

# LAPIN AMK:N KIRJASTOTILAN KIINTOPISTEET JA LASERKEILAUS

Leppikorpi Hannu  
Olkkonen Valtteri  
Portti Henri

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Hannu Leppikorpi Valtteri Olkkonen Henri Portti	<b>Vuosi</b>	2019
<b>Ohjaaja</b>	Timo Karppinen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin ammattikorkeakoulu		
<b>Työn nimi</b>	Lapin AMK:n kirjastotilan kiintopisteet ja laserkeilaus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	51 + 23		

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua kiintopistemittauksiin takymetrillä ja laserkeilaukseen. Opinnäytetyönä rakennettiin uudet kiintopisteet Lapin ammattikorkeakoulun vanhan kirjaston tilaan remontissa hävinneiden tilalle. Laserkeilaus toteutettiin samassa tilassa hyödyntäen rakennettuja pisteitä. Tavoitteina oli oppia laserkeilauksen prosessi suunnittelusta mittauksiin ja aineiston käsittelyyn hyödyntäen erilaisia ohjelmistoja. Lisäksi tarkoituksena oli tuottaa visuaalista aineistoa koulun maanmittaustekniikan markkinointiin.

Työ jakautui kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa suoritettiin kiintopistemittaukset jonomittauksena. Toisessa vaiheessa laserkeilattiin ja käsiteltiin siihen liittyvä aineisto. Työssä tutustuttiin pistepilven käsittelyyn käytettyihin ohjelmistoihin kuten Z+F LaserControl, Trimble RealWorks ja Autodesk Recap Pro.

Lopputuotoksena saatiin uudet pisteselityskortit rakennetuista kiintopisteistä, sekä laserkeilauksesta visuaalinen esitys ja opetusmateriaalia koulun käyttöön.

Technology, Communication and Transport  
Degree Programme in Land surveying  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Hannu Leppikorpi Valtteri Olkkonen Henri Portti	<b>Year</b>	2019
<b>Supervisor</b>	Timo Karppinen		
<b>Commissioned by</b>	Lapland University of Applied Sciences		
<b>Subject of thesis</b>	Lapland UAS Library Area Control Points and Laser Scanning		
<b>Number of pages</b>	51 + 23		

---

The aim of this thesis was to survey new control points using a total station inside Lapland UAS library area. The aim was also to produce a visual point cloud presentation of the same area with a laser scanner for marketing purposes. The aim was to learn the whole process of laser scanning from planning the survey to data processing.

The work was divided into two separate phases. The first was to bring a coordinates to the new control points using a traverse method. The second phase was the laser scanning and data processing. In the point cloud data processing multiple different software, such as Z+F LaserControl, Trimble RealWorks and Autodesk Recap Pro were used.

The result was point data cards with coordinates from the new control points and also a visual presentation from the laser scan data for marketing and educational use.

**Key words** laser scanning, control point surveying, point cloud, traverse

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KIRJASTON PISTEISTÖN RAKENTAMINEN .....	8
2.1	Takymetri Leica TS16 .....	8
2.2	Jonomittaus .....	10
2.3	3D-Win .....	14
3	LASERKEILAUUS .....	16
3.1	Yleistä laserkeilauksesta .....	16
3.2	Laserkeilaintyytit ja toiminta .....	17
3.3	Z+F 5006i -keilain .....	20
3.4	Z+F M-Cam -kamera .....	22
3.5	Kirjasto .....	24
3.6	Keilauksen suunnittelu ja keilaus .....	25
4	LASERKEILAUSSAINEISTON JÄLKIKÄSITTELY JA OHJELMAT .....	30
4.1	Jälkikäsittelyn tavoitteet .....	30
4.2	3D-Win Caplan -tiedosto .....	30
4.3	Z+F LaserControl .....	30
4.4	RealWorks Survey Advanced .....	36
4.5	Autodesk ReCap Pro .....	40
5	POHDINTA .....	44
5.1	Yleinen pohdinta .....	44
5.2	Hannu Leppikorpi .....	45
5.3	Valtteri Olkkonen .....	46
5.4	Henri Portti .....	47
	LÄHTEET .....	50
	LIITTEET .....	51

## ALKUSANAT

Haluamme kiittää kaikkia Lapin ammattikorkeakoulun maanmittaustekniikan opettajia, jotka mahdollistivat opinnäytetyön aiheen. Erityisesti haluamme kiittää ohjaavaa opettajaa Timo Karppista. Kiitos myös Lapin ammattikorkeakoulun vahtimestareille, jotka mahdollistivat työskentelymme iltaisin.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

M-Cam	Kamera Z+F keilaimeen.
Z+F	Zoller+Frönlich, laserkeilainvalmistaja

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli rakentaa uudet kiintopisteet Lapin ammattikorkeakoulun kirjaston tilaan. Kirjaston tilaa on remontoitu vuoden 2018 aikana, jolloin jo valmiit kiintopistetarrat ovat sieltä kadonneet. Kiintopistetarroja käytetään opetustilanteissa.

Opinnäytetyön aikana tuotimme myös laserkeilausaineiston kirjaston tilasta, jota voidaan jatkossa käyttää maanmittaustekniikan koulutuksen markkinoinnissa. Laserkeilaus suoritettiin kirjaston tiloissa, missä hyödynnettiin jo sinne rakennettuja kiintopisteitä. Käytössä oli uusi, keilaimen kanssa käytettävä kamera, jolla keilattavasta tilasta saatiin aidon näköinen. Laserkeilauksesta oli tarkoitus tuottaa visuaalisesti näyttävä tuotos, joten tuotokselta ei vaadittu suurta tarkkuutta.

Opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä kiintopistemittauksiin takymetrillä, laserkeilaukseen ja keilausaineiston käsittelyyn alan ohjelmilla.

Opinnäytetyön aiheen saimme Lapin ammattikorkeakoululta. Ryhmällämme oli jo toinen laserkeilaushanke, joka ei toteutunutkaan edellisen toimeksiantajan vuoksi. Lapin ammattikorkeakoululla oli kuitenkin tarjota meille riittävän laaja opinnäytetyöaihe.

## 2 KIRJASTON PISTEISTÖN RAKENTAMINEN

### 2.1 Takymetri Leica TS16

Takymetri on mittalaite, jolla saadaan kulma- ja etäisyydenmittaushavaintoja. Näistä havainnoista voidaan laskea koordinaatteja, korkeuksia ja muita suureita. Takymetria edeltävä mittalaite oli teodoliitti, jolla saatiin vain pysty- ja vaakakulmahavaintoja. Nykypäivänä takymetrit ovat monipuolisia mittalaitteita, joissa voi olla samassa myös laserkeilain. Nykyiset robottitakymetrit soveltuvat yhden mittaajan käytettäväksi. (Laurila 2012, 238.)

Työssä käytettiin Leican TS16 -takymetriä (Kuviot 1 ja 2). Takymetria käytettiin uusien kiintopisteiden mittaamisessa ja laserkeilauksessa käytettyjen tähysten mittaamiseen. Ennen mittauksen aloittamista takymetriin syötettiin lähtöpisteiden koordinaatit ja tarkistettiin asetuksista lämpötila ja ilmanpaine. Mittausasetuksista muutimme havaintomäärää kymmeneen havaintoon, mistä koje laskee keskiarvot. Tarrapisteitä mitattaessa käytimme Nikonin miniprismaa. Takymetriin lisättiin miniprismalle uusi prismavalkio, joka oli nolla.





Kuvio 1. Leica TS16 -takymetri

## Leica Viva TS16 Total Station

<b>ANGULAR MEASUREMENT</b>		
Accuracy <sup>1</sup> Hz and V	Absolute, continuous, diametrical	1" (0.3 mgon), 2" (0.6 mgon), 3" (1 mgon), 5" (1.5 mgon)
<b>DISTANCE MEASUREMENT</b>		
Range <sup>2</sup>	Prism (GPR1, GPH1P) <sup>3</sup> Non-Prism / Any surface <sup>4</sup>	1.5m to 3500m R500: 1.5m to >500m, R1000: 1.5m to >1000m
Accuracy / Measurement time	Single (prism) <sup>1,3</sup> Single (any surface) <sup>3,4,5,6</sup>	1mm + 1.5ppm / typically 2.4s 2mm + 2ppm / typically 3s
Laser dot size	At 50m	8mm x 20mm
Measurement technology	System analyser	Coaxial, visible red laser
<b>IMAGING</b>		
Overview camera	Sensor Field of view Frame rate	5 megapixel CMOS sensor 19.4° Up to 20 frames per second
<b>AUTOMATIC AIMING - ATRplus</b>		
Target aiming range <sup>7</sup> / Target locking range <sup>8</sup>	Circular prism (GPR1, GPH1P) 360° prism (GR24, GRZ122)	1500m / 1000m 1000m / 1000m
Accuracy <sup>1,2</sup> / Measurement time	ATRplus angle accuracy Hz, V	1" (0.3 mgon), 2" (0.6 mgon), 3" (1 mgon), 5" (1.5 mgon) / typically 3-4s
<b>POWERSEARCH</b>		
Range / Search time	360° prism (GR24, GRZ122)	300m / typically 5s
<b>GUIDE LIGHT (EGL)</b>		
Working range / Accuracy		5-150m / typically 5cm @ 100m
<b>GENERAL</b>		
Field software	Leica Captivate with apps	
Display and keyboard	5" (inch), WVGA, colour, touch, face I standard / face II optional	37 keys, illumination
Processor	TI OMAP4430 1GHz Dual-core ARM® Cortex™ A9 MPCore™	Operating system - Windows EC7
Power management	Exchangeable Lithium-ion battery	Operating time 5-8 h
Data storage	Internal memory Memory card	2 GB SD card 1 GB or 8 GB
Interfaces	RS232, USB, Bluetooth®, WLAN	
Weight	Total station including battery	5.3 - 6kg
Environmental specifications	Working temperature range Dust / Water (IEC 60529) / Humidity	-20°C to +50°C IP55 / 95%, non-condensing

Kuvio 2. Leica TS16 Tekniset tiedot (mukailen Leica geosystems 2015, 2)

## 2.2 Jonomittaus

Jonomittaukset ovat yleensä alemman luokan tasorunkomittauksia ja niitä käytetään pääasiassa kunnan ja rakennustyömaiden käyttökiintopisteiden mittaamiseen. Perinteisesti jonomittausta on käytetty tasokoordinaattien määrittämiseen, mutta jonosta voidaan mitata myös korkeudet trigonometrisen korkeudenmittauksen periaatteella. (Laurila 2012, 329.)

Jonomittauksella koordinaatit viedään säteittäisesti pisteiltä toiselle. Suljettu jonomittaus lähtee tunnetulta pisteeltä ja mittaus suljetaan tunnetuille pisteille. Täydellisesti suljettu jonomittaus vaatii kaksi tunnettua lähtöpistettä ja mittaus on suljettava kahdelle tunnetulle pisteelle. Kiintopistemittauksissa lähtöpisteinä käytetään ylempään luokan kiintopisteitä. Epätäydellisessä jonossa neljän tunnetun pisteen sijaan on 3 tai 2 tunnettua pistettä. Piikkijonossa on vain yksi tunnettu lähtöpiste. Piikkijonoa ei voi käyttää kiintopistemittauksessa, koska mittausta ei suljeta tunnetulle pisteelle. Tämän takia piikkijonosta ei voida arvioida mittauksessa tapahtuneita virheitä. (Laurila 2012, 349–350.)

Runkomittausten tasoituslaskennassa käytetään poikkeuksetta pienimmän neliösumman periaatteen mukaista tasoituslaskentaa. Nykyiset mittausohjeet edellyttävät osaksi sellaisten tarkkuuden tunnuslukujen käyttöä, että niiden johtaminen on mahdollista vain tietokonelaskennassa pienimmän neliösumman ratkaisun yhteydessä. (Laurila 2012, 330.)

Takymetri ja pakkokeskistysalustat pitää olla kalibroitu ja ne tulee olla saman koje- eli laitekorkeuden käsittävää prisma- ja tähyssarjaa alustoinen. Kalustona käytimme takymetrin lisäksi kolmijalkoja, tasausalustoja ja pyöröprismaa (Kuvio 3). Havaintoihin kirjataan lämpötilat ja ilmanpaine. Mittaustulokset kirjataan havaintolomakkeelle tai tallennetaan tiedostoon alkuperäisinä tasoituslaskelmaa varten. (JHS 184 2012, 13–14.)



Kuvio 3. Jonomittauskalusto

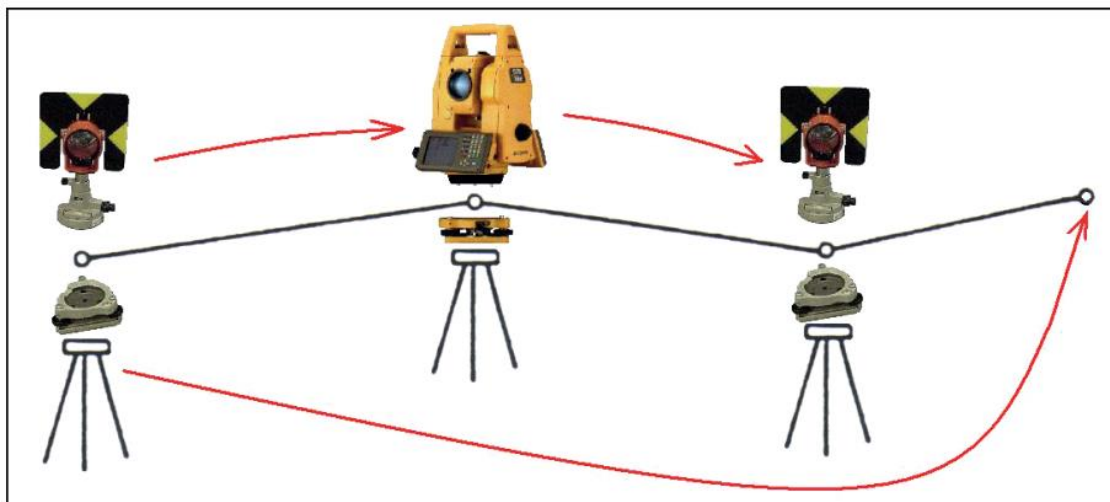
Uudet kirjastontilan kiintopisteet rakennettiin E6-luokkaan (Taulukko 1). Uudet kiintopistetarrat T1-T8 rakennettiin vanhojen pistekorttien mukaisesti. Ennen jonomittausta kaikki kolmijalat teipattiin tukevasti lattiaan. Jokaiseen kolmijalkaan kiinnitettiin tasausalustat, jotka tasattiin ennen mittausta takymetrin elektronisella tasaimella. Prismakorkeus säädettiin samaan korkeuteen takymetrin kanssa, jotta koje- ja prismakorkeus voidaan pitää nollana mittausten ajan.

Taulukko 1. Käyttökiintopisteiden (E5-E6) mittaaminen takymetrimittauksilla (JHS 184 2012, 22)

Kojeiden tarkkuusvaatimukset	E5	E6
Yhden suuntahavainnon keskivirhe	0.6 mgon	1.0 mgon
Yhden korkeuskulmahavainnon keskivirhe	1.5 mgon	
Yhden etäisyshavainnon keskivirhe	3 mm + 2 ppm	5 mm + 5 ppm
Suunnittelussa	E5	E6
Lähtöpisteiden valinta		
Luokka, vähintään	E4	E5
Lukumäärä	Vähintään kaksi	
Kontrollipisteiden valinta (mikäli mittausalueella on ko. luokan pisteitä)		
Luokka, vähintään	E5	E6
Lukumäärä	Vähintään yksi piste / mittausalue	
Sijainti	Näköetäisyydellä jonon pisteisiin	
Verkon rakenne		
Rakenne	Yksittäinen jono tai jonoverkko	
Jonon pituus, enintään	2 km	5 km
Määritettäviä pisteitä jonossa lähtöpisteiden välillä, korkeintaan	8	20
Suosittelava pisteväli	100–500 m	
Vierekkäisten pisteiden välinen vektori mitattava suoraan	Kyllä, jos etäisyys alle 500 m ja suositeltavaa, jos pisteiden välillä näköyhteys.	
Havainnot	E5	E6
Keskistystarkkuus	1 mm	
Koje-, tähy- ja prismakorkeuden mittaustarkkuus	2 mm	
Kulmahavainnot, sarjojen lukumäärä	4	2
Sarjojen Max-min enintään	2.0 mgon	3.0 mgon
Etäisyshavainnot	4 + 4	2 + 2
Etäisyshavaintojen max-min enintään	15 mm	20 mm
Laskenta	E5	E6
Sivun eri päistä havaittujen redukoitujen etäisyyksien ero, enintään	6 mm	10 mm
Pistevälin edestakaisten korkeuserojen summa, enintään, s on sivun pituus [km]	$30*\sqrt{(2*s)}$ mm	$35*\sqrt{(2*s)}$ mm
Pistesulkuvirhe $w_p$ , enintään (tasoittamattomat havainnot), L on jonon pituus [km]	$45*L$ mm	$90*L$ mm
Korkeussulkuvirhe, enintään (redukoituilla havainnoilla), L on jonon pituus [km]	$30*\sqrt{L}$ mm	$35*\sqrt{L}$ mm
Ero kontrollipisteiden koordinaatteihin komponentteittain	N,E: 40 mm h: 70 mm	

Uusien kiintopisteitä mittaaminen kirjaston aulaan aloitettiin orientoimalla takymetri vapaalle asemapisteelle. Lähtöpisteinä käytettiin tarroja T9, T10, T11 ja T15. Tämän jälkeen koordinaatteja lähdettiin viemään eteenpäin pakkokeskistysperiaatteella. Pakko-keskistysperiaatteessa takymetri keskistetään ja tasataan tunnetulle pisteelle. (Laurila 2012, 350). Jonoa lähdettiin viemään eteenpäin mittaamalla suunnat vapaalta-asemapisteeltä prismaan molemmissa kojeasennossa. Tämän jälkeen prisman ja takymetrin paikkaa tasausalustalla vaihdettiin keskenään ja otettiin uudet havainnot taaksepäin

(Kuvio 4). Näin edettiin eteenpäin niin, että päästiin kirjaston tilaan, josta voitiin aloittaa kiintopisteiden mittaaminen sarjahavaintomenetelmällä.



Kuvio 4. Pakokeskistysperiaatteen käyttö jonomittauksessa (Laurila 2012, 350)

Sarjahavaintomenetelmässä kiintopistetarrat T1-T8 mitataan I-kojeasennossa, jonka jälkeen koje käännetään II-kojeasentoon ja mittaus toistetaan uudelleen. Tämä toistettiin kahdesti, jolloin saatiin yhteensä neljä havaintoa yhdestä tarrasta. Saadut kulma- ja etäisyyshavainnot kirjattiin erilliselle havaintolomakkeelle mahdollista tasoi-  
tuslaskentaa varten.

Sarjahavaintojen jälkeen jonomittaus suljettiin pisteisiin T9-T11, jotka ovat sulkupisteitä. Sulkupisteen koordinaatteja verrataan lähtöpisteiden koordinaatteihin. Koordinaatti eroista nähdään sulkuvirhe. Ensimmäisen päivän mittauksissa huomasimme jonoa suljettaessa huomattavan korkeusvirheen, mikä johtui väärin asennetusta prismaan korkeudesta. Suoritimme mittaukset toiseen kertaan eri päivänä. Sulkuvirheessä saatiin hyväksyttävä korkeustarkkuus ja uusien tarrapisteiden X- ja Y- koordinaatit täsmäivät edellisiin mittauksiin (liite 1).

