

ROVANIEMEN VANHAN ASEMARAKENNUKSEN  
LASERSKANNAUS

Ikonen Markus

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Markus Ikonen	Vuosi	2018
<b>Ohjaaja(t)</b>	Timo Karppinen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Rovaniemen Tilaliikelaitos		
<b>Työn nimi</b>	Rovaniemen vanhan asemarakennuksen laserskannaus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	30 + 7		

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä yleisesti laserkeilaamiseen ja tuottaa Rovaniemen vanhasta asemarakennuksesta laserskannaamalla pistepilvimallinnos. Tavoitteena oli oppia laserkeilaamisen työvaiheet aina mittauksien suunnittelusta mittauksien toteuttamiseen ja saadun aineiston työstämiseen.

Työ toteutettiin kahdessa erillisessä osassa. Ensimmäisen osion tarkoituksena oli perehtyä laserkeilaamiseen yleisesti teoriapainotteisesti. Toinen osio perustui laserkeilausten toteuttamiseen käytännön tasolla. Lopuksi mittausaineisto työstettiin valmiiksi mallinnokseksi kohteesta. Työssä käydään läpi yksityiskohtaisesti pistepilvien rekisteröinti Zoller+Fröhlich LaserControl -ohjelmalla sekä sen lopullinen muokkaaminen Trimblen RealWorks -ohjelmistolla valmiiksi mallinnokseksi kohteesta.

Työ perehdyttää lukijan pintapuolisesti laserkeilaamisen perusteisiin, mittauksien laatuun vaikuttaviin tekijöihin, mahdollisiin käyttökohteisiin sekä tulevaisuuden näkymiin laserkeilauksen maailmassa. Työ oli tarpeellinen, koska vanhan asemarakennuksen lähistöön kohdistuu mahdollisia rakenteellisia muutostöitä. Mallinnos tehtiin käytettäväksi lähinnä visuaalisena dokumentaationa vanhasta asemarakennuksesta. Tästä syystä mallinnosta oli vaikea arvioida mittaustekniisesti. Visuaalisesta näkökulmasta katsottuna malli on kohdetta hyvin havainnollistava.

Avainsanat

laserskannaus, laserkeilaus, keilaus, skannaus, pistepilvi, mallinnos

Technology, Communication and Transport  
Degree Programme of Land Surveying  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Markus Ikonen	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Timo Karppinen		
<b>Commissioned by</b>	Tilaliikelaitos of Rovaniemi		
<b>Subject of thesis</b>	Laser Scanning of the Old Railway Station of Rovaniemi		
<b>Number of pages</b>	30 + 7		

---

The objective of this Bachelor's thesis was to study laser scanning generally and to produce a 3D-model that consists of several point clouds. The subject of this laser scanning was the old railway station of Rovaniemi. The 3D-model is used as a documentation of the exterior of the building. This documentation is necessary because there is a possibility of structural changes in the near surroundings of the station.

The thesis discussed the basics of the laser scanning, the factors affecting the quality of the surveys, the possible applications and the future views of laser scanning. The stages of laser scanning of the old railway station of Rovaniemi were described in detail in this thesis. The stages included the production and editing of the surveys up to a ready 3D-model.

The registration of the point clouds in the Zoller+Fröhlich LaserControl program and the final editing of the 3D-model in Trimble's RealWork software were presented in the thesis.

Key words

laser scanning, scanning, 3D-model, point cloud

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	7
2 LASERKEILAUS.....	8
2.1 Laserkeilauksen perusteet.....	8
2.2 Laatuun vaikuttavat tekijät.....	9
2.3 Käyttökohteita.....	11
2.4 Laserkeilauksen tulevaisuus.....	11
3 KÄYTTÄMÄNI LASERKEILAIN.....	13
4 ROVANIEMEN VANHAN ASEMARAKENNUKSEN LASERSKANNAUS.....	14
4.1 Rovaniemen vanha asemarakennus.....	14
4.2 Laserskannausprosessi.....	15
4.2.1 Apupistemittaukset.....	16
4.2.2 Laserskannaus.....	17
4.2.3 Takymetrikuvaukset.....	19
4.3 Mittaustulosten käsittely.....	21
4.3.1 3D-Win.....	21
4.3.2 Zoller+Fröhlich LaserControl 7.5.....	21
4.3.3 Trimble RealWorks Survey Advanced 6.3.....	23
5 POHDINTAA.....	28
LÄHTEET.....	29
LIITTEET.....	30

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Rovaniemen kaupunkia kiinnostavan kohteen ehdottamisesta opinnäytetyökseni. Kiitän myös ohjaavaa opettajaani, Timo Karppista, avustamisesta työn eri vaiheissa.

Erityiskiitoksen haluan osoittaa Oulun yliopistossa opiskelleelle arkkitehtiohjelma-oppilaita Jonna Kalliselle hyvin toimineesta yhteistyöstämme.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

©

Tekijänoikeusmerkki

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä laserkeilaamisen perusteisiin aina pistepilven tuottamisesta saadun aineiston käsittelyyn. Lopputuotteena työstä saatiin valmiiksi muokattu laserskannausaineisto eli mallinnos Rovaniemen vanhan asemarakennuksen ulkopinnoista.

Ajatus laserskannaamiseen liittyvästä opinnäytetyöstä lähti liikkeelle kiinnostuksesta aihetta kohtaan. Keväällä 2017 tarjoutui mahdollisuus yhteistyöhön Oulun yliopistossa opiskelevan arkkitehtiopiskelija Jonna Kallisen kanssa. Kesän aikana Rovaniemen kaupungilta tarjottiin kohteeksi Rovaniemen vanhaa asemarakennusta, joka soveltui molempien lopputyön aiheeksi. Kallisen diplomityö sisältää Rovaniemen vanhan asemarakennuksen rakennushistoriaselvityksen ja uuden käytön suunnitelman. Laserskannaus suoritettiin rakennushistoriaselvitystä tukevana dokumentaationa. Kallisen diplomityö on luettavissa Oulun yliopiston e-gradutyöasemilla.

Laserskannattava kohde sijaitsee Rovaniemen keskustassa, osoitteessa Poromiehentie 1. Työn merkittävyyttä lisää se, että Rovaniemen vanha asemarakennus kuuluu siihen harvaan 1900-luvun alun tai sitä edeltävään Rovaniemen kaupungin rakennuskantaan. Rakennus on suojeltu asemakaavassa rakennushistoriallisesti, kulttuurihistoriallisesti ja kaupunkikuvallisesti merkittävänä kohteena. Kohteen ympäristöön on suunnitteilla mittavia rakenteellisia muutostöitä, joilla voi olla välillisesti vaikutus asemarakennukseen.

## 2 LASERKEILAUS

### 2.1 Laserkeilauksen perusteet

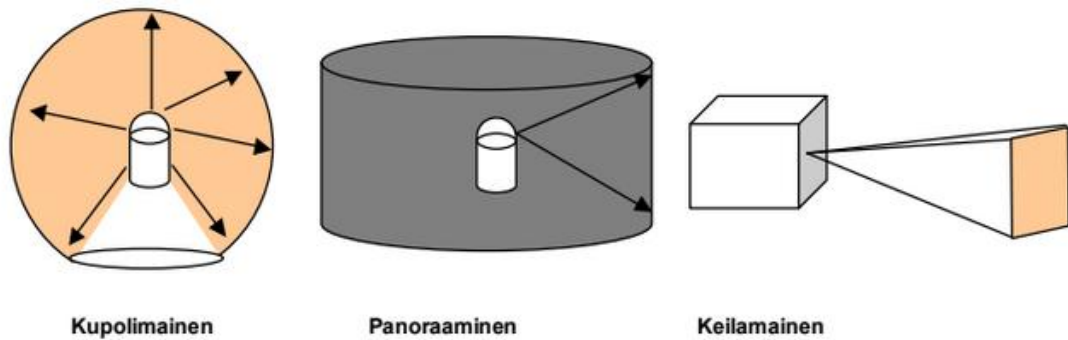
Laserkeilauksen peruseräite on kohteesta tai alueesta saatu mittatarkka pistepilvi, jossa jokaisella pisteellä on oma x-, y- ja z- koordinaattitieto. Nämä tiedot saadaan mitattua ilman fyysistä koskettamista mittauspintoihin. Pistepilvi saadaan kerättyä laitteesta lähtevien lasersäteiden kulkuajan tai vaihe-eron mitaamisella. Tästä tiedosta saadaan laskennallisesti määritettyä kojeen ja kohteen välimatka. Kun tiedetään lisäksi laserkeilaimen tarkka sijainti, voidaan mitaustulokset sitoa haluttuun koordinaatistoon. Laitteeseen palautuneesta lasersäteestä saadulla intensiteetillä eli sävyeron arvolla saadaan havainnollistettua paremmin kohteen kolmiulotteisuus. Lisäksi mitaustuloksiin voidaan liittää laserkeilauskojeen sijainnista kohteesta otettuja valokuvia. (Mitta Oy 2017.)

Laserkeilauslaitteet voidaan luokitella kolmeen pääluokkaan. Ensimmäinen on kaukokartoitus-laserkeilaimet, joita käytetään lentävistä laitteista kuten lentokoneista ja jopa avaruusaluksista. Mittausetäisyydet näillä laitteilla on jopa 100 kilometriä. Tarkkuusluokka näillä laitteilla on tyypillisesti >10 senttimetriä. Toinen pääluokka on maalaserkeilaimet eli terrestriaaliset laserkeilaimet. Niitä käytetään tyypillisesti alle 300 metrin etäisyyksillä. Mittaustarkkuus laitteilla on alle kaksi senttimetriä. Kolmas pääluokka on teollisuuslaserkeilaimet, joita käytetään alle 30 metrin matkoilta. Näillä laitteilla päästään jopa alle millimetrin tarkkuuksiin. (Joala 2006, 1.) Tästä eteenpäin keskityn maalaser- eli terrestriaalisiin laserkeilaimiin. Opinnäytetyöni mittauksissa käyttämäni Z+F -laserkeilain kuuluu tähän luokitukseen.

