

Virve Haiko

Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston korkeustietojen vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (ylempi AMK)
Rakentaminen, maanmittaus
Opinnäytetyö
30.9.2015

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Virve Haiko Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston korkeustietojen vertailu 43 sivua + 3 liitettä 30.9.2015
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen, maanmittaus
Ohjaajat	maanmittausinsinööri (DI) Olli Sirkiä lehtori Jussi Laari
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka maanpinnan korkeudenmuutoskohtia voisi paikantaa Maanmittauslaitoksen omaa aineistoa hyödyntäen. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka korkeudenmuutoskohtia voisi paikantaa olemassa olevan päällekkäisen aineiston avulla. Tarkoituksena oli käyttää vertailuun niitä ohjelmia ja sovelluksia, joita Maanmittauslaitos käyttää laserkeilausaineiston esiprosessoinnissa.</p> <p>Eri-ikäisten aineistojen vertailua vaikeuttaa se, että vertailussa saattavat nousta esiin kasvillisuudesta tai aineistojen istuvuudesta johtuvat erot. Koetyössä oli havaittavissa kasvillisuudesta johtuvia eroja.</p> <p>Tutkimus kuitenkin osoitti, että Maanmittauslaitoksen nykyisiä aineistoja ja ohjelmia hyödyntäen voidaan tehdä korkeustietojen vertailua. Tehokkaimmin vertailua tehtiin LasTools-ohjelmia hyödyntäen.</p>	
Avainsanat	laserkeilaus, korkeusmalli

Author Title	Virve Haiko LiDAR of NLS: Comparison of the height data
Number of Pages Date	43 pages + 3 appendices 30 September 2015
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering, Land Surveying
Instructors	Olli Sirkiä, M.Sc (Tech) Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to establish ways to compare the various height data provided by the National Land Survey of Finland (NLS) to see if there were areas where the elevation model should be updated. The comparison was done by using both the original and the re-scanned laserdata of the NLS as well as computer programs that were already used in the processes of the NLS.</p> <p>The comparison of the data acquired at different times, was complicated by the changes in vegetation, which could cause incorrect height changes in the terrain. However, it was possible to establish actual changes in the terrain.</p> <p>The study showed that the comparison is indeed possible. The most effective results were obtained with the programme LasTools.</p>	
Keywords	laser scanning, digital elevation model

Sisällys

Lyhenteet

1	Alkulause	1
2	Johdanto	2
3	Ilmalaserkeilaus	3
4	Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto	5
4.1	Automaattiluokiteltu aineisto	8
4.2	Interaktiivisesti luokiteltu aineisto	9
4.3	Aineistojen laatu	10
5	Ilmarekisteri	11
6	Vertailuindeksin luonti Ilmarekisterillä	13
7	Koetyössä käytettyjä paikkatieto-ohjelmia	15
7.1	TerraScan	15
7.2	Microstation	15
7.3	LasTools	15
8	Koetyö	17
8.1	Aineisto	17
8.2	Vertailu TerraScan-ohjelmalla	18
8.2.1	TerraScan-ohjelmalla luokiteltujen korkeuserojen visualisointi	29
8.3	Vertailu LasTools	31
9	Ehdotus menetelmistä korkeudenmuutoskohtien paikantamisesta korkeusmallin (KM2) ajantasaistuksessa	38
10	Pohdinta	40
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. Liite1_Vertailuindeksi_2008-2014

Liite 2. Liite2_Korkeustietojen vertailu alueet Virolahti_kesä ja Alue 22

Liite 3. Liite3_Korkeustietojen vertailu alueet Virolahti_kesä ja Alue 22

Lyhenteet

ALS	Airborne Laser Scanning. Ilmalaserkeilaus.
DGN	Microstationin cad-tiedoston tiedostomuoto.
GPS	Global Position System. Satelliittipaikannusjärjestelmä.
IMU	Inertial Measurement Unit. Laite, jolla mitataan kallistuksia.
KM2	Maanmittauslaitoksen kahden metrin ruutukokoon laskettu digitaalinen korkeusmalli.
LAS	Laserkeilausaineistojen binäärinen tiedostomuoto.
LiDAR	Light Detecting and Ranging. Mittausmenetelmä.
LAZ	Laszip.exe-ohjelmalla pakatun LAS-tiedoston tiedostomuoto.
MML	Maanmittauslaitos.
MXD	ArcMap-ohjelman karttadokumentin tiedostomuoto.
N2000	Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä.

1 Alkulause

"Uudistumista" tarvitaan, kun taistelussa vihollisen kanssa kietoudumme kiusalliseen tilanteeseen, jossa ei ole ratkaisun mahdollisuutta. Meidän on luovuttava ponnistuksistamme, ajateltava tilannetta tuoreella tavalla ja sitten voitettava uuden rytmin avulla. Silloin kun vihollinen on saanut meidät umpikujaan, "uudistuminen" tarkoittaa sitä, että vaikka olosuhteet eivät muutu, me muutamme omaa henkistä tilaamme ja voitamme toisenlaista tekniikka käyttäen.

Miyamoto Musashi; Maa, vesi, tuli, tuuli ja tyhjiys

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, miten eri-ikäisten aineistojen välisiä korkeuseroja voisi helposti havaita. Tarkoituksena oli käyttää vertailuun niitä ohjelmia ja sovelluksia, joita Maanmittauslaitos käyttää laserkeilausaineiston käsittelyyn. Tarkoituksena oli käyttää Maanmittauslaitoksella jo olemassa olevia aineistoja ja välineitä maaston korkeudenmuutoskohtien havaitsemiseen.

Kiitos Olli Sirkiälle, joka ehdotti tätä kiinnostavaa ja käytännönläheistä aihetta sekä toimi opinnäytetyöni ohjaajana. Kiitos ohjaavalle opettajalle, Jussi Laarille. Kiitos Juha Kareiselle avusta ja kannustuksesta.

Lisäksi kiitokset kaikille muille opinnäytetyössä auttaneille ja kannustaneille.

22.4.2015 Virve Haiko

2 Johdanto

Tämä opinnäytetyö liittyy Maanmittauslaitoksen uuden valtakunnallisen korkeusmallin ajantasaistukseen. Vuonna 2008 aloitettiin uuden valtakunnallisen korkeusmallin tuotanto laserkeilaustekniikkaa hyödyntäen. Tarkoituksena oli tuottaa koko Suomen kattava uusi korkeusmalli laserkeilausaineistosta. Tavoitteena on, että koko Suomi on laserkeilattu vuoteen 2019 mennessä. Vuoden 2014 lopussa Suomen maapinta-alasta oli laserkeilattu noin 80 % ja uusi korkeusmalli kattoi lähes 60 % Suomen pinta-alasta. Monilla alueilla on tehty jo uudelleenkeilaustakin.

Laserkeilausaineistoa hankitaan sekä ostamalla että omana työnä. Aineistoa hankitaan yhteistyössä muiden käyttäjien kanssa. Yhteistyö lisää toiminnan taloudellisuutta. Maanmittauslaitos vastaa aineiston hankinnasta ja varmistaa aineiston laadulle asetettujen kriteerien täyttymisen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, kuinka maanpinnan korkeudenmuutoskohtia voisi paikantaa Maanmittauslaitoksen omaa aineistoa hyödyntäen. Tarkoituksena on selvittää, kuinka korkeudenmuutoskohtia voisi paikantaa olemassa olevan päällekkäisen aineiston avulla. Tarkoituksena oli käyttää vertailuun sellaisia ohjelmia ja sovelluksia, joita Maanmittauslaitos käyttää laserkeilausaineiston esiprosessoinnissa.

Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistojen metatiedot tallennetaan tietokantaan. Tietokantaa käytetään Ilmarekisteri-hallintasovelluksen avulla. Ilmarekisterillä voi hakea laserkeilausten metatietoja tietokannasta. Edellä mainittujen avulla etsittiin hyviä kohteita vertailuaineistoksi. Vertailuaineistona käytettiin automaattiluokiteltua laserkeilausaineistoa. Korkeustietojen vertailua tehtiin TerraScan- ja LasTools-ohjelmilla.

Työssä selvitettiin Ilmarekisterin käyttömahdollisuuksia mahdollisten korkeudenmuutoskohtien paikantamisessa. Opinnäytetyötä varten tehtiin vertailuindeksi, jonka avulla alueiden päällekkäisyyttä voi tarkastella. Työssä kokeiltiin laserkeilausaineistojen korkeustietojen vertailua valituilla ohjelmilla. Opinnäytetyötä varten tehtiin koetyö, jossa vertailtiin päällekkäisten aineistojen korkeuksia valitulla alueella. Työssä tehdään lisäksi katsaus Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoihin ja esitetään korkeudenmuutoskohtien paikantamisesta syntyneet johtopäätökset.

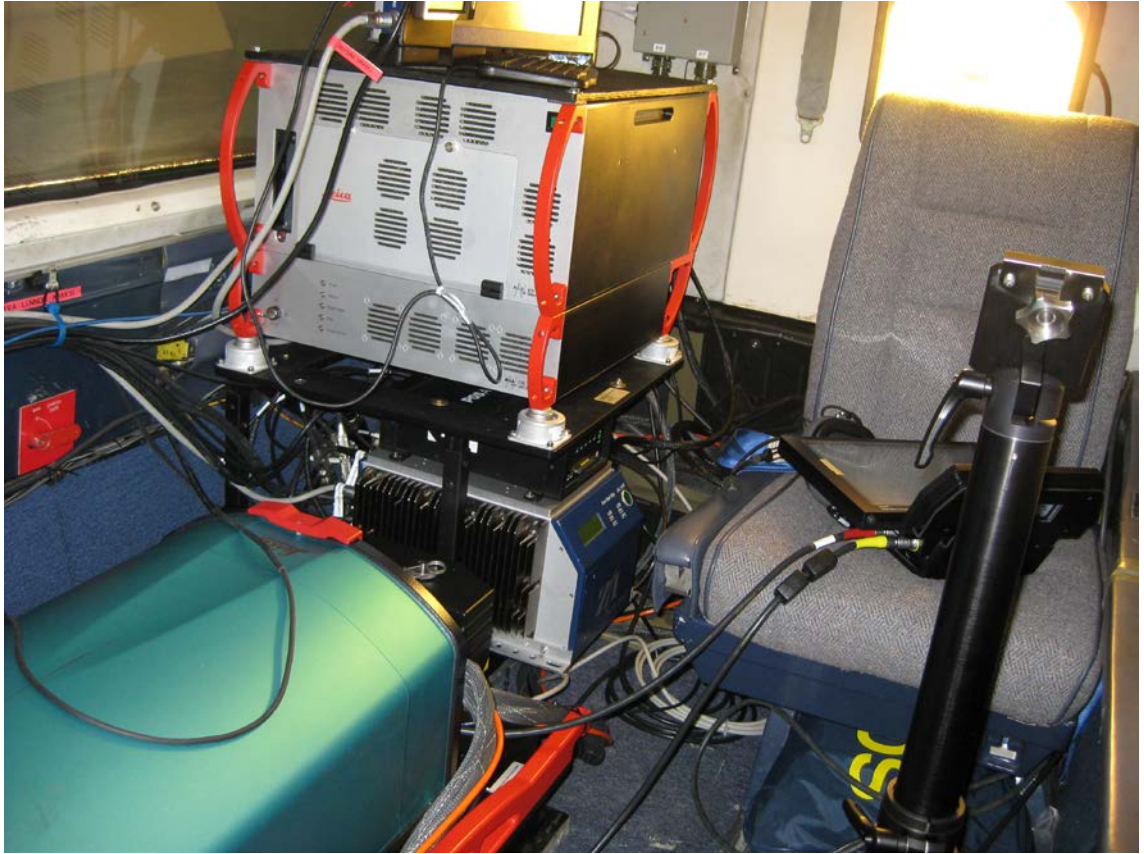
3 Ilmalaserkeilaus

Laserkeilauksen tavoitteena on tuottaa pistepilvi, kolmiulotteinen pisteistä muodostuva aineisto, jossa jokaisella pisteellä on X-,Y- ja Z-koordinaatti. Laserkeilain on laseriin perustuva mittauslaite. Ilmalaserkeilausta (ALS) tehdään yleensä lentokoneesta (kuva 1) tai helikopterista käsin pulssilaserkeilaimella (kuva 2). Tekniikka perustuu etäisyyden mittaamiseen laserpulssein avulla, kun tiedetään mittauslaitteen sijainti ja asento. Etäisyys mitataan LiDAR-tekniikalla (Light Detecting and Ranging). Laserkeilaimen lähettämä pulssi heijastuu takaisin, osuttuaan kohteeseen. Etäisyys saadaan ajasta, joka kuluu pulssin lähettämisen ja paluukaipun vastaanottamisen välillä. Keilaimen sijainti mitataan satelliittipaikannusjärjestelmällä, kuten GPS:llä (Global Navigation System). Keilaimen asento saadaan IMU-laitteistolla (Inertial Measurement Unit). Laitteistosta riippuen paluukaikuja voidaan havaita useita, jolloin viimeisin kaiku edustaa yleensä maanpintaa.(1;5.)



Kuva 1. Maanmittauslaitoksen lentokone Rockwell 690A Turbo Commander vuosimallia 1976.
Kuva: MML Petri Leiso.

Keilaimen sijainnin, asennon sekä keilaimen lähettämän pulssin kulkeman ajan perusteella voidaan laskea koordinaatit kohteelle, johon pulssi osui. Pisteelle saadaan myös intensiteettiarvo.



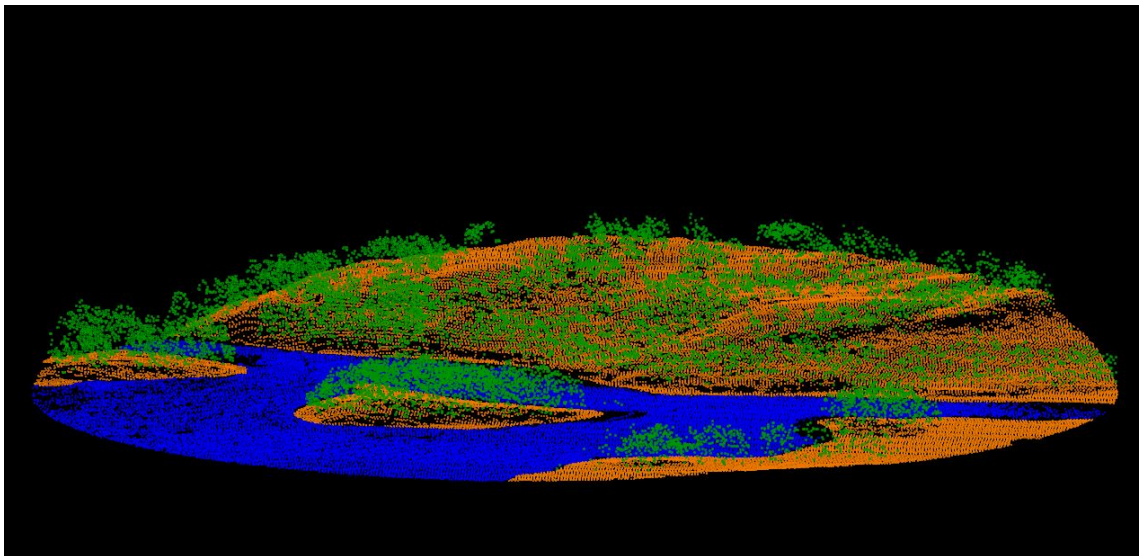
Kuva 2. Maanmittauslaitoksen laserkeilain Leica ALS70HA SN7202 Kuva: MML Petri Leiso

4 Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto

Laserkeilaustekniikka otettiin käyttöön Maanmittauslaitoksessa vuonna 2008, kun uusi valtakunnallinen korkeusmalli oli päätetty toteuttaa laserkeilaustekniikkaa hyödyntäen (3). Laserkeilaus tehdään lentokoneesta käsin, keskimäärin 2 000 metrin korkeudesta. Aineiston keskimääräinen pistetiheys on vähintään 0,5 pistettä/neliömetri. Aineistoa tuotetaan erityyppisillä kalustoilla, mikä voi vaikuttaa aineiston tasalaatuisuuteen.

