

KORKEUSMALLIN TEKO TALVELLA

Halmela Antti

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Antti Halmela	Vuosi	2018
Ohjaaja(t)	Timo Karppinen		
Työn nimi	Korkeusmallin teko talvella		
Sivu- ja liitesivumäärä	24		

Tarkoituksena oli tutustua korkeusmallin tekoon talvella ottaen selkoa virheestä, jonka lumi ja jää maanpinnan päällä aiheuttaa.

Menetelmänä oli VRS-GNNS-mittaus ja sillä saadun korkeustiedon vertaaminen toiseen korkeusaineistoon. Vertailuaineistoksi valikoitui Maanmittauslaitoksen vapaan aineiston ilmalaserkeilattu pistepilvi. Vertailu tehtiin 3D-Win-ohjelman kahden kolmioverkoksi muunnetun pisteryhmän vertailutoiminnon graafisella kuvaajalla.

Tuloksena oli kohtuullinen verrattavuus kahden aineiston kesken ja päätelmänä, että talvella pystyy mittaamaan korkeuspisteitä, jos oli valmis hyväksymään pienen epätarkkuuden.

Avainsanat

korkeusmalli, ilmalaserkeilaus, VRS-GNSS, lumi, talvi

Technology, Communication and Transport
Degree Program in Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Antti Halmela	Year	2018
Supervisor	Timo Karppinen		
Subject of thesis	Creating a Digital Elevation Model (DEM) in Winter		
Number of pages	24		

The objective of this thesis was to study the creation of the Digital Elevation Model (DEM) in winter. The subject is rarely mentioned in the literature of surveying, so it was a good subject for the thesis. The main variables to be taken in to account in measuring in winter are snow and ice.

The method was a comparison on two materials produced with two ways of measuring height. They were a satellite navigation system used to determinate location in winter and the airborne laser scanning data of the National Land Survey of Finland collected during a period with no snow. Both the materials were made into a Triangulated Irregular Network (TIN) and the actual comparison was made with a computer graph in which the colours indicate the differences in height.

The result of the comparison was a substantial correlation in the two materials, thus it seems that Digital Elevation Models can also be made in winter taking into account the obvious deviation caused by snow and ice.

Key words

DEM, Airborne laserscanning, vrs-GNSS, snow, winter

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KORKEUSMALLI	8
2.1	Korkeusmalli käsitteenä	8
2.2	MML:n KM2 korkeusmalli	8
2.3	Korkeusmallin tiedonhankitavat	9
2.4	MML:n laserkeilausaineiston hyödyntäminen	9
3	SATELLIITTIPAIKANNUS	10
3.1	Absoluuttinen paikannus	10
3.2	Differentiaalinen paikannus	10
3.3	Suhteellinen paikannus	10
3.4	Tukiasema satelliittimittauksessa	11
3.5	Tukiasemaverkot	11
3.6	GNSS Suomessa	12
4	LASERKEILAUS LENTOKONEESTA	13
4.1	IMU	13
4.2	GNSS-lentolaserkeilauksessa	13
4.3	Pulssilaserkeilain	13
4.4	Tietojen yhdistäminen	14
5	AINEISTON HANKINTA JA KÄSITTELY	15
5.1	GNSS-mittaukset	15
5.2	Mitatun aineiston peruskäsittely	15
5.3	Aineiston luokittelu	15
5.4	Aineistojen vertailua	17
5.5	Toimintatapojeni vertaaminen Liikenneviraston ohjeisiin 18/2017	20
6	POHDINTAA	22
	LÄHTEET	23

ALKUSANAT

Kiitoksia ihan kaikille. Erityisesti sinulle, joka luet tätä.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

bace	RTK-mittauksen paikallaan oleva satelliittipaikannin
BeiDou	Kiinan satelliittipaikannusjärjestelmä
Galileo	EU:n satelliittipaikannusjärjestelmä
GLONASS	Venäjän satelliittipaikannusjärjestelmä
GNSS	Yleisnimitys satelliittipaikannusjärjestelmille
GPS	Yhdysvaltojen satelliittipaikannusjärjestelmä
IMU	Inertiamittausyksikkö
INS	Inertiamittausjärjestelmä
KM10	MML:n korkeusmalli 10 m:n hilamuodossa
KM2	MML:n korkeusmalli 2 m:n hilamuodossa
MML	Maanmittauslaitos
rover	RTK-mittauksen liikkuva satelliittipaikannin
TIN	Epäsäännöllinen kolmioverkko
UAV	Miehittämätön ilma-alus
VDOP	Suhteellisen satelliittipaikannuksen korkeustarkkuus

1 JOHDANTO

Valitsin tämän aiheen, koska halusin itse mitata, työstää aineistoa ja tehdä kuvia. Minulla on myös suunnitelmissa työllistyä käytännön töihin ja koen tämänlaisen tekemisen mielekkäänä. Tarkoituksena on tutkia lumen ja jään vaikutusta maanpinnan korkeuden mittaamiseen. Ilman, että kaivan maanpinnan esiin. Tämä tapahtuu vertaamalla kahta pisteaineistoa, joista toinen on minun mittamaani. Verrokkiaineisto on MML:n vapaa aineisto.

Ensiksi minun on esitettävä kahden mittaustavan: GNSS-mittauksen ja ilmalaserkeilauksen teoriaa. Myös korkeusmallin käsitettä on avattava.

Rajasin korkeusmallin käsittelyn merkitsemään suppeasti vain sitä, mitä tässä minulla oli alkuperäisenä ideana eli korkeusmalli piha- ja hulevesisuunnittelun apuna. Kyse ei siis ole varsinaisesta infrahankkeesta, jossa pitäisi noudattaa erityisen tarkkaa muotoa tai järjestystä. Korkeusmalli on aiheena hyvinkin laaja ja maailmalla käytettävän termistön kautta hyvinkin moniselitteinen. Myös fysiikka ja muu syvempi teoria, joka mahdollistaa eri mittaustavat, jäävät minulta täysin käsittelemättä.