Maalaserkeilaimet jaetaan neljään eri tyyppiin niiden toimintaperiaatteen perusteella. Niitä ovat kupolimainen, panoraaminen ja keilamainen mitaustapa (kuvio 1) sekä optinen kolmiomittaus. Suurin osa käytettävistä mittalaitteista on kupolimaisesti mitaavia. Tällä mitaustavalla mitaamatonta aluetta jää vain pieni alue laitteen alapuolelta. Harvemmin käytettyihin mitaustyyppihin kuuluvat panoraamisesti ja keilamaisesti mitaavat laitteet. Panoraamisessa mitaustavassa on mitausrajoitus ylöspäin ja keilamaisessa vain yhteen suuntaan keila-



maisesti. Kaikkein harvinaisin mittaustapa on optinen kolmiomittaus. Piste-  
mittauksessa se on hyvinkin tarkka, mutta mittausetäisyys rajoittaa toimintaa.  
Lisäksi siinä on muihin tapoihin verrattuna suuret katvealueet. (Joala 2006, 2.)



Kuvio 1. Laserkeilaimien päätyypit (Joala 2006, 2)

Laserkeilaimet voidaan jakaa myös kahteen ryhmään niiden etäisyysmittaus-  
menetelmän perusteella. Niitä ovat valon kulkuaikaan perustuvat keilaimet ja  
vaihe-erokeilaimet. Vaihe-erokeilaimet pystyvät suuriin mittaussopeuksiin. Ne  
kykenevät mittaamaan jopa 500 000 pistettä sekunnissa. Kyseisten laitteiden  
rajoittavana tekijänä on lyhyet, noin 80 metrin, mittausetäisyydet. Valon kulkuai-  
kaan perustuvat laitteet ovat hitaampia, mutta niiden mittausetäisyydet ovat pi-  
tempiä. Lisäksi niissä päästään laadukkaampiin mittaustuloksiin erityisesti koh-  
teen reunoissa. (Joala 2006, 2.)

## 2.2 Laatuun vaikuttavat tekijät

Laserkeilaamalla tuotetun pistepilven yleisin käyttötarkoitus on kohteen mallin-  
taminen. Tästä näkökulmasta katsottuna kolme tärkeää laserkeilausprojektin  
laatuun vaikuttavaa tekijää ovat: Yksittäisen mitatun pisteen laatu, pistepilven  
tiheys sekä erikseen mitattujen pistepilvien yhdistämisen laatu. (Joala 2006, 3.)

Yksittäisen mitatun pisteen laatuun vaikuttaa pisteen hajonta. Hajontaan vaikut-  
taa mittaussäteen osumiskulma kohteessa. Mallintaessa kohdetta on siis otet-  
tava huomioon jäännösvirheiden seuraaminen. Mittausetäisyyksien kasvaessa  
myös palautuvan signaalin voimakkuus heikkenee. Palautuvan signaalin voi-  
makkuuteen vaikuttaa myös mitattavan kohteen pinnan ominaisuudet. Esimer-

kiksi signaali palautuu eritavalla maalatusta kuin rapatusta seinästä. Kohteen kaarevuudellakin on vaikutus paluusignaalin voimakkuuteen. Palautuvan signaalin voimakkuutta, intensiteettiä, voidaan kuvata visuaalisesti jokaisen pisteen kohdalla erillisenä värierona tai harmaasävyerona. Tällä tavalla myös mahdolliset tekstuurit saadaan näkyviin tasomaisilta pinnoilta. Mittalaitteen sisäisen kameran tai ulkoisella kameralla otetusta kuvasta voidaan määrittää jokaiselle pisteelle myös oikea väri. (Joala 2006, 3.)

Pistepilven tiheydellä tarkoitetaan pistepilvessä olevien mitattujen pisteiden välistä etäisyyttä toisiinsa nähden. Yksinkertaisesti voidaan sanoa, että mitä tiheämpi pistepilvi on, sitä tarkemmin pystytään kohdetta mallintamaan. Erityisesti putkistot ja kohteen reunat vaativat tiheämpää pisteytystä. On kuitenkin muistettava, ettei tiheästä pistepilvestä ole hyötyä, jos mitattujen pisteiden tarkkuus on huono. Pistepilven tiheyteen vaikuttavat merkittävästi käytettävä laite sekä etäisyys mitattavasta kohteesta. Vaihe-eromenetelmällä mittaavien laitteiden kohdalta voidaan sanoa karkeasti niiden mittaavan 50 metrin matkalta noin kahdeksan millimetrin kokoiseen ruutuun. (Joala 2006, 3.)

Kolmas pistepilven laatuun vaikuttava tekijä on erikseen mitattujen pistepilvien yhdistämisen laatu. Usein mallintamiseen tarvitaan kohteesta useita erillisiä pistepilviä, jotta saadaan mallinnettua kattavasti koko kohde. Mitattujen pistepilvien yhdistämiseen on olemassa useita erilaisia menetelmiä, mutta tarkin niistä on tähyksien käyttöön perustuva menetelmä. Jokaisesta pistepilvestä tulee löytyä ainakin kolme tähyistä, joiden avulla pistepilvet yhdistetään samaan koordinaatistoon. Tähykset tulee mitata keilaimella pistepilveen sekä takymetrillä erilliseen tiedostoon. Yleisimpiä tähysmalleja ovat tasomainen, pallomainen tai puolipallomainen tähyys. Tällä menetelmällä päästään parhaimmillaan parin millimetrin suuruiseen tarkkuuteen. (Joala 2006, 4.)

Pistepilvet pystytään yhdistämään myös kahdella muullakin tavalla. Toinen niistä on harvemmin käytetty yhdistystapa, joka perustuu yhteisiin mallinnettuihin kohteisiin. Siinä kahdesta erikseen mitatusta pistepilvestä mallinnetaan yhteisiä kohteita, joita voivat olla tasot, rakennuksen kulmat tai muut selkeästi erottuvat kohteet. Näille annetaan omat koodit ja niiden avulla asetetaan pistepilvet koh-

dakkain. Tällä menetelmällä ei saavuteta kuitenkaan aivan yhtä tarkkaa lopputulosta kuin tähyksien avulla. Kolmas tapa pistepilvien yhdistämiseen on yhteisten alueiden avulla yhdistäminen. Tässä menetelmässä vaaditaan, että ainakin kolmasosa pistepilvistä peittää saman alueen. Molemmista pistepilvistä osoitetaan minimissään kolme yhteistä pistettä, joita käytetään pistepilvien likiarvosovituksena. Tämän jälkeen voidaan sovittaa pistepilvet samaan koordinaatistoon. Tällä menetelmällä tarkkuudeksi saadaan <10mm. (Joala 2006, 4.)

### 2.3 Käyttökohteita

Tyypillisiä laserkeilauskohteita ovat kohteet, joista ei esimerkiksi ole piirustuksia. Tällaisia kohteita voivat olla kirkot, arvorakennukset tai vaikkapa sillat. Laserkeilauksia tuotetaan myös kohteista, joista tarvitaan nopeasti yksityiskohtaista tietoa. Yksi tärkeä laserkeilauksien käyttökohde on vaaralliset tai muuten vaikeat kohteet. Niitä voivat olla esimerkiksi louhokset, sähkölaitokset, tunnelit sekä korkeat rakennukset. Laserkeilaamista voidaan käyttää myös ihan tavallisten maanmittaustöiden lisäksi laadunvalvontaan. (Joala 2006, 5.) Laserkeilauksia voidaan myös hyödyntää viranomaistoiminnassa. Esimerkiksi Englannin poliisi käyttää laserkeilaimia liikenneonnettomuuksien selvittelyyn. Tämä toiminta on nopeuttanut työtä ja lyhentänyt huomattavasti onnettomuuksista johtuneita liikennekatkoksia. Näissä tehtävissä keilaimet tuottivat säästöjä kymmeniä miljoonia puntia muutamassa kuukaudessa. (Hammond 2012.)

### 2.4 Laserkeilauksen tulevaisuus

Laserkeilaamisen tulevaisuus näyttää valoisalta. Mittausmaailmassa vallitsevaksi teemaksi on vuonna 2017 noussut ”skannauksen demokratisoituminen”. Tällä viitataan siihen, että lähestulkoon jokaisella on mahdollisuus hankkia mittauskalusto ja alkaa tuottamaan laserkeilauksia. Suurin syy tähän on laitteiden hankintahinnan huomattava aleneminen. Monella muulla alalla samanlainen ”demokratisoituminen” tapahtui jo menneillä vuosikymmenillä. On kuitenkin huomattava tietyt vaaranpaikat tässä kehityksessä. Vaikka laitteet kehittyvätkin, ei se välttämättä takaa laitteiden käyttäjien osaamisen kehittymistä samassa tahdissa. Mikäli halutaan demokratisoitumisen ylettyvän ammattimittauksen maailmaan, vaatii se vähintäänkin mittaustekniikan perusteiden perusteellista

oppimista. Yksi huomionarvoinen seikka liittyy kehittyvien laitteiden tarkkuuden ilmoittamisen oikeellisuuteen. Nykypäivänä kaikille laitteille ilmoitetaan tarkkuudeksi millimetriluokan mittaustarkkuus, jolloin mittauksen maailmasta tietämätön voi kuvitella laitteiden pääsevän oikeasti hyvinkin tarkkoihin tuloksiin. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole käytännössä. Mittauksen lopulliseen tarkkuuteen vaikuttavat useat osatekijät. Tarkkuus on saatettu määrittää laboratorioolosuhteissa tai jopa ratkaistu ohjelmallisesti. Tällaiset tulokset eivät ole mitenkään vertailukelpoisia esimerkiksi työmaaolosuhteissa tehtyihin mittauksiin. (Nordic Geo Center Oy 2017.) Laserkeilaamisen kehittymistä hyvin kuvaava yksityiskohta on keilauksista poisjäävät tähykset. Riegel on jo tuonut markkinoille laserkeilaimen, joka ei tarvitse tähyksiä laisinkaan. Tämä nopeuttaa laserkeilauksien tuottamista huomattavasti. (Riegel 2018.)

