiheuttamat virheet. Sen jälkeen palvelin lähettää havainnot ja koordinaattitiedot yhdelle tukiasemalle. Tukiasema toimii tässä tilanteessa pääasemana. Muut mittauksessa mukana olevat tukiasemat toimivat apuasemina. Apuasemille lähetetään niiden alkutuntemattomilla korjatut havainnot ja koordinaattierot. Liikkuva vastaanotin vastaanottaa MAX-

korjaukset (Master-Auxiliary Corrections) ja laskee verkkoratkaisun itsenäisesti käyttäen omaan sijaintiinsa sopivia korjausarvoja. (Smartnet ja Leica SmartNet –esite)

MAC-menetelmän toimintaperiaate (kuva 10) perustuu VRS-tekniikassa käytettävän virtuaalisen tukiaseman sijaan kiinteisiin pää- ja tukiasemiin. Se on ainoa standardin mukainen korjausmenetelmä. Tämä tarkoittaa, että palvelinohjelmisto käyttää kansainvälisesti tunnustettuja ja standardin mukaisia algoritmeja RTK-korjauksien tuottamiseen. Menetelmä antaa liikkuvan vastaanottimen kontrolloida verkkolaskentaa, kun taas muissa menetelmissä sen tekee palvelin. Etuna siinä on, että liikkuva vastaanotin voi koko ajan arvioida RTK-ratkaisun laatua ja etäisyydestä riippuvien virheiden korjausten tehokkuutta. Tämä varmistaa nopean alustuksen ja optimoidun RTK-ratkaisun. MAC-menetelmän avulla voidaan myös maksimoida mittauksissa käytettävän datan määrä. Tämä tarkoittaa sitä, että mittauksen apuna voidaan käyttää myös sellaisia satelliitteja, joita kaikki mittauksessa mukana olevat tukiasemat eivät pysty havaitsemaan. MAC-menetelmässä ei käytetä virtuaalisia tukiasemia. Oikeilta tukiasemilta tulevat havainnot mahdollistavat mittauksien jäljitettävyyden ja toistettavuuden. (Smartnet)



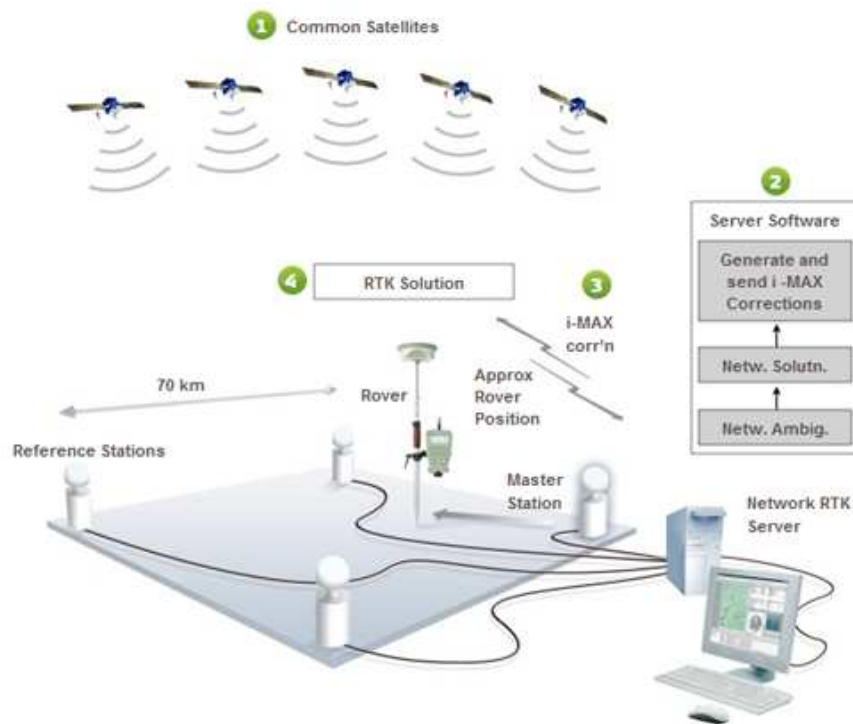
KUVA 10. MAC-menetelmän toimintaperiaate (Smartnet)

Leica on tällä hetkellä Suomessa ainoa MAX-korjauksia tarjoava yritys. Leica Geosystems rakentama SmartNet –tukiasemaverkko kattaa koko Suomen sisältäen yhteensä yli 100 tukiasemaa. Tukiasemien lisäksi menetelmä sisältää Leica Spider –nimisen RTK-ohjelmiston. Leica suosii verkko-RTK -korjauksissa standardin mukaista MAC-menetelmää, mutta heidän verkostaan saa vaihtoehtoisesti myös iMAC- ja vanhempiin FKP- ja VRS –menetelmiin perus-

tuvia korjauksia. Lisenssivaihtoehtoja on monenlaisia erilaisiin sovellusalueisiin. Esimerkiksi työkonetoimintaan ja maatalouden tarpeisiin on hinnoittelultaan erovat erikoislisenssinsä. Rajoittamattomia lisenssivaihtoehtoja on tarjolla kolmesta kuukaudesta kolmen vuoden mittaisiin lisensseihin. Lisäksi on myös saatavilla alueellisesti tai ajallisesti rajoitettuja lisenssejä. (Leica SmartNet –esite)