2 KORKEUSMALLI

2.1 Korkeusmalli käsitteenä

Korkeusmalli DEM Digital Elevation Model on yläkäsite maanpinnan muotojen numeeriselle esitykselle, joka käsittää sekä maanpinnan pisteiden korkeuden DTM Digital Terrain Model että pintamallin DSM Digital Surface Model, joka on jalostamaton keilausaineisto, josta näkyy korkein kohta. (Oksanen, Korkeusmallit).

Suomessa DEM tarkoittaa korkeuden esitystapaa hiloina, joista esimerkkinä MML:n vapaan aineiston KM2 ja KM10 eli 2m ja 10m hilat tai muodossa TIN Triangulated Irregular Network eli epäsäännöllisenä kolmioverkkona. (Oksanen, Korkeusmallit.)

Suomen termi maastomalli voi tarkoittaa kaikkea mahdollista informaatiota mitä pelkän maanpinnan koron lisäksi voidaan aineistoon lisätä. Maastomalli kääntyy englanniksi käsitteeksi DTM Digital Terrain Model (Oksanen, Digital Elevation Model), joka toisinaan tarkoittaa ainoastaan pelkkää maanpinnan korkeustietoa. Termien merkitykset vaihtelevat maittain. (GISgeography 2018; Oksanen, Digital Elevation Model; Oksanen, Korkeusmallit.)

2.2 MML:n KM2 korkeusmalli

EU:n INSPIRE-direktiivi on käynnistänyt monenlaista hanketta, joiden tarkoituksena on tarkentaa ja yhdenmukaistaa paikkatietoa. Korkeusmallin suhteen tätä tulkittiin niin, että MML:n KM10 on riittämätön. Asiaa pohdittiin pitkään ja keilausteknologian kehityttyä ratkaisuksi keksittiin uusi korkeusmalli KM2, jota varten pitää laserkeilata koko Suomi vastaamaan vuonna 2007 EU:lta voimaan tullutta tulvadirektiiviä. Geodeettinen laitos suoritti yhdessä Ilmakuvakeskuksen kanssa testimittauksia vuosina 2006-2007, joilla päästiin haluttuun tarkkuuteen: Laserkeilauksena syntyvän pistepilven tarkkuuden on oltava 0,15 m korkeudessa ja

0,6m sijainnissa. Valtakunnallinen keilaus saatiin alkuun yhtenä maailman ensimmäisistä vuonna 2008. (Försti 2013, 26–27; Maanmittauslaitos, f; Lehtonen 2013; Maanmittauslaitos, d.)

Korkeusmalli tulee 2 x 2m:n ruutukokoon ja mitattaessa pistetiheyden on oltava vähintään 0,5 pistettä neliömetrille. Sitä tehdään kahdessa laatuluokassa: I-luokan korkeustarkkuus on 0,3m ja II-luokan 0,3-1m. II-luokka korvautuu ajan kanssa vastaamaan laatuluokka I:n vaatimuksia. (Maanmittauslaitos, e; Maanmittauslaitos, d.)

2.3 Korkeusmallin tiedonhankitavat

Korkeusmallin mittausaineistoa voi hankkia mittaamalla takymetrillä, GNSS-laitteella, maalaserkeilaimella tai ilmalaserkeilaimella. Keilausta voi tehdä myös liikkuvan autosta ja ilmalaserkeilausta voi tehdä tilanteen mukaan myös UAV-lennokeilla. (Maanmittauslaitos, b.)

2.4 MML:n laserkeilausaineiston hyödyntäminen

Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston vapauduttua 2012 sitä ja korkeusmallia on voinut hyödyntää laajasti kuten: karttojen parantamiseen, ortoilmakuvien oikaisuun, kolmiulotteisiin malleihin, vesienhoidon suunnitteluun, kaikenlaisiin infrahankkeisiin ja niiden suunnitteluun teistä patoihin ja telekommunikaatioverkkojen suunnitteluun, kaivos-, metsä- ja maatalouden hankkeisiin, massalaskentoihin ja tulvakarttojen piirtämiseen. Siitä on ollut apua myös arkeologiassa, geologiassa ja metsäinvestoinneissa. Suorien käytännön sovellusten lisäksi aineistoa voi käyttää myös monen tieteenalan tarkoituksiin tutkittaessa muutosta ja tehtäessä ennusteita. (Oksanen, Korkeusmallit; Lehtonen 2013.)

3 SATELLIITTIPAIKANNUS

3.1 Absoluuttinen paikannus

Satelliittipaikannus perustuu matkan mittaamiseen satelliittien tunnetusta sijainnista mittalaitteeseen. Tämä saadaan, kun tunnetaan valonnopeus ja matkaan käytetty aika. Sijainnin laskemiseen tarvitaan yhteys neljään satelliittiin. Kolme riittäisi paikan laskemiseen mutta neljännen avulla määritetään mittajaan laitteen kellovirhe. Mittalaitteissa, kun on kvartsikello, joka ei ole yhtä tarkka kuin satelliittien atomikellot, joiden käyntivirhettä tarkkaillaan jatkuvasti. Koko menetelmä siis perustuu aikaan ja olettamukseen siitä, että vastaanotin ja satelliitti käyvät samaa aikaa. Tämä yksinkertaisin menetelmä on nimeltään absoluuttinen mittaus. (Laurila 2012, 295–299.)