### 3 KÄYTTÄMÄNI LASERKEILAIN

Zoller+Fröhlich IMAGER 5006i -laserkeilaimen (kuvio 2) maksimaalinen mitta-usetäisyys kohteesta on 79 metriä. Mittausetäisyyden tulee olla minimissään 0,4 metriä. Laite kykenee lähettämään noin puoli miljoonaa lasersädettä sekunnissa. Laitteen toiminta pohjautuu vaihe-erokeilainten toimintaperiaatteisiin. Laitteessa on vaakasuuntaan pyörivä runko ja pystysuunnassa pyörivä ”peili”. Pystysuunnassa pyörivän peilin kautta tapahtuu lasersäteiden lähettäminen mitattavaan kohteeseen. Tiedostonsiirto laitteesta tapahtuu USB-portin kautta esimerkiksi muistitikulle. Laitetta voidaan ohjata sekä laitteen kyljessä olevista napeista, että WLAN- yhteyden kautta mobiililaitteella, kuten älypuhelimella. Laite on kalibroitu toimimaan -10 ja 45 celsiusasteen välillä kaikenlaisissa valo-olosuhteissa. Se ei siis tarvitse ulkoista valonlähdettä. (Zoller+Fröhlich 2009.)



Kuvio 2. Käyttämäni laserkeilain Zoller+Fröhlich IMAGER 5006i (Geospatial Modeling & Visualisation 2011)

Käyttämäni laserkeilain kykenee mittaamaan kupolimaisella mittaustavalla. Tästä syystä käytän jatkossa laserkeilaamisen sijaan termiä laserskannaaminen. Se on mielestäni kuvaavampi termi kupolimaisella mittaustavalla tuotetuista mittauksista.

## 4 ROVANIEMEN VANHAN ASEMARAKENNUKSEN LASERSKANNAUS

### 4.1 Rovaniemen vanha asemarakennus

Rovaniemen vanha asemarakennus, kiinteistötunnus 698-1-40-5, sijaitsee Rovaniemen keskustassa, osoitteessa Poromiehentie 1 (Maanmittauslaitos 2017). Kohde edustaa 1900-luvun alun asema-arkkitehtuuria. Jugend-tyylisen aseman on suunnitellut arkkitehti Thure Hellström. (Haavikko & Suvilehto 1986, 13.) Kohde on suojeltu asemakaavassa sr-merkinnällä suojeluperusteinaan rakennushistoriallinen, kulttuurihistoriallinen ja kaupunkikuvallinen arvo (Stadionark 2010, 35). Kuviossa 3 on kuvattuna vanha asemarakennus nykytilassaan Poromiehentien puolelta.



Kuvio 3. Rovaniemen vanha asemarakennus (© Jonna Kallinen 2017)

Aloitteen rautatien ja asemarakennuksen rakentamisesta teki Rovaniemen kauppa (Ahvenainen 1970, 360). Rakennuttajana toimi Tie- ja vesirakennusten ylihallitus. Rakennustoista vastasivat Insinöörit O.F. Nyberg ja E.F. Winter. (Schultz 1912, 161–162.) Valmis asemarakennus otettiin käyttöön juhlallisin seremonioin 16.10.1909 (Nummelin 2001, 5).

Rakennus toimi Rovaniemen varsinaisena rautatieasemana vuosina 1909–34 ja 1945–51. Vuodesta 1934 rakennus toimi rautatieläisten asuntona ja jatkosodan aikana asuintalona. Postitoimisto tiloissa toimi vuosina 1944–45. Vuodesta 1951 rakennuksen tilat toimivat naisten työtupana aina vuoteen 1974 saakka. Tästä lähtien rakennus oli tyhjiään aina vuoteen 1979, jolloin sen tiloihin muutti Lapin Maakuntamuseon luonnontieteellinen osasto. (Haavikko & Suvilehto 1986, 13.) Viimeisin toimija tiloissa on ollut Rovaniemen kuvataidekoulu vuosina 1998–2016 (Lallo 2017).

#### 4.2 Laserskannausprosessi

Rovaniemen vanhan asemarakennuksen laserskannaamisen varsinaiset esivalmistelut aloitin tutustumalla kohteeseen useaan kertaan alkusyksystä 2017. Kiersin kohteen ympäristöä ottaen huomioon hyviä, kiinteitä tähystarrojen kiinnityspintoja. Lisäksi mietin tulevaisuudessa mittauksissa käyttämiäni asepiteiden sijain- teja sekä skannausten suorituspaikkoja. Tutustuin myös kohteen sisätiloihin. Sisätiloihin tutustuessani, päädyin siihen lopputulokseen, etten mittaa kohteen sisuksia ollenkaan. Päädyin tähän lopputulokseen, koska sisätilat ovat hyvin sokkelomaiset ja useat huoneet ovat ahtaita. Näistä syistä mittauksiin olisi mennyt huomattavasti enemmän aikaa, eikä se ole tämän opinnäytetyön työ- tunnit huomioon ottaen mitenkään tarkoituksenmukaista. Työssä käytin Lapin ammattikorkeakoulun mittausvälineitä (kuvio 4).



Kuvio 4. Käyttämäni mittauskalusto. Kuvan oikeassa laidassa, avoimessa laati- kossa näkyy käyttämäni valkomusta tasomainen tähys

#### 4.2.1 Apupistemittaukset

Varsinaisiin mittauksiin pääsin käsiksi 9.10.2017, jolloin kävin mittaamassa kohteen ympärille apupisteitä ja tähystarroja. Apupisteiksi mittasin alueelle neljä asfalttinaulaa käyttäen Trimble R10 -vastaanotinta ja TSC3 -tallenninta statiiviin kiinnitettyinä. Jokaisen apupisteen mittaamiseen käytin 50 havaintoa ja havaintojen väliseksi ajaksi asetin yhden sekunnin. Lopullinen apupisteen sijainti määrittyi havaintojen keskiarvosta. Pienempikin havaintojen lukumäärä olisi varmasti ollut aivan hyvä tarkkuudeltaan. Koordinaatistona mittauksissa käytin ETRS-Gk26 -koordinaattijärjestelmää. Rovaniemen kaupungin taholta sain määräyksen mitata työ kyseiseen koordinaattijärjestelmään.



Kuvio 5. Trimble S6 -takymetri apupistemittauspäivänä

Seuraavaksi orientoin Trimble S6 -takymetrin (kuvio 5) vapaalle asemapisteelle miniprismaa hyödyntäen. Asemapisteen vaatimuksina olivat mahdollisimman hyvät näköyhteydet suunnittelemiini tähystarrojen sijainteihin. Takymetrin orientoinnin jälkeen kiinnitin tähystarrat kiinteisiin rakenteisiin (kuvio 6) ja mittasin niiden sijainnit kahtena havaintosarjana, takymetrin ykkös- ja kakkosasennossa.



Näistä havainnoista muodostui keskiarvona lopullinen tähystarran sijainti. Mittasin kohteen ympärille tällä mittauskerralla kuusi tähystarraa. Liitteenä 1 olevasta mittausraportista ilmenevät apu- ja asemapisteen sekä tähystarrojen 1–6 sijainnit, niin kuviolla kuin listattuna numeerisena koordinaattitietona ETRS-Gk26-koordinaatistossa.