2.4.3 iMAC (Individualized Master-Auxiliary Concept)

i-MAC-menetelmä on kehitetty vanhemmille satelliittivastaanottimille, jotka eivät pysty hyödyntämään MAX-korjauksia. Käytännössä se on melko samantyyppinen kuin VRS-menetelmä. Molemmat käyttävät palvelimen kontrolloimia verkkoratkaisuja ja ei-standardin mukaisia menetelmiä. Lisäksi ne luokitellaan yksilöllisiksi, mikä tarkoittaa sitä, että mittausten alussa liikkuvan vastaanottimen täytyy lähettää likimääräinen sijainti palvelimelle. Toimintaperiaatteeltaan (kuva 11) suurin ero niissä on se, että i-MAC-menetelmässä ei luoda virtuaalista tukiasemaa, vaan korjaukset generoidaan oikealta tukiasemalta. (Smartnet)



KUVA 11. iMAC-menetelmän toimintaperiaate (Smartnet)

3 KONEOHJAUSJÄRJESTELMÄT

Maanrakentamisessa käytettävät koneet voidaan karkeasti jakaa käyttötarkoituksensa mukaan yleiskäyttöisiin koneisiin ja erityisesti tietyssä tarkoituksessa käytettäviin erikoiskoneisiin. Murskeenlevittimet ja maaperän stabilointiin käytettävät koneet ovat esimerkkejä tiettyyn työtehtävään soveltuvista erikoiskoneista. Työmaan yleiskäyttöisinä koneina toimivat muun muassa kaivukoneet ja puskutraktorit. Minkä tasoista koneautomaatiikkaa on teknisesti ja taloudellisesti järkevintä käyttää, riippuu suuresti työtehtävästä ja siinä käytettävästä koneesta. Yhteen työvaiheeseen kehitettyjen erikoiskoneiden työvaiheet ovat yleensä luonteeltaan samanlaisena toistuvia, minkä ansiosta ne ovat parhaiten automatisoitavissa. Yleiskäyttöisissä koneissa koneohjausjärjestelmä toimii yleensä tietyssä työvaiheessa koneen käyttöä tehostavana lisävarusteena. (Kilpeläinen ym. 2004, 16)

Yleensä tunti-laskutushinta kaivukoneilla on varsin matala. Tämän vuoksi myös koneohjausjärjestelmän kehittämisessä tulisi alussa pyrkiä edullisiin ja yksinkertaisiin ratkaisuihin. Kaivukoneen monimuotoiseen työmenetelmään voisi useimmissa kohteissa soveltua kuljettajaa ohjaava koneohjaus- ja dokumentointijärjestelmä. Se näyttää kuljettajalle työkoneen kauhan tai terän korkopoikkeaman rakenteen suunnitelmapinnasta. (Heikkilä & Jaakkola 2004, 41)

Koneautomaatio tuo monia hyötyjä normaaliin konetyöskentelyyn verrattuna. Mittaustyömenekki pienenee kokonaisuudessaan, sillä automaatiotyömaalla ei maarakenteiden osalta tarvitse tehdä perinteistä maastoon merkintää ja myös tarkemittausten tarve vähenee. Työkoneiden tehokkuus kasvaa, sillä työskentely on tauotonta. Kuljettajan ei tarvitse odotella paikalle mittamiehiä ja puuttuvia mittatietoja. Erittäin suuri säästö saadaan vähentyneistä rakennusmateriaalihäviöistä, kun maaleikkaustöiden ryöstöjen mahdollisuudet pienenevät. Rakenteet ja luiskat saadaan kerralla suunnitelmien mukaiseen muotoon. Työkoneautomaatio vähentää työnjohdon tarvetta työkoneen kuljettajien ohjeistamiseen. Työnjohdon rutiinitehtävät työmaalla vähenevät ja aikaa jää resurssien ja työn suunnitteluun. Mittatikkujen pois jääminen työmaalta on helpotus, mutta toisaalta sen on huomattu vaikeuttavan työn seuranta ja suunnittelua työnjohdon osalta. (Jaakkola 2010, 45 ja 46)

Koneohjausjärjestelmät voidaan jaotella mittaustekniikoiden ja -periaatteiden perusteella 1D-, 2D- ja 3D -järjestelmiin (Kilpeläinen ym. 2004, 18). 1D-järjestelmät välittävät pelkkää korkotietoa työkoneen työstävästä osasta. Niitä edustavat pääasiassa tasolaserin kanssa yhdessä toimivat työkoneeseen kiinnitettävät laservastaanottimet.