3.2 Differentiaalinen paikannus

Differentiaalinen paikanlaskenta on seuraavaksi tarkin menetelmä. Siinä verrataan mittauslaitteen laskemia koordinaatteja kiinteän tukiaseman laskemiin. Tämän tukiaseman tarkka sijainti tunnetaan ja samalla se laskee sijaintiaan satelliiteista, näin tukeasema määrittelee, kuinka suuri paikannusvirhe tietyllä alueella on satelliiteista mitatessa ja se antaa käyttäjän mittalaitteelle puhelimitse tai radiolla sijainnin korjauksen suuruuden eli differentiaalikorjauksen. Tätä menetelmää käytetään mm. merenkulussa ja Suomessa Merenkulkulaitoksen DGNS-palvelun ilmaista korjaussignaalia lähettäviä tukiasemia löytyy Suomen rannikolta 9. Maanmittauslaitoksen pitkin maata sijoitettuja FinnRef-referenssiasemia on 20 ja niiden DGNS-tieto on ilmaista. (Liikennevirasto, Radionavigaatiopalvelut; Maanmittauslaitos, c; Laurila 2012, 299–301.)

3.3 Suhteellinen paikannus

Suhteellinen relatiivinen mittaus on reaaliaikaisista mittauksista tarkin. Sijainti saadaan laskettaessa satelliiteista tulevan signaalin kantoaallon aallonpituuksien ja vaihe-eron määrää. Myöskin verrattaessa toiseen itsensä sijainnin myöskin kantoaallolla määrittelevään vastaanottimeen, jonka sijainti on määritelty tarkasti.

Tästä vertaamisesta tulee sana suhteellinen, suhteelliseen mittaukseen. (Laurila 2012, 301–304.)

3.4 Tukiasema satelliittimittauksessa

Suhteellisessa paikanmäärityksessä käytettävä kiinteä tai pystytettävä tukiasema on nimeltään base ja liikkuva mittalaite rover. Ne kommunikoivat radiolla tai matkapuhelinliittymällä. RTK-mittauksessa base pystytetään tunnetulle pisteelle. Tätä on hyvä hyödyntää koneohjaustyömailla, jolloin päästään tarkkaan tulokseen ja työmaan vaihtuessa pystytetään vain base uuteen paikkaan. Tällainen käytäntö oli Oulun kaupungilla, kun olin siellä kesätöissä 2016.

3.5 Tukiasemaverkot

RTK-tukiasemista voi muodostaa verkon, jolloin päästään tekemään perusmittauksia vapaasti laajallakin alueella, tällöin rover voi olla kauempana lähimmästä basesta. (Laurila 2012, 319.) Leica Geosystems Oy tarjoaa tällaista HXGN SMartNet -palvelua. (Leica Geosystems Oy, SmartNet).

Toinen järjestelmä, jossa ei tarvita käyttäjän omaa kiinteää tukiasemaa on VRS Virtual Reference Station System. VRS-mittauksessa tukiasema lasketaan virtuaalisesti mittalaitteen lähelle. Laskennassa käytetään hyväksi korjauspalvelun tarjoajan tukiasemaverkkoa. (Laurila 2012, 321.) Tällainen palvelu on tarjolla Trimblen mittalaitteille. Sekä VRS- että RTK-menetelmillä päästään senttiluokan tarkuuksiin. (HxGN SmartNet; Tekninenkauppa.fi.)

Verkkopalvelujen tarjoajia ovat Geotrim Oy, joka tarjoaa VRS-verkon yli 100:lla tukiaseman avulla. Leica Geosystems Oy:n yli sadan tukiaseman RTK-verkko ja MML:lla on 20 tukiasemaa ja sen palvelu on ilmainen. Verkot lähettävät myös DGNS-korjaustietoa asiakkaiden tarpeisiin. (Maanmittauslaitos, a; Geotrim Oy; Käsänen & Laaksonen 2016.)

3.6 GNSS Suomessa

GNSS eli Global Navigation Satellite System tarkoittaa useamman navigointisatelliittijärjestelmien hyödyntämisestä. Suomessa suotuisia järjestelmiä on USA:n GPS eli Global Positioning System, Venäjän GLONASS eli Globalnaja navigatsionnaja sputnikovaja sistemasta ja Euroopan Galileo. Kiinallakin on järjestelmänsä: Beidou, jonka satelliitit ovat etupäässä oman maansa yläpuolella.

Näistä GPS on ainoana valmis eli se kattaa koko maailman, GLONASS-järjestelmältä puuttuu vielä pari satelliittia kasvaakseen suunniteltuun laajuuteensa vuonna 2020. Euroopan Galileo on ollut jotenkin hyödynnettävissä vuodesta 2016 asti ja on täysin valmis vuonna 2020. Galileo on tarkempi, kuin GPS ja GLONASS. Tämän pitäisi näkyä mitattaessa etenkin korkeiden rakennusten lähellä. Kunnianhimoisena hankkeena sen täysi käyttöönotto on myöhästynyt monta kertaa. Myös BeiDou on valmis globaali järjestelmä myöskin vuonna 2020. (Tekniikan maailma; Tekniikka ja talous; Totalvene.fi 2017.)

4 LASERKEILAUUS LENTOKONEESTA

4.1 IMU

IMU Inertial Measurement Unit eli inertiaalimittausyksikköä hyödynnetään mittaamalla muutokset alkutilanteeseen, jossa tunnetaan alkusijainti, alkunopeus ja kulkuuunta. IMU koostuu kolmesta toisiinsa nähden kohtisuoraan asetetusta kiihtyvyyssanturista ja gyroskoopista. INS Inertial Navigation System eli Inertiaalinavigointijärjestelmä sisältää myös prosessorin, joka laskee sijainnin IMU:tiedoista. (Leppänen 2014.)

