

BACHELOROPPGAVE:

**KOMBINERE DATA FRA DRONE OG
LASER TIL BIM FORMÅL**

FORFATTERE:

Gudmund Obrestad

Jonas Johansen Bjørnsveen Sørensen

Dato: 17.05.2016

BACHELOROPPGAVE

Kombinere data fra drone og laser til Bim formål

Av

Gudmund Obrestad og Jonas Sørensen



Bachelor i Geomatikk våren 2016

Avdeling for Teknologi, Økonomi og Ledelse, NTNU Gjøvik

Bacheloroppgavens nettside:

http://hovedprosjekter.hig.no/v2016/tol/geo/droner_fotogrammetri/Nettside/Index.html



Forord

Denne oppgaven er utarbeidet av Gudmund Obrestad og Jonas Sørensen våren 2016. Oppgaven er skrevet under avdeling for teknologi, økonomi og ledelse ved NTNU Gjøvik

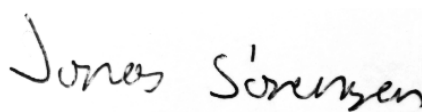
Høsten 2015 gjorde vi en prosjektoppgave i geomatikk som omhandlet fotogrammetri, nærmere bestemt hvordan ni forskjellige fotogrammetriprogrammer håndterte det samme datasettet på 200 bilder. Dette ga oss lyst til å fortsette med fotogrammetri på bacheloroppgaven, siden vi ante store muligheter med teknologien. I tillegg var dette en god anledning til å kombinere hobbyer som droneflyving og 3d modellering med faglig relevante emner. Vi så at det lå store muligheter i det å slå sammen data fra flere kilder når en skal gjenskape virkeligheten i et 3d program. Det er heller ikke så mye arbeid som har blitt gjort på akkurat dette før, selv om representanter for store navn som Autodesk har sagt i flere sammenhenger at de tror framtiden er nettopp det, kombinasjon av data fra flere kilder.

Vi ønsker å takke alle som har bidratt med veiledning underveis i oppgaven. Særlig Lars Gulbrandsen i Team Exact, som svarte på alle spørsmål vi hadde om bransjen og særnorske forhold, Inger Hokstad som var veldig engasjert på våre vegne, og hjalp oss med å finne de rette kontaktene, Antigoni Makri for support på Pix4D og Ole Bjørn Lerum fra Statsbygg, som var behjelpelig med tilgang til taket på b bygget. Og til slutt en takk til universitetslektor Sverre Stikbakke som ga oss gode råd og støtte underveis, og som var tilgjengelig for råd og tilbakemeldinger langt utover arbeidstiden.

Gjøvik 16.05.2016



Gudmund Obrestad



Jonas Sørensen

Sammendrag

| | | | |
|--|--|--------------------------------|----------|
| Tittel: | Kombinere data fra drone og laser til BIM formål | Dato : | 17.05.16 |
| Deltakere: | Gudmund Obrestad | | |
| | Jonas Johansen Bjørnsveen Sørensen | | |
| Veiledere: | Sverre Stikbakke | | |
| | Torbjørn Kravdal | | |
| Stikkord: | Drone, fotogrammetri, laser, BIM | | |
| Antall sider/ord:67/19065 | Antall vedlegg:18 | Publiseringsavtale inngått: ja | |
| <p>Det blir stadig mer utbredt å lage intelligente 3d modeller, såkalte BIM modeller, av eksisterende bygg. Både som et hjelpemiddel for eventuelle framtidige endringer på bygget, og ved behov for å få eldre bygg inn i et system hvor man kan ha all informasjon om bygget i en oversiktlig digital form. Denne jobben gjøres i dag stort sett ved at en skanner bygget med en laserskanner, for så å modellere en 3d modell i BIM programvare med den lasergenererte punktskyen som hjelpemiddel.</p> <p>Denne oppgaven undersøker om det er mulig å bruke drone og fotogrammetriprogramvare som et supplement til laserdata under slikt arbeid, for å skape et datasett som dekker også de områder av et bygg hvor en laserskanner har vansker med å nå. Og dersom det er mulig, finne en metode for å slå sammen data fra laser og drone til en kombinert punktsky som dekker hele bygget. I tillegg undersøker vi om dataene fra drone vil være nøyaktige nok til å kunne brukes i slikt arbeid.</p> <p>Både fotogrammetri og laserskanning har vært brukt lenge innen geomatikken, og teoridelen går gjennom hovedtrekkene til begge, hvilke prinsipper som ligger til grunn for fotogrammetrien vi benytter oss av, samt norske og internasjonale regler og retningslinjer for arbeid av denne typen.</p> <p>Vi bruker B bygget på campus, NTNU Gjøvik til våre undersøkelser, og gjør en rekke analyser på innsamlede data. Planen om å bruke laserskanner for å skanne bygget selv ble skrinlagt kort tid før innlevering, og er grunnen til at fokuset er mer på fotogrammetri enn laser i alle deler av rapporten. Analysene som inkluderer både fotogrammetri og laserdata, bruker laserdata fra en tidligere bacheloroppgave.</p> <p>Vi ser på alternative metoder en kunne valgt, og drøfter resultatene av våre analyser. Vi konkluderer med at det er mulig å kombinere data fra laser og drone til en felles punktsky som kan brukes for å lage en BIM modell. Og at siden kravet til nøyaktighet settes av kunden ved bestilling, vil det komme an på prosjektets natur om dronedata er nøyaktig nok til å tas i bruk ved slike jobber.</p> | | | |

Abstract

| | | | |
|---|---|-----------------|----------|
| Title: | Combine data from drone and laser to BIM purposes | Date : | 17.05.16 |
| Participants/ | Gudmund Obrestad | | |
| | Jonas Johansen Bjørnsveen Sørensen | | |
| Supervisor(s) | Sverre Stikbakke | | |
| | Torbjørn Kravdal | | |
| Keywords: | Drone, photogrammetry, laser, BIM | | |
| Nr of pages/words: | 67/19065 | Nr of appendix: | 18 |
| | | Availability: | Open |
| <p>The construction of intelligent 3d models, so called BIM models, based on existing buildings is becoming more and more common. Both as an assistance to eventual future changes in the building, and to get older buildings into a system where you have all the information needed in a digital system. This job is usually done by scanning the building with a laser, and then creating a 3d model in BIM software, using the point cloud generated by the laser as a guide.</p> <p>In this report we are examining if it is possible to use a drone and photogrammetry software to supplement laser data, so you get coverage even in places where the laser scanner is not able to reach. If it is possible, we will also find a method to merge the data from laser and drone, to make a combined point cloud that covers the whole building. In addition we will examine if the data from the drone is precise enough to this kind of work.</p> <p>Both photogrammetry and lasers have been used for a long time in geomatics, and our theory part is exploring the main traits of both, what the basic principles are for the kind of photogrammetry we use, and Norwegian and international rules and guidelines for this kind of work.</p> <p>We will use the B-building on the NTNU Gjøvik campus for our work, and analyze the acquired data. The plan to use a laser scanner to scan the building had to be aborted a short time before the deadline, and that lead to more focus on the photogrammetry part in the report. When the analysis requires both photogrammetry and laser data, we are using laser data from a previous bachelor project</p> <p>We will examine alternative methods to our task, and discuss the results from our analysis. We conclude that it is possible to combine data from laser and drone to a combined point cloud, which can be used for BIM purposes. Since the demand of precision is set by the customer when ordered, it will depend on the nature of the task if the data from drones is precise enough.</p> | | | |

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Forord | 4 |
| Sammendrag | 6 |
| Abstract | 7 |
| Innholdsfortegnelse | 8 |
| Figurliste | 10 |
| Forkortelser og forklaringer | 12 |
| Kapittel 1 Innledning | 14 |
| Bakgrunn | 14 |
| Formål og problemstilling | 15 |
| Formål | 15 |
| Problemstilling | 15 |
| Oppgavens oppbygning | 16 |
| Tidligere prosjekt | 16 |
| Prosjektorganisering | 17 |
| Kontaktinformasjon | 17 |
| Områdebeskrivelse | 18 |
| Omfang og begrensninger | 19 |
| Omfang | 19 |
| Begrensninger | 20 |
| Kapittel 2 Teori | 21 |
| Fotogrammetri | 21 |
| Laserskanning | 23 |
| Nøyaktighet | 24 |
| Krav til nøyaktighet | 24 |
| Nøyaktighet Fotogrammetri | 26 |
| Fordeler og ulemper | 27 |
| Fordeler med fotogrammetri | 27 |
| Utfordringer med fotogrammetri | 27 |
| Fordeler med laserscanning | 29 |
| Utfordringer med laserscanning | 29 |
| Alternative metoder | 30 |
| Camera tracking | 30 |
| Image modeling | 31 |
| Kapittel 3 Metode | 33 |
| Metodevalg | 33 |
| Dataflyt | 35 |
| Programvare | 35 |
| Pix4D | 35 |

| | |
|--|----|
| CloudCompare | 35 |
| Autodesk Revit | 35 |
| Autodesk Recap | 36 |
| Trimble Realworks | 36 |
| Leica Cyclone | 36 |
| Datainnsamling i felt | 37 |
| Forbredende arbeid | 37 |
| Datainnsamling med drone | 40 |
| Datainnsamling med laserskanner | 43 |
| Kapittel 4 Analyse | 45 |
| Kontroll av nøyaktighet i prosjektet | 45 |
| Kombinering av punktskyer | 48 |
| Sammenligning av punktskyer | 51 |
| Sammenligning av punktsky og 3d modell | 53 |
| Tidsforbruk og kvalitet | 55 |
| Kapittel 5 Drøfting | 57 |
| Nøyaktighet | 57 |
| Laserdata | 58 |
| Tidsbruk | 59 |
| Dokumentasjon av nøyaktighet | 59 |
| Triangulering | 60 |
| Georeferering | 61 |
| Begrensninger i BIM programbare | 61 |
| Kapittel 6 Konklusjon | 62 |
| Konklusjon | 62 |
| Veien videre | 62 |
| Litteraturliste | 63 |
| A Prosjektplan og arbeidslogg | |
| B Prosjektavtale og vedlegg | |
| Vedlegg 1: prosjektavtale | |
| Vedlegg 2 -5 : møtereferat | |
| Vedlegg 6-7 : rapport testflyvinger | |
| Vedlegg 8: koordinater GCP | |
| Vedlegg 9-18: rapporter Pix4D | |

Antall ord 19065

Figurliste

| | |
|---|----|
| 1: B-bygget som er ett av byggene på campus på NTNU Gjøvik. | 18 |
| 2: Det første forsøket på en stereoplotter , laget av Edouard Deville i 1896. | 21 |
| 3 : Det første stereoskopet , laget av Edouard Deville i 1896. brukte to speil stillt opp i 45 graders vinkel. Ble oppfunnet før kameraet, og brukte tegninger de første årene. | 21 |
| 4 : Maskin laget av Professor Reinhard Hegershoff. Brukte en enkelt lyskilde, og ett enkelt målemerke, og flyttet bildene i X og Y for å utføre målinger. | 22 |
| 5 : Riegl "RF90" avstandsmåler modifisert håndholdt type | 23 |
| 6 : Riegl "AHMS" laserskanner for tunnell, fra tidlig åttitaltall. | 23 |
| 7 : Tabell som hvilke krav til nøyaktighet og hvor store detaljer som skal inkluderes i en BIM modell i de forskjellige klassene amerikanske GSA opererer med. | 24 |
| 8 : Utsnitt fra Statsbyggs manual for BIM modellering. | 25 |
| 9 : Automatisk genererte punkt, og stien de har beveget seg gjennom ett filmklipp, her i "Camera tracking" programmet Boujou 4 | 30 |
| 10 : Arbeid i Image Modeler, med bildene man modellerer fra nederst i vinduet | 31 |
| 11 : Resultatet av modellering basert på bilder i Trimble Sketchup. | 32 |
| 12 : Dronen som ble brukt på prosjektet "DJI Phantom 3 Advanced". | 37 |
| 13 : Bilde tatt med dronen av Vind idrettspark, det første stedet vi testet på. | 37 |
| 14 : Låven på Mæhlum gård sett fra luften. | 38 |
| 15 : B bygget slik det så ut i starten av Februar. | 40 |
| 16 : Bilde av hvordan de innmålte nivåeringspaddene framstår på bilder fra dronen. | 40 |
| 17 : Hvordan en GCP framstår i Pix4D, både i 3d view og i bilder. | 40 |
| 18 : Komplette punktsky fra første Pix4D prosjekt. | 41 |
| 19 : Punktskyen fra første Pix4D prosjekt med deler av taket klippet bort. | 42 |
| 20 : Punktsky med kun det som var klippet ut i fig 19 sett fra siden. | 42 |
| 21 : Målene til boksen som omgir punktskyen i fig 20 | 42 |
| 22 : en av 20 Laser targets som henger på veggen av b bygget. | 42 |
| 23 : Det mislykkede resultatet av skanning med MS50. Bildet viser en laser target. | 43 |
| 24 : Leica C10 laserskanner. Samme type som vi lånte av Leica. | 44 |
| 25 : Tabell som viser avstander målt med laser på bygget, og virtuelt i Recap, samt differansen mellom dem | 45 |
| 26 : Avstandsmåling av den ene siden av bygget, mellom hjørnet og en dørkarm. | 45 |
| 27 : Avstandsmåling av skillevegg på tak i Recap | 46 |

| | |
|--|----|
| 28 : Avstandsmåling mellom to vegger på tilbygget på taket for kontroll mot manuelt målte verdier | 46 |
| 29 : Histogram av resultatet fra avstandsanalysen mellom punktskyene i figur 28 | 47 |
| 30 : Komplette punktsky fra siste Pix4d prosjekt før redigering. | 48 |
| 31 : Begge punktskyene stilt opp for valg av fellespunkter, med vinduet som viser de valgte punktene til høyre. | 48 |
| 32 : Resultatet av oppstillingen i fig 31. | 49 |
| 33 : Komplette sammenslått punktsky. Veggene er fra laser og taket fra drone. | 49 |
| 34 : Punktsky med bare laserdata. | 50 |
| 35 : Kombinert punktsky importert for modellering i Revit. Etasjer tegnet inn. | 50 |
| 36 : Figuren beskriver hvordan Cloud Compare beregner avstander mellom punktskyer. | 51 |
| 37 : Del av veggen som dekkes av begge datasett, og kan brukes til analyser. | 51 |
| 38 : Analyse av avstanden mellom punktskyene for området fra fig 37. | 52 |
| 39 : En del av bygget på taket som også dekkes av laserdataene. Feltet som det kjøres analyse på er farget grønt. | 52 |
| 40 : Histogram fra analysen av området i fig 39, samt gjennomsnittsverdi for dataene. | 52 |
| 41 : Modell lagd ved å modellere på punktskyen i 3dstudio Max 2016. | 53 |
| 42: Avstandsanalyse mellom 3d modell og punktsky med punktskyen farget etter avstand | 53 |
| 43 : Histogram som viser punktenes avstand til modellen, og hvordan fordelingen er etter som avstanden til mellom punktsky og modell øker | 54 |
| 44 : Tabell som viser de ulike Pix4D prosjektene, og relevant informasjon om de enkelte | 55 |
| 45 : De første bildene i hver av de tre rundene vi fløy rundt bygget, samt ett bilde fra den vertikale serien | 56 |
| 46 : Punktsky fra et Pix4D prosjekt med 13 bilder. | 56 |

Forkortelser og forklaringer

Fotogrammetri : faget, vitenskapen og den indirekte måleteknikken som brukes når en ved hjelp av fotografiske eller digitale bilder observerer og bestemmer egenskaper som for eksempel beliggenhet, form, størrelse og identitet for avbildet terreng eller andre gjenstander(8)

Stereofotogrammetri: En underart av fotogrammetri som går på å finne fellespunkter i to eller flere bilder, og hente ut koordinater fra et datasett på denne måten. Stereofotogrammetri er det egentlige navnet på den type fotogrammetri som omhandles i denne oppgaven, samt standard fly-fotogrammetri i dag. Men siden en innenfor geomatikken i dag bruker begrepet fotogrammetri om alle typer fotogrammetri, er det det vi velger å gjøre i rapporten.

Nøyaktighet i motsetning til presisjon: Presisjon forteller om tilfeldige feil, men nøyaktighet har to definisjoner: Enten beskriver det systematiske feil, eller så gjelder det for både systematiske og tilfeldige feil (også kalt “trueness” eller sannhet). Det er den siste definisjonen vi benytter i oppgaven.

LIDAR: skanning av et objekt med laser, enten fra bakke eller luften. Selv om man i dag definerer det som “Light Detection And Ranging”, er ordet egentlig bare en sammenslåing av “light” og “radar”. Blir ofte brukt kun om skanning fra luften, selv om det og gjelder for bakkeskanning

GCP: Ground Control Point. Punkt med kjente koordinater som hjelper fotogrammetriprogram lage en mer nøyaktig modell.

GSD: “Ground sample distance” Hva avstanden fra senter i ett pixel til senter i det neste tilsvarer i avstand på bakken.

POI: “Point of interest” Sted av interesse, et sted dronen vil fokusere på

GNSS: Global Navigation Satellite System, Benytter GPS og Glonass

GPS: Global Positioning System

LAS: Punktskyformat. Tradisjonelt brukt i forbindelse med LIDAR, men kan også brukes til andre typer punktsky

E57: Punktskyformat som bruker et subset av XML

Mesh: 3d modell bygd opp av triangler.

BIM: “Building Information Modeling” en modell hvor informasjonen som er knyttet til den er vel så viktig som den geometriske formen. I tillegg er det en “intelligent” modell, som endrer seg dynamisk, slik at dersom en forandrer egenskapene på en del, vil andre deler som blir påvirket av endringen automatisk endre seg tilsvarende.

“As built” : tegninger eller modeller av bygget etter ferdig konstruksjon, for dokumentasjon av hvordan bygget faktisk ser ut kontra “as designed”. Blir ofte noe feilaktig brukt om all skanning av eksisterende bygg.

Scan to BIM : Prosessen i å gå fra laserskanning til ferdig BIM modell.

1 Innledning

Bakgrunn

Det blir stadig mer utbredt å lage intelligente 3d modeller, såkalte BIM modeller, av eksisterende bygg. Dette gjøres både for å dokumentere bygget etter det har blitt satt opp, såkalt “as built” dokumentasjon, men også for å dokumentere eldre bygg, for å få de inn i en BIM-modell. En laserskanner er veldig godt egnet til denne oppgaven, da den måler tusenvis av avstander i sekundet, og lager en nøyaktig punktsky på kort tid. Denne punktskyen kan så importeres i BIM programmer, og brukes som guide til å modellere bygget i 3d.

Selv om en laserskanner er det mest nøyaktige verktøyet til denne typen arbeid, er det ikke alle jobber de passer til. I vår oppgave har vi fokusert på situasjoner der en ikke får skannet taket av bygg med laser. Dersom laserskanneren er begrenset til bakken, vil det være begrenset hvor mye av taket som kommer med på skanningen, og en vil støte på et problem med manglende data når en kommer til 3d modelleringen i BIM verktøy. (9)

Siden droneteknologien har hatt stor utvikling de siste årene, er det i dag forholdsvis billig å bruke en drone kombinert med fotogrammetriprogrammer til å lage en punktsky av de delene av et bygg hvor en laser ikke kommer til. Dronebasert fotogrammetri går i korte trekk ut på å ta en serie bilder fra drone, og la fotogrammetriprogrammet finne fellespunkter i disse bildene.(10) Disse punktene får beregnede 3d koordinater, og etter prosessen er fullført, ender man opp med en punktsky av et objekt, ikke ulikt en punktsky skannet med laser.

Formål og problemstilling

Formål

Formålet er å finne en god metode for å kombinere laserdata med dronedata, slik at vi får en punktsky som dekker hele B bygget på campus. Denne punktstyken har vi som mål å importere i BIM program for modellering.

Vi vil se på om nøyaktigheten vi oppnår er innenfor det man vanligvis krever i slike jobber, og om punktskyer fra to så vidt forskjellige kilder kan slås sammen. Det er et mål for oss å enten bruke gratis-programmer, eller programmer som er industristandard, slik at vår metode vil være en metode som flest mulig kan bruke.

Problemstilling

“Er det fornuftig å supplere laserdata med dronedata ved skanning av bygg?”

Oppgavens oppbygning

Vår oppgave består av fire hoveddeler fordelt på seks kapitler. I første del defineres problemstilling og rammene for oppgaven, så følger en del med teori om det som omhandles av rapporten. Deretter en del om metode og datafangst, og til sist en del hvor det gjøres analyser på innsamlede data, drøftes og konkluderes.

Tidligere prosjekt

Av tidligere prosjekt er det særlig innen arkeologien og kartlegging av oldtidsminner, at det har blitt jobbet med lignende problemstillinger.(11) Dette er naturlig, da en i slike tilfeller ofte vil kunne støte på situasjoner hvor det er umulig å plassere en laser slik at en får optimale data.(12)

Siden programvare for behandling av punktskyer, og fotogrammetriprogrammer for forbrukermarkedet er relativt nye oppfinnelser, er det ikke så mange utover de som kartlegger oldtidsminner som har sett på nettopp denne problemstillingen enda.(13)

Prosjektorganisering

Det er NTNU Gjøvik som er oppdragsgiver for prosjektet. Vår veileder er Sverre Stikbakke, og Torbjørn Kravdal er også veileder med spesiell kompetanse på fotogrammetri.

Gruppen vår består av to studenter som går GIS retningen i bachelor i geomatikk, : Gudmund Obrestad og Jonas Sørensen.

Vi gjorde en prosjektoppgave høsten 2015 som omhandlet fotogrammetri, så vi føler at denne oppgaven er en naturlig oppfølger til det prosjektet, siden vi har opparbeidet oss en viss kompetanse på området.

Kontaktinformasjon

Studenter:

Gudmund Obrestad : gobrest@online.no

Jonas Sørensen : jonas_bs93@hotmail.com

Veiledere:

Sverre Stikbakke: sverre.stikbakke@hig.no

Torbjørn Kravdal: torbjoern.kravdal@hig.no

Områdebeskrivelse

Vi har valgt å bruke B bygget på campus til oppgaven. Både fordi det er nært, og fordi det er rimelig kvadratisk, noe som gjør droneflygingen lettere. I tillegg er bygget så høyt, at en laserskanner på bakken ikke vil kunne få med seg detaljer på taket, noe som er viktig for vår problemstilling.



Figur 1: B-bygget, NTNU Gjøvik. Fokus for oppgaven

Siden bygget er nært, og vi kan måle inn avstander på alle sider, inkl. taket, ble dette bygget perfekt for vårt formål, da det gjorde at vi kunne måle avstander som vi kan bruke som fasit.

Omfang og begrensninger

Omfang

Vi ønsker å finne en bærekraftig metode for å kombinere laserdata og dronedata til en kombinert punktsky som så kan brukes til å modellere en BIM modell fra. Dersom en bruker dronebasert fotogrammetri til deler av bygget vil en antageligvis spare tid, men også miste nøyaktighet, så vi må se på om det er verdt det i alle tilfeller, eller om det kun bør brukes der man ikke får kartlagt taket på andre måter.

Videre ønsker vi å finne ut hvilke krav til nøyaktighet som stilles i slikt arbeid, og om vi kan få til en metode som er såpass nøyaktig at det vil lønne seg å ta den i bruk i bransjen.

Selv om en punktsky generert av drone og en som er generert av laser ser ganske like ut, er innholdet veldig forskjellig, så det er ikke noen automatikk i at programmer for laserpunktskyer kan lese punktskyer fra drone. Dette er noe vi eventuelt må finne en måte å jobbe rundt.

Vi er ikke erfarne nok i Revit eller lignende BIM- programmer til å lage en modell fra punktskyen, men det er heller ikke hovedfokuset i oppgaven. Vårt fokus er om data fra drone er nøyaktig nok, og om det er mulig å kombinere punktskyer fra laser og drone.

Begrensninger

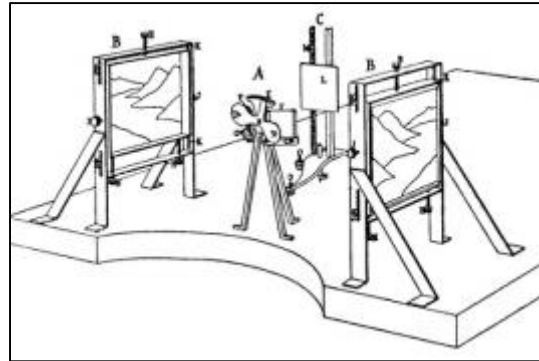
Det er en del begrensninger som vi må ta hensyn til.

- **Utstyr:** Skolen har hverken laser eller drone, så vi måtte kjøpe drone selv. Dette førte til at vi måtte bruke en drone som er mye simplere enn hva som er vanlig å bruke i bransjen. I tillegg var det meningen at vi skulle skanne bygget med laser selv, men det var en lang og frustrerende prosess som beskrives senere i rapporten. Til slutt var vi nødt til å bruke en gammel punktsky, og mistet dermed muligheten til å direkte sammenligne dataene fra de to kildene.
- **Kompetanse:** Vi kan ikke mer om “scan to BIM” prosessen enn hva vi har lest oss til. Vi har kontaktet et par firma som driver med dette, for å lære oss mest mulig om prosessen, men det er mulig at det er ting som folk med årevis av erfaring innen feltet tar for gitt, som vi må lære oss etter hvert, og kan risikere å overse.
- **Mål:** Siden det ikke finnes tegninger av bygget med nøyaktige nok mål til vårt formål, vil det ikke være en perfekt fasit vi kan bruke, men vi har tatt egne mål på bygget med håndholdt lasermåler som vi mener er nøyaktig nok.

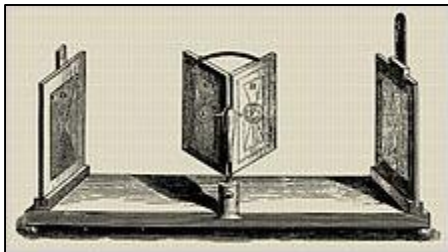
2 Teori

Fotogrammetri

Fotogrammetri er like gammelt som kameraet, faktisk noe eldre enn det.(1) Og har utviklet seg fra enkle målinger fra bilder, til slik vi kjenner det i dag. Det er en historie full av interessante karakterer og oppfinnelser. Av særlig viktige personer er Aimé Laussedat, ofte kalt fotogrammetriens far og den italienske Ignazio Porro, som begge gjorde viktige tidlige eksperimenter med fotografier fra både bakken og luften.



Figur 2: Edouard Deville's Stereo Planigraph(1)



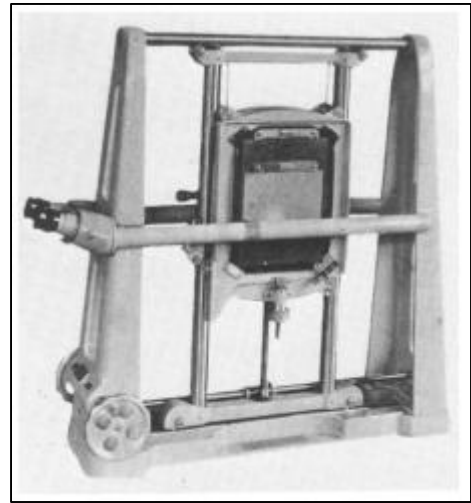
Figur 3 Weatson stereoscope(2)

Det vi i dag kaller fotogrammetri er i hovedsak stereofotogrammetri, selv om man ikke bruker det fulle navnet. Man var lenge klar over fordelene ved å bruke mer enn ett bilde når man skulle lage kart, men standardisering av denne prosessen var lang og kronglete, og er særlig full av interessante oppfinnelser. Fra rundt 1960, opp til datamaskinenes inntog i nyere tid begynner fotogrammetrien slik vi kjenner den i dag å ta form.

Fotogrammetri var i mange år forbeholdt profesjonelle aktører innen geomatikken, og da særlig brukt til kartlegging, men har i de siste ti-femten årene blitt en metode som folk flest kan ta i bruk på hobbybasis. Det finnes i dag mange programmer som kan bruke bildeserier tatt fra drone eller bakken, og generere en 3d modell eller punktsky basert på disse bildene. Pix4D er et av de ledende programmene innen denne bransjen, og er rettet mot et mer profesjonelt marked enn mange andre. Støtte for innmålte punkter som gjør modellene georeferert og skalert, og muligheten for å generere en punktsky i stedet for

kun en 3d mesh er to av hovedskillene mellom fotogrammetriprogrammer egnet for geomatikkbransjen, og de som er rettet mot hobbymarkedet

Pix4D er et av de første som automatisk finner ut av linseforvringning som en del av prosessen, noe som åpner for bruk av såkalte “actionkamera”, som *gopro* til fotogrammetri. Det er bare ett år eller to siden dette var utenkelig, og man måtte gjennom en lang prosess dersom man ville bruke slike kamera.



Figur 4: Stereocompactor(1)

Nettopp hvordan Pix4D og andre slike programmer går fram for å generere en punktsky fra et bildesett er ikke tilgjengelig informasjon, da programmene rettet mot geomatikkbransjen utelukkende er “closed source”. Men selv om metoden som brukes for å generere en punktsky er skjult for oss, er det særlig to metoder som vi vet er i bruk, både fordi vi har lest det i Pix4D sin egen forskning på området (18), og fordi jobben ikke ville vært mulig uten. Disse prinsippene er «**Bundle adjustment**» og «**SIFT**»(Scale Invariant Feature Transform).

Bundle adjustment metoden, eller strålebuntutjevning er kjent fra flyfoto, hvor begrepene «indre og ytre orientering» er brukt. Fra store norske leksikon: «For å kunne bestemme geometriske egenskaper for et objekt ved målinger i bilder av objektet, er det nødvendig å kjenne den indre geometri (form og dimensjon) i opptakskameraet. Dette gjøres ved en kamerakalibrering. Da er det mulig å rekonstruere det stråleknippet som dannet bildet i eksponeringsøyeblikket; bildets indre orientering. Betegnelsen ytre orientering for opptaket angir opptakskameraets plassering i rommet, gitt ved posisjonen og fotograferingsretningen for kameraet i et romlig koordinatsystem.»(14)

SIFT er en algoritme for å gjenkjenne objekter og detaljer i bilder, selv om bildet roteres, skaleres eller forvrenges på andre måter. Algoritmen ble publisert av David Rowe i 1999, og brukes blant annet innen fotogrammetri, automatisk objektgjenkjenning, kameratracking og automatisk generering av panoramaer fra bildeserier. Uten SIFT ville man ikke hatt de muligheter man i dag har for fotogrammetri på hobbybasis.