Koordinaattisulkuvirheet X- ja Y-akselilla laskimme lähtöpisteen T10 ja sulkupisteen Tark10 koordinaattieroista. Molemmilla akseleilla virhe oli 1 mm luokkaa. Pistesulkuvirhe laskettiin koordinaattisulkuvirheiden yhdistelmästä. Mittauksen suhteellinen tarkkuus saatiin laskemalla pistesulkuvirheen ja matkan suhteesta.

$$w_X = X'_{T10} - X_{T10} = -0,001 \text{ m}$$

$$w_y = Y'_{T10} - Y_{T10} = -0,001 \text{ m} \quad (1)$$

$$w_p = \sqrt{w_x^2 + w_y^2} = 0,0014 \text{ m} \quad (2)$$

$$L = 96,25 \text{ m}$$

$$r = \frac{w_p}{L} = 14,7 \text{ ppm} \quad (3)$$

missä

$w_x$	on	X-suunnan koordinaattisulkuvirhe [m]
$w_y$	on	Y-suunnan koordinaattisulkuvirhe [m]
$X'_{T10}$	on	sulkupisteen X koordinaatti [m]
$X_{T10}$	on	lähtöpisteen X koordinaatti [m]
$w_p$	on	pistesulkuvirhe
$L$	on	jonon pituus
$r$	on	mittauksen suhteellinen tarkkuus.

Tasointulaskelmat jätettiin tekemättä, koska mittausten väliset koordinaatti erot olivat n. 1 mm luokkaa. Tulokset eivät olisi merkittävästi muuttuneet, vaikka tasointulaskelmat oltaisiin tehty. Konsultoimme asiasta Lapin ammattikorkeakoulun yliopettajaa Pasi Laurilaa, joka oli tasointuksista samaa mieltä (Laurila 2019).

### 2.3 3D-Win

3D-Win-ohjelmistoa käytetään maastomittausaineiston editointiin ja tuottamiseen. Aineiston editointi ohjelmalla tapahtuu graafisesti pisteiden ja viivojen muodossa, joita voidaan poistella, lisätä ja editoida erilaisia toimintoja hyödyntäen. Ohjelma näyttää aineistoa oletuksena kaksiulotteisena mutta sitä on mahdollista käsitellä myös kolmiulotteisena. 3D-Win tukee monia tiedostomuotoja, joten ohjelmistosta voidaan kirjoittaa aineisto ulos eri formaateissa tarpeen mukaan. (3D-System 2019).

Jonomittauksesta saatu takymetrillä mitattu aineisto, siirrettiin 3D-Winille käsiteltäväksi. Ohjelmalla katsottiin sulkuvirheet ja vertailtiin samoja pisteitä, mitkä oli mitattu

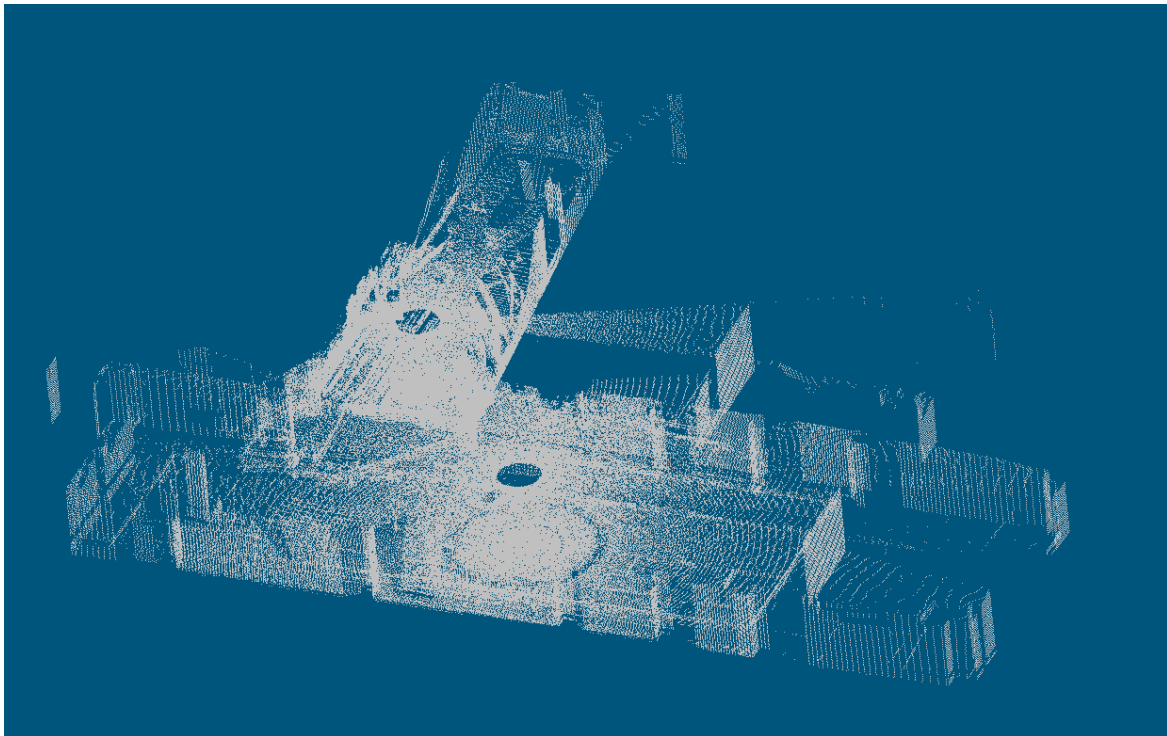
eri kojeasemista. Myös eri päivinä tehdyt mittaukset saadaan näkymään samanaikaisesti ohjelmassa, jolloin pisteiden tarkastelu on helppoa. Käytössä ollut Leican TS16-takymetri kirjoittaa aineiston ulos geonic-formaatissa. 3D-Win lukee kyseistä formaattia. Ohjelmalla laskettiin myös uusien pisteiden havaintojen keskiarvot, käyttäen ohjelmassa olevaa työkalua. Näitä tietoja käytettiin uusien pistekorttien teossa (liite 2).

### 3 LASERKEILAUS

#### 3.1 Yleistä laserkeilauksesta

Laserkeilaus on mittausmenetelmä, jolla saadaan halutusta kohteesta tarkkaa kolmiulotteista pistepilvitietoa itse kohteeseen koskematta. Pistepilvessä jokaisen pisteen tiedot sisältävät omat x-, y- ja z-koordinaatit.

Mittalaitteella on oma nollapiste, mistä se lähettää lasersäteitä, joiden vaaka- ja pystykulmat ovat tiedossa. Näin jokaisen säteen suunta ja kulma ovat tiedossa. Matka saadaan lasersäteiden kulkuajan tai vaihe-eron mittaamisella, mittalaitteen toimintavasta riippuen. Tästä tarkemmin myöhemmin. Näiden tietojen avulla koje laskee jokaiselle mitatulle pisteelle omat koordinaattitiedot ja muodostaa pistepilven (kuvio 5).



Kuvio 5. Keilattu pistepilvitiedosto

Laserkeilaus soveltuu monenlaisten kohteiden mallintamiseen. Syinä laserkeilauksen käyttöön mittamenetelmänä ovat yleensä, että kohteesta ei ole piirustuksia olemassa, tarvitaan kolmiulotteista tai yksityiskohtaista tietoa kohteesta, kohde on vaarallinen tai

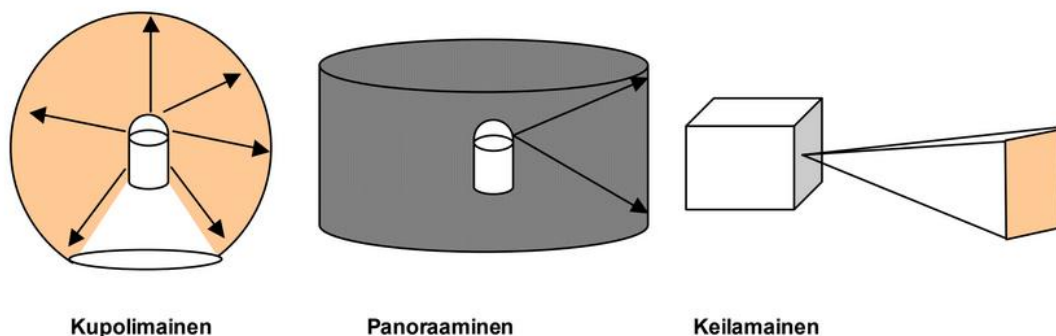


tietoa tarvitaan nopeasti. Tällaisia kohteita ovat muun muassa erilaiset tuotantolaitokset, arvorakennukset, muistomerkit, vaikeasti tavoitettavat kohteet, sillat tiet ja tunnelit. Lisäksi uusia käyttökohteita tulee jatkuvasti tekniikan kehittyessä. (Joala 2006, 5.)

### 3.2 Laserkeilaintyytit ja toiminta

Laserkeilaimet jaotellaan kolmeen pääluokkaan. Ensimmäisenä ovat niin sanotut kaukokartoitus-laserkeilaimet. Näiden laitteiden mittausetäisyydet ovat suuria, noin 01-100 kilometrin luokkaa ja mitattujen pisteiden tarkkuudet ovat senttimetrien luokkaa, yleensä kumminkin alle 10 senttimetriä. Näitä laitteita käytetään yleensä lentokoneista tai helikoptereista ja jopa avaruusaluksista ja niillä mitataan liikkeestä. Toisena tulevat maalaserkeilaimet (terrestriaaliset laserkeilaimet), joiden mittaussmatkat ovat paljon lyhyempiä, yleensä 1–300 metrin luokkaa ja tarkkuudessa päässään alle kahden senttimetrin mittaustarkkuuteen. Yleensä tämän tyyppiset mittalaitteet ovat käyttötilanteessa asennettuina kolmijaloille paikoilleen. Kolmantena ovat teollisuuslaserkeilaimet, joiden käyttökohteina ovat pienet kohteet ja tarkkuudessa tarvitaan päästä alle millimetrin tarkkuuteen. Mittaussmatkat näille ovat alle 30:n metrin luokkaa. Tässä opinäytetyössä käyttämämme keilaimen luokitus on maalaserkeilain, joten edempänä puhumme vain tämän luokan laitteista. (Joala 2006, 1.)

Maalaserkeilaimet voidaan jakaa vielä neljään eri tyyppiin riippuen niiden toimintaperiaatteesta. Toimintaperiaatteita ovat kupolimainen, panoraamainen ja keilamainen mittaustapa (kuvio 6) sekä optinen kolmiomittaus. Yleisin mittaustapa nykyisillä laitteilla on kupolimainen mittaus. Tämän mittaustavan etuihin voidaan lukea se, että tällä periaatteella mittaamatonta aluetta mittauskertaa kohden jää vain hyvin pieni yleensä ympyrän mallinen alue laitteen alapuolelle (tekninen rajoite). Panoraamaisesti ja keilamaisesti mittaavat laitteet kuuluvat harvemmin käytettyihin mittaustapoihin. Panoraamaisessa mittaustavassa tulee mittausrajoitusta enemmän kuin kupolimaisessa ja lisäksi rajoitusta tulee myös ylöspäin. Keilamainen mittaustapa nimensä mukaisesti keilaa vain keilamaisen alueen suoraan eteenpäin. Optinen kolmiomittaus on mittaustapojen harvinaisin. Se on pisteen mittauksessa tarkka, mutta rajoituksena on lyhyt mittausetäisyys ja muihin menetelmiin verrattuna isot katvealueet. (Joala 2006, 1.)



Kuvio 6. Laserkeilaimien päätyypit (Joala 2006, 2)

Matkan mittaamiseen on aikaisemmin mainitut kaksi tapaa, jotka riippuvat laitteen mallista. On valon kulkuaikaan perustuvia ja vaihe-eroon perustuvia keilaimia. Nämä kaksi ovat käyttökelpoisia eri tilanteissa. Valon kulkuaikaan perustuvat keilaimet mittaavat huomattavan pitkiä matkoja ja ne tuottavat tarkkoja pistepilviä myös näiltä pitemmiltä matkoilta. Samalla nämä ovat myös huomattavasti hitaampia mittalaitteita, kuin vaihe-eroon perustuvat keilaimet. Vaihe-erokeilaimen etu on nopeus. On jopa 500 000 pistettä sekunnissa mittaavia laitteita, mutta näillä laitteilla maksimietäisyydet jäävät yleensä alle 80 metriin ja pistepilvien tiheyksiä ei voida juurikaan säätää, varsinkaan pitemmille matkoille, jotta saataisiin kauemmas tiheämpi pistepilvi. (Joala 2006, 2.)

Laserkeilauksen yleisin tavoite on saada mallinnettu pistepilvi halutusta kohteesta. Keilauksen laatuun kohteen mallinnuksessa on kolme vaikuttavaa tekijää. Näitä ovat yksittäisen mitatun pisteen laatu, pistepilven tiheys ja erikseen mitattujen pistepilvien yhdistämisen laatu. (Joala 2006, 3.)

Mitattavan matkan kasvaessa kohteesta palautuvan signaalin voimakkuus heikkenee. Myös mitattavan kohteen pintojen ominaisuudet ja osumiskulmat vaikuttavat paluusiignaalin voimakkuuteen (intensiteettiin). Signaali palautuu eri tavalla esimerkiksi rapattusta seinäpinnasta ja sileästä lasipinnasta. Jotkin keilaimet tallentavat mitatessaan myös palautuvan signaalin voimakkuuden. Tämä voidaan esittää tietokoneen näytöllä värierona, jolloin sileältä pinnalta voidaan erottaa kuvioita tai tekstiä. Mittalaite voi sisältää sisäisen kameran tai mahdollisuuden ulkoiselle kameralle joka toimintatavasta riippuen tallentaa kohteesta värillisiä still-kuvia joko keilauksen aikana, tai toteuttaa kuvien oton erikseen keilauksen jälkeen. Näistä kuvista voidaan jälkikäsitellyssä liittää

väritieto pistepilven pisteille, jolloin saadaan näyttävä visuaalinen mallinnus. (Joala 2006,3.)

Pistepilven laatuun vaikuttaa myös pistepilven tiheys, kuten yllä mainittiin. Mitä tiheämpi mitattu pistepilvi on, sitä tarkemmin se mallintaa kohdetta. Tiheydellä tarkoitetaan pisteiden toisiinsa nähden välistä matkaa. Tiheys heikkenee, mitä pitemmälle matkalle kohdetta koitetaan keilata. (Joala 2006, 3.)

Koska kohdetta ei yleensä saa täysin mallinnettua yhdestä kojeasemasta kojeelta piiloon jääviltä osa-alueilta, on monesti tarpeen suorittaa useampia keilauksia eri kojeasemista. Näiden mitattujen pistepilvien yhdistämiseksi on useita eri menetelmiä. (Joala 2006, 4.)

Tarkimpaan tulokseen yhdistämisessä päästään, kun käytetään yhteisiä tähyksiä. Tavoitteena on, että kukin kojeasema näkisi ainakin 3 yhteistä tähyistä, joiden koordinaatitiedon avulla pistepilvet yhdistetään toisiinsa. Yleensä tähykset ovat tasomaisia, pallo- tai puolipalloja. Tähyksille mitataan koordinaatit niiden keskipisteeseen takymetrillä, mikäli pistepilvi halutaan liittää haluttuun koordinaatistoon. Tähyksien keskipisteiden tulee näkyä keilaimelle keilaushetkellä. Tällä menetelmällä päästään parhaimmillaan 1–3 mm tarkkuuksiin. (Joala 2006, 4.)

Toinen useampien keilauksien yhdistämistapa on käyttää yhteisiä mallinnettuja kohteita. Nämä kohteet tulee näkyä erikseen mitatuissa pistepilvissä ja ne voivat olla esimerkiksi tasoja, lieriötä tai melkein mitä tahansa, mielellään helposti pistepilvestä erotuvaa. Näille kohteille annetaan koodit ja ne yhdistetään. Tämä tapa ei ole kuitenkaan aivan yhtä tarkka. (Joala 2006, 4.)

Kolmas tapa yhdistää pistepilviä on käyttää pistepilvien yhteisiä alueita. Tässä tapauksessa kahdessa yhdistettävässä pistepilvessä on oltava ainakin kolmasosa yhteistä peittoa eli samaa aluetta. Molemmilta pistepilviltä osoitetaan vähintään kolmelle yhteiselle pisteelle, joita käytetään pistepilvien likiarvosovitukseen. Tämän jälkeen pistepilvet sovitetaan samaan koordinaatistoon. Tällä yhdistämistavalla päästään noin 10 mm tarkkuusluokkaan. (Joala 2006, 4.)

On yleistä varsinkin suuremmissa töissä, että mitattuja pistepilviä yhdistetään kaikkien kolmen menetelmän erinäisinä kombinaatioina. (Joala 2006, 4.)

### 3.3 Z+F 5006i -keilain

Käytössämme oli Lapin ammattikorkeakoulun omistama Zoller+Frönlich IMAGER 5006i -laserkeilain (kuvio 7). Laite on vaihe-erokeilain, joka takaa nopean mittauksen, mutta maksimi mittaussmatka jää 79 metriin. Minimi mittaussmatka on ilmoitettu 0,4 metriä. Laite kykenee mittaamaan reilut puoli miljoonaa lasersädettä sekunnissa pystysuunnassa liikkuvan peilin ja vaakasuunnassa liikkuvan rungon avulla. Keilain kykenee tuottamaan vaakasuunnassa 360 asteen ja pystysuunnassa 310 asteen alalta kuppimaisen pistepilviaineiston. Keilaukselle voidaan määrittää pienempiäkin aloja asetelukuja muuttamalla. Keilaimella voidaan ottaa eritiheyksisiä keilauksia resoluutio-arvoa muuttamalla asteikolla ”preview” – ”ultra high”, jolloin pikselimäärä keilausta kohden ja keilausaika puolesta minuutista puoleen tuntiin muuttuu, mitä tarkemmaksi mennään. (Zoller+Fröhlich 2009,1.)



Kuvio 7. Z+F 5006i -keilain

Keilaimessa on oma WLAN, jonka avulla laitteeseen voidaan ottaa yhteys mobiililaitteella tai tietokoneella ja ohjata laitetta tätä kautta (kuvio 8). Lisäksi keilaimen kyljestä löytyy pieni näyttö ja näppäinpaneeli (kuvio 9), jonka avulla ohjaus myös onnistuu. Datatallentamiseen laitteessa on oma sisäinen 60 GB:n sisäinen kiintolevy. Tiedon

siirtoa varten keilaimen kyljestä löytyy kaksi kappaletta USB 2.0 -porttia, joihin voi kytkeä normaalin muistikortin tai ulkoisen kovalevyn datan siirtoa varten. Keilain toimii ulkoisella ladattavalla akkupatterilla ja se on myös mahdollista kytkeä verkkovirtaan. (Zoller+Fröhlich 2009, 2.)