3.1 2D-järjestelmät

2D-järjestelmässä työkoneen työstävä osa paikannetaan koneen paikalliskoordinaatistossa X- ja Z-suunnissa. Esimerkiksi kaivukoneeseen liitettyinä järjestelmä kertoo kauhan kärjen

kohtisuoran etäisyyden ja korkeuden verrattuna koneen sisäiseen referenssipisteeseen. 2D-koneohjausjärjestelmien avulla voidaan kaivukoneella tehdä varsin yksinkertaisia kaivantoja, kuten ojia tai rakennusten pohjia. (Kauppinen 2010, 3)

2D-järjestelmän perusvarustukseen kuuluu neljä elektronista CAN-anturia (kuva 12 ja 13), jotka mittaavat kauhan, kaivuvarren, pääpuomin ja koneen rungon asentoa. Runkoanturi mittaa koneen rungon kallistumista ja korjaa siitä aiheutuvan virheen. Kaivukoneeseen on mahdollista asentaa myös tilt-anturi, joka mittaa kauhan sivuttaiskallistusta. Antureiden avulla kauhan sijainti tunnetaan ja kuskille tieto siitä välittyy koneen hytissä sijaitsevan näyttöyksikön välityksellä. Lisäksi järjestelmään kuuluu laservastaanotin, jonka avulla kaivutyössä voidaan hyödyntää pyörivää laserlähetintä. (Novatron)



KUVA 12. Elektroninen CAN-anturi kaivukoneessa

Kaivukoneissa nykyajan 2D-järjestelmää voidaan käyttää syvyyden, kaadon ja etäisyyden mittaamiseen. Kaivussyvyyttä voidaan mitata nollaamalla ensin mittalaite kauhan ollessa halutussa lähtöpisteessä, esimerkiksi korkomerkin päällä. Kaivutyön aikana näyttö kertoo kuskille kauhan koron lähtöpisteeseen tai syötettyyn tavoitetasoon verrattuna. Myös vaakasuuntaisen etäisyyden mittaus koneen puomin suunnassa onnistuu nollaamalla mittalaite ensin halutussa kohdassa. Kallistuvaa kaivantoa kaivettaessa tavoitekaato syötetään järjestelmään ennen työn aloittamista. (Novatron) 2D-järjestelmän heikkous on, että se ei osaa ottaa huomioon koneen siirrosta aiheutuvaa sijainnin muutosta. Tämän takia aina konetta siirrettäessä on vertailutaso tallennettava järjestelmään uudelleen. Sujuvan työskentelyn kannalta se ei aina ole mahdollista. Silloin voidaan käyttää hyödyksi lasersädetä lähettävää tasolaseria sekä koneen puomiin sijoitettua laservastaanotinta (kuva 12). (Nieminen Juha-Matti 2011, 10)



KUVA 13: Elektroninen anturi ja laservastaanotin kaivukoneen kaivuvarressa

3.2 3D-järjestelmät

Nykyiset työkoneisiin asennettavat 3D-ohjausjärjestelmät koostuvat tyypillisesti työstöterän asentoa ja sijaintia mittaavasta perusjärjestelmästä sekä erikseen asennetusta paikkatietoa ja 3D-mallia hyödyntävästä järjestelmästä. 3D-sovellus tuottaa poikkeamatietoa kuljettajaa ohjaavalle järjestelmälle tai automatisoidussa ohjauksessa suoraan terän kallistusautomaatikalle. (Heikkilä & Jaakkola 2004, 29) Jos jossain kohteessa ei ole 3D-suunnitelma-aineistoa käytettävissä, voidaan 3D-järjestelmää käyttää myös perinteisenä kaivusvyöryjärjestelmänä. (Novatron)

3D-suunnittelu ja -koneohjaus tulevat olemaan tulevaisuus maanrakentamisessa. Jos tässä vaiheessa on vielä epävarma 3D-järjestelmän kannattavuudesta tai ei halua tehdä kerralla niin suurta investointia, on mahdollista myös muunlaiset ratkaisut. Esimerkiksi kotimaisella koneohjausjärjestelmiä maanrakennuskoneisiin valmistavalla Novatronilla on yksi vaihtoehto hankkia 3D-järjestelmä 2D-käyttöön. Käytännössä tämä tarkoittaa että koneeseen asennetaan 2D-järjestelmä 3D-valmiudella. Puomiston anturoinnit ovat järjestelmissä samanlaiset, joten riittää kun asennetaan 3D-järjestelmän kanssa toimiva näyttölaite (kuva 14) ja keskusyksikkö varusteineen sekä GNSS-paikantimien vaatimat antennimastot (kuva 15) ja -kaapelit. Järjestelmän hinta on noin puolet 3D-järjestelmän kokonaishinnasta. Jos yritys saa tulevaisuudessa urakan, jossa 3D-koneohjaus olisi tarpeellinen, on loput järjestelmän komponenteista mahdollista ostaa tai vuokrata. Tapauksessa, jossa yritys vuokraa järjestelmää,

mutta vähintään 3 kuukauden vuokrajakson jälkeen päättää hankkia järjestelmän itselleen, saa yritys hyvityksenä 80 % maksetuista vuokrista. (Kekäläinen, Novatron Oy)



KUVA 14. Novatron Vision 3D –koneohjausjärjestelmän näyttölaite



KUVA 15. Antennimastot kaivukoneen takaosassa

4 HANKINTOJEN SUUNNITTELU JA NIIDEN LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytyössä selvitettiin millaisia satelliittimittalaitteita ja kaivukoneiden koneohjausjärjestelmiä on tarjolla Maanrakennusliike Leskisen tarpeisiin. Hankintojen suunnittelua lähdin toteuttamaan olemalla yhteydessä mittausalan asiantuntijoihin. Laitteiden jälleenmyyjien kanssa yhdessä mietimme hankintojen lähtökohtia ja niiden kannalta sopivia laitteita. Yritysten henkilökunta osasi nimetä minulle henkilöitä jotka osasivat kertoa asioista lisää. Otin yhteyttä muun muassa eri yritysten myynti-insinööreihin, maanmittausalalla toimivaan opettajaan, Kuopion kaupungin mittateknikkoon ja toisessa yrityksissä työskennelleeseen mittausyönjohtajaan sekä mittamiehiin. Heiltä sain puolueetonta tietoa eri laitteista ja menetelmistä.