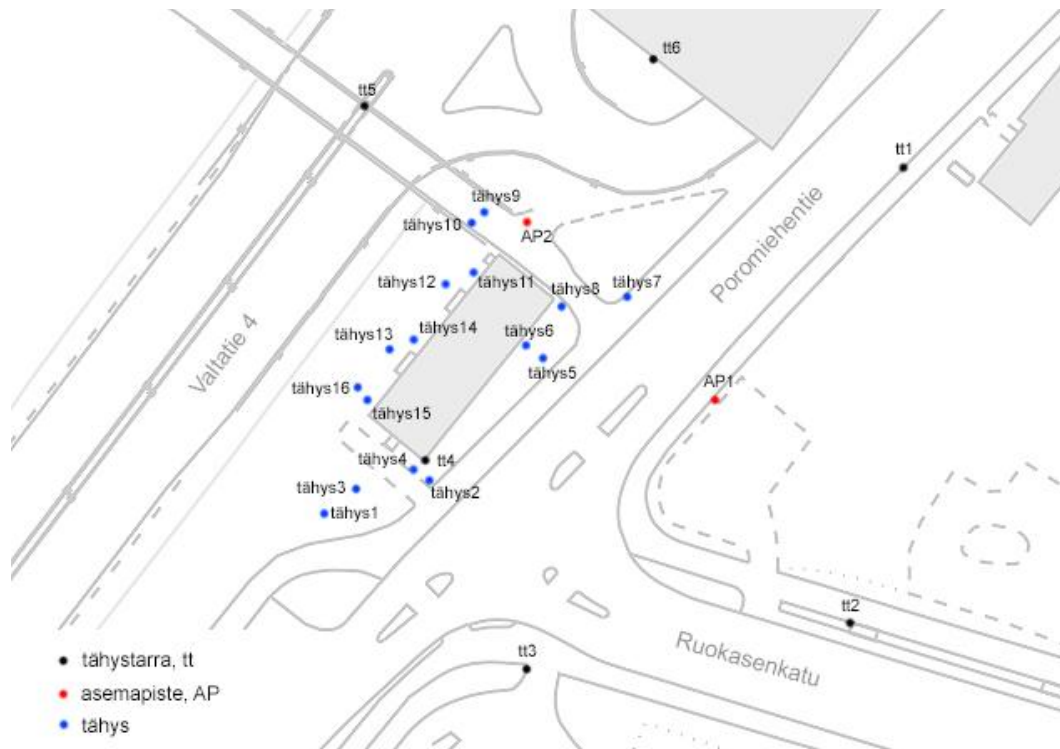


Kuvio 6. Tähystarra kiinnitettynä linja-autopysäkkiin

#### 4.2.2 Laserskannaus

Itse laserskannauksen aloittaminen tuotti vaikeuksia, sillä säätila oli koko suunnittelemani mittauspäivän sateinen ja jouduinkin lopulta siirtämään mittaamista toiseen ajankohtaan. Seuraavaksi mittauspäiväksi muodostui 25.10.2017. Kyseinen päivä oli hieman lumisateinen. Aloitin mittaukset aamulla noin yhdeksän aikaan. Pystyin tähykset kohteen eteläpäätyyn siten, että ne näkyivät ensimmäisille neljälle skannausasemalle muuttamatta niiden sijaintia. Seuraavaksi pystyitin laserskannerin suunnittelemaani skannausasemaan. Skannauksen jälkeen siirsin skannerin seuraavaan skannausasemaan ja käänsin tähykset osoittamaan sitä kohti. Tämän jälkeen suoritin toisen skannauksen. Tällä tavalla suoritin neljä ensimmäistä skannausta ilman tähyksien sijaintien muuttamista. Vasta näiden skannausten jälkeen orientoin täkymetrin suunnittelemalleni asemapisteele AP1 kolmen tähystarran avulla. Orientointi onnistui noin millin tai kahden suuruisella hajonnalla. Seuraavaksi mittasin kaikkien neljän tähyksen sijainnit. Tähyksien sijaintien mittaamiseen käytin yhtä havaintoa, en ottanut monta mittausta enkä käyttänyt keskiarvosijaintia. Tämä nopeutti osaltaan mittaamista, eikä se vaikuttanut merkittävästi mittaustarkkuuteen. Tein tällaisen ratkaisun siitäkkin syystä, että kohteen lähettyvillä kulki paljon ihmisiä ja olikin suu-

rena vaarana, että tähyksien sijainnit eivät pysy kovin pitkään samoina. Seuraavaksi siirsin kaksi kauimmaista tähystä laserskannerin eteen ja suoritin viidennen skannauksen. Tämän jälkeen siirsin nyt jäljempänä olevat kaksi tähystä eteenpäin siten, että uusi skannauspaikka olisi tähysten välissä. Tästä asetelmasta suoritin skannauksen ja sen jälkeen mittasin jälleen tähysten sijainnit takymetrillä. Tällä tavalla liikuin kohteen eteläpäästä poromiehentien suuntaisesti kohti keskustaa aina rakennuksen pohjoispäättyyn. Kuviosta 7 ilmenee laserskannauspäivän asemapisteidien, tähystarrojen ja tähyksien sijainnit asemarakennuksen ympäristössä.



Kuvio 7. Havainnollistava kuvio laserskannauspäivän asemapisteistä, tähystarroista sekä tähyksistä Rovaniemen vanhan asemarakennuksen ympärillä. Alkuperäinen pohjakartta (© Maanmittauslaitos 2018)

Tämän jälkeen pystyitin takymetrin suunnittelemaani asemapisteeseen AP2 ja orientoin sen sijoilleen kolmen tähytarran avulla. Samalla siirsin kaksi tähystä kävelysillan päätyyn kohteen sivustalle. Näistä asetelmista suoritin skannauksen aivan kohteen pohjoispään vastaiselta seinustalta sillä tavoin, että sain mitattua koko rakennuksen päädyn yhdellä skannauksella. Tämä skannaus oli kaikkein haastavin, koska mittaus ajoittui ruuhka-aikaan. Lisäksi mittalaite täytyi

pystyttää lähestulkoon keskelle kävelykatua. Muutamia ohikulkijoita pitikin ohjeistaa pysymään poissa skannuksen tieltä.

Seuraavaksi siirsin skannerin kävelysillan keskivaiheille ja suoritin skannauksen. Tässä vaiheessa skannattua tuli vain kaksi tähystä. Myöhemmässä vaiheessa huomasin, ettei koululla oleva pistepilven käsittelyohjelma LaserControl 7.5 pystynytkään hyväksikäyttämään pistepilveä, jossa on käytetty vain kahta tähystä. Jouduinkin jättämään kävelysillalta tehdyn skannauksen kokonaan pois työstäni. Onnekseni se sisälsikin vain vähän pisteitä kohteesta, lähinnä vain sen Nelostien puoleisesta katosta.

Seuraavana siirryin skannaamaan Nelostien suuntaista seinustaa aivan kohteen seinustan tuntumaan pohjoispäästä kohti etelää. Skannaaminen tapahtui samaa kaavaa myötäillen kuin toisellakin puolella rakennusta. Kuljetin siis skanneria seinustan tuntumassa siten, että kaksi tähystä olivat aina samassa sijainnissa edelliseen skannaukseen nähden. Kaikkiaan laserskannasin kohdetta 14 eri sijainnista, mutta käyttökelpoisia skannauksia tuli siis 13. Liitteenä 2 olevasta mittausraportista ilmenee asemapisteen, tähystarrojen ja tähyksien sijainnit sekä kuvalla, että numeerisina koordinaattitietoina ETRS-Gk26-koordinaatistossa.

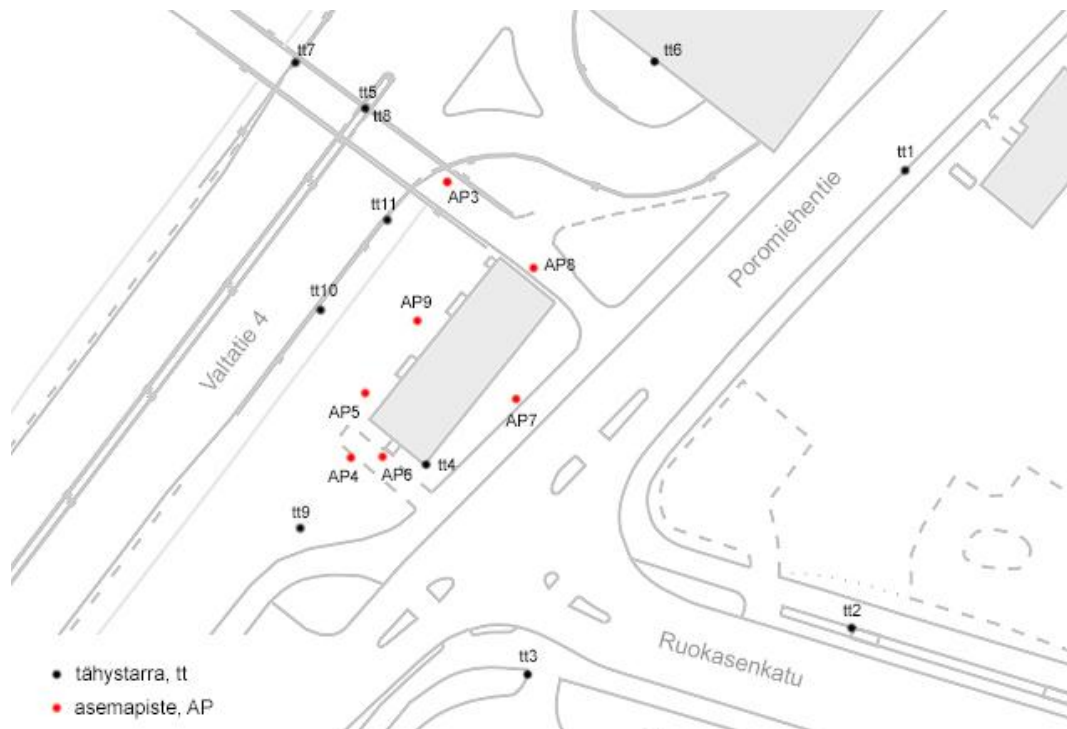
#### 4.2.3 Takymetrikuvaus

Suoritin Trimble S7 –takymetrillä (kuvio 8) kohteen kuvaamisen 24.11.2017, jotta sain pistepilviin liitettyä tekstuureja kohteesta. Päivä oli jälleen epäonnekseni lumisateinen ja tuulinen. Aloitin mittaukset aamulla yhdeksän aikaan mittaamalla ensin lisää tähystarroja kohteen ympäristöön. Niiden avulla sain takymetrin orientoitua kohteen jokaiselle sivustalle hyvään asemaan. Mittasin alueelle viisi uutta tähystarraa, kaksi kävelysillalle, kaksi Nelostien varteen kaiteeseen ja yhden kohteen eteläpäässä sijaitsevaan jätteen syväkeräyspisteeseen. Tähyksien mittauksien jälkeen orientoitin takymetrin suunnittelemani kuvauspaikkaan ja suoritin kuvaamisen. Tällä tavalla otin kuvia kohteen jokaiselta seinustalta. Yksittäinen kuvaaminen kesti noin 15 minuuttia ja kuvaus paikkoja kertyi yhteensä viisi kappaletta. Yhteensä kuvia tuli otettua takymetrillä 502 kappa-

letta. Kuviosta 9 ilmenee takymetrikuvauspäivän asemapisteiden ja tähystarrojen sijainnit asemarakennuksen ympäristössä. Liitteenä 3 olevasta mittausraportista ilmenee käytettyjen tähystarrojen sijainnit sekä havainnollistavalla kuvalla, että numeerisena koordinaattitietona ETRS-Gk26 - koordinaatistossa.



Kuvio 8. Trimble S7 -takymetri tekstuurien kuvauspäivänä



Kuvio 9. Havainnollistava kuvio takymetrikuvauspäivän asemapisteistä ja tähystarroista Rovaniemen vanhan asemarakennuksen ympärillä. Alkuperäinen pohjakartta (© Maanmittauslaitos 2018)

### 4.3 Mittaustulosten käsittely

#### 4.3.1 3D-Win

3D-Win -ohjelmalla suorittamani mittaustulosten käsittely oli varsin pienimuotoista. Muokkasin sillä ainoastaan takymetrillä mitattujen tähystarrojen tunnuksia ja poistin jatkokäytössä tarvittavasta tiedostosta kaiken muun paitsi tähyksien pistenumerot, pintatunnukset ja koordinaatit. Lopuksi loin xyz-tiedostosta Caplan-formaattisen tiedoston tahykset.K. Tätä tiedostoa tarvitsin keilauksien rekisteröinnin yhteydessä.