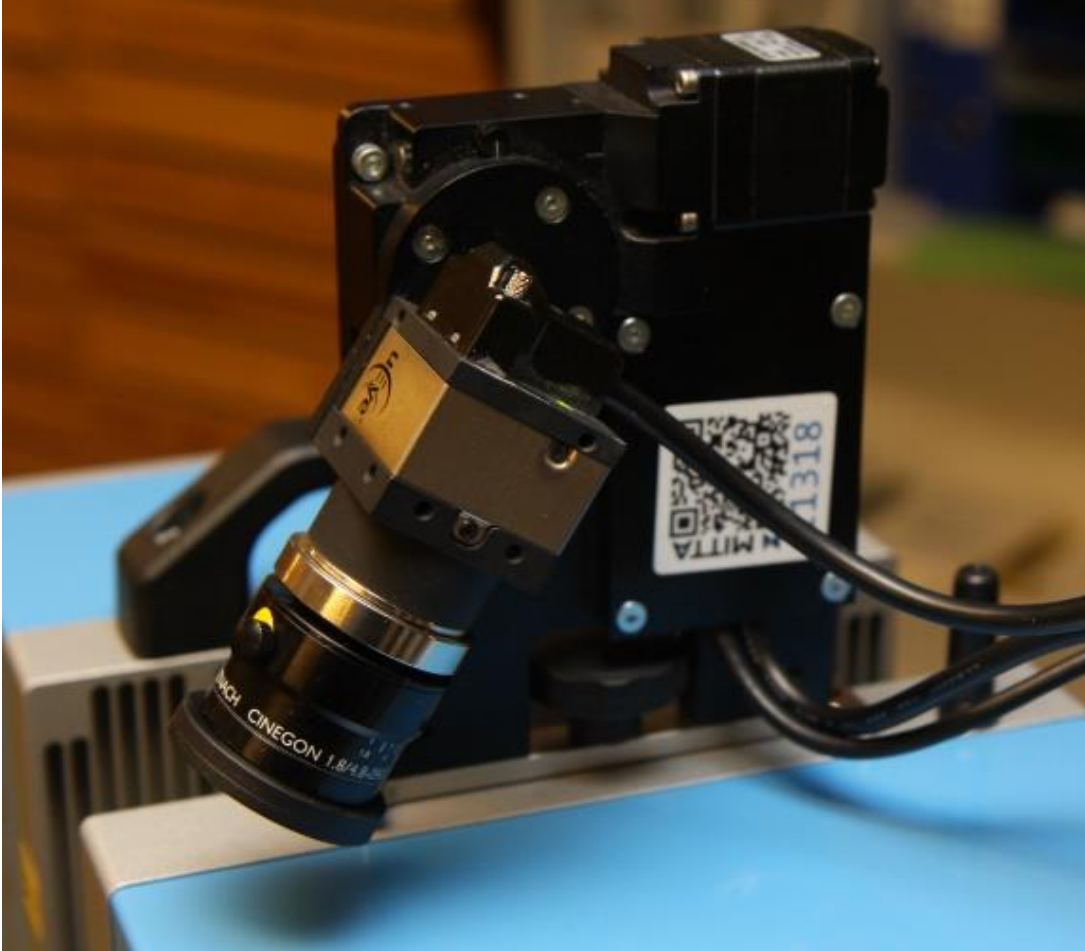
Kuvio 8. Mobiililaitteella ohjauksen käyttöliittymä



Kuvio 9. Näyttö ja näppäimet

### 3.4 Z+F M-Cam -kamera

Käytössämme oli koulun omistama Zoller + Frönlich M-Cam. M-Cam kamera (kuvio 10) on erillinen ulkoinen lisälaite Z+F keilaimiin. Kamera lisää keilaimeen mahdollisuuden ottaa still-kuvia, joista voidaan väriteito lisätä jälkikäteen pistepilven pisteille.



Kuvio 10. M-CAM-kamera keilaimessa

Laite sisältää 5 megapikselin kameran. Resoluutio kuville on 1920x2560 pikseliä. Kuvien kuvasuhde on 3:4. (Zoller+Fröhlich. 2012,1.)

M-CAM kiinnitetään keilaimen päälle valmiisiin kiinnityspaikkoihin. Pitää olla huolellinen, että kameran asentaa oikein päin, sillä se on mahdollista asentaa keilaimen päälle väärin päin. Kamera yhdistetään keilaimen molempiin USB 2.0 portteihin ja lisäksi näiden kyljessä on keilaimessa oma liitin kameran virtajohdolle. Kamera ottaa virran keilaimelta.

Kamera ottaa kuvat itse keilauksen jälkeen. Kuvia tulee yhteensä yhdestä keilauksesta 28 kappaletta ja ne otetaan kameran pystykulman mukaan ensin alakulma 10 kuvaa, jonka aikana keilain pyörii ympäri. Tämän jälkeen toiset kymmenen kuvaa hieman pystykulmasta ja lopuksi 8 kuvaa yläkulmasta, jokaisessa kameran asennossa

keilain pyörittää 360 astetta. Kuvien otto kestää valoituksesta riippuen 3-5 minuuttia. (Zoller+Fröhlich 2012, 1.)

### 3.5 Kirjasto

Keilaus osion kohteeksi valikoitui Lapin ammattikorkeakoulun Rantavitikan kampuksen A-rakennuksen entisen kirjaston tilat, pääasiassa kirjaston korkea aulatila ja siivulla kulkeva käytävä. Perusteluina tilan valinnalle olivat, että tila on suhteellisen näyttävä paikka ja mukavasti sisustettu, ja samalla tilan valinta mahdollisti meille testata rakentamiemme pisteiden (pisteet T1-T8, Kuvio 11) käyttöä mahdollisessa keilausten koordinaatistoon orientoinnissa. Jatkossa käytetään T-pisteiden tilasta ja ympäröivästä käytävästä yhteistä termiä kirjaston tilat.



Kuvio 11. Kirjaston tilat ja pisteet T1-T8

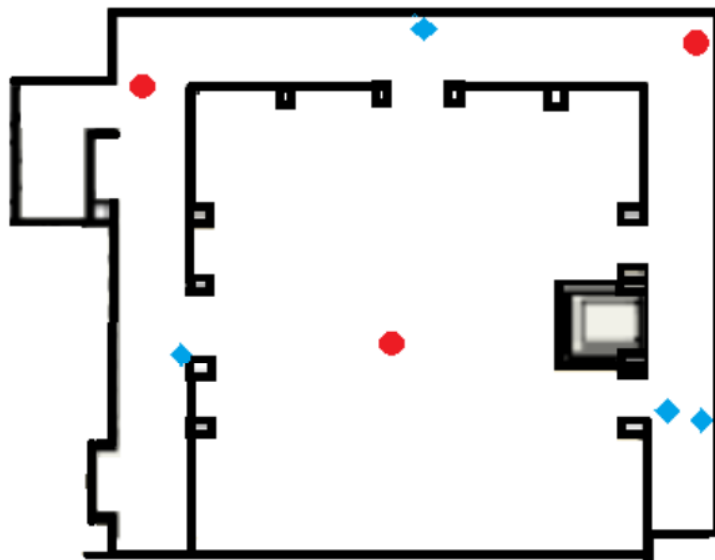
Kirjasto siirtyi vuonna 2017 Lapin ammattikorkeakoulun A-rakennuksen tiloista Lapin yliopiston tiloihin. Tämän jälkeen entisissä kirjaston tiloissa alkoi remontti ja aulatila on nyt remontoitu ja uudelleen sisustettu.



### 3.6 Keilauksen suunnittelu ja keilaus

Laserkeilaamisen valmistelut on aloitettu jo T1-T8 pisteiden rakennusvaiheessa tutustumalla hyvin kohteeseen. Kohteeseen tutustumista on jatkettu prosessin aikana useampaan otteeseen. Suunnitteluvaiheessa jo päätettiin käyttää mahdolliseen keilauksen koordinaatistoon orientointiin pisteitä T1-T8. Tutustumiskerroilla myös suunniteltiin mahdollisia keilaimen paikkoja ja kohtia, mitä olisi hyvä keilata ja mitkä olisivat aineiston yhdistämisen helpottavien tähysten sijoituspaikkoja.

Suunnitelmia varten tilasta tehtiin silmämääräinen piirros (kuvio 12), joka ei ole mittakaavassa. Piirroksen tarkoituksena on helpottaa hahmottamaan alustavien keilausten paikat ja mahdollistaa keilausten yhdistämisessä/orientoinnissa käytettävien keilaimen tähysten sijainnin suunnittelu. Suunnitelmaan on tarkoituksella jätetty liikkumavaraa mahdollisten useampien keilausten sijoittelussa.



Kuvio 12. Alustavat pääkojeasemat ja tähyskset

Itse keilaus on suoritettu 3.4.2019. Ajankohdaksi valikoitui kyseisen päivän ilta, jotta mahdollisten muiden ihmisten liikkumisen mahdollisuus olisi minimaalista.

Kalustona mittauspäivänä käytettiin Zoller+Frönlich Imager 5006i laserkeilainta, Leica TS16 takymetriä, neljää metallista tähystä ja näille kaikille kolmijalkoja. Lisäksi käytössä oli vielä paperisia tähyksiä ja Nikon miniprisma ja Z+F M-CAM kamera (kuvio 13).



Kuvio 13. Keilauspäivän kalusto

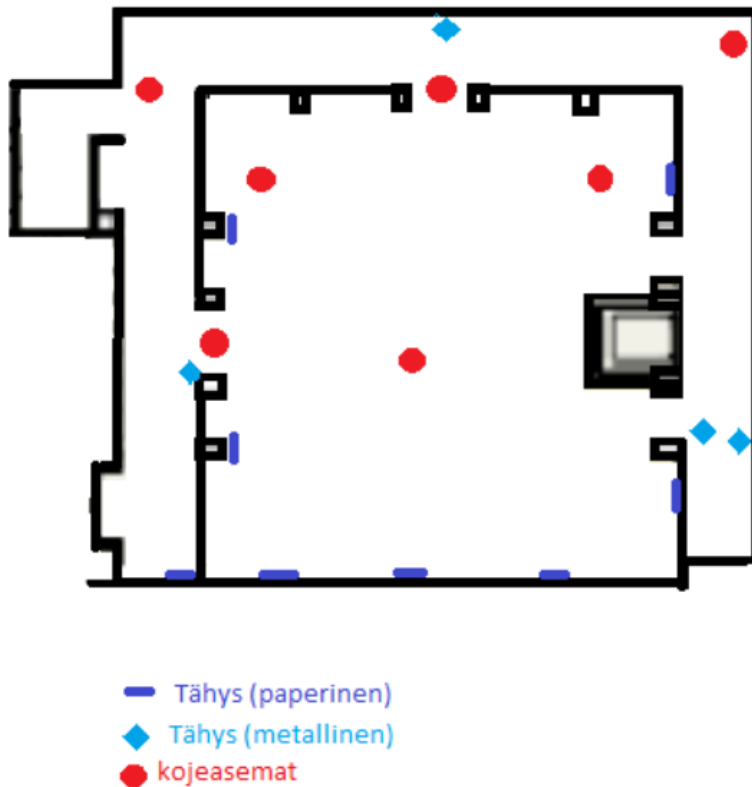
Mittausten aluksi pystytettiin takymetri keskelle aulaa ja se orientoitiin T1-T8 pisteiden avulla. Samalla pystytettiin metalliset tähykset (kuvio 14), joita käytetään keilausten yhdistämiseen. Nämä pystytettiin pääosin alustavan suunnitelman mukaan. Lisäksi teimme paperisia tähyksiä (kuvio 15), joista yksi sijoitettiin alakertaan tarvittavaan paikkaan, sillä meillä ei ollut tarpeeksi metallisia tähyksiä tilaan nähden. Lisäksi sijoitimme seitsemän paperista tähystä toiseen kerrokseen niin, että nämä kaikki yläkerrossa ja alakerrassa olevat tähykset ovat näkyvissä keskellä aulaa suunniteltuun keilaimen paikkaan ja keilain tulee ne näkemään.



Kuvio 14. Tähykslevy

Takymetrin orientoinnin jälkeen mittasimme sijainnin jokaiselle tähykselle mahdollista keilausten koordinaatistoon liittämistä varten ja nimesimme tähykset nimillä A1-A5 alakertaan ja Y1-Y7 yläkertaan. Tämän jälkeen takymetriä ei enää tarvita ja se purettiin pois.

Laser keilaimen pystytimme aluksi käytävälle, niin että laitteella oli näköyhteys vähintään kolmelle tähykselle ja aloitimme keilauksen. Käytävää pitkin on edetty kohti keskustaa vastapäivään kulkien keilauspaikalta toiselle ja pidetty jokaisella kojeasemalla huoli, että kojeella on näköyhteys vähintään kolmelle tähykselle. Kolmen tähyksen näkyminen keilaimelle takaa sen, että aineisto saadaan oikein yhdistettyä toisiinsa nähdessä. Tilan keskeltä otettiin pääkeilaus, jossa näkyvät kaikki rakennetut tähykset ja johon jälkikäteen on tarkoitus yhdistää muut keilaukset. Tämän jälkeen otettiin vielä täydentäviä keilauksia alla olevan kuvion mukaan tilasta, jolloin onnistuneiden keilausten lopulliseksi määräksi muodostui 7.



Kuvio 15. Lopulliset kojeasemat ja tähykset

Keilausten päätavoitteena oli visuaalinen ilme, joten jätimme keilauksissa vielä keskeneräisenä olevan kirjaston osion keilaamatta. Keilausten aikana käytössä oli Z+F M-CAM kamera, joka kuvasi jokaiselta asemapisteeltä keilauksen päätteeksi still-kuvat keilausalueesta. Tämä noin kaksinkertaisti keilauksen keston käytetyillä asetuksilla. Näin saatiin taltioitua myös värit, jotka tullaan jälkikäteen liittämään keilausaineistoon.

Akkuja ladataessa tuli vastaan jotain ongelmia, ja laserkeilaimen akut eivät suostuneet täyttymään täyteen kapasiteettiinsa. Toisessa akussa ilmeni vielä semmoista ongelmaa, että akku lakkasi lataamasta tietyn väliajoin ja laturi täytyi käynnistää uudelleen, jotta lataantuminen jatkui. Nämä johtivatkin akkujen riittoisuus ongelmiin.

Ensimmäisessä akussa, jolla keilaus aloitettiin, oli alussa varausta jäljellä 78 % ja tällä akulla onnistuttiin tekemään neljä onnistunutta ja kolme pieleen mennyttä keilausta. Toisen akun varaus oli käyttöön otettaessa 73 % ja tällä akulla otettiin neljä onnistunutta keilausta ja siirrettiin keilausmateriaali kolmelle muistitikulle (liite 3). Enempää

keilauksia kumpikaan akku ei antanut tehdä. Laite kyllä antoi aloittaa keilauksen puhelimen kautta, mutta sitten keilaus mystisesti loppui heti alkuunsa ja puhelimen käyttöliittymä ei ilmoittanut mitään ongelmaa tai muuta vastaavaa. Piti mennä laitteen luo katsomaan laitteen näyttöä, jolloin se ilmoitti virheilmoituksen, että akun varaus alhainen.

## 4 LASERKEILAUSAINEISTON JÄLKIKÄSITTELY JA OHJELMAT

### 4.1 Jälkikäsitteilyn tavoitteet

Jälkikäsitteilyn päätavoitteena oli tutustua Lapin ammattikorkeakoululla oleviin ohjelmistoihin, joilla voidaan käsitellä ja yhdistää laserkeilauksesta syntynyttä aineistoa. Aika nopeasti selkeni kolme osa-alueetta, joita jokaista tutkaillaan kyseessä olevilla ohjelmistoilla. Nämä osa-alueista ensimmäisenä on keilauksen ja keilauksessa otettujen still-kuvien yhdistäminen, jolloin aineistoon saadaan väritieto pisteille. Toisena osa-alueena oli keilausten yhdistäminen toisiinsa. Kolmantena osana oli selvittää, voiko ohjelmalla tuottaa videomateriaalia aineistosta ja perehtyä tähän videon tuottamiseen hieman tarkemmin ja mahdollisesti tuottaa jonkinlainen video jollain ohjelmalla.

Lapin Ammattikorkeakoululta löytyi kolme ohjelmistoa, jotka oli tarkoitettu puhtaasti laserkeilausaineiston käsittelyyn. Näitä ovat Z+F LaserControl, Trimble RealWorks ja Recap Pro.

### 4.2 3D-Win Caplan -tiedosto

Laserkeilauksessa 3D-Win ohjelmaa tarvittiin Caplan -tiedoston luontiin. Caplan -tiedostoa käytettiin keilaus aineistojen yhdistämiseen ja koordinaatistoon siirtämistä varten. Tiedosto koostui takymetrillä mitatuista tähyksistä koordinaattitietoineen. 3D-Winillä mitatut tähykset poimittiin ja kirjoitettiin Caplan -formaattissa.

3D-Winissä ei ole oletuksena kyseistä formaattia mutta sellaisen voi luoda. Formaatin luomiseen täytyi syöttää muun muassa Funktio ja riviformaatti, sekä kääntää X- ja Y-koordinaatit. Ohjeet Caplan -formaatin luomiseen saatiin koulun LaserControl manuaalista. (Mäkelä 2010, 7-8)

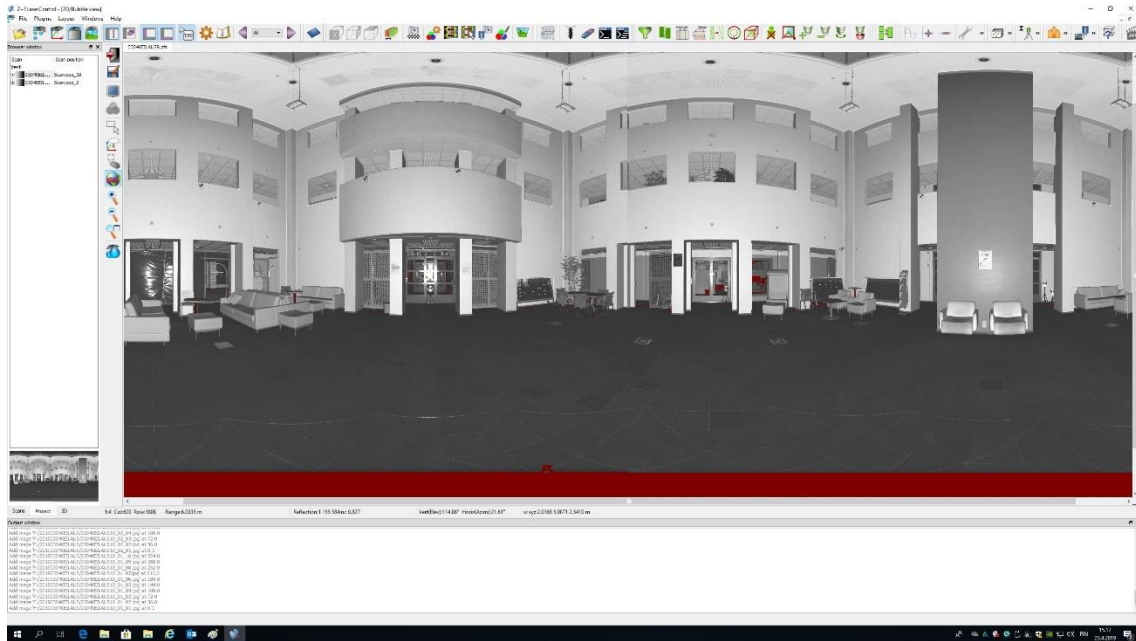
### 4.3 Z+F LaserControl

Z+F Lasercontrol on Zoller + Frönlich yhtiön oma laserkeilailauksen käsittely ohjelmisto. Koska se on keilaimen kanssa samaa merkkiä, onnistuu aineiston avaaminen ohjelmalla suoraan. Koululla oli yksi lisenssi uudempaa versiota 8.4 LaserControl ohjelmistosta ja saimme tämän lisenssin käyttöön, sillä vanhemmalla ohjelmistolla, johon

oli koululla useampi lisenssi ei ollut muun muassa mahdollista lisätä väritietoa keilaus aineistoon. Jouduimme tosin odottamaan muutaman päivän, että pääsimme käsittelemään aineistoa, sillä uusinta versiota ei oltu vielä siinä vaiheessa, kun olimme keilaukset suorittaneet niin asennettu.