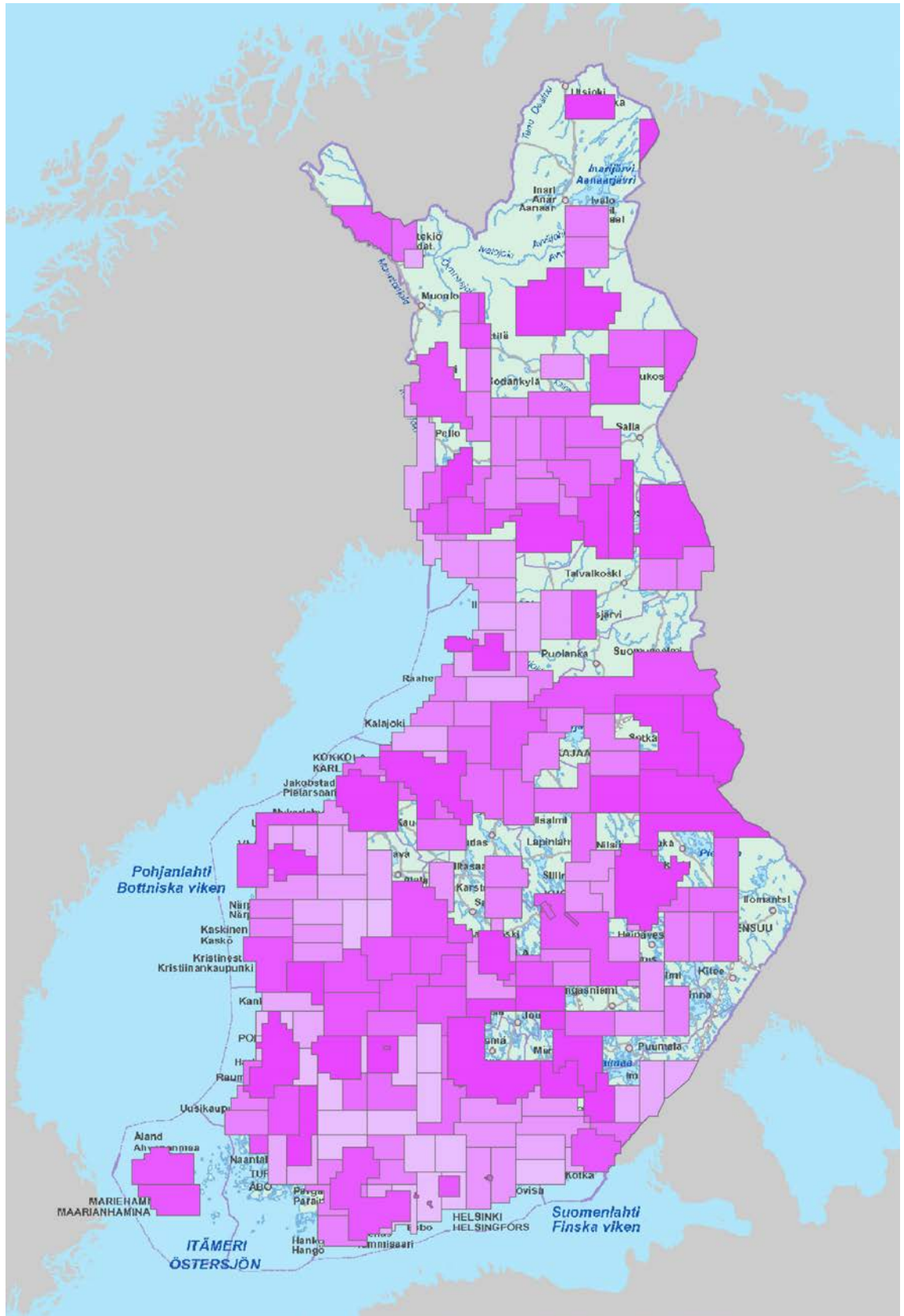
Yli 80 % Suomen pinta-alasta oli vuoden 2014 loppuun mennessä laserkeilattu. Laserkeilausaineistosta tehty korkeusmalli kattoi lähes 60 % Suomen pinta-alasta. Korkeusmallia oli 5.3.2015 valmiina 215 310,8 neliökilometriä. Vuoden 2014 laserkeilausaineisto käsitti noin 68 700 neliökilometriä aineistoa. Omalla kalustolla keilattiin noin 7 400 neliökilometriä ja loput aineistosta hankittiin konsulteilta. Aineistoa hankitaan pääasiassa valtakunnallisen korkeusmallin tuottamista varten. Laserkeilausaineisto on avointa aineistoa. Maanmittauslaitoksen oman korkeusmallituotannon lisäksi aineistoa voi hyödyntää mm. metsien inventoinnissa ja tulvakartoituksessa.

Pisteaineisto luokitellaan. Luokittelun tavoitteena on helpottaa aineiston jatkokäsittelyä. Esimerkiksi maanpintaa kuvaavat pisteet luokitellaan omaan luokkaansa. Jatkotoimenpiteitä voi tämän jälkeen kohdentaa esimerkiksi pelkästään maanpintaa kuvaaville pisteille tai vaikkapa tarkastella pelkästään niitä. (Kuva 3.)



Kuva 3. Maanmittauslaitoksen interaktiivisesti luokiteltua laserkeilausaineistoa. Kuvassa on karttalehtijaon mukaisesta LAS-tiedostosta leikattuna ympyrän muotoinen pala. Kuvan laserkeilaus on Virolahdelta vuodelta 2009.

Maanmittauslaitoksen tiedostopalvelusta on saatavana automaattiluokiteltua laserkeilausaineistoa ja stereomalliavusteisesti maanpintaluokiteltua aineistoa (7). Lisäksi latauspalvelusta on saatavana aineistojen metatietoja. Laserkeilausaineistoa käsitellään vektorimuotoisena binäärisessä LAS-formaatissa, mutta aineisto säilytetään ja viedään latauspalveluun pakattuina LAZ-tiedostoina. Kyseessä on kolmiulotteinen pisteistä muodostuva aineisto. Laserkeilausaineisto on karttalehtijaon mukaisissa osissa. LAZ-tiedostot voi purkaa laszip.exe-ohjelmalla (8). Tiedostopalvelussa laserkeilausaineisto on ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa. Korkeusjärjestelmä on N2000 (9). Kuvassa 4 on nähtävissä Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistojen kattavuus (kuva 4).

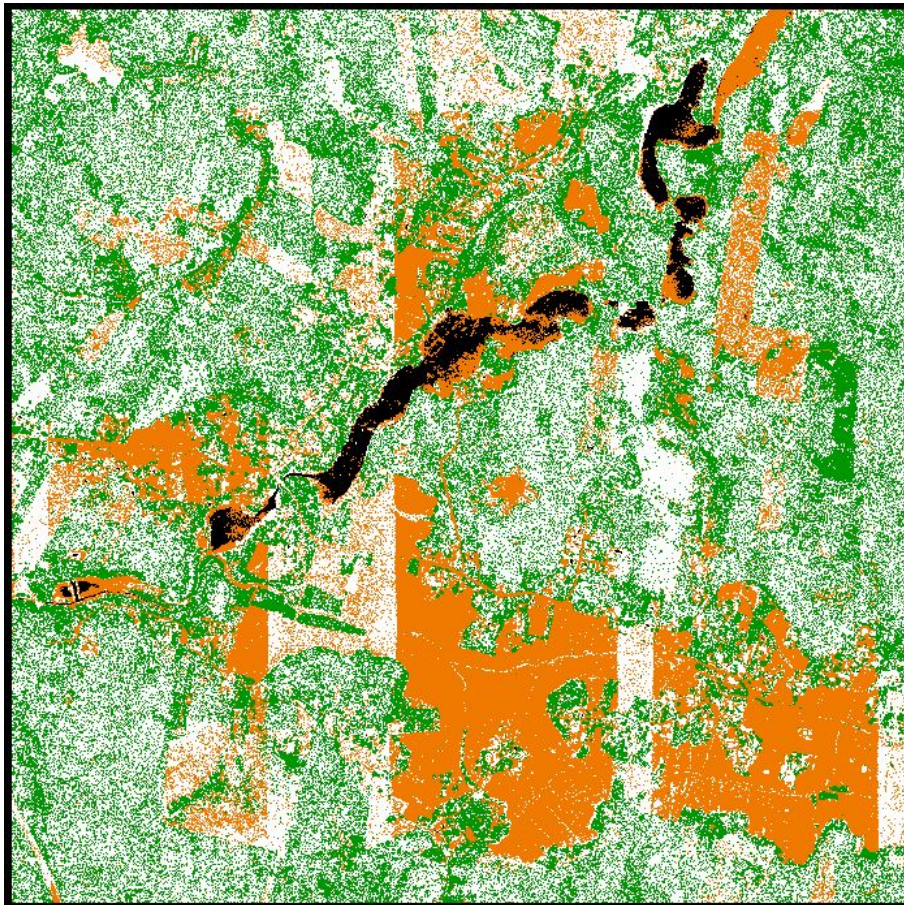


Kuva 4. Maanmittauslaitoksen Ilmarekisterin karttatuloste. Kuvassa on vuosina 2008-2014 la-serkeilatut alueet.

4.1 Automaattiluokiteltu aineisto

Automaattiluokiteltu aineisto on esikäsittelyssä käsitelty siten, että se soveltuu korkeusmallin lähtöaineistoksi (kuva 5). Automaattiluokitellulle aineistolle on tehty automaattista tiettyihin luokitteluparametreihin perustuvaa luokittelua (4). Aineisto sisältää viittä pisteluokkaa:

- maanpinnan pisteet (LAS-formaatin luokka 2)
- matala kasvillisuus (LAS-formaatin luokka 3)
- peittoalue (LAS-formaatin luokka 13)
- matalat virhepisteet (LAS-formaatin luokka 7)
- luokittelematon aineisto (LAS-formaatin luokka 1).

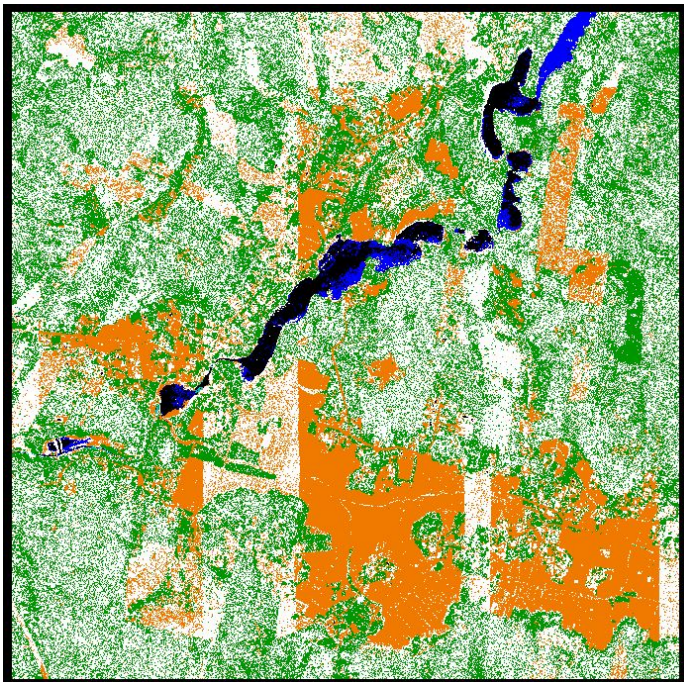


Kuva 5. Automaattisesti luokiteltua aineistoa vuodelta 2009. Kuvassa on karttalehtijaon mukaisen LAS-tiedoston sisältämät pisteet.

4.2 Interaktiivisesti luokiteltu aineisto

Interaktiivisesti luokiteltu aineisto on automaattiluokitellusta aineistosta stereomalliavusteisesti jatkokäsiteltyä aineistoa (kuva 6). Maanpinnan automaattiluokittelua on tarkastettu ja korjattu. Lisäksi siltoja kuvaavat pisteet on luokiteltu omaan luokkaansa ja vesipisteet maskattu (4). Maskauksessa vesipolygonin sisäpuolisille korkeusmallin ruuduille asetetaan vakiokorkeus. Interaktiivisesti luokiteltu aineisto sisältää kahdeksaa pisteluokkaa:

- maanpinnan pisteet (LAS-formaatin luokka 2)
- matala kasvillisuus (LAS-formaatin luokka 3)
- peittoalue (LAS-formaatin luokka 13)
- matalat virhepisteet (LAS-formaatin luokka 7)
- luokittelematon aineisto (LAS-formaatin luokka 1)
- siltapisteet (LAS-formaatin luokka 10)
- vakavedet (LAS-formaatin luokka 9)
- virtavedet (LAS-formaatin luokka 14).



Kuva 6. Interaktiivisesti luokiteltua aineistoa vuodelta 2009.

4.3 Aineistojen laatu

Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistojen esiprosessointiin kuuluu laadunvalvonta. Laserkeilausten hankinta kilpailutetaan ja aineiston tulee täyttää tietyt laatuksiteerit. Aineisto saapuu konsulteilta koordinaatistoon laskettuna. Raakadata on siis prosessoitu ja sovitettu. Maanmittauslaitoksen esiprosessoinnissa tehdään laatuksitrolli ja pisteet luokitellaan.

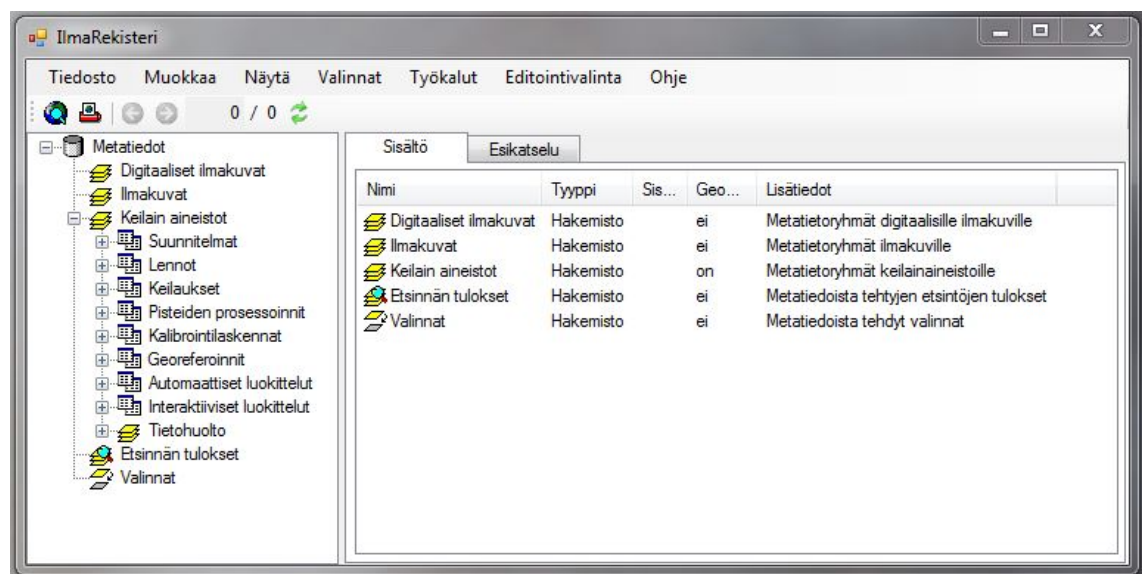
Tässä on lueteltuina muutamia tärkeitä laatuksiteerejä. Pistetiheyden tulee olla keskimäärin vähintään 0,5. Peittoalueiden tulee olla vähintään 250 metriä leveitä. Peittoalueella tarkoitetaan sitä aluetta, jossa vierekkäisiltä lentolinjoilta laserkeilattu aineisto menee hieman toistensa päälle. Tuotantoalueen rajojen ylityksen tulee olla vähintään 200 metriä. Aineistossa tulee olla kaikkia neljää paluukaikua. Aineistossa ei saa olla aukkoja esimerkiksi tulvista johtuen. Pistepilvi tulee olla oikeassa koordinaatistossa. Tasotarkkuusvaatimus on 0,60 metriä ja korkeustarkkuusvaatimus 0,15 metriä. Toimituksen tulee sisältää aineiston lisäksi tietyt dokumentit, kuten metatiedot XML-tiedostona.

Vuonna 2014 Maanmittauslaitoksessa selvitettiin kevät- ja kesäkeilausten laadullisia eroja. Maanmittauslaitoksella on intressejä laserkeilata kevätkeilausten lisäksi myös kesällä. Kesäkeilausten ongelmana varsinkin korkeusmallityön kannalta on matalaa kasvillisuutta edustavien pisteiden virheellinen luokittuminen maanpintaa kuvaavaan piste-luokkaan. Lisäksi todellinen maanpinta saattaa paikoin olla kokonaan kasvillisuuden peitossa, jolloin aineistoa maanpinnasta ei saada. Tuotantoalueen nimessä on sana kesa, mikäli alue on tehty kesäkeilauksena. Maanpintaa kuvaavassa laserkeilausaineistossa kesäkeilausten laatu ei vastaa kevätkeilausten laatua, vaikka kesäkeilaus soveltuukin moniin käyttötarkoituksiin. Korkeusmallia on tehty pääasiassa kevätkeilauksista. Vuonna 2014 päätettiin ryhtyä tuottamaan myös II-laatuista korkeusmallia.

5 Ilmarekisteri

Ilmarekisteri on Maanmittauslaitoksen paikkatietoaineistojen metatietojen hallintasovel-
lus. Ilmarekisteri on toistaiseksi ollut vain Maanmittauslaitoksen omassa käytössä. Ilma-
rekisterin avulla voi tarkastella laserkeilausaineistojen metatietoja (kuva 7). Lisäksi
Maanmittauslaitos käyttää vanhempaa Ilmakuvarekisteriä ilmakuvien metatietojen hal-
lintaan. Ilmakuvarekisteri on myöhemmin tarkoitus yhdistää Ilmarekisteriin.

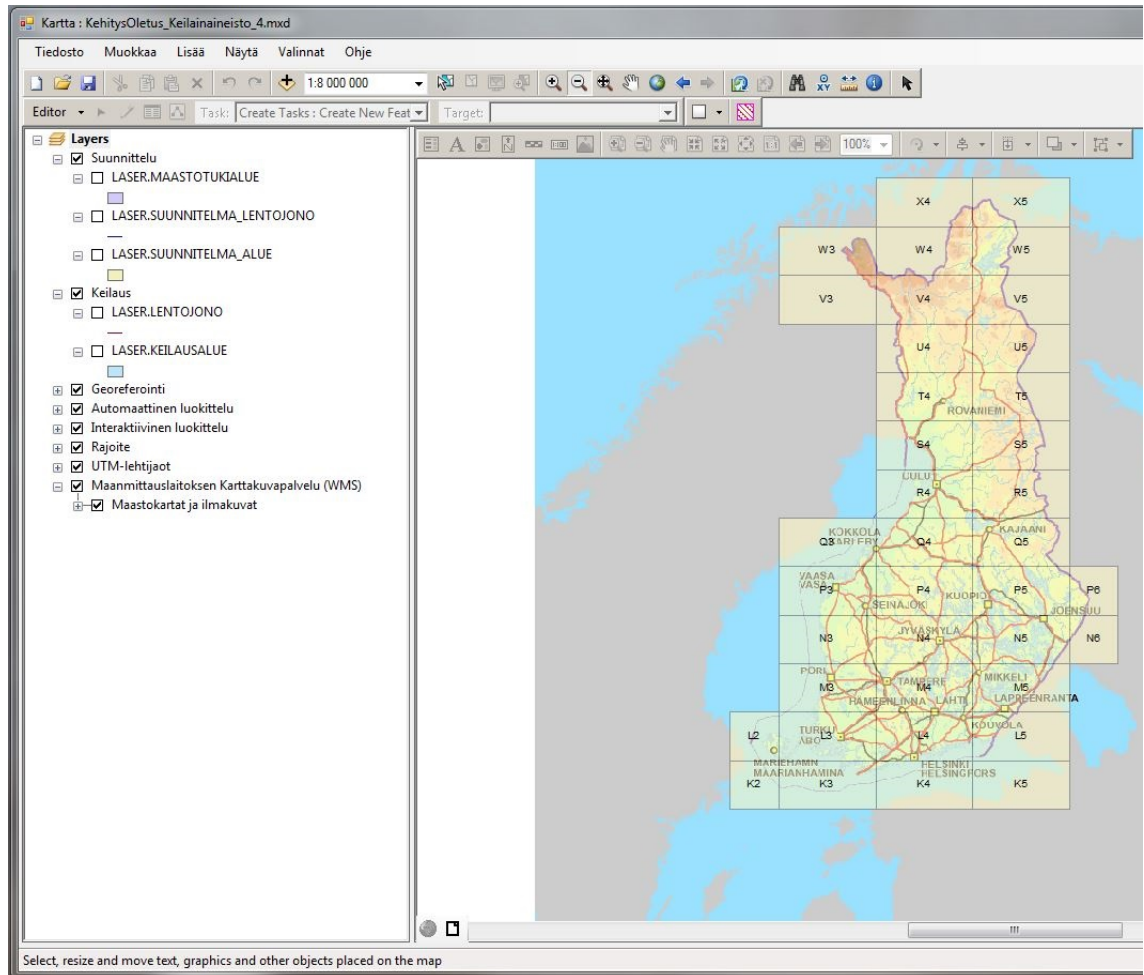
Ilmarekisterin avulla voi tarkastella laserkeilausten metatietoja melko laajasti. Tarkastel-
tavia metatietoryhmiä ovat laserkeilausten suunnitelmatiedot, laserkeilauslentojen tie-
dot, erillisten keilausten tiedot, pisteiden prosessointitiedot, kalibrointilaskentatiedot,
georeferointien tiedot, laserpisteiden automaattisen luokittelun tiedot ja laserpisteiden
interaktiivisen luokittelun tiedot.