#### 4.3.2 Zoller+Fröhlich LaserControl 7.5

Käsittelin aineiston Lapin ammattikoulun maanmittauslaboratoriossa sijaitsevilla tietokoneilla. Käsittelyohjelmistona käytin LaserControl -ohjelmistoa, jonka versionumero oli 7.5. Aineiston käsittelyn aloitin kopioimalla mittausaineiston koneen c-asemalle My Documents -kansioon. Tätä kautta sain LaserControl -ohjelmalla avattua käsiteltävät aineistot. Suoritin ensimmäisenä aineistolle muokkauksen Processing-toiminnon kautta seuraavanlaisesti. Intensity-toiminnolla poistin intensiteettirajojen ylittävät ja alittavat pisteet. Asetin rajoiksi minimissään -1 ja maksimiksi 100 %. Mikäli alaraja olisi ollut 0, ei pisteitä olisi karsittu lainkaan. Invalid- toiminnolla poistin mahdolliset pisteet skannerinrungosta. Tässä toiminnossa käytin 25,5 astetta. Mixed pixel -toiminnolla poistin varsinaisen kohteen, esimerkiksi sen nurkan, takana olevat ”haamupisteet”. Kyseiseen toimintoon asetin parametreiksi Pixel = 6 ja Angle = 2 astetta. Range-toiminnolla karsin etäisyysrajojen ylittävät ja alittavat pisteet. Alarajaksi asetin 0,5 metriä ja ylärajaksi 20 metriä. Single pixel -toiminnolla karsin yksittäiset pistehavainnot, jotka eivät ole pinnoilla. Niitä voisivat olla siis esimerkiksi havainnot ilman hiukkasista. Näitä oli tiedostossa paljon, koska mittauspäivänä satoi lunta. Kyseisessä toiminnossa käytin parametriarvona 2. Thin-toiminnolla karsin tiedostosta ylitteävät pisteet. Tähän asetin tiheydeksi yhden millimetrin. Pisteet ovat siis maksimissaan millin päässä toisistaan.

Asetettuani koneen muokkaamaan tiedostot haluamikseni, sillä meni muutamia minuutteja saada aineisto kokonaan muokattua. Tiedostot tallentuivat automaattisesti samaan paikkaan mistä olin ne avannutkin. Seuraava toimenpide jota aloin tekemään oli yksittäisten skannausten rekisteröinti yhdeksi kokonaisuudeksi (kuvio 10).

Käyttämäni tietokone ei jaksanut aktivoida kaikkia skannauksia kerralla, joten jouduin käsittelemään ne korkeintaan neljä skannausta kerrallaan aktiivisena. Tämä hidasti hiukan rekisteröintiä. Rekisteröinnissä ensimmäisenä asetin Help find targets -toiminnon päälle. Tämä toiminto helpotti tähyksien tunnistamista siten, että ohjelmisto ehdotti tähyksien sijaintia, kun olin itse osoittanut kaksi ensimmäistä tähytä. Tähän tarvitsin 3D-Win -ohjelmistolla luomaani Caplan-tiedostoa, tahykset.K, jossa oli tähyksien koordinaatit, pistenumerot ja pintatunnukset. Seuraavaksi kävin kaikki keilaukset läpi yksitellen käyttäen Fit target -toimintoa osoittaen jokaisesta kaksi tähytä. Näiden osoittamisen jälkeen, ohjelmisto ehdotti muiden tähysten sijainnit. Nyt minun tarvitsi vain käydä ne yksitellen hyväksymässä.



Kuvio 10. Kuvakaappaus pistepilvien rekisteröinnistä LaserControl -ohjelmassa

Kun olin saanut kaikki skannausten tähykset osoitettua, siirryin itse rekisteröintiin. Se sujui varsin helposti Register all scans -toiminnolla. Minun täytyi vain hakea Tachy-kohtaan luomani Caplan-tiedosto, tahykset.K, ja tämän jälkeen valita ne skannaukset, jotka halusin rekisteröidä. Tässä tapauksessa valitsin siis kaikki skannaukset mukaan. Seuraavaksi ohjelma antoiinkin raportin skannauksi-

en rekisteröinnistä (kuvio 11). Tarkastin rekisteröinnin hajonnan ja se oli sallituissa rajoissa eli alle 7.0mm. Mittauksieni rekisteröinnin suurin hajonta oli 5,4 millimetriä.

### **Standard Deviation of the Targets, calculated only from the Scan-Data**

*Summary:*

<b>0 of 51 enabled targets whose deviations are greater than the defined threshold 7.0 mm</b>	
<b>Total number of targets</b>	<b>51</b>
<b>Number of disabled targets</b>	<b>0</b>
<b>Average Deviation</b>	<b>2.4 mm</b>
<b>Standard Deviation</b>	<b>1.1 mm</b>
<b>Maximal Deviation</b>	<b>5.4 mm</b>

Kuvio 11. Skannausten rekisteröinnin lopputuloksien yhteenveto

Seuraavana vein keilaukset ulos ohjelmasta Batch convert -toiminnolla. Asetin tiedoston formaatiksi XYZ.ASC ja valitsin Options-valikosta, että intensiteetti tallennetaan arvoilla 0,255 eli harmaasävykuvana. Rajoitin lopullista tiedostokokoä asettamalla Subsample kohtaan Pixel ja Lines arvoiksi kumpaankin 2. Tällä tavalla, vain joka toinen viiva ja piste otetaan huomioon.

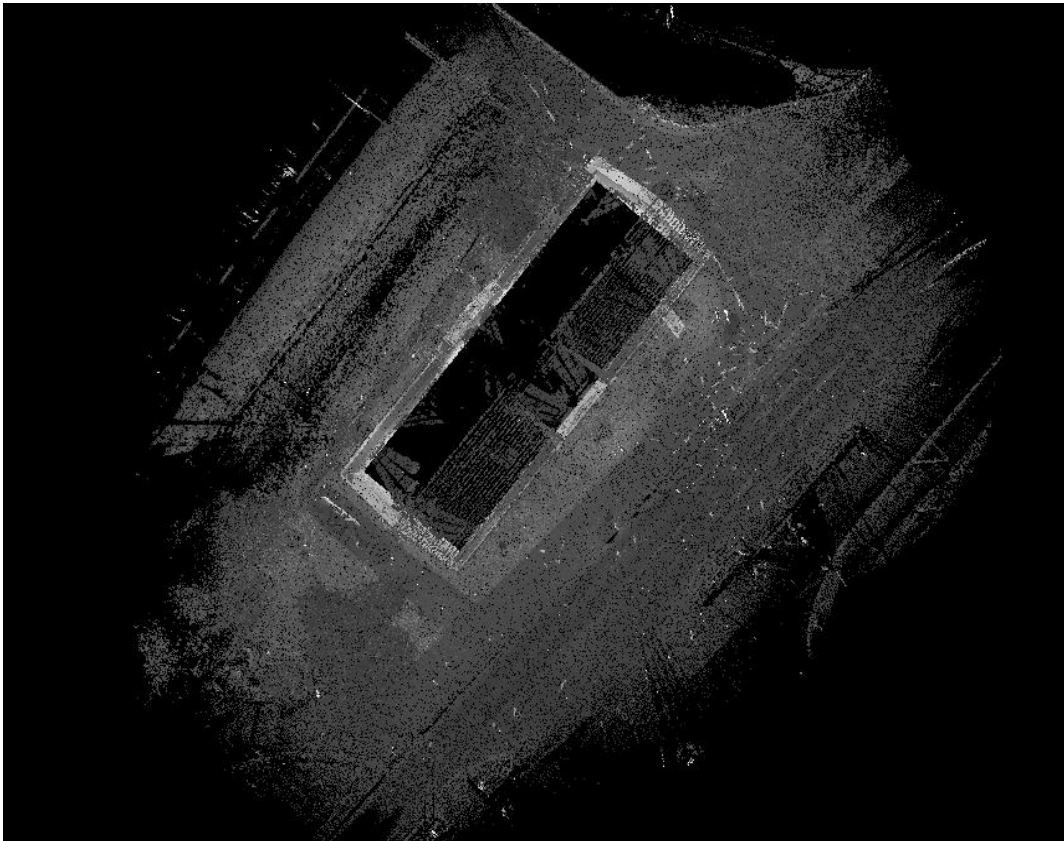
LaserControl -ohjelmalla tehdyt toimenpiteen vähensivät tiedostoista pisteitä huomattavasti. Otin selvää, kuinka paljon alkuperäisessä keilaustiedostossa oli pisteitä ja kuinka paljon niitä oli, kun vein muokatun tiedoston RealWorks -ohjelmaan. Alkuperäisessä tiedostossa oli pisteitä 280 079 471 kappaletta ja kun tein alkumuokkaukset LaserControl -ohjelmalla, niitä oli RealWorksiin vietävässä tiedostossa 69 596 668. Tiedostot pienenevät siis reilulla 200 miljoonalla pisteellä.

#### 4.3.3 Trimble RealWorks Survey Advanced 6.3

Rekisteröityäni mittausaineiston LaserControl- ohjelmalla ETRS-Gk26-koordinaattijärjestelmään, seuraava työstövaihe oli aineiston muokkaaminen RealWorks -ohjelmalla lopulliseen muotoon tekstuureineen. Tähän muokkaami-

seen kuului muun muassa turhien pisteiden poistaminen aineistosta. Aloitin RealWorks -ohjelmalla asettamalla muutamat asetukset päälle. Edit-valikosta valitsin Preferences. Tätä kautta pääsin Viewer-välilehdelle valitsemaan Head Always Up (Z-axis). Tällä tarkoitetaan sitä, että navigoidessa yläsuunta pysyy aina koordinaatiston mukaisena. Muutin myös taustaväri mustaksi Background Color -valikosta. Units-välilehdeltä muutin Display Properties -valikosta desimaalit kolmeksi eli millimetritarkkuuteen. Unit System -valikkoon valitsin yksiköiksi metrit ja asteet.