4.1 GNSS-mittalaite

GNSS-satelliittimittalaite hankitaan maanrakennuskäyttöön. Jotta laitteella päästään maanrakentamisen kannalta tarvittavaan mittatarkkuuteen, on käytettävä suhteellista mittausastapaa soveltavaa RTK-mittausastapaa. Tämä tarkoittaa, että mittalaitteen tulee pystyä vastaanottamaan RTK-korjauksia. Korjaukseen tullaan käyttämään tukiasemaverkkoa tai kiinteää tukiasemaa. Yrityksen ei tarvitse kuitenkaan hankkia omaa kiinteää tukiasemaa, sillä jotkut yritykset tarjoavat korjausviestejä omasta kiinteästä tukiasemastaan lisenssimaksua vastaan. Tällöin korjaukset tulevat yleensä GPRS modeemin välityksellä. Jos lähellä ei ole valmiiksi pystytettyä tukiasemaa, on se yleensä mahdollista pystyttää vaikka asiakkaan omalle tontille. Lisenssien hinnat ovat hieman alhaisempia kuin tukiasemaverkko-korjauksien lisenssien hinnat. Kiinteää tukiasemaa käytettäessä oleellinen tieto on, että korjaus on sitä epätarkempi, mitä kauempana tukiasemasta mitataan. Käytännössä tämä rajoittaa mittaamisen korkeintaan 30 kilometrin säteelle tukiasemasta (Niippa, Novatron Oy). Maanrakennus Leskinen Oy toimii pääasiassa Kuopiossa ja sen lähialueilla, joten heidän käytössään menetelmä on mahdollinen.

Lähtökohtaisesti mittalaite tulee yrityksen omaan käyttöön. Aiemmin mittayrityksiltä tilatut palvelut ovat olleet suurimmaksi osaksi maastoon merkintää sekä pinta-ala- ja tilavuusmittauksia. Yleisimpiä mitattavia kohteita ovat esimerkiksi anturoiden, putkilinjojen sekä kaivojen paikat ja korot, maaleikkauksien ja louhittavien alueiden tasot, rajat sekä tilavuudet. Maastotietokoneiden käyttämien mittausohjelmistojen tulisi siis soveltua hyvin edellä lueteltuihin tehtäviin. Joillakin laitevalmistajilla on juuri maanrakennustehtäviin suunnattuja malleja. Ne kestävät kovia olosuhteita ja ovat varsin yksinkertaisia käyttää. Niissä käytettävät ohjelmistot sisältävät juuri maanrakentamisen kannalta hyödylliset sovellukset. Maanrakennus Leskinen Oy:lle satelliittimittaus ei ole ennestään tuttua, joten ohjelmistojen yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys ovat eduksi. Monimutkaisempiin konsultti- ja mittausyrityksien käyttöön suunniteltuihin sovelluksiin ei ole tarvetta.

4.2 Koneohjausjärjestelmä

Työkoneautomaatio on nopeasti yleistymässä ja tulevaisuudessa koneohjausjärjestelmät tulevat väistämättä olemaan mukana rakentamisessa. Maanrakennus Leskinen Oy:llä on käytössään useita koneita, mutta yrityksessä ei ole ennestään minkäänlaista koneohjausjärjestelmää käytössä. Yritystä kuitenkin kiinnostaisi hankkia kaivukoneeseen asennettava koneen kuljettajaa opastava järjestelmä. Markkinoilla olevista koneohjausjärjestelmistä vaihtoehtoina ovat puhtaat 2D- ja 3D-järjestelmät tai 2D-järjestelmä 3D-valmiudella.

Nykyään markkinoilla olevat 3D-järjestelmät kaivukoneeseen maksavat noin 30 000 euroa (ALV 0%). Se on varsin kallis investointi yritykselle ja 3D-järjestelmällä varustetun koneen tulisi mahdollista olla jatkuvassa tuottavassa työssä, jotta järjestelmä maksaisi itsensä mahdollisimman nopeasti takaisin ja investointi olisi kannattava. Työssä, joka perustuu tunti- tai vuorokautukseen, järjestelmän hinnan takaisin saanti on hidasta. Suurin etu 3D-järjestelmästä olisi yrityksen omissa urakoissa. Rahalliset hyödyt perustuvat suurimmaksi osaksi pienentyviin hukka- ja kaivuvuuhin sekä mittamiehen vähenevään mittausaikaan. Työn tilaajan kannalta ongelmana on, että 3D-työskentelyyn tarvittavat tietomallipohjaiset 3D-suunnitelmat eivät vielä ole kovin yleisiä etenkin pienillä maanrakennusyrityksillä. 3D-suunnitelmat voidaan kyllä teettää perinteisten 2D-suunnitelmien pohjalta, mutta siitä aiheutuvat lisäkustannukset joutuu urakoitsija itse maksamaan. Maanmittausyrityksissä työskentelevillä mittamiehillä on monesti myös 3D-suunnitelmien mallintamiseen tarvittava ammattitaito.