Sijainnin laskemiseen tarvitaan myös GNSS-tietoa sillä IMU jumittuu, jos se ei saa vähään aikaan kiihtyvyyksiä ja IMUn toimintaperiaatteen takia virhe kulminoituu. (Vosselman & Maas 2010, 25.)

4.2 GNSS-lentolaserkeilauksessa

GNSS-laitteen sijainti määritellään vasta jälkilaskentana. Jälkeenpäin saadaan tarkat tiedot satelliittien senhetkisestä sijainnista ja niiden kellovirheistä ja niitä verrataan kiinteiden tukiasemien mittaushetkellä laskettuihin sijainteihin (Käsnänen & Laaksonen 2016). Professori Juha Hyyppä kertoo, että keilaimen hetkellinen sijainti määritellään ”kananmunan kokoiselle alueelle”. (Lehtonen 2013).

GNSS-mittauksia on pari sekunnissa varmistamassa sijaintia ja lentoradan tasaisuutta. (Försti 2013, 20.)

4.3 Pulssilaserkeilain

Ilmalaserkeilauksessa käytetään pulssilaserkeilaimia, koska niillä voi mitata tarpeeksi kaukaa, kilometrien korkeudelta, järkevällä tarkkuudella. Ne ovat LiDAR Light Detecting and Ranging-laitteita eli suomeksi optisia tutkia. Tämä on aktiivinen metodi, jossa itse synnytetään mitattava pulssi (Kainulainen 2017, 12). Pulssi on niin voimakas, että osa siitä kulkee maanpintaan asti aluskasvillisuudesta huolimatta. (Puuntuottaja.com 2012). Pulssikeilaimessa on: laserin-lähde, valodiodi,

joka määrittää laser-pulssin lähtöhetken sekä toinen valodiodi, joka määrittää palaavan pulssin saapumisajan sekä paluukaikujen määrän. Näistä määritellään keilamen etäisyys heijastaneeseen pintaan. (Försti 2013 4, 8–11.)

4.4 Tietojen yhdistäminen

Ilmalaserkeilausaineisto määritellään jälkikäteen ottaen huomioon mittalaitteiden sijainnin toisiinsa nähden ja näiden samaan aikaan mitattujen tietojen yhdistäminen niin, että GNSS-tieto, inertiatieto ja keilausaineisto täydentävät toisiaan. (Försti 2013,18–20). Näiden kaikkien viimeaikainen kehitys on mahdollistanut pistepilven käsittelyn tehokkaasti ja pitkälti automaattisesti. (Lehtonen 2013.)

5 AINEISTON HANKINTA JA KÄSITTELY

5.1 GNSS-mittaukset

Suoritin mittaukset helmi- ja maaliskuussa 2018 kolmena eri päivänä. Mitattavien alueiden valinta tapahtui varsinaisesti vasta, kun olin käynnistänyt laitteen. Alueiksi valikoituivat aukeat paikat LapinAMK:n Rovaniemen Jokiväylän yksikön ympärillä, osan mittauksista tein myös viereisen Lapin Ammattiopiston parkkipaikoilla. Kahlasin myös satunnaisesti lumihangessa, jotta saisin mahdollisimman erilaista aineistoa.

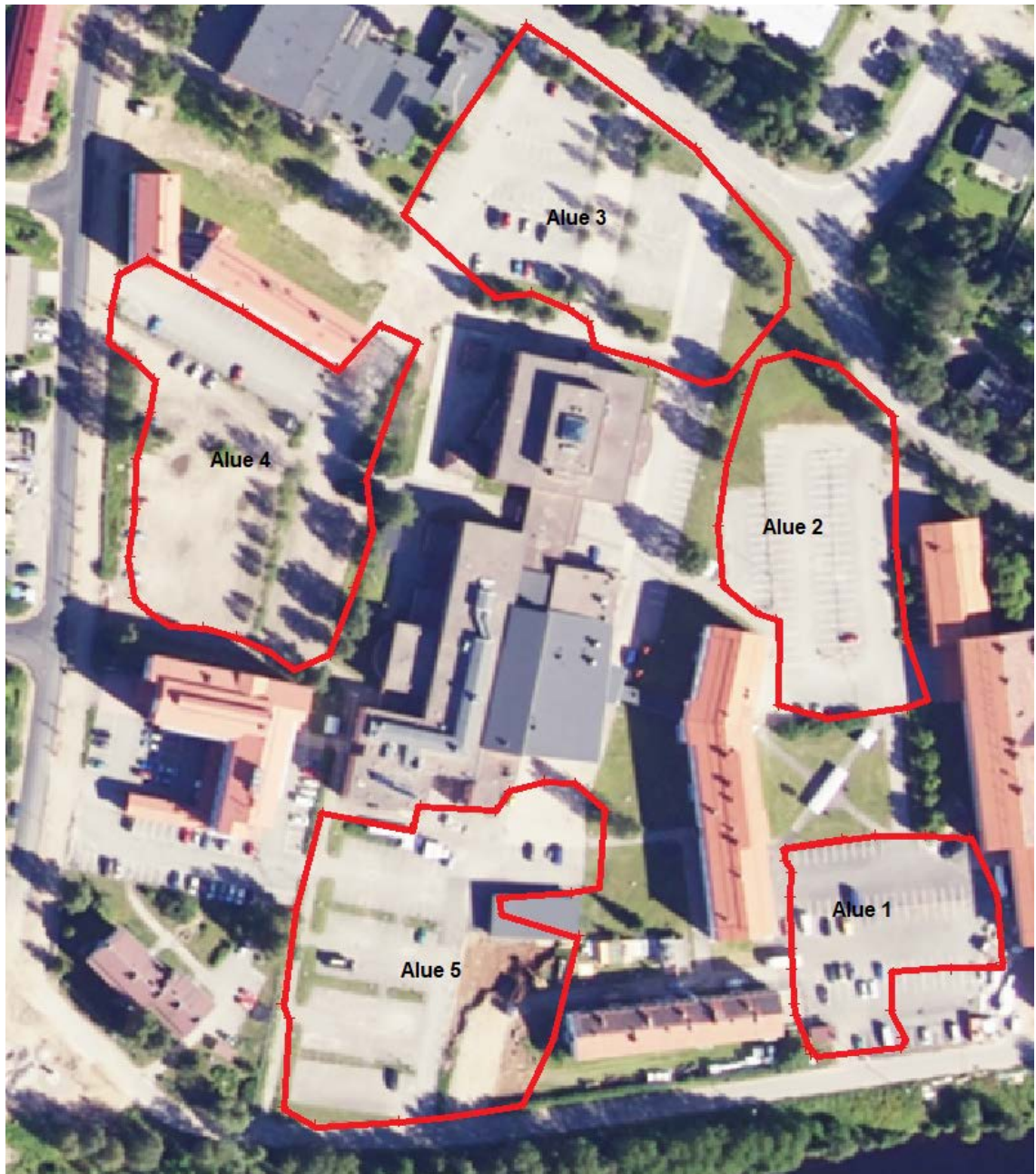
Mittalaitteena oli Trimblen R8 VRS-GNSS-laite, jonka käytössä ei ollut ongelmia: tuttua napin painamista ja kävelyä. Aineistoksi kertyikin n.1050 hajapistettä. Mittaustarkkuudessa on helppo pysyä, jos on mitaillut enemmänkin. Ainoa tarkistus olikin mitata mittanauhalla matka prisma-auvan päästä GNSS-vastaanottimen pohjaan. Sauva, kun ei ollut laitteen oma. Tallentimesta voi ladata mittausraporttiedoston, josta näkee mitä geoidimallia ja koordinaattijärjestelmää on käyttänyt ja näitä voi myöhemmin muokata vastaamaan muuta aineistoa.