Kuva 7. Maanmittauslaitoksen Ilmarekisterin päänäköymä ja tarkasteltavat metatietoryhmät.

Ilmarekisterin karttaliittymässä voi tarkastella metatietoja kartalla. Karttaliittymän alus-
tana on ArcGis (kuva 8). ArcGis on ESRI:n kehittämä paikkatieto-ohjelmisto. Karttaliitty-
mässä voi kartalle hakea esimerkiksi laserkeilausten tuotantoalueiden rajat ja nimet. Li-
säksi kartalle voi hakea esimerkiksi tiedot korkeusmallin kattavuudesta. Taustakuva on
tuotu Maanmittauslaitoksen karttakuva palvelusta (WMS).

Karttakuvapalvelu (WMS) on Maanmittauslaitoksen rajapintapalvelu, joka on tarkoitettu käytettäväksi WMS-standardia tukevissa sovelluksissa. Palvelun avulla voi Maanmittauslaitoksen palvelimelta noutaa rasterimuotoista aineistoa, kuten taustakartan (8).



Kuva 8. Ilmarekisterin karttaliittymän päänäkymä ja oletuskarttadokumentti. Alustana on ESRI:n ArcGis.

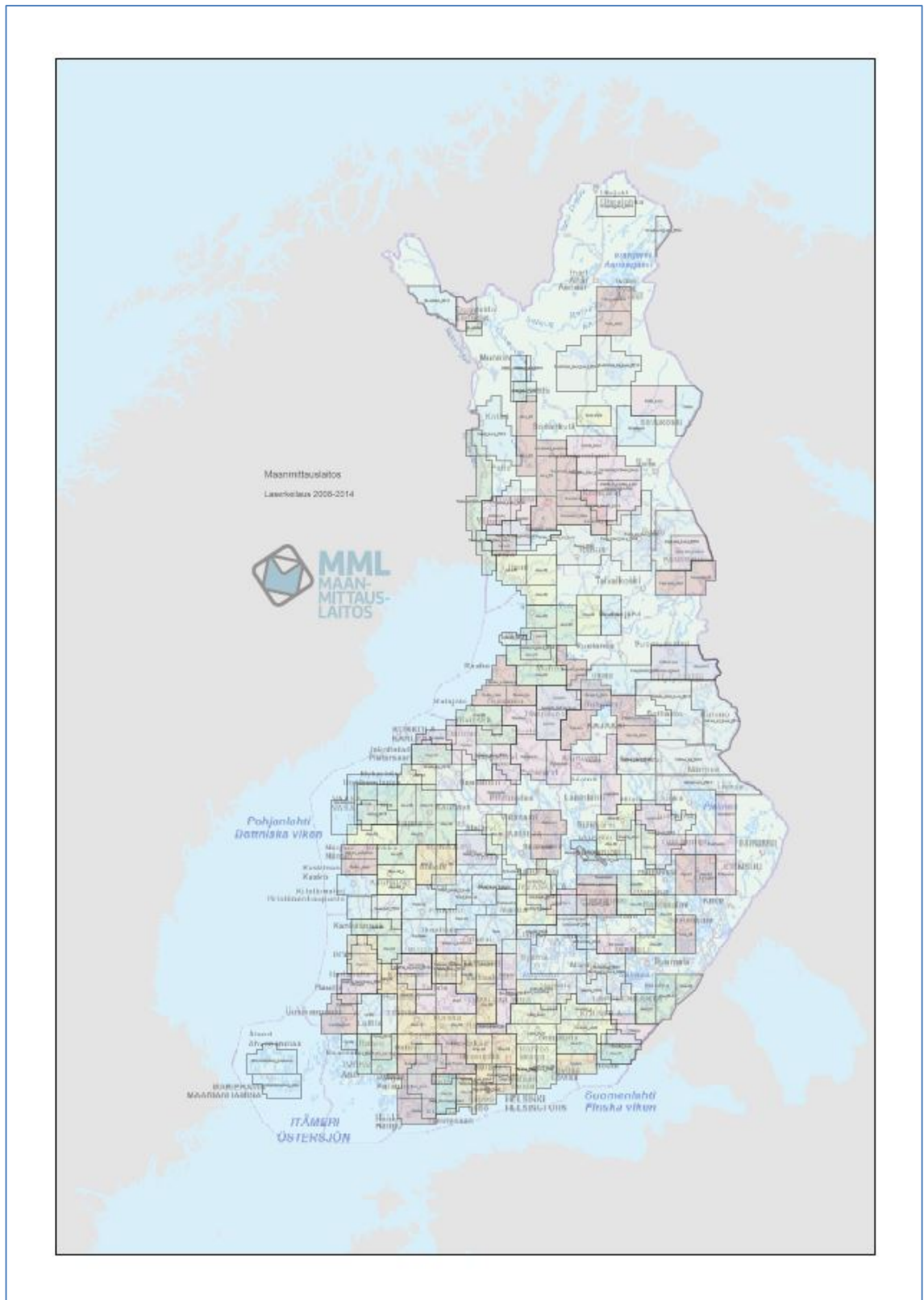
6 Vertailuindeksin luonti Ilmarekisterillä

Maanmittauslaitoksen tavoitteena on tehdä korkeusmallin ajantasaistusta olemassa olevaa laserkeilausaineistoa hyödyntäen. Yhteistyökuvioista johtuen Maanmittauslaitoksella on jonkin verran päällekkäistä laserkeilausaineistoa. Jotkin alueet on toisin sanoen laserkeilattu kahteen kertaan. Koetyön tarkoituksena oli kokeilla maaston korkeudenmuutoskohtien paikantamista eri-ikäisiä aineistoja vertailemalla. Aluksi selvitettiin tiedot päällekkäisistä laserkeilauksista.

Ilmarekisterin karttaliittymän avulla haettiin tiedot kaikkien laserkeilaustuotantoalueiden rajauksista. Rajauksien tarkastelu oletuskarttadokumentissa (KehitysOletus_Keilainaineisto_4.mxd) haettuna oli hankalaa, koska alueet sekoittuivat toisiinsa ja päällekkäisyyttä oli vaikea arvioida.

Ilmarekisterin karttaliittymässä ei ole käytettävissä kaikkia ArcMap-ohjelman toimintoja. Karttaliittymässä on kuitenkin mahdollista oletuskarttadokumentin lisäksi luoda uusia karttadokumentteja tai muokata oletuskarttadokumenttia ja tallentaa karttadokumentti ArcMap-ohjelmassa muokkaamista varten. Eri-ikäisten aineistojen vertailua varten luotiin PDF-muotoinen vertailuindeksi (liite 1). PDF-tiedostoon päädyttiin sen helpon käytettävyyden vuoksi. Lisäksi kyseinen indeksi on tarvittaessa melko helppo päivittää tulevien tuotantovuosien jälkeen (kuva 9).

Vertailuindeksin luontiin tarvittiin Ilmarekisteri, ArcMap ja Adobe Acrobat Pro. Ilmarekisterin karttaliittymän oletuskarttapohjaa muokattiin. Ilmarekisterin karttaliittymässä ei ole käytettävissä kaikkia tarvittavia ominaisuuksia, joten MXD-tiedostoa käsiteltiin ArcMap-ohjelmalla. Lopullinen tiedosto muokattiin Adobe Acrobat Pro -ohjelmalla. Oleellinen ominaisuus, joka indeksiin tarvittiin, oli karttatasojen läpinäkyvyys. Lisäksi tarvittiin mahdollisuus aktivoida ja sammuttaa karttatasoja.



Kuva 9. Vertailuindeksi 2008-2014. Maanmittauslaitoksen käyttöön luotiin vertailuindeksi tuotantoalueiden päällekkäisyyden tarkastelua varten.

7 Koetyössä käytettyjä paikkatieto-ohjelmia

7.1 TerraScan

TerraScan on TerraSolid Oy:n laserkeilausaineiston käsittelyyn kehitetty ohjelma. TerraScan soveltuu esimerkiksi laserkeilausaineistojen perusprosessointiin. Maanmittauslaitos käyttää TerraScan-ohjelmaa laserkeilausaineiston esiprosessoinnissa, joka sisältää laadunvalvontaa ja luokittelua.

TerraScan-ohjelmalla aineistoa voi käsitellä projekteittain. Maanmittauslaitoksen tuotantoaluekohtainen automaattiluokittelussa käytetty TerraScan-projekti (projektitiedosto) säilytetään tuotantoalueen metatietojen kanssa tuotantoaluekohtaisessa kansiossa. Projektia hyödynnettiin koetyössä.

7.2 Microstation

Microstation on Bentley Systemsin CAD-piirtämiseen tarkoitettu tietokoneohjelmisto. Cad-piirroksen tiedostomuoto on DGN. Maanmittauslaitos käyttää Microstationia laserkeilausten esiprosessoinnissa. Esiprosessoinnissa käytettävään DGN-tiedostoon tuodaan mm. lentoradat. Tuotantoalueen rajausta myös piirretään DGN-tiedostoon, josta sitä on helppo verrata laserpisteisiin. DGN-tiedostoon tehdään myös laadunvalvontaan liittyviä merkintöjä. TerraScan-ohjelmaa käytetään yhdessä Microstationin kanssa.

7.3 LasTools

LasTool on ohjelmakokoelma, jonka ovat kehittäneet Martin Isenburg ja Jonathan Shewchuk. LasTools soveltuu laserkeilausaineistojen käsittelyyn (12). LasTools-ohjelmilla voi esimerkiksi luoda pintamalleja, korkeuskäyriä, muuntaa aineistoja LAS-formaattista ASC-formaattiin, yhdistää ja pakata aineistoja (12). Maanmittauslaitos käyttää LasTools-ohjelmia mm. visualisointikuvien luomiseen ja LAS-tiedostojen pakkaamiseen. LasTools on ilmainen muussa kuin kaupallisessa käytössä. Maanmittauslaitos käyttää maksullista versiota.

Maanmittauslaitos käyttää mm. blast2dem.exe-ohjelmaa. Blast2dem.exe-ohjelma lukee LiDAR-pisteitä LAS- ja LAZ-muodoissa. Ohjelma kolmioi TIN-mallin ja rasteroi sen. Lopputulos tehdään BIL-, ASC-, IMG-, XYZ- , DTM-, TIF-, PNG- tai JPG-muodossa (21). Maanmittauslaitos käyttää blast2dem.exe-ohjelmaa visualisointikuvien luomiseen.

Maanmittauslaitos käyttää myös laszip.exe-ohjelmaa. Laszip.exe-ohjelma pakkaa LAS-tiedostoja LAZ-tiedostoiksi. Ohjelmalla voi myös purkaa pakatut tiedostot. Maanmittauslaitos säilyttää ja jakaa laserkeilausaineistoa LAZ-muodossa (22).

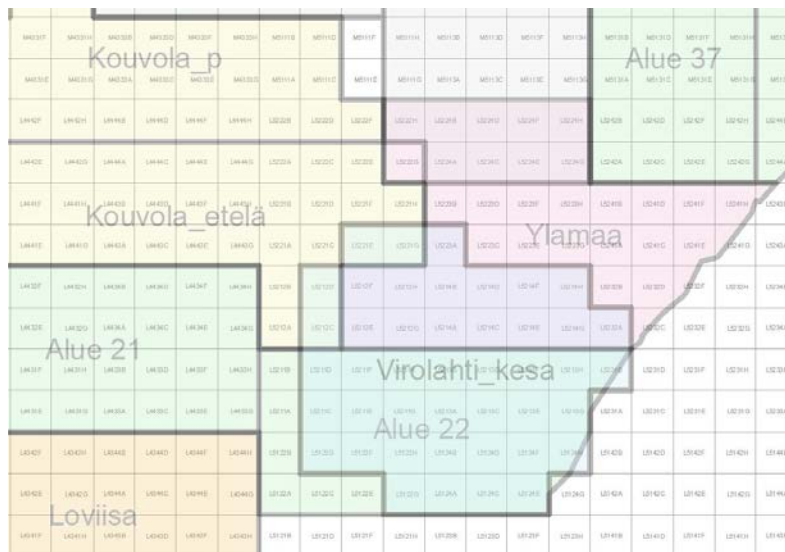
Maanmittauslaitos on käyttänyt lisäksi lasoverlap.exe-ohjelmaa. Lasoverlap.exe-ohjelma lukee LiDAR-pisteitä LAS-, LAZ, ASCII-, BIN- ja SHP-muodossa. Ohjelma tarkistaa lennettyjen linjojen päällekkäisyyttä sekä korkeus- ja tasoistuvuutta (20). Käytännössä ohjelman avulla voi tarkistaa laserkeilattujen linjojen yhteensopivuutta. Maanmittauslaitos on käyttänyt lasoverlap.exe-ohjelmaa eri lentolinjoilta laserkeilatun aineiston yhteensopivuuden arviointiin.

8 Koetyö

8.1 Aineisto

Koetyössä päätettiin käyttää automaattiluokiteltua pistepilveä. Interaktiivisesti luokiteltua aineistoa ei haluttu käyttää, koska toinen vertailtavista aineistoista olisi kuitenkin ollut automaattiluokiteltua. Koetyössä päätettiin käyttää pelkästään automaattiluokiteltua aineistoa.

Koetyöhön valittiin alue, jolle tehtäisiin korkeustietojen vertailua. Tarkoituksena oli tehdä korkeustietojen vertailua TerraScan-ohjelmalla ja LasTools-ohjelmilla. Alueen valinnassa auttoivat korkeusmallityön asiantuntijat Teppo Ahonen ja Olli Sirkiä. Koeaineistoksi valittiin tarkoituksella kevät- ja kesäkeilaus, koska usein uudelleenkeilaus on tehty kesäkeilauksena. Vertailuaineistona oli kaksi osittain päällekkäistä tuotantoaluetta Virolahden alueelta (kuva 10).



Kuva 10. Vertailuaineisto. Alueet **Alue 22** (2009) ja **Virolahti_kesa** (2013).

8.2 Vertailu TerraScan-ohjelmalla

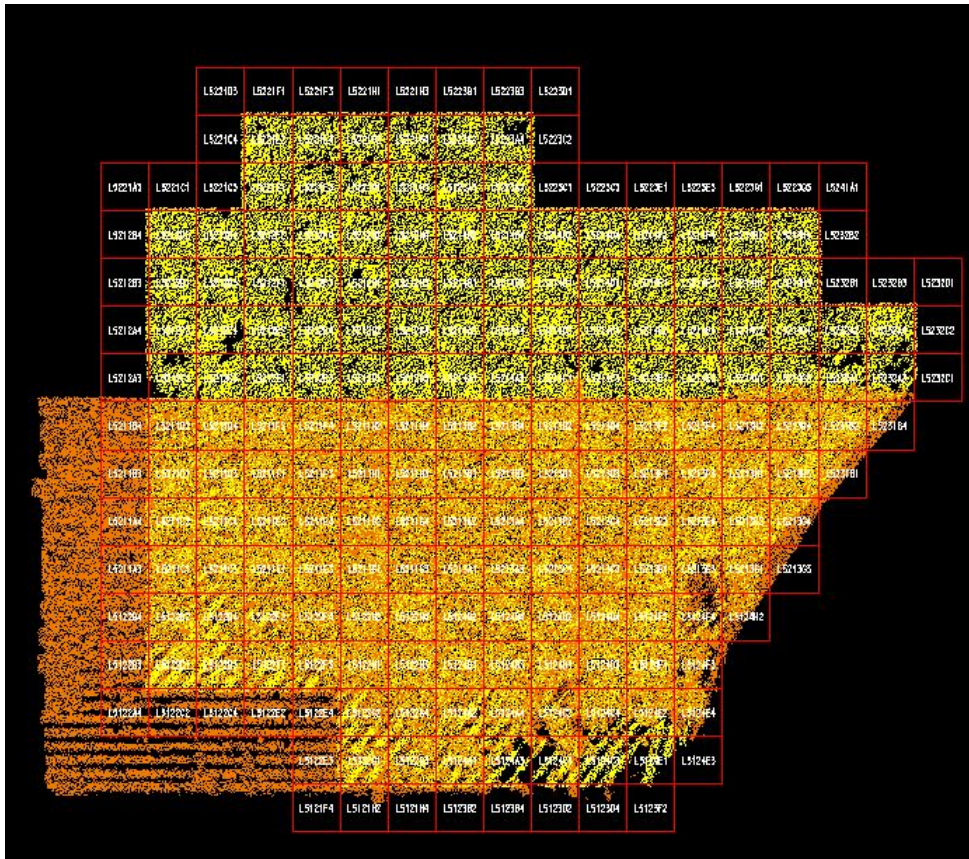
Aineisto kopioitiin tietokoneen levyille. Laseraineiston lisäksi kopioitiin tuotantoaluekohtaiset DGN-tiedostot ja tuotantoaluekohtaiset TerraScan-ohjelman projektitiedostot.