5 TARJOUSTEN TEKEMINEN

Opinnäytetyöni aikana olin yhteydessä eri yrityksiin, jotka ovat erikoistuneet muun muassa maanmittaukseen liittyvien mittauspalvelujen ja -laitteiden valmistukseen sekä jälleenmyyntiin. Yritysten henkilökunnan kanssa pohdimme yhdessä Maanrakennus Leskinen Oy:n tarpeisiin sopivia laitemalleja. Muokkasin virallisen asiakirjamallin pohjalta tarjouspyynnöt (liite 1 ja 2), jotka lähetin neljälle eri yritykselle. Yritykset olivat Trimblen valtuutettu maahantuojat Geotrim Oy, sveitsiläinen Leica Geosystems Oy, Topcon laitteita jälleenmyyvä Topgeo Oy ja eri valmistajien laitteita maahantuova Geosam Oy. Laitteiden hinnat olivat eri valmistajista ja malleista riippuen noin 13 000 - 21 000 euroa (ALV 0%). Hinnat sisälsivät muun muassa antennivastaanottimen, maastotietokoneen ohjelmistoinen, teleskooppikartoitusauvan, vuoden mittaisen ylläpito ja tukisopimuksen sekä päivän mittaisen koulutuksen laitteen käyttöön. Lisäksi pyysin tarjouksia GNSS-mittalaitteen kanssa yhteensopivista tietokoneohjelmistoista. Tietokoneella mittaustulosten käsittely ja pintamallien luonti on helpompaa, kuin itse laitteen ohjelmistolla. Geotrim Oy:lta ja Leica Geosystems Oy:lta pyysin tarjoukset myös verkko-RTK –korjauspalveluista.

Kaivukoneen koneohjausjärjestelmien osalta olin yhteydessä neljään eri laitevalmistajaan. Yritykset olivat Topgeo Oy, Geotrim Oy, kotimainen Novatron Oy sekä Hexagon Machine Control -liiketoimintayksikköön kuuluva Scanlaser. Keskustelimme yritysten edustajien kanssa hankinnan lähtökohdista ja erilaisista mahdollisista ratkaisuista. Keskustelumme pohjalta lähetin tarjouspyynnöt (liite 3) 2D- ja 3D-järjestelmistä kolmeen eri yritykseen. Lisäksi pyysin tarjoukset 2D-järjestelmästä 3D-valmiudella sekä vuokratarjouksen GNSS-paikannukseen.

6 KANNATTAVUUDEN LASKEMINEN JA ARVIOINTI

Aloitin GNSS-mittalaitteen kannattavuuden laskennan pyytämällä työn tilaajalta laskut ulkopuolisten maanmittausyrityksien palveluista. Laskut olivat ajalta 1.1.2008 - 31.12.2012. Palveluita oli ostettu kahdelta eri yritykseltä ja niiden yhteenlaskettu summa oli 86 079 € (sis. ALV). Maanrakennus Leskinen Oy:n tilaamat mittapalvelut suoritetaan tunti-laskutustyönä, eli laskujen suuruudet perustuvat palveluissa käytettyyn aikaan. Näin ollen pystyin laskemaan mittauksiin kuluneen ajan jakamalla laskujen summan tunti-laskutushinnalla. Ennen laskemista tunti-laskutushintaan oli otettava huomioon myös arvonlisävero. Se nousi 1.7.2010 22 %:sta 23 %:iin, joten laskelmissa käytin arvoa 22,5 %. Yritysten tunti-laskutushinnat erosivat toisistaan, joten jouduin tutkimaan molempien yritysten laskuja erikseen.

Mittauksiin kuluva ajan avulla laskin, paljonko maksaa oma mittatyö kuukaudessa. Oman työntekijän kustannuksena käytin 27 €/h. GNSS-mittalaitteen hintana käytin 17 000 € (ALV 0 %), josta yritykselle tulee maksettavaksi 21 080 € (ALV 24 %). Otin laskelmissa huomioon alueellisen verkko-RTK -korjauslisenssin hinnan. Laskin myös laitehuoltoihin kuluvat kustannukset perustuen arvioon, jossa laitetta huolletaan 5 tuntia vuodessa.

Suoritin kannattavuuslaskennan Excel-tilukkolaskentaohjelmistolla. Laskelman (liite 4) tulokset sain laskemalla omiin mittauksiin kuluvat kustannukset yhteen ja vertaamalla niitä mittauspäivien laskuihin. Laskin kuinka monta kuukautta kuluu siihen, että laitteen hankintahinta saadaan kuoletettua. Tähän kuluu 43 kuukautta, eli noin kolme ja puoli vuotta. Jos arvioidaan mittalaitteen käyttöiäksi kuusi vuotta, tulee voittoa noin 15 000 €. Kun kuuden vuoden aikana kertyvä voitto jaetaan kuuden vuoden aikana mittaustyöhön kuluvalle työmäärällä, saadaan omalla mittaustyöllä voittoa reilu 7 € jokaista suoritettua mittaustyötuntia kohti. Myöhemmin kannattavuutta voidaan edistää tarjoamalla palvelua myös ulospäin. Siihen mennessä yrityksellä on kuitenkin oltava riittävä ammattitaito, sillä vastuu mittauksista on aina niiden suorittajalla.