Kun uudempi versio LaserControl-ohjelmasta oli asennettu, pääsimme tutustumaan ohjelman uusiin ominaisuuksiin. Työ aloitettiin luomalla projekti ja määrittämällä projektille kansio. Laitoimme kaikki materiaalit samaan kansioon projektin kanssa, jotta ohjelmiston käyttö olisi mahdollisimman helppoa.

Seuraavaksi oli tarkoitus yhdistää skannaukset yhdeksi kokonaisuudeksi. Kaikki keilaukset aukaistiin projektiin. Yhdistämisessä hyödynnetään keilaustilanteessa tehtyjä tähyksiä A1-5 ja Y1-Y7 (kuvio 16). Näistä tähyksistä on 3D-Win –ohjelmistolla tehty Caplan-tiedosto TähyksetCaplan.K, joka sisältää tähyksien nimitunnukset ja koordinaatit. Tämän jälkeen käytiin jokainen keilaus läpi Fit target toiminnolla, jolla merkattiin tähykset keilauksista. Kahden tähyksen merkitsemisen jälkeen kone osaa itse etsiä keilauksesta loput tähykset, mutta ne kannattaa manuaalisesti käydä tarkistamassa. Kun tähykset oli saatu merkittyä, ne voitiin yhdistää Register all scans- käskyllä. Tässä vaiheessa valittiin aikaisemmin mainittu Caplan- tiedosto ja valittiin kaikki keilaukset. Tässä vaiheessa tuli uudemman version hyödyt esille, sillä vanhassa versiossa LaserControl- ohjelmassa oli muisti rajoituksen vuoksi mahdollista avata vain rajoitettu määrä keilauksia, mutta uusi versio kykeni avaamaan kaikki 7 keilausta kerralla.



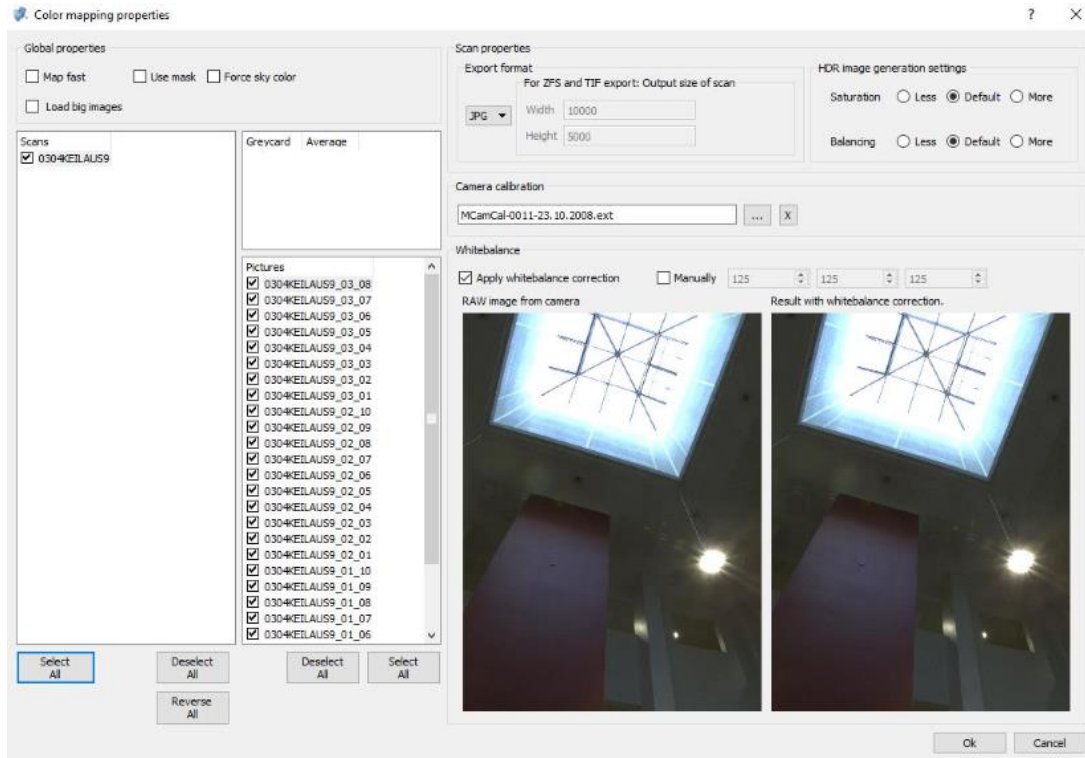
Kuvio 16. Pääkeilaus, jossa kaikki tähykset A1-A5 ja Y1-Y7 näkyvillä

Värien lisääminen keilauksiin tuotti aluksi suunnattomia ongelmia, sillä kukaan koulussa ei ollut aikaisemmin käyttänyt koulun uutta M-CAM kameraa laserkeilauksen yhteydessä, eikä käyttänyt LaserControllista tätä uusinta versiota, mikä meillä oli käytössä, sillä kyseessä olevaa versiota ei oltu asennettu aikaisemmin koulun koneille. Lopulta oli selattava vaihe vaiheelta ohjelmiston ohjeita, jonka jälkeen päästiin alkuun. Ohjeet selostivat asioiden tapahtumat pääpiirteittäin vaihe vaiheelta, jolloin tuli ymmärrys mistä asiasta pitäisi lähteä liikkeelle.

Aluksi ohjelma haluaa saada väreille kalibraatio-tiedoston, joka on jokaiselle kameralle oma, mutta ohjelma mahdollistaa myös itse kalibraatio-tiedoston tekemisen. Kun ei ollut tietotaitoa tehdä itse tiedostoa, niin aloimme etsimään ohjelmistosta olisiko siinä valmiina joitain kalbraatio-tiedostoja. Kun näitä ei löytynyt, niin näitä kalibraatio-tiedostoja koitettiin etsiä googlettamalla. Lopulta katsoimme M-CAM kameran laatikkoon, olisiko siellä ohjeita, miten tehdä tai mistä löytää tämän tiedoston. Laatikossa oli Zoller + Frönlich muistikortti ja ohjeissa maininta, että tämä muistikortti sisältää kyseessä olevalle kameralle kalibraatio-tiedoston. Tiedosto M-CamCal-0011-23.10.2008.ext kopioitiin itselle ja tämän jälkeen kyseessä oleva tiedosto vain Import toiminnolla tuotiin LaserControl- ohjelmaan.

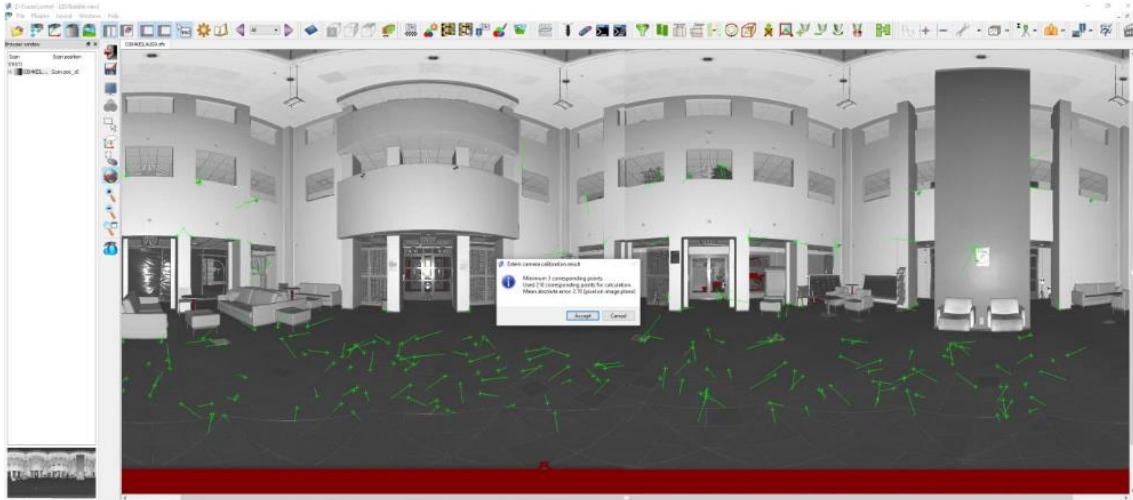


Seuraavaksi edettiin ohjeen mukaan seuraavaan työkaluun, jossa valitaan halutut keilaus aineistot ja näihin liittyvät kuvat, valitaan importoitu kalibraatio-tiedosto ja määritellään valkotasapaino ja painetaan Ok (kuvio 17).



Kuvio 17. Kuvien ja keilausten valinta

Tämän jälkeen edetään seuraavaan toimintoon Extract and match feature points, jolla haetaan yhtymäkohtia keilausten ja kuvien välillä. Tämän jälkeen ohjelma antaa muuttaman vaihtoehdon, joista Auto-register-toiminto, joka laskee yhtymäkohdat automaattisesti, tuntui toimivan hyvin. Tämän valittua ohjelma laskee yhtymäkohtia ja jos niitä löytyi enemmän kuin kolme, niin ohjelma antaa sinun hyväksyä toimenpiteen ja jatkaa (kuvio 18).



Kuvio 18. Kuvien ja skannausten yhtymäkohdat

Tämän jälkeen tulee vielä yksi ikkuna, jossa sinun tulee tallentaa tehdyt toimenpiteet ja asetukset ja vaihtaa värikalibraatio- tiedoston nimi toiseen. Nyt vain painetaan toimintoa Generate color scan(s) ja valitaan koko projekti, kone laskee jälleen prosesseja ja lopulta meillä on värilliset keilausaineistot (kuviot 19 ja 20).

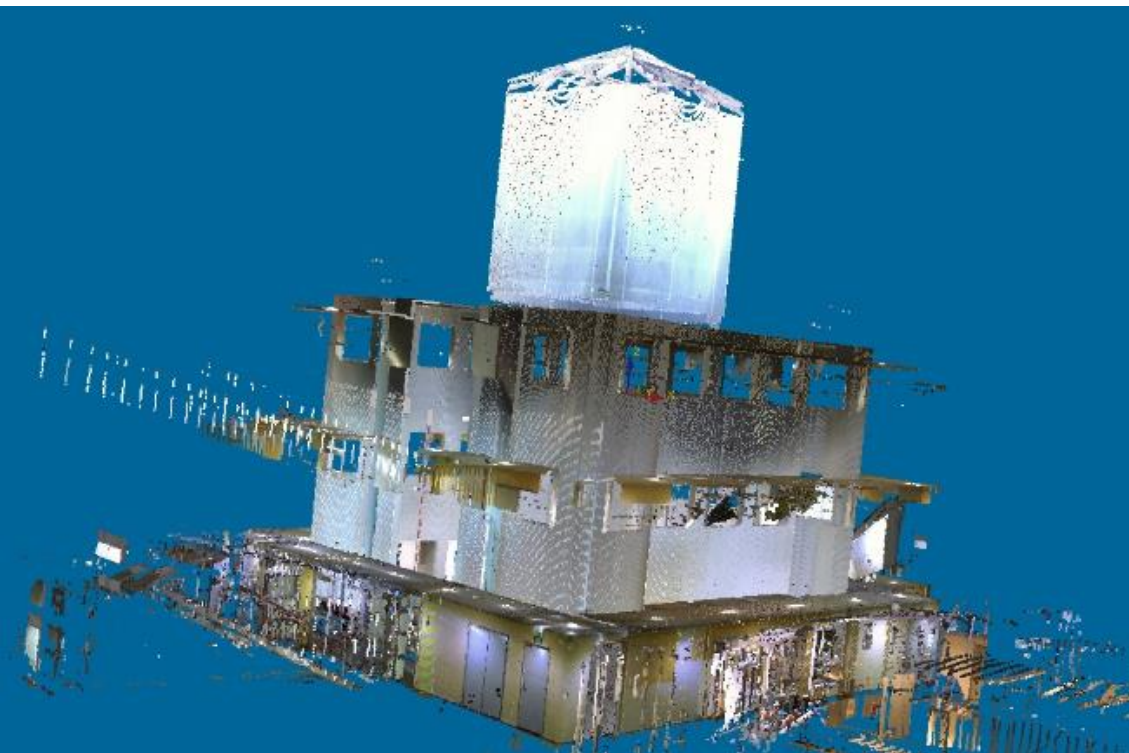


Kuvio 19. Väritön keilaus



Kuvio 20. Värillinen keilaus

Koska meillä oli ainoana koulussa ymmärrys, kuinka värien tuonti tapahtuu koulun käytössä olevilla laitteilla, niin Timo Karppinen lisäsi toimeksiantoon meille tehtäväksi tuottaa asiasta suomenkielinen vaihe-vaiheelta ohje koulun käyttöön (Liite 4). Värit tulevat näkyviin myös 3D-ympäristössä, kun keilausten pisteet viedään 3D-näkymään. Värit tekevät 3D-mallista huomattavasti helpommim hahmotettavan (kuvio 21).



Kuvio 21. Lapin AMK:n A rakennuksen kirjaston aulatila ja alakerran käytävät

LaserControl-ohjelmasta löytyy myös videon teko työkalu. Tämä tosin mahdollistaa vain hyvin yksinkertaisten videoiden tekemisen, joilla on helpompi esitellä ulkoisia kohteita, kuin rakennusten sisäisiä keilauksia. Suurimmat ongelmat ohjelman omalla videontekotyökalulla olivat todella hankala niin sanotun kameran liikuttelu haluttuun asemaan, kohdetta lähestyttäessä ohjelman tapaan piirtää kohde läpi kuultavasti ja todella raskaaseen toimintaan, joka vaikutti aivan kaikkeen kuvien suunnittelusta kameran sijainnin määrittelyyn. Totesimme, että ohjelma on kyvykäs tekemään jonkin tasoista videota, mutta ohjelmalla ei ollut mahdollista tuottaa meidän vaatimustason videota.

#### 4.4 RealWorks Survey Advanced

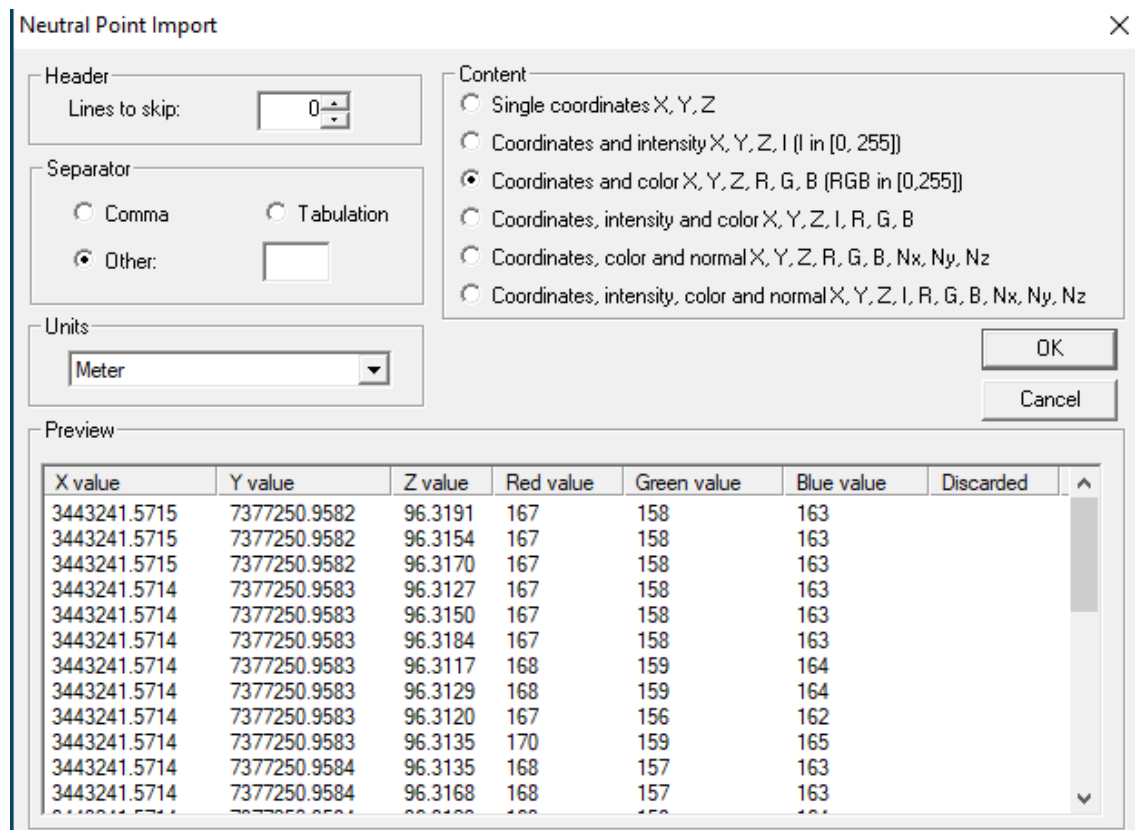
RealWorks Survey Advanced on Trimblen aineiston käsittely-ohjelma, jolla voidaan käsitellä 3D keilauksia. Ohjelmisto ei avaa suoraan tiedostoja, joten ne on ensin tuotava haluttuun muotoon. Tämä tapahtui helpoiten LaserControl- ohjelmalla jo yhdistetyllä ja valmiiksi värit lisätyllä aineistolla.

Aineisto tuodaan ulos LaserControl- ohjelmasta Batch convert -toiminnolla. Tiedostomuodoksi valittiin xyz.asc. Tässä vaiheessa katsottiin Options- valikosta, että värit tallennetaan RGB-sävyinä. Samalla lopullisen tiedoston kokoa pienennettiin Pixels ja Lines arvot 2:ksi Subsample kohtaan. Tämä rajaa tiedostosta joka toisen pisteen ja viivan huomiotta, jolloin tiedostojen koko pienenee.

RealWorks-ohjelmasta koululla on käytössä versio 6.4, josta ei löytynyt mahdollisuutta värien lisäämiseen itse aineistoon, mutta tämä asia ei ollut enään meille ongelma, sillä väritiedot on jo valmiina xyz.asc tiedostoissa. Samalla myös aineiston yhdistäminen on jo tehty LaserControl-ohjelmalla, eikä vaadi toimenpiteitä RealWorks-ohjelmassa.