Seuraavaksi avasin ASCII-muotoon tallentamani keilaustiedostot File ja Open-valikon kautta. Tietokone avasi tiedostot yksitellen, avaten jokaisen kohdalla erikseen Neutral Point Inport -ikkunan. Tästä ikkunasta valitsin sisällöksi Coordinates and intensity. Tämä vaihtoehto tuo pisteille ominaisen intensiteetin ja näin ollen kolmiulotteisuutta on helpompi havainnoida. Mittayksiköksi valitsin metrit. Kun jokainen tiedosto oli avautunut, tallensin tiedostot My Documents -kansioon RWP-tiedostona Save as -toiminnolla. Kuvioissa 12 ja 13 on esitetty muokkaamaton pistepilvi.



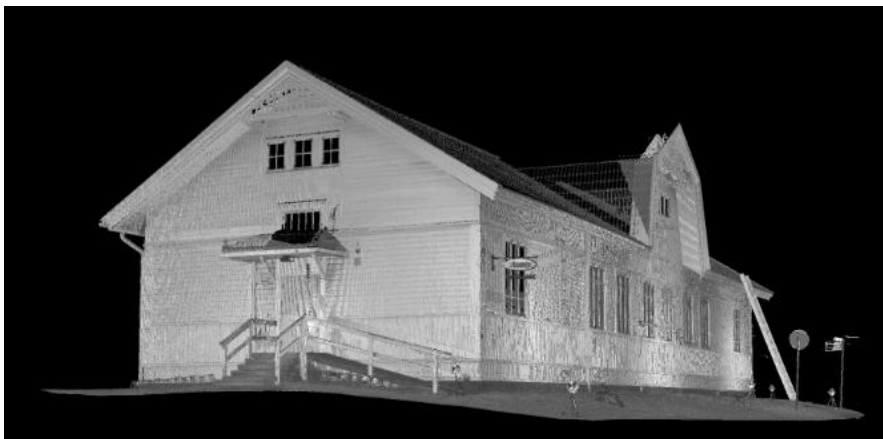
Kuvio 12. Kuvakaappaus ylhäältä RealWorksissä muokkaamattomasta pistepilvestä





Kuvio 13. Kuvakaappaus RealWorksissä muokkaamattomasta pistepilvestä

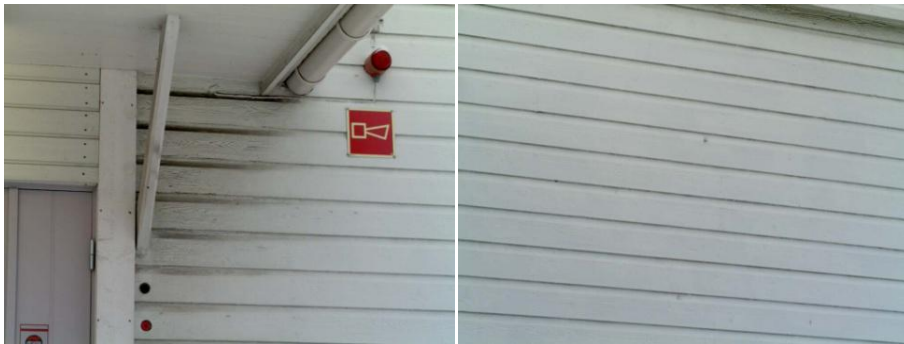
Tallennuksen jälkeen aloin poistamaan tiedostosta pisteet, joita en halunnut siinä olevan. Tässä työvaiheessa käytettävän koneen alhaiset tehot hidastivat huomattavasti työn etenemistä. Jokaista komentoa, täytyi odottaa useamman sekunnin ajan ja kootun aineiston kääntäminenkin oli erittäin takkuavaa. Segmentation-työkalun monikulmaisella työkalulla, Polygonal Selection, rajasin työhön jäävät pisteet, eli kohteen ja sen ympäriltä muutaman metrin. Pikanäppäimellä i eli in säilytin valitsemani alueen sisäpuoliset pisteet työhön mukaan. Seuraavaksi kääntelin tiedostoa ja etsin sieltä pisteitä, jotka halusin poistaa. Niitä olivat esimerkiksi puiden oksista ja ohikulkevista ihmisistä jääneet pisteet. Poistin ne samalla valinnalla kuin edellisessä kohdassa, mutta nyt käytin pikanäppäintä o eli out. Tällä tavalla haluamani pisteet poistuivat työstä. Lopuksi loin valituista pisteistä oman pistepilven Create-toiminolla. Tällaisten toimintojen jälkeen valmiiksi muokatussa tiedostossa oli enää 34 411 401 pistettä. Valmis pistepilvi on esitetty kuviossa 14. Pistepilvi on avattavissa ASC-tiedostona esimerkiksi CloudCompare -ohjelmistolla. Seuraavaksi siirryin takymetrikuvien lisäämiseen, jotta saisin tekstuureja havainnollistamaan paremmin pistepilveä.



Kuvio 14. Kuvakaappaus RealWorksissä muokatusta pistepilvestä

Trimble S7 -takymetrillä ottamieni valokuvien (kuviot 15 ja 16) liittäminen mitattuun pistepilveen piti olla yksinkertainen ja nopea toimenpide. Toisin kuitenkin kävi. Koulun koneilla ollut versio RealWorksistä ei tukenut koordinaatistoon kuvattujen valokuvien yhdistämistä pistepilveen. Otimme ohjaavan opettajani Timo Karppisen kanssa yhteyttä jopa Geotrimin asiakastukeen, mutta heidänkin ainut ohje oli uudemman version asentaminen. Tämä ei kuitenkaan onnistunut kohtuuttomien kulujen vuoksi.

Toisena vaihtoehtona kuvien liittämiseen olisi ollut manuaalinen kuvien sovittaminen yksitellen pistepilveen oikeaan kohtaan. Tämä olisi kuitenkin vaatinut jokaisen kuvan yksilöllisen sovittamisen neljän vastinpisteen kautta oikeaan kohtaan. Työmäärä olisi siis ollut aivan valta, kun ottaa huomioon, että kuvia oli noin 500 kappaletta.



Kuviot 15 ja 16. Trimble S7 -takymetrillä otetut vierekkäiset kuvat kohteesta

Ottaen myös huomioon sen, että kuvasin rakennuksen lumiseen aikaan, ei kuvilla olisi ollut kovin suurta muutosta pistepilven tekstuureihin. Näiden syiden yhteenvedona päätin, että jätän tekstuurien lisäämisen kokonaan pois työstäni. Alla nähdään valmiista mallinnoksesta otettuja kuvakaappauksia (kuviot 17–20) eri kuvakulmista.



Kuvio 17. Kuvakaappaus valmiista pistepilvestä Poromiehentie puolelta



Kuvio 18. Kuvakaappaus valmiista pistepilvestä



Kuvio 19. Kuvakaappaus valmiista pistepilvestä Nelostien puolelta



Kuvio 20. Kuvakaappaus valmiista pistepilvestä

## 5 POHDINTAA

Tällä opinnäytetyöllä ei ollut varsinaisesti mitään tutkimuksellista tavoitetta. Tavoitteena oli oppia laserkeilaamisen perusteet käytännönharjoituksen kautta tuottamalla valikoidun kohteen ulkopinnoista laserskannaamalla kolmiulotteinen ajantasamallinnos. Mallinnos liitetään Oulun yliopistossa tuotetun diplomityön rakennushistoriaselvityksen osaksi. Työt pidetään kuitenkin selvästi erillään toisistaan.

Työ koostui kahdesta eri osa-alueesta. Ensimmäisen osan tarkoituksena oli perehtyä laserkeilaamisen perusteisiin. Jälkimmäisen osan tarkoitus oli oppia käytännönläheisesti laserskannaamisen työvaiheet. Työnlopputuloksen arvioiminen ei ole mittaustarkkuudellisesti arvioitavissa, koska laserskannaamiseen ei ole määritetty mitään mittaustarkkuudellisia raja-arvoja, toisin kuin esimerkiksi rakennusteknisissä mittauksissa. Ei siis ole tarkoitus, että tästä työstä voitaisiin ottaa tarkkoja mittoja esimerkiksi tehtäessä rakenteellisia muutostöitä. Työtä pitääkin arvioida vain sen visuaalisen näytävyyden kautta.

Mittauksien tuottaminen ja mittaustuloksien muokkaaminen onnistuivat varsin hyvin. Vaikeuksia tuotti lähinnä käytettävien tietokoneiden alhaiset tehot muokausvaiheessa. Mittausvaiheesta voisin sanoa sen, että olisi ollut työnlopputulokselle hyväksi, jos olisin hankkinut laserskannerille tarkoitetun nosturin. Sen avulla olisin saanut mitattua kohteen kattorakenteen paljon paremmin. Tätä kautta työ olisi ollut vieläkin näyttävämpi kokonaisuus. Nyt osa kattorakenteista jäi kokonaan skannausten ulkopuolelle ja osasta sain pistepilvimateriaalia vai osittain.

Ajallisesti mittaukset olisi ollut järkevämpi ajoittaa aikaisempaan ajankohtaan. Jouduin tekemään mittauksia lumisateisissakin olosuhteissa ja aikaisemmalla ajankohdalla mittalaitteet olisivat olleet vapaammin käytettävissäni. Eniten miina jäi kuitenkin työssä harmittamaan, pistepilveä tukevaksi materiaaliksi tarkoitettujen takymetrikuvien pois jääminen. Olisi ollut hienoa päästä muokkaamaan työtä tekstuurillisesti kuvien kautta. Mielestäni tämä ei kuitenkaan merkittävästi vähennä työn visuaalista näytävyyttä.

## LÄHTEET

Ahvenainen, J. 1970. Rovaniemen historia II 1631–1960. 1. painos. Kuopio: Rovaniemen kaupunki.

Geospatial Modeling & Visualisation 2011. Z+F Laser Scanner Workflow. Viitattu 19.3.2018 <http://gmvc.cast.uark.edu/scanning/zf-scanning-workflow-2/>.