Lisäksi oman mittalaitteen hankinnasta saadaan hyötyjä mitä on vaikeaa arvioida rahassa. Yksi suurimmista hyödyistä saavutetaan, kun ei tarvitse odottaa milloin mittamies pääsee paikalle. Joskus mittauksen tarve on äkillinen ja työn jatkuminen voi riippua mittausten suorituksesta. Tilatessa maanmittauspalveluita, voivat maanmittausyritysten aikataulut olla täynnä jo useammalle päivälle. Kun laite on yrityksen omassa käytössä, työt eivät seisahdu työmaalla pitkäksi aikaa. Lisäksi tulevaisuudessa laitetta voidaan hyödyntää myös tilanteissa, joissa mittaukset eivät ole pakollisia työn suorituksen kannalta, mutta ne helpottavat sitä. Tällaisissa tilanteissa mittauspäivien ei ole ollut kannattavaa tilata ulkopuoliselta yritykseltä.

7 PÄÄTELMÄT

Yksi opinnäytetyön keskeinen tavoite oli tutustua satelliittimittauksen ja koneohjauksen erilaisiin sovelluksiin erityisesti maanrakentamisen kannalta. Aiheesta on julkaistu varsin runsaasti kirjallisuutta. Tekniikkana satelliittimittaus ja koneohjaus ovat nopeasti kehittyvää, joten aivan uusimmista menetelmistä ei vielä suomenkielistä kirjallisuutta juuri ole. Niistä tarvittava tieto oli hankittava internetistä tai suoraan asiasta tietäviltä henkilöiltä suullisesti. Huomasin, että usein internetistä saatava tietokaan ei ollut aivan ajan tasalla tai se oli erittäin vaikeasti löydettävissä. Esimerkiksi laitemalleja vertaillen uusimpia malleja ei välttämättä esitelty yrityksen suomenkielisillä internet-sivuilla, vaikka malli oli jo myynnissä. Kannattaa siis jo hankintojen alkuvaiheessa olla aktiivisesti yhteydessä yrityksen henkilökunnan kanssa. He tietävät minkälainen laite soveltuu parhaiten kyseiseen tarpeeseen.

Opinnäytetyön aikana tutustuin aiheeseen myös käymällä Kuopiossa järjestetyillä maanmittauspäivillä sekä keskustelemalla alalla työskentelevien ihmisten kanssa. Heiltä sain hyvää tietoa, sillä he ovat jo ennestään tutustuneet aiheeseen ja heillä on käytännön kokemusta eri menetelmistä ja laitteiden toimivuudesta.

Tarkastelemalla viiden viimeisimmän vuoden aikana työn tilaajan maksamia mittauspalvelulaskuja, on selvää että oman GNSS-mittalaitteen hankinta tulee kannattavaksi. Noin kolmessa ja puolessa vuodessa mittalaitteen hankintahinta saadaan takaisin vähentyneiden mittauspalveluiden seurauksena. Puhtaan voiton lisäksi hankinnalla saavutetaan etuja joita on vaikea rahallisesti mitata. Mittamiehen odottelu työmaalla vähenee ja laitetta voidaan hyödyntää myös muissa kuin pakollista mittausta vaativissa tehtävissä.

LÄHTEET

Airos, E., Korhonen, R. & Pulkkinen, T. 2007. Satelliittipaikannusjärjestelmät [verkkajulkaisu]. Puolustusvoimat. Saatavissa:
<http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/658d1080428c8d79900bd2e60feb2862/PVTTJulkaisu12.pdf?MOD=AJPERES>

Geotrimin www-sivut [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:
<http://www.geotrim.fi/vrsnet/>

GPSNet-www-sivut [viitattu 18.2.2013].
<http://www.gpsnet.fi/>

Heikkilä, R. & Jaakkola, M. 2004. Johdatus tienrakentamisen automaatioon. Tiehallinnon selvityksiä 61/2004 [verkkajulkaisu]. Tiehallinto. Helsinki 2005 [viitattu 27.2.2013]. Saatavissa:
<http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200915-vjohdatustienrakautom.pdf>

Häkli, P. 2004. Virtuaalista GPS-mittausta ilman tukiasemia [verkkajulkaisu]. Maankäyttö 4/2004 [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:
http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk404/mk404_74_hakli.pdf

Häkli, P. & Koivula, H. 2005. Reaaliaikaisen GPS-mittauksen laatu [verkkajulkaisu]. Maanmittaus 80:1-2. [viitattu 13.2.2013]. Saatavissa:
http://mts.fgi.fi/maanmittaus/numerot/2005/2005_12_hakli_koivula.pdf

Jaakkola, M. Työkoneautomaatio hyötykäyttöön –haaste työnjohdolle [verkkajulkaisu]. Tierakennusmestari 4/2010 [viitattu 12.3.2013]. Saatavissa:
<http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/Jaakkola.pdf>