5.2 Mitatun aineiston peruskäsittely

Kävin mitta-aineiston korkeustarkkuuden eli VDOP-lukemat läpi eri mittauspäivien mittausraporteista, merkitsin muistiin suurimmin poikkeavien pisteiden numerot. Myöhemmin poistin 3D-Win-aineistonkäsittelyohjelmalla pisteet, joiden tarkkuus oli 2,9 cm huonompi. Korkeustarkkuus oli hyvää, johtuen siitä, että yksittäistä mittausta tehdessä laitteen asetuksena oli tehdä useampi mittaus ja laskea niiden keskiarvo. Tästä johtuen useiden pisteiden korkeuden määrittämisen tarkkuus oli jopa 1,1 cm ja pisteitä, joiden tarkkuus oli huonompi, kuin 2,0 cm oli vain 61.

5.3 Aineiston luokittelu

Valitsin alueita, jotka olivat järkevän kokoisia, muotoisia ja joissa oli pisteitä tarvittavan tiheästi. Näistä syntyi viisi rajausta, joita käytin myöhemmin (Kuvio 1).



Kuvio 1. Tarkasteltavien alueiden määrittäminen ortoilmakuvasta

Olikin aika hankkia verrokkimateriaali, joksi valitsin MML:n avoimien aineistojen tiedostopalvelusta laserkeilausaineiston samalta Jokiväylän alueelta (Ladattu Maanmittauslaitoksen avoimista aineistoista 3/2018). Aineisto toimitettiin lazmuodossa, joka tarkoittaa pakattua las-muotoa. LAS on perinteinen laserkeilauksessa käytetty tallennusmuoto. Käytännön merkitystä tällä ei ole sillä 3D-Win avaa aineiston kyselemättä. Poimin pistepilvestä pisteet, jotka olivat luokiteltu maanpinnan pisteiksi.

Laserkeilausaineiston korkeustarkkuudeksi kerrottiin 0,15 m, lentokorkeuden ol-
tua 2200 m ja keilaimen oltua Leica ALS60. Itse keilaus oli tapahtunut 5/2011.

5.4 Aineistojen vertailua

Tässä voisi olla ihmeissään: Kuinka järkevää on verrata eri aineistoja, joiden tark-
kuudet ovat 15 cm ja 3 cm? Tässä pitääkin tietää, että hyvissä olosuhteissa as-
faltilta mitattaessa voidaan päästä 5 cm:n tarkkuuteen. Mitattaessa pehmeillä pin-
noilla tarkkuus on huonompaa. (Lehtonen 2013.) Käytännön syistä ei-asfalttipin-
noilla on talvisin myös paksumpi lumikerros, josta mitattaessa tulee vielä enem-
män poikkeamaa.

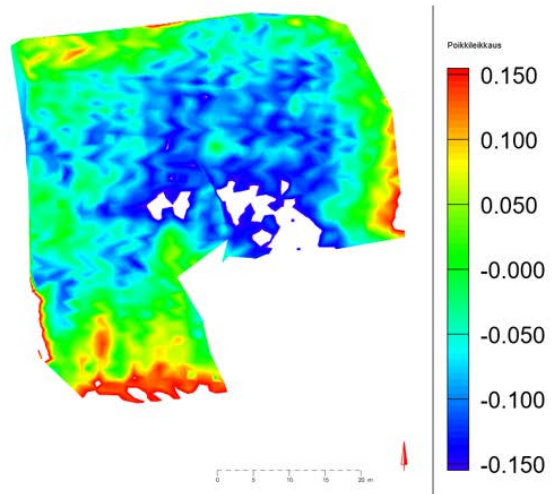
Itse vertaamisen tein 3D-Win-ohjelmalla. Sillä voi verrata kahdesta aineistosta
erikseen kolmioituja pistejoukkoja, kunhan antaa niille eri pintatunnuksen. Tulok-
sena on graafinen kuvaaja, josta näkee värikoodatun vertailukorkeuden. Tässä
verrataan GNSS-kartoituksia laserkeilausaineistoon. Valitsin vertailuvälin miinus
0,15 m:stä 0,15 m:iin. Jotta katsoja saisi tästä jonkinlaista informaatiota, niin ver-
tailukorkeuskuvaaja on laitettava rinnan ortoilmakuvan kanssa, jossa raja-
aus on näkyvässä.