Så en kan si det slik at SIFT gjør det mulig å finne fellespunkter i en bildeserie, og strålebuntutjevning regner ut koordinatene til disse punktene slik at en får en punkttsky

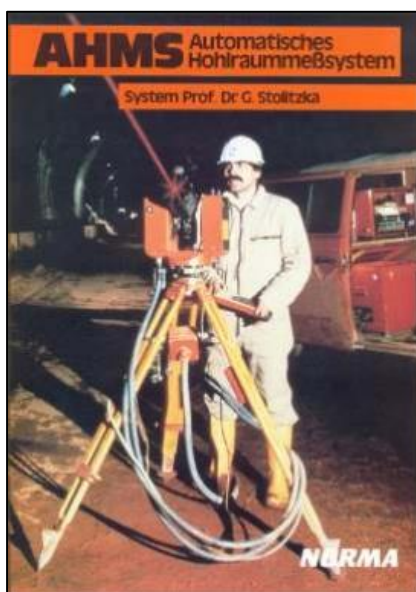
Laserskanning

Lasere har vært i bruk innen geomatikken siden 60 tallet, som en nøyaktig metode for å finne avstander. Prinsippet er det samme som for radar, man måler tiden det tar fra man sender ut et signal til det kommer tilbake, og kan så finne avstanden.



Figur 5: tidlig type laser-avstandsmåler(3)

Å bruke laser til kartlegging ble for alvor kjent for folk i 1971, da astronautene på Apollo 15 brukte laser for å kartlegge overflaten av månen.



Figur 6: Riegls første tunellskanner(3)

Alt i 1980 hadde Riegl laserskannere for skanning av tunneller, men det var ikke før mot slutten av 90 tallet, hvor man fikk mulighet for å prosessere og lagre store mengder data, at laserskannere virkelig tok av innen geomatikken. Etter hvert som det ble vanlig med GPS, åpnet det også døren for bruk av laser ved skanning fra fly. siden en da kunne knytte dataene til sine respektive plasseringer på jordoverflaten.

Det finnes et fåtall dronebaserte laserskannere i dag, men de er relativt dyre, og mer avhengig av kvaliteten på dronens GPS enn en drone med kamera, siden en

drone aldri vil være i stand til å henge absolutt stille på grunn av vær og vind, og må korrigere laserdataene med hensyn til dette. I tillegg er laserne som er montert på disse av en helt annen klasse enn de som man skanner bygg med.

Nøyaktighet

Krav til nøyaktighet

Norsk standard “NS 3580”(15) omhandler kvalitetskrav for bygg og anleggsnett. Der finner vi krav til nøyaktighet for georeferering av bygg, men den er ikke en fast verdi, men bestemmes av kunden. Det er ingen spesifikke krav til den lokale nøyaktigheten, men det

Table 2: Deliverable Selection Matrix

| Level of Detail (Section 2.3.1) | Area of Interest (Section 2.3.1) | Deliverable (Section 2.3.2) | | Category | Tolerance mm (in) | Minimum Artifact Size (resolution) mm x mm (in x in) |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|----------------------|--|
| | | Type | Description | | | |
| Level 1 | (Description) | 3.1 | Point cloud | Base | ± 51 (± 2) | 152 x 152 (6 x 6) |
| Level 2 | 2-A (Description) | 1.1 | Plan | Base | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | | 1.3 | Elevation | Base | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | | 2.1 | Surface model | Option | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | | 3.1 | Point cloud | Base | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | 2-B (Description) | 1.3 | Elevation | Base | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | | 2.1 | Surface model | Option | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| Level 3 | 3-A (Description) | 3.1 | Point cloud | Base | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | | 3.1 | Point cloud | Base | ± 13 (± ½) | 25 x 25 (1 x 1) |
| | 3-B (Description) | 1.3 | Elevation | Base | ± 6 (± ¼) | 13 x 13 (½ x ½) |
| | | 3.1 | Point cloud | Base | ± 6 (± ¼) | 13 x 13 (½ x ½) |
| | | 3.1 | Point cloud | Base | ± 6 (± ¼) | 13 x 13 (½ x ½) |
| | 3-C (Description) | 1.3 | Elevation | Base | ± 6 (± ¼) | 13 x 13 (½ x ½) |
| | | 3.1 | Point cloud | Base | ± 6 (± ¼) | 13 x 13 (½ x ½) |
| | Level 4 | (Description) | 2.1 | Surface model | Base | ± 3 (± 1/8) |
| 3.1 | | | Point cloud | Base | ± 3 (± 1/8) | 13 x 13 (½ x ½) |

Figur 7: Tabell som viser de ulike klassene som GSA bruker i sin veiledning for BIM modellering(7)

er sannsynlig at en bruker innmålte punkter til skalering av bygget etter modellering, siden det blir mer nøyaktig enn å kun bruke punktskyen for modellering.

Skisseprosjekt - standard modelleringskrav

| Ref.# | Tema | Type | Krav og beskrivelse |
|-------|------------------------|------|---|
| 45. | Geometrisk nøyaktighet | SKAL | Geometri skal være <u>tilnærmet</u> når det gjelder form, størrelse (lengde, bredde, høyde, areal og volum), plassering og retning. |

Figur 8: Utsnitt fra Statsbyggs BIM manual(16)

Siden det er vanlig at kunden setter krav til nøyaktighet i en slik jobb, vil det variere alt etter hvilket bygg det er snakk om, og hva modellen skal brukes til. Det er andre behov ved modellering av en middelalderkirke enn det er ved modellering av et nybygg. En vil for eksempel ikke modellere alle ujevnheter i en ny murvegg, siden det er tidkrevende og ikke har noen praktisk betydning for framtidige påbygg eller lignende. Hvor denne grensen går, og hvilke krav som gjelder for den enkelte jobb er ikke standardisert, og vil etter typen oppdrag. I Statsbyggs BIM manual er det kun definert at man må lage en “tilnærming av virkeligheten”.(16)

Amerikanske “GSA”, som har ansvaret for alle offentlige bygg i USA, har en omfattende guide for BIM modellering av bygg(7). Denne henvises det til i Statsbyggs BIM manual, og den kan regnes som det nærmeste en kommer retningslinjer som er gjeldende for bransjen internasjonalt, i mangel av nasjonale regler. Her deles kravene til nøyaktighet inn i klasser, hvor også størrelsen på minste objekt som skal modelleres oppgis. Som en ser, er kravet til nøyaktighet gradvis strengere, og objektene som skal inkluderes i BIM modellen stadig mindre.

Det at det ikke finnes en lignende tabell for norske forhold er antagelig på grunn av at det er en såpass ny teknologi. De forskjellige firmaene innen bransjen i Norge har ofte sine egne interne retningslinjer. Vi har fått tilsendt data fra “Team Exact” som er en av de ledende innen denne bransjen i Norge. De har følgende minstemål for når et objekt skal tas med i modellen i de forskjellige kvalitetsklassene:

Level 2: fasade og takobjekter større enn 30cm og understrukturer større enn 18cm på tak(17)

Level 3: fasade og takobjekter større enn 10cm inkl understrukturer tak.(17)

Nøyaktighet Fotogrammetri

Nøyaktigheten til den type fotogrammetri vi jobber med i denne oppgaven er avhengig av mange faktorer og kan ikke fastslås som et absolutt tall.(18)

Pix4D opererer med to typer nøyaktighet, relativ og absolutt:

- **Relativ nøyaktighet** sier noe om hvor korrekt avstanden mellom to punkt er, sammenlignet med det virkelige forholdet mellom samme to punkt.
- **absolutt nøyaktighet** definerer hvor nøyaktig et punkt er plassert i forhold til punktets egentlige plass på jordkloden.
-

Det er relativ nøyaktighet som er interessant for oss.

Faktorer som spiller inn på det endelige resultatet er blant annet flyhøyde over objektet som skal kartlegges, kameraets oppløsning, kvaliteten på dronens GPS, hvilken nøyaktighet GCP er målt inn med, hvor bra GCP er spredt utover området og den visuelle kvaliteten på bildet.(19) Det er ikke mulig å regne ut dette matematisk, da en i så fall må ta med alt som kan spille inn på resultatet i utregningen, helt ned til været, definert matematisk. I tillegg er selve prosessen i Pix4D er skjult for oss, utover et par grunnleggende prinsipper. En kan uansett gjøre noen grep for å sikre seg et så bra resultat som mulig: Fly i klart og vindstille vær, ikke fly høyere eller lengre fra objektet enn nødvendig, stille inn kameraet så en får nok kontrast i bildene, plassere GCP'er fornuftig interpolert i forhold til objektet en skal kartlegge, og måle inn GCP'er så nøyaktig som mulig.

Fordeler og ulemper

Fordeler med dronefotogrammetri

- Ved skanningen av utsiden av et bygg med laser, er det ofte vanskelig, om ikke umulig å få scannet taket og andre deler av bygget som ikke er synlige fra bakkenivå. I slike tilfeller er det veldig enkelt å sende opp en drone for å fange inn data fra luften. Det samme gjelder for kartlegging av områder der det av andre grunner er vanskelig å stille opp en laser.
- Rekkevidde. En drone kan kartlegge et veldig mye større område enn hva som er mulig med en laserskanner
- Pris. En trenger ikke betale mer enn et par tusen for en drone med et ok kamera på.
- Lite sjenerende. Man er ikke avhengig av at en arbeidsplass viser hensyn, eller til og med slutter å jobbe, slik man er ved laserskanning.
- Selve datafangsten går veldig raskt dersom man har erfaring med dronen.(20) og etterprosesseringen er rimelig hurtig, selv for store prosjekter.
- Tilgjengelighet. Det finnes i dag en mengde droner og programmer for å gjøre jobben hurtig og rimelig. Ved bruk av fotogrammetri kan folk flest utføre kartlegging og beregninger som for kun noen år siden var forbeholdt profesjonelle.

Utfordringer med dronefotogrammetri

- En modell scannet med laser er mer nøyaktig enn en modell generert fra fotogrammetri, særlig ved bruk av rimelig utstyr. Selv om denne forskjellen har blitt ganske liten etter hvert som teknologien forbedres, vil en alltid ha visse

mangler i en punktsky generert ved hjelp av fotogrammetri kontra en laserscannet punktsky.(21)

- En fotogrammetrisk punktsky mangler normaler på punktene, dvs. hvilken vei som peker utover. Dette kan kalkuleres til en viss grad i programvare etterpå, men ting som for eksempel intensitet, antall returpulser, plassering av skanner etc. vil en aldri kunne få i en punktsky fra dronedata. Siden dette er informasjon som gjør det lettere å sortere en punktsky og automatisk finne objekter, vil en punktsky generert av fotogrammetri aldri være like mye verdt som en laserscannet punktsky i “Scan to BIM” prosessen.
- Viktige nye verktøy som “Edgewise” som kan finne objekter som vegger, rør, vinduer etc. og automatisk generere en Revit modell fra en punktsky, virker ikke i det hele tatt med punktskyer generert med hjelp av fotogrammetri, nettopp på grunn av disse manglene.
- En del overflater kan være vanskelige å kartlegge med fotogrammetri. Manglende kontrast, endringer i overflaten og sterkt reflekterende overflater er alle eksempler på dette.

Fordeler med laserskanning

- Laserskanning er raskt og nøyaktig. Moderne skannere kan skanne over en million punkter i sekundet, og kan skanne et bygg på en dag uten problemer.(22)
- Mer informasjon i dataene. En kan skille ut objekter basert på returpuls, intensitet etc. og slik dele opp en punktsky i forskjellige materialtyper, eller skille ut vegetasjon. Dette er ting som kan gjøre BIM arbeidet mye raskere.
- Laserskanning er ikke på langt nær like avhengig av vær som fotogrammetri, og kan brukes uavhengig av dagslys.(23)

Utfordringer med laserskanning

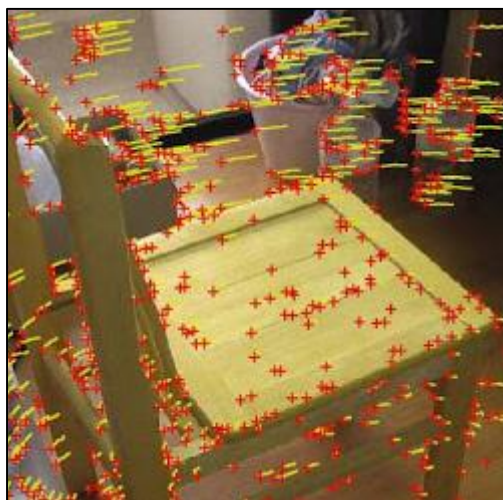
- Det kan være vanskelig å få plassert en laserskanner på mange steder, og man er avhengig av stabilt underlag der man skal stille den opp.(9)
- Laserskanning ute er ikke å anbefale dersom det snør eller regner. Det er fortsatt mulig, men dråpene vil bryte en del av laserstrålene, og skape støy i datasettet.
- Utstyret er dyrt, og per i dag forbeholdt profesjonelle, og det er ingenting som tyder på at det vil endre seg med det første.
- På samme måte som fotogrammetri, er laserskanning dårlig egnet til å skanne vinduer og andre objekter som kan forvrengte lysstrålen.

Alternative metoder

Camera tracking

Det finnes et par andre typer programvare som er veldig godt egnet til denne bruken, selv om de er laget for helt andre formål, såkalte “Camera tracking”- programmer og “Image modeling”- programmer.

Camera Tracking er noe som man i en årrekke har brukt til effekter i film. I korte trekk går det ut på å beregne posisjonen og bevegelsene til et kamera, slik at en kan gjenskape kameraet virtielt i et 3d program. Disse programmene benytter “bundle adjustment” og “SIFT” på samme måte som fotogrammetriprogrammer, i tillegg til andre prinsipper for objektgjenkjenning.



Figur 9: Resultat av feature tracking(5)

Så selv om man er ute etter andre ting i det endelige resultatet, er det veldig beslektet med den funksjonaliteten vi er ute etter. Et par tracking- programmer har utnyttet denne likheten, og tilbyr innebygd fotogrammetri som en del av verktøyene.

Et typisk problem i vår type fotogrammetri er at punktenes plassering er bestemt av hvor tydelige fellespunkter er i bildet, og ikke av hvor viktig det er å ha et punkt på en bestemt plass, siden punkter utelukkende genereres der programmet finner samme trekk i flere bilder. Hushjørner er noe man ofte vil ha et punkt i, slik at en 3d modell får et punkt nøyaktig på hjørnet. Dette er en ganske enkel sak å gjøre i et tracking program, og man får da punkt der man velger, som så blir en del av den totale punktskyen. Man kan plassere punkter manuelt i Pix4D, men man må da selv gå inn og bestemme punktets plassering i samtlige bilder, i stedet for å plassere punktet i ett bilde, og la programmet gjøre jobben automatisk.

I tillegg har de fleste slike programmer mulighet for å modellere i 3d direkte fra punktene i punktskyen. Pix4D har en viss støtte for dette, men ikke på langt nær like nyttig, da man kun kan modellere enkel geometri. En har altså mulighet for å lage en fotogrammetrisk punktsky, importere LIDAR data for sammenslåing, gode verktøy for 3d modellering, og plassere punkter der en selv velger, alt i samme program.

Det finnes ingen andre typer programmer i dag som er i nærheten av den mengde funksjoner.

Vi har testet fotogrammetridelen i “PFTrack”, et av de ledende programmene innen fagfeltet, og bekreftet at den leverer resultater som er godkjente til vår bruk. Dessverre var det ikke tid til å gå mer i dybden på dette området, da det er avanserte programmer som krever en dyktig operatør for å levere perfekte resultater. Det hadde vært interessant å se mer på denne muligheten, men det får bli en del av videre arbeid.

Image modeling

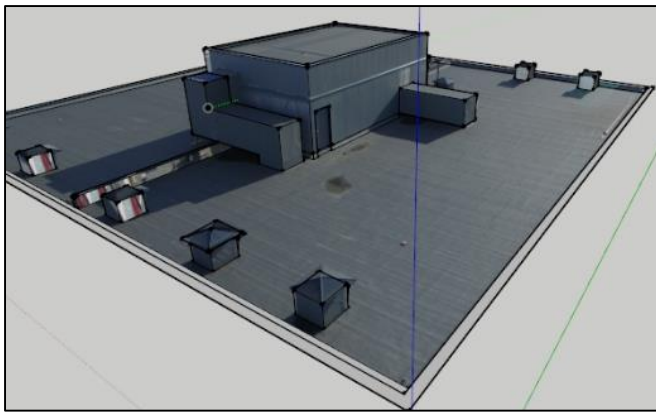
For noen år siden fantes det en god del programmer som lot en lage en 3d modell basert på et par bilder av samme objekt, tatt fra forskjellige vinkler, såkalt “image modeling”.

Ved “image modeling” setter man manuelt opp punkt der man vil ha dem, for eksempel på hushjørner, og sørger for at punktet står over samme sted i alle bildene. Så kan man tegne geometri som benytter disse punktene til hjelp under modelleringen.



Figur 10: Modellering fra bilder i Autodesk Image modeller

Denne prosessen trenger bare et par bilder, ikke hundrevis som Pix4D bør ha for å levere et godt resultat. Så det er mulig en ville spart endel tid ved å bruke denne metoden i stedet for å gå veien via punktskygenerering.



Figur 11: Modellering i Trimble Sketchup

Dette er dessverre en type programmer som har forsvunnet i takt med fotogrammetri-programmenes fremtog. Autodesk sluttet å gi ut “image modeller” i 2009, og “Canoma”, det kanskje best egnede programmet, har ikke vært tilgjengelig siden 1999. I dag er det bare “Sketchup” av kjente 3d

programmer som kan vise til en viss slik funksjonalitet, men siden det er tenkt for modellering fra et enkelt bilde vil man aldri få et nøyaktig resultat.

Det er nærliggende å tro at SIFT algoritmen fra 1999 sin mulighet for å finne slike fellespunkter automatisk har bidratt til denne utviklingen.

Kvaliteten på resultatet i både “camera tracking” og “image modeling” er direkte koblet opp mot oppløsningen på bildene og kamerakvalitet på samme måte som fotogrammetri. Dessuten er det mer avhengig av en dyktig operatør for å få et bra resultat enn hva fotogrammetriprogrammer er. Så vidt vi vet, finnes det ikke programmer av denne typen som kan eksportere direkte til Revit eller IFC format, så en må modellere ting en gang til i BIM programmer.

3 Metode

Metodevalg

Vår oppgave har to hovedpunkt som vi skal se på:

- a. Vil man kunne bruke en fotogrammetrisk punktsky i programmer som er laget for behandling av punktskyer fra laser, og
- b. vil dataene fra den fotogrammetriske punktskyen være nøyaktige nok til BIM modellering?

Siden det ikke finnes absolutte krav til nøyaktighet må vi gjøre praktiske forsøk for å se hvilken nøyaktighet vi kan oppnå. Opprinnelig var planen å skanne bygget med laser i tillegg til å fly med drone, slik at en hadde et solid datagrunnlag å sammenligne mot, men som vi kommer tilbake til senere, fikk vi aldri skannet med laser. Dette førte til at vi flyttet fokus mer over på fotogrammetrien, og fant alternative metoder for å kontrollere nøyaktigheten. For å teste sammenslåing av data fra drone og data fra laser, bruker vi en eldre laserskannet punktsky

Ved å bruke ulike teknikker føler vi at vi får kontrollert nøyaktighet og tidsbruk på en god måte

Vi bruker ingen av de alternative metodene som er nevnt.

Selv om et par camera tracking programmer har mye av de funksjonene vi er ute etter, er ingen av dem rettet mot geomatikkverdenen, så det er stor sjanse for at en ville savnet

funksjoner som man tar for gitt i programmer ment for vår bransje. I tillegg er det tidkrevende å sette seg inn i et helt nytt fagfelt. Image modeling verktøyene som finnes i dag vurderes som ikke gode nok til vårt formål.

Dataflyt

Programvare

Pix4D

Vi valgte å bruke programmet Pix4D fordi vi hadde erfaring med det fra et prosjekt høsten 2015. Det prosjektet gikk ut på å sammenligne resultatet fra ni forskjellige fotogrammetriprogrammer med samme datasett. Vi valgte denne gang å ikke se på ulike programmer, siden de programmene som er rettet mot geomatikkbransjen alle ville levert mer eller mindre identisk resultat her. I tillegg har skolen lisens på Pix4D, og det er mye brukt i bransjen.

CloudCompare

CloudCompare er et fantastisk gratis verktøy for behandling av punktskyer. Det er fullt på høyde med kommersielle programmer som Autodesk Recap, og støtter de fleste typer punktskyer. Man kan sammenligne punktskyer, renske dem for støy, slå dem sammen og redigere de på flere måter i dette programmet. Det er et program som er en absolutt vital del av verktøykassen dersom en skal jobbe med punktskyer.

Dersom CloudCompare hadde hatt verktøy for automatisk gjenkjenning av blinker, ville det holdt å kun bruke det ene programmet. Automatisk oppstilling av punktskyer basert på automatisk gjenkjenning av fellespunkter er en funksjon som er på vei, og finnes i dag i beta form, men siden den aldri virket for oss kan vi ikke si noe om hvor god den kommer til å være.

Autodesk Revit

Revit er ett av de ledende programmene innen BIM modellering. Det støtter import av punktskyer, som man så kan modellere geometri ut fra. Det har endel begrensninger, særlig hvis man vil lage en modell av et bygg som ikke er 100% vinkelrett, men siden det er ett av maks tre programmer som er industristandard, og vi har lisens på det, velger vi å bruke det.

Autodesk Recap

Recap er et program fra Autodesk for behandling av punktskyer. Vi foretrekker CloudCompare, siden det er gratis, og har vel så gode verktøy, så vi kommer til å gjøre brorparten av punktskybehandling der. Men Recap har en veldig god motor for visualisering og målsetting av punktskyer, så dersom modellen vår hadde vært større ville vi brukt Recap mer. Vi må uansett innom Recap for å “indeksere” punktskyen.

Det betyr å konvertere dataene til RCP format, som er lesbart for Revit. En kunne tatt data direkte inn i Revit, og konvertert de til RCP der, men siden Recap har en mer robust punktskymotor, velger vi å gjøre konverteringen der.

Trimble Realworks

Realworks er Trimble sitt verktøy for punktskybehandling. Det ble brukt i forberedelse til tenkt arbeid med Trimble laserskanner

Leica Cyclone

Leica sitt program for behandling av punktskyer. En er nødt til å gå innom Cyclone dersom en bruker en Leica laserskanner, da filene er i et .bin format som kun Cyclone kan lese. Dette ble brukt i forberedelse til tenkt arbeid med Leica laserskanner.

Datainnsamling i felt

Forberedende arbeid

Før vi var klare til å gjøre flyving med drone rundt B bygget, valgte vi å trene på et par mindre befolkede steder. Det var viktig at vi var kjent med dronen på forhånd, så vi kjente til arbeidsflyten fra flyving til ferdig punktsky og alt som hadde med selve flyvingen å gjøre.

Det ville vært katastrofalt for vår oppgave om dronen hadde havarert, da vi i så fall ikke hadde hatt råd til en ny,

Vi hadde en del erfaring med Pix4D fra tidligere, men da utelukkende med terrestriell fotogrammetri uten GCP'er, så det var mye nytt vi måtte bli kjent med til dette prosjektet.

Dronen vår, "Dji phantom 3 advanced" styres først og fremst via en gratis app som kan kjøres fra smarttelefoner, i tillegg til en mer tradisjonell fjernkontroll som brukes under takeoff og landing, samt dersom en trenger å overta kontrollen i en nødsituasjon.

Siden dronen er regnet til generell hobbybruk, og ikke utelukkende til fotogrammetri, var det ingen garanti for at den hadde de funksjonene vi var ute etter. For å få bilder som dekker et bygg godt nok til at man kan lage en god punktsky, kom vi fram til at vi trengte bilder tatt på skrå fra



Figur 12: dronen i luften



Figur 13: klubbhuset på Vind idrettspark sett fra luften

forskjellige høyder og vinkler, samt en mer tradisjonell flyplan med vertikale bilder, lik de en kjenner fra tradisjonell fly-fotogrammetri. I appen som man styrer dronen med finnes det en funksjon for å fly over et punkt og definere det som “point of interest”, som sørger for at uansett hvor langt unna dette punktet en flyr og hvordan en stiller kameravinkelen, vil dronen alltid sirkle rundt dette punktet med kameraet vendt mot det. Dersom vi kombinerte denne funksjonen med muligheten for å ta bilder med en valgfri intervall, fikk vi tatt bilder hvert femte sekund, samtidig som dronen sirklet rundt “POI” med en meter i sekundet.

Dersom en jobber med et bygg som er mindre kvadratisk enn hva vi gjorde, finnes det tredjeparts apper en kan kjøpe som støtter bruk av egendefinerte polygoner som POI. Det var ingen mulighet for å lage en tradisjonell flyplan for vertikalfoto i den medfølgende appen, så det måtte vi gjøre ved hjelp av en egen Pix4D app.

Vi startet testflygningen på Vind idrettspark, da det ligger øde til og ga oss mulighet for eventuell innmåling av hjelpepunkt på bakken, men det viste seg at en 3G/4G mobilmast som står på bygget laget problemer for kommunikasjonen med dronen. Vi mistet kontrollen noen sekunder hver gang den var i nærheten av masten, og det var bare flaks som reddet oss fra et totalhavari. Dermed måtte vi finne en bedre egnet plass for testing. Valget falt på Mæhlum gård vest for Gjøvik.



Figur 14: Låven på Mæhlum gård

I tillegg til muligheten for å sette ut innmålte punkter her, var området omkranset av jorder med dyp snø, så eventuelle mekaniske problemer ville ikke føre en styrt ned i asfalten/parkerte biler.

I tillegg til å fly flere runder med dronen, komplett med GCP'er innmålt med GNSS, gikk

vi også en runde og tok bilder av fasadene med speilreflekskamera. På den måten fikk vi testet både Pix4D og dronen i et prosjekt som var lignende det vi senere skulle gjøre med B- bygget. Bruken av speilreflekskamera valgte vi bort ganske tidlig da det var relativt tidkrevende, og uansett ikke dekket takene, som jo er det viktigste i vår oppgave.

Stort sett var denne testen vellykket, og den lærte oss viktige ting både om drone og programvare. Vi hadde en hendelse der en propell løsnet under flyving, og dronen styrtet, men på grunn av den dype snøen i området var ikke dette en katastrofe. Det holdt å tørke av snøen før vi kunne fly med den igjen, og den fikk ingen varige men.

Datainnsamling med drone

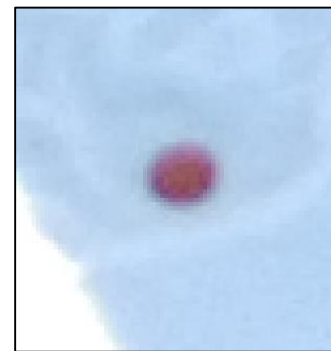


Figur 15: B bygget med snø på taket

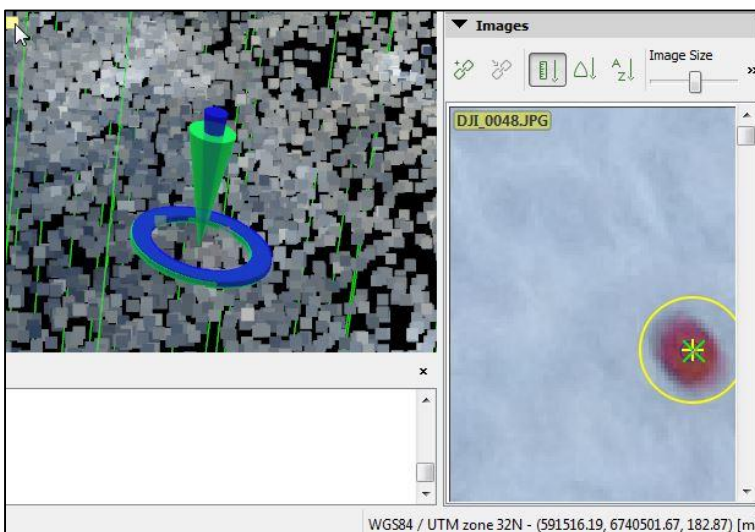
Etter omfattende forsøk på Mæhlum gård følte vi oss trygge nok til å starte flyvingen rundt B- bygget. Det er ikke ideelt med snø for den fotogrammetriske prosessen, siden det er vanskelig å finne fellespunkter i snøen, men snøen ligger så lenge på Gjøvik at det ikke var realistisk å vente til det var bart på bakken.

Siden skolen har oransje nivelleringspadder som man kan finne igjen på bildene selv i snøen, ble de brukt for å markere de innmålte punktene. Vi brukte i alt åtte slike padder, fire på bakken, og fire på taket. Dette ga oss et nett med punkt som var bra spredt ut over området, og sentrert rundt midten av bygget.