Kauppinen, J. 2010. Kustannustehokas suuntima-anturi kaivinkoneen työnohjaukseen [verkkajulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, sähkötekniikan koulutusohjelma, elektroniikan laitesuunnittelu. Diplomityö. [viitattu 12.3.2013]. Saatavissa:
<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6650/kauppinen.pdf?sequence=3>

Kilpeläinen, P., Nevala, K., Tukeva, P., Rannanjärvi, R., Näyhä, T & Parkkila, T. 2004. Älykäs tietyömaa -Tienrakennuskoneiden modulaarinen ohjaus [verkkajulkaisu]. VTT Elektroniikka [viitattu 27.2.2013]. Saatavissa:
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2255.pdf>

Kekäläinen, Keijo, Novatron Oy:n myynti, markkinointi ja asennus. Kuopio. Suullinen tiedonanto 28.2.2013.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Jyväskylä: Kopijyvä Oy.

Leican SmartNet –esite [verkkajulkaisu]. [viitattu 22.2.2013]. Saatavissa:
http://www.leica-geosystems.fi/images/new/common/fi_SmartNet_Bro.pdf

Maanrakennus Leskinen Oy:n www-sivut [viitattu 19.2.2013]. Saatavissa:
<http://www.maanrakennusleskinen.fi/historia.htm>

Nieminen, J-M. 2010. Koneohjaus maanrakennustyössä [verkkajulkaisu]. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma, maa- ja kalliorakentaminen. Opinnäytetyö. [viitattu 12.3.2013]. Saatavissa:
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27378/Nieminen_Juha-Matti.pdf?sequence=1

Niippa, Ari, Novatron Oy:n myynti ja markkinointi. Suullinen tiedonanto 28.2.2013.

Novatronin www-sivut [viitattu 12.3.2013]. Saatavissa:
<http://www.novatron.fi/fi/easydig1.html>

Novatronin www-sivut [viitattu 12.3.2013]. Saatavissa:
<http://www.novatron.fi/fi/easydig4.html>

Smartnet-eu –internet sivusto [viitattu 22.2.2013].
fi.smartnet-eu.com

Smartnet-eu –internet sivusto [viitattu 22.2.2013]. Saatavissa:
http://fi.smartnet-eu.com/verkko-rtk-menetelmien-arviointi_228.htm

Smartnet-eu –internet sivusto [viitattu 26.2.2013]. Saatavissa:
http://fi.smartnet-eu.com/i-max-ja-virtuaalinen-tukiasema_232.htm

Tähdet ja Avaruus -www-sivu [viitattu 6.2.2013].
<http://www.avaruus.fi>

Taloussanomien www-sivut [viitattu 19.2.2013]. Saatavissa:

<http://yritys.taloussanomat.fi/y/maanrakennus-leskinen-oy/kuopio/0171001-2/>, luettu
19.2.2013

Tötterström, S., 2010. Katsaus VRS-tekniikan nykytilaan ja tulevaisuuteen [verkojulkaisu]. Maankäyttö 3/2010 [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:

http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk310/mk310_1391_totterstrom.pdf

LIITE 1

TARJOUSPYYNTÖ GNSS-MITTALAITTEISTA 1



MAANRAKENNUS LESKINEN OY

Liipasintie 7
70460 KUOPIO
Puh. 017-261 7834
Fax 017-261 7631

TARJOUSPYYNTÖ

Päiväys: 4.3.2013
Y-tunnus: 0171001-2

Leica Geosystems Oy
Mika Ikonen
Sinikalliontie 3 A
02631 ESPOO

Viitaten puhelinkeskusteluun 1.3.2013 Mika Ikosen kanssa.

GNSS-mittalaitteet, tietokoneohjelmistot sekä tukiasemaverkko -palvelut

Pyydämme tarjoustanne GNSS-mittalaitteista, niiden kanssa yhteensopivista tietokoneohjelmistoista sekä SmartNet - tukiasemaverkon korjauspalveluista.

Mittalaitteista kiinnostaa erityisesti Leica Viva -sarjan GS08plus -malli, mutta otamme mielellämme tarjouksia myös muista Viva GNSS -sarjan tuotteista.

Tietokoneohjelmiston tulee olla mittalaitteen kanssa yhteensopiva. Ominaisuuksina tulisi perinteisen maastoon merkinnän lisäksi olla pinta-alojen ja tilavuuksien laskentamahdollisuudet.

SmartNet -tukiasemaverkon korjauspalveluissa kiinnostavat erityisesti alueellisesti rajatut eri mittaiset lisenssivaihtoehdot.

Ystävällisin terveisin, Maanrakennus Leskinen Oy Josi Kokkonen
gsm. 050-548 5117
josi.kokkonen@gmail.com

TARJOUSPYYNTÖ GNSS-MITTALAITTEISTA 2



**MAANRAKENNUS
LESKINEN OY**

Liipasintie 7
70460 KUOPIO
Puh. 017-261 7834
Fax 017-261 7631

TARJOUSPYYNTÖ

Päiväys: 4.3.2013
Y-tunnus: 0171001-2

Geotrim Oy
Kari Tenhunen
Perintötie 2c
01510 VANTAA

Viitaten tapaamiseen 14.2.2013 Kari Tenhusen kanssa.