Aineiston vertailu on järkevää vain asfaltin peittämällä alueella katsoen, kuinka
paljon aluetta on viiden sentin sisällä eli väreissä vihreää ja turkoosia. Pitää muis-
taa, että mittaus on tehty talvella, eikä mittaja ole kaivanut lunta tai jäätä pois
vaan ottanut mittauksen siitä mihin GNSS-sauva on asettunut, joten viiden sentin
sisällä olevaa aineistoa ei pitäisi olla paljoakaan.

Tyhjät alueet havainnekuvassa tarkoittavat aluetta, jossa poikkeama on yli 15 cm.
Ortoilmakuva on vuodelta 2016 ja se on ladattu Maanmittauslaitoksen avoimista
aineistoista 4/2018.



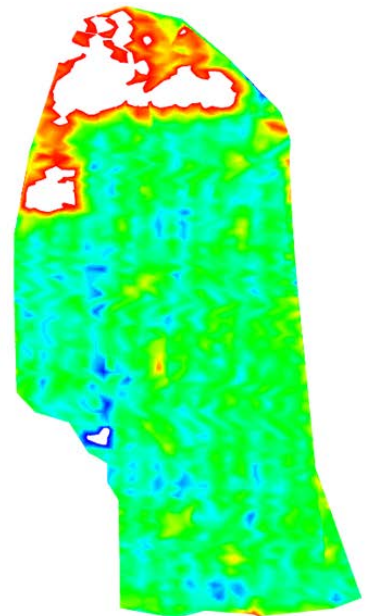
Kuvio 2. Alue 1



Alue 1:ssä (Kuvio 2) Maanpinta näkyisi muuttuneen vuoden 2011 jälkeen: kuvajassa on paljon sinistä, joka kertoo satelliittimitatun tason olevan syvemmillä kuin keilatun. Talvella mitattaessa pitäisi poikkeaman olla enemmän keltaista ja punaista. Vihreää on suhteellisen vähän.

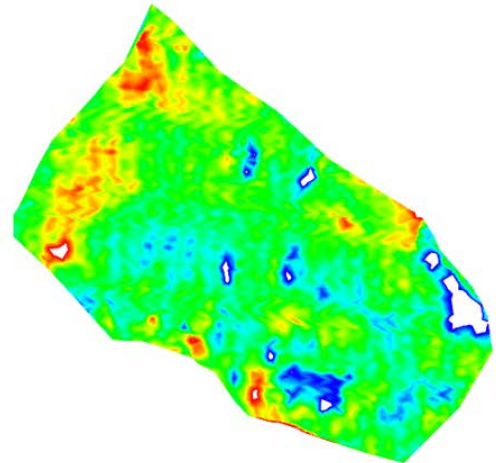


Kuvio 3. Alue 2



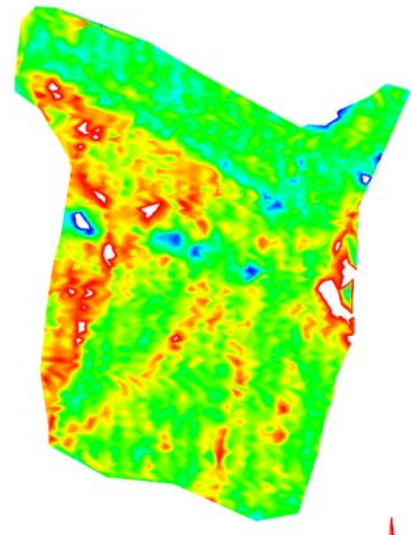
Silmämääräisesti Alueessa 2 (Kuvio 3) lähes kaikki asfaltti on vihreää eli aineistojen välinen vaihtelu on 5cm:n sisällä. Osaa pohjoisen nurmikkoa käytetään tal-

vella autojen parkkipaikkana ja mitattaessa siinä oli silmämääräisesti paksu kerros lunta, joka on piirtynyt punaisena ja aineistojen vaihtelun noustua yli 15 cm:iin on tuloksena valkoinen alue.



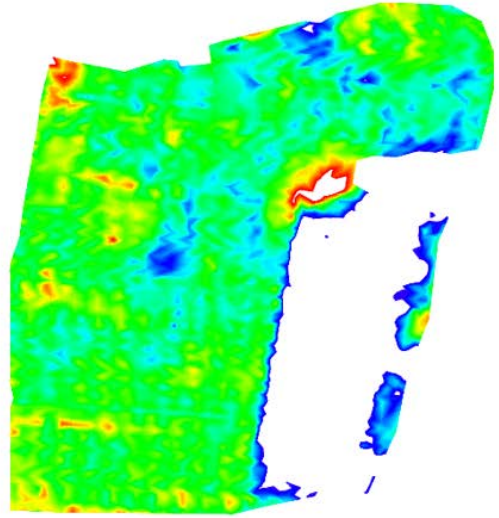
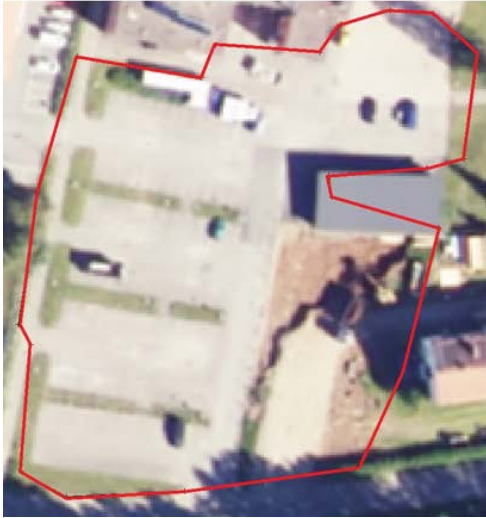
Kuvio 4. Alue 3