Hammond, S. 2012. Department for Transport. Clear-up initiative saving economy millions by reopening roads quicker. Viitattu 21.2.2018 <https://urly.fi/Vik>.

Haavikko, J. & Suvilehto, J. 1986. Katoava Rovaniemi: Vanhan rakennuskannan inventointi 1984–1986. 1. painos. Rovaniemi: Lapin maakuntamuseo.

Joala, V. 2006. Leica Nilomark Oy. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Viitattu 20.2.2018 <https://urly.fi/Vij>.

Lallo, A. 2017. Rovaniemen kuvataidekoulu. Kuvataidekoulun rehtorin haastattelu 23.11.2017.

Mitta Oy 2017. Laserkeilaus. Viitattu 19.2.2018 <http://www.mitta.fi/palvelut/mittauspalvelut/laserkeilaus-ja-mallinnus/>.

Maanmittauslaitos 2017. Karttapaikka. Viitattu 18.12.2017 <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>.

Nordic Geo Center Oy 2017. Laserskannauksen demokratisoituminen? Viitattu 19.2.2018 <https://urly.fi/Vil>.

Nummelin, M. 2001. Rovaniemen viisi asemaa. Resiina no. 4.

Riegl 2018. Riegl VZ-400i. Viitattu 21.2.2018 <https://urly.fi/Vim>.

Schultz, K. A. 1912. Suomen valtionrautatiet 1862-1912. Historiallis- teknillis-taloudellinen kertomus I. Selonteko eri radoista. Helsinki.

Stadionark 2010. Rakennetun kulttuuriympäristön selvitys Rovaniemen keskustan osayleiskaava- alueella. Viitattu 17.12.2017 <https://urly.fi/Vin>.

Zoller+Fröhlich 2009. Technical data Z+F IMAGER 5006i. Viitattu 19.2.2018 <https://urly.fi/Vio>.

## LIITTEET

- Liite 1. Mittausraportti: Rovaniemen vanhan asemarakennuksen laserskannuksen apupiste- ja tähystarramittaukset
- Liite 2. Mittausraportti: Rovaniemen vanhan asemarakennuksen laserskannaus
- Liite 3. Mittausraportti: Rovaniemen vanhan asemarakennuksen takymetrikuvaus

Markus Ikonen  
R501M14S

**Mittausraportti**  
Opinnäytetyö: Rovaniemen vanhan  
asemarakennuksen laserskannaus  
2.12.2017

## Rovaniemen vanhan asemarakennuksen laserskannauksen apupiste- ja tähystarramittaukset

Päivän tehtävänä oli mitata Rovaniemen vanhan asemarakennuksen ympäristöön asfalttinauloja apupisteiksi sekä tähystarroja kiinteisiin rakenteisiin. Tämän mittauksen pohjalta tulen tekemään kohteen jatkomittaukset ja laserskannauksen.

### Mittaukset

Lainasin Lapin AMK:n Rovaniemen toimipisteeltä 9.10.2017 mittauskalustona Trimble S6 -takymetrin ja laserkeilasukaluston Z+F 5006i. Samalla kertaa lainasin GPS-mittauskaluston, joka sisälsi Trimble R10 -vastaanottimen ja TSC3-tallentimen. Lisäksi tarvitsin mittaussauvan ja statiivin. Sain koululta myös asfalttinauloja, merkkusmaaliala ja tähystarroja.

Kohteessa päätin tehdä kolme apupistettä asfalttinauloista. Naulasin siis kolme asfalttinaulaa kolmeen eri suuntaan suunnittelemani asemapistestä. Merkkasin naulat merkkusmaalialalla. Seuraavana pystyitin statiivin kytketyn mittauskaluston asfalttinaulan päälle. Koordinaattijärjestelmänä käytin ETRS-GK26 -järjestelmää. Asetin mittalaitteeseen havaintojen lukumääräksi 50 ja havaintojen väliseksi ajaksi yhden sekunnin. Näistä havainnoista sain keskiarvolla asfalttinaulan tarkan sijainnin.

ap1	7378785.200	26487674.627	93.135
ap2	7378715.901	26487644.687	93.338
ap3	7378747.325	26487610.109	94.340

Oheisessa kuvassa apupisteiden koordinaatit ovat ETRS-GK26 -koordinaattijärjestelmässä. Huomaa nimeäminen pienillä kirjaimilla ap1, ap2 ja ap3, nämä ovat siis apupisteitä. Seuraavissa mittauksissa pisteet ovat nimetty isoilla kirjaimilla (AP1, AP2 ...) ja silloin ne tarkoittavat takymetrin asemapistettä.

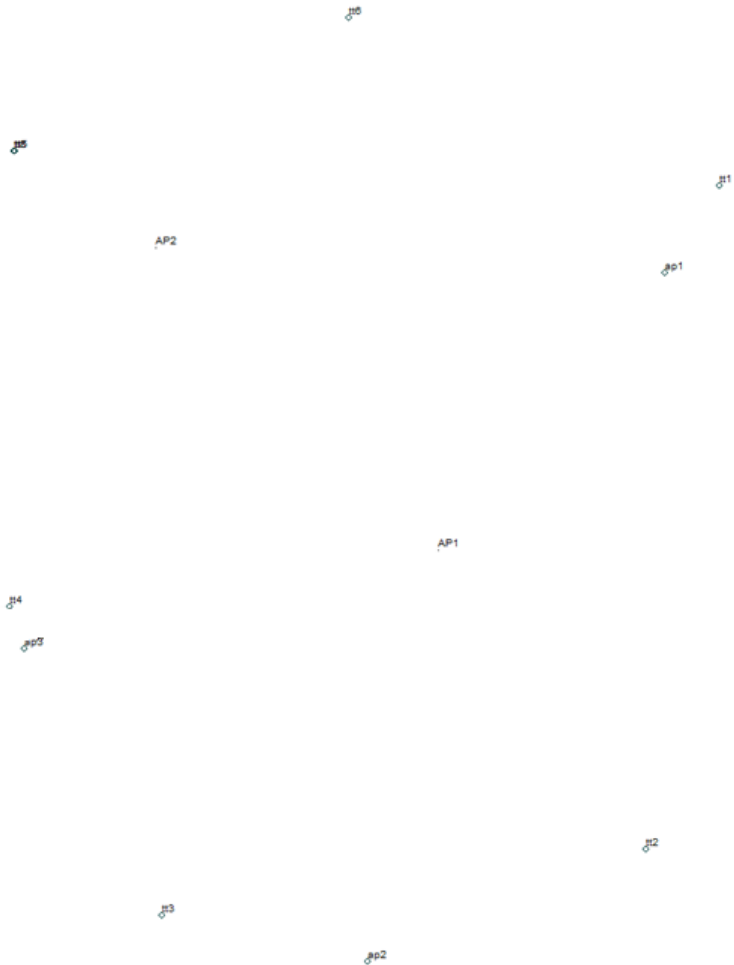
Seuraavana pystyitin Trimble S6 -takymetrin suunnittelemani asemapisteeseen AP1. Orientoin sen sijoilleen mittaamani apupisteiden kautta käyttäen apuna miniprismaa. Orientoinnin jälkeen liimasin kiinteisiin rakenteisiin kohteen ympärille tähystarroja. Liimasin yhteensä kuusi tähystarraa sillä tavoin, että ne olisivat mahdollisimman näkyvillä paikoilla ottaen huomioon jatkomittaukset. Liimaamisen jälkeen mittasin tähystarrat takymetrillä kahdella havainnolla, ykkös- ja kakkosasennossa. Näistä muodostuivat lopulliset tähystarrojen sijainnit.

## Liite 1 2(2)

	AP1	7378757.303	26487651.780	95.257
	AP2	7378787.826	26487623.321	96.598
12	tt1	7378794.041	26487680.180	93.573
12	tt2	7378727.189	26487672.738	94.748
12	tt3	7378720.556	26487623.961	95.913
12	tt4	7378751.639	26487608.669	97.128
12	tt5	7378797.497	26487609.149	97.081
12	tt6	7378810.905	26487642.817	102.267

## Jatkokäsittely

Koulun Maanmittauslaboratoriossa muokkasin mittaustuloksia 3D-Win -ohjelmalla lopulliseen esitysmuotoonsa. Tallensin ne myös gt-formaattiin jatkokäyttöä varten. Näitä mittaustuloksia tulen käyttämään kohteen laserskannaamisessa takymetrin orietointiin. Tein myös yksinkertaisen havainnollistavan kuvan pisteistä toisiinsa nähden.



*Markus Ikonen*

Markus Ikonen



Markus Ikonen  
R501M14S

### Mittausraportti

Opinnäytetyö: Rovaniemen vanhan  
asemarakennuksen laserskannaus  
2.12.2017

## Rovaniemen vanhan asemarakennuksen laserskannaus

Päivän tehtävänä oli laserskannata Rovaniemen vanha asemarakennus. Tämä työvaihe on opinnäytetyöni tärkein vaihe. Tulen jatkokesittelemään mittauksista 3D-mallinnoksen opinnäytetyönäni.

### Mittaukset

Lainasin Lapin AMK:n Rovaniemen toimipisteeltä 24.10.2017 mitauskalustona Trimble S6 -takymetrin ja laserskannauskaluston Z+F 5006i.

25.10.2017 aloitin mittaukset noin yhdeksän aikaan aamulla. Pysytin tähykset kohteen eteläpäätyyn siten, että ne näkyivät ensimmäisille neljälle skannauspaikalle muuttamatta niiden sijaintia. Seuraavaksi pystyitin laserskannerin suunnittelemaani skannauspaikkaan. Skannauksen jälkeen siirsin skannerin suunnittelemaani seuraavaan skannauspaikkaan. Käänsin tähykset osoittamaan skanneria kohti ja suoritin skannauksen. Tällä tavalla suoritin neljä ensimmäistä skannausta muuttamatta tähyksien sijainteja.