Vi brukte GNSS for å måle inn punktene. Der er fire fastmerker plassert rundt fotballbanen ved bygget, så vi kunne brukt



Figur 16: nivelleringspadder sett fra dronen



Figur 17: GCP markert i Pix4D, i 3d view og bilde

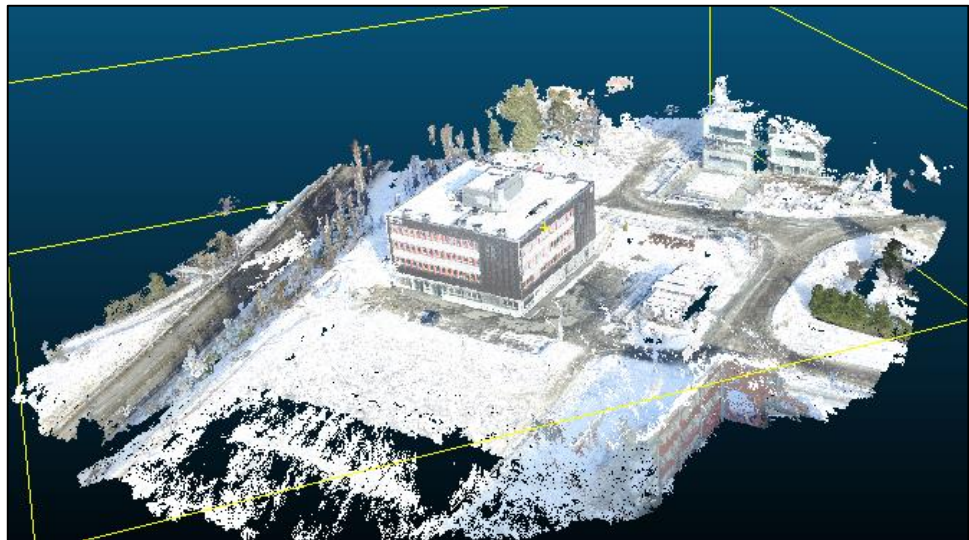
totalstasjon for innmålingen, men disse punktene er av varierende kvalitet - den ene søylen ble blant annet påkjørt under snømåking i vinter- så vi valgte å heller bruke GNSS hvor nøyaktigheten er kjent.

Det er også en rekke utfordringer forbundet med å

utføre et bra polygondrag i såpass dyp snø, ikke minst er det vanskelig å måle punktene på taket.

Etter fullført flyving kunne vi starte et prosjekt i Pix4D. Vi hadde koordinatene fra GNSS som en tekstfil, så etter bildene var importert i prosjektet, kunne vi importere koordinatene som GCP'er. Så etter en del manuell peking på punktene i så mange bilder som mulig, får vi det resultatet en ser her, hvor det har blitt generert en punktsky og GCP'en er definert i 3d space. Deretter kan en fortsette med prosessen og generere en såkalt "densified pointcloud" dvs en punktsky som har mange flere punkt enn den man får etter første steg.

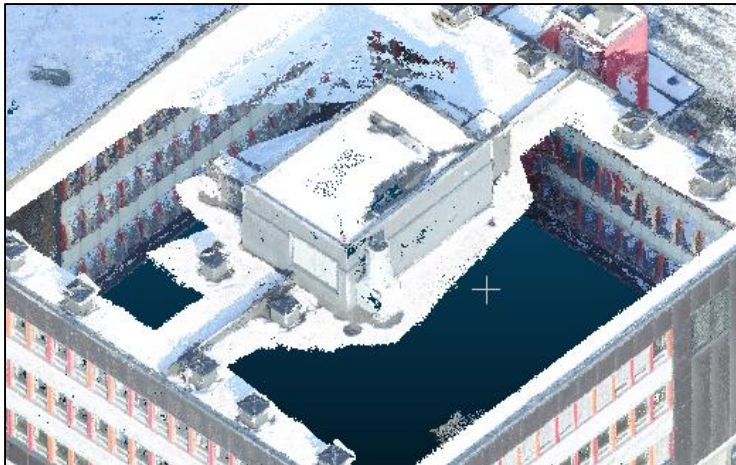
Etter steg to av prosessen er ferdig får vi en skikkelig punktsky som vi kan eksportere i .LAS format og importere i f.eks CloudCompare.



Figur 18: Den komplette punktskyen fra første Pix4D prosjekt

Siden vi nå

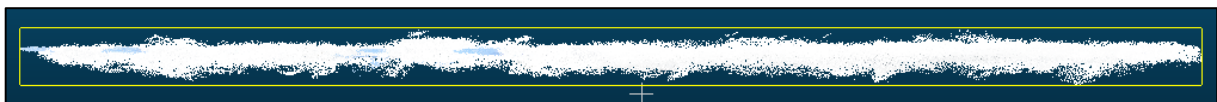
hadde prosessen under kontroll, gjorde vi hele prosjektet en gang til så snart snøen var borte, siden resultatet fra vår første gjennomkjøring helt klart viser at snø ikke er egnet for fotogrammetri. Det er rett og slett for små variasjoner i snøoverflaten til at programmet klarer å finne nok fellespunkter, og kameraet i dronen har også problemer med å gjengi snøen godt nok.



Figur 19: punktskyen med deler av taket klippet bort

For å demonstrere hvor stort utslag dette kan få på den endelige kvaliteten, kan vi studere et område som i virkeligheten skal ha minimal variasjon i Z planet. I fig 19 har vi klippet ut to store felt av taket som vi kan se nærmere på under ett. Hvis vi ser på kun disse feltene direkte fra siden, vil den gule boksen som

omgir punktene ha en Z verdi på hele 1,715 meter



Figur 20: Det samme feltet som var klippet bort fra figur 19x, sett fra siden

Denne boksen genereres automatisk basert på dataenes grenseverdier, og viser klart at vi må gjøre jobben på nytt når snøen har smeltet .

| | |
|----------------|-----------|
| | X: 35.896 |
| Box dimensions | Y: 27.877 |
| | Z: 1.715 |

Figur 21: målene til boksen i fig 20

Andre gangen vi gjennomførte hele prosjektet med drone var nesten identisk som første forsøk, med unntak av at snøen var borte. Den eneste andre forskjellen var at vi økte antallet GCP'er fra 8 til 10.



Figur 22: laser target på veggen av bygget

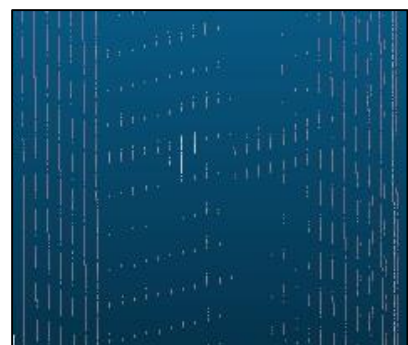
Siden det var meningen at vi skulle skanne bygget med laser selv, trengte vi en metode for å stille de to skyene opp mot hverandre automatisk, slik at vi kunne gå inn og måle på resultatet.

Både Leica's "Cyclone" og Trimble's "Realworks" har støtte for å finne blinker automatisk og stille punktskyer opp ved hjelp av disse blinkene, så vi så det som en god metode. En slik prosess er også mer nøyaktig enn georeferering, så vi målte ikke inn disse blinkene med totalstasjon på grunn av tidligere nevnte problematiske fastmerker. Dette betydde at vi måtte fly en tredje og siste gang, slik at vi fikk med de samme blinkene i både laser og dronepunktskyene. Det skulle senere vise seg at det ikke ble noe av laserskanningen, men det visste vi ikke på dette tidspunktet. Det er denne siste punktskyen som blir brukt til de fleste analyser og videre arbeid i denne rapporten.

Metoden fra det første prosjektet på B-bygget var såpass solid at den har blitt brukt på resten av prosjektene også. Det vil si tre sirkler rundt bygget med forskjellig høyde og vinkel mellom bygg og drone for hver gang, i tillegg til en runde med vertikale bilder. Pix4D appen som vi har brukt til vertikale bilder i standard flyfoto grid er kun i beta, og har vært vanskelig å bruke i blant, så på siste jobben ble det heller tatt vertikale bilder i tre sirkler med samme senter, men forskjellig diameter med hjelp av den originale DJI appen.

Datainnsamling med laserskanner

Selv om vi hadde tilgang til en gammel laserskannet punktsky av B- bygget, så vi det som en fordel å jobbe med egne data. Særlig dersom vi skulle se på forskjellen mellom laser og dronedata, var det viktig med punktskyer som inneholdt felles punkter som kunne brukes til å stille dem opp mot hverandre. Vi hadde en avtale med Norgeodesi om at en av dem skulle komme opp med en laser den 14 April, og være med å skanne bygget med oss. Dette var mye senere i semesteret enn hva vi kunne tenkt oss, men siden vi skulle få hjelp av en som kunne dette regnet vi med at det skulle gå fort.



Figur 23: laser target slik de framstår i MS50 punktskyen

Dagen før han skulle komme fikk vi en epost om at det ble avlyst på ubestemt tid. Dette skapte naturligvis vansker for oss, da skolen ikke har slikt utstyr selv, og vi ikke anså det

som sannsynlig at lokale bedrifter ville stå i kø for å låne vekk så dyrt utstyr til to studenter.

Siden det er for mye aktivitet rundt bygget i ukene, har all skanning og flyving med drone foregått i helger og på kveldstid. Vi brukte en lørdag på å skanne bygget med skolens MS50 multistasjoner, men resultatet hadde for dårlig oppløsning, så vi kunne ikke bruke det. Det er mulig å øke oppløsningen, men det ville ført til en tidsbruk som ikke er gjennomførbar.



Figur 24: Leica C10 laserskanner(4)

Etter en del fram og tilbake, fikk vi beskjed fra ansvarlig lærer om at Leica var villige til å låne oss en laser. Dette var en skanner av typen C10, som skanner rundt 50 tusen punkter i sekundet.

Etter å ha hentet den i Oslo, brukte vi en dag på selve skanningen. Alt så ut til å virke, vi fikk eksportert til minnepinne, og dataene så bra ut på displayet til maskinen.

Men da vi dagen etter skulle importere dataene i “Cyclone”, krasjet “Cyclone” hver gang vi prøvde å ta inn data. For å finne ut om det var skanneren eller “Cyclone” som forårsaket feilen, skannet vi innsiden av et rom på skolen, og sendte til Leica. De hadde ingen problemer med å åpne filen, altså var det vår installasjon av cyclone som var problemet. Etter at programmet var oppdatert, virket ikke lisensen til skolen lenger, da den kun var for en eldre versjon av programmet.

Alt dette arbeidet hadde tatt såpass lang tid at vi til slutt bare måtte sette en deadline og heller bruke den gamle punktskyen. Det er ikke noe problem å fullføre prosjektet uten egne laserdata, det er kun et par direkte analyser av forskjeller mellom punktskyene som mister litt av verdien.

4 Analyse

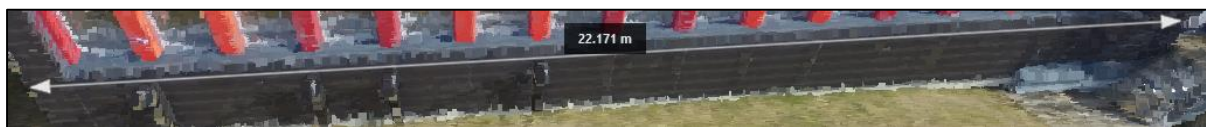
Kontroll av nøyaktighet i prosjektet

Hvilken GSD en får oppgitt i sluttrapporten fra Pix4D sier noe om nøyaktigheten en kan forvente. Dersom GSD er 2cm kan en regne med en nøyaktighet på 2-4cm i X/Y, og 2-6cm i Z planet.(24, 25)

| | Innmålt område | Målt med laser | Målt i punktsky | Differanse |
|---|---|----------------|-----------------|------------|
| 1 | kortside rødt bygg | 03.765m | 3.712m | 53mm |
| 2 | avstand mellom hjørne og dørkarm | 22.170m | 22.171m | 1mm |
| 3 | avstand mellom hjørne og dør neste langside | 18.179m | 18.088m | 91mm |
| 4 | lengde skillevegg tak | 9.524m | 9.509m | 15mm |
| 5 | avstand mellom ventilasjonstårn tak | 25.941m | 25.810m | 131mm |
| 6 | lengde langside bygg på taket | 10.396m | 10.381m | 15mm |
| 7 | lengde kortside bygg på taket | 6.841m | 6.891m | 50mm |

Figur 25: tabell som viser avstander målt med laser og i Recap

Siden vi ikke kan regne oss fram til absolutt relativ nøyaktighet, må vi kontrollere punktskyen vår mot mål gjort med laser avstandsmåler på selve bygget. Vi brukte laseravstandsmåler for å måle inn avstander der det lot seg gjøre, både fra bakken og på taket. Vi anser dette som så nøyaktig at det kan brukes som en fasit.



Figur 26: Avstandsmåling i Recap

For å gjøre denne testen bruker vi en punktsky fra Pix4D for hele bygget, ikke kun taket. Dersom vi hadde hatt egne laserdata ville vi også kontrollert den punktskyen mot de innmålte verdiene, men siden de laserdataene vi bruker er noen år gamle, og hverken utstyr eller metode er særlig kjent for oss, anser vi det som lite nyttig.



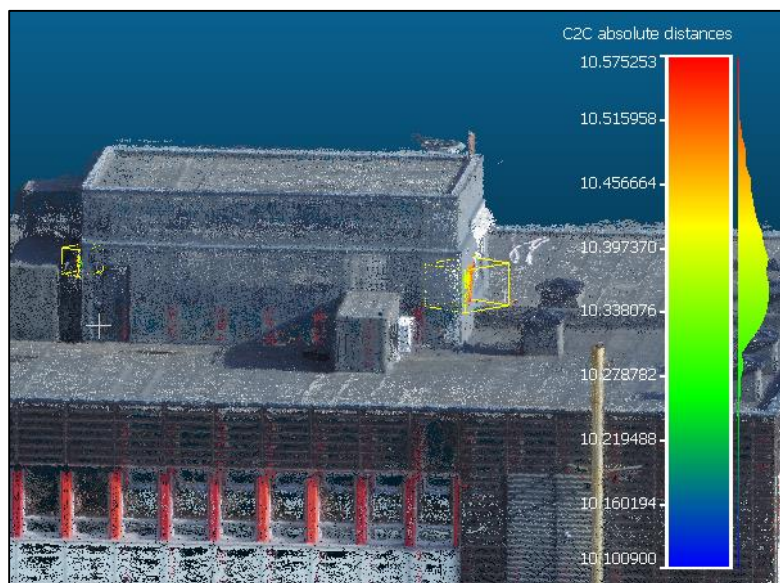
Figur 27: avstandsmåling

Vi bruker kun mål som var mulig å måle gjentatte ganger med samme resultat. Derfor har vi ikke med mål på hele langsider, da det var for langt til å få like målinger flere ganger. Vi brukte vater for å sørge for så rette vinkler som mulig under måling. For å måle i punktskyen brukte vi målefunksjonen i Recap.

Det ideelle hadde selvfølgelig vært å ha fått komplette mål på bygget, slik at vi kunne ha modellert et komplett bygg i 3d og sammenlignet det mot punktskyen. En ville da kunnet sett på helheten og ikke kun avstand på enkeltpunkt, men av overnevnte grunner var det umulig.

Vi justerte opp størrelsen på punktene for å hjelpe oss med målingen. Svakheten ved denne metoden er den samme som går igjen flere steder innen denne typen arbeid: Det er vi selv som manuelt definerer hvor målingen starter og slutter, og en kan derfor ikke konkludere noe absolutt. Dette gir oss likevel en anelse om hvor nøyaktig ting er. Å finne absolutt nøyaktighet er et kjent problem innen geomatikken, og et kjent ordtak sier at “det finnes ingen nøyaktighet, bare grader av unøyaktighet”.

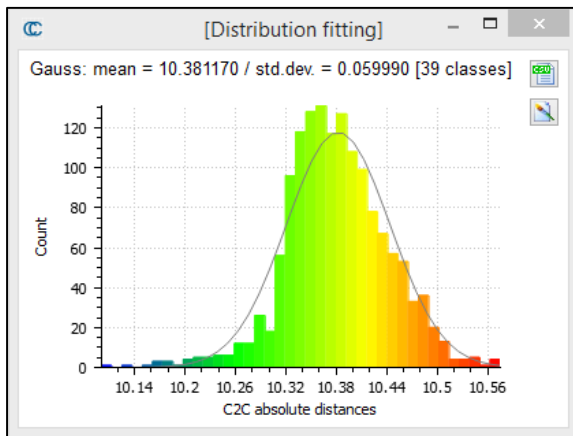
Differansen i mål fra punktsky til virkeligheten går fra 1 millimeter til 151 millimeter. med et snitt på 50.87mm. Dette framstår som veldig dårlig nøyaktighet, og stemmer ikke med hva en kan anta basert på GSD tallene, men det er viktig å huske på at alle målene er mellom to punkter, og derfor ikke sier noe om gjennomsnittet på punktene i de områdene som er målt. Det samme gjelder også for såvidt til en viss grad for lasermålingene, selv om det ble målt minst fire ganger på hvert



Figur 28: deler av veggene på kortsidene gjort til separate punktskyer og målt avstand mellom

sted. Det er heller ingen direkte sammenheng mellom avstand og differanse, da den lengste målingen har størst differanse, og den nest lengste har minst differanse.

For å se litt bedre hva snittet er på avstanden mellom to områder, definerte vi to polygoner



Figur 29: Gjennomsnittsverdier for avstanden mellom punktskyene i figur 29

som vi brukte til å skille deler av

kortveggene på bygget på taket fra resten av punktskyen, og lagret hver del som en separat punktsky. Deretter kunne vi ta inn begge to, og måle de mot hverandre.

Avstanden mellom disse to områdene ble målt til 10.396m med laser. Histogrammet fra denne beregningen viser at snittet i

avstand mellom de to områdene er 10.381

meter, altså 15 millimeter unna hva vi målte med laser. Disse tallene er mer i tråd med

hva en kan vente seg dersom en bruker GSD som utgangspunkt.

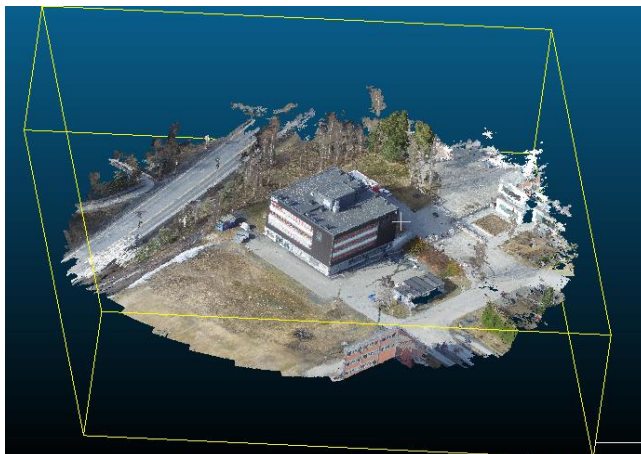
Dette er det nærmeste vi kommer en konklusjon på hvor nøyaktig resultat en kan få ved hjelp av den dronen vi brukte.

Kombinering av punktskyer

Siden det ikke ble noe av at vi skannet bygget med laser selv, måtte vi bruke en punktsky fra den to år gamle bachelor oppgaven:

“Fysisk 3D-modell av campus”.(26)

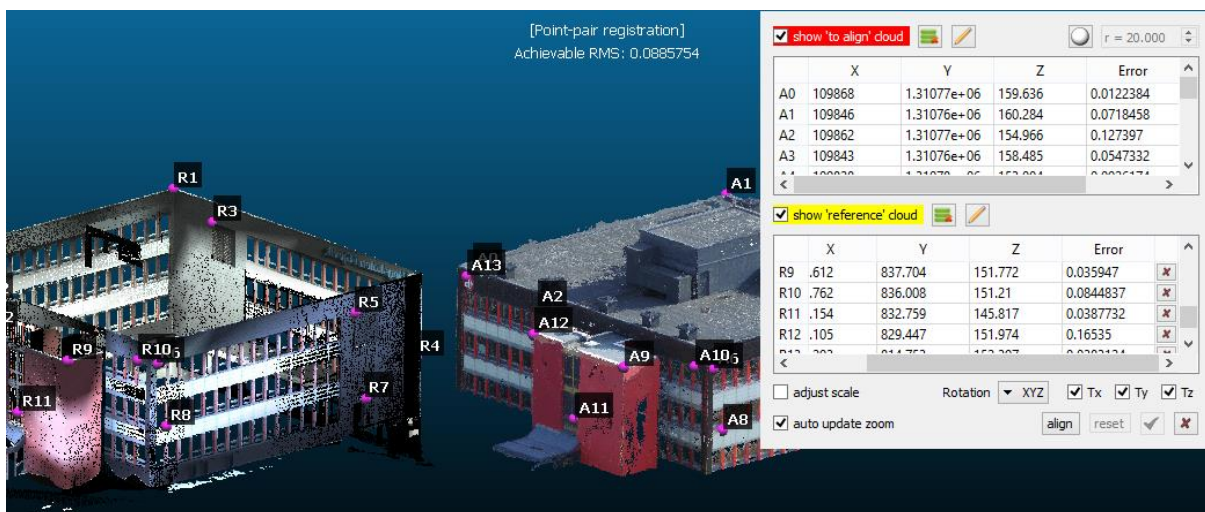
Denne punktskyen har selvfølgelig ikke de targets som vi hengte opp, så vi kan ikke stille den automatisk opp mot Pix4D punktskyen. Det betyr at vi ikke kan si noe generelt om nøyaktighet, siden det er vi selv som manuelt finner fellespunkter, men vi kan slå dem sammen for å se om man kan ende opp med en kombinert punktsky i Revit.



Figur 30: Punktsky fra Pix4D før redigering

Denne jobben gjøres utelukkende i CloudCompare.

Først må en klippe Pix4D punktskyen, siden området den dekker er alt for stort. En gjør dette ved å tegne et polygon rundt området en vil ha, først i topp synspunkt, for å få omrisset av bygget, så fra siden, så en får separert den øverste delen. Siden laserskyen dekker hele bygget utenom taket, og siden vi nå må plukke fellespunkter manuelt, tar vi



Figur 31: laser punktskyen og Pix4d punktskyen stillt opp for valg av fellespunkter

med mer enn vi trenger av Pix4D skyen. Når jobben er fullført, kan vi slette veggene i Pix4D punktskyen

En stiller begge skyene opp slik at begge er synlige i vinduet, og starter verktøyet for plukking av fellespunkt. I bildet over ser en laserskyen til venstre, og droneskyen til høyre.

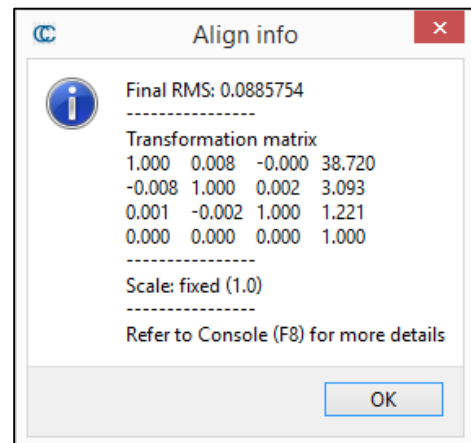
Vi har valgt ti punkter som en kan se i begge punktskyene, og etter hvert som en velger punkt får en opp en estimert feilverdi øverst på skjermen. En må ha minst fire punkter, men bør ha 3-4 på hver side av bygget for å sikre en uniform overlapping. Siden begge skyene skal være skalert rett, bruker vi ikke skaleringsfunksjonen, kun forflytning i x/y/z. Etter at begge skyene er plassert over



Figur 33: den sammenslåtte komplette punktskyen

Etter at skyene er stilt opp, kan vi klippe ned Pix4D skyen slik at den kun inneholder taket og deretter slå sammen de to skyene til en. Som en kan se av bildene, har vi nå mye mer informasjon enn vi hadde ved å kun bruke laserskyen.

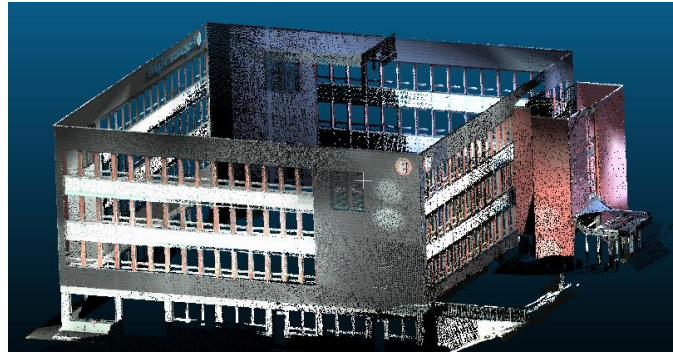
Deretter eksporterer vi den nye skyen som LAS og åpner den i Autodesk Recap. En kan prøve å importere LAS filen direkte i Revit, men det anbefales ikke, da Recap sorterer og komprimerer skyen så den blir mye lettere å jobbe med. Når en er innom Recap, kan en like greit georeferere punktskyen.



Figur 32: resultatet av oppstillingen

hverandre, får en opp et vindu med resultatet. En får oppgitt kvadratisk gjennomsnitt i samme måleenhet som skyene bruker, her 0.088 meter, men vi kan ikke vite hvor mye av avviket som skyldes feil i valg av punkter og hvor mye som er på grunn av at Pix4D skyen er mindre nøyaktig. Den gir oss likevel en pekepinn på hvor vellykket operasjonen ble.

Siden det var Pix4D punktskyen vi brukte som mal, og laserskyen tilpasset seg den, vil georefereringen vi fikk på kjøpet i fotogrammetriprosessen være gjeldende. Det betyr at vi da bare trenger å velge rett koordinatsystem når vi importerer punktskyen i Recap, så blir dataene georeferert.



Figur 34: punktsky med bare laserdata

Recap lagrer filer i .RCP format som kan importeres direkte i Revit. Her ser vi punktskyen slik den fremstår i Revit. Den er nå klar til å modelleres på.



Figur 35: kombinert punktsky importert i Revit

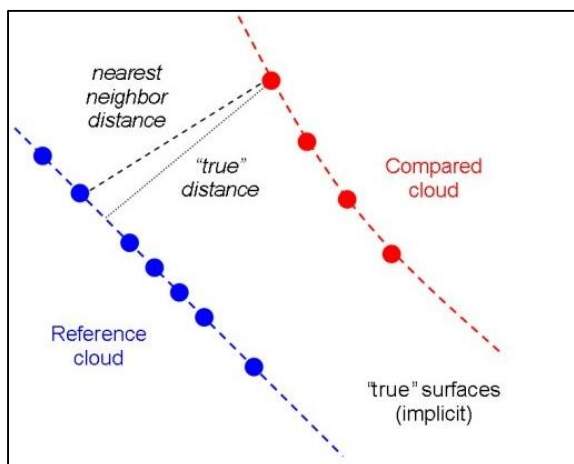
Vi har kun testet i Revit, men vet at Archicad støtter import av punktskyer i .E57 format som kan eksporteres fra CloudCompare.

Vi vet altså at det går å blande to vidt forskjellige typer punktskyer for så å importere

de i BIM programvare, og at en kan gjøre jobben utelukkende i gratis programvare.

Sammenligning av punktskyer

Vi hadde som nevnt tenkt å gjøre omfattende analyser av de to punktskyene, og hadde hengt opp 20 blinker på B- bygget for å hjelpe oss å slå de sammen. Men siden vi aldri fikk skannet med laser selv, faller mye av dette bort. Vi kan gjøre oppgaven med en



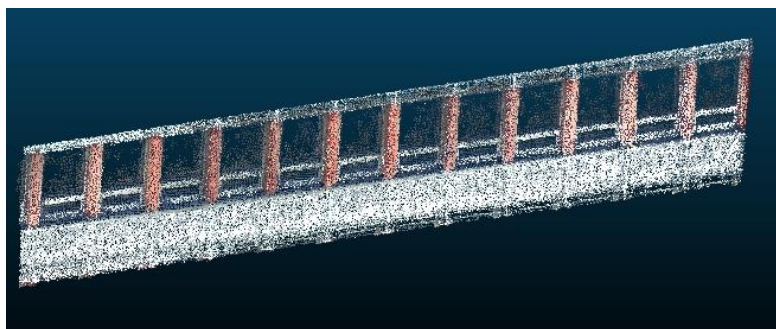
Figur 36: metoden for "cloud to cloud" analyser(6)

gammel laserskannet punktsky, siden vi kan finne nøyaktighet på andre måter. Vi kan fortsatt kjøre analyser på skyene etter at vi har stilt dem over hverandre i CloudCompare, men siden laserskyen er to år gammel, og selve oppstillingen er en manuell prosess, kan man ikke bruke resultatet til å trekke slutninger fra. Det har likevel en viss verdi som en pekepinn på hvordan kvaliteten er, og som en demonstrasjon av fremgangsmåten.

Metoden for å måle punktskyer mot hverandre kalles "cloud to cloud" distance i Cloud Compare. Den ser på hvert enkelt punkt i skyen, og finner det nærmeste punktet i skyen du skal sammenligne med og fargelegger punktskyen etter avstand. Det finnes andre verktøy for å måle avstand, men de er avhengige av normaler på punktene, og siden vi i så fall må estimere de i programmet, anser vi "cloud to cloud" som den beste metoden.

Det er viktig å kun bruke områder som er dekket av begge punktskyene, så derfor er vi nødt til å kun måle på forskjellige deler av veggene.

På disse bildene har vi sammenlignet en del av veggene. Vi bruker laserskyen som "fasit" og sammenligner droneskyen med den. Disse vinduene peker mot de grå

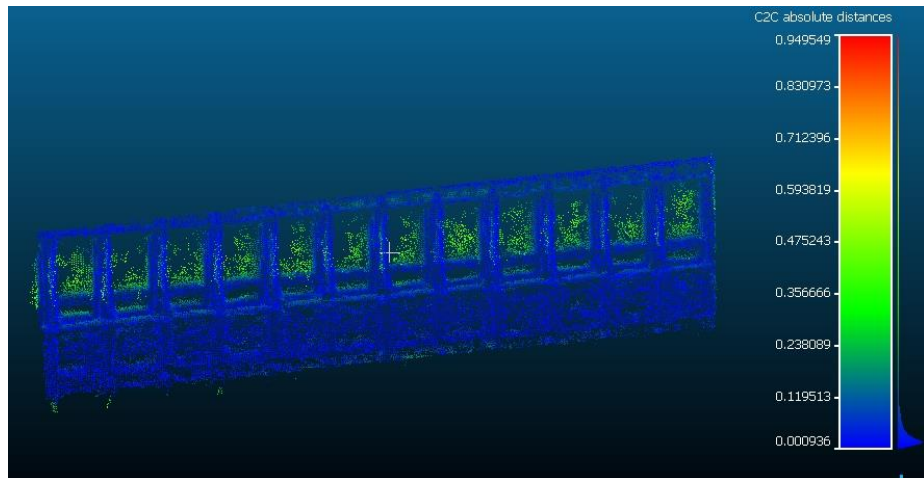


Figur 37: Område av vegg som dekkes av begge punktskyene

brakkene(sør-øst), og som vi kan se av neste bilde er begge punktskyene veldig like her.