Alueessa 3 (Kuvio 4) huomattava alue on viiden sentin sisällä. Myös asfaltitulla alueella on päästy hyvään tarkkuuteen. Luoteessa näkyvässä keltaisessa ja punaisessa alueessa on mitattaessa ollut silmämääräisesti jonkin verran lunta.



Kuvio 5. Alue 4

Alueen 4 (Kuvio 5) pohjoisreunan asfaltti on piirtynyt hyvissä rajoissa. Asfaltittomat kohteet ovat tunnistettavissa mukaan lukien lämmitystolpparivistöt.



Kuvio 6. Alue 5

Alue 5:ssä (Kuvio 6) idässä on jäänyt suuri alue pois kuvaajasta. Tarkoittaen, että ilmalaserkeilattu aineisto on korkeampana kuin 15 cm verrattuna mittaamaani aineistoon. Varsinaiset asfaltoidut alueet näyttävät vastaavan toisiaan molemmissa aineistoissa. Asfaltittomat ja erityisesti lämmitystolpparivistöt piirtyvät hyvin.

5.5 Toimintatapojeni vertaaminen Liikenneviraston ohjeisiin 18/2017

Lopuksi vertaan toimintatapojani Liikenneviraston ohjeisiin. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeet. Projektini ei ollut varsinainen infrahanke, eikä sillä ole mitään tekemistä tie- tai ratahankkeiden kanssa mutta ohjeet ovat tuoreet ja niissä on hyviä suosituksia mittaamiseen ja aineiston käsittelyyn.

Ensimmäinen vaihe eli mittaussuunnitelma jäi kokonaan laatimatta, sillä projekti hahmottui sitä tehdessä. Ohjeen mukaan tasokoordinaattijärjestelmänä on käytettävä ETRS-GKnn-projektiota ja sen paikallista keskimeridiaania, joka Rovaniemellä on 26. Korkeusjärjestelmänä pitää olla N2000 ja geoidimallina FIN2005N00. Nämä ehdot toteutuivat GNSS-mittauksessa mutta käsitellessä vaihdoin koordinaatiston muotoon ETRS-TM35FIN, MML:n pistepilviaineiston koordinaatiston mukaan.

Maastomallin lähimpien pisteiden etäisyys ei saisi juurikaan ylittää 10m:ä vain 10 %:ssa poikkeus on sallittu ja mitaamani aineiston tarkastelussa tämä ehto toteutuu. (Liikennevirasto 2017, 20–21). Hajapisteiden maastokartoituksen saa tehdä aukioilla myös reaaliaikaisella GNSS-mittauksella, kunhan tarkkuus on välillä 3-5 cm ja tämä toteutui. (Liikennevirasto 2017, 23–24). Kohteesta toiseen siirtymisen tai tauon jälkeen GNSS-laite kuuluisi alustaa uudelleen ja ennen mittauksia avaruussää tulisi tarkastaa. (Liikennevirasto 2017, 25). Minun uudet alustukset tapahtuivat vain pakkasella tyhjenevien akkujen vaihdon ja ruokatauon yhteydessä ja avaruussääkin jäi tarkistamatta.

Aineiston kolmioinnissa ei saa jäädä reikiä käytettäessä 20 m:n sivua ja taiteuvoissa ei saa olla yli 10 m:n pisteväliä. (Liikennevirasto 2017, 29). Ei jäänyt reikiä, koska rajasin aineistosta pois alueet ja poistin aineistosta kolmiot, joiden sivut olivat liian pitkät. Tosin en osaa sanoa mitä maksimisivunpituutta olen käyttänyt kolmioidessani aineistoa.

6 POHDINTAA

Alkuperäisenä ideanani oli tutkia GNSS-mittaamalla talviolosuhteissa tehtävän korkeusmallin virhettä, joka syntyy mitattaessa lumen ja jään päältä todellisen maanpinnan sijaan. Sivutuotteena syntyi MML:n avoimien aineistojen pistepilven laaduntarkkailu. Käyttämäni kolmioverkkojen vertailumetodi sitoo nämä aineistot yhteen tavalla, josta on hyvin vaikea irrottaa toista toisesta.

Mukava oli yllätys siinä, että näitä aineistoja voi ylipäänsä verrata toisiinsa: MML:n pistepilvelle antama tarkkuus 15 cm tuntui vesittävän kaiken järkeväen vertailun. Kuitenkin kuvaajissa aineistot ovat hyvinkin lähellä toisiaan. Selitys tälle löytyi Maankäyttölehden 2/2013 artikkelista: ”Suomalainen laserkeilaus on maailman huippua”, jossa Olli Sirkiä kertoi asfaltilla päästyn parempaan tarkkuuteen. Ja tämä tarkkuus toteutui myös kuvaajissa.