Maanmittauslaitoksen aineisto on tallennettuna pakattuina LAZ-tiedostoina. Aineiston käsittely aloitettiin palauttamalla pakatut tiedostot LAS-tiedostoiksi. Purkaminen tehtiin laszip.exe-ohjelmalla.

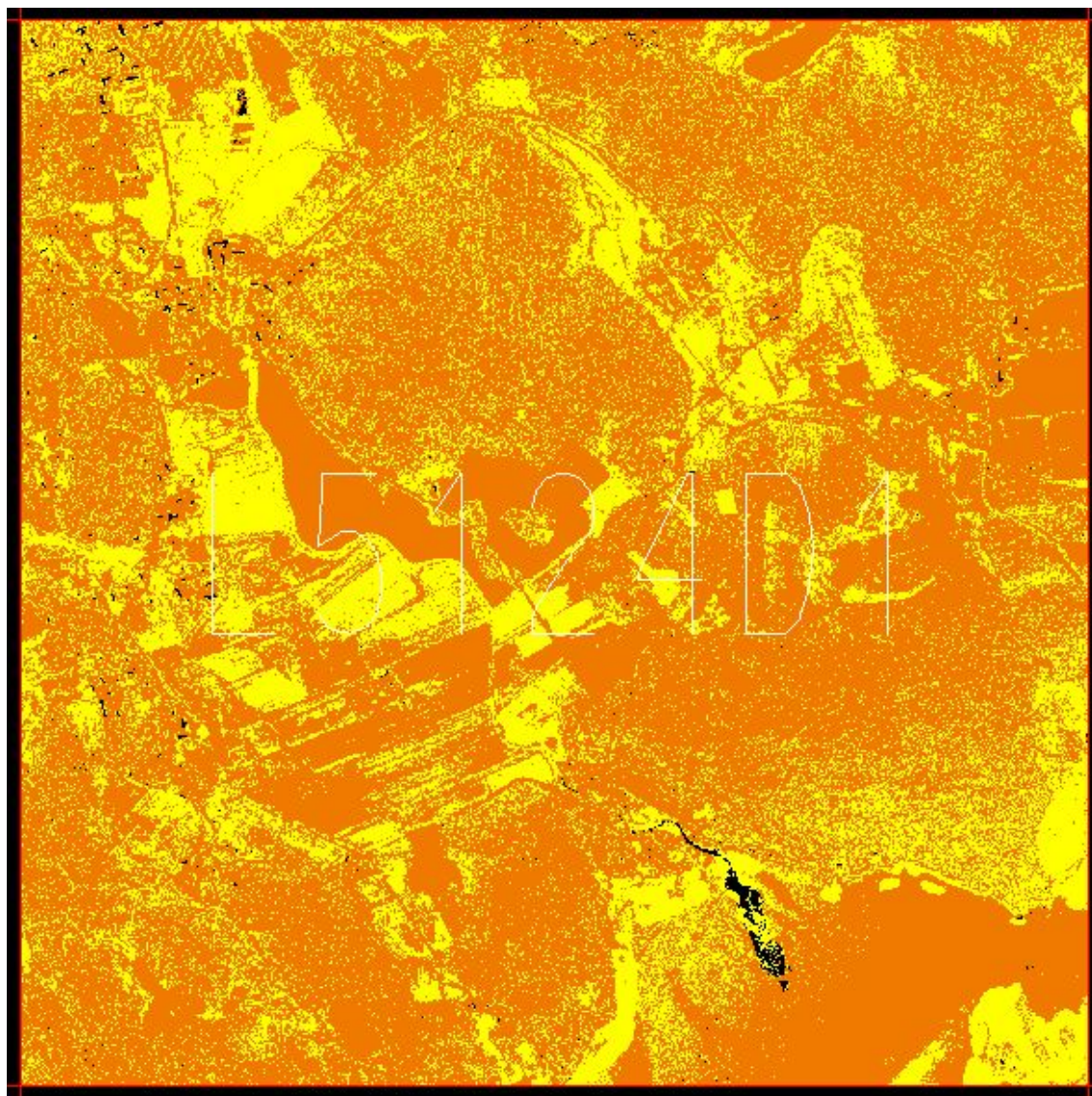
TerraScan-ohjelma toimii yhdessä Microstation-ohjelman kanssa. Päänäkymä on Microstation-ohjelman, mutta molempien ohjelmien ollessa käytössä, TerraScan-ohjelman työkalut, ikkunat ja toiminnot ovat käytettävissä. Aineistojen alkuperäisiä esikäsittelyssä käytettyjä DGN-tiedostoja ja TerraScan-projekteja hyödynnettiin koetyössä.

Projektin tiedot tarkistettiin TerraScan-ohjelman projekti-ikkunan avulla. Tarkistettiin, että alueeseen kuuluvat karttalehtijaon mukaiset LAS-tiedostot sisältyvät projektiin ja kaikki tarvittavat asetukset ovat oikein. Luotiin sopiva makro TerraScan-ohjelman toimintoja käyttäen. TerraScan-ohjelmalla voi luoda makroja, joilla voi suorittaa useita muokkaustoimenpiteitä samanaikaisesti. Kun makro suoritetaan TerraScan-projektille, saadaan käsiteltyä koko tuotantoalueen aineisto yhdellä kertaa.

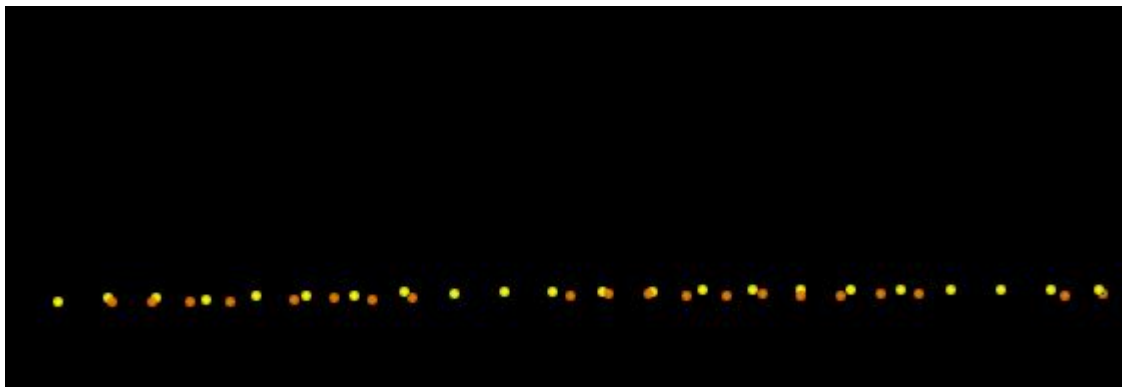
Vertailtaville aineistoille ajettiin makrot. Alkuperäiset aineistot säilytettiin ja luotiin makron suorittamisen yhteydessä uudet LAS-tiedostot. Näin saatiin kaksi uutta pisteaineistoa, joissa molemmissa oli vain maanpintaa kuvaavia pisteitä. Aineistot yhdistettiin tuomalla vanhemman aineiston pisteet uudemman aineiston TerraScan-projektiin. Tuloksena saatiin aineisto, jossa on kahta pisteluokkaa, jotka kuvaavat eri-ikäisten aineistojen maanpintaa (kuva 11). Lisäksi saatiin TerraScan-projekti yhdistetylle aineistolle. Tämän jälkeen TerraScan-ohjelman avulla oli helppo avata aineistoa ja tarkastella maanpintaa kuvaavien pisteiden eroja (kuvat 12 ja 13).



Kuva 11. Vertailuaineisto. Vertailtavat pisteet 1/200 harvennuksena. Kuvassa alueen **Alue 22** (2009) laserpisteet näkyvät oransseina ja alueen **Violahti_kesa** (2013) laserpisteet keltaisina. Kuvassa punaisella erottuva karttalehtiäön mukainen ruutu vastaa yhtä LAS-tiedostoa. Ruudun koko on 3x3 kilometriä.



Kuva 12. Vertailuaineisto. Vertailtavat pisteet. Kuvassa on yksi karttalehtijaon mukainen LAS-tiedosto. Kuvassa alueen **Alue 22** (2009) laserpisteet näkyvät oransseina ja alueen **Viro-lahti_kesa** (2013) laserpisteet keltaisina.

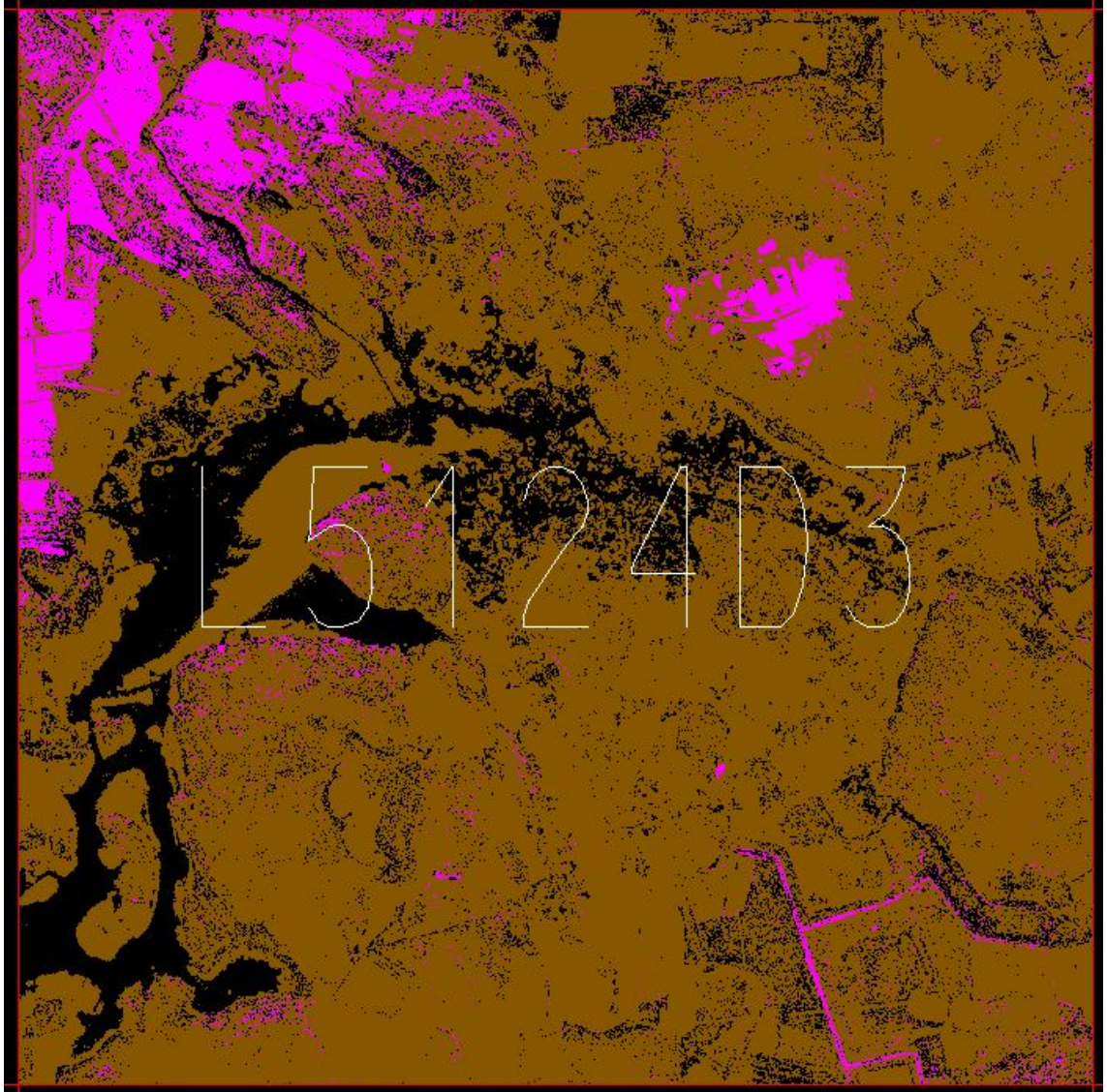


Kuva 13. Aineistojen istuvuus toisiinsa nähden on tarkastettu laadunvalvonnan yhteydessä. Kuvassa on pituussuuntaista leikkausta tiestä. Kuvassa alueen **Alue 22** (2009) laserpisteet näkyvät oransseina ja alueen **Virolahti_kesa** (2013) laserpisteet keltaisina.

Luotiin uusi makro, joka suoritettiin yhdistetylle aineistolle. Makrolla luokiteltiin alueen **Virolahti_kesa** (2013) pisteitä. Pisteet, jotka olivat vähintään 10 senttimetriä alueen **Alue 22** (2009) maanpinnan pisteiden alapuolella, luokiteltiin luokkaan 15. Pisteet, jotka olivat vähintään 10 senttimetriä alueen **Alue 22** (2009) maanpinnan pisteiden yläpuolella, luokiteltiin luokkaan 16. Makro suoritettiin aluksi kahdelletoista LAS-tiedostolle. (Kuva 14.)

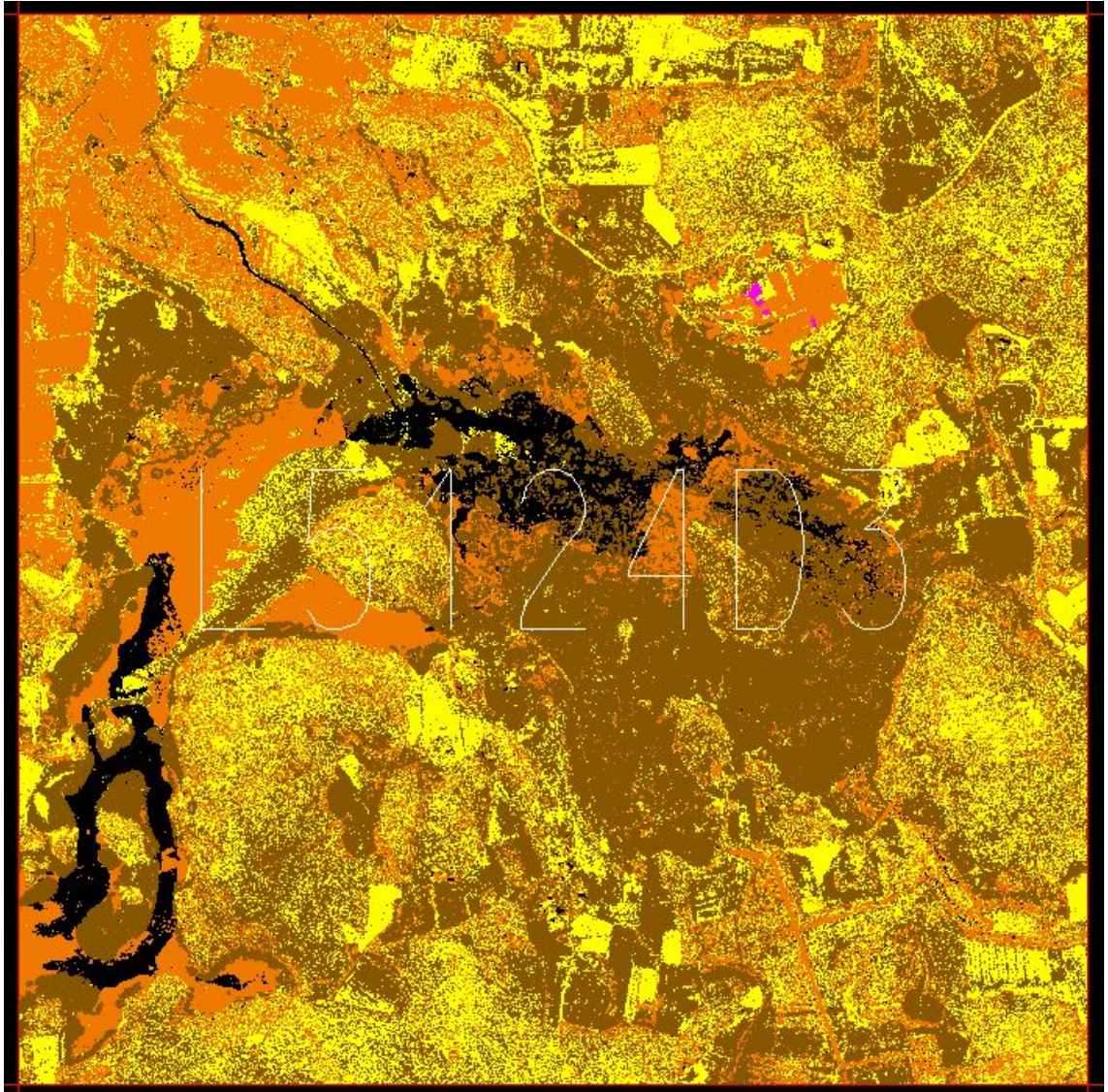


Kuva 14. Vähintään 10 cm korkeuserot ja maanpinta. Vuoden 2009 laserkeilauksen alapuolella ovat vuoden 2013 laserkeilauksen pisteet näkyvät kuvassa violetteina. Yläpuolella olevat pisteet näkyvät kuvassa ruskeina.