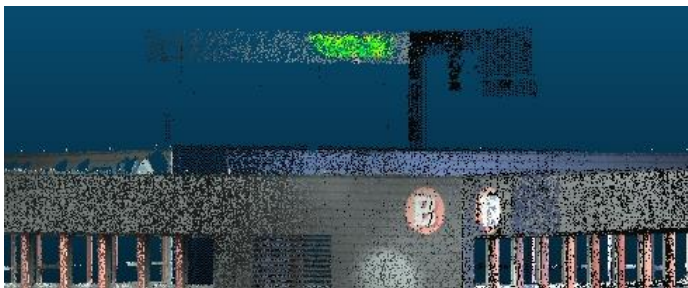
Det at punktene inne i vinduene blir grønne, skyldes at det ikke finnes punkt der i laserdataene og avstanden derfor regnes til vinduskarmen. Tallene en får oppgitt er alltid i samme enhet som punktskyene, det vil si meter i vårt tilfelle.

Vi gjorde tilsvarende tester av alle fire sider av bygget, og fikk resultater som var veldig mye bedre enn forventet:



Figur 38: "Cloud to cloud distance" analyse av området fra fig 37

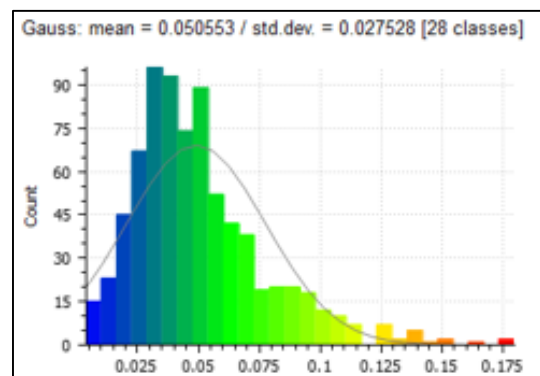
Alle sidene har flest av punktene innenfor en avstand under 2 mm, og siden mot nord-øst ligger på ca en millimeter.



Figur 40: område på taket som også dekkes av laser punktskyen

Dessverre vet vi ikke noe om hvordan laseren ble stilt opp under skanning, og heller ikke hvilken laser som ble brukt, så det er ikke lett å si noe om hvorfor vi får så

gode tall. Vi gjorde også en test av et lite område av det lille bygget på taket, da det er kommet med på laserskannet. Her fikk vi tall som var veldig dårlige igjen. Faktisk ligger mesteparten av punktene mellom 2 og 7 centimeter, med et snitt på 5 cm her. Det er ingen logisk grunn til at disse tallene skulle bli så dårlige, så lenge alle fire sidene av hovedbygget er så bra, så vi må anta at det er på grunn av vinkel og avstand i forhold til laserens posisjon.

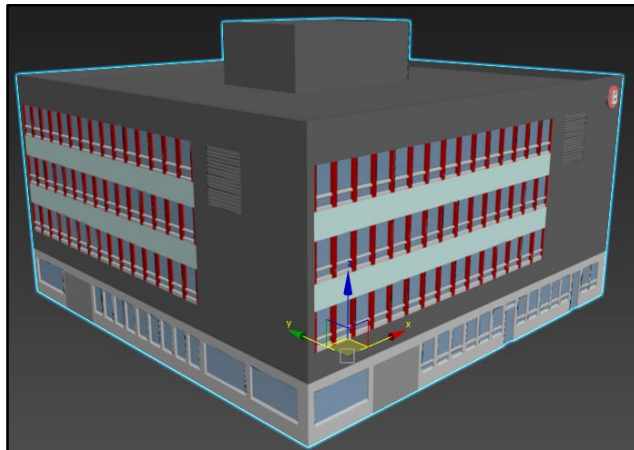


Figur 39: Histogram fra analysen av området i fig 40

Dette er positivt i forhold til vår problemstilling.

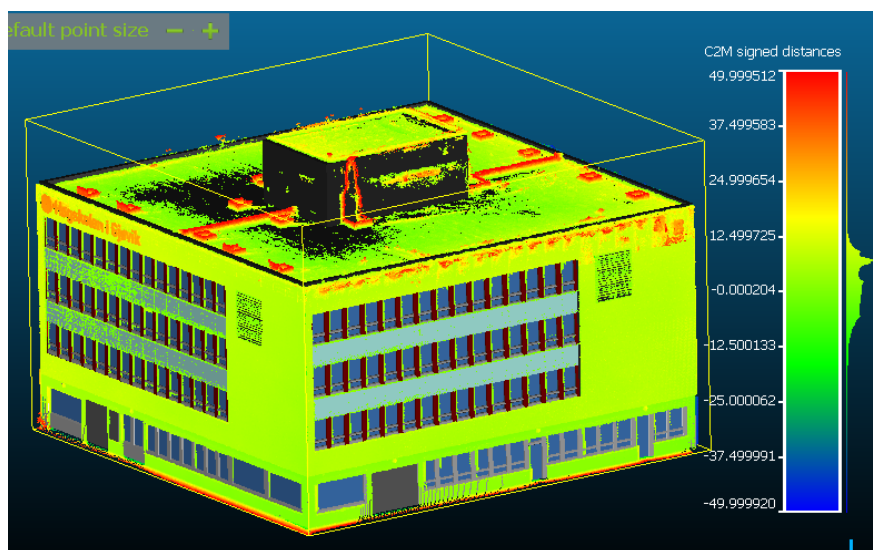
Sammenligning av punktsky og 3d modell

Disse verktøyene passer også perfekt til å kontrollere den ferdige BIM modellen opp mot punktskyen til dokumentasjon av nøyaktighet, siden en også kan sammenligne 3d modeller og punktskyer på samme måte. Vi har ikke nok kunnskap om BIM modellering til å lage en 100% BIM modell, men vi har laget en enkel modell i 3D Studio Max som vi kan teste med. Denne modellen er ment for visualisering, og er manuelt modellert på den kombinerte punktskyen, så dette er kun ment som en demonstrasjon av muligheter.



Figur 41: Modell av bygget lagd i 3D Studio Max

Etter å ha stilt modellen og punktskyen opp så godt som mulig, kan vi kjøre en “cloud - mesh distance” funksjon. Denne fungerer identisk med punktskysammenligning, ved at det genereres en usynlig punktsky på selve meshen som man så sammenligner den andre skyen med.



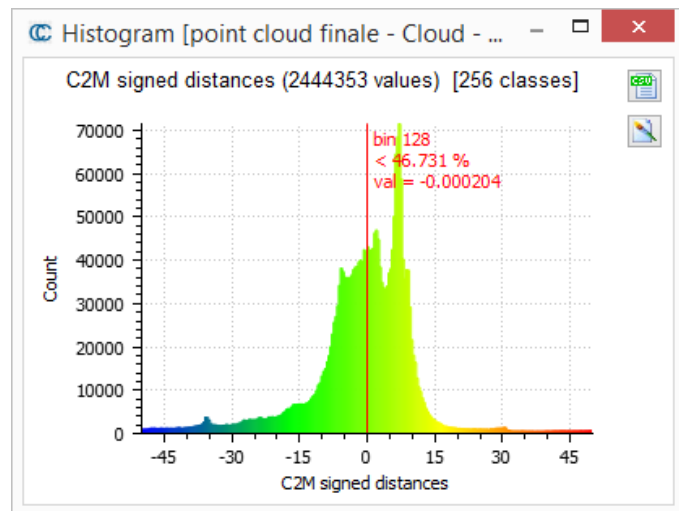
Figur 42: Avstandsanalyse mellom 3d modell og punktsky.

Som forventet er det en del spredning her. Særlig taket på 3d- modellen mangler mye på å være nøyaktig.

Vi kan også åpne et histogram for denne funksjonen, som viser tallene på en litt mer detaljert

måte. Man kan også eksportere dataene som en .csv- fil som kan åpnes i excel. det er en meget godt egnet metode for å dokumentere sammenhengen mellom punktsky og ferdig BIM modell.

Det er begrenset hva som kreves av slik dokumentasjon i dag, men det er noe som en bør regne med kommer etter hvert, og da er denne metoden godt egnet.



Figur 43: histogram som viser avstandene for punktene

Tidsforbruk og kvalitet

Siden en av hovedfordelene ved å involvere drone kan være at en sparer tid, vil vi se på hvor mange bilder en trenger, og hvilken tid en bruker ved forskjellig antall. Dessuten, siden GSD er en god pekepinn på nøyaktighet, kan vi og se om en mister nøyaktighet ved å redusere antall bilder for mye.

| | Antall Bilder | GSD (Cm) | RMS (m) | Tid første ledd | tid andre ledd | punkt per M ³ |
|-----------------|---------------|----------|---------|-----------------|----------------|--------------------------|
| Med GCP | | | | | | |
| 1 runde | 42 | 1,52 | 0,015 | 3m 07 s | 19m:24s | 800.69 |
| 2 Runder | 84 | 1,35 | 0,014 | 5m 33 s | 01h:17m:12s | 1439.87 |
| 3 Runder | 129 | 1,66 | 0,014 | 15 m 23 s | 03h:07m:44s | 893.31 |
| Vertikalt | 71 | 2,06 | 0,016 | 19m 1 s | 34m:34s | 442.03 |
| komplett | 200 | 1,99 | 0,018 | 62 m 55 s | 03h:24m:36s | 812.47 |
| | | | | | | |
| Uten GCP | | | | | | |
| 1 runde | 41 | 1,58 | na | 1m 41s | 27m:24s | 729.16 |
| 2 runder | 83 | 1,33 | na | 4m 50s | 01h:17m:05s | 1438.76 |
| 3 runder | 129 | 1,64 | na | 9m 17s | 02h:58m:39s | 896.81 |
| Vertikalt | 71 | 2,07 | na | 6m 33s | 46m:11s | 429.92 |
| komplett | 200 | 2,01 | na | 15m 27s | 05h:43m:19s | 786.86 |

Figur 44: tabell som viser informasjon om de forskjellige pix4d prosjektene

Vårt prosjekt bestod av 3 runder rundt bygget, samt en runde med vertikale bilder. Vi testet å kjøre gjennom Pix4D med 1 runde, 2 runder, 3 runder, og kun vertikale bilder, i tillegg til det komplette prosjektet. Dette gjorde vi også både med og uten GCP'er.

Den matematiske formelen for å regne ut GSD manuelt er: **“pikselstørrelse i kameraet ganger flyhøyde over bakken delt på brennvidde”**.⁽¹⁰⁾ Vi trenger ikke beregne GSD manuelt, men det er viktig å vite at flyhøyden spiller inn. GSD er alltid gitt som gjennomsnitt i prosjektet, og siden vi opererer med forskjellige høyder er det sannsynlig at GSD på taket er bedre enn GSD på bakken, siden avstanden er kortere mellom drone og tak.

Første ledd i prosessen er der Pix4D kalkulerer alle posisjonene og kameraparametere, og andre ledd er der Pix4D genererer en punktsky og eventuelt mesh basert på tallene fra steg en.

Som en ser av tabellen, blir GSD mye dårligere når en tar med de vertikale bildene. I tillegg bruker en mye lengre tid og får færre punkt per kubikkmeter. Det er ikke dermed

sagt at 2 runder ville vært det optimale her, siden en får et mye større område ved bruk av vertikale bilder. Det er nok det store området som fører til færre punkter, men siden GSD også blir betydelig dårligere, er nok et prosjekt med utelukkende sirkler rundt bygget å foretrekke

“Vertikalt” og “komplett” med GCP ble gjort på en svakere laptop på grunn av tidsforbruk, og brukte lengre tid enn hva de ville gjort på den andre, kraftigere maskinen. RMS viser kvadratfeilsommen til GCP’ene, dvs hvor nøyaktig Pix4D klarte å posisjonsbestemme de.

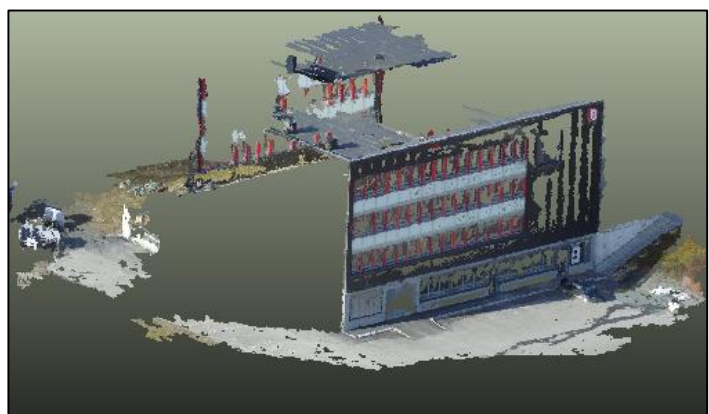
GSD ble rimelig identisk både med og uten GCP’er, men det er antagelig på grunn av byggets kvadratiske form. Ved kartlegging av mindre perfekte prosjekt vil sannsynligvis bruk av GCP spille en større rolle.



Figur 45: første bilde i hver runde rundt bygget pluss vertikal

Det at vi brukte hele 5 timer på ett av prosjektene tilskrives Pix4D sin noe lunefulle natur. Det var ikke uvanlig at ting hang seg opp, og en måtte starte prosessen på nytt.

Vi gjorde forsøk for å se hvor langt ned en kunne gå i antall bilder ved å kun bruke et par på en runde, og brukte 1, 2 og 3 runder der også. Det ga tre prosjekter med henholdsvis 6, 13 og 26 bilder.



Figur 46: punktsky generert med 13 bilder som utgangspunkt

Vi har ikke tatt med informasjon fra sluttrapporten fra disse, da de er ment mer som en test av den nedre grensen for hva som går an å bruke i programmet, og ikke noe en ville gjort i virkeligheten.

5 Drøfting

Nøyaktighet

En utfordring ved premisset i vår oppgave er at det per i dag ikke finnes absolutte regler eller retningslinjer for BIM-modellering. På grunn av dette er det ikke så enkelt å si om fotogrammetridata er godt nok, men vi kan se på hvor nøyaktig det er, og bruke utenlandske retningslinjer(7) der vi ikke finner norske.

I våre analyser ser vi at vi får en nøyaktighet på rundt 15 millimeter ved analyser av snittet mellom mange punkt, og mye dårligere nøyaktighet med mer spredning i tallene ved målinger mellom enkeltpunkt. Vi anser målingen av snittet som den mest pålitelige da den er minst sårbar for operatørfeil.

Det er ikke mulig å si noe 100% generelt om nøyaktighet, da det avhenger av for mange faktorer. Et krav fra kunde om f.eks. 2mm nøyaktighet vil man ikke kunne oppnå med fotogrammetri på vårt nivå, men det er tvilsomt om en kan garantere det uansett, siden modelleringen i BIM programmer skjer manuelt, med punktskyen som guide. Det er sannsynlig at man modellerer en BIM modell, for så å skalere bygget med mål en har målt inn med totalstasjon el lign. Dette er noe en i så fall også kan gjøre med fotogrammetridata, så lenge en har tilgang på mer korrekte mål fra en annen kilde.

Det har vært vanskelig å få konkret informasjon om akkurat dette fra bransjen. Om dette skyldes manglende standardisering, eller at man ikke liker å snakke om tap av nøyaktighet vites ikke. Men det er tydelig at de enkelte firmaene jobber med sine egne retningslinjer for denne typen arbeid.

At det er kunden, som ikke nødvendigvis har kjennskap til utfordringer forbundet med slikt arbeid, som setter krav til nøyaktighet er en interessant detalj. Siden det er mulig å gjennomføre en slik jobb mye rimeligere ved bruk av drone, kan det tenkes at økonomiske

interesser kan spille inn ved en slik avgjørelse, og en ville vurdert et lavere krav til nøyaktighet dersom en ble gjort oppmerksom på de mulige forskjellene i kostnader.

Siden det mangler standarder på dette i Norge, bruker vi GSA(7) sine inndelinger som guide. Der er nøyaktighetskravene på 51mm for klasse 1, 13mm for klasse 2, og 6 og 3 millimeter for klasse 3 og 4. Vi vil i så fall kun kunne garantere kvalitet som tilfredsstillende kravet til klasse 1.

En kan selvfølgelig og tenke at laserdataene sin nøyaktighet ville ført til at gjennomsnittsnøyaktigheten i prosjektet ble under 13 millimeter, men vi tenker at kravet gjelder for alle deler av bygget, ikke snittet på prosjektet. Hva som ligger bak de forskjellige klassene, og hvilken klasse bygget vi jobbet med ville kommet i er ikke kjent.

Det er en interessant detalj at vårt resultat på rundt 15 millimeter er målt på et sted hvor det ikke finnes noen sammenheng til de ytre veggene på bygget. I områder som mot kanten av bygget kan en bruke laserdata til hjelp under modellering, for å sikre seg et mer nøyaktig resultat.

Siden GPS ombord på dronen ikke brukes i det hele tatt i dette prosjektet, det eneste den brukes til er å hjelpe Pix4D med sortering av bildene, er det å skaffe seg bedre resultat fra en slik jobb ikke nødvendigvis et veldig kostbart prosjekt. Den store flaskehalsen på kvaliteten er antageligvis kvaliteten på kameraet. Siden en måler inn GCP med annet utstyr, og alt av georeferering skjer på grunnlag av disse, trenger ikke dronen egentlig GPS i det hele tatt, så dersom man har mulighet for å få et speilreflekskamera opp i luften på en eller annen måte, bør man kunne oppnå ganske gode resultater.

Laserdata

Som nevnt hadde vi planer om å skanne bygget med laser selv. Det skapte et stort problem at vi ikke fikk det avklart på et tidligere tidspunkt, da vi måtte endre en del av fokuset i oppgaven på grunn av det. Hadde vi hatt slike data, kunne en lagt større vekt på analysene av nøyaktighet i fotogrammetripunkttskyen, og kanskje fått mer svart hvitt resultater. I tillegg kunne vi sett mer grundig på tidsforbruk, og hvor mye tid en sparer sett opp mot hvor mye nøyaktighet en mister ved bruk av fotogrammetri. Men vi mener de alternative

metodene vi har brukt for å kontrollere nøyaktigheten, og bruk av gammel laserpunktsky for å se om det var mulig å kombinere de to typene punktskyer, er gode. Og med det utgangspunktet vi hadde, de beste mulige metodene, selv om en muligens kunne tenkt ut andre, like gode metoder dersom en hadde lengre tid til å planlegge. Det hadde for eksempel vært interessant å teste hvor store forskjeller det hadde blitt dersom man hadde brukt et mobiltelefonkamera, kameraet på dronen og et speilreflekskamera til å ta bilder av samme objekt

Tidsbruk

I vår test av tidsbruk og nøyaktighet ved bruk av forskjellige mengder bilder, ser vi en markant økning i tid fra to runder til tre runder. I figur 45 kan en se at det som skiller rundene 1 og 2 fra den tredje runden, er hvor mye av terrenget rundt bygget som kommer med på bildene. Dette er en viktig ting å ta med seg, da en også får lavere GSD i prosjektet der alle 3 rundene er brukt. Punktskyen av bygget blir ikke mindre nøyaktig fra 2 til 3 runder, det er alt terrenget som genereres som gir lavere GSD.

Hvor mange bilder en bør bruke er ikke mulig å si, da det vil variere fra bygg til bygg.

Men vi kan si at det er en fordel å bruke bilder som kun fokuserer på det aktuelle bygget, og ikke får med mye av området rundt. Og dersom en må måle inn GCP'er langt fra selve bygget, prøve å kun få med området rundt så langt ut som til GCP'ene, ikke lengre.

Hadde vi vært klar over at vi ikke fikk låne laser på et tidligere tidspunkt, kunne vi brukt mer tid på denne delen, og også sett på hvor langt ned en kan gå i antall bilder før en ser store utslag i resultatet, men det ble det ikke tid til denne gang. Det hadde vært interessant å sett hvor få bilder en kan bruke, og fortsatt få brukende resultater. Og det hadde vært bedre om vi hadde hatt tid til å også analysere punktskyene fra de forskjellige Pix4D prosjektene vi kjørte, siden GSD ikke er en absolutt definisjon av kvalitet, særlig ikke så lenge området som dekkes av de ulike prosjektene endres. Men det var ikke tid til å gå mer i dybden på dette.

Dokumentasjon av nøyaktighet

Så vidt vi vet er det per i dag ingen standardiserte krav til dokumentasjon av nøyaktighet på en BIM modell i forhold til punktskyen den bruker som grunnlag. I et land, og en bransje hvor alt er regulert av lover og retningslinjer, framstår dette som en pussig praksis.

Det er krav til innmålte kontrollpunkter, og dokumentasjon av disse, men det er ingen selvfølge at den endelige modellen er av samme kvalitet som kontrollpunktene. De standardene som finnes i dag som berører tematikken har heller ingen absolutte krav til nøyaktighet ved georeferering, men oppgir at slike ting avhenger av oppdraget.

En problemstilling en vil vende tilbake til i en slik situasjon er om det er nødvendig å dokumentere tap av detaljer et som ikke er relevante. Alle vet at en murvegg har små ujevnheter, men trenger man å få det dokumentert som et tap av nøyaktighet? Dette er ting som er vanskelig å dekke ved standardisering da behovet varierer veldig fra jobb til jobb.

Dersom slik dokumentasjon blir nødvendig, er vår metode for visualisering av avstander mellom punktsky og modell en godt egnet metode. Den bruker gratis programmer, og kan gi informasjon enten ved enkle grafer, eller som mer dyptgående Excel dokumenter.

Triangulering

Noe en må vurdere i en prosess som denne er om en skal triangulere punktskyen og lage en 3d mesh av den. Vi har valgt å ikke gjøre det av et par grunner. I en punktsky kan man få punkter som genereres på feil sted på grunn av vanskelige forhold, som for eksempel objektets reflekterende overflate. I en mesh er det ikke lov med flere nivå, da den kun viser overflaten på et objekt og ikke volumet, så ett av nivåene vil bli valgt som overflate selv om det kan være feil. Hvilket nivå som blir valgt kommer an på hvilke innstillinger en bruker.

I tillegg er det uhyre tungt for en datamaskin å triangulere en kraftig punktsky, og en må vente lenge før en får se om resultatet er brukbart eller ikke.

De fleste fotogrammetriprogrammene rettet mot forbrukermarkedet har kun mulighet for å generere en 3d modell, ikke en punktsky. Pix4D lager punktsky i alle de vanlige formatene, og dette mener vi er funksjonalitet en er nødt til å ha med for å kunne gjøre profesjonelt arbeid.

Sist men ikke minst, så er det lettere å se hva man gjør i Revit om man jobber med en punkttsky. Vi anser det derfor triangulering som en unødvendig omvei å ta.

Georeferering

Vi vurderte om vi skulle georeferere punktskyene, siden en da kunne fått punktskyer som automatisk stod på rett plass i forhold til hverandre. Men siden både Realworks og Cyclone hadde verktøy for automatisk gjenkjenning av blinker, og siden en slik prosess er mer nøyaktig enn georeferering med GNSS, valgte vi det bort. Punktskyen generert fra drone er georeferert med GNSS, da dette er en konsekvens av bruk av GCP'er.

Innmålte punkter med totalstasjon kunne gitt bedre nøyaktighet, men fastmerkene som brukes på skolen er av uviss kvalitet, så vi kunne ikke bruke den metoden siden vi trenger kjente variabler der det er mulig.

Begrensninger i BIM programvare

Programmer som Revit, Archicad etc. er i utgangspunktet laget for å tegne ting som er 100% loddrette, eller akkurat 90 grader. Som vi vet er en vegg eller et hjørne ofte litt utav vinkel, særlig på eldre bygg, og en må derfor velge om en skal gjøre en skjev vegg bein, eller bruke mye tid på å tegne en vegg som er litt skjev. Hva en skal gjøre kommer an på modellens formål. En BIM modell av en middelalderkirke skal ikke bygges videre på, og bør derfor ha korrekte mål, men en modell av et nytt kjøpesenter bør tegnes vinkelrett, da det gjør eventuell framtidig påbygging enklere.

Foreløpig finnes det ikke noen programmer som er skreddersydd for BIM- modellering av ukurante objekter, men det er stor sjanse for at dette vil komme innen et par år, da det er et stort behov for det. Det er ikke utenkelig at en i årene som kommer vil se et skille i programmer som er tenkt for tegning av nye bygg, og programmer som er tenkt for dokumentasjon av eksisterende bygg.

6 Konklusjon

Konklusjon

Dersom tolleransekravene tillater det, er det absolutt å anbefale at en supplerer laserdata med data fra drone siden en både sparer tid, og får en mer komplett punktsky.

Veien videre

Det største problemet vårt under arbeidet med oppgaven var det at vi aldri fikk lånt en skikkelig laser. Dette førte til at vi måtte bruke en gammel punktsky i arbeidet, og vi fikk derfor ikke satt begge punktskyene opp ved hjelp av lasertargets. Det er ikke nødvendig å gjøre det for å gjøre en jobb som den vi har gjort, men det hadde vært en fordel her, siden vi ville se på nøyaktigheten i de to skyene, og derfor hadde hatt nytte av at begge punktskyene var satt over hverandre automatisk. Det er enkelt å sette punktskyene sammen manuelt ved å velge fellespunkter i begge skyene, men man bør ikke måle på et resultat man manuelt har satt opp, derfor faller en del tester av nøyaktighet bort.

Videre arbeid ville først og fremst vært å fått skannet med laser slik at en kunne gjort mer omfattende analyser av forskjellene på de to punktskyene. I tillegg hadde det vært interessant å se hvor bra resultater en kunne fått ved bruk av et program ment for camera tracking, og om de andre verktøyene slike programmer har for å gjenkjenne detaljer i bilder faktisk kunne gitt dem en fordel foran fotogrammetriprogrammer.

Litteraturliste

1. HISTORY OF PHOTOGRAMMETRY. In: Training TCfP, editor. p. 36.
2. Wikipedia. Stereoscopy: Wikipedia; [Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscopy>].
3. RIEGL. RIEGL Timeline. In: RIEGL, editor. 2014. p. 40.
4. Tamás L. Data acquisition and integration 4 2010 [Available from: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_DAI4/ch01s03.html].
5. Chen H. Matchmoving with Boujou 4 and composite in 3ds max 7 2007 [Available from: <http://www.tutorialized.com/tutorial/Matchmoving-with-Boujou-4-and-composite-in-3ds-max-7/25953>].
6. CloudCompare. Distances Computation: CloudCompare; 2015 [Available from: http://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=Distances_Computation].
7. Administration USGS. BIM Guide For 3D Imaging. In: Administration USGS, editor.: U.S. General Services Administration; 2009.
8. Dick ØB. Fotogrammetri Store Norske Leksikon: Store Norske Leksikon; 2009 [
9. Kolečka N. PHOTO-BASED 3D SCANNING VS. LASER SCANNING-COMPETITIVE DATA ACQUISITION METHODS FOR DIGITAL TERRAIN MODELLING OF STEEP MOUNTAIN SLOPES.6.
10. Greenwood F. How to make maps with drones 13.
11. R. Kadobayashi NK, H.Otani, R.Furujawa. COMPARISON AND EVALUATION OF LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRY AND THEIR COMBINED USE FOR DIGITAL RECORDING OF CULTURAL HERITAGE.6.
12. Yahya Alshwabkeh NH. Combining Laser Scanning and Photogrammetry - A Hybrid Approach for Heritage Documentation. 2006:9.
13. Heinz Rüther JSaDK. A comparison of Close-Range photogrammetry to Terrestrial Laser Scanning for Heritage Documentation. 2012.
14. Dick ØB. Fotogrammetri. 2009.
15. Norge S. NS 3580 Bygg- og anleggnett. Ansvarsfordeling, kvalitetskrav og metoder: Standard Norge; 2015. p. 30.
16. Statsbygg. Statsbyggs BIN-manual 1.2.1. In: Statsbygg, editor.: Statsbygg; 2013. p. 97.

17. Guldbransen L. Informasjon om retningslinjer i Exact. In: Obrestad G, editor. 2016.
18. Bernhard Draeyer CS. How accurate are UAV surveying methods? 2014:8.
19. Strecha C. The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra-Light UAV Imagery.6.
20. Karsten Lambers HE, Martin Sauerbier, Denise Kupferschmidt, Thomas Gaisecker, Shoheil Sotoodeh, Thomas Hanush. Combining Photogrammetry and laser scanning for the recording and modelling of the Late Intermediate Period site of Pinchango Alto, Palpa Peru. 2006.
21. D.G. Aaguilera JGL. LASER SCANNING OR IMAGE.BASED MODELING? A COMPARATIVE THROUGH THE MODELIXATION OF SAN NICOLAS CHURCH.6.
22. Wolfgang Boehler AM. Investigating Laser Scanner Accuracy.19.
23. Radosevic G. Laser Scanning Versus Photogrammetry Combined with Manual Post-modeling in Stecak Dgitization.8.
24. Pix4D Brukermanual [Internet]. Pix4D. [cited 15.05.2016]. Available from: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/sections/200591059-Manual#gsc.tab=0>.
25. Pix4D. Accuracy of Pix4Dmapper Outputs. 2016.
26. Stian Rostad MKPJ, Marius Myrseth. Fysisk 3D-modell av campus. 2014:86.