Paikat, joissa olin kahlannut lumihangessa, näkyivät korkeampina, kuin pistepilven aineisto. Kun taas asfaltilta mitattu aineisto vastasi laserkeilattua aineistoa merkittävän hyvin. Arvoitukseksi jäi paikat, joissa satelliittimitatut pisteet olivat huomattavasti alempana, kuin laserkeilatut. Todennäköisesti niissä on tehty maa-rakennustöitä vuoden 2011 jälkeen.

Tästä kaikesta uskaltaisin päätellä, että korkeusmallin voi tehdä GNSS-mittauksella pienimuotoisen piha- tai hulevesisuunnittelun tarpeisiin myös talvella, kunhan varaa virhemarginaalin. Tietysti, jos on aikaa, voi kaivaa maanpinnan lumen alta esiin ja mitata siitä mutta se nyt ei ollut tämän työn lähtökohta.

LÄHTEET

Försti, I. 2013. Laserkeilausaineisto Maanmittauslaitoksen maasto- ja rajatiedon tuotannossa. Mikkelin ammattikorkeakoulu opinnäytetyö.

Geotrim Oy. Paikannus maataloudessa. Viitattu 22.3.2018 <http://www.geotrim.fi/gps-paikannus-maataloudessa>.

GISGeography. DEM, DSM & DTM Differences –A Look at Elevation Models in GIS Viitattu 4.4.2018 <https://gisgeography.com/dem-dsm-dtm-differences/>.

HxGN SmartNet. Verkko RTK Viitattu 4.4.2018 <https://hxgnsmartnet.com/fi-fi/services/verkko-rtk>.

Kainulainen, A. 2017. Autonomisen ajoneuvon tietokonenäkö ja tietoturvahyökäysiltä puolustautuminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö.

Käsnänen J & Laaksonen, T. 2016. Staattinen satelliittivertailu Trimnetin ja SmartNetin verkoissa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööriä.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Jyväskylä: Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Lehtonen, P. 2013. Suomalainen laserkeilaus on maailman huippua. Maankäytölehti 2/2013.

Leica Geosystems Oy. HxGN SmartNet satelliittipaikannuspalvelu. Viitattu 22.3.2018 <https://leica-geosystems.com/fi-fi/services-and-support/hxgn-smartnet-satellite-positioning-service>.

Leppänen, J. 2014. Laskelmasuunnistus älylaitteen sisätilapaikannuksessa. Helsingin yliopisto. Kandidaatintutkielma.

Liikennevirasto. Radionavigaatiopalvelut. Viitattu 22.3.2018 <https://www.liikennevirasto.fi/ammattimerenkulku/liikkuminen-vesivaylilla/radionavigaatiopalvelut#.WrO1Gj8pLIU>.

Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita 18/2017. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot Mittausohje.

Maanmittauslaitos a. FinnRef GNSS-asetat. Viitattu 22.3.2018 <http://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/tutkimustoiminta/muut-tutkimus-ja-mittausasetat/finnref-gnss-asetat>.

Maanmittauslaitos b. 3D-mallinnus ja virtuaalimaailmat Viitattu 4.4.2018
<http://www.maanmittauslaitos.fi/node/1854>.

Maanmittauslaitos c. DGNSS-palvelut. Viitattu 22.3.2018 <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/paikannuspalvelu/dgnss-palvelu>.

Maanmittauslaitos d. Kansallisen maastotietokannan laatumalli – korkeusmalli. Viitattu 4.4.2018 http://maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2017/05/KMTK_korkeusmallit_laatukasikirja_2017-01-02.pdf.

Maanmittauslaitos e. Korkeusmalli 2 m. Viitattu 22.3.2018 <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/korkeusmalli-2-m>.

Maanmittauslaitos f. INSPIRE-direktiivi. Viitattu 22.3.2018 <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/paikkatietojen-yhteiskaytto/inspire/kansallinen-aineistoluettelo>.

Puuntuottaja.com. Laserkeilausaineiston hyödyntäminen metsätaloudessa. Julkaistu 1.10.2012 <http://www.puuntuottaja.com/laserkeilausaineiston-hyodyntaminen-metsataloudessa/>.

Oksanen, J. Digital Elevation Model. Maanmittauslaitos 4.4.2018 <http://maanmittauslaitos.fi/en/research/interesting-topics/digital-elevation-model>.

Oksanen, J. Korkeusmallit. Maanmittauslaitos. Viitattu 22.3.2018
<http://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>.

Tekniikanmaailma. EU:n oma "GPS-järjestelmä" Galileo otettiin käyttöön – näkyy kaikissa uusissa autoissa jo 2018. Viitattu 22.3.2018 <https://tekniikanmaailma.fi/eun-oma-gps-jarjestelma-galileo-otettiin-kayttoon-nakyy-kaikissa-uusissa-autoissa-jo-2018/>.

Tekniikka&talous. Satelliittipaikannus ottaa loikan 2020-luvulla - Moni tekniikka tarvitsee paikannussatelliitin tarkkaa aikaa. Viitattu 22.3.2018 <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/satelliittipaikannus-ottaa-loikan-2020-luvulla-moni-tekniikka-tarvitsee-paikannussatelliitin-tarkkaa-aikaa-6613468>.

Tekninenkauppa.fi. GNSS-mittauksen uusi aikakausi Viitattu 4.4.2018
https://www.tekninenkauppa.fi/sites/default/files/media/Koneohjaus%20ja%20infra-alan%20teknologia/PDFt/sitech_trimble_trimnet-vrs_wihurioytekninenkauppa.pdf.

Totalvene.fi. GPS&Glonass Tarkka paikka. 21.8.2017. <http://www.totalvene.fi/lue/nain-se-toimii/gps-glonass>.

Vosselman, G. & Maas, H-G. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Dunbeath, Caithness. Skotlanti. Whittles Publications. 2010.