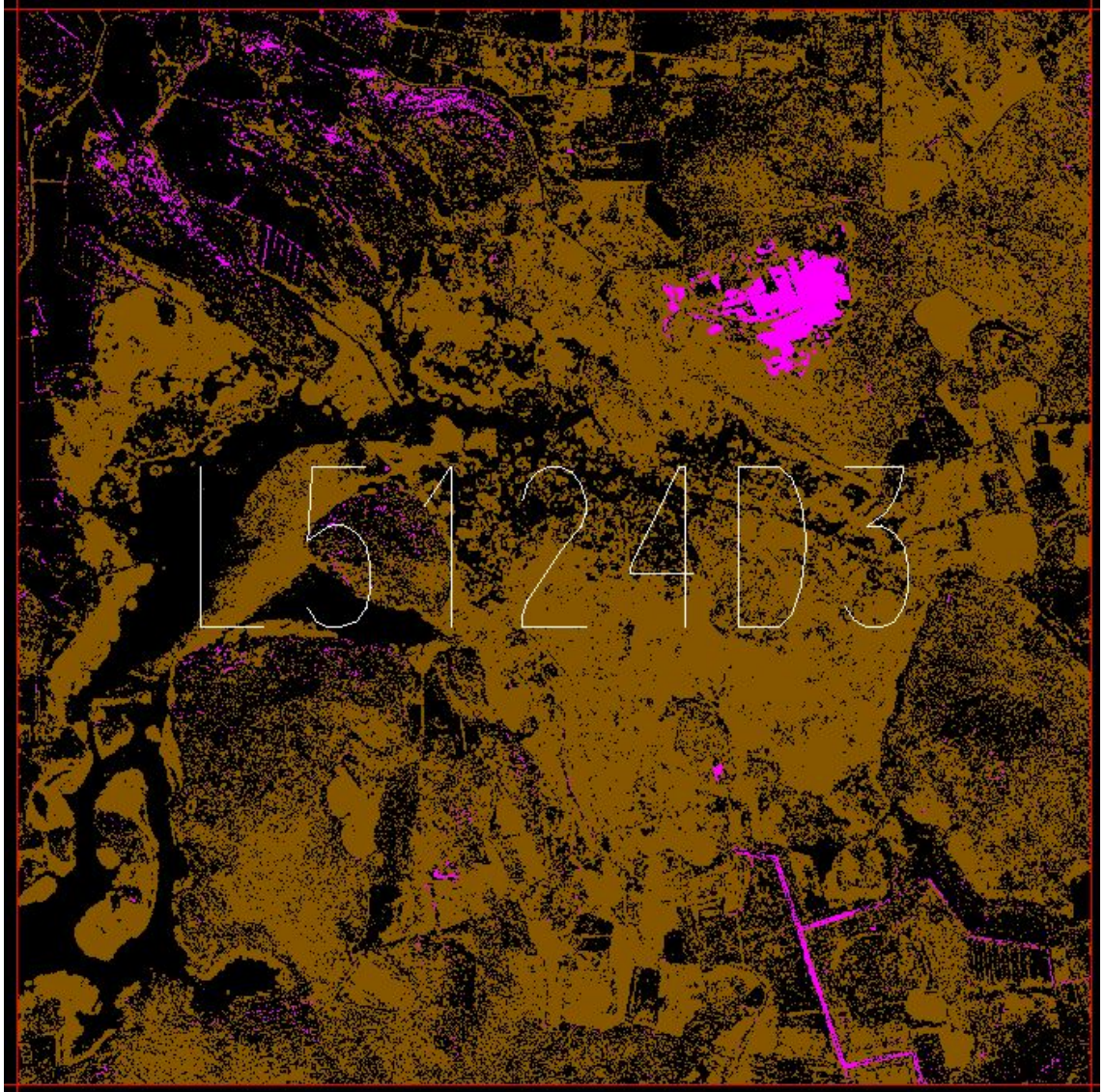


Kuva 15. Vähintään 10 cm:n korkeuserot. Pelkät korkeuserot. Vuoden 2009 laserkeilauksen alapuolella olevat vuoden 2013 laserkeilauksen pisteet näkyvät kuvassa violetteina. Yläpuolella olevat pisteet näkyvät kuvassa ruskeina.

Tuloksesta (kuva 15) ei erottanut hyvin selviä korkeuden muutoksia, joten makroa muutettiin. Pisteet, jotka olivat vähintään 30 senttimetriä alueen **Alue 22** (2009) maanpinnan pisteiden alapuolella, luokiteltiin luokkaan 15. Pisteet, jotka olivat vähintään 30 senttimetriä alueen **Alue 22** (2009) maanpinnan pisteiden yläpuolella, luokiteltiin luokkaan 16. (Kuva 16.)



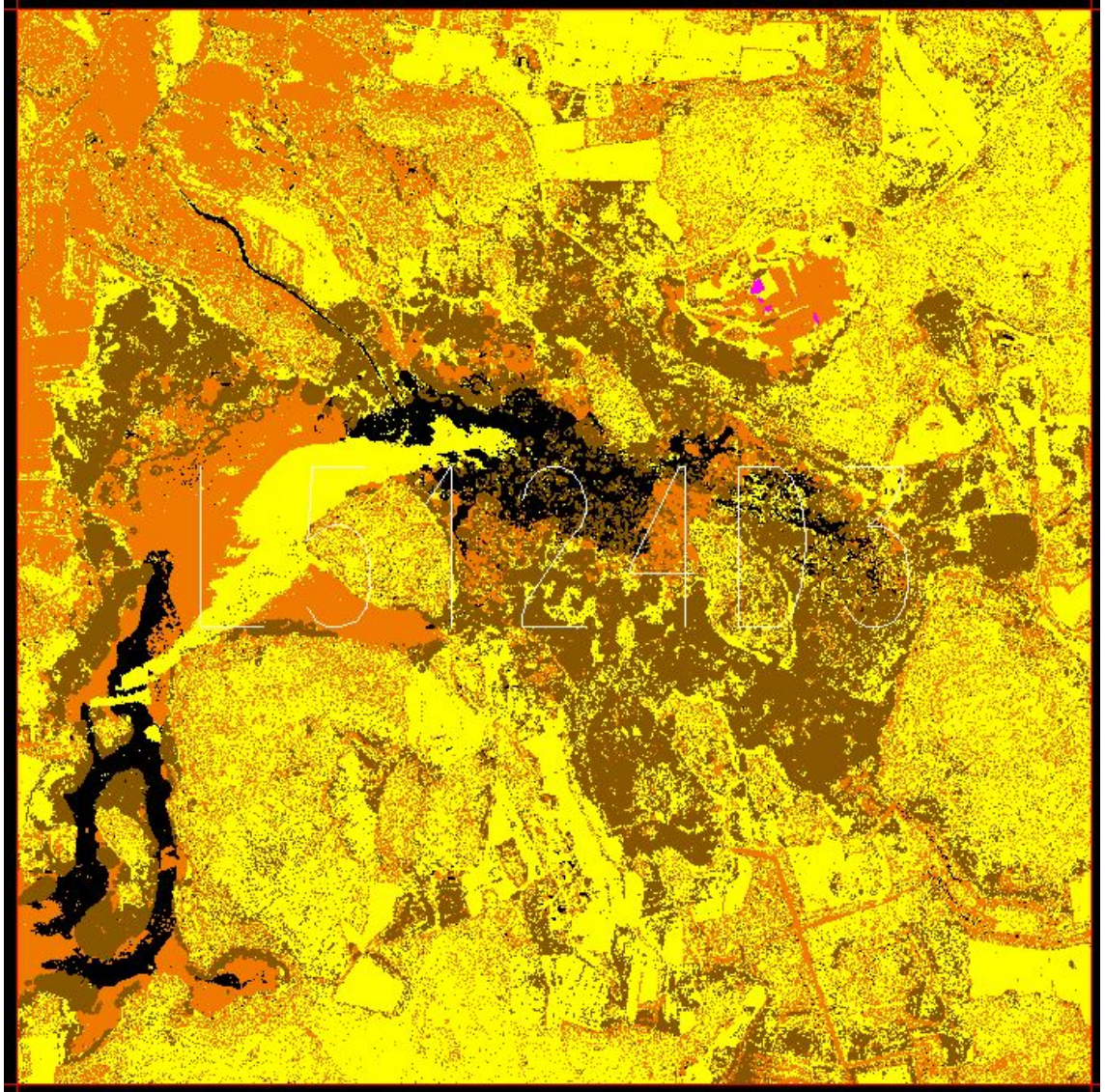
Kuva 16. Vähintään 30 senttimetrin korkeuserot ja maanpinta. Vuoden 2009 laserkeilauksen alapuolella olevat vuoden 2013 laserkeilauksen pisteet näkyvät kuvassa violetteina. Yläpuolella olevat pisteet näkyvät kuvassa ruskeina. Ruskeina erottuu runsaasti mm. vesipisteitä.



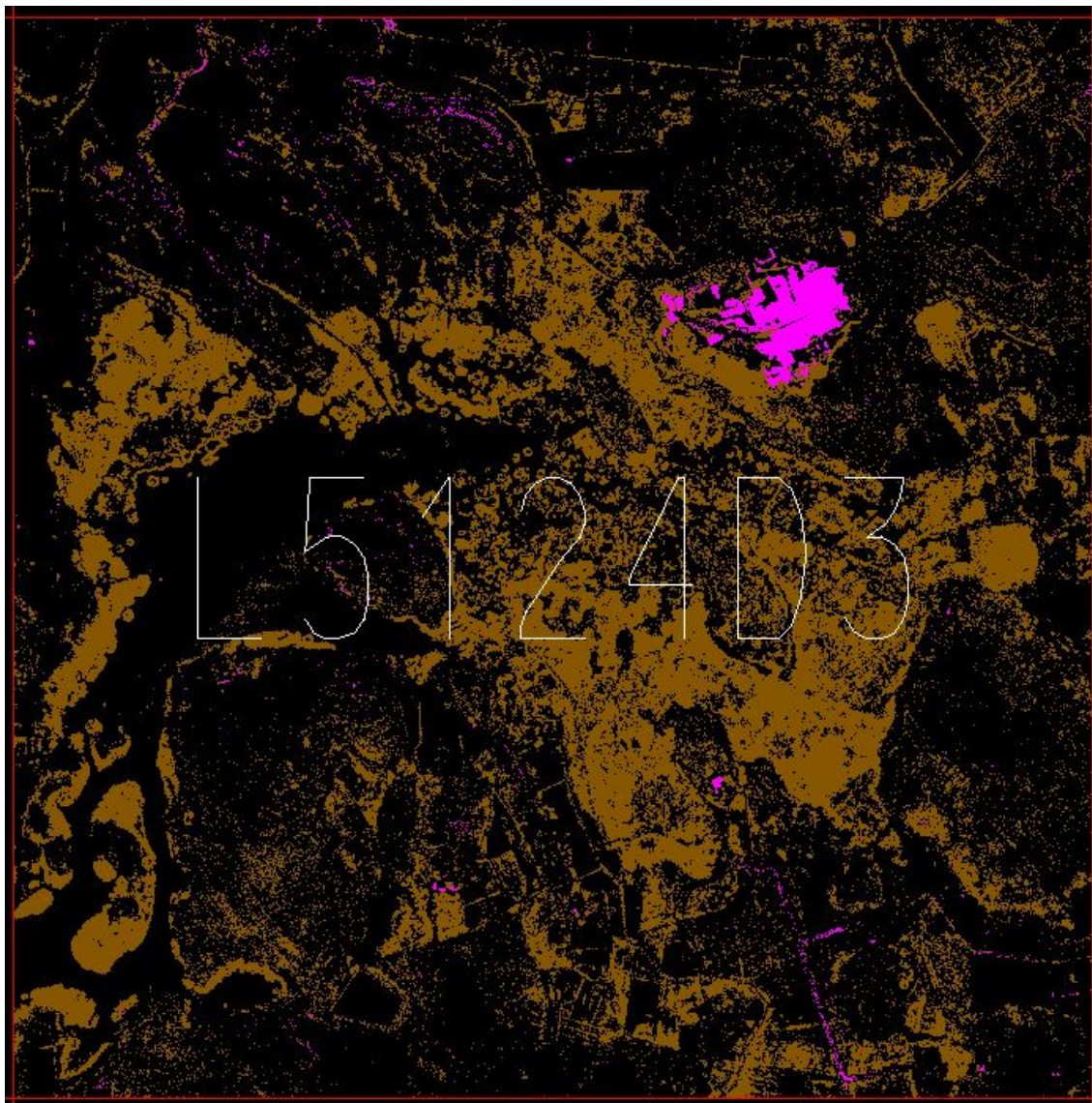
Kuva 17. Vähintään 30 senttimetrin korkeuserot. Vuoden 2009 laserkeilauksen alapuolella olevat vuoden 2013 laserkeilauksen pisteet näkyvät kuvassa violetteina. Yläpuolella olevat pisteet näkyvät kuvassa ruskeina.

Edelleenkin tulos (kuva 17) ei ollut riittävän selkeä, joten makroa muutettiin uudelleen. Pisteet, jotka olivat 50 senttimetriä alueen **Alue 22** (2009) maanpinnan pisteiden alapuolella, luokiteltiin luokkaan 15. Pisteet, jotka olivat 50 senttimetriä alueen **Alue 22** (2009) laserkeilauksen mukaisen maanpinnan yläpuolella, luokiteltiin luokkaan 16. (Kuva 18.)

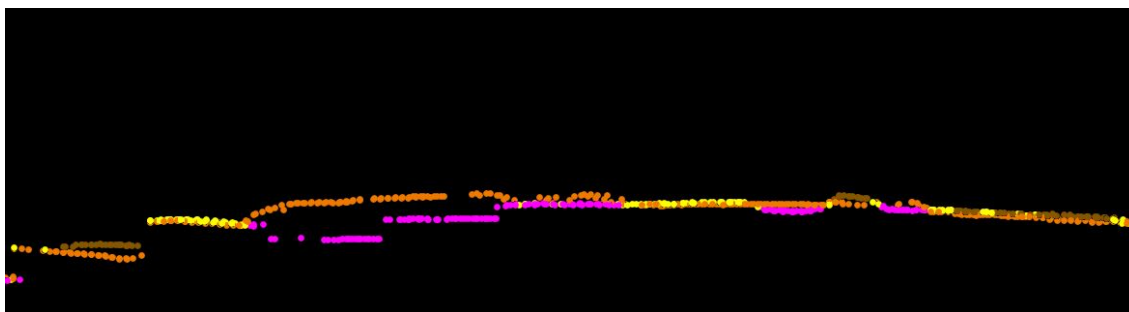
Lopputuloksesta (kuva 19) on nähtävissä, että kevät- ja kesäkeilauksia ei pitäisi vertailla, mikäli etsitään todellisia maanpinnan korkeuden muutoskohtia (kuva 20) ja haluttaisiin paras mahdollinen tulos.



Kuva 18. Vähintään 50 senttimetrin korkeuserot ja maanpinta. Vuoden 2009 laserkeilauksen alapuolella olevat vuoden 2013 laserkeilauksen pisteet näkyvät kuvassa violetteina. Yläpuolella olevat pisteet näkyvät kuvassa ruskeina.



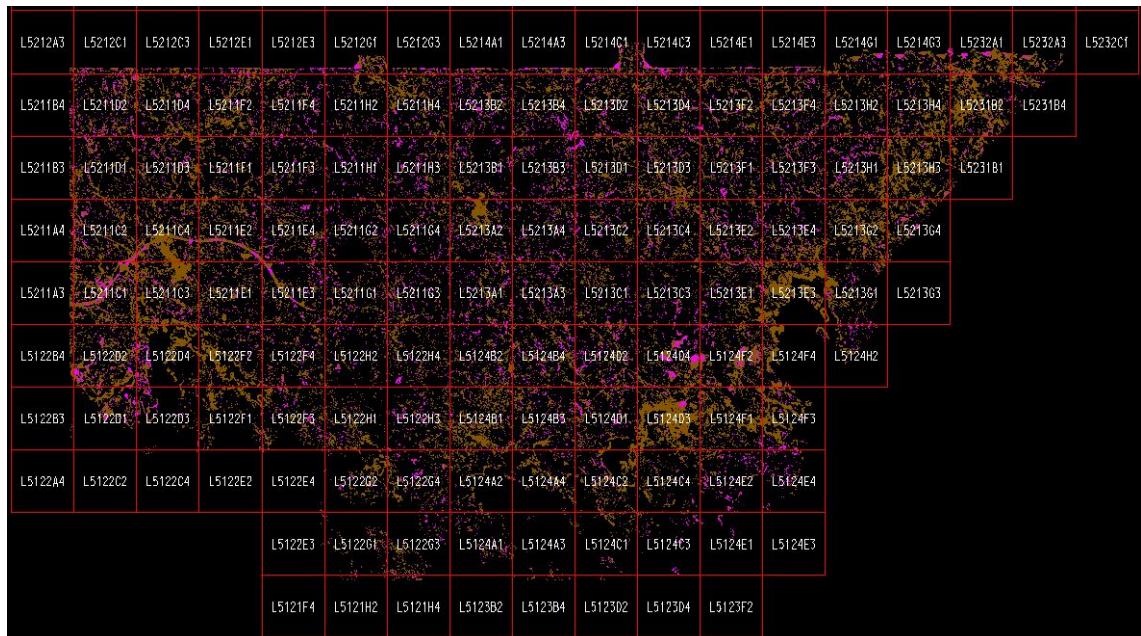
Kuva 19. Vähintään 50 senttimetrin korkeuserot. Vuoden 2009 laserkeilauksen alapuolella olevat vuoden 2013 laserkeilauksen pisteet näkyvät kuvassa violetteina. Yläpuolella olevat pisteet näkyvät kuvassa ruskeina. Vesialueelle osuvat ruskeat pisteet saattavat kuitenkin edustaa esimerkiksi kasvillisuutta.



Kuva 20. Poikkileikkaus kohdasta, jossa on runsaasti korkeudenmuutosta. Kohde erottuu ylemmässä kuvassa laajana violettina alueena. Alueella on louhos.