A Prosjektplan og arbeidslogg

Det ble levert inn en prosjektplan i januar, hvor vi hadde satt opp hvordan vi forventet at arbeidet skulle være fordelt utover semesteret. Den framstår i ettertid som noe optimistisk. Denne ble levert tidlig i prosessen, og vi endret problemstillingen til å gå fra en sammenligning av drone og laserdata, til den mer relevante og spesifikke problemstillingen vi har nå

| Forventet tidsforbruk | |
|-----------------------|--|
| Januar | Lese relevant teori, samt bestille dronen. Lage problemstilling og prosjektplan |
| Februar | Testflyving med dronen, datafangst, samt studier av beste vei å gå fra punktskyer til BIM. Og opprettelse av første del av nettsiden |
| Mars | Ferdig med pix4d modell. Arbeid med BIM modell, samt innmåling av punkt for sammenligninger |
| April | Analyser av de forskjellige modellene, samt muligens forsatt jobb med BIM modell. |
| Mai | Arbeid med rapport. Finpussing av resultat. Konklusjon. Samt evt webløsning for visualisering |
| Juni | Arbeid med presentasjon, og presentasjon |

Arbeidsloggen etter endt arbeid ser slik ut:

| Tidsrom | Oppsummering av arbeidet i perioden |
|----------|--|
| Før jul | Fikk info om bachelor oppgaven og valgte hvilken oppgave vi skulle jobbe med. Leverte inn Bachelor planen. |
| Uke 1-2 | Testet funksjonalitet på dronen og leste relevant litteratur |
| Uke 3-4 | Leverte Prosjektplanen , trente med drone og leste teori |
| Uke 5-6 | Testflyving med dronen, kom bra i gang med rapport |
| Uke 7-8 | Leverte revidert prosjektplan og prosjektavtale, leste teori og skreiv |
| Uke 9-10 | Leverte enkel nettside, fløy et prosjekt med dronen, generelt arbeid med oppgaven |

| | |
|-----------|--|
| Uke 11-12 | Inngikk avtale med Norgeodesi om lån av laser, sendte mail til forskjellige i bransjen om scan to bim |
| Uke 13-14 | Fløy på nytt med drone. Skreiv rapport og klargjorde for laserskanning |
| Uke 15-16 | Laser ble avlyst, lette etter alternativer. Skrev rapport.masse stress |
| Uke 17-18 | Endelig tittel på bacheloren fastsatt. Lån av laser av Leica, skanning av bygget med laser, prøve å få cyclone til å virke. Skreiv rapport |
| Uke 19-20 | Satte stopp for forsøk med laser. Skrev rapport.Leverte rapporten med vedlegg |

Det var vanskelig å skrive arbeidet under semesteret i tabellform, da det aldri var en hel dag der en kun gjorde en ting. Med unntak av de dagene vi var ute i feltet og testet dronen, var vi på campus hver eneste dag, og det var som regel en tur innom en lærer, sende et par eposter, lese teori, se foredrag fra autodesk eller lignende, starte eller endre et prosjekt i Pix4D mer eller mindre eneste dag. Men på tross av dette, stemmer anslaget ganske godt med virkeligheten.

B Prosjektavtale og vedlegg

Vedlegg 1: Prosjektavtale



Kunnskap for en bedre verden

PROSJEKTAVTALE

mellom NTNU i Gjøvik (utdanningsinstitusjon) avdeling TØL,

NTNU i Gjøvik

(oppdragsgiver), og

GUDMUND ØRRESTAD

Jonas Sprensen

(student(er))

Foreløpig arbeidstittel på prosjektet: MODELLERING AV CAMPUS VHA. FOTOGRA
MATERI

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1. Studenten(e) skal gjennomføre prosjektet i perioden fra HØST 2015 til VÅR 2016.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der NTNU i Gjøvik yter veiledning. Oppdragsgiver yter avtalt prosjektbistand til fastsatte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. Oppdragsgiver plikter på forespørsel fra NTNU i Gjøvik å gi en tilbakemelding på prosjektet.

2. Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
 - Oppdragsgiver dekker selv gjennomføring av prosjektet når det gjelder f.eks. materiell, telefon/fax, reiser og nødvendig overnatting på steder langt fra NTNU i Gjøvik. Studentene dekker utgifter for ferdigstillelse av den skriftlige besvarelsen vedrørende prosjektet.
 - Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.
3. NTNU i Gjøvik står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.
4. Den totale digitale besvarelsen med tegninger, modeller og beskrivelse av apparatur så vel som programlisting, kildekode, målinger, beregninger og andre data, mv. som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, gis det en kopi av til NTNU i Gjøvik, som vederlagsfritt kan benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av NTNU i Gjøvik til andre formål, og ikke overlates til utenforstående uten etter avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved NTNU i Gjøvik og/eller studenter har interesser. Se punkt 9.

Besvarelser med karakter C eller bedre og hvor studentene har skrevet under på en egen avtale hvor de gir NTNU i Gjøvik tillatelse til at deres bacheloroppgave blir gjort tilgjengelig i nettutgave (jf. Lov om opphavsrett). Oppdragsgiver og veileder godtar slik offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, om ikke annet avkrysses i punkt 9. For de oppgaver hvor disse tre punkter er godkjent vil oppgavene uten vedlegg bli hentet ut fra Fronter innleveringen og publisert i NTNU i Gjøviks institusjonelle arkiv som er fritt tilgjengelig via internett.

5. Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og student(er) bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.
6. Ut over den offentliggjøring som er nevnt i punkt 4 har studenten(e) ikke rett til å publisere sin besvarelse, det være seg helt eller delvis eller som del i annet arbeide, uten samtykke fra oppdragsgiver. Tilsvarende samtykke må foreligge i forholdet mellom student(er) og faglærer/veileder for det materialet som faglærer/veileder stiller til disposisjon.
7. Studenten(e) leverer oppgavebesvarelsen i Fronter, og kopitjenesten skriver ut og kopierer deretter tre eksemplarer som fagmiljøet får (en til ekstern sensor og to til intern-sensor/fagmiljøet). Studentene har ansvaret for at oppdragsgiver får et fullstendig eksemplar (enten i trykket form eller elektronisk).
8. Studentene sørger for at oppdragsgiver og de selv undertegner kontrakten. Avtalen leveres til TØL sin avdelingsadministrasjon. På vegne av NTNU i Gjøvik er det dekan/prodekan som godkjenner avtalen. Etter at alle partnere har signert avtalen, legger avdelingsadministrasjon den ut i fronter. Det er studentenes ansvar at oppdragsgiver får en kopi.
9. I det enkelte tilfelle kan det inngås egen avtale mellom oppdragsgiver, student(er) og NTNU i Gjøvik som nærmere regulerer forhold vedrørende bl.a. eiendomsrett, videre bruk, konfidensialitet, kostnadsdekning og økonomisk utnyttelse av resultatene. NTNU i Gjøvik anbefaler bedrifter å selv sørge for slike nødvendige kontrakter.

Dersom oppdragsgiver og student(er) ønsker en videre eller ny avtale, skjer dette uten NTNU i Gjøvik som partner, men NTNU i Gjøvik ønsker avklaring på følgende punkter (Kryss av for punktene som passer):

Konfidensialitet(rapport) Ikke konfidensialitet(rapport) Tilleggskontrakt

10. Når NTNU i Gjøvik også opptrer som oppdragsgiver trer NTNU i Gjøvik inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.
11. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene i mellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift, etter bestemmelsene i tvistemålsloven av 13.8.1915 nr. 6, kapittel 32.

12. Deltakende personer ved prosjektgjennomføringen:

NTNU i Gjøviks veileder (navn): Sverre Stikbakke og Torbjørn Kravdal

Oppdragsgivers kontaktperson (navn): Sverre Stikbakke og Torbjørn Kravdal

Student(er) (signatur): Jens Sjøen dato 12/2/16
Gudmund Obrestad dato 12/2/16

 dato _____
 dato _____

Oppdragsgiver (signatur): Torbjørn Kravdal dato 12.02.2016

TØL dekan/prodekan (signatur): Torbjørn Kravdal dato 12.02.2016

Vedlegg 2: Første møterefferat

Møte med Sverre

Generell Info.

Fikse på prosjektbeskrivelse

Milepæler

Mer konkret beskrivelse

Hvordan skal vi sammenligne modellene,

Begynne å skrive > bli mer målretta

Det er ikke avstanden på flere steder som ikke er viktig, men metoden som er viktig.

Pressisere merr konkret hva vi skal finne ut!!!!

Teori om hva vi skal gjøre i praksis

Møte hver 3dje uke

Få lagd en bedre Prosjektplan > Få den godkjent

Mandag 7.ende

Intervju?

Spørreundersøkelse?

Vedlegg 3: Møtereferat 3

Møte referat 25.04.2016

Tilstede: Torbjørn Kravdal
 Sverre Stikbakke
 Gudmund Obrestad
 Jonas Sørensen

Tida, rekker vi å gjøre alt vi har planlagt.

Vi håper å få georeferert skyene og automatisert

Vi har funnet ut av standarden NS3580

Vi må jobbe med struktur/innholdsfortegnelse

Språklig Presisjon

Kilder for påstander. Jo nærmere kjernen til bacheloren, må vi dokumentere

Kanskje ta opp Open source Vs Skjult programvare

Gå igjennom alle valgene vi tar med Drone

Nevne Drone med Laser

Forklare hvordan vi kunne bruke drona, og evt mobilkamera speilrefleks kamera

Om vi skal triangulere vs mesh

Forklare litt om normaler, ved utfordringer med fotogrammetri(trenger vi det?)

Omfang og begrensninger, omfang Best og raskest

Teori og historikk, fotogrammetri er Bagatell

Grupper innen epoker i fotogrammetri

Neste Møte: 6 Mai 1030

Vedlegg 4: Møterefferat 2

Møterefferat

Tilstedet: Jonas Sørensen, Gudmund Obrestad, Sverre Stikbakke og Torbjørn Kravdal

14. April kommer Trimble fyr med Laserskanner.

Hovedfokuset er hvordan vi skal sette sammen Flyskanningen og Laserdata

Problemstilling: Hva mener vi med det og hvordan skal vi fikse det.

Konkretisere problemstillingen!

Må finne ut hva godkjente mål er.(Snakke med Geoplan)

Argumentere hvorfor vi brukte akkurat den metoden vi brukte.

Argumentere vis vi ikke får til noen «tall på slutten» sånn vi vet hvor bra ting blir

Tall på hva som er akseptable på en Bim-modell

Kan vi resonnere oss fram på hva som er akseptable verdier på modellen

Sende link til disposisjonen!

Nytt navn på tittel til bachelor:

Si i rapport at de programmene har den funksjonen vi trenger og vi valgte den spesifikke

Hentyde til hvilke firmaer som bruker programmet, bruker mange firmaet det programmet hentyder det til at programmet er bra

Neste møte: Fredag 22.04.2016 Klokka 12.30

Interpolering/expoloering

Vedlegg: 5 Siste Møte

Møterefferat 06.05.2016

Tilstedet:

Sverre Stikbakke

Gudmund Obrestad

Jonas Sørensen

Ikke tilstedet

Torbjørn Kravdal

Cyclone driver Morten med

Vi skal dele opp antall bilder i Pix4D for å få grafer og bilder

Vi vet hva konklusjonen på rapporten blir.

Mye viktigere å jobbe med rapporten enn å gjøre annet.

Skrive opp Bomturene og erfaringer, hva vi gjorde feil Etc.

Kommentarer:

Bim hvorfor er det interessant? Hva er det? Alternativer?

Triangulering

Definere hva vi mener med den «Beste» Metoden.

Gjennomgang av hva vi skal fikse

Jobbe med fremstillingen

Bryte ned ting

Ikke vær redd får å simplifiser

Tenk på hvem vi skal ha som leser

Vedlegg 6: Rapport, fra Låve

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 2.0.104



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|---------------------|
| Project | test låw |
| Processed | 2016-01-31 14:43:21 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.8 cm / 0.7 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 13m:24s |

Quality Check



| | | |
|---------------------|--|--|
| Images | median of 23155 keypoints per image | |
| Dataset | 141 out of 143 images calibrated (98%), all images enabled, 2 blocks | |
| Camera Optimization | 0.08% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | |
| Matching | median of 8654.68 matches per calibrated image | |
| Georeferencing | no, no 3D GCP | |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 141 out of 143 |
| Number of Geolocated Images | 143 out of 143 |

Initial Image Positions

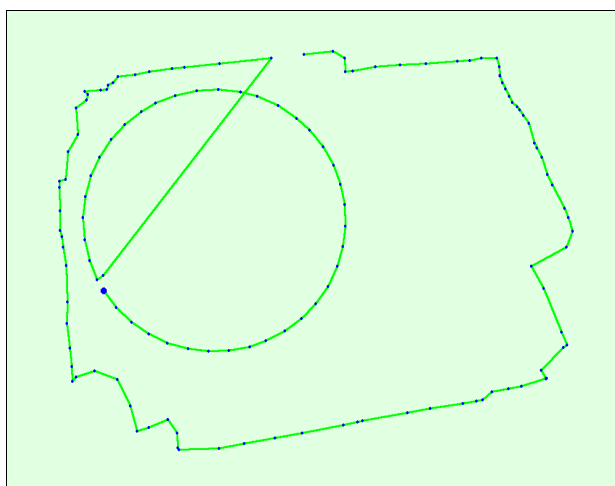


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



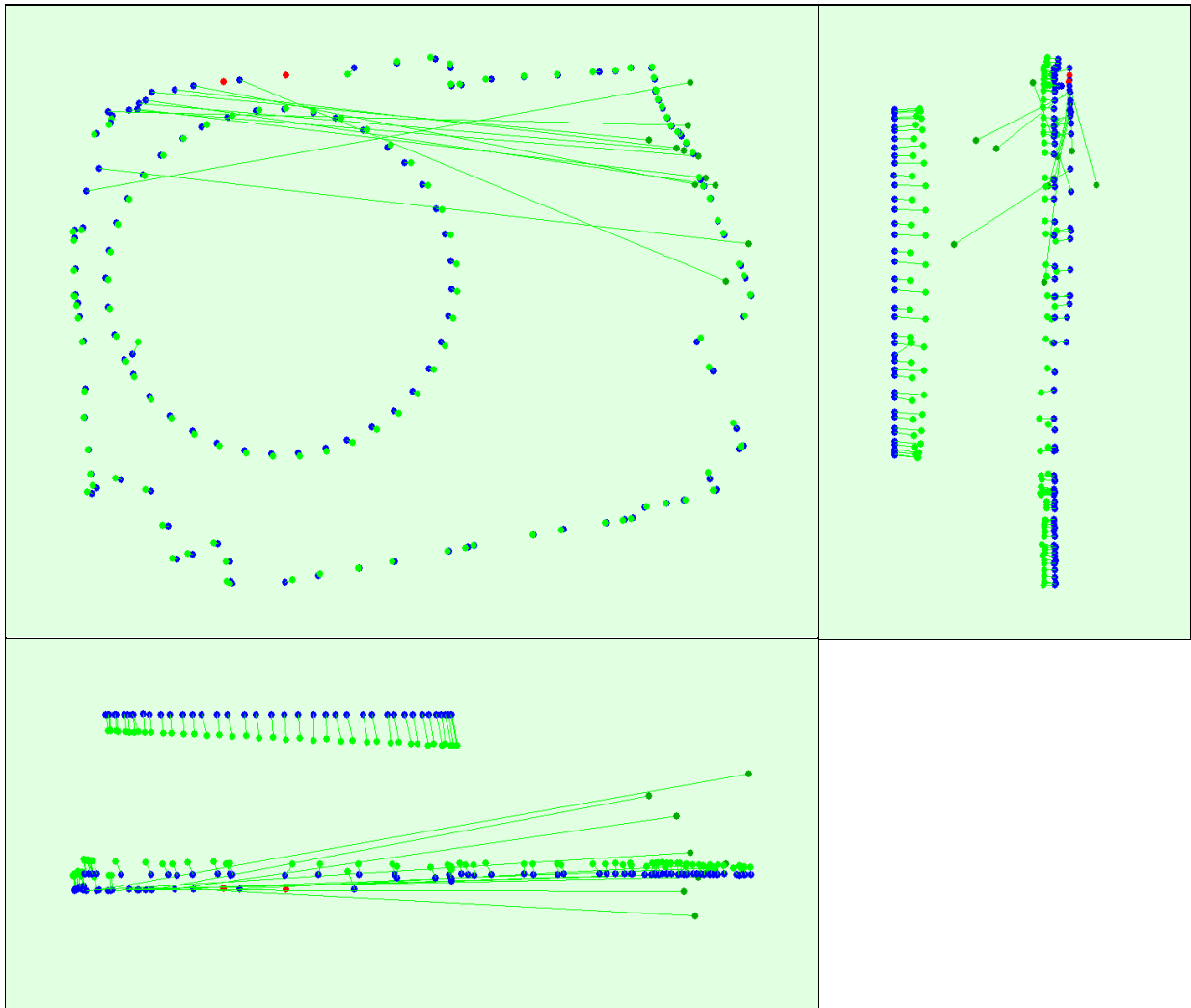


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Bundle Block Adjustment Details

| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 1778468 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 568516 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.199252 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2330.899 [pixel] 3.681 [mm] | 1989.369 [pixel] 3.142 [mm] | 1464.101 [pixel] 2.312 [mm] | -0.011 | 0.016 | 0.000 | -0.001 | 0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 23155 | 8655 |
| Mn | 16304 | 98 |
| Max | 85823 | 39144 |
| Mean | 30742 | 12613 |

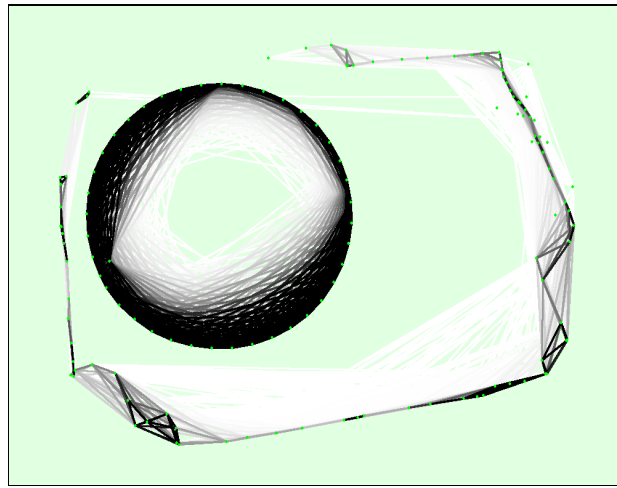
3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 330327 |
| In 3 Images | 102904 |
| In 4 Images | 47836 |
| In 5 Images | 27566 |
| In 6 Images | 18183 |
| In 7 Images | 13061 |
| In 8 Images | 9425 |
| In 9 Images | 6777 |
| In 10 Images | 4669 |
| In 11 Images | 2978 |
| In 12 Images | 1939 |
| In 13 Images | 1222 |
| In 14 Images | 771 |
| In 15 Images | 420 |
| In 16 Images | 292 |
| In 17 Images | 96 |
| In 18 Images | 18 |
| In 19 Images | 9 |
| In 20 Images | 8 |
| In 21 Images | 2 |
| In 22 Images | 5 |
| In 23 Images | 2 |
| In 24 Images | 3 |
| In 27 Images | 1 |
| In 28 Images | 1 |
| In 30 Images | 1 |

2D Keypoint Matches





Number of matches

25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

? Absolute Geolocation Variance

11 out of 141 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X[%] | Geolocation Error Y[%] | Geolocation Error Z[%] |
|----------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.77 |
| -3.00 | 0.00 | 40.00 | 54.62 | 67.69 |
| 0.00 | 3.00 | 60.00 | 45.38 | 0.77 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 30.77 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | -0.001428 | -0.001920 | 0.006616 |
| Sigma [m] | | 0.576178 | 0.401662 | 3.088329 |
| RMS Error [m] | | 0.576180 | 0.401666 | 3.088336 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

? Relative Geolocation Variance

| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z[%] |
|--|-------------|-------------|-------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--------------------------------|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @ 3.40GHz RAM: 32GB GPU: NMDIA GeForce GTX 980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: yes |

Vedlegg 7: Rapport, test flygning på b-bygget

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 2.0.104

- Important:** Click on the different icons for:
- Help to analyze the results in the Quality Report
 - Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

| | |
|--|---------------------|
| Project | test b byggv2.0 |
| Processed | 2016-02-01 12:39:08 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.92 cm / 0.75 in |

Quality Check

| | | |
|---------------------|--|---|
| Images | median of 22320 keypoints per image | ✓ |
| Dataset | 160 out of 163 images calibrated (98%), all images enabled, 2 blocks | ⚠ |
| Camera Optimization | 0.07% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| Matching | median of 8278.61 matches per calibrated image | ✓ |
| Georeferencing | yes, no 3D GCP | ⚠ |

Calibration Details

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 160 out of 163 |
| Number of Geolocated Images | 163 out of 163 |

Initial Image Positions

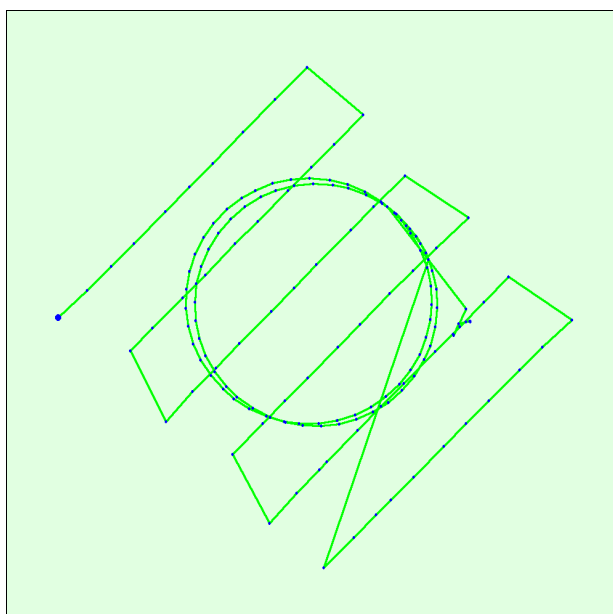


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

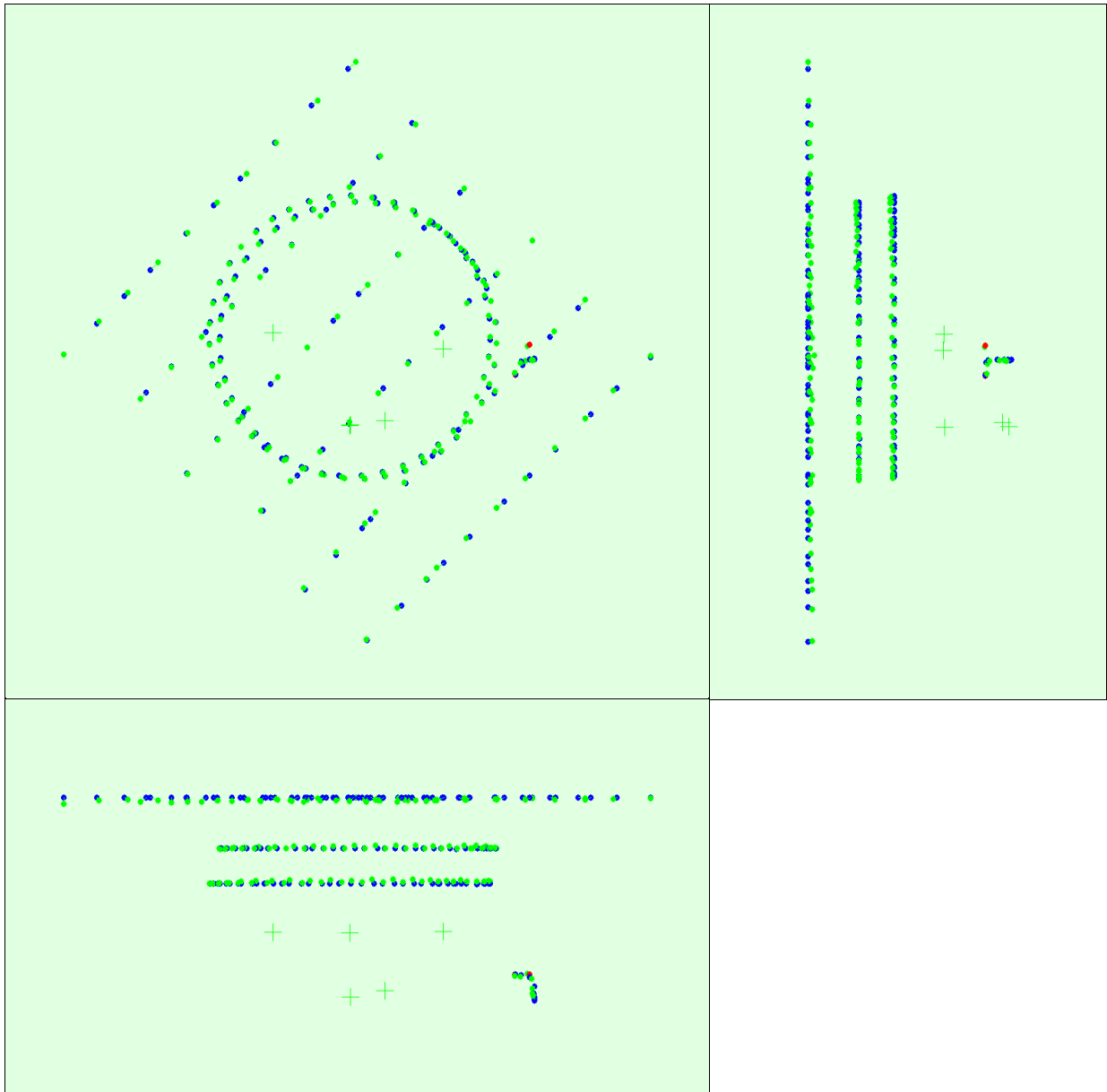


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Bundle Block Adjustment Details

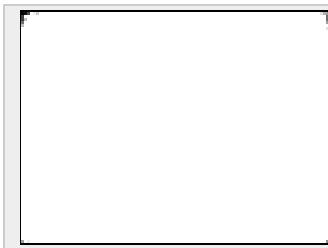
| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 1326298 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 396890 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.222428 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2331.245 [pixel] 3.682 [mm] | 1984.703 [pixel] 3.135 [mm] | 1459.224 [pixel] 2.305 [mm] | -0.009 | 0.008 | 0.006 | -0.001 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 22320 | 8279 |
| Min | 15684 | 404 |
| Max | 44182 | 13981 |
| Mean | 23556 | 8289 |

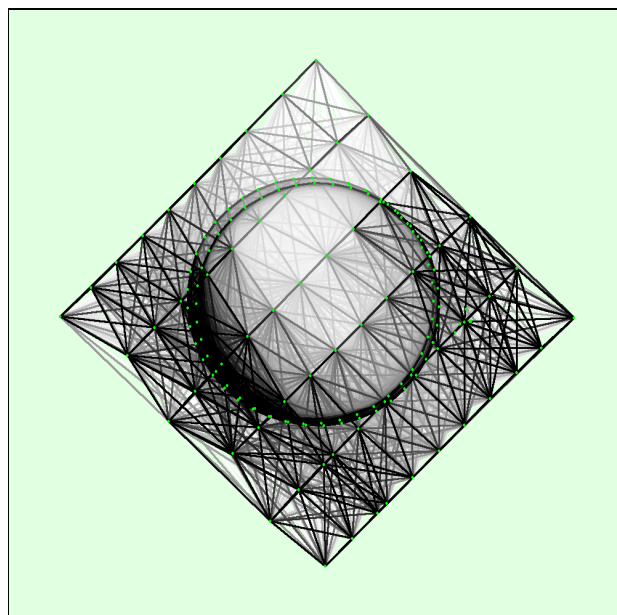
3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 248107 |
| In 3 Images | 63206 |
| In 4 Images | 28211 |
| In 5 Images | 15666 |
| In 6 Images | 9833 |
| In 7 Images | 6781 |
| In 8 Images | 4942 |
| In 9 Images | 3628 |
| In 10 Images | 2899 |
| In 11 Images | 2272 |
| In 12 Images | 1815 |
| In 13 Images | 1469 |
| In 14 Images | 1281 |
| In 15 Images | 920 |
| In 16 Images | 702 |
| In 17 Images | 667 |
| In 18 Images | 510 |
| In 19 Images | 404 |
| In 20 Images | 384 |
| In 21 Images | 327 |
| In 22 Images | 300 |
| In 23 Images | 241 |
| In 24 Images | 214 |
| In 25 Images | 166 |
| In 26 Images | 184 |
| In 27 Images | 136 |
| In 28 Images | 128 |
| In 29 Images | 141 |
| In 30 Images | 109 |
| In 31 Images | 116 |
| In 32 Images | 107 |
| In 33 Images | 96 |
| In 34 Images | 85 |
| In 35 Images | 89 |
| In 36 Images | 77 |
| In 37 Images | 69 |
| In 38 Images | 53 |
| In 39 Images | 46 |
| In 40 Images | 50 |
| In 41 Images | 47 |
| In 42 Images | 47 |

| | |
|--------------|----|
| In 43 Images | 44 |
| In 44 Images | 29 |
| In 45 Images | 41 |
| In 46 Images | 27 |
| In 47 Images | 29 |
| In 48 Images | 23 |
| In 49 Images | 24 |
| In 50 Images | 21 |
| In 51 Images | 14 |
| In 52 Images | 18 |
| In 53 Images | 12 |
| In 54 Images | 15 |
| In 55 Images | 8 |
| In 56 Images | 12 |
| In 57 Images | 11 |
| In 58 Images | 11 |
| In 59 Images | 4 |
| In 60 Images | 5 |
| In 61 Images | 4 |
| In 62 Images | 6 |
| In 63 Images | 5 |
| In 64 Images | 1 |
| In 65 Images | 1 |

2D Keypoint Matches



Number of matches: 25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Manual Tie Points



| MTP Name | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|----------|--------------------------|-----------------|
| mtp13 | 2.971 | 9 / 9 |
| mtp15 | 0.485 | 73 / 73 |
| mtp16 | 4.023 | 13 / 13 |
| mtp17 | 1.014 | 6 / 6 |
| mtp18_1 | 0.995 | 12 / 12 |

Projection errors for manual tie points. The last column counts the number of images where the manual tie point has been automatically verified v.s. manually marked.