Vasta näiden skannausten jälkeen orientoin takymetrin suunnittelemaani asemapisteele AP1 kolmen tähystarran avulla. Orientointi onnistui noin millin tai kahden suuruusella hajonnalla. Seuraavaksi mittasin kaikkien neljän tähyksen sijainnit. Tähyksien sijaintien mittaamiseen käytin yhtä havaintoa, en ottanut monta mittausta enkä käyttänyt keskiarvosijaintia. Tämä nopeutti osaltaan mittaamista, eikä se vaikuttanut merkittävästi mittaustarkkuuteen. Tein tällaisen ratkaisun siitäkkin syystä että, kohteen lähetyvillä kulki paljon ihmisiä ja olikin suurena vaarana, että tähyksien sijainnit eivät pysy kovin pitkään samoina.

Seuraavaksi siirsin kaksi kauimmaista tähystä skannerin eteen ja suoritin viidennen skannauksen. Tämän jälkeen siirsin nyt jäljempänä olevat kaksi tähystä eteenpäin siten, että uusi skannerin skannauspaikka olisi tähyksien välissä. Tästä asetelmasta suoritin skannauksen ja sen jälkeen mittasin jälleen tähyksien sijainnit takymetrillä. Tällä tavalla liikuin kohteen eteläpäästä Poromiehentien suuntaisesti kohti keskustaa aina rakennuksen pohjoispäätyyn saakka.

Tämän jälkeen pystyitin takymetrin suunnittelemaani asemapisteeseen AP2 ja orientoin sen kolmen tähystarran avulla. Samalla siirsin kaksi tähystä kävelysillan päätyyn kohteen sivustalle. Näistä asetelmista suoritin skannauksen aivan kohteen pohjoispään

vastaiselta seinustalta sillä tavoin, että sain koko rakennuksen päädyn yhdellä kertaa mitattua. Tämä skannaus oli kaikkein kriittisin, koska ihmisiä oli paljon liikkeellä ja moni halusi tulla tiedustelemaan mitä olen tekemässä. Muutamaa pitikin ohjeistaa pysymään poissa skannauksen tieltä. Seuraavaksi siirsin skannerin kävelysillan keskivaiheille ja suoritin skannauksen. Tässä vaiheessa skannattua tuli vain kaksi samaa tähystä kuin edellisessä skannauksessa.

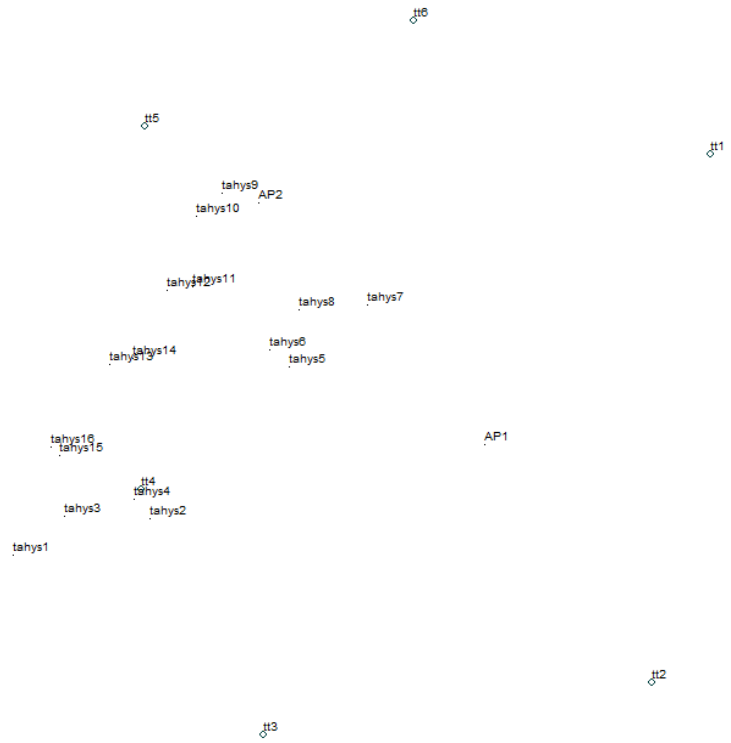
Seuraavana siirryin skannaamaan Nelostien suuntaista seinustaa aivan kohteen seinustan tuntumaan pohjoispäästä kohti etelää. Laserskannaaminen tapahtui samaa kaavaa myötäillen kuin toisella puolella rakennusta. Kuljetin siis skanneria seinustan tuntumassa siten, että kaksi tähystä olivat aina samassa sijainnissa edelliseen skannaukseen nähden. Kaikkiaan laserskannasin kohdetta 14 eri asemasta.

#### Mittaustulosten työstäminen

Mittauksien ja laserskannauksen jälkeen muokkasin tulokset esitettävään muotoon 3D-Win -ohjelmalla. Muutin asemapisteen oikeaan esitysmuotoon ja poistin ylimääräiset pisteet. Tein myös listan pisteiden koordinaateista. Alla on lista pisteiden koordinaateista ja havainnollistava kuva pisteiden sijainneista.

1	0	AP1	7378757.303	26487651.780	95.257	
1	0	AP2	7378787.826	26487623.321	96.598	
1	0	12	tt1	7378794.041	26487680.180	93.573
1	0	12	tt2	7378727.189	26487672.738	94.748
1	0	12	tt3	7378720.556	26487623.961	95.913
1	0	12	tt4	7378751.639	26487608.669	97.128
1	0	12	tt5	7378797.497	26487609.149	97.081
1	0	12	tt6	7378810.905	26487642.817	102.267
1	0	tahys1	7378743.305	26487592.562	95.362	
1	0	tahys2	7378747.972	26487609.698	95.085	
1	0	tahys3	7378748.172	26487598.900	95.471	
1	0	tahys4	7378750.401	26487607.650	95.501	
1	0	tahys5	7378767.137	26487627.272	95.160	
1	0	tahys6	7378769.192	26487624.778	95.482	
1	0	tahys7	7378774.869	26487637.056	94.586	
1	0	tahys8	7378774.281	26487628.379	95.395	
1	0	tahys9	7378788.998	26487618.709	95.947	
1	0	tahys10	7378786.095	26487615.535	95.974	
1	0	tahys11	7378777.316	26487615.151	95.670	
1	0	tahys12	7378776.729	26487611.896	95.768	
1	0	tahys13	7378767.424	26487604.704	95.782	
1	0	tahys14	7378768.177	26487607.564	95.825	
1	0	tahys15	7378755.977	26487598.323	95.712	
1	0	tahys16	7378756.907	26487597.241	95.720	

Liite 2 3(3)



*Markus Ikonen*

Markus Ikonen

Markus Ikonen  
R501M14S

### Mittausraportti

Opinnäytetyö: Rovaniemen vanhan  
asemarakennuksen laserskannaus  
2.12.2017

### Rovaniemen vanhan asemarakennuksen takymetrikuvaus

Päivän tehtävänä oli kuvata Rovaniemen vanhan asemarakennuksen julkisivut Trimble S7 -takymetrillä. Kuvat tulen liittämään opinnäytetyöni pistepilviin tekstuureina.

#### Mittaukset

Lainasin Lapin AMK:n Rovaniemen toimipisteeltä 23.11.2017 mitauskalustona Trimble S7 -takymetrin. Lisäksi tarvitsin tähystarroja.

24.11.2017 aloitin mittaukset aamulla tekemällä lisää tähystarroja kohteen ympärille. Näiden tähystarrojen ideana oli se, että sain niiden ja jo paikalla olevien tähystarrojen avulla orientoitua takymetrin jokaiselle kohteen seinustalle. Mittasin alueelle viisi uutta tähystarraa: kaksi kävelysillalle, kaksi nelostien varteen ja yhden kohteen eteläpäässä sijaitsevaan syväkeräysastiaan. Mittasin tähystarrat yhdellä havainnolla.

Mittausten jälkeen orientoin takymetrin suunnittelemiin kuvauspaikkoihin ja suoritin kuvaamisen. Yksittäinen kuvaaminen kesti noin 15-20 minuuttia ja kuvaus paikkoja kertyi yhteensä viisi kappaletta. Yhteensä kuvia takymetri otti 502 kappaletta. Takymetri kykeni kuvaamaan kohdetta alla olevan kuvan mukaisella tarkkuudella.



#### Mittaustulosten muokkaus

Mittausten ja kuvauksen jälkeen muokkasoin tulokset esitettävään kuntoon 3D-Win -ohjelmalla. Muutin asemapisteen oikeaan esitysmuotoon ja poistin ylimääräiset pisteet. Tein myös listan pisteiden koordinaateista. Alla on tämä lista ja havainnollistava kuva pisteistä. Listassa on mukana myös edellisen mittauksen tähystarrat 1–6.

## Liite 3 2(2)

1	0	12	tt1	7378794.041	26487680.180	93.573
1	0	12	tt2	7378727.189	26487672.738	94.748
1	0	12	tt3	7378720.556	26487623.961	95.913
1	0	12	tt4	7378751.639	26487608.669	97.128
1	0	12	tt5	7378797.497	26487609.149	97.081
1	0	12	tt6	7378810.905	26487642.817	102.267
1	0	12	tt7	7378810.828	26487590.798	98.295
1	0	12	tt8	7378797.471	26487609.083	97.802
1	0	12	tt9	7378743.369	26487590.894	95.406
1	0	12	tt10	7378773.662	26487592.119	91.251
1	0	12	tt11	7378785.716	26487603.151	91.780
1	0		AP3	7378793.062	26487611.997	97.299
1	0		AP4	7378752.424	26487598.771	96.625
1	0		AP5	7378761.548	26487600.524	96.692
1	0		AP6	7378750.215	26487600.540	96.660
1	0		AP7	7378760.514	26487621.357	0.000
1	0		AP8	7378780.225	26487625.036	0.000
1	0		AP9	7378771.780	26487608.155	0.000

Lista tähystarrojien ja asemapisteen sijaintien koordinaateista ETRS-Gk26 -koordinaatistossa.



Tähystarrojien sekä asemapisteen sijainnit havainnollistavana kuvana.

*Markus Ikonen*

Markus Ikonen