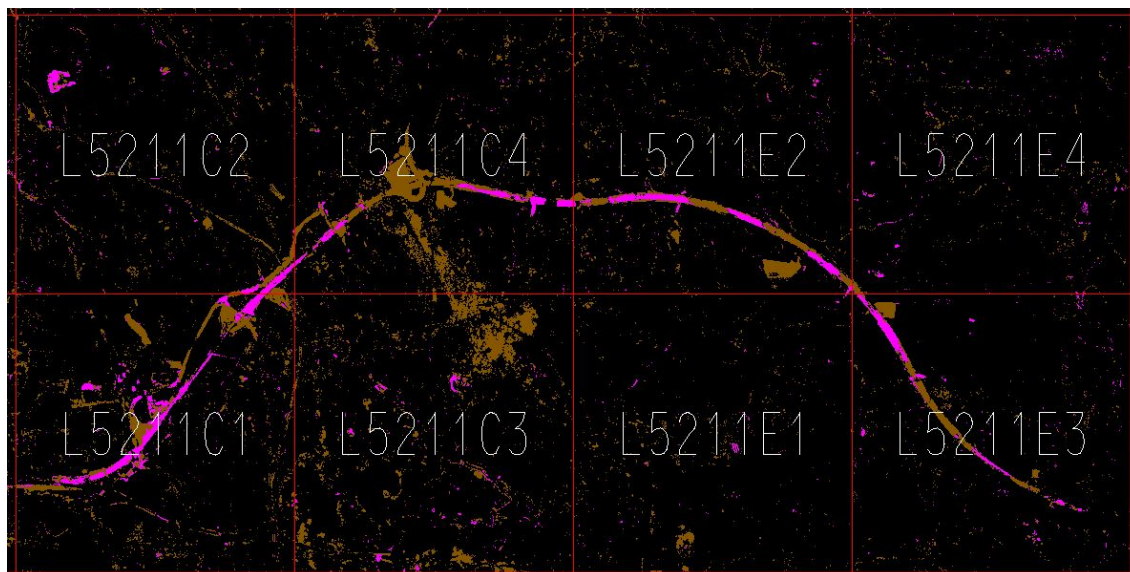
Makrolla luokiteltiin siis esiprosessoinnissa maanpinnan pisteluokkaan luokittuneita pisteitä. Makrolla luokiteltiin tuotantoalueen **Virolahti_kesa** (2013) pisteitä sen mukaan, kuinka ne istuvat tuotantoalueeseen **Alue 22** (2009). Tuotantoalueet ovat osittain päällekkäisiä. Vanhempaa aineistoa on käytetty korkeusmallityössä.

Koko vertailualueelle suoritettiin makro, jolla etsittiin tuotantoalueiden välisiä vähintään yhden metrin korkeuseroja. Luokittelun tulos avattiin TerraScan-ohjelmalla. Ohjelmalla luettiin kaikkien vertailtavien karttalehtijaon mukaisten LAS-tiedostojen ne pisteluokat, jotka kuvaavat korkeuseroja. TerraScan-ohjelmalla luettiin siis tuotantoalueen **Virolahti_kesa** (2013) maanpintaa kuvaavia pisteitä, jotka eroavat korkeutensa suhteen tuotantoalueen **Alue 22** (2009) maanpinnasta.



Kuva 21. Vertailtujen tuotantoalueiden väliset vähintään 1m:n korkeuserot päällekkäisen alueen osalta. Laserpisteiden perusteella lasketut maanpinta näkyy kuvassa violettina. Noussut maanpinta näkyy kuvassa ruskeana. Osa korkeuseroista voi johtua kasvillisuudesta.

Pisteet tallennettiin yhtenä LAS-tiedostona (kuva 21), jotta tulosta olisi helppo tarkastella myöhemmin (kuva 22). Lisäksi tulos tallennettiin JPG-kuvana (liite 2). Kuvan perusteella voi korkeusmallin ajantasaistusta kohdentaa niille alueille, joilla korkeudenmuutoksia on eniten. JPG-tiedostomuodon etuna on, että sen voi avata tavallisella kuvankatseluohjelmalla.



Kuva 22. Vertailujen tuotantoalueiden väliset vähintään 1m:n korkeuserot muutaman karttalehdenlehden osalta. Laserpisteiden perusteella laskenut maanpinta näkyy kuvassa violettina. Noussut maanpinta näkyy kuvassa ruskeana. Vertailun perusteella voi päätellä, että näiden karttalehtien osalta kannattaisi korkeusmalli tulevaisuudessa päivittää. Muutosalue kuuluu hankkeeseen E18 Haminan ohikulkutie.

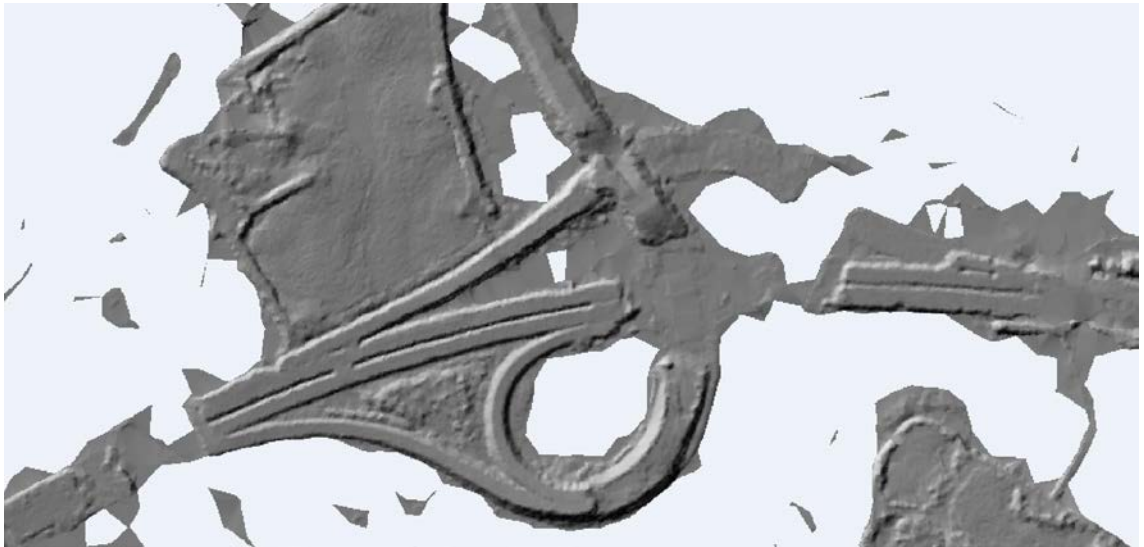
8.2.1 TerraScan-ohjelmalla luokiteltujen korkeuserojen visualisointi

Lopputulos visualisoitiin LasTools-ohjelmalla blast2dem.exe (kuva 23). Visualisointikuva (liite 3) auttaa hahmottamaan muutoskohteiden laatua. Visualisointikuvasta on nähtävissä esimerkiksi risteysalue (kuva 24) louhosalue (kuva 25). PNG-muotoisen visualisointikuvan etuna on se, että sen voi avata tavallisella kuvankatseluohjelmalla.

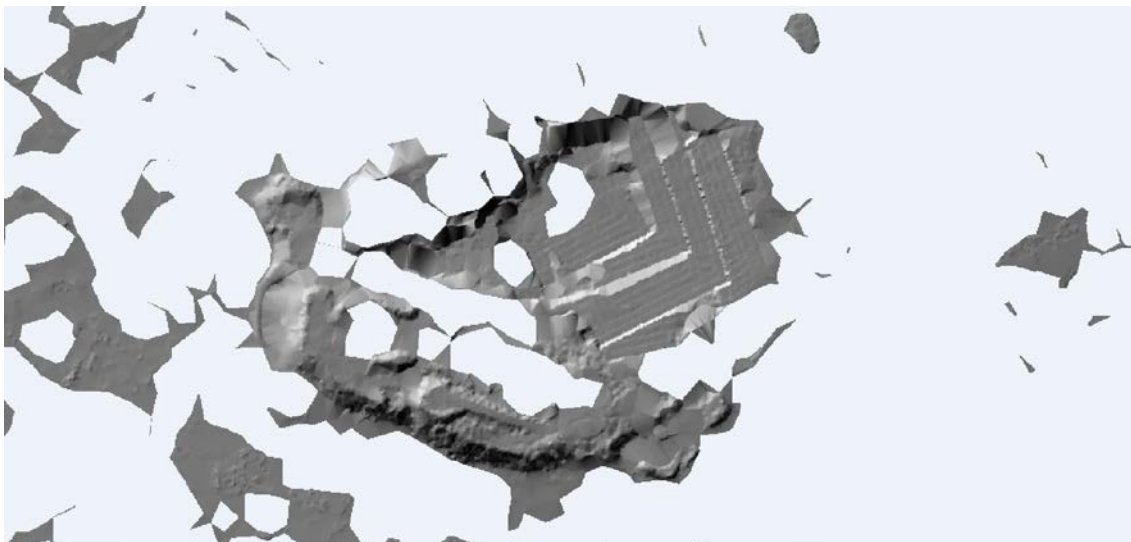
Blast2dem-ohjelma luo TIN-mallin ja rasteroi sen. Lopputulos tehtiin PNG-muodossa. Visualisointikuvasta jätettiin pois kolmiot, joiden sivu on yli 25 metriä. Tämän takia myös korkeudenmuutoskohdissa voi olla aukkoja, mikäli pisteiden väli on laserkeilauksessa ollut suurempi. Toisaalta visualisointikuvasta on helpompi erottaa myös pienempiä kohteita. Visualisointikuvan avulla on helpompi hahmottaa, millaisia korkeudenmuutoskohteet ovat. Visualisoinnin voi tehdä myös karttalehdittäin.



Kuva 23. Koko koealueen korkeuserot visualisoituna blast2dem.exe-ohjelmalla.



Kuva 24. Yksityiskohta koko koealueen visualisointikuvasta. Kuvassa erottuu hyvin risteysalue. Risteys kuuluu hankkeeseen E18 Haminan ohikulkutie (16).



Kuva 25. Yksityiskohta koko koealueen visualisointikuvasta. Kuvassa erottuu hyvin louhosalueen muuttunut maanpinta.

8.3 Vertailu LasTools

Etsittiin korkeuseroja LasTools-ohjelmia käyttäen. Koetyössä käytettiin graafisen käyttöliittymän sijaan komentoriviä. Lähtöaineistona käytettiin automaattiluokiteltua LAZ-tiedostomuotoon pakattua aineistoa. Päädyttiin käyttämään neljää LasTools-ohjelmaa: lassplit.exe, lasoverage.exe, lastile.exe ja lasoverlap.exe.

Ensin pilkottiin aineisto luokittelun mukaan ja säästettiin vain maanpinnan luokka. Pilkkominen tehtiin lassplit.exe-ohjelmalla. Lassplit.exe-ohjelmaa käyttäen aineiston karttalehtijaon mukaiset tiedostot pilkottiin uusiksi tiedostoiksi automaattiluokittelun mukaisen luokittelun perusteella. Vuoden 2009 aineisto pilkottiin siten, että lopuksi säästettiin vain luokka 2. Vuoden 2013 aineisto pilkottiin siten, että säästettiin luokka 2 ja muutettiin luokka 2 luokaksi 17. Näin saatiin karttalehtijaon mukaiset LAZ-tiedostot, joissa on pelkät automaattiluokittelussa maanpinnan luokkaan luokittuneet pisteet. Ohjelma lisäsi automaattisesti tiedoston nimen loppuun luokan numeron. Vuoden 2009 laserkeilausaineiston tiedostojen loppuun ohjelma lisäsi numeron 2. Vuoden 2013 laserkeilausaineiston tiedostojen loppuun ohjelma lisäsi numeron 17. Uudet tiedostot luotiin suoraan samaan kansioon.

Poistettiin linjojen päällekkäisyys aineistosta ohjelmalla lasoverage.exe. Linjojen päällekkäisyys poistettiin, jotta lasoverlap.exe ei vertailisi tuotantovuoden sisällä linjoja vaan eri tuotantovuosien toistensa päälle osuvia linjoja. Aineistot yhdistettiin ohjelmalla lastile.exe. Alkutoimenpiteiden jälkeen tehtiin vertailu ohjelmalla lasoverlap.exe.

Käytetyt komennot olivat

- `lassplit -i *.laz -olaz -by_classification -keep_class 2 -odir V:\...`
- `lassplit -i *.laz -olaz -by_classification -keep_class 2 -change_classification_from_to 2 17 -odir V:\...`
- `lasoverage -i *.laz -olas -remove_overage -odir V:\...`
- `lastile -i *.las -tile_size 3000 -olas -odir V:\...`
- `lasoverlap -i *.las -step 2 -max_diff 1 -ojpg -odir V:\...`

Komennot avattuina

Mentiin kansioon, josta aineistoa oli tarkoitus käsitellä (vuoden 2009 aineisto). Osoitettiin ohjelma lassplit.exe. Osoitettiin luettavaksi tiedostomuodoksi LAZ. Ilmoitettiin kirjoitettavaksi tiedostomuodoksi LAZ. Osoitettiin tiedoston pilkkomistavaksi luokittelu. Käskettiin säilyttää vain luokka 2, joka edustaa maanpintaa. Osoitettiin polku kansioon, jonne uudet tiedostot haluttiin luoda.

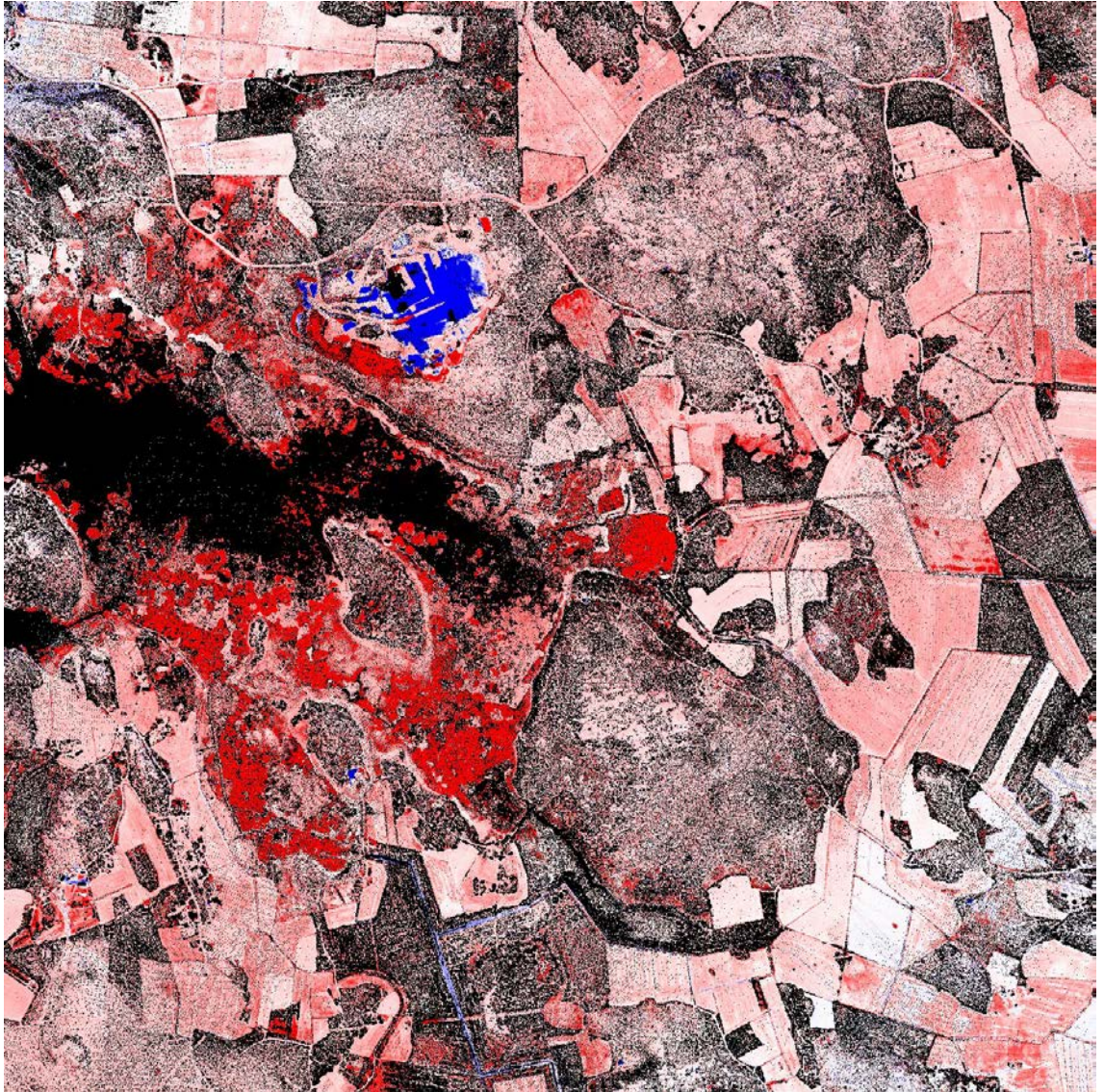
Mentiin kansioon, josta aineistoa oli tarkoitus käsitellä (vuoden 2013 aineisto). Osoitettiin ohjelma lassplit.exe. Osoitettiin luettavaksi tiedostomuodoksi LAZ. Ilmoitettiin kirjoitettavaksi tiedostomuodoksi LAZ. Osoitettiin tiedoston pilkkomistavaksi luokittelu. Käskettiin säilyttää vain luokka 2, joka edustaa maanpintaa. Käskettiin siirtää luokka 2 luokkaan 17. Osoitettiin polku kansioon, jonne uudet tiedostot haluttiin luoda.

Mentiin kansioon, josta aineistoa oli tarkoitus käsitellä. Osoitettiin ohjelma lasoverage.exe. Osoitettiin luettavaksi tiedostomuodoksi LAZ. Ilmoitettiin kirjoitettavaksi tiedostomuodoksi LAS. Käskettiin poistaa päällekkäiset pisteet. Osoitettiin polku kansioon, jonne uudet tiedostot haluttiin luoda.