Geolocation Details



Absolute Geolocation Variance



0 out of 160 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 46.25 | 40.62 | 53.75 |
| 0.00 | 3.00 | 53.75 | 59.38 | 46.25 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | 0.000001 | 0.000001 | 0.000004 |
| Sigma [m] | | 0.674213 | 0.686907 | 0.544589 |
| RMS Error [m] | | 0.674213 | 0.686907 | 0.544589 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance



| Relative Geolocation Error | Images X [%] | Images Y [%] | Images Z [%] |
|--|--------------|--------------|--------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--|---|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @3.40GHz RAM 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Ground Control Point (GCP) Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Densification Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 01h:30m:43s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 47m:46s |

Results



| | |
|---------------------------------------|----------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 11315281 |
| Average Density (per m ³) | 672.66 |

Vedlegg 8: Punkter vi hadde koordinater/GCP på

System 1200 Data Eksport - Fil Starter

++++
++++

Jobb

Dato/Tid: : 16.04.16, 08:13:56

Job : DRONE3

Opratør :

Instrumenttype: CS15

Serie Nr. : 2907137

Punkter

| Punkt ID | Dato | Tid | N | E | H | Klasse | Kode | 3D-KK | Sh | PrismeK |
|---------------|----------|----------|-------------|------------|---------|--------|------|-------|----|---------|
| RTCM-Ref 0232 | 16.04.16 | 08:22:38 | 6740492.436 | 591496.921 | 183.547 | REF | --- | 0.000 | | |

--- --- --- ---

GPS Punkter

| Punkt ID | Dato | Tid | N | E | H | Klasse | Kode | 2D-KK | 1D-KK | Sh | GeoideH |
|----------|------------|----------|-------------|------------|---------|--------|------|-------|-------|----|---------|
| PADDE1 | 16.04.2016 | 08:23:13 | 6740491.770 | 591497.429 | 183.077 | MÅLT | --- | 0.008 | | | |

0.017 1.800 38.633

| | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|----------|-------------|------------|---------|------|-----|-------|--|--|--|
| PADDE2 | 16.04.2016 | 08:25:50 | 6740521.101 | 591535.389 | 186.306 | MÅLT | --- | 0.007 | | | |
|--------|------------|----------|-------------|------------|---------|------|-----|-------|--|--|--|

0.015 1.800 38.630

PADDE3 16.04.2016 08:27:33 6740564.431 591516.519 186.062 MÅLT --- 0.007
0.014 1.800 38.630

PADDE4 16.04.2016 08:29:54 6740520.259 591464.164 182.989 MÅLT --- 0.007
0.013 1.800 38.634

PADDE5 16.04.2016 09:01:59 6740543.584 591484.325 183.571 MÅLT --- 0.014
0.024 1.800 38.633

Punkter

| Punkt ID | Dato | Tid | N | E | H | Klasse | Kode | 3D-KK | Sh | PrismeK |
|----------|------|-----|---|---|---|--------|------|-------|----|---------|
|----------|------|-----|---|---|---|--------|------|-------|----|---------|

| | | | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------|-------------|------------|---------|-----|--|--|-----|-------|
| RTCM-Ref 0505 | 16.04.16 | 09:03:48 | 6740497.879 | 591517.035 | 184.278 | REF | | | --- | 0.000 |
|---------------|----------|----------|-------------|------------|---------|-----|--|--|-----|-------|

--- --- --- ---

GPS Punkter

| Punkt ID | Dato | Tid | N | E | H | Klasse | Kode | 2D-KK | 1D-KK | Sh | GeoideH |
|----------|------|-----|---|---|---|--------|------|-------|-------|----|---------|
|----------|------|-----|---|---|---|--------|------|-------|-------|----|---------|

| | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|----------|-------------|------------|---------|------|--|--|-----|-------|--|
| PADDE6 | 16.04.2016 | 09:04:17 | 6740497.555 | 591516.954 | 182.701 | MÅLT | | | --- | 0.019 | |
|--------|------------|----------|-------------|------------|---------|------|--|--|-----|-------|--|

0.018 1.800 38.632

Punkter

| Punkt ID | Dato | Tid | N | E | H | Klasse | Kode | 3D-KK | Sh | PrismeK |
|----------|------|-----|---|---|---|--------|------|-------|----|---------|
|----------|------|-----|---|---|---|--------|------|-------|----|---------|

| | | | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------|-------------|------------|---------|-----|--|--|-----|-------|
| RTCM-Ref 0570 | 16.04.16 | 09:13:44 | 6740535.402 | 591504.339 | 196.948 | REF | | | --- | 0.000 |
|---------------|----------|----------|-------------|------------|---------|-----|--|--|-----|-------|

--- --- --- ---

GPS Punkter

| Punkt ID | Dato | Tid | N | E | H | Klasse | Kode | 2D-KK | 1D-KK | Sh | GeoideH |
|----------|------------|----------|-------------|------------|---------|--------|------|-------|-------|-------|---------|
| PADDE7 | 16.04.2016 | 09:14:18 | 6740535.638 | 591502.848 | 198.720 | MÅLT | --- | 0.013 | 0.015 | 1.800 | 38.632 |
| PADDE8 | 16.04.2016 | 09:15:34 | 6740523.870 | 591488.342 | 198.712 | MÅLT | --- | 0.014 | 0.017 | 1.800 | 38.633 |
| PADDE9 | 16.04.2016 | 09:16:25 | 6740506.949 | 591503.731 | 198.717 | MÅLT | --- | 0.013 | 0.015 | 1.800 | 38.632 |
| PADDE10 | 16.04.2016 | 09:17:11 | 6740518.296 | 591517.715 | 198.739 | MÅLT | --- | 0.014 | 0.017 | 1.800 | 38.631 |

+++++

System 1200 Data Export - Fil Slutter

Vedlegg 9: Rapport, 1 Runde med GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52

Important: Click on the different icons for:

- Help to analyze the results in the Quality Report
- Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

| | |
|--|---------------------|
| Project | En runde finale |
| Processed | 2016-05-12 10:08:36 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.52 cm / 0.6 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 03m:07s |

Quality Check

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Images | median of 27637 keypoints per image | ✓ |
| Dataset | 42 out of 42 images calibrated (100%), 158 images disabled | ✓ |
| Camera Optimization | 0.09% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| Matching | median of 8520.74 matches per calibrated image | ✓ |
| Georeferencing | yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.015 m | ✓ |

Calibration Details

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 42 out of 200 |
| Number of Geolocated Images | 200 out of 200 |

Initial Image Positions

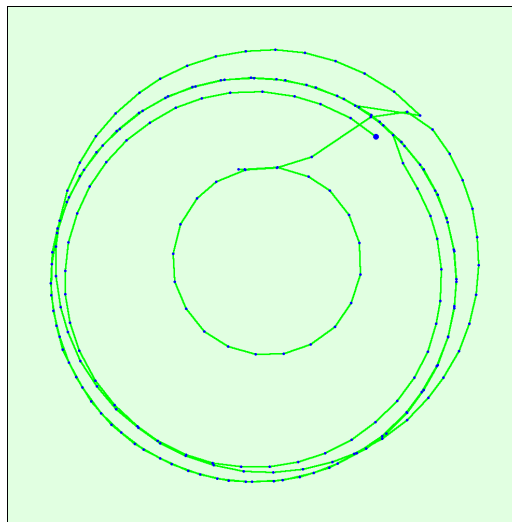
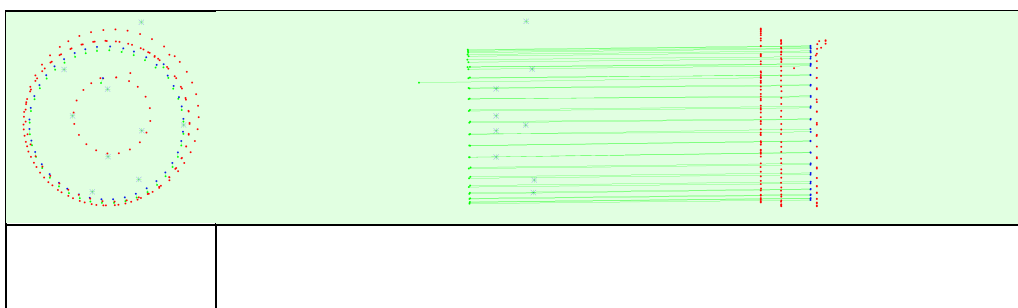


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



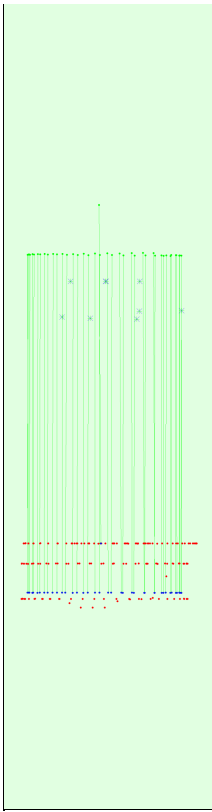


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Bundle Block Adjustment Details

| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 413826 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 163826 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.195663 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2335.197 [pixel] 3.688 [mm] | 1986.488 [pixel] 3.137 [mm] | 1462.578 [pixel] 2.310 [mm] | -0.021 | 0.024 | -0.002 | 0.000 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table

| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 27637 | 8521 |
| Min | 22824 | 393 |
| Max | 36834 | 17914 |
| Mean | 28921 | 9853 |

3D Points from 2D Keypoint Matches

| | Number of 3D Points Observed |
|-------------|------------------------------|
| In 2 Images | 118771 |

| | |
|--------------|-------|
| In 3 Images | 26259 |
| In 4 Images | 9434 |
| In 5 Images | 4196 |
| In 6 Images | 2157 |
| In 7 Images | 1167 |
| In 8 Images | 701 |
| In 9 Images | 468 |
| In 10 Images | 244 |
| In 11 Images | 158 |
| In 12 Images | 93 |
| In 13 Images | 55 |
| In 14 Images | 56 |
| In 15 Images | 30 |
| In 16 Images | 24 |
| In 17 Images | 6 |
| In 18 Images | 4 |
| In 19 Images | 1 |
| In 20 Images | 2 |

2D Keypoint Matches

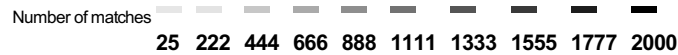
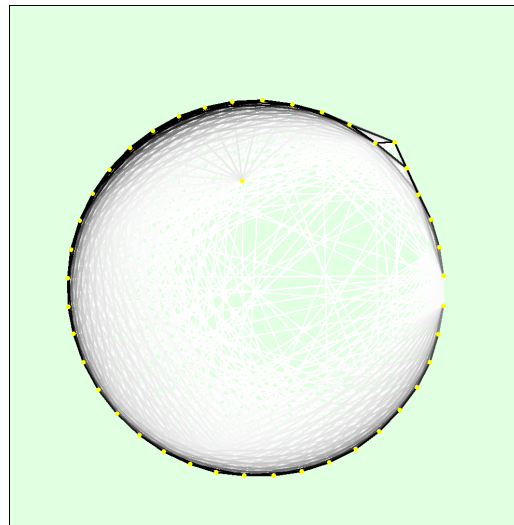


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Ground Control Points

| GCP Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X[m] | Error Y[m] | Error Z[m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|----------------------|-------------------|------------|------------|------------|--------------------------|-----------------|
| 1 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.002 | -0.016 | 0.024 | 0.804 | 4 / 4 |
| 2 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.031 | -0.002 | 0.008 | 0.081 | 2 / 2 |
| 3 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.003 | -0.031 | 0.027 | 0.195 | 2 / 2 |
| 4 (3D) | 0.020/ 0.020 | n/a | n/a | n/a | n/a | 0 / 0 |
| 5 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.733 | 5 / 5 |
| 6 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.003 | 0.001 | -0.010 | 1.092 | 3 / 3 |
| 7 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.011 | -0.002 | -0.008 | 1.104 | 8 / 8 |
| 8 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.028 | -0.005 | 0.001 | 0.892 | 7 / 7 |
| 9 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.015 | -0.000 | -0.017 | 0.651 | 8 / 8 |
| 10 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.011 | 0.026 | -0.013 | 0.823 | 7 / 7 |
| Mean [m] | | 0.000725 | -0.002457 | 0.001881 | | |
| Sigma [m] | | 0.015821 | 0.014647 | 0.014871 | | |
| RMS Error [m] | | 0.015837 | 0.014852 | 0.014990 | | |

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

0 out of 42 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 61.90 | 45.24 | 40.48 |
| 0.00 | 3.00 | 38.10 | 54.76 | 59.52 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | -0.067033 | 1.533492 | -143.811479 |
| Sigma [m] | | 0.299802 | 0.284745 | 0.336375 |
| RMS Error [m] | | 0.307204 | 1.559704 | 143.811872 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

| Geolocation Bias | X | Y | Z |
|------------------|-----------|----------|-------------|
| Translation [m] | -0.067033 | 1.533492 | -143.811479 |

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

| Relative Geolocation Error | Images X [%] | Images Y [%] | Images Z [%] |
|--|--------------|--------------|--------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Georeference Verification

GCP Name: 1 (109842.686,1310747.996,144.334)

DJI_0013.JPG
DJI_0018.JPG
DJI_0029.JPG
DJI_0035.JPG

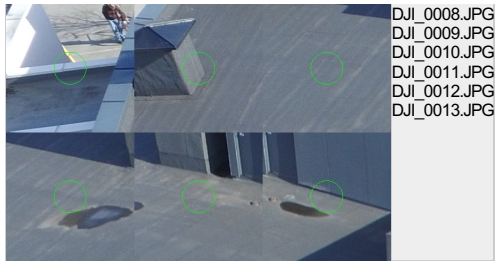
GCP 1 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.

DJI_0001.JPG
DJI_0002.JPG
DJI_0003.JPG
DJI_0004.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0006.JPG

GCP Name: 2 (109881.318,1310776.460,147.564)

DJI_0025.JPG
DJI_0199.JPG

GCP 2 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0008.JPG
 DJI_0009.JPG
 DJI_0010.JPG
 DJI_0011.JPG
 DJI_0012.JPG
 DJI_0013.JPG



DJI_0016.JPG
 DJI_0032.JPG

GCP 3 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.

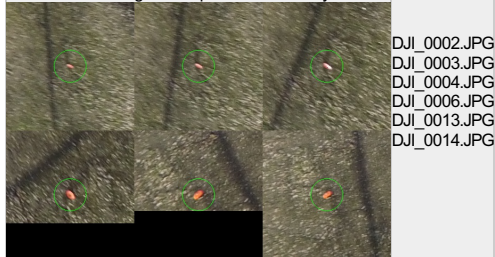


DJI_0015.JPG
 DJI_0017.JPG
 DJI_0018.JPG
 DJI_0019.JPG
 DJI_0020.JPG
 DJI_0021.JPG



DJI_0001.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0016.JPG
 DJI_0019.JPG
 DJI_0041.JPG

GCP 5 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0013.JPG
 DJI_0014.JPG

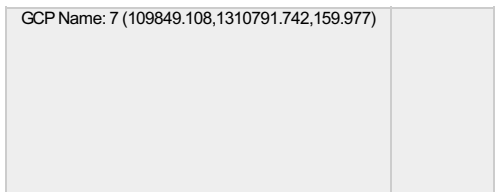


DJI_0019.JPG
 DJI_0023.JPG
 DJI_0033.JPG

GCP 6 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG



| | |
|--|--|
| | DJI_0001.JPG DJI_0006.JPG DJI_0011.JPG DJI_0016.JPG DJI_0021.JPG DJI_0031.JPG DJI_0036.JPG DJI_0041.JPG |
| | |
| GCP 7 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy. | |
| | DJI_0002.JPG DJI_0003.JPG DJI_0004.JPG DJI_0005.JPG DJI_0007.JPG DJI_0008.JPG |
| | |

| | |
|--|--|
| GCP Name: 8 (109834.332,1310780.305,159.969) | |
| | DJI_0003.JPG DJI_0008.JPG DJI_0013.JPG DJI_0018.JPG DJI_0023.JPG DJI_0028.JPG DJI_0039.JPG |
| | |
| GCP 8 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy. | |
| | DJI_0001.JPG DJI_0002.JPG DJI_0004.JPG DJI_0005.JPG DJI_0006.JPG DJI_0007.JPG |
| | |

| | |
|--|--|
| GCP Name: 9 (109849.335,1310763.031,159.974) | |
| | DJI_0001.JPG DJI_0010.JPG DJI_0015.JPG DJI_0020.JPG DJI_0025.JPG DJI_0030.JPG DJI_0035.JPG DJI_0040.JPG |
| | |
| GCP 9 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy. | |
| | DJI_0002.JPG |
| | |

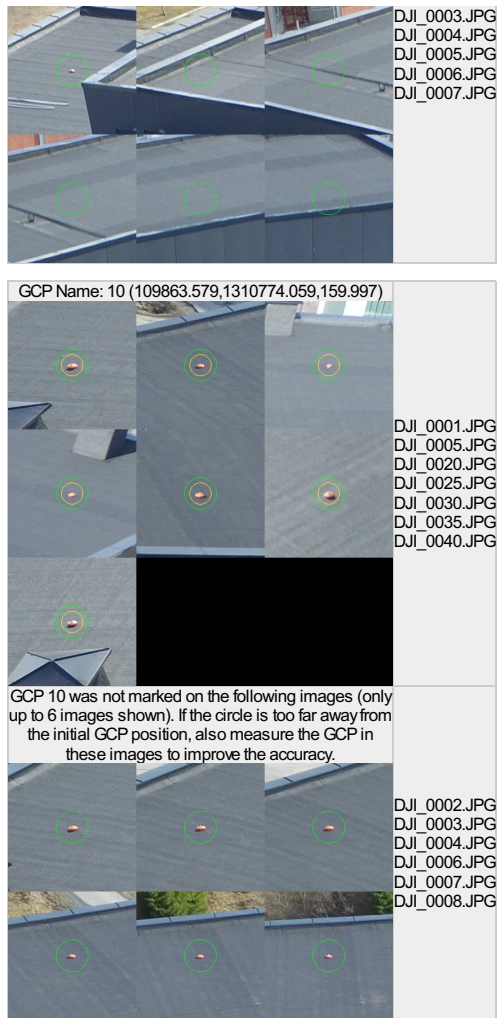


Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Processing Options



| | |
|--|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i7-4712HQ CPU @ 2.30GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 4600 (Driver: 10.18.10.3993), NVDIA Quadro K1100M (Driver: 9.18.13.3325), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Professional, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Ground Control Point (GCP) Coordinate System | WGS 84 / UTMzone 32N |
| Output Coordinate System | ETRS89 / NTMzone 10 (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|---------------------------|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |

| | |
|--|--|
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 19m:49s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 04m:42s |

Results



| | |
|---------------------------------------|---------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 3696343 |
| Average Density (per m ³) | 822.71 |

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



| | |
|---------------------------------|---|
| DSM and Orthomosaic Resolution | 1 x GSD (1.53 [cm/pixel]) |
| DSM Filters | Noise Filtering: yes, Surface Smoothing: yes, Sharp |
| DSM Generation | yes, Method: Inverse Distance Weighting, Merge Tiles: yes |
| Time for DSM Generation | 19m:52s |
| Time for Orthomosaic Generation | 29m:19s |

Vedlegg 10: Rapport, 2 runder med GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|----------------------|
| Project | Siste gang, til mega |
| Processed | 2016-05-11 10:40:04 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.35 cm / 0.53 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 05m:22s |

Quality Check



| | | |
|----------------------------|--|--|
| Images | median of 27637 keypoints per image | |
| Dataset | 84 out of 84 images calibrated (100%), 116 images disabled | |
| Camera Optimization | 0.18% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | |
| Matching | median of 11103.6 matches per calibrated image | |
| Georeferencing | yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.014 m | |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 84 out of 200 |
| Number of Geolocated Images | 200 out of 200 |

Initial Image Positions

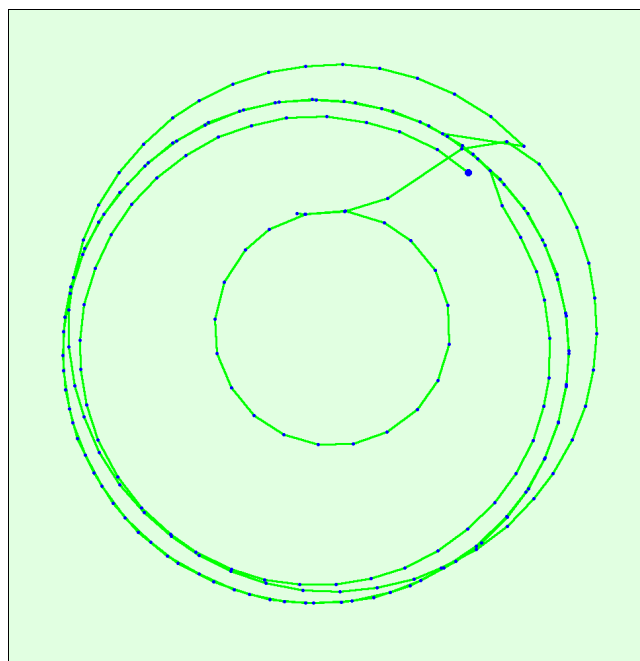


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

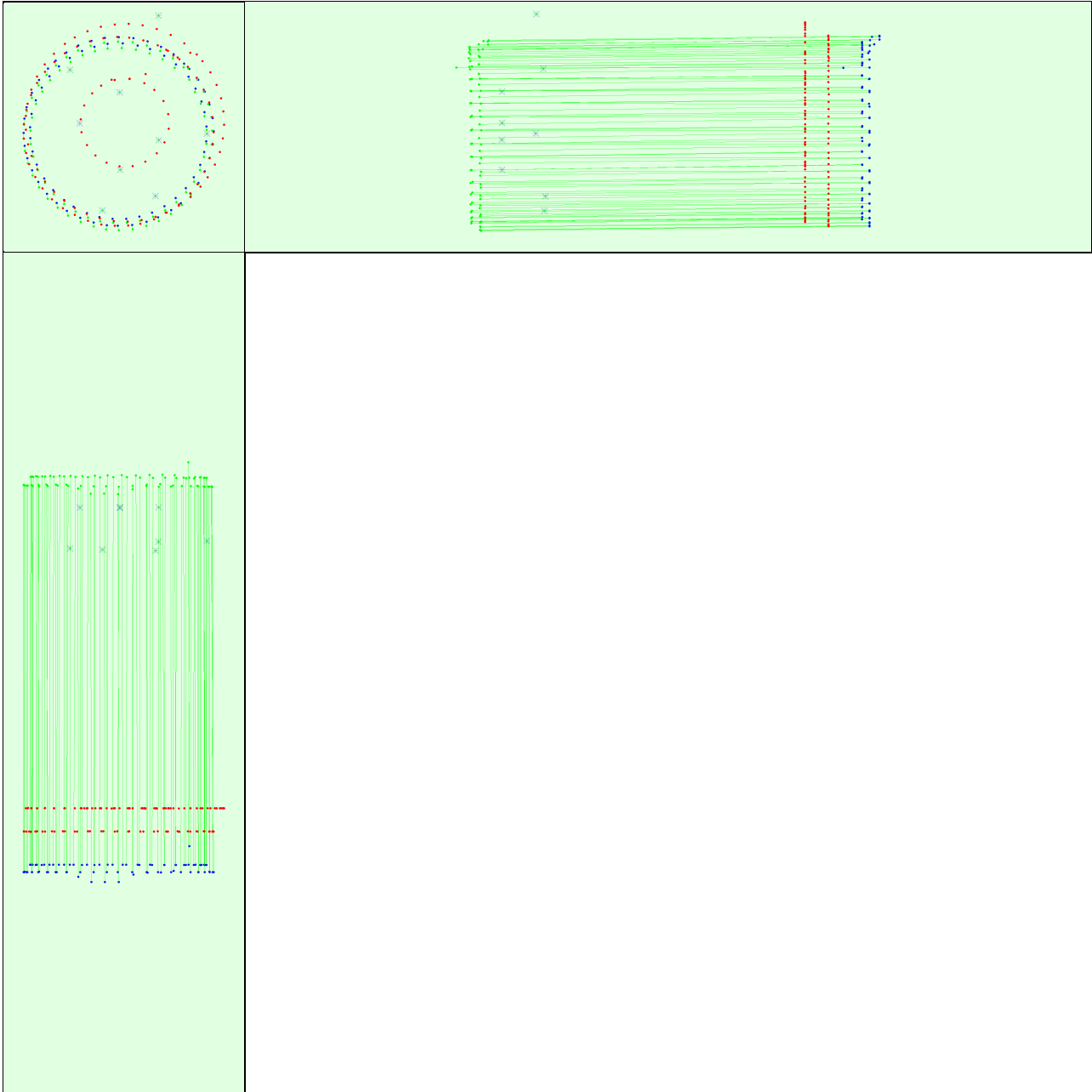


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Bundle Block Adjustment Details

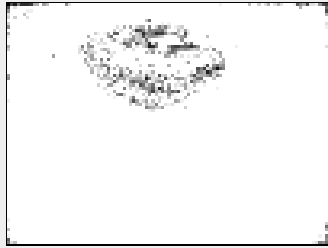
| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 973369 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 343791 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.214289 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2328.558 [pixel] 3.678 [mm] | 1986.781 [pixel] 3.138 [mm] | 1466.202 [pixel] 2.316 [mm] | -0.016 | 0.020 | -0.001 | -0.000 | 0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

? 2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 27637 | 11104 |
| Min | 20167 | 2799 |
| Max | 41404 | 19672 |
| Mean | 28216 | 11588 |

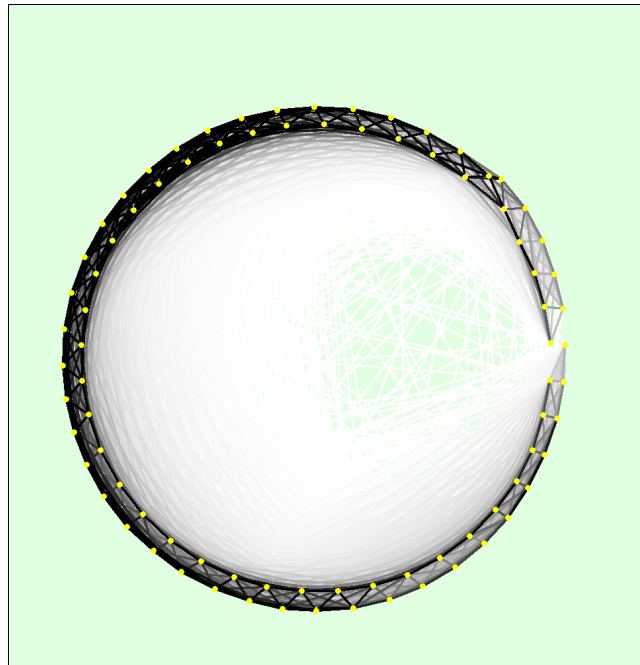
? 3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 229641 |
| In 3 Images | 56244 |
| In 4 Images | 23797 |
| In 5 Images | 12273 |
| In 6 Images | 7117 |
| In 7 Images | 4322 |
| In 8 Images | 2852 |
| In 9 Images | 1941 |
| In 10 Images | 1374 |
| In 11 Images | 1022 |
| In 12 Images | 774 |
| In 13 Images | 497 |
| In 14 Images | 441 |
| In 15 Images | 305 |
| In 16 Images | 224 |
| In 17 Images | 198 |
| In 18 Images | 127 |
| In 19 Images | 117 |
| In 20 Images | 91 |
| In 21 Images | 89 |
| In 22 Images | 62 |
| In 23 Images | 66 |
| In 24 Images | 38 |
| In 25 Images | 48 |
| In 26 Images | 27 |
| In 27 Images | 17 |
| In 28 Images | 16 |
| In 29 Images | 14 |
| In 30 Images | 10 |
| In 31 Images | 7 |
| In 32 Images | 5 |
| In 33 Images | 9 |
| In 34 Images | 4 |

| | |
|--------------|---|
| In 35 Images | 7 |
| In 36 Images | 4 |
| In 37 Images | 5 |
| In 38 Images | 1 |
| In 39 Images | 1 |
| In 40 Images | 1 |
| In 41 Images | 3 |

2D Keypoint Matches



Number of matches

25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details



Ground Control Points



| GCP Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|----------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| 1 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.001 | -0.007 | 0.033 | 0.681 | 9 / 9 |
| 2 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.017 | -0.015 | 0.024 | 0.266 | 2 / 2 |
| 3 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.003 | -0.001 | 0.035 | 0.546 | 4 / 4 |
| 4 (3D) | 0.020/ 0.020 | n/a | n/a | n/a | n/a | 0 / 0 |
| 5 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.009 | -0.016 | 0.004 | 0.877 | 9 / 9 |
| 6 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.015 | 0.002 | -0.004 | 1.100 | 7 / 7 |
| 7 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.004 | 0.015 | -0.014 | 1.163 | 11 / 11 |
| 8 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.017 | 0.004 | -0.009 | 1.066 | 10 / 10 |
| 9 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.012 | -0.020 | -0.017 | 0.988 | 11 / 11 |
| 10 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.002 | 0.024 | -0.019 | 1.273 | 9 / 9 |
| Mean [m] | | -0.000122 | -0.001678 | 0.003742 | | |
| Sigma [m] | | 0.010799 | 0.013839 | 0.020327 | | |
| RMS Error [m] | | 0.010800 | 0.013940 | 0.020668 | | |

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

🔍 Absolute Geolocation Variance



0 out of 84 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 55.95 | 26.19 | 53.57 |
| 0.00 | 3.00 | 44.05 | 73.81 | 46.43 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | -0.003589 | 1.400405 | -143.458324 |
| Sigma [m] | | 0.283154 | 0.602269 | 0.498275 |
| RMS Error [m] | | 0.283176 | 1.524422 | 143.459189 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

| Geolocation Bias | X | Y | Z |
|------------------|-----------|----------|-------------|
| Translation [m] | -0.003589 | 1.400405 | -143.458324 |