GNSS-mittalaitteet ja tietokoneohjelmistot

Pyydämme tarjoustanne GNSS-mittalaitteista sekä niiden kanssa yhteensopivista tietokoneohjelmistoista.

GNSS-mittalaite hankitaan maanrakennuskäyttöön. RTK-mittausten korjaukseen tulemme käyttämään kiinteää tukiasemaa tai tukiasemaverkkoa. Työtehtävät ovat suurimmaksi osaksi maastoon merkintää sekä pinta-ala- ja tilavuusmittauksia. Yleisimpiä mitattavia kohteita ovat esim. anturoiden, putkilinjojen sekä kaivojen paikat ja korot, leikkauksien ja louhittavien alueiden tasot, rajat sekä tilavuudet.

Tietokoneohjelmiston tulee olla mittalaitteen kanssa yhteensopiva. Ominaisuuksina perinteisen maastoon merkinnän lisäksi tarvitaan pinta-alojen ja tilavuuksien laskentamahdollisuudet.

Ystävällisin terveisin,
Maanrakennus Leskinen Oy
Josi Kokkonen
gsm. 050-548 5117
josi.kokkonen@gmail.com

TARJOUSPYYNTÖ KONEOHJAUSJÄRJESTELMISTÄ



**MAANRAKENNUS
LESKINEN OY**

Liipasintie 7
70460 KUOPIO
Puh. 017-261 7834
Fax 017-261 7631

TARJOUSPYYNTÖ

Päiväys: 4.3.2013
Y-tunnus: 0171001-2

Scanlaser
Mikko Salonen
Sinikalliontie 3 A
02631 ESPOO

Viitaten puhelinkeskusteluun 15.3.2013 Mikko Salosen kanssa.

Koneohjausjärjestelmät

Pyydämme tarjoustanne koneohjausjärjestelmistä kaivukoneeseen.

Tausta

Maanrakennus Leskinen Oy on Kuopiossa ja sen lähialueilla toimiva maanrakennusyriitys. Yritys työllistää noin 16 ihmistä ja liikevaihto on ollut keskimäärin noin 1,7 miljoonaa euroa vuodessa. Toimialoina ovat erilaiset maanrakennustyöt kuten pohja- ja kadunrakentaminen sekä perustus- ja kunnallistekniset työt. Yrityksessä ei ole ennestään minkäänlaista koneohjausjärjestelmää käytössä.

Tarjottavat tuotteet

Koneohjausjärjestelmistä kiinnostavat erityisesti 2D-järjestelmät sekä 3D-järjestelmät 2D-käytössä. Pyydämme myös GNSS-vuokratarjousta mahdollista myöhempää 3D-käyttöä varten.

Ystävällisin terveisin,
Maanrakennus Leskinen Oy
Josi Kokkonen
gsm. 050-548 5117
josi.kokkonen@gmail.com

LIITE 4

KANNATTAVUUSLASKELMA GNSS-MITTALAITTEESTA

Mittauspalvelut yritys A

Laskut ajalta 1.1.2008-31.12.2012 yht. 25718,95 € (sis.ALV)

Tuntilaskutushinta 45 €/h (ALV 0 %)

Tuntilaskutushinta 55,13 €/h (ALV 22,5 %)

Mittaustyöhön kulunut aika

25718,95 €/5v

55,13 €/h

466,51 h/5 v.

Mittauspalvelut yritys B

Laskut ajalta 1.1.2008-31.12.2012 yht. 60360,12 € (sis.ALV)

Tuntilaskutushinta 40 €/h (ALV 0 %)

Tuntilaskutushinta 49 €/h (ALV 22,5 %)

Mittaustyöhön kulunut aika

60360,12 €/5v

49 €/h

1231,84 h/5 v.

Mittaustyöhön kulunut aika yht.

466,51 h + 1231,84 h

1698,35 h/5 v.

339,67 h/1 v.

28,31 h/kk

Laskut ajalta 1.1.2008-31.12.2012 yht.

25718,95 € + 60360,12 €

86079,07 €/5 v.

17215,81 €/1 v.

1434,65 €/kk

GNSS-mittalaitteen hinta (ALV 0 %)

17000 €

GNSS-mittalaitteen hinta (ALV 24 %)

21080 €

Oma mittatyö maksaa

28,31 h/kk * 27 €/h

764,26 €/kk

RTK-korjauslisenssi (alueellinen) maksaa

1640 €/v

136,67 €/kk

Huollot (5 h/v.) maksaa

5 h * 90 €/h

450 €/v

37,5 €/kk

Laitteen hankintahinta kuoletuu

	Aika (kk)	Aika (v)	Kustannukset (€)
Oma laite			61432,49
Mittauspalvelut	43	3,58	61689,95

6 vuodessa voittoa kertyy

	Aika (kk)	Aika (v)	Kustannukset (€)	Voitto (€/6v.)
Oma laite			88646,96	14647,84
Mittauspalvelut	72	6	103294,8	

6 vuoden aikana yhtä mittaustyötuntia kohti voittoa kertyy

14647,84 €/6v

2038,02 h/6v

7,19 €/h