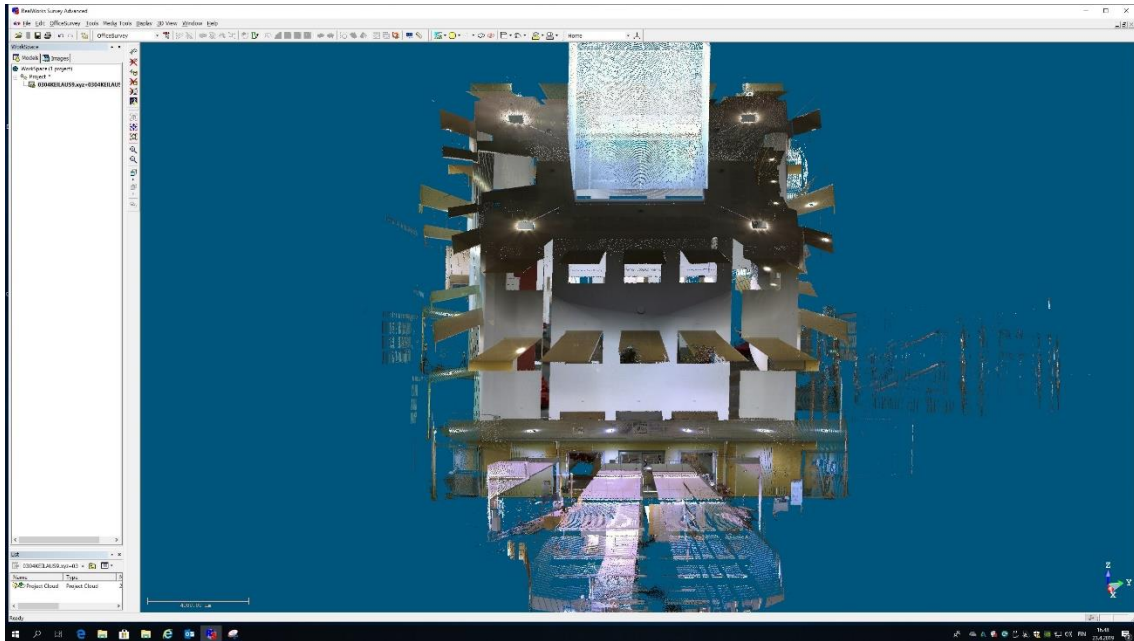
ASCII-muodossa tallennetut tiedostot aukeavat suoraan RealWorks-ohjelmassa File ja Open valikon kautta. valitut tiedostot voitiin valita avattavaksi yhtä aikaa saamaan projektiin, mutta ohjelma käy oman lataus aikansa jokaisen tiedoston kohdalla, ja avaa jokaisen tiedoston kohdalla erikseen Neutral Point Import- ikkunan (kuvio 22). Tässä ikkunassa näkyy jokaisen pisteen koordinaatti-tieto, koska aineisto on LaserControl-lissa aineiston yhdistämisen yhteydessä saanut koordinaatit käytetystä Caplan-tiedostosta kaikille pisteille. Lisäksi samalla voidaan valita, että pisteistä otetaan Content-

kohdassa koordinaattien lisäksi väritieto RGB muodossa, jolloin listalla näkyy jokaisen pisteen koordinaattien vieressä tämän pisteen Red, Green Ja Blue arvo, joiden avulla RGB värijärjestelmä laskee jokaiselle pisteelle värin. Esitysmuodoksi koordinaateille valittiin metri.



Kuvio 22. Neutral Point Import -ikkuna, jossa näkyy jokaisen pisteen koordinaatti ja väritieto

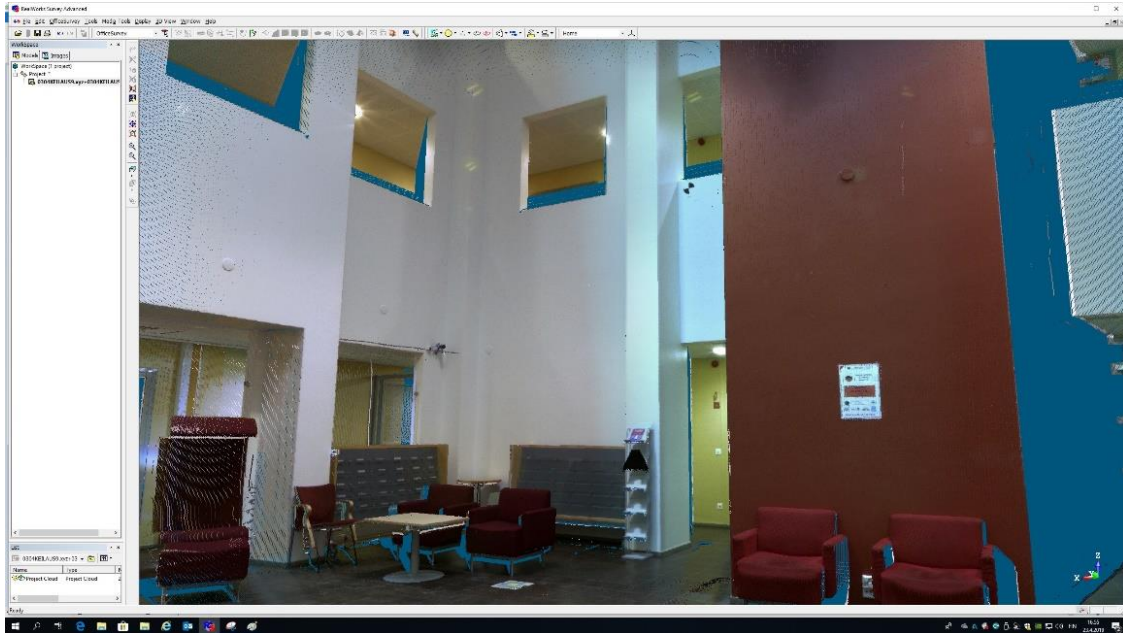
RealWorks-ohjelmassa tuli vastaan ohjelman muistirajoitus, ja 7 keilausta avattuna yhtä aikaa ei ollut mahdollista, vaan ohjelma jakoi nämä aliprojekteihin, joita ei voitu katsella yhtä aikaa kolmiulotteisesti. Jotta ohjelmalla pystyi aineistoa sopivasti katselemaan (kuviokuva 23), rajattiin avattavien keilausten määrää neljään keilaukseen, jolloin aivan kaikkea keilaus-aineistoa ei voida kunnolla hyödyntää esimerkiksi videon teossa.



Kuvio 23. Avattu keilausaineisto RealWorks-ohjelmassa

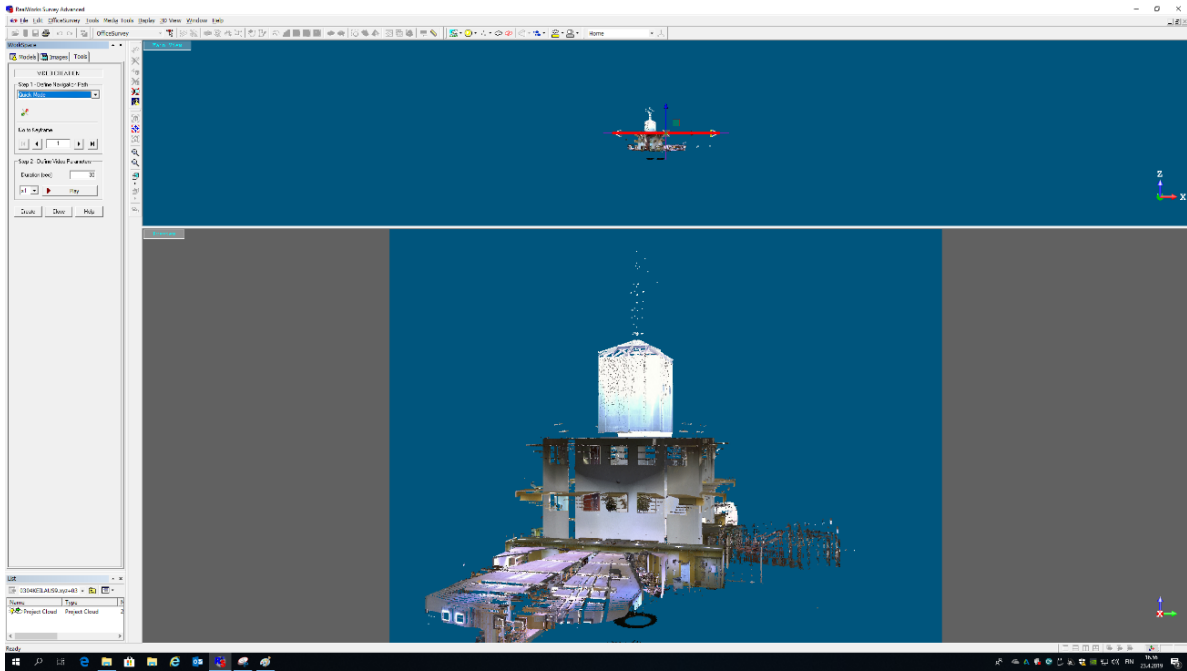
Itse aineiston muokkaamiseen RealWorks toimi paremmin, kuin LaserControl. Aineistosta olikin helpompi rajata pois tarpeettomia pisteitä eri valintatyökalujen avulla.

3D mallissa liikkuminen on tehty RealWorks-ohjelmassa huomattavasti helpommaksi, kuin LaserControl-ohjelmassa ja pienen käytön jälkeen 3D mallissa liikkuminen alkoi sujua rutiinilla (kuvio 24). Liikkumisen helppous oli positiivinen yllätys ja ohjelmasta löytyi myös videon teko työkalu, joten ohjelma vaikutti lupaavalta.



Kuvio 24. Näkymä keilausaineiston sisältä RealWorks-ohjelmassa

Videon teko työkalu osoittautui todella hankalaksi käyttöliittymältään (kuvio 25). Lisäksi ohjelman hidastuminen työkalun päällä ollessa teki työskentelystä todella hankalaa. Samalla, kun aineistossa liikkui liian lähelle kohdetta, niin kohteet katosivat näytöstä. Työkalu soveltuukin pääasiassa ulkoisten kohteiden, kuten rakennusten yksinkertaiseen ympäri kuvaamiseen.



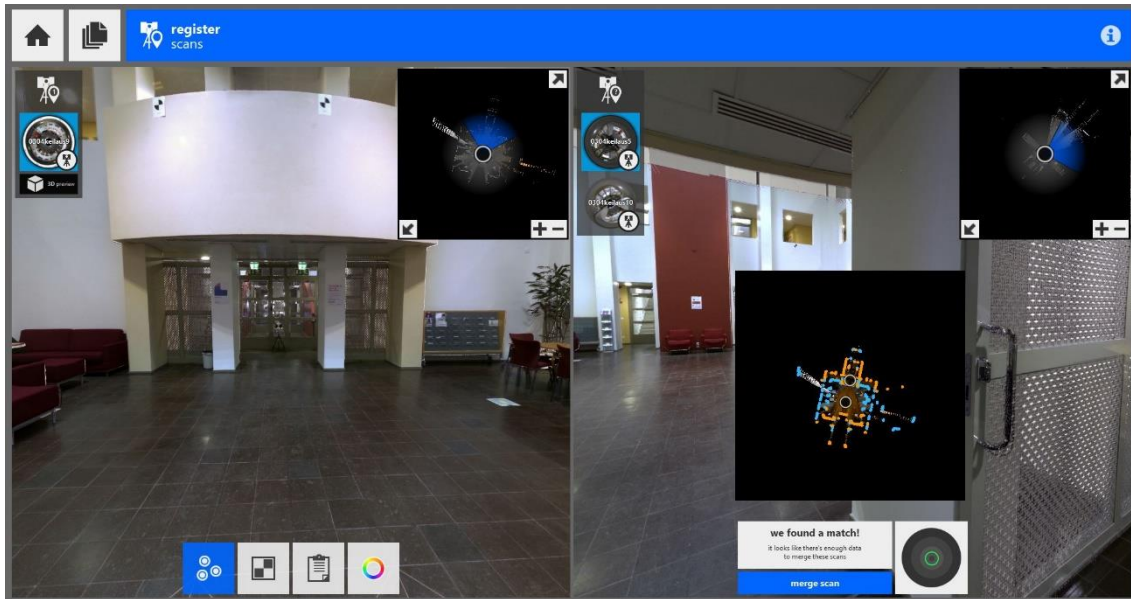
Kuvio 25. kamera työkalu. Ylhäällä kameran sijainti, alhaalla mitä kamera näkee

#### 4.5 Autodesk ReCap Pro

Laserkeilausaineiston loppukäsittelyyn ja videon tekoon käytettiin Autodeskin ReCap Pro 3D-skannausohjelmistoa. Autodesk ReCap Pro, lyhyesti ReCap, on käyttäjäystävällinen ja helppokäyttöinen skannausohjelmisto, jolla pystyy avaamaan pistepilviaineistoa ja käsittelemään sitä (Coppinger 2019). LaserControl –ohjelman tavoin ReCap –ohjelmaan voi tuoda suoraan keilausaineistoa mutta värien liittäminen pistepilveen ei ReCap –ohjelmalla onnistunut, joten se osuus tehtiin LaserControl –ohjelmassa. Videon tuottaminen osoittautui ReCap –ohjelmalla parhaimmaksi vaihtoehdoksi.

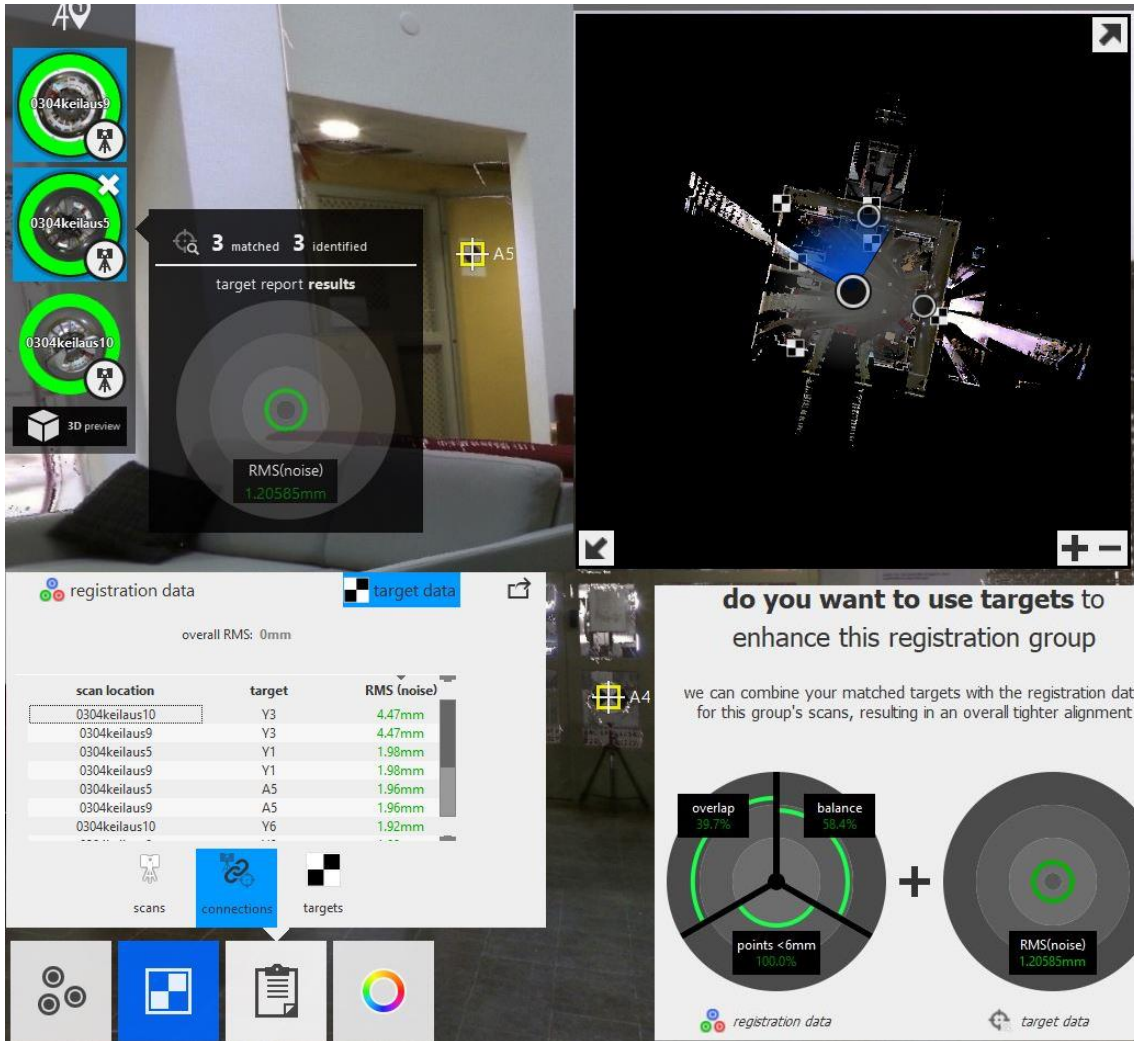
Ennen kuin ohjelmassa voidaan videoita tehdä, on pistepilviaineisto yhdistettävä. ReCap –ohjelmaan luodaan ensin projekti ja sen jälkeen tuodaan LaserControl –ohjelmassa käsitelty väriäinen aineisto ReCap -ohjelmaan. Vaikka aineisto on yhdistetty LaserControl –ohjelmassa, sitä ei ReCap -ohjelmaan saatu yhtenäisenä, vaan jokainen keilaus tuli omana erillisenä tiedostona. ReCap –ohjelmassa pistepilviaineiston yhdistäminen on suurilta osin automaattista. Ohjelma tunnistaa eri pistepilviaineistoista yhteneväisiä pisteitä ja yhdistää aineistot niiden perusteella. (Kuvio 26)





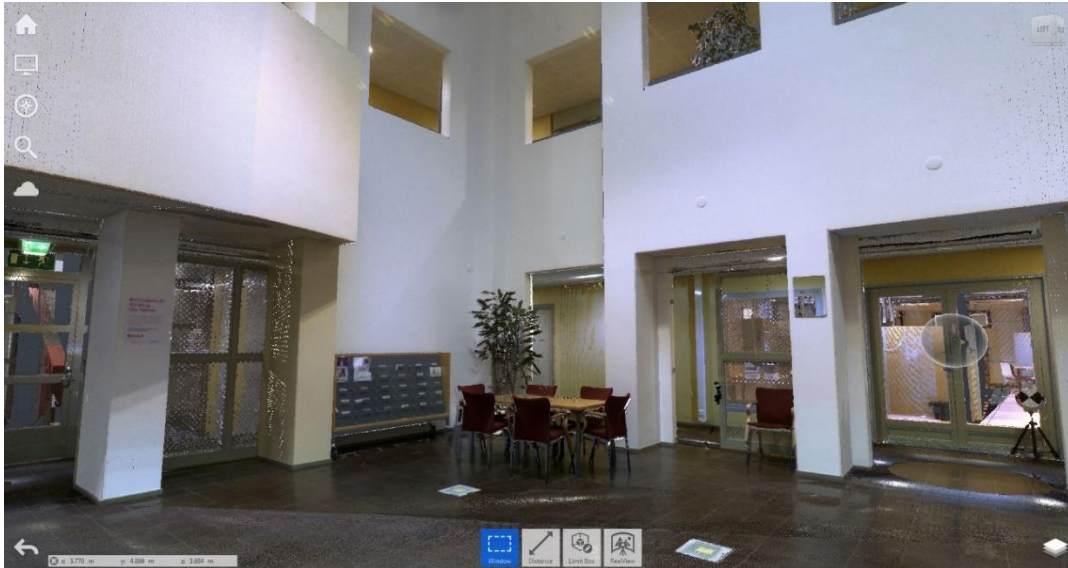
Kuvio 26. Pistepilvien yhdistäminen ReCap –ohjelmalla

Kun aineisto on yhdistetty, yhtenäistä aineistoa voi vielä tarkentaa osoittamalla vähintään kolme tähyistä jokaisesta keilausasemasta, jotka näkyvät myös toisilta keilausasemilta. Ohjelma näyttää tähyys -raportin, mistä näkyy eri keilausasemista merkattujen tähyysten välisen kohinan, mistä voi tarkastella pistepilven tarkkuutta eri tähyksiä valittaessa. Kun tähyksiä on osoitettu riittävästi ja ohjelma näyttää vihreää väriä tarkkuuden puolesta, voi tarkennuksen suorittaa (Kuvio 27).