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

🔍 Relative Geolocation Variance



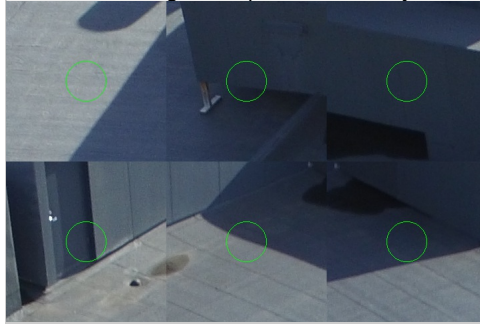
| Relative Geolocation Error | Images X [%] | Images Y [%] | Images Z [%] |
|--|--------------|--------------|--------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

🔍 Georeference Verification



GCP 1 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



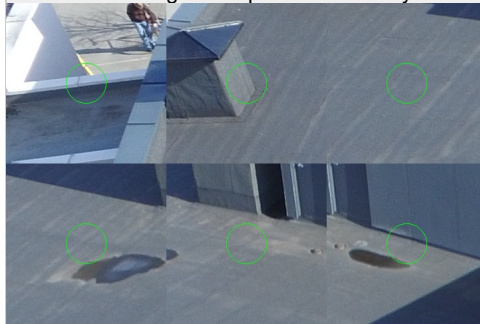
DJI_0001.JPG
DJI_0002.JPG
DJI_0003.JPG
DJI_0004.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0006.JPG

GCP Name: 2 (109881.318,1310776.460,147.564)



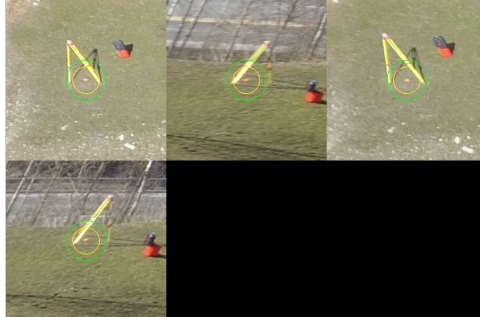
DJI_0025.JPG
DJI_0077.JPG

GCP 2 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0008.JPG
DJI_0009.JPG
DJI_0010.JPG
DJI_0011.JPG
DJI_0012.JPG
DJI_0013.JPG

GCP Name: 3 (109863.437,1310820.223,147.320)



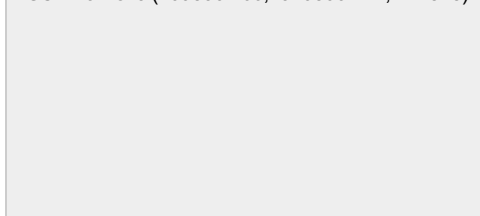
DJI_0016.JPG
DJI_0032.JPG
DJI_0057.JPG
DJI_0074.JPG

GCP 3 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0015.JPG
DJI_0017.JPG
DJI_0018.JPG
DJI_0019.JPG
DJI_0020.JPG
DJI_0021.JPG

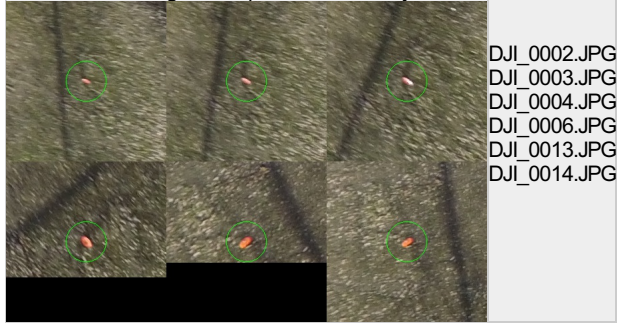
GCP Name: 5 (109830.766,1310800.111,144.828)





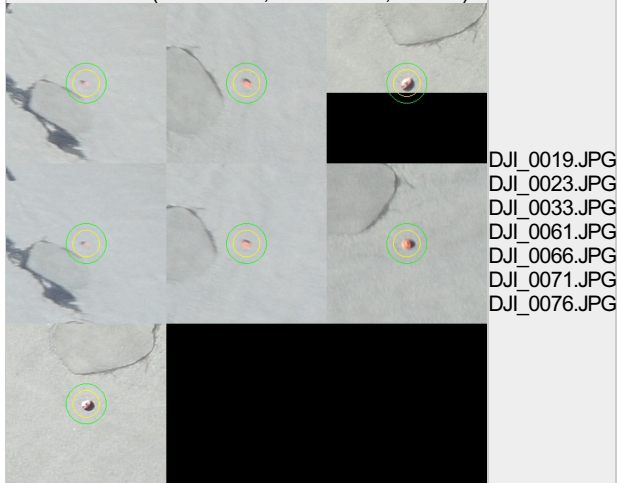
DJI_0001.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0016.JPG
 DJI_0019.JPG
 DJI_0041.JPG
 DJI_0045.JPG
 DJI_0050.JPG
 DJI_0055.JPG
 DJI_0060.JPG

GCP 5 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0013.JPG
 DJI_0014.JPG

GCP Name: 6 (109862.344,1310753.335,143.959)



DJI_0019.JPG
 DJI_0023.JPG
 DJI_0033.JPG
 DJI_0061.JPG
 DJI_0066.JPG
 DJI_0071.JPG
 DJI_0076.JPG

GCP 6 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



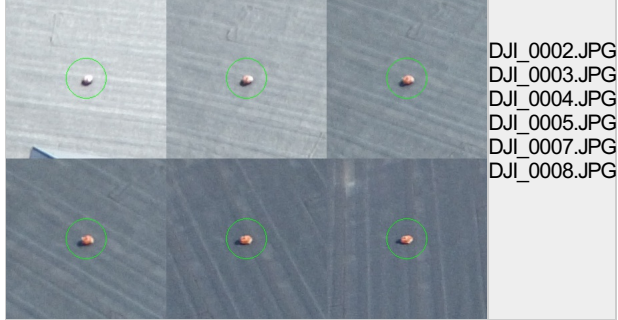
DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG

GCP Name: 7 (109849.108,1310791.742,159.977)



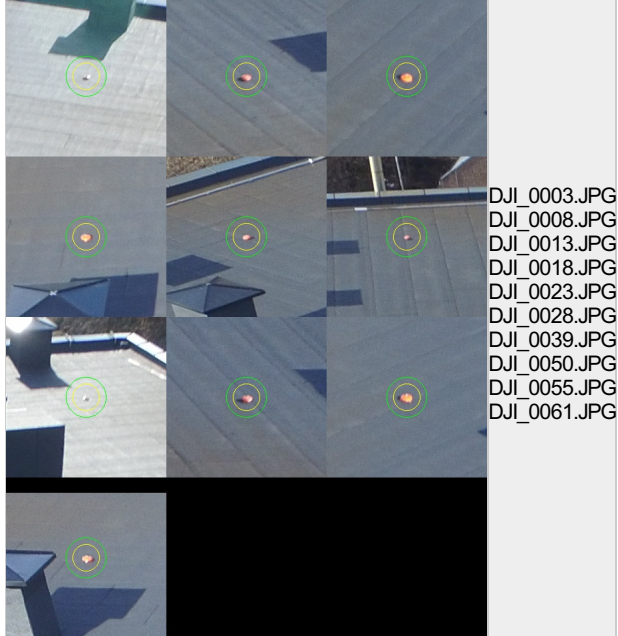
DJI_0001.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0011.JPG
 DJI_0016.JPG
 DJI_0021.JPG
 DJI_0031.JPG
 DJI_0036.JPG
 DJI_0041.JPG
 DJI_0049.JPG
 DJI_0053.JPG
 DJI_0083.JPG

GCP 7 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0007.JPG
 DJI_0008.JPG

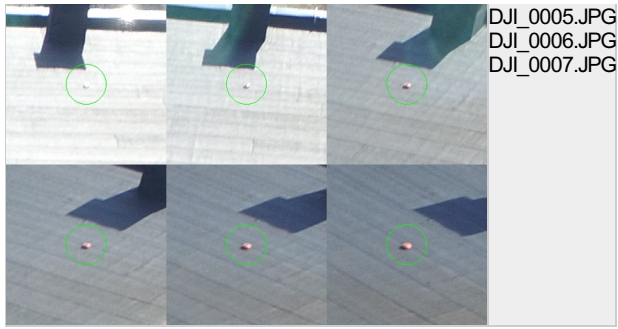
GCP Name: 8 (109834.332,1310780.305,159.969)



DJI_0003.JPG
 DJI_0008.JPG
 DJI_0013.JPG
 DJI_0018.JPG
 DJI_0023.JPG
 DJI_0028.JPG
 DJI_0039.JPG
 DJI_0050.JPG
 DJI_0055.JPG
 DJI_0061.JPG

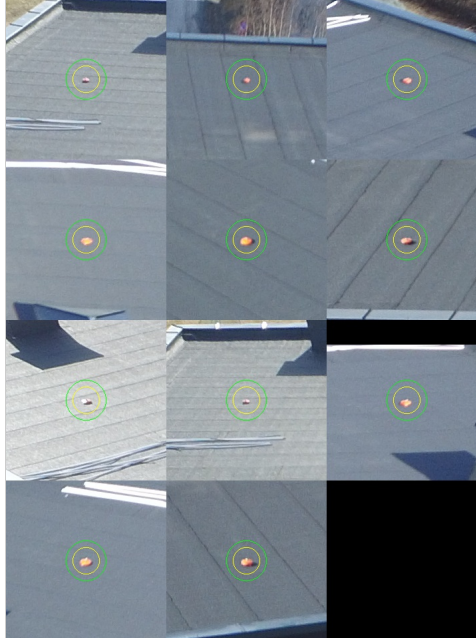
GCP 8 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.

DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0004.JPG



DJI_0005.JPG
DJI_0006.JPG
DJI_0007.JPG

GCP Name: 9 (109849.335,1310763.031,159.974)



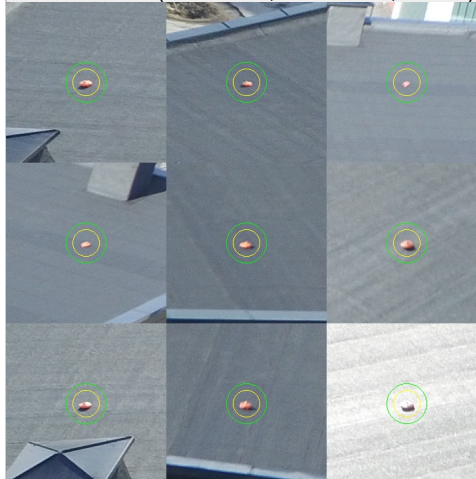
DJI_0001.JPG
DJI_0010.JPG
DJI_0015.JPG
DJI_0020.JPG
DJI_0025.JPG
DJI_0030.JPG
DJI_0035.JPG
DJI_0040.JPG
DJI_0060.JPG
DJI_0065.JPG
DJI_0070.JPG

GCP 9 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
DJI_0003.JPG
DJI_0004.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0006.JPG
DJI_0007.JPG

GCP Name: 10 (109863.579,1310774.059,159.997)



DJI_0001.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0020.JPG
DJI_0025.JPG
DJI_0030.JPG
DJI_0035.JPG
DJI_0040.JPG
DJI_0075.JPG
DJI_0080.JPG

GCP 10 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Processing Options



| | |
|--|---|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Ground Control Point (GCP) Coordinate System | WGS 84 / UTMzone 32N |
| Output Coordinate System | ETRS89 / NTMzone 10 (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Vedlegg 11: Rapport, 3 runder med GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|----------------------|
| Project | Siste gang, til mega |
| Processed | 2016-05-08 20:56:42 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.66 cm / 0.65 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 15m:23s |

Quality Check



| | | |
|---------------------|--|--|
| Images | median of 29695 keypoints per image | |
| Dataset | 129 out of 129 images calibrated (100%), 71 images disabled | |
| Camera Optimization | 0.18% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | |
| Matching | median of 12315.2 matches per calibrated image | |
| Georeferencing | yes, 10 GCPs (10 3D), mean RMS error = 0.014 m | |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 129 out of 200 |
| Number of Geolocated Images | 200 out of 200 |

Initial Image Positions

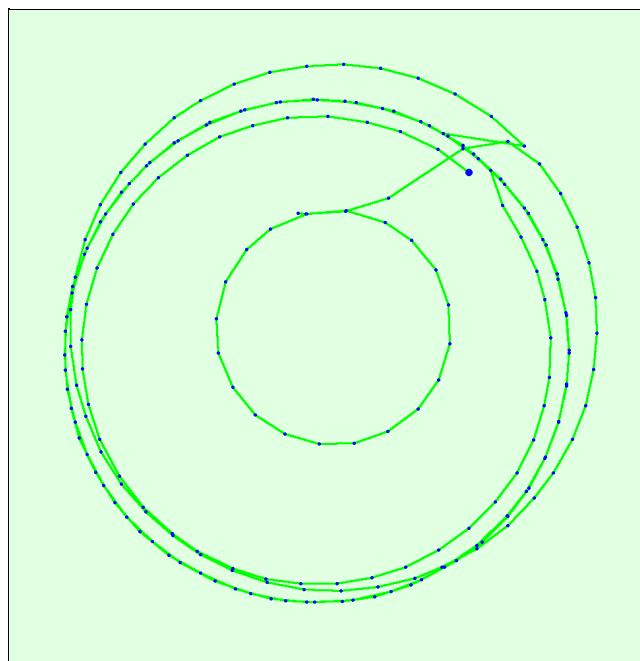


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

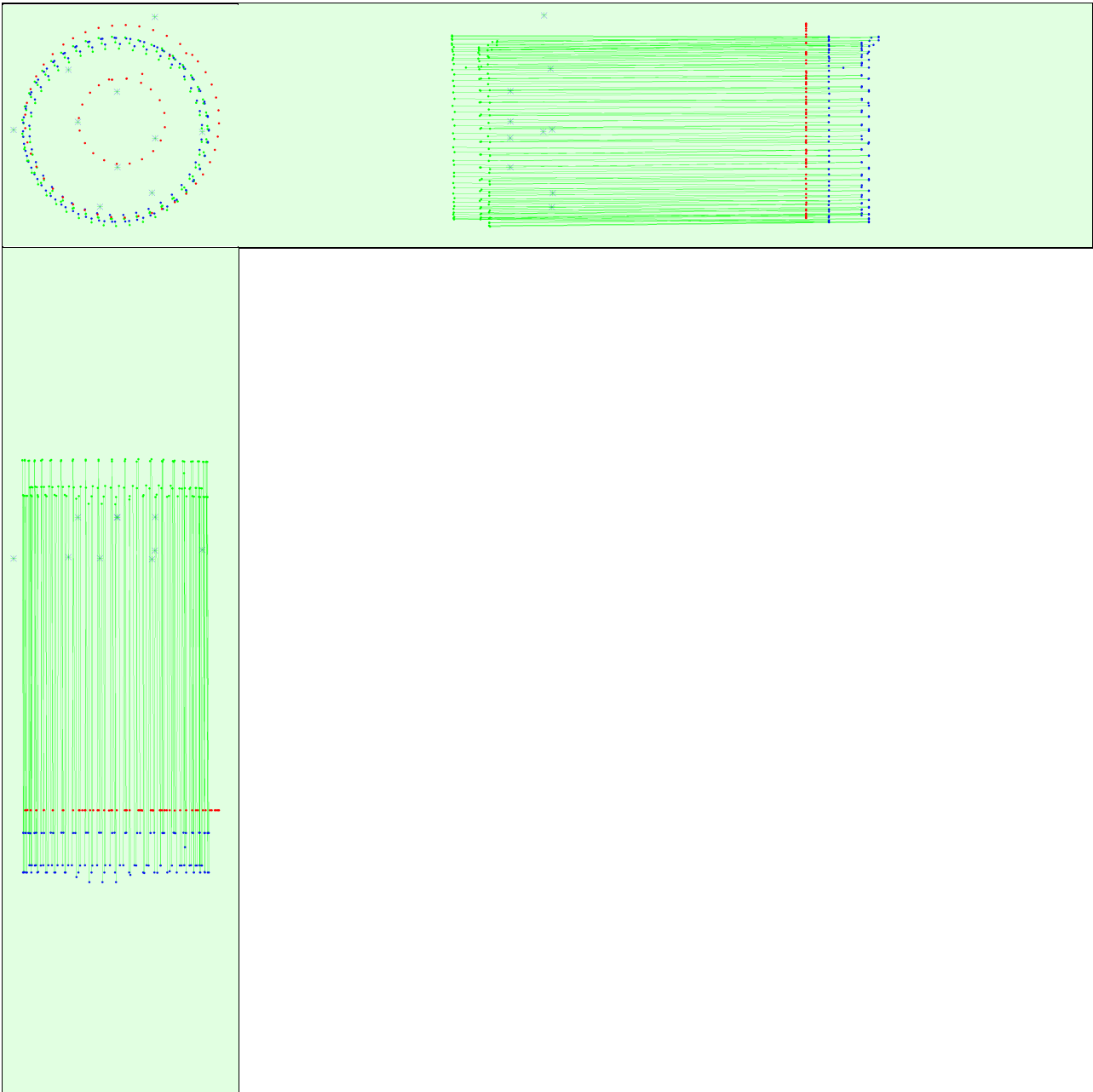


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Bundle Block Adjustment Details

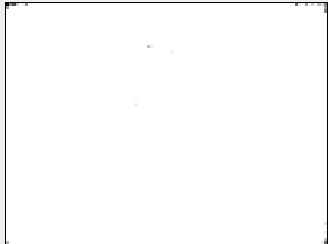
| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 1615793 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 534698 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.219364 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2328.508 [pixel] 3.678 [mm] | 1987.091 [pixel] 3.138 [mm] | 1466.149 [pixel] 2.316 [mm] | -0.015 | 0.019 | -0.001 | -0.000 | 0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 29695 | 12315 |
| Min | 20167 | 4054 |
| Max | 41404 | 21446 |
| Mean | 29456 | 12526 |

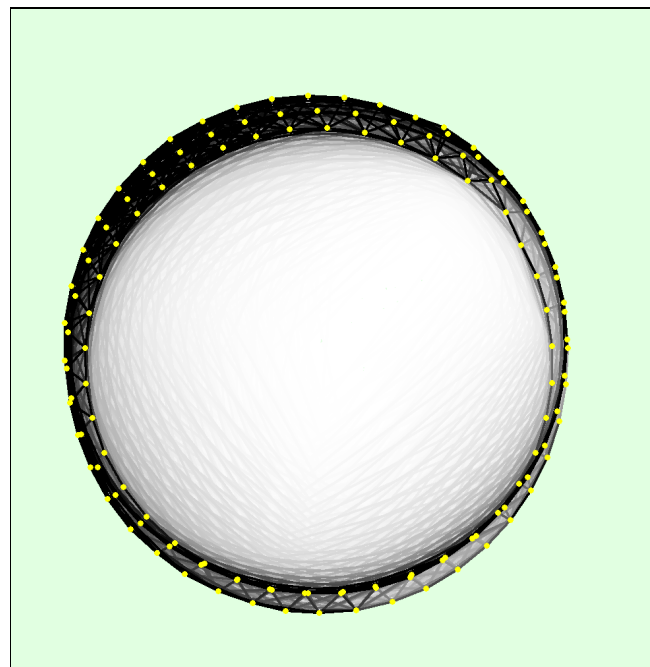
3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 343369 |
| In 3 Images | 89058 |
| In 4 Images | 38613 |
| In 5 Images | 20673 |
| In 6 Images | 12511 |
| In 7 Images | 8123 |
| In 8 Images | 5357 |
| In 9 Images | 3855 |
| In 10 Images | 2803 |
| In 11 Images | 2045 |
| In 12 Images | 1599 |
| In 13 Images | 1206 |
| In 14 Images | 922 |
| In 15 Images | 721 |
| In 16 Images | 613 |
| In 17 Images | 528 |
| In 18 Images | 382 |
| In 19 Images | 311 |
| In 20 Images | 298 |
| In 21 Images | 211 |
| In 22 Images | 201 |
| In 23 Images | 164 |
| In 24 Images | 155 |
| In 25 Images | 122 |
| In 26 Images | 123 |
| In 27 Images | 90 |
| In 28 Images | 70 |
| In 29 Images | 61 |
| In 30 Images | 62 |
| In 31 Images | 53 |
| In 32 Images | 41 |
| In 33 Images | 40 |
| In 34 Images | 44 |

| | |
|--------------|----|
| In 35 Images | 30 |
| In 36 Images | 21 |
| In 37 Images | 29 |
| In 38 Images | 24 |
| In 39 Images | 21 |
| In 40 Images | 16 |
| In 41 Images | 13 |
| In 42 Images | 16 |
| In 43 Images | 14 |
| In 44 Images | 11 |
| In 45 Images | 10 |
| In 46 Images | 10 |
| In 47 Images | 3 |
| In 48 Images | 9 |
| In 49 Images | 4 |
| In 50 Images | 5 |
| In 51 Images | 8 |
| In 52 Images | 2 |
| In 53 Images | 3 |
| In 54 Images | 11 |
| In 55 Images | 2 |
| In 56 Images | 1 |
| In 57 Images | 4 |
| In 59 Images | 4 |
| In 60 Images | 1 |
| In 65 Images | 1 |
| In 70 Images | 1 |

2D Keypoint Matches



Number of matches 
 25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details



Ground Control Points



| GCP Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|----------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| 1 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.001 | -0.003 | 0.026 | 0.854 | 14 / 14 |
| 2 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.002 | -0.022 | 0.027 | 1.044 | 6 / 6 |
| 3 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.001 | -0.004 | 0.032 | 0.527 | 7 / 7 |
| 4 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.005 | -0.034 | 0.015 | 1.457 | 4 / 4 |
| 5 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.006 | 0.008 | -0.005 | 0.899 | 15 / 15 |
| 6 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.019 | 0.001 | -0.005 | 1.015 | 10 / 10 |
| 7 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.003 | 0.021 | -0.007 | 1.260 | 19 / 19 |
| 8 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.018 | 0.004 | -0.012 | 1.170 | 18 / 18 |
| 9 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.010 | -0.015 | -0.022 | 0.896 | 19 / 19 |
| 10 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.010 | 0.017 | -0.013 | 1.168 | 18 / 18 |
| Mean [m] | | -0.000239 | -0.002716 | 0.003557 | | |
| Sigma [m] | | 0.009861 | 0.016269 | 0.018565 | | |
| RMS Error [m] | | 0.009864 | 0.016494 | 0.018903 | | |

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance



0 out of 129 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 48.84 | 42.64 | 58.91 |
| 0.00 | 3.00 | 51.16 | 57.36 | 41.09 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | 0.138826 | 0.621926 | -142.772401 |
| Sigma [m] | | 0.343511 | 1.207991 | 1.025692 |
| RMS Error [m] | | 0.370503 | 1.358689 | 142.776086 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

| Geolocation Bias | X | Y | Z |
|------------------|----------|----------|-------------|
| Translation [m] | 0.138826 | 0.621926 | -142.772401 |

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance



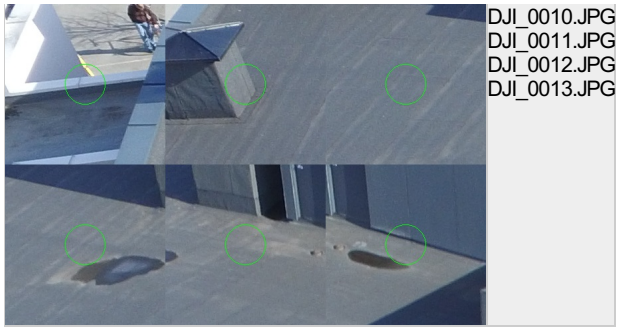
| Relative Geolocation Error | Images X [%] | Images Y [%] | Images Z [%] |
|--|--------------|--------------|--------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Georeference Verification



| | | |
|--|--|--|
| GCP Name: 1 (109842.686,1310747.996,144.334) | | |
| | | DJI_0013.JPG DJI_0018.JPG DJI_0029.JPG DJI_0035.JPG DJI_0054.JPG DJI_0059.JPG DJI_0064.JPG DJI_0069.JPG DJI_0073.JPG DJI_0101.JPG DJI_0106.JPG DJI_0114.JPG DJI_0119.JPG DJI_0124.JPG |
| GCP 1 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy. | | |
| | | DJI_0001.JPG DJI_0002.JPG DJI_0003.JPG DJI_0004.JPG DJI_0005.JPG DJI_0006.JPG |
| GCP Name: 2 (109881.318,1310776.460,147.564) | | |
| | | DJI_0025.JPG DJI_0077.JPG DJI_0091.JPG DJI_0109.JPG DJI_0114.JPG DJI_0118.JPG |
| GCP 2 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy. | | |
| | | DJI_0008.JPG DJI_0009.JPG |



DJI_0010.JPG
 DJI_0011.JPG
 DJI_0012.JPG
 DJI_0013.JPG

GCP Name: 3 (109863.437,1310820.223,147.320)



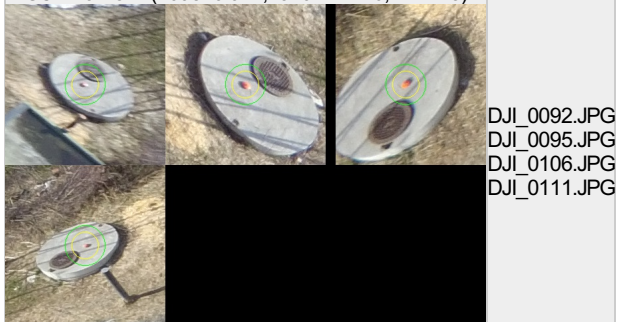
DJI_0016.JPG
 DJI_0032.JPG
 DJI_0057.JPG
 DJI_0074.JPG
 DJI_0100.JPG
 DJI_0105.JPG
 DJI_0119.JPG

GCP 3 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0015.JPG
 DJI_0017.JPG
 DJI_0018.JPG
 DJI_0019.JPG
 DJI_0020.JPG
 DJI_0021.JPG

GCP Name: 4 (109810.071,1310777.246,144.245)



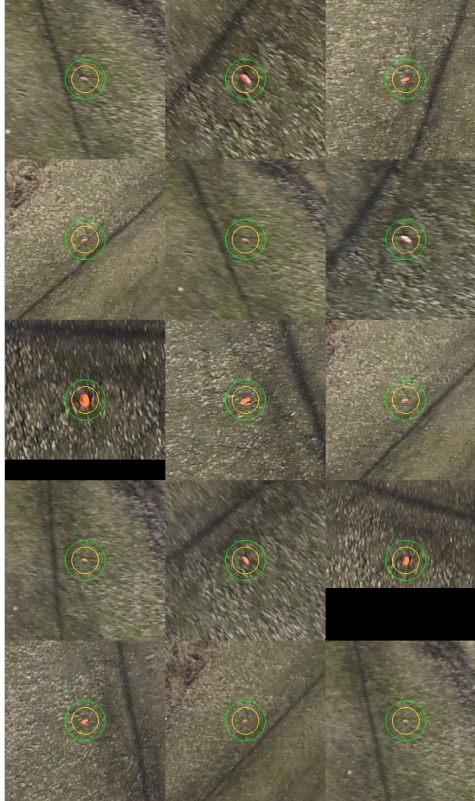
DJI_0092.JPG
 DJI_0095.JPG
 DJI_0106.JPG
 DJI_0111.JPG

GCP 4 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



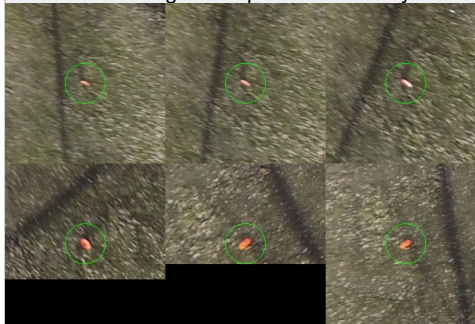
DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG

GCP Name: 5 (109830.766,1310800.111,144.828)



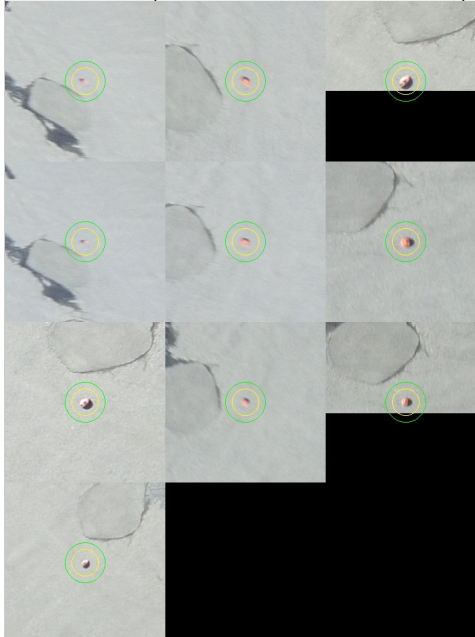
DJI_0001.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0016.JPG
DJI_0019.JPG
DJI_0041.JPG
DJI_0045.JPG
DJI_0050.JPG
DJI_0055.JPG
DJI_0060.JPG
DJI_0085.JPG
DJI_0090.JPG
DJI_0095.JPG
DJI_0100.JPG
DJI_0105.JPG
DJI_0127.JPG

GCP 5 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
DJI_0003.JPG
DJI_0004.JPG
DJI_0006.JPG
DJI_0013.JPG
DJI_0014.JPG

GCP Name: 6 (109862.344,1310753.335,143.959)