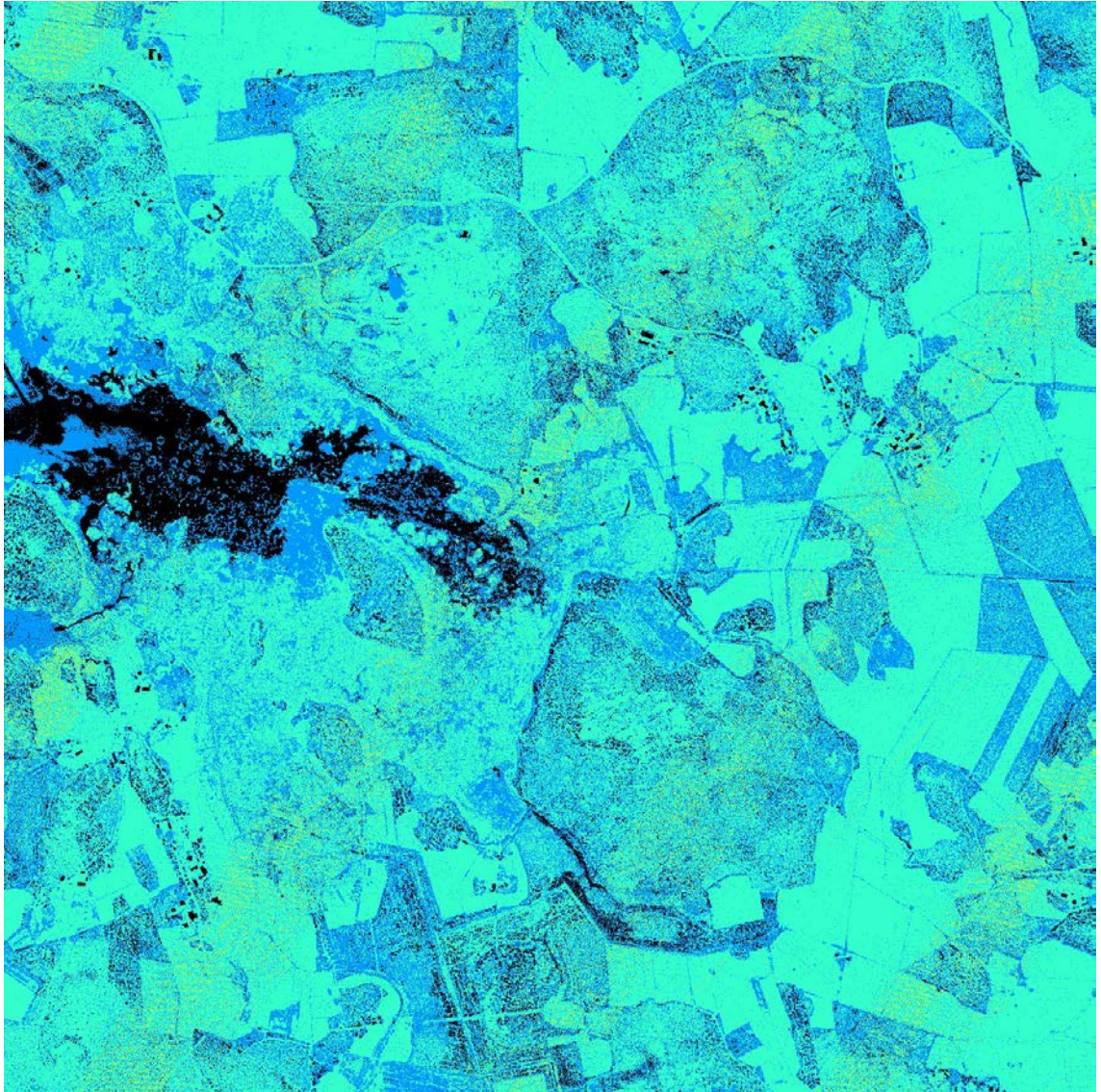
Mentiin kansioon, josta aineistoa oli tarkoitus käsitellä. Osoitettiin ohjelma lastile.exe. Osoitettiin luettavaksi tiedostomuodoksi LAS. Ilmoitettiin kirjoitettavaksi tiedostomuodoksi LAS. Käskettiin luoda blokit, joiden koko on 3000 x 3000m. Osoitettiin polku kansioon, jonne uudet tiedostot haluttiin luoda. Tämä toimenpide yhdisti eri-ikäiset aineistot samoihin blokkeihin. Blokkijako ei kuitenkaan näin tehtynä vastaa alkuperäistä blokkijakoa. Tulostiedoston nimestä on nähtävissä uuden blokin kulmakoordinaatti.

Mentiin kansioon, josta aineistoa oli tarkoitus käsitellä. Osoitettiin ohjelma lasoverlap.exe. Osoitettiin luettavaksi tiedostomuodoksi LAS. Ilmoitettiin kirjoitettavaksi tiedostomuodoksi JPG. Käskettiin tehdä lentolinjojen mukainen vertailu. Osoitettiin ruudukon ruudun kooksi 2 metriä. Ohjelman käyttämä laskentayksikkö tässä tapauksessa on 2 x 2 metrin ruutu. Lopputuloksessa (kuvassa) pikseli on 2 x 2 metriä. Osoitettiin korkeuserojen maksimi-arvoksi 1 metri, jolloin metrin tai sitä suuremmat korkeuserot korostuvat tulostiedostoissa. Osoitettiin polku kansioon, jonne tulostiedostot haluttiin luoda. Tämä toimenpide vertaili lentolinjojen mukaisesti aineistojen eroja toisiinsa nähden.

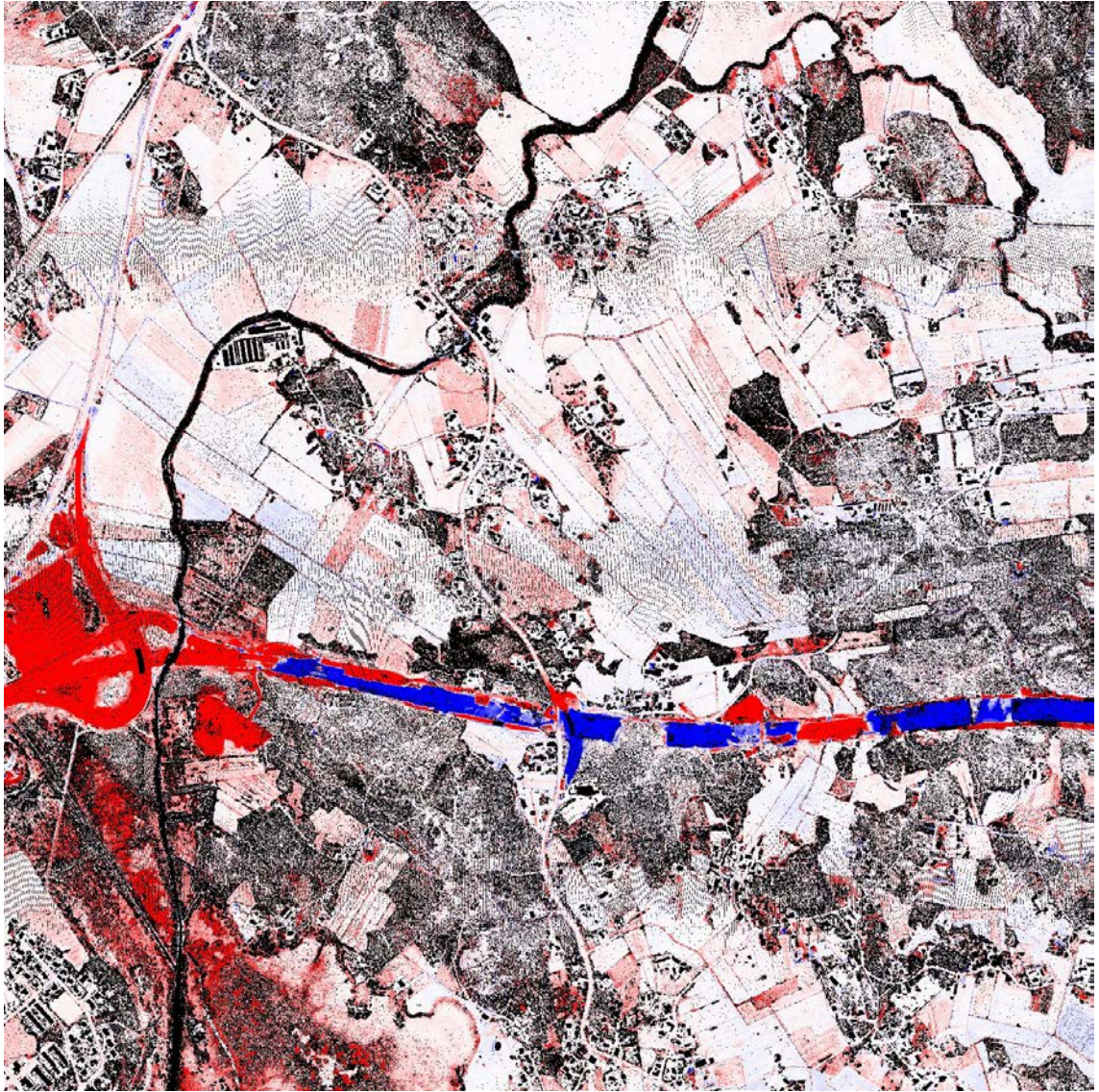
Lasoverlap.exe vertaili sitä, kuinka eri linjojen aineistot istuvat toisiinsa. Käsiteltävässä aineistossa oli vain maanpinnan pisteitä vuodelta 2009 ja 2013. Tuotantovuosien sisällä oleva linjojen päällekkäisyys poistettiin, joten tulostiedostoissa on vertailtuna vuoden 2009 aineistoa vuoden 2013 aineistoon. Lopputuloksena saatiin jokaisesta blokkijaon mukaisesta tiedostosta kaksi kuvaa. Toisesta kuvasta on nähtävissä korkeudenmuutokset eli korkeuserot (kuvat 26 ja 28). Toinen kuva esittää päällekkäisyyttä (kuvat 27 ja 29).



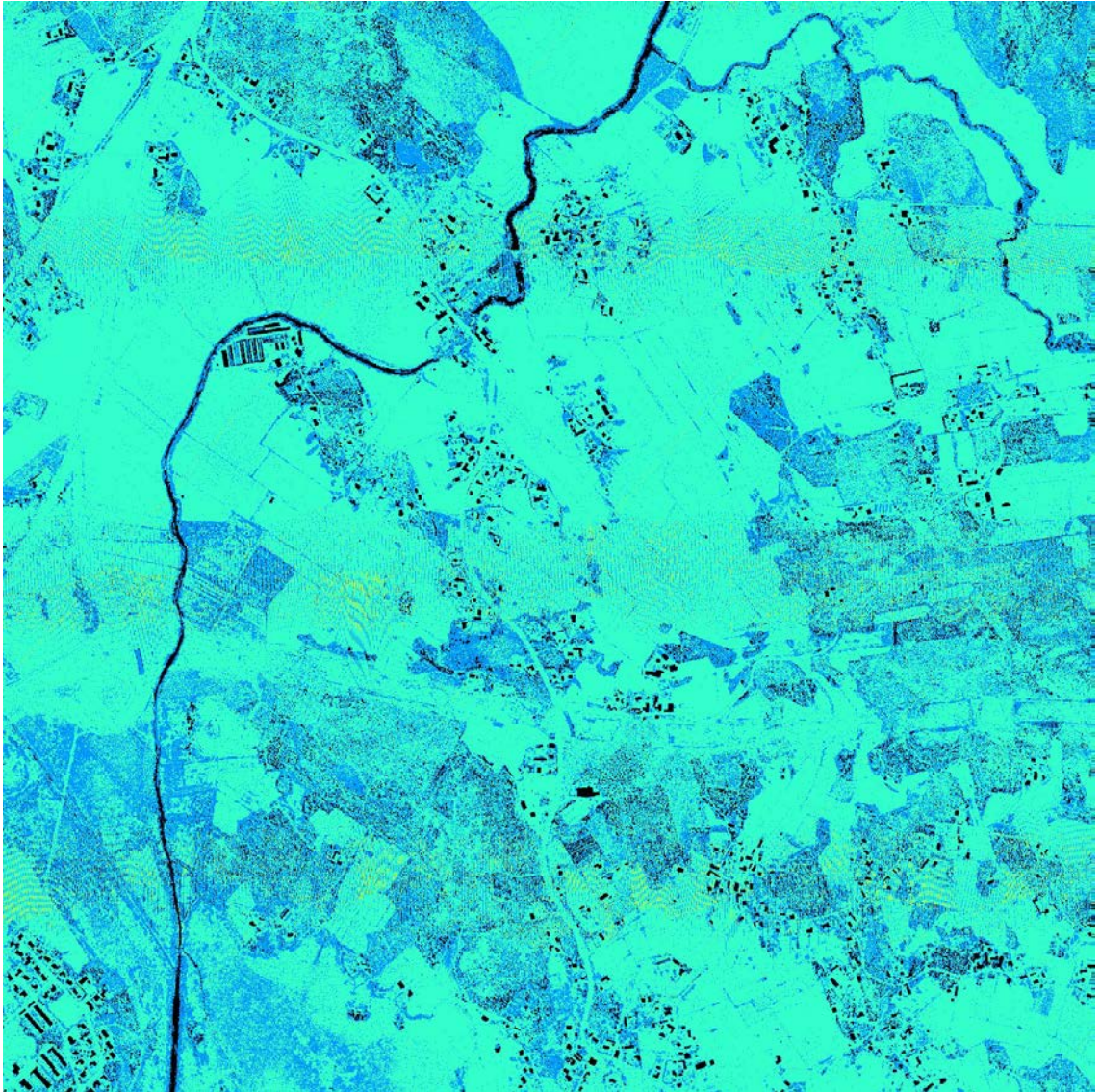
Kuva 26. Blokkijaon mukainen kuva tuotantoalueiden korkeuseroista. Kuvassa erottuu hyvin sinisellä louhosalueen muuttunut maanpinta.



Kuva 27. Blokkijaon mukainen kuva. Kuvassa näkyy hyvin alueiden päällekkäisyys.



Kuva 28. Blokkijaon mukainen kuva tuotantoalueiden korkeuseroista. Kuvassa erottuu hyvin risteysalue. Risteys kuuluu hankkeeseen E18 Haminan ohikulkutie (16).



Kuva 29. Blokkijaon mukainen kuva. Kuvassa näkyy hyvin alueiden päällekkäisyys.

9 Ehdotus menetelmistä korkeudenmuutoskohtien paikantamisesta korkeusmallin (KM2) ajantasaistuksessa

Päällekkäiset tuotantoalueet ovat havaittavissa opinnäytetyön yhteydessä luodusta indeksikuvasta (Liite1_Vertailuindeksi_2008-2014.pdf). Vertailuindeksiä ja mahdollisia vihjetietoja apuna käyttäen valitaan tarkasteltava tuotantoalue. Indeksia kannattaa vuosittain päivittää. Alueita voi tarkastella myös Ilmarekisterin karttaliitymässä.

Korkeusmalli on tehty yleensä vanhemmasta laserkeilauksesta. Asian voi tarkistaa Maanmittauslaitoksen aineiston metatiedoista esimerkiksi tuotantoaluekohtaisesta metatietoja sisältävästä taulukosta. Vertailuun kannattaa käyttää automaattiluokiteltua aineistoa.

Vertailu tehdään komentoriviltä soveltuvia LasTools-ohjelmia hyödyntäen. Tarvittavat komennot suoritetaan ja lopputuloksena saadaan JPG-tiedostomuodossa olevat blokki-jaon mukaiset kuvat, joista on nähtävissä korkeudenmuutoskohteet. Menetelmä on kuvattu luvussa 8.3.

Lisäksi molempien aineistojen maanpinnan-luokkaa kuvaavista pisteistä voidaan tehdä karttalehtijaon mukaiset visualisointikuvat, mikäli halutaan nähdä tarkemmin, minkätyypistä muutosta maanpinnassa on tapahtunut. Eri-ikäisten aineistojen samasta kohdasta tehtyä visualisointikuvaa vertailemalla voidaan päätellä, minkätyypistä muutosta on tapahtunut.

Mikäli tarvitaan tarkempaa tietoa korkeudenmuutoskohteista, tehdään vertailu sekä TerraScan-ohjelman että LasTools-ohjelmien toimintoja hyödyntäen. Vanhempaa aineistoa käytetään vertailupintana. Tarkasteltavat päällekkäiset aineistot kopioidaan tietokoneen paikalliselle levyille. LAZ-tiedostot puretaan tarvittaessa LAS-tiedostoiksi Laszip.exe-ohjelmaa käyttäen.

Vertailtavista aineistoista poistetaan ylimääräiset pisteet joko LasTools-ohjelmia käyttäen tai TerraScan-ohjelmalla sopivia makroja hyödyntäen.

Pisteet tuodaan uudemman aineiston esikäsittelyssä käytettyyn TerraScan-projektiin. Yhdistettyä aineistoa voi avata karttalehtijaon mukaisissa blokeissa. Yksi blokki sisältää

vanhemman ja uudemman aineiston maanpintaa edustavat pisteet (automaattiluokittelussa maanpinnan pisteiksi luokittuneet pisteet).

Yhdistetylle aineistolle suoritetaan TerraScan-ohjelmaa käyttäen makro, jolla luokitellaan uuteen luokkaan ne uudemman aineiston pisteet, jotka eroavat korkeussijainniltaan vertailupinnasta. Vanhempaa aineistoa käytetään vertailupintana. Uudempaa aineistoa luokitellaan. Luokittelun tuloksena saadaan esiin korkeat ja matalat pisteet. Esiin saadaan siis ne uudemman aineiston pisteet, jotka eroavat korkeusasemaltaan vanhemmasta aineistosta.

Avataan TerraScanilla pelkät korkeat ja matalat pisteet koko tuotantoalueen osalta ja tallennetaan tulos LAS-tiedostona. Tehdään Microstationilla JPG-kuva avatuista pisteistä. Kuvaan jätetään näkyviin myös DGN-tiedostossa oleva karttalehtijako. Tehdään LasTools ohjelmakokoelman blast2dem.exe-ohjelmalla visualisointikuva LAS-tiedostosta, jossa edellä mainitut korkeuserot ovat. Lisäksi visualisointi tehdään karttalehtitään, jolloin tehdään visualisointi vain korkeuseroista.