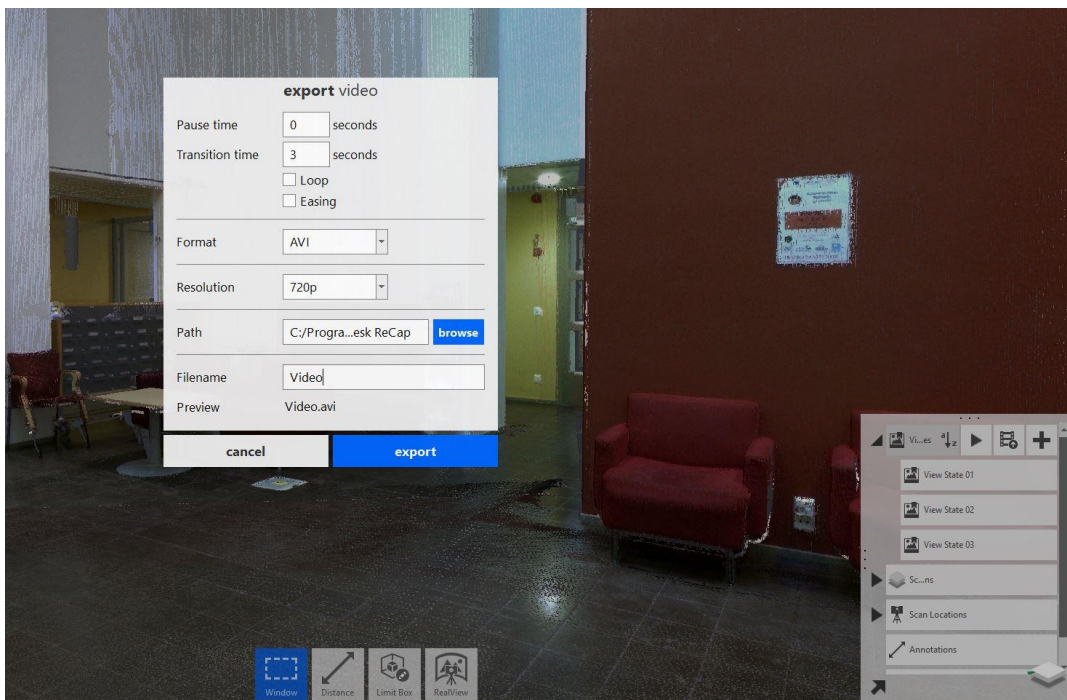


Kuvio 27. Tähtysten poimintaa pistepilven tarkentamiseksi

Pistepilven yhdistämisen ja tarkentamisen jälkeen saadaan siistiltä näyttävä yhtenäinen pistepilviaineisto (Kuvio 28). Tämän jälkeen pistepilvestä saadaan tuotettua videotiedostoja, mikä oli yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista. ReCap –ohjelmalla videotiedoston luonti tapahtuu yksinkertaisesti. Ensin siirretään kuvakulma haluttuun paikkaan, mistä videon halutaan alkavan, kyseisen kuvan voi lisätä ohjelman View State listaan. Sitten siirretään kuvakulmaa seuraavaan paikkaan ja taas lisätään uusi View State. Kun haluttu reitti on luotu kuvasarjoina, voidaan siitä luoda videotiedosto määrittämällä videon kulkunopeus ja tyyli asetuksista (Kuvio 29).



Kuvio 28. ReCap –ohjelmalla käsitelty pistepilviaineisto



Kuvio 29. Videon teko Recap –ohjelmassa

## 5 POHDINTA

### 5.1 Yleinen pohdinta

Alkupäässä tavoitteet olivat hieman erit kuin mitä ne loppua kohden tulivat olemaan. Työn alussa olimme suuresti siinä uskossa, että tavoitteenamme on rakentaa uudelleen kirjaston tilojen kadonneet koordinaattipisteet ja tämä olisi meidän päätavoite. Tämän lisäksi ajattelimme, vietämme hiukan aikaa laserkeilauksen ja dronen lennättämisen parissa pääasiassa mannekiineina markkinointitarkoitusta varten.

Työn edetessä meille alkoi enemmän seljettä, että pääasiana meillä on harjoitella jonomittausta, takymetrin käyttöä ja laserkeilausta ja tutustua näihin laitteisiin ja toimintatapoihin. Tämän lisäksi meille tuli mahdollisuus tutustua koulun eri aineiston käsitteilyohjelmiin, joihin ei oltu opiskelujen aikana tutustuttu ja vertailla näiden ohjelmien toimintaa ja ominaisuuksia.

Olimme luvanneet itsemme koulun käyttöön markkinointitarkoituksessa opinnäytetyön aikana, mutta tämä osuus ajan saatossa jäi pois, sillä koulun markkinoinnin henkilö, jonka piti olla kuvia ottamassa eri maanmittaustekniikan osa-alueista, ei päässyt henkilökohtaisista syistä paikalle. Näin ollen supistimme markkinoinnin osuutta työsämme vain tuottamaamme aineistoon, mitä koulu ja opettajat voivat käyttää opetus ja markkinointitarkoituksessa.

Ryhmänä työskentely toi kaivattua motivaatiota jokaiselle ryhmän jäsenelle, sillä ei voinut jättää asioita vain odottamaan seuraavaa päivää, kun tiesi, että on kaksi muuta aina odottamassa, että jokainen tulee paikalle, jos oltiin näin sovittu. Ryhmänä työskentelyn etuihin lukeutui myös se, että pystyimme käyttämään toistemme vahvuuksia hyödyksi esimerkiksi ohjelmistojen käytössä. Jos tarvitsimme nopeasti jotain tehtyä, niin laitoimme kyvykkäimmän asialle. Lisäksi ryhmästä oli suuri etu asioita suunnitella ja ideoimisessa. Monesti toisilta tuli mielipiteitä esille, mitä toiset eivät olleet osanneet ajatellakaan ja tästä syntyi monesti keskusteluja, jotka veivät asioita eteenpäin. Lisäksi yhden henkilön poissaolo ei monesti vaikuttanut asioiden toteuttamiseen.

Mittauksia teimme julkisissa tiloissa, joissa oli ulkopuolisten ihmisten liikennettä. Ryhmätoiminnasta oli hyötyä, kun pystyttiin vahtimaan useita suuntia, että milloin oli hiljaista ja suorittaa näin mittauksia, ettei itse laitteen mittauksen aikana tielle tullut yllättäen ihmisiä kulmien takaa ja käytävistä.

Suurimmaksi miinukseksi työskentelyssämme tuli aika, tai oikeastaan sen vähyys, sillä tuhlasimme jälkikäteen mietittynä puolitoista kuukautta projektille, joka tuli kaatumaan. Meidän olisi vain pitänyt olla fiksumpia ja siirtyä kyseisen työn parista pois jo hyvissä ajoin. Kyseinen työ vaan näytti liian hyvältä ohitettavaksi kerta vilkaisulla.

## 5.2 Hannu Leppikorpi

Koin, että uusien kiintopisteiden rakentaminen oli hyödyllinen projekti oman oppimisen kannalta ja se tulee hyödyttämään myös tulevia opiskelijoita. Käytännönläheinen työ oli houkutteleva ja mielenkiintoinen. Toiminnallinen opinnäytetyö sopii minulle henkilökohtaisesti paremmin kuin tutkimuksellinen opinnäytetyö. Projektissa pääsi tutustumaan takymetri- ja jonomittauksiin syvällisemmin. Aikaisemmat kokemukset takymetrimittauksista olin saanut ainoastaan koulun harjoituksista.

Projektissa haasteita aiheuttivat kiintopisteiden mittausmenetelmät ja tarkkuusvaatimukset. Vastaavanlaisista käyttöpisteiden mittauksista ei löytynyt kovin hyvin tietoa, ja siksi alkuselvittelyyn meni oletettua enemmän aikaa.

Laserkeilaus on nyt ja tulevaisuudessa huimasti yleistynyt mittausmenetelmä. Oli hyödyllistä päästä tekemään keilauksia ja aineiston käsittelyä. Koin, että siitä on hyötyä valmistumisen jälkeen työelämässä. Myös erilaisista ohjelmistoista sain paljon hyvää ja käytännönläheistä kokemusta.

Ohjelmien käytettävyydessä on suuria eroja. Esimerkiksi Autodeskin ReCap Pro -ohjelma oli selkeä ja helppokäyttöinen. Ongelmia tuotti vain värien lisääminen valokuvista keilausaineistoon, koska emme saaneet ladattua uusinta versiota ohjelmasta. Z+F LaserControl -ohjelmallakin värien lisääminen onnistui helposti, vaikka ohjelma ei olekaan niin selkeä käyttöinen kuin Recap Pro.

Kouluaikana olemme tehneet paljon erilaisia ryhmätöitä, joten oli luontevaa tehdä opinnäytetyö ryhmässä. Valtteri ja Henri ovat olleet kanssani mukana monissa ryhmätöissä ja projekteissa, joten tiesin hyvin kaikkien toimintatavat entuudestaan. Ongelmatilanteissa ryhmässä syntyi hyvin keskustelua ja ongelmiin löytyi ratkaisu ryhmän sisältä nopeasti.

Alkuun minulle tuotti ongelmia opinnäytetyön rakenne, koska kaikki osa-alueet poikkesivat toisistaan paljon. Kiintopistemittaus, laserkeilaus ja markkinointiaineiston tuottaminen ovat kaikki jo yksinään laajoja erillisiä kokonaisuuksia. Lopulta kuitenkin näistä saatiin koottua järkevä kokonaisuus opinnäytetyöksi. Henkilökohtaisesti koin mielekkäimmäksi käytännön mittaukset ja ohjelmistojen käytöt. Vaikein osuus minulle oli tekstin tuottaminen ja sisällön rajaaminen sopivaksi.

### 5.3 Valtteri Olkkonen

Opinnäytetyön aiheen ja sen sisällön syntyminen ei tapahtunut täysin vaivattomasti. Olimme menettäneet jo paljon aikaa peruuntuneen aiheen parissa, joten aikataulullisesti opinnäytetyön tekemiseen tuli kiire. Mutta onneksi opinnäytetyö tehtiin ryhmässä, mikä osoittautui monin tavoin hyväksi. Ryhmän etuna oli töiden jakamisen lisäksi myös ideoiden ja ajatusten jakaminen sekä yhdessä tekemisen sujuvuus. Moni asia olisi jäänyt tajuamatta, jos työtä olisi tehnyt yksin. Vaikka aikaa olikin rajallisesti työn tekemiseen, saimme kaikki käytännön työt suoritettua suhteellisen huolellisesti ja hyvällä lopputuloksella.

Opinnäytetyö jakautui kahteen osaan, kiintopistemittauksiin ja laserkeilaukseen. Kiintopistemittauksiin sisältyi erityisesti jonomittaus, mistä kenelläkään ryhmästä ei ollut juurikaan aikaisempaa kokemusta. Mittaukset etenivätkin hyvin pitkälti kokeilun, virheiden ja toistojen kautta eteenpäin kohti onnistumista. Lopputulos oli kuitenkin tavoitteen mukainen sekä opettavainen. Laserkeilausosiossa työt lähtivät sujumaan alusta alkaen paremmin johtuen osittain paremman kokemuksen ansiosta ja siitä, että työskentely alkoi yleisesti enemmän rutinoitumaan. Vaikeuksia tuli kuitenkin keilauksen aineistonkäsittelyssä uusien ohjelmien takia, joita kukaan ryhmästä ei ollut käyttänyt aiemmin. Työn aikana kiinnostavaa olikin nähdä miten eri tavalla käyttämämme ai-

neistonkäsittelyohjelmat toimivat ja mitkä olivat niiden vahvuudet ja heikkoudet eri alueille. RealWorks-ohjelma osoittautui käytännössä turhaksi lopputuloksen kannalta, mutta sitä käytettiin työn aikana niin paljon, että sen pois jättäminen työstä tuntui väärältä.

Kaikki työn vaiheet suoritettiin pääosin ryhmänä. Oma vastuualueeni oli kuitenkin erityisesti takymetrin ja ReCap-ohjelman käyttö. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö oli käytännönläheinen ja aiheena kiinnostava, vaikka alkuun se ei kummoiselta kuulostanut. Työssä ei varsinaisesti tutkittu mitään, vaan tavoitteena oli tuottaa koululle uutta opetus- ja markkinointimateriaalia sekä tutustua käytännön mittauksiin ja sen eri vaiheisiin. Opinnäytetyö kehitti ryhmätyötaitoja ja opetti uusia asioita maanmittausalaan liittyen sekä aikataulun käyttöä ja suunnittelua.

#### 5.4 Henri Portti

Omalla kohdalla oli alusta asti tavoitteena tehdä opinnäytetyö ryhmässä tai parityönä, jos tällainen mahdollisuus ilmestyisi, sillä koulussa on koko opiskelujen ajan pyritty työskentelemään ryhmissä ja tuntui tyhmältä yhtäkkiä, että pitäisi tehdä isompi projekti yksin. Ryhmän jäsenet valikoituivatkin mukavan kivuttomasti ja oli helppo lähteä sekä Hannun että Valterin kanssa työstämään opinnäytetyötä yhdessä, sillä olimme vuosien varrella tehneet useampia yhteistöitä ja projekteja jo entuudestaan samoissa porukoissa, joten jokaiselle oli varmana selkeää jokaisen osaaminen ja tietotaito jo lähtötilanteessa.

Ryhmässä jaoimme hyvin vetovastuuta, sen mukaan kenellä oli minkäkin verran kokemusta mistäkin asiasta. Tuntuikin, että mittauksia tehdessä työt etenivät hyvällä rytmillä ja asiat luistivat.

Takymetrimittaukset ja pisteiden rakentaminen vanhan kirjaston tiloihin oli omalle kohdalle hyvin opettavaista, sillä omalla kohdalla takymetrin käyttö oli ollut hyvin vähäistä, vain koulun puolesta ja pariin otteeseen eräässä harjoittelupaikassa. Lisäksi suoritimme ensimmäisenä mittauspäivänä kaikki asiat väärin, mitä vain kyseessä olevien mittausten kannalta kykenimme väärin tekemään, ja ihminen oppii parhaiten virheis-

tään ja muita matkimalla. Mittasimme takymetrimittaukset useampana päivänä useamman viikon ajan, jotta saimme rutiinia ja olimme tyytyväisiä suorituksiimme siinä vaiheessa, kun aloimme saamaan samoja mittaustuloksia päivien välillä.

Odotin innolla omalla kohdalla laserkeilausosiota, sillä se on itselle tutuinta ja kiinnostavinta osa-aluetta tekniseltä kannalta. Itsellä oli hyvä ymmärrys laserkeilaamisen vaiheista ja keilausaineiston käsittelystä, mutta uutena asiana saimme käyttöömmekoulun keilaimeen myös kameran, jolla kykenimme saamaan keilausaineistoon myös värin, ja tämä oli uutta myös itselle. Kameran käyttöönotto ja käyttö keilaustilanteessa olivat yllättävän yksinkertaisia toimenpiteitä.

Itse laserkeilausaineiston käsittelyssä omalle kohdalle tuli uutena muun muassa ReCap Pro -ohjelma ja värien lisäys keilausaineistoon. Käytetyistä ohjelmista itsellä oli alussa oma mielipide, että mikä on paras ja pidinkin ReCap-ohjelmaa aluksi hyvin yksinkertaisena perusmallina sen yksinkertaisen käyttöliittymän ja ulkoasun perusteella. Värien lisäämisen helppous sen jälkeen, kun prosessin ymmärsi, yllätti positiivisesti.

Itsellä oli suuret odotukset eri ohjelmistojen videontekotyökaluista, sillä oma aikaisempi koulutus liittyy hyvin paljon videon tuottamiseen ja videotyökalujen kanssa työskentelemiseen ja olinkin kahden itselle tunnetumman ohjelman kohdalla todella pettynyt näiden videontekotyökaluihin. Niiden suunnittelussa ei ollut selkeästi ollut mukana yksikään videoalan ihminen, kun niiden toimintaa ja ohjattavuutta katsoi. Suurimmaksi yllättäjäksi nousi omalla kohdalla ReCap Pro, josta aluksi ei tuntunut koko videontekoohjelmaa löytyvän. Lopulta ohjelma pyöri kaikista parhaiten ja se teki halutut toimenpiteet, kuten aineistojen yhdistämiset todella kivuttomasti ja nopeasti ja kyseisellä ohjelmalla halutunlaisen videon tuotto onnistui yli odotusten. Jos meillä olisi ollut vielä enemmän aikaa pelkän keilausaineiston esittelyvideon tekemisessä, niin olisimme kyenneet siinä hyödyntämään tehokkaammin kaikki keilaukset ja olisimme saaneet videosta vielä näyttävämmän.

Ajallisesti olimme varanneet opinnäytetyölle tarpeeksi toteutus aikaa, mutta emme otaneet ollenkaan huomioon sitä vaihtoehtoa, mikä meille lopulta kävi, että joutuisimme kesken kaiken vaihtamaan aihetta ja työnantajaa ja olisimme näin hukanneet yli puolitoista kuukautta aikaa täysin turhaan. Tämä tekikin meidän aikataulusta hieman kiireisen, ja kiirettä lisäsi loppua kohden vielä se, että osalla ryhmästä ilmoitettiin työt



alkavaksi aikaisemmin kuin olimme odottaneet. Toinen aikatauluun vaikuttava tekijä oli aloituksessa ongelmia tuonut seikka, että toisiinsa liittymättömiä aihealueita oli niin paljon, ettei ollut varmuutta, mistä lähteä liikkeelle, ja mitkä aiheet olisivat ne pääasioita. Kun lopulta saatiin asiat jonkinlaiseen toteutusjärjestykseen, niin asiat etenivät aika hyvällä mallilla.

## LÄHTEET

3D-system 2019. 3D-Win. Viitattu 18.4.2016 <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>.

Coppinger, J. 2019. Autodesk ReCap. Lifewire. Viitattu 18.4.2016 <https://www.lifewire.com/autodesk-recap-485205>.

JHS 184 2012. Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä. Julkisen tietohallinnon neuvottelukunta. Viitattu 18.4.2016 <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs184>.

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Viitattu 09.04.2019 <https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMylTikOWUtNTQzMDIwZTI3NDVm/view>.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4., uudistettu painos. Jyväskylä: Kopijyvä.

Laurila, P. 2019. Lapin ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikan yliopettajan haastattelu 4.4.2019.

Leica Geosystems AG 2015. Leica Viva TS16 data sheet. Viitattu 24.4.2019 [https://leica-geosystems.com/-/media/Files/LeicaGeosystems/Products/Datasheets/Leica\\_Viva\\_TS16\\_DS.ashx?la=en&hash=2746A736346652C1C8CF15B5371AD534](https://leica-geosystems.com/-/media/Files/LeicaGeosystems/Products/Datasheets/Leica_Viva_TS16_DS.ashx?la=en&hash=2746A736346652C1C8CF15B5371AD534).

Mäkelä, L. 2010. Zoller+Fröhlich LaserControl 7.5 Manuaali. Lapin ammattikorkeakoulu.

Zoller+Fröhlich 2009. Technical data Z+F IMAGER 5006i. Viitattu 19.4.2019 [http://www.gb-geodezie.cz/wp-content/uploads/2016/01/datenblatt\\_ima-ger\\_5006i.pdf](http://www.gb-geodezie.cz/wp-content/uploads/2016/01/datenblatt_ima-ger_5006i.pdf).

Zoller+Fröhlich 2012. Technical data M-Cam. Viitattu 19.4.2019 [https://www.zf-laser.com/fileadmin/editor/Datenblaetter/Datasheet\\_M-Cam\\_E\\_NEU.pdf](https://www.zf-laser.com/fileadmin/editor/Datenblaetter/Datasheet_M-Cam_E_NEU.pdf).

## LIITTEET

- Liite 1. Mittausraportti: Uusien kiintopisteiden mittaaminen kirjaston tilaan T1-T8
- Liite 2. Pistekortti: Seinäpisteet Rantavitikan kampuksen A- ja B-rakennuksissa
- Liite 3. Mittausraportti: Lapin AMK:n kirjastotilan laserkeilaus
- Liite 4. Ohje. Värien/kuvien lisäys LaserControl ohjelman keilausaineistoon.

Hannu Leppikorpi  
 Valtteri Olkkonen  
 Henri Portti  
 R501M32

### **Mittausraportti**

Opinnäytetyö: Lapin AMK:n kirjastotilan  
 kiintopisteet ja laserkeilaus.  
 23.4.2019

### **Uusien kiintopisteiden mittaaminen kirjaston tilaan T1-T8**

Tehtävänä oli rakentaa uudet kiintopisteet Lapin AMK:n kirjaston tilaan remontissa kadonneiden tilalle. Vanhoista kiintopisteistä T1-löydyivät valmiit pisteselityskortit, joiden mukaan uudet tarrat asetoitiin. Mittaus suoritettiin suljettuna jonomittauksena pakkokeskistys periaatetta käyttäen. Mittauksen laatu tullaan varmistamaan uudella suljetulla jono mittauksella.

#### **Kalusto**

Leica TS16 takymetri  
 4Kpl kolmijalkoja, tasausalustoja ja kolmijalanalustoja  
 Nikon miniprisma  
 Pyöröprisma pakkokeskistys jalustalla  
 Teippi  
 Tähystarra  
 Havaintolomake

#### **Mittaus**

Työ aloitettiin liimaamalla tähystarrat vanhojen pisteselityskorttien mukaisesti. Mittaus aloitettiin kolmijalkojen asentamisella lattiaan. Jalat ja tuet teipattiin tukevasti lattiaan, jotta jalusta eivät pääsisi liikumaan mittauksen aikana. Kojeasemat suunniteltiin niin, että niitä olisi mahdollisimman vähän, jotta kojeiden liikuttelusta tulevat virheet minimoidaan. Kojeasemia tuli lopulta 4kpl. Kaikkiin

jalustoihin asennettiin omat tasausalustat, jotka tasattiin takymetrin sähköisen tasaimen avulla. Tähyksenä käytettiin prismaa, joka oli säädetty takymetrin kanssa samaan korkeuteen.

Mittaus aloitettiin vapaalta asemapisteeltä orientoimalla takymetri neljälle kiintopistetarralle (T9, T10, T11, T15). Pisteet ovat koulun omassa KKJ/N43 koordinaattijärjestelmässä. Pisteestä T15 otettiin vain X ja Y koordinaatit, koska orientoinnissa havaittiin korkeus heittoa pisteellä. Orientointi ja mittaukset otettiin kymmenellä havainnolla molemmilla kojeasennoilla.

Orientoinnin jälkeen otettiin havainnot ensimmäiselle tähykselle molemmista kojeasennosta, jonka jälkeen vaihdettiin kojeen ja tähyksen paikkaa päittäin ja otettiin havainnot taaksepäin. Tämän jälkeen liikuttiin prismalla kolmannelle asemapaikalle ja otettiin kojeelta havainnot eteenpäin. Tämän jälkeen vaihdettiin prisman ja kojeen paikkaa ja tätä toistettiin niin kauan, kunnes olimme liikuttaneet kojeen asemapaikalle 4. Tosin asemapaikalta 3 otimme muutamasta näkyvästä T pisteestä havainnot mahdollista tarkistusta varten.

Asemapaikalta 4 mitattiin havainnot ykkösasennossa kaikista pisteistä T1-T8 ja sama toistettiin kakkosasennosta. Tämän jälkeen otimme saman mittauksen vielä toiseen kertaan. Jokainen pisteen mittaus nimettiin omalla nimellä malliin T1.1, T1.2 jne, kumminkin niin, että pisteen jälkeinen numero kertoi parittomana kojeen olleen ykkösasennossa ja parillisena kakkosasennossa, jotta saatiin kaikista mittauskerroista erillinen havainto talteen. Neljästä mittaushavainnosta tarrapistettä kohden voidaan nähdä mittauksissa tapahtunut karkeavirhe. Luotettavista havainnoista lasketaan lopuksi keskiarvot. Tähystarroja mitatessa kirjasimme vaaka- ja pystykulma havainnot mahdollista tasoituslaskelmaa varten.

Tämän jälkeen lähdimme siirtymään takaisin alkuperäiselle asema pisteelle aikaisemmin mainitun menetelmän mukaan, mutta nyt mentiin asemalta 4 kohti asema ykköstä, jonka jälkeen mittaus suljettiin pisteille T9, T10, T11 ja T15. Paluumatkalla pisteeltä 3 otimme tarkemittauksia tarroista T4, T5 ja T7.

## Laskenta

Kuljettu kokonaisvinomatka oli 98,2m. 13.3.2019 päivän mittauksissa suljettaessa tunnetulle pisteelle saimme Y-suunnassa noin 7mm sulkuvirheen. X ja Z suunnassa sulkuvirheet olivat korkeintaan 1 mm:n. 7.3.2019 päivän mittauksessa saimme X ja Y koordinaatien sulkuvirheeksi noin 1 mm:n. Z-suunnassa sulkuvirhettä oli kuitenkin n.20mm ja tämä johtui siitä, että prismakorkeus oli asennettu väärin.

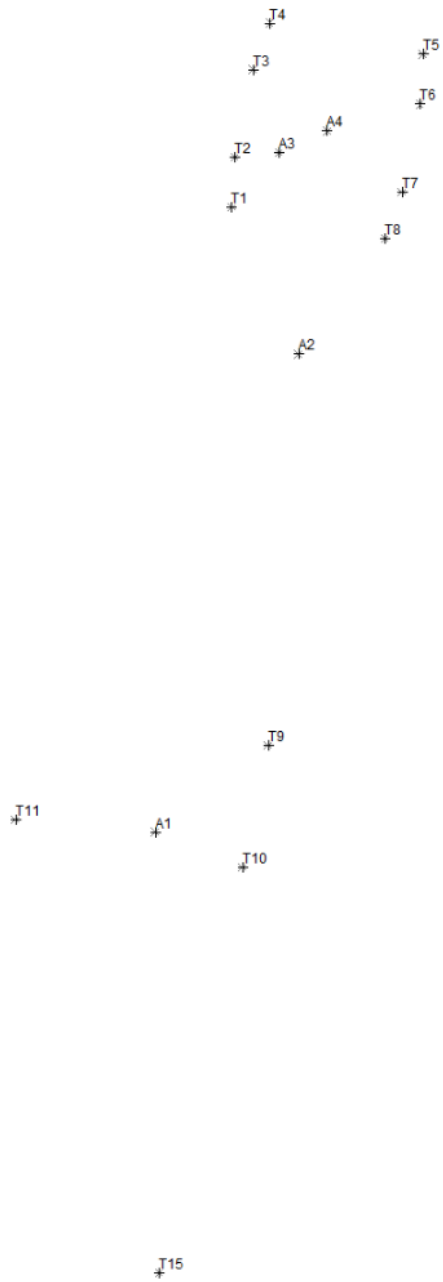
Verrattaessa 7.3 ja 13.3 päivän mittauksia uusien T1-T8 pisteiden osalta, niiden välinen virhe on yhden millin luokkaa. 13.3 B3 asemalta mitatut tarkastuspisteet todistavat sen, että virhettä Y-suunnassa ei ollut. Y-suuntainen virhe on täytynyt tulla jonoa palatessa lähtöpisteelle. 7.3 pistesulkuvirheeksi saatiin 14ppm

14.3.2019 teimme uuden tarkistusmittauksen aloittamalla uusista tarrapisteistä (T1, T4,T5 ja T7) sulkemalla tunnetuille pisteille (T10,T11 ja T15). Tämän jälkeen palattiin vielä takaisin sulkemalla mittaus pisteille T4 ja T7. Jälkilaskennassa pistesulkuvirheeksi saimme T4:lle 0,001m ja T7 0,00141m

## Päätelmä

Käsittelimme mittaustulokset 3D-Win -ohjelmalla lopulliseen esitys muotoon. Mittaustuloksia tulemme käyttämään jatkossa laserkei lauksessa takymetrin orientointiin.

T1	7377245.996	3443235.451	82.283
T2	7377249.240	3443235.653	82.284
T3	7377254.954	3443236.830	82.283
T4	7377257.978	3443237.935	82.282
T5	7377255.944	3443247.882	82.282
T6	7377252.700	3443247.681	82.283
T7	7377246.983	3443246.517	82.284
T8	7377243.951	3443245.410	82.282

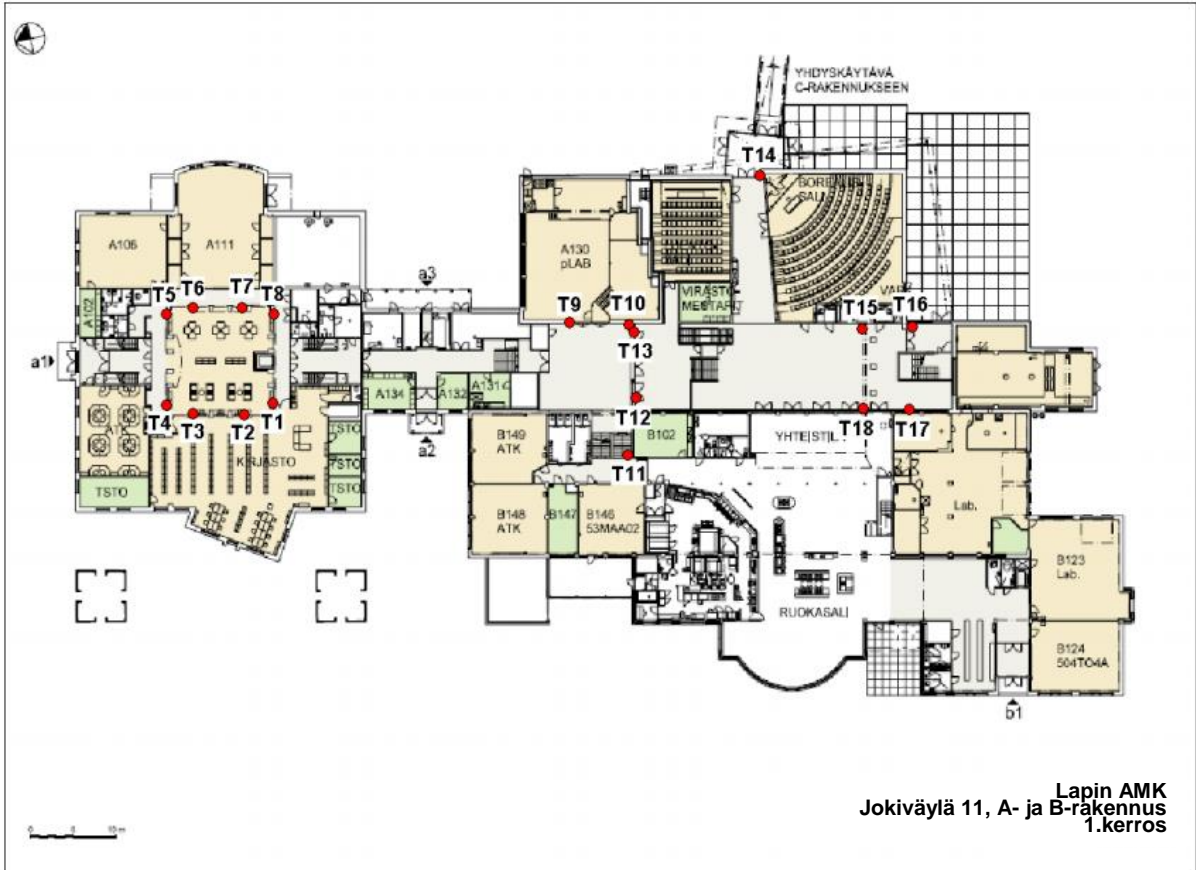


Keskustelimme tasoituslaskennasta Pasi Laurilan 4.4 kanssa ja tulimme siihen tulokseen, että tasoituslaskenta ei tuo mitään lisäarvoa mittauksiin, koska eri mittaus kerroilla saadut tulokset kertovat hyvästä mittauslaadusta ja tarkkuudet ovat millimetri luokkaa.

Hannu Leppikorpi, Valtteri Olkkonen, Henri Portti



## Seinäpisteet Rantavitikan kampuksen A- ja B-rakennuksissa



### Koordinaatit pisteille (KKJ/N43):

T1	7377245.996	3443235.451	82.283	T11	7377206.136	3443221.403	80.801
T2	7377249.240	3443235.653	82.284	T12	7377204.490	3443227.383	83.047
T3	7377254.954	3443236.830	82.283	T13	7377202.846	3443235.426	82.967
T4	7377257.978	3443237.935	82.282	T14	7377185.091	3443248.970	79.664
T5	7377255.944	3443247.882	82.282	T15	7377176.657	3443230.755	79.975
T6	7377252.700	3443247.681	82.283	T16	7377170.176	3443229.139	84.431
T7	7377246.983	3443246.517	82.284	T17	7377171.979	3443220.278	84.436
T8	7377243.951	3443245.410	82.282	T18	7377178.590	3443221.252	79.981
T9	7377210.972	3443237.820	81.511				
T10	7377203.031	3443236.170	81.460				

**Pistenumero:** T1

**Sijainti:** Kirjasto

**Koordinaattit [m]:**

P	I	H
7377245.996	3443235.451	82.283

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019



**Pistenumero:** T2

**Sijainti:** Kirjasto

**Koordinaattit [m]:**

<b>P</b>	<b>I</b>	<b>H</b>
7377249.240	3443235.653	82.284

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019



**Pistenumero:** T3

**Sijainti:** Kirjasto

**Koordinaattit [m]:**

<b>P</b>	<b>I</b>	<b>H</b>
7377254.954	3443236.830	82.283

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019



**Pistenumero:** T4

**Sijainti:** Kirjasto

**Koordinaattit [m]:**

<b>P</b>	<b>I</b>	<b>H</b>
7377257.978	3443237.935	82.282

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019



Liite 2 6(9)

**Pistenumero:** T5**Sijainti:** Kirjasto**Koordinaattit [m]:**

<b>P</b>	<b>I</b>	<b>H</b>
7377255.944	3443247.882	82.282

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019

Liite 2 7(9)

**Pistenumero:** T6**Sijainti:** Kirjasto**Koordinaattit [m]:**

P	I	H
7377252.700	3443247.681	82.283

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019

**Pistenumero:** T7

**Sijainti:** Kirjasto

**Koordinaattit [m]:**

<b>P</b>	<b>I</b>	<b>H</b>
7377246.983	3443246.517	82.284

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019





**Pistenumero:** T8

**Sijainti:** Kirjasto

**Koordinaattit [m]:**

P	I	H
7377243.951	3443245.410	82.282

**Huomautuksia:** Tarrapiste rakennettu uudelleen 5/2019



Liite3 1(2)

Hannu Leppikorpi	<b>Mittausraportti</b>
Valtteri Olkkonen	Opinnäytetyö: Lapin AMK:n kirjastotilan
Henri Portti	kiintopisteet ja laserkeilaus.

23.4.2019

### **Lapin AMK:n kirjastotilan laserkeilaus**

Tehtävänä oli laserkeilata Lapin AMK:n kirjastontila. Laserkeilausaineistoa tullaan mahdollisesti käyttämään maanmittaustekniikan koulutuksen markkinoinnissa. Keilaukselta ei vaadita erityistä tarkkuutta, koska aineistoa tullaan käyttämään vain visuaaliseen tarkoitukseen. Keilaus suoritettiin 3.4.2019 illalla, jotta keilausalueella ei olisi ohikulkijoita häiritsemässä työtä. Keilauksen kojeasemat on suunniteltu erityistä visuaalista esitystä varten, minkä takia vielä remontissa oleva sivu jätettiin vähemmälle huomiolle.

#### **Kalusto**

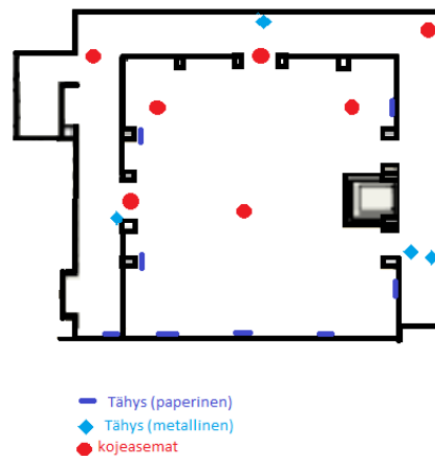
Zoller+Fröhlich imager 5006i  
keilaimen kolmijalat  
Tähykset: 4kpl metallisia ja 8kpl paperisia  
Leica TS16 takymetri  
kolmijalka  
kolmijalanalusta  
Nikon miniprisma  
Teippi

## Keilaus

Työ aloitettiin 3.4.2019 tähysten sijoittamisella keilaus alueelle niin, että jokaiselta keilauspaikalta on näkymä vähintään kolmelle tähykselle. Alakertaan laitoimme 4kpl metallisia (A1-A4) ja yksi paperinen (A5) tähys. 2. kerrokseen 7kpl paperisia (Y1-Y7) tähyksiä. Alakerran tähykset on merkitty A:lla ja yläkerran Y kirjaimella. Tämän jälkeen orientoimme takymetrin tähystarroihin (T1-T8), jonka jälkeen mittasimme tähykset. Lopuksi purettiin takymetri pois.

Keilaukset aloitettiin pystyttämällä keilain ensimmäiselle suunnitellulle asemapaikalle. Aloitimme keilauksen käytävistä, jonka jälkeen siirryimme kohti keskustaa. Keilaimessa oli kiinnitettynä kamera, joka kuvasi keilatun alueen still-kuvina. Kuvista saadaan värisävyt ja ne voidaan myöhemmin lisätä lopulliseen mallinnukseen, jolloin jokainen piste saa oman väritietonsa.

Tarkoituksena olisi ollut keilata vielä yhdeltä kojeasemalta, mutta molemmat akut tyhjenivät. Tällä kojeasemalla ei kuitenkaan ollut vaikutusta lopputulokseen.



Henri Portti  
R51M15S

Liite 4 1(7)

**OHJE**  
Opinnäytetyö

23.4.2019

## Värien/kuvien lisäys Lasercontrol ohjelman keilausaineistoon.

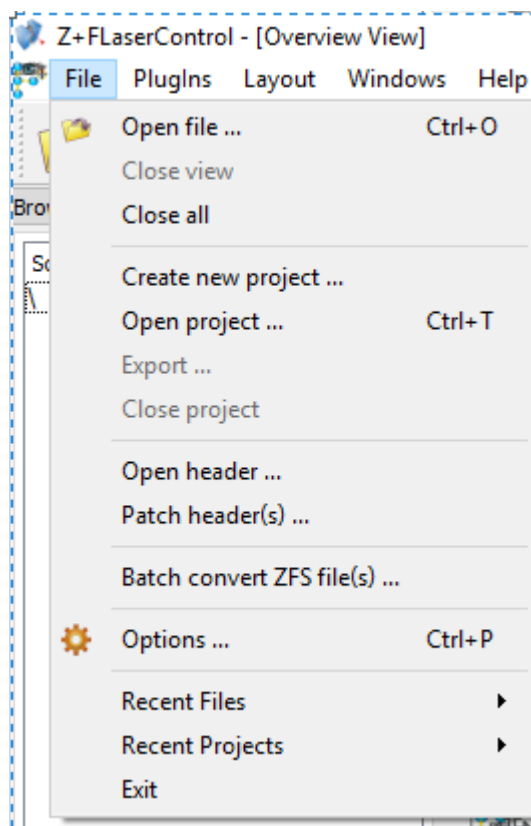
### Tämä ohje on Z+F LaserControl versiolle 8.4

Tämän ohjeen avulla lisäät Z+F M-Cam kameran laserkeilauksen yhteydessä otamat kuvat keilausaineistoon antaen näin jokaiselle pisteelle myös väritiedon.