PNG-muotoista korkeuseroja kuvaavaa visualisointikuvaa (esimerkki liite 3) ja korkeuseroja kuvaavaa JPG-kuvaa (esimerkki liite 2) apuna käyttäen voidaan valita karttalehtiä korkeusmallin ajantasaistukseen. Ehdotettujen karttalehtien numerot kerätään esimerkiksi taulukkoon. Taulukko toimii lähtötietona ajantasaistusta suunniteltaessa.

Edellä kuvatuilla tavoilla voidaan kartoittaa korkeudenmuutoskohtia olemassa olevaa päällekkäistä aineistoa hyödyntäen. Lisäksi edellä kuvatuissa tavoissa hyödynnetään sellaisia järjestelmiä ja ohjelmia, joita Maanmittauslaitoksella on jo ennestään käytössä.

10 Pohdinta

Varsinainen valinta koealueesta tehtiin korkeusmallityön asiantuntijoiden avulla. Työtä varten luotu vertailuindeksi soveltuu tuotantoalueiden päällekkäisyyden tarkasteluun. Indeksiksi kannattaa vuosittain päivittää. Eri-ikäisten aineistojen korkeustietojen vertailua kannattaa tehdä vihjetietojen ja ajantasaisen indeksikuvan perusteella. Kannattaa ylläpitää indeksikuvaa, josta tuotantoalueiden päällekkäisyys on helposti hahmotettavissa. Vihjetietoja mahdollisista korkeudenmuutoskohteista kannattaisi kerätä esimerkiksi Maanmittauslaitoksen toimipisteistä korkeusmallityötä tekeviltä henkilöiltä. Vihjetietojen lisäksi kannattaa päällekkäisiä tuotantoalueita käydä läpi järjestelmällisesti korkeudenmuutoskohtien paikantamiseksi.

Koetyö onnistui odotetusti. Aineistojen korkeuserot saatiin esiin ja korkeudenmuutoskohtien paikantaminen näin ollen onnistui. Koetyötä tehdessä huomattiin, että korkeudenmuutoskohtien paikantamista kannattaa tehdä käyttäen sekä TerraScan-ohjelmaa että LasTools-ohjelmia. Molemmista ohjelmista kannattaa hyödyntää niiden parhaat ominaisuudet. Ensimmäisessä vaiheessa vertailu kannattaa kuitenkin tehdä LasTools-ohjelmia hyödyntäen.

Koeaineistoksi valittiin tarkoituksella kevät- ja kesäkeilaus, koska usein uudelleenkeilaus on tehty kesäkeilauksena. Vertailuaineistona on kaksi osittain päällekkäistä tuotantoaluetta Virolahden alueelta. Aineistojen päällekkäisyyttä varten luotiin vertailuindeksi (liite 1).

Koetyön lopputuloksesta on nähtävissä kevät- ja kesäkeilausten eroja. Kahden kevätkeilauksen välillä tehtyä vertailua eivät häiritsisi kevät- ja kesäkeilausten erot. Toisaalta usein ensimmäinen laserkeilaus on tehty kevätkeilauksena ja toinen keilaus kesäkeilauksena. Tulosten perusteella voi päätellä, että koetyössä tehtyä korkeuksien vertailua kannattaa tehdä yli 30 cm:n korkeuseroja etsiessä. Maanmittauslaitoksen aineiston keskimääräinen korkeustarkkuus on 15 senttimetriä, joten alle 15 senttimetrin erojen paikantaminen koetyössä käytetyin menetelmin on epävarmaa. Lisäksi 15–30 senttimetrin erot voivat paikoittain johtua kasvillisuudesta. Lisäksi esiin voi nousta vedenpinnan korkeudesta johtuvia eroja. Koetyössä havaittiin, että erot nousevat esiin, kun etsitään yli 50 senttimetrin korkeuseroja. Parhaiten selkeät korkeudenmuutoskohteet nousivat esiin, kun etsittiin yli metrin korkeuseroja.

Koko vertailualueelle suoritettiin makro, jolla etsittiin tuotantoalueiden välisiä vähintään yhden metrin korkeuseroja. Luokittelun tulos avattiin TerraScan-ohjelmalla. Pisteet tallennettiin yhtenä LAS-tiedostona, jotta tulosta olisi helppo tarkastella myöhemmin. Lisäksi tulos tallennettiin JPG-kuvana (liite 2). Kuvan perusteella voi korkeusmallin ajantasaistusta kohdentaa niille alueille, joilla korkeudenmuutoksia on eniten.

Lisäksi vertailu tehtiin LasTools-ohjelmilla. Suoritettiin tarvittavat komennot suoraan komentoriviltä. Lopputuloksena saatiin blokkijaon mukaiset JPG-tiedostomuotoiset kuvat, joista on nähtävissä korkeudenmuutoskohdat. Tämä tapa oli edellä mainittua tapaa tehokkaampi ja lopputuloksena saadut kuvat jossakin määrin informatiivisempia. Lopputuloksessa on kuitenkin enemmän tulkinnan varaa kuin ensin esitettyssä tavassa tehdä korkeudenmuutosvertailua. Lähtökohtaisesti alkuvaiheessa kannattaa kuitenkin tehdä korkeudenmuutosvertailua LasTools-ohjelmilla.

Aineiston tarkastelussa huomattiin, että osa korkeuseroista johtuu kevät- ja kesäkeilausten eroista. Koetyön menetelmin voi siis paikantaa mahdolliset korkeudenmuutoskohdet, mutta korkeusmallin päivittämisestä kannattaa päättää tapauskohtaisesti. Lisäksi ennen ajantasaistusta tulisi päättää, mitkä kohteet ovat riittävän tärkeitä korkeusmallin päivittämiseen. Koetyössä esiin nousivat mm. hankkeesta E18 Haminan ohikulkutie johtuvat korkeuserot. Lisäksi esiin nousivat mm. louhosalueen toiminnasta johtuvat korkeuserot. Lisäksi tulisi päättää, mitkä kohteet suljetaan päivittämisen ulkopuolelle, mikäli uudelleenkeilaus on tehty kesäkeilausena. Lisäksi tarkasteltavaksi nousee eri keilausten välinen istuvuus. Vaikka riittävä istuvuus onkin tarkastettu laadunvalvonnan yhteydessä, voivat eri-ikäiset aineistot erota toisistaan.

Lähteet

- 1 Hyyppä Juha, Wagner Wolfgang, Hollaus Markus, Hyyppä Hannu. 2009. Teoksessa (The) SAGE Handbook of Remote Sensing. Warner Timothy A., Nellis M. Duane, Foody Giles M. (toim.). California. Thousand Oaks.
- 2 Holopainen Markus, Hyyppä Juha, Vastaranta Mikko. 2013. Laserkeilaus metsävarojen hallinnassa. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen julkaisuja nro 5. Helsingin yliopisto. Metsätieteiden laitos.
- 3 Vilhomaa Juha. 2008. Valtakunnallisen korkeusmallin tuotantoprosessin kehitystyö. Licensiaattityö. Teknillinen korkeakoulu Espoo. Maanmittausosasto.
- 4 Sirkiä Olli. 2014. MML laserpistepilvi-tuotekuvausta. Laserkeilausaineiston tuotekuvaus. Maanmittauslaitos.
- 5 Kareinen Juha. 2008. Maastotietokannan ajantasaistus laserkeilausaineistosta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu Espoo. Maanmittausosasto.
- 6 Laaksonen Heli. 2009. Maanmittauslaitoksen uusi korkeusmalli laserkeilaamalla - hyöty ja mahdollisuudet. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Maantieteen laitos.
- 7 Laserkeilausaineisto. 2015. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/laserkeilausaineisto>. Luettu 27.2.2015.
- 8 Ohjeet WMS. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/aineistot-palvelut/rajapintapalvelut/ohjeet-wms>. Luettu 4.3.2015.
- 9 Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/aineistot-palvelut/latauspalvelut/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu> .Luettu 4.3.2015.
- 10 Narinen Mika. 2014. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston hyödyntäminen yhdyskuntatekniikassa, Liite 3, Lastools-ohjelman käyttöohje. Insinööriyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma.
- 11 Lehtonen Pekka. 2010. Terrasolid toimii maailmanlaajuisesti. Maankäyttö-lehti. haastattelu. http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk410/mk410_1414_lehtonen.pdf . Luettu 4.3.2015.
- 12 Ventin Jakob. 2010. Ilmaisia ohjelmia laserkeilausaineistojen käsittelyyn. Esi- telmä laserkeilaus ja korkeusmalliseminaarissa. Saatavissa: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/MML_korkeuspäiväesitys_JakobVentin.pdf . Luettu 4.3.2015.

- 13 Maanmittauslaitoksen Ilmarekisterin tietokanta. Laserkeilausaineistojen metatiedot. Maanmittauslaitos. Luettu 20.2.2015.
- 14 Ilmarekisteri 2.1. Ohje. 2014. Maanmittauslaitos.
- 15 ESRI. ArcGIS 10.2. Ohje. 2014. Saatavissa: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//00qn0000001p000000>_Luettu 19.2.2015.
- 16 Haminan ohikulkutie. Hankkeen perustiedot. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. Liikenneviraston internetsivut. Saatavissa: http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/haminan_ohikulkutie/Hankkeen_perustiedot_Luettu 25.3.2015.
- 17 Isenburgh Martin. Lastools-ohje, lassplit_README.txt. Rapidlasso.
- 18 Isenburgh Martin. Lastools-ohje, lastile_README.txt. Rapidlasso.
- 19 Isenburgh Martin. Lastools-ohje, lasoverage_README.txt. Rapidlasso.
- 20 Isenburgh Martin. Lastools-ohje, lasoverlap_README.txt. Rapidlasso.
- 21 Isenburgh Martin. Lastools-ohje, blast2dem_README.txt. Rapidlasso.
- 22 Isenburgh Martin. Lastools-ohje, laszip_README.txt. Rapidlasso.

Vertailuindeksi 2008–2014

Eri-ikäisten aineistojen vertailua varten luotiin PDF-muotoinen vertailuindeksi. Vertailuindeksi 2008–2014 on Maanmittauslaitoksen Ilmarekisterin PDF-tulosteesta hieman muokattu indeksi, jonka avulla voi tarkastella kaikkien laserkeilaustuotantoalueiden rajauksia. Indeksi on luotu lähinnä Maanmittauslaitoksen omaa käyttöä ajatellen.

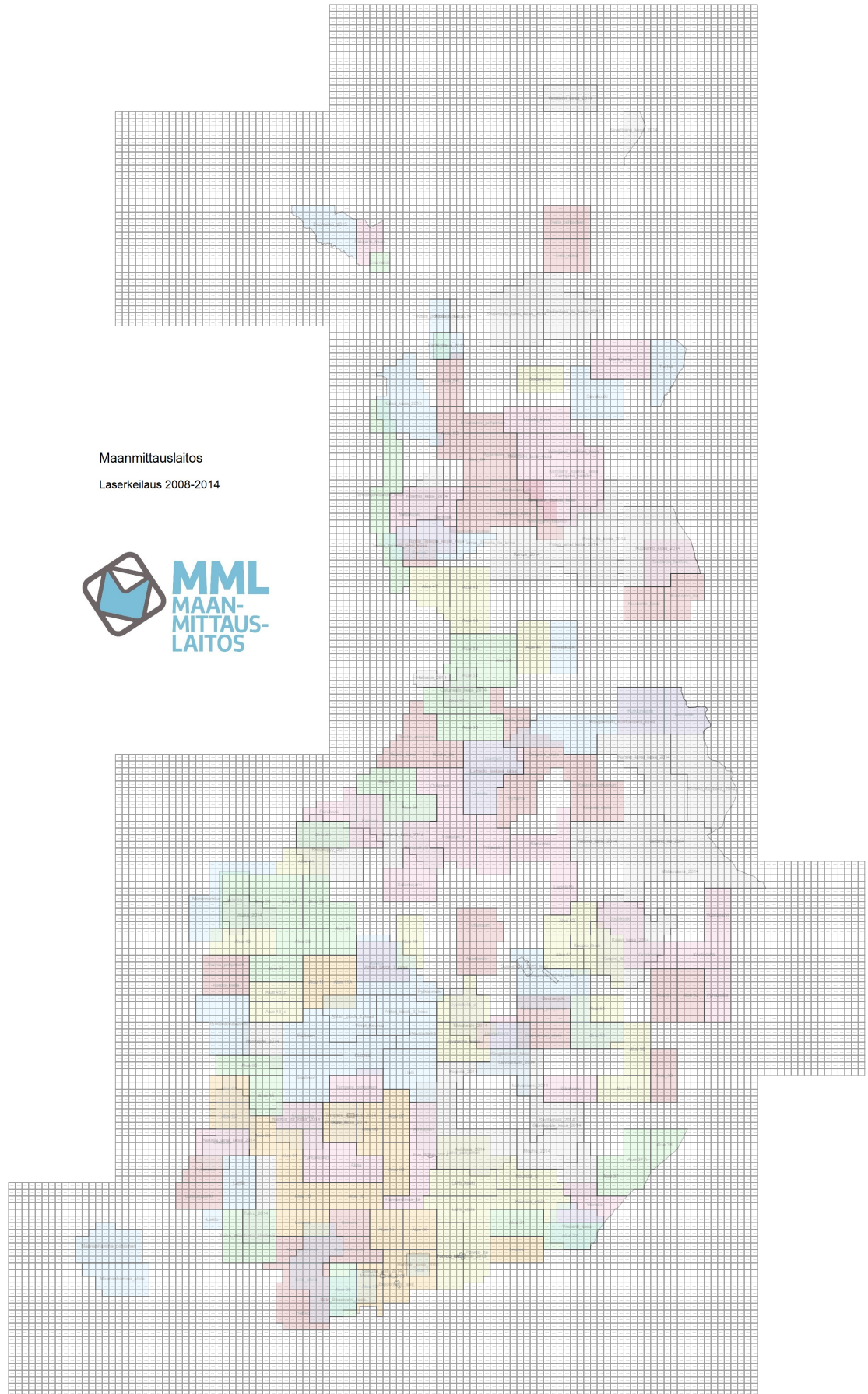
Kaikki indeksissä olevat tiedot, kuten taustakuva, karttalehtijako, tuotantoalueiden rajaukset ovat Maanmittauslaitoksen Ilmarekisteristä peräisin olevia tietoja. Ilmarekisterin taustakuva on tuotu Maanmittauslaitoksen Karttakuvapalvelusta (WMS).

Korkeustietojen vertailu alueet Virolahti_kesa ja Alue 22

Kuva eri-ikäisten aineistojen vertailun tuloksesta (PDF-tiedosto). Alkuperäinen kuva luotiin JPG-tiedostomuotoon. Liitteessä näkyy vertailtujen tuotantoalueiden väliset vähintään 1m:n korkeuserot päällekkäisen alueen osalta. Laserpisteiden perusteella laskenut maanpinta on kuvassa violetilla. Noussut maanpinta on kuvassa ruskealla. Osa korkeuseroista voi johtua kasvillisuudesta.

Korkeustietojen vertailu alueet Virolahti_kesa ja Alue 22

Kuva eri-ikäisten aineistojen vertailun tuloksesta (PDF-tiedosto). Alkuperäinen kuva luotiin PNG-tiedostomuotoon. Kuvaa on pienennetty. Liitteessä näkyy vertailtujen tuotantoalueiden väliset vähintään 1m:n korkeuserot päällekkäisen alueen osalta LasTools-ohjelmalla visualisoituna. Osa korkeuseroista voi johtua kasvillisuudesta. Visualisointikuvasta jätettiin pois kolmiot, joiden sivu on yli 25 metriä. Tämän takia myös korkeudenmuutoskohdissa voi olla aukkoja, mikäli pisteiden väli on laseraineistossa ollut suurempi.



Maanmittauslaitos
Laserkeilaus 2008-2014



L5212A3	L5212C1	L5212C3	L5212E1	L5212E3	L5212G1	L5212G3	L5214A1	L5214A3	L5214C1	L5214C3	L5214E1	L5214E3	L5214G1	L5214G3	L5232A1	L5232A3	L5232C1
L5211B3	L5211D1	L5211D3	L5211F1	L5211F3	L5211H1	L5211H3	L5213B1	L5213B3	L5213D1	L5213D3	L5213F1	L5213F3	L5213H1	L5213H3			
L5211B4	L5211D2	L5211D4	L5211F2	L5211F4	L5211H2	L5211H4	L5213B2	L5213B4	L5213D2	L5213D4	L5213F2	L5213F4	L5213H2	L5213H4	L5231B2	L5231B4	
L5211A3	L5211C1	L5211C3	L5211E1	L5211E3	L5211G1	L5211G3	L5213A1	L5213A3	L5213C1	L5213C3	L5213E1	L5213E3	L5213G1	L5213G3			
L5211A4	L5211C2	L5211C4	L5211E2	L5211E4	L5211G2	L5211G4	L5213A2	L5213A4	L5213C2	L5213C4	L5213E2	L5213E4	L5213G2	L5213G4			
L5122B3	L5122D1	L5122D3	L5122F1	L5122F3	L5122H1	L5122H3	L5124B1	L5124B3	L5124D1	L5124D3	L5124F1	L5124F3					
L5122B4	L5122D2	L5122D4	L5122F2	L5122F4	L5122H2	L5122H4	L5124B2	L5124B4	L5124D2	L5124D4	L5124F2	L5124F4	L5124H2				
L5122A4	L5122C2	L5122C4	L5122E2	L5122E4	L5122G2	L5122G4	L5124A2	L5124A4	L5124C2	L5124C4	L5124E2	L5124E4					
L5122E3	L5122E5	L5122G5	L5122H5	L5122I5	L5122J5	L5122K5	L5124A5	L5124A7	L5124C5	L5124C7	L5124E5	L5124E7					
L5121E4	L5121H2	L5121H4	L5123B2	L5123B4	L5123D2	L5123D4	L5123F2	L5123F4	L5123H2	L5123H4	L5123J2	L5123J4					

Maanmittauslaitoksen laserkellausaineisto
Korkeustietojen vertailu
Lite 2

Alueet: Virolahti kesä (2013) ja Alue 22 (2009)
Vähintään 1m korkeuserot

Lite3 Korkeustietojen vertailu alueet Virolahti kesa ja Alue 22