#### Aloitus

Aloita tekemällä uusi projekti. Valitse yläkulmasta File ja Create new project...

(kuva 1)

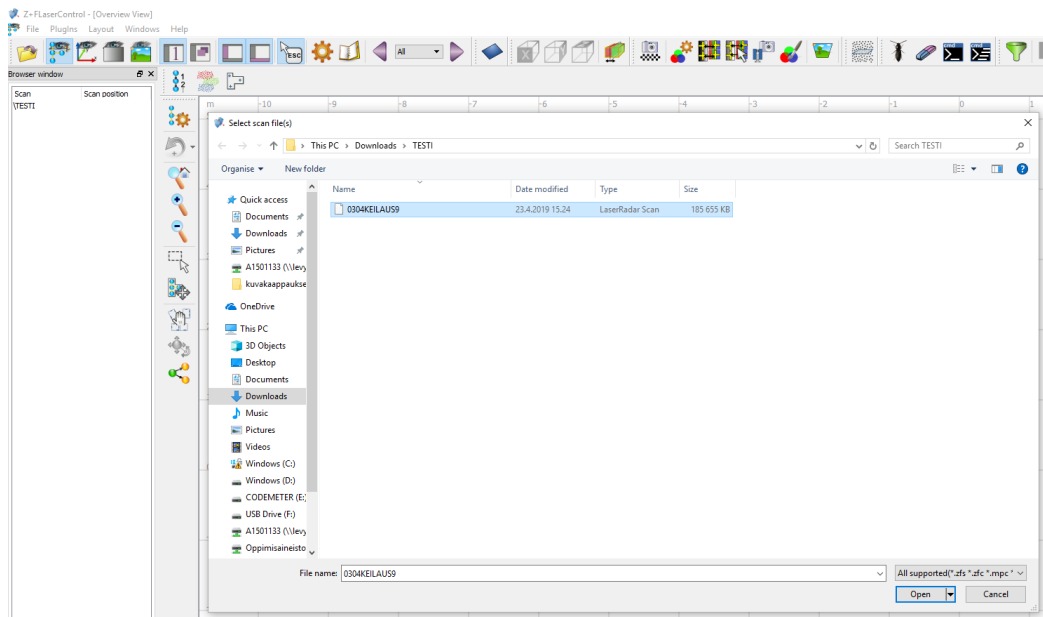


Kuva 1

Tee projekti samaan kansioon, kuin missä keilausaineistosi on. Tämä helpottaa ohjelmiston käyttöä.

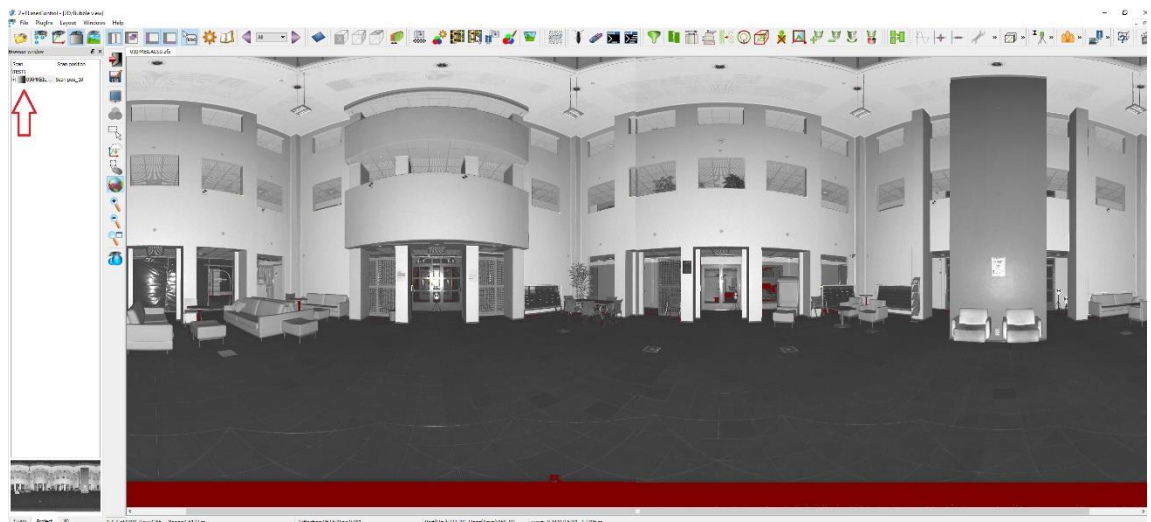
## Liite 4 2(7)

Kun olet luonut projektin ja nimennyt sen, tulee esille automaattisesti ikkuna, jossa sinun tulee valita skannatut aineistot. Jos tehit projektin samaan kansioon, kuin aineistot, pitäisi näiden näkyä automaattisesti valikossa. (Kuva 2)



Kuva 2

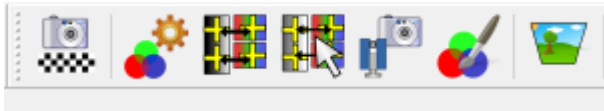
Valitse keilaukset ja avaa (Open). Keilaukset tulevat vasemmassa laidassa olevaan listaan. (punainen nuoli, kuva 3). Keilausta tuplaklikkaamalla keilaus tulee näkyviin kuvan (kuva 3) mukaisesti.



Kuva 3

## Liite 4 3(7)

Tämän jälkeen katso, että sinulla näkyy ylhäällä työkalupalkissa seuraavat työkalut (Kuva 4). Jos nämä eivät näy, niin mene asetukset ja Plugins ja laita kaikki päälle.

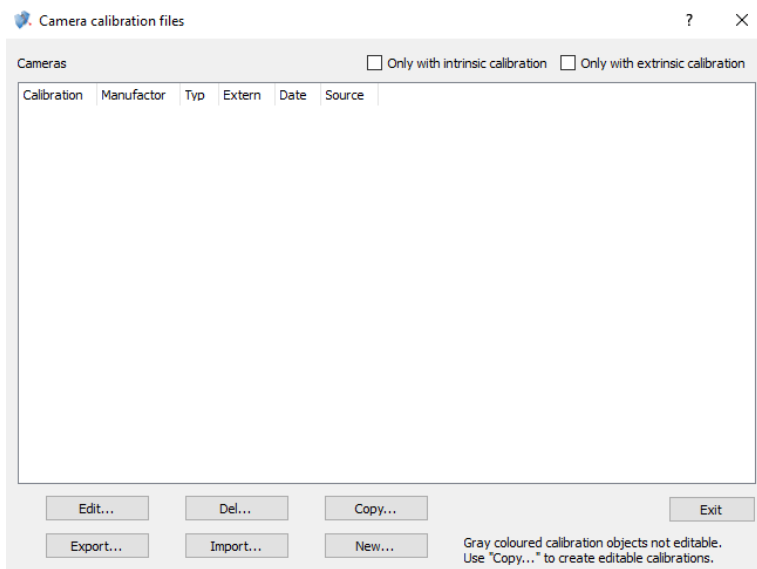


Kuva 4

Valitse ensimmäinen yllä olevista työkaluista (kuva 4), jossa on kameran kuva ja shakkiruudukko. Tällä työkalulla valitaan työhön kuvien kalibroitiedosto. Tämä kalibroitiedosto on tällä hetkellä ainoastaan M-CAM kameran laukussa olevassa hopeisessa Z+F muistitikussa. Tiedosto on nimeltään MCal-0011-23.10.2008.ext.

HOX! Karppinen laita tämä tiedosto johonkin O asemalle ja itsellesi


Kopio kalibroitiedosto itsellesi. Kun olet kopionut tiedoston itsellesi niin laita tästä tiedostosta vielä kopio projektikansioon. Valitse yllä oleva työkalu. Avautuu alla oleva ikkuna (kuva 5).

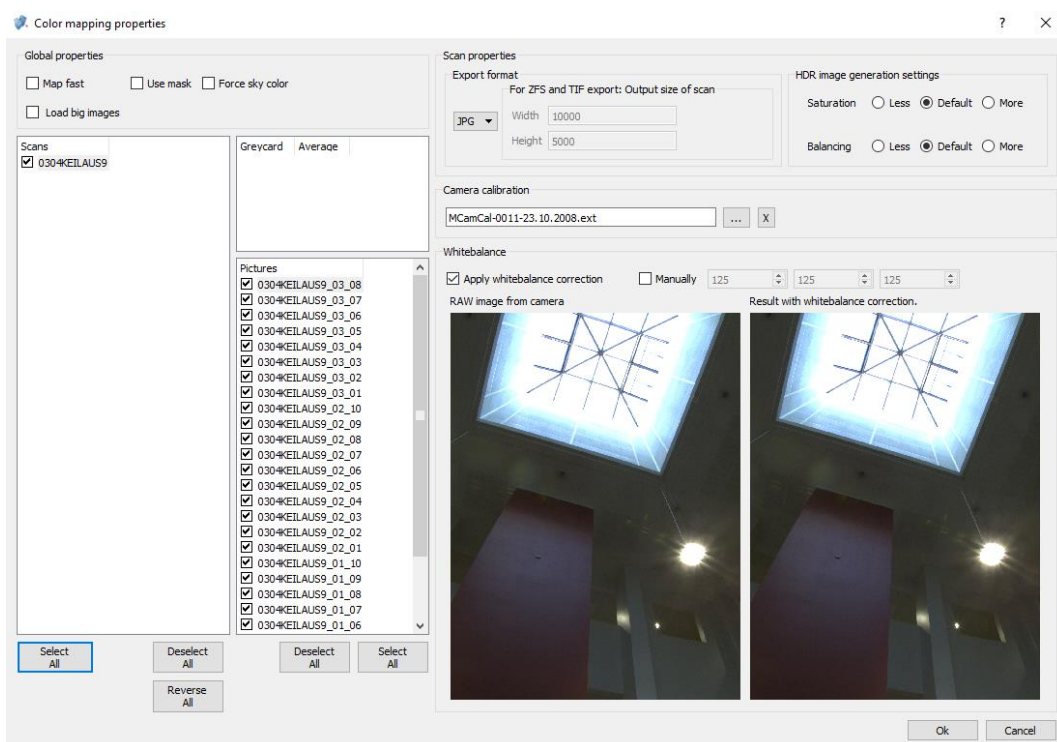


Kuva 5

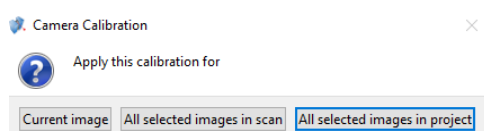
## Liite 4 4(7)

Valitse Import... ja etsi sieltä kansio, johon tallensit kaliprintitiedoston. Valitse tiedosto ja Open (Avaa). Klikkaa sitten Exit.

Valitse sitten seuraava painike  ja avautuu uusi ikkuna Color mapping properties (Kuva 6). Tässä ikkunassa pitäisi näkyä projektin keilaukset ja näihin liittyvät kuvat, mikäli keilausaineisto kuvineen on samassa kansiossa. Tässä vaiheessa valitset ne keilaukset ja kuvat, jotka haluat yhdistää, yleensä kaikki. Seuraavaksi mene kohtaan Camera calibration, paina ... kohdasta ja ohjelman pitäisi itse ehdottaa aikaisemmin valittua kalibraatiotiedostoa. Paina Select ja tulee uusi ikkuna Camera Calibration (Kuva 7). Valitse All selected images in project.



**Kuva 6**



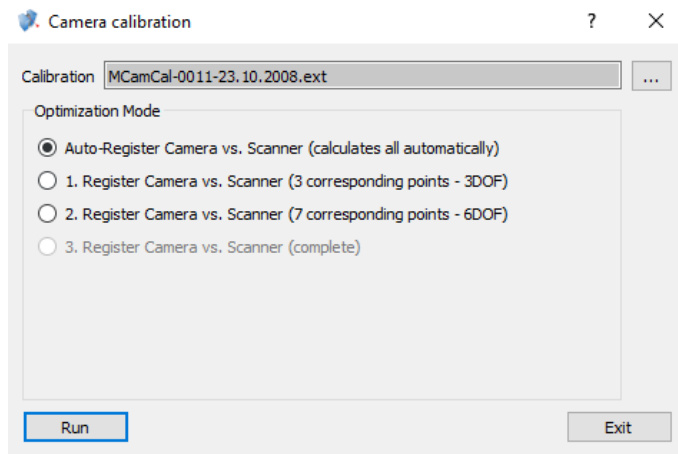
**Kuva 7**

## Liite 4 5(7)

Tämän jälkeen rasti ruutuun Apply whitebalance correction ja anna muiden asetusten olla. Paina Ok.



Seuraavaksi valitse seuraava työkalu Extract and match feature points. Aukeaa pieni ikkuna, jossa on kaksi valintaa. Valitse Fine registration ja paina ok. Ohjelma laskee hetken aikaa ja avaa uuden ikkunan Camera Calibration, jossa on muutama vaihtoehto (kuva 8).

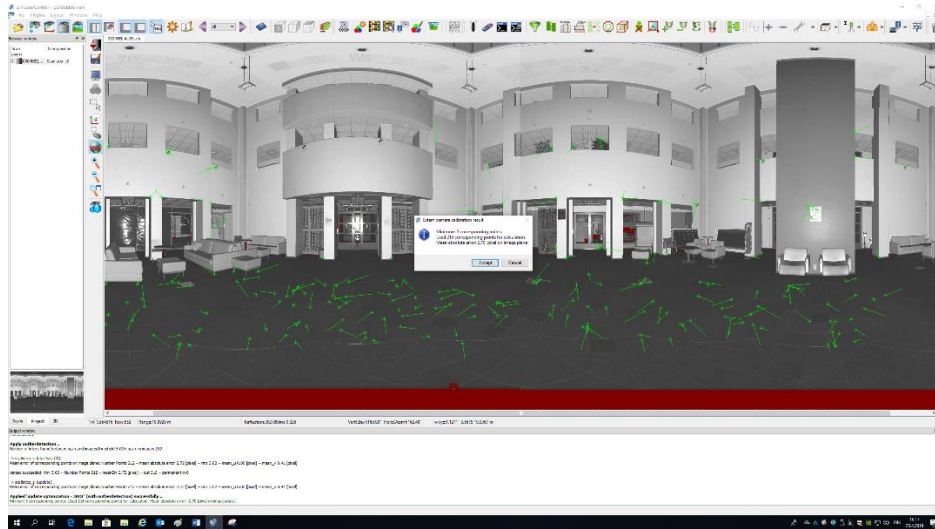


**Kuva 8**

Valitse Auto- Register Camera vs. Scanner ja paina Run. Ohjelma etsii yhtäläisyyksiä kuvista ja keilauksesta ja ilmoittaa yhtäläisyyksien löydetyn määrän ja värien tarkkuuden pikseleinä (kuva 9).



## Liite 4 6(7)




Kuva 9

Jos pisteitä löytyi enemmän kuin kolme, ohjelma antaa jatkaa. Jos olet tyytyväinen paina Accept. Tulee uusi ikkuna External camera params stored in project (kuva 10). Tässä vaiheessa sinun on annettava nimi jonka on oltava muu kuin kalibraatitiedoston nimi, jote VAIHDA NIMI ja paina Ok.

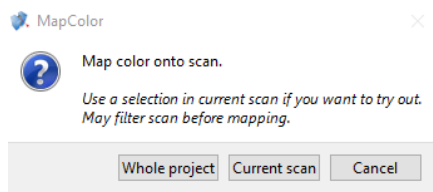
External camera params stored in project			
Name	M-CamCal-0011-23.10.2008.ext		
Manufacturer	Z+F		
Type	M-CAM		
Info	Size 1920 x 2560		
Model	m-cam Camera on imager with motor (Zhang_Ext)		
Serial No.	4002706023	0011	
<b>Intern</b>			
Cx	974.4260	k1	-0.2672
Cy	1265.2900	k2	0.1254
fx	2267.0861	p1	0.0000
fy	2277.4888	p2	-0.0002
<b>Extern</b>			
roll	24.1230 deg	tx	76.1395 mm
pitch	0.1992 deg	ty	36.5574 mm
yaw	0.1344 deg	tz	-230.5446 mm

Kuva 10



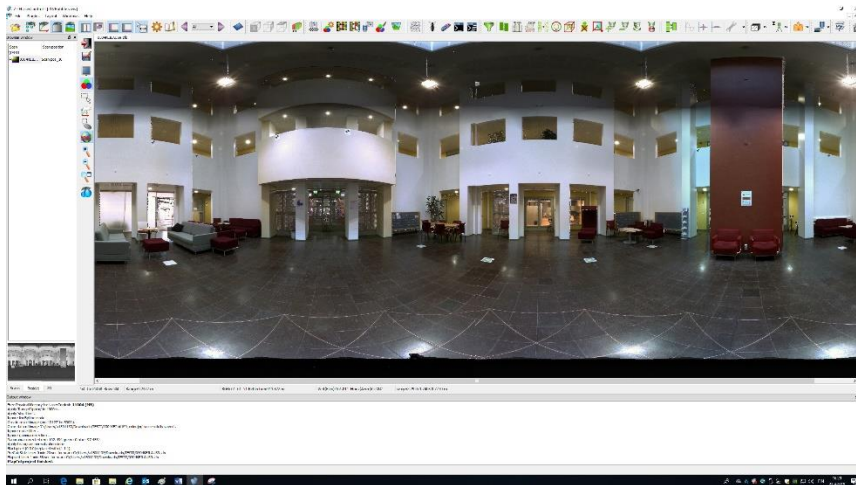
Tämän jälkeen valitse työkalu  Generate color scan(s). Tulee uusi ikkuna MapColor (kuva 11). Valitse Whole project mikäli sinulla oli projektissa useampia laserscannauksia.

## Liite 4 7(7)



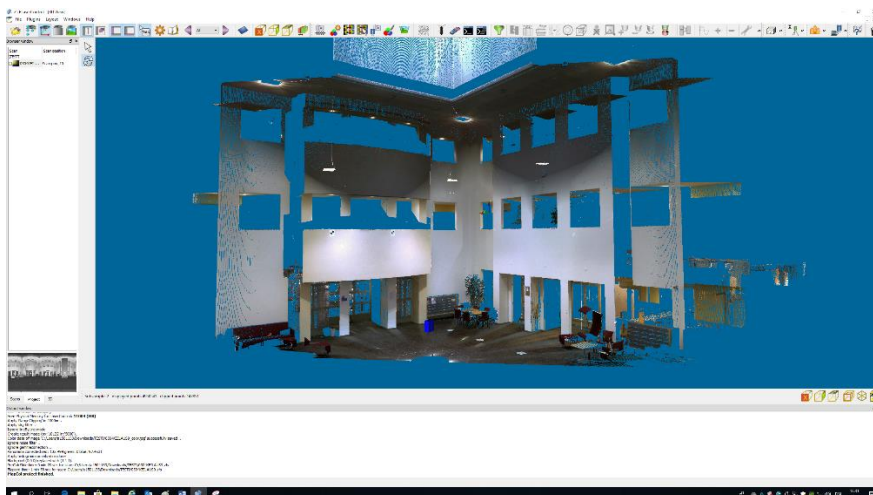
Kuva 11

Ohejlma laskee tämän jälkeen värejä tiedostoihin. Odota hetki. Tämän jälkeen voit tuplaklikata skannauksia vasemmalta valikosta (kuva 3, punainen nuoli) ja ne avautuvat näkyviin (kuva 12) värien kanssa.



Kuva 12

Nyt voit normaalisti viedä pistetiedostoja 3d näkymään ja värit tulevat myös sinne (Kuva 13).



Kuva 13