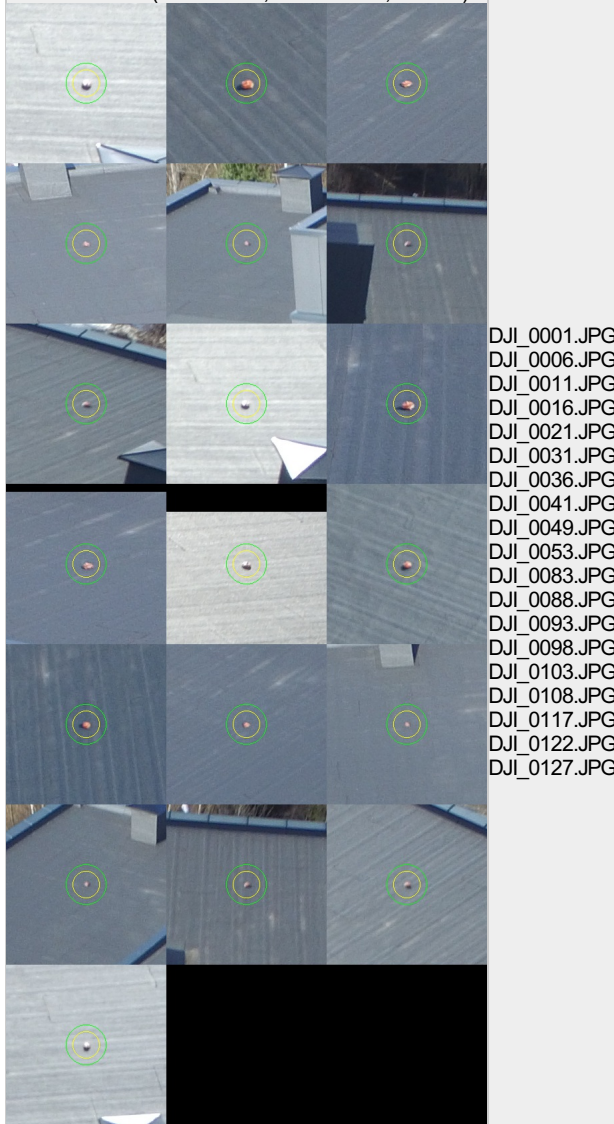
DJI_0019.JPG
DJI_0023.JPG
DJI_0033.JPG
DJI_0061.JPG
DJI_0066.JPG
DJI_0071.JPG
DJI_0076.JPG
DJI_0110.JPG
DJI_0116.JPG
DJI_0121.JPG

GCP 6 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



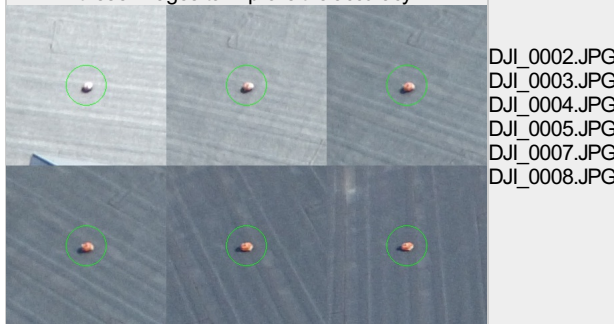
DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG

GCP Name: 7 (109849.108,1310791.742,159.977)



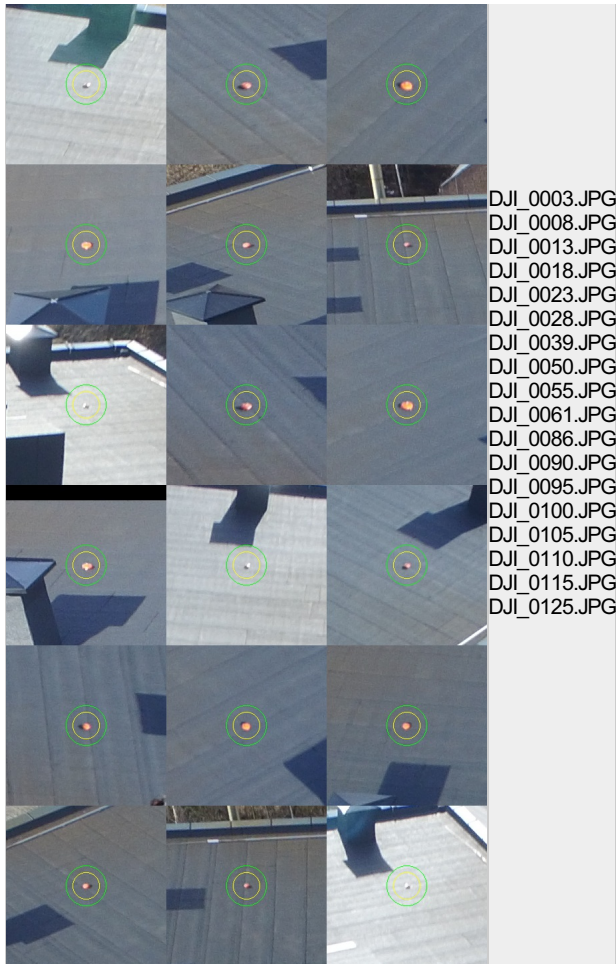
DJI_0001.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0011.JPG
 DJI_0016.JPG
 DJI_0021.JPG
 DJI_0031.JPG
 DJI_0036.JPG
 DJI_0041.JPG
 DJI_0049.JPG
 DJI_0053.JPG
 DJI_0083.JPG
 DJI_0088.JPG
 DJI_0093.JPG
 DJI_0098.JPG
 DJI_0103.JPG
 DJI_0108.JPG
 DJI_0117.JPG
 DJI_0122.JPG
 DJI_0127.JPG

GCP 7 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



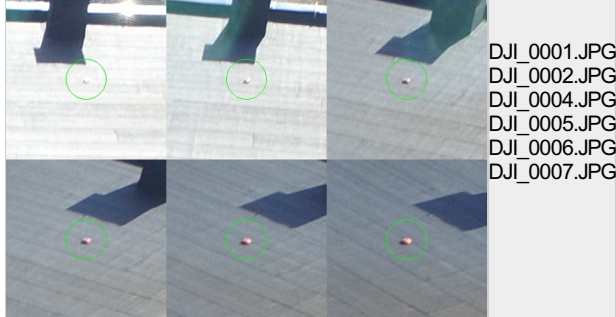
DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0007.JPG
 DJI_0008.JPG

GCP Name: 8 (109834.332,1310780.305,159.969)



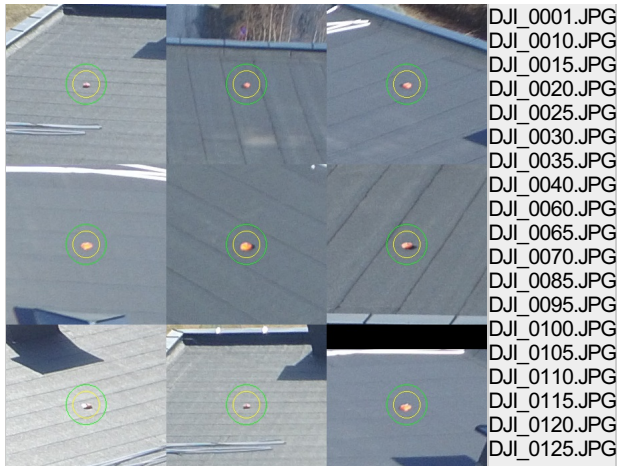
DJI_0003.JPG
 DJI_0008.JPG
 DJI_0013.JPG
 DJI_0018.JPG
 DJI_0023.JPG
 DJI_0028.JPG
 DJI_0039.JPG
 DJI_0050.JPG
 DJI_0055.JPG
 DJI_0061.JPG
 DJI_0086.JPG
 DJI_0090.JPG
 DJI_0095.JPG
 DJI_0100.JPG
 DJI_0105.JPG
 DJI_0110.JPG
 DJI_0115.JPG
 DJI_0125.JPG

GCP 8 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0007.JPG

GCP Name: 9 (109849.335,1310763.031,159.974)



GCP 9 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



GCP Name: 10 (109863.579,1310774.059,159.997)

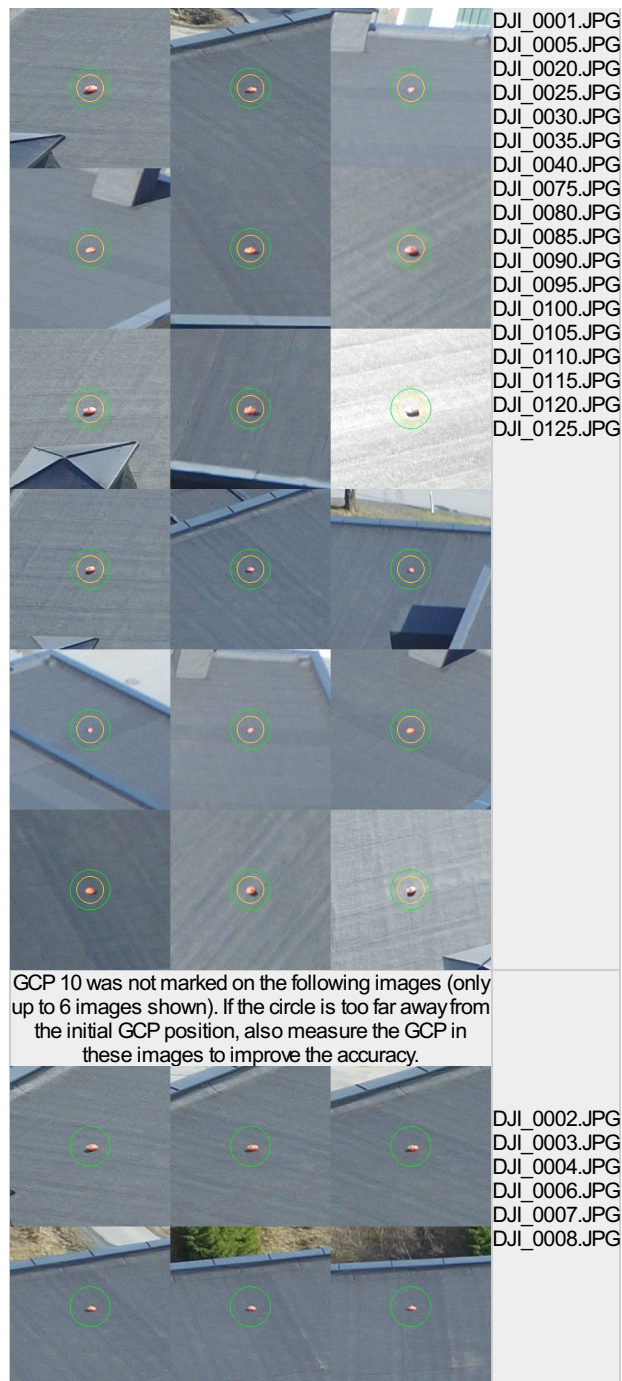


Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Processing Options



| | |
|--|---|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Ground Control Point (GCP) Coordinate System | WGS 84 / UTMzone 32N |
| Output Coordinate System | ETRS89 / NTMzone 10 (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching | Use Geometrically Verified Matching: no |

| | |
|-------------------------------|---|
| Strategy | |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 03h:07m:44s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 26m:39s |

Results



| | |
|---------------------------------------|---------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 8673298 |
| Average Density (per m ³) | 893.31 |

Vedlegg 12: Rapport, Vertikale bilder med GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52

Important: Click on the different icons for:

- Help to analyze the results in the Quality Report
- Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

| | |
|--|---------------------|
| Project | En runde |
| Processed | 2016-05-09 13:18:35 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 2.06 cm / 0.81 in |

Quality Check

| | | |
|---------------------|--|---|
| Images | median of 34380 keypoints per image | ✓ |
| Dataset | 71 out of 71 images calibrated (100%), 129 images disabled | ✓ |
| Camera Optimization | 0.46% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| Matching | median of 17296.3 matches per calibrated image | ✓ |
| Georeferencing | yes, 10 GCPs (10 3D), mean RMS error = 0.016 m | ✓ |

Calibration Details

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 71 out of 200 |
| Number of Geolocated Images | 200 out of 200 |

Initial Image Positions

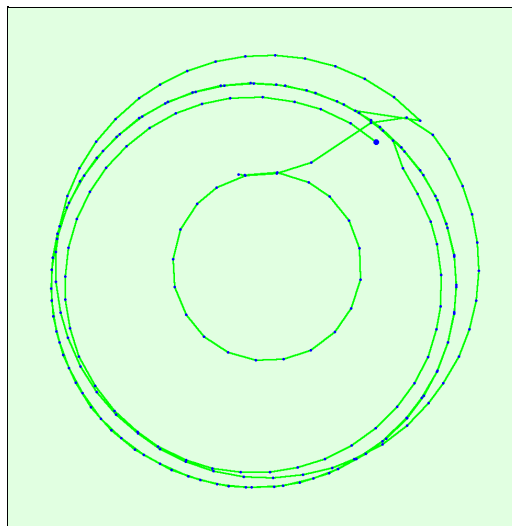
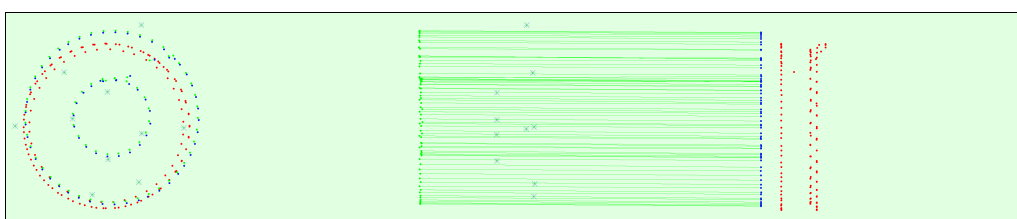


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



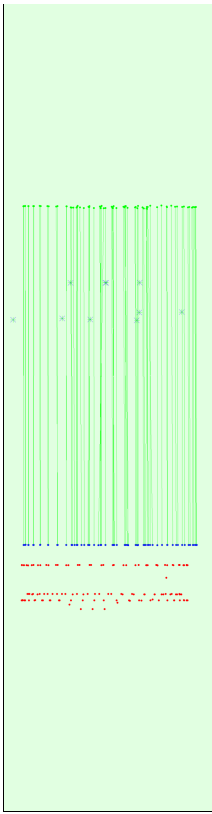


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Bundle Block Adjustment Details

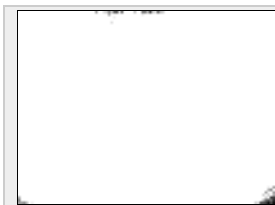
| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 1253058 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 333400 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.224118 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2322.111 [pixel] 3.667 [mm] | 1980.335 [pixel] 3.128 [mm] | 1463.968 [pixel] 2.312 [mm] | -0.012 | 0.012 | 0.001 | -0.001 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table

| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 34380 | 17296 |
| Min | 20437 | 10069 |
| Max | 44399 | 24687 |
| Mean | 33530 | 17649 |

3D Points from 2D Keypoint Matches

| | Number of 3D Points Observed |
|-------------|------------------------------|
| In 2 Images | 176294 |

| | |
|--------------|-------|
| In 3 Images | 58031 |
| In 4 Images | 29687 |
| In 5 Images | 17967 |
| In 6 Images | 12085 |
| In 7 Images | 8751 |
| In 8 Images | 6388 |
| In 9 Images | 4804 |
| In 10 Images | 3802 |
| In 11 Images | 2855 |
| In 12 Images | 2215 |
| In 13 Images | 1734 |
| In 14 Images | 1439 |
| In 15 Images | 1115 |
| In 16 Images | 948 |
| In 17 Images | 717 |
| In 18 Images | 600 |
| In 19 Images | 530 |
| In 20 Images | 479 |
| In 21 Images | 471 |
| In 22 Images | 340 |
| In 23 Images | 300 |
| In 24 Images | 270 |
| In 25 Images | 253 |
| In 26 Images | 214 |
| In 27 Images | 175 |
| In 28 Images | 170 |
| In 29 Images | 148 |
| In 30 Images | 149 |
| In 31 Images | 120 |
| In 32 Images | 83 |
| In 33 Images | 90 |
| In 34 Images | 76 |
| In 35 Images | 35 |
| In 36 Images | 22 |
| In 37 Images | 17 |
| In 38 Images | 17 |
| In 39 Images | 7 |
| In 40 Images | 2 |

2D Keypoint Matches

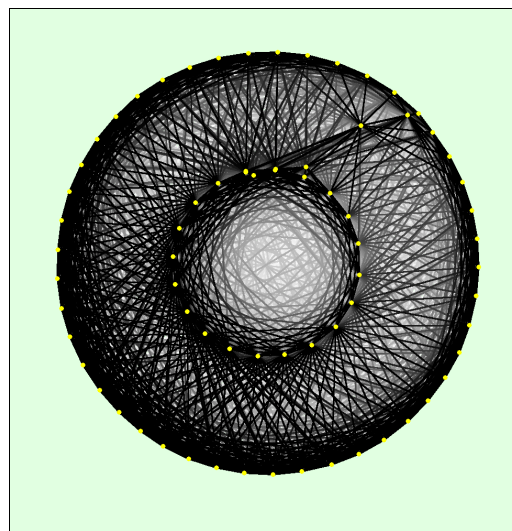


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Ground Control Points

| GCP Name | Accuracy XYZ [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|----------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|
|----------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|

| | | | | | | |
|----------------------|--------------|----------|----------|----------|-------|-------|
| 1 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.003 | 0.016 | 0.016 | 1.382 | 7 / 7 |
| 2 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.019 | -0.025 | 0.011 | 1.396 | 9 / 9 |
| 3 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.018 | 0.011 | -0.004 | 0.672 | 8 / 8 |
| 4 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.027 | -0.014 | 0.026 | 0.791 | 8 / 8 |
| 5 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.005 | 0.018 | -0.017 | 1.060 | 8 / 8 |
| 6 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.031 | 0.011 | -0.017 | 1.135 | 7 / 7 |
| 7 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.010 | 0.030 | -0.016 | 0.913 | 4 / 4 |
| 8 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.007 | -0.014 | 0.001 | 0.920 | 6 / 6 |
| 9 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.011 | -0.028 | -0.005 | 1.148 | 5 / 5 |
| 10 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.013 | 0.012 | 0.007 | 0.668 | 3 / 3 |
| Mean [m] | | 0.000518 | 0.001617 | 0.000109 | | |
| Sigma [m] | | 0.016805 | 0.018832 | 0.014183 | | |
| RMS Error [m] | | 0.016813 | 0.018901 | 0.014184 | | |

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

🔍 Absolute Geolocation Variance



0 out of 71 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 49.30 | 50.70 | 50.70 |
| 0.00 | 3.00 | 50.70 | 49.30 | 49.30 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | 0.202725 | -0.830800 | -143.738182 |
| Sigma [m] | | 0.462943 | 0.308054 | 0.336103 |
| RMS Error [m] | | 0.505385 | 0.886073 | 143.738575 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

| Geolocation Bias | X | Y | Z |
|------------------|----------|-----------|-------------|
| Translation [m] | 0.202751 | -0.831207 | -143.738286 |

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

🔍 Relative Geolocation Variance



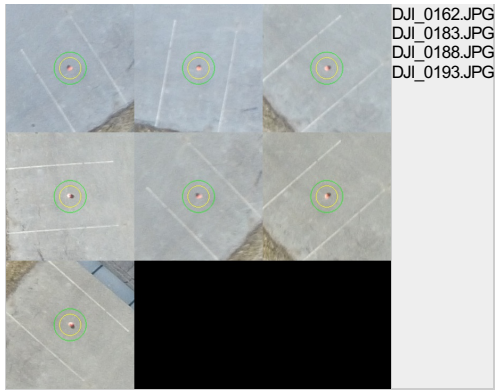
| Relative Geolocation Error | Images X [%] | Images Y [%] | Images Z [%] |
|--|--------------|--------------|--------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

🔍 Georeference Verification

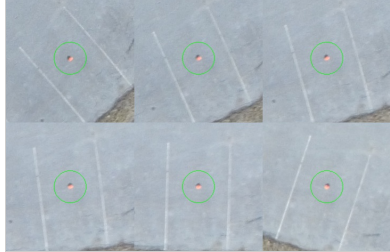


| | |
|--|--|
| GCP Name: 1 (109842.686,1310747.996,144.334) | |
| | DJI_0147.JPG DJI_0152.JPG DJI_0157.JPG |



DJI_0162.JPG
 DJI_0183.JPG
 DJI_0188.JPG
 DJI_0193.JPG

GCP 1 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0146.JPG
 DJI_0148.JPG
 DJI_0149.JPG
 DJI_0150.JPG
 DJI_0151.JPG
 DJI_0153.JPG

GCP Name: 2 (109881.318,1310776.460,147.564)



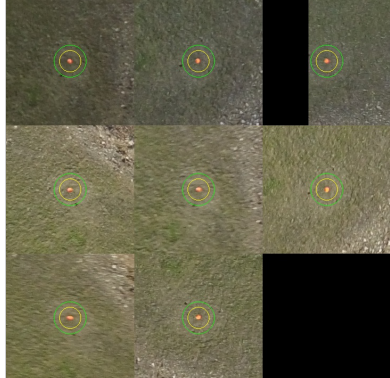
DJI_0131.JPG
 DJI_0159.JPG
 DJI_0164.JPG
 DJI_0169.JPG
 DJI_0174.JPG
 DJI_0179.JPG
 DJI_0188.JPG
 DJI_0194.JPG
 DJI_0199.JPG

GCP 2 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0130.JPG
 DJI_0132.JPG
 DJI_0133.JPG
 DJI_0158.JPG
 DJI_0160.JPG
 DJI_0161.JPG

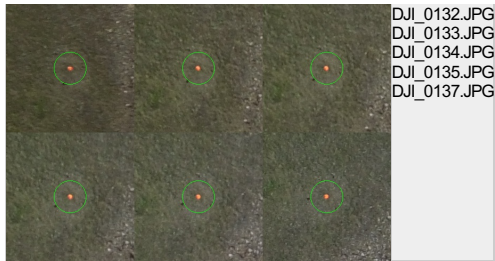
GCP Name: 3 (109863.437,1310820.223,147.320)



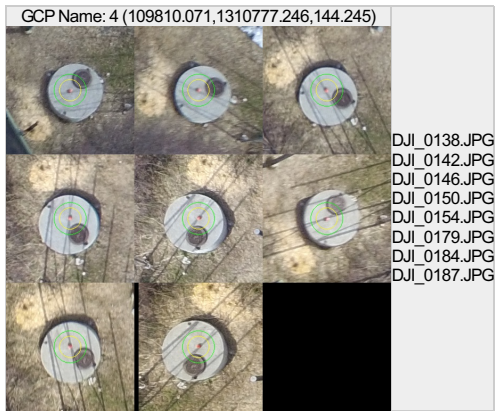
DJI_0131.JPG
 DJI_0136.JPG
 DJI_0140.JPG
 DJI_0169.JPG
 DJI_0174.JPG
 DJI_0179.JPG
 DJI_0194.JPG
 DJI_0200.JPG

GCP 3 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.

DJI_0130.JPG



DJI_0132.JPG
 DJI_0133.JPG
 DJI_0134.JPG
 DJI_0135.JPG
 DJI_0137.JPG



DJI_0138.JPG
 DJI_0142.JPG
 DJI_0146.JPG
 DJI_0150.JPG
 DJI_0154.JPG
 DJI_0179.JPG
 DJI_0184.JPG
 DJI_0187.JPG

GCP 4 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0139.JPG
 DJI_0140.JPG
 DJI_0141.JPG
 DJI_0143.JPG
 DJI_0144.JPG
 DJI_0145.JPG

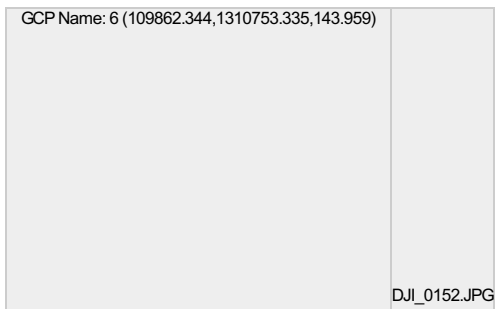


DJI_0132.JPG
 DJI_0137.JPG
 DJI_0142.JPG
 DJI_0147.JPG
 DJI_0177.JPG
 DJI_0182.JPG
 DJI_0187.JPG
 DJI_0195.JPG

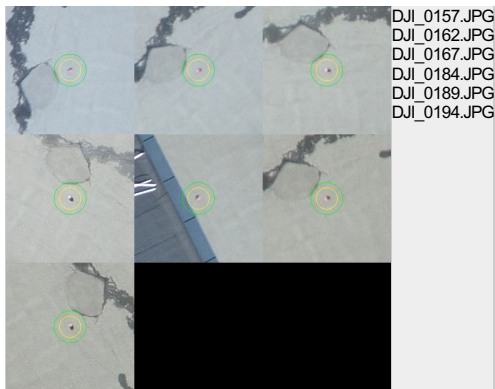
GCP 5 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0133.JPG
 DJI_0134.JPG
 DJI_0135.JPG
 DJI_0136.JPG
 DJI_0138.JPG
 DJI_0139.JPG

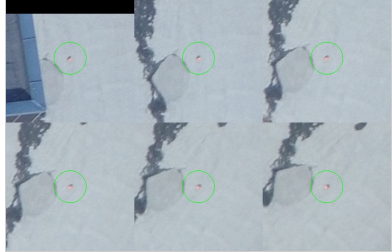


DJI_0152.JPG



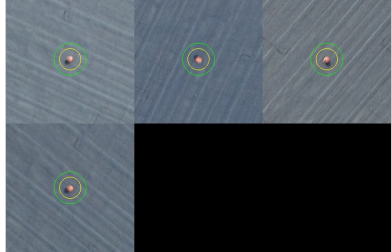
DJI_0157.JPG
 DJI_0162.JPG
 DJI_0167.JPG
 DJI_0184.JPG
 DJI_0189.JPG
 DJI_0194.JPG

GCP 6 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



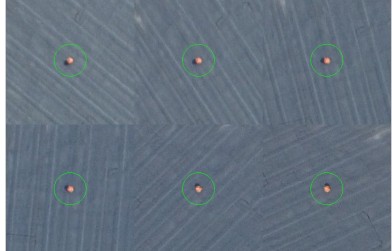
DJI_0150.JPG
 DJI_0151.JPG
 DJI_0153.JPG
 DJI_0154.JPG
 DJI_0155.JPG
 DJI_0156.JPG

GCP Name: 7 (109849.108,1310791.742,159.977)



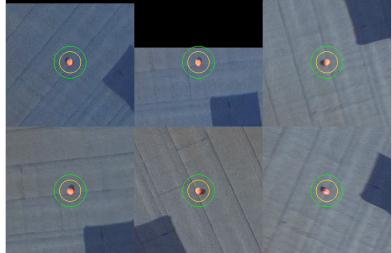
DJI_0177.JPG
 DJI_0182.JPG
 DJI_0193.JPG
 DJI_0198.JPG

GCP 7 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



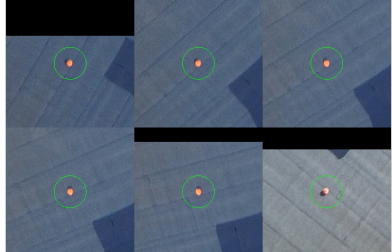
DJI_0178.JPG
 DJI_0179.JPG
 DJI_0180.JPG
 DJI_0181.JPG
 DJI_0183.JPG
 DJI_0184.JPG

GCP Name: 8 (109834.332,1310780.305,159.969)



DJI_0145.JPG
 DJI_0150.JPG
 DJI_0180.JPG
 DJI_0185.JPG
 DJI_0189.JPG
 DJI_0200.JPG

GCP 8 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0144.JPG
 DJI_0146.JPG
 DJI_0147.JPG
 DJI_0148.JPG
 DJI_0149.JPG
 DJI_0178.JPG

GCP Name: 9 (109849.335,1310763.031,159.974)

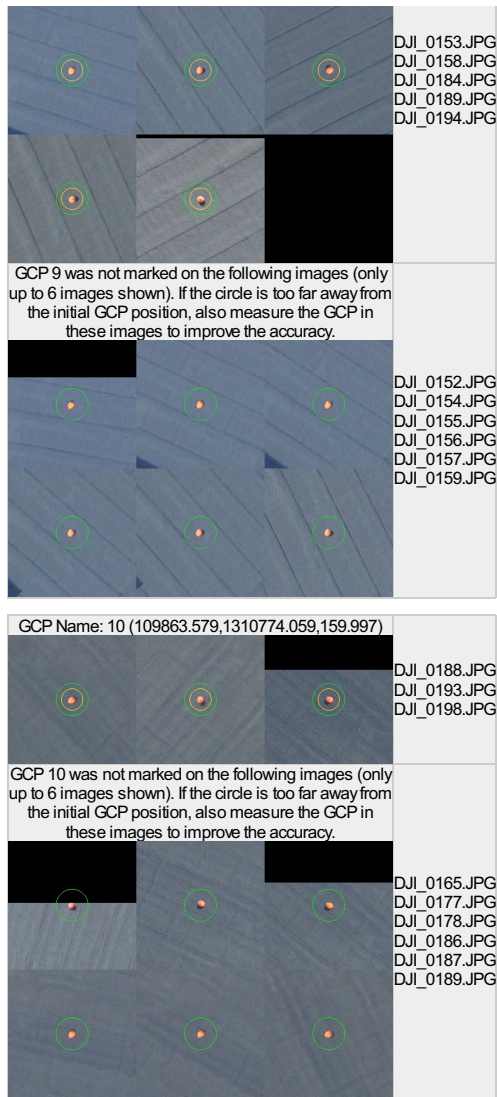


Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Processing Options



| | |
|--|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i7-4712HQ CPU @ 2.30GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 4600 (Driver: 10.18.10.3993), NVDIA Quadro K1100M (Driver: 9.18.13.3325), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Professional, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Ground Control Point (GCP) Coordinate System | WGS 84 / UTMzone 32N |
| Output Coordinate System | ETRS89 / NTMzone 10 (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Vedlegg 13: Rapport, alle bilder med GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52

Important: Click on the different icons for:

- Help to analyze the results in the Quality Report
- Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

| | |
|--|----------------------|
| Project | Siste gang, til mega |
| Processed | 2016-05-13 00:45:42 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.99 cm / 0.78 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 01h:02m:55s |

Quality Check

| | | |
|---------------------|--|---|
| Images | median of 30761 keypoints per image | ✓ |
| Dataset | 200 out of 200 images calibrated (100%), all images enabled | ✓ |
| Camera Optimization | 0.18% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| Matching | median of 13960 matches per calibrated image | ✓ |
| Georeferencing | yes, 10 GCPs (10 3D), mean RMS error = 0.018 m | ✓ |

Calibration Details

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 200 out of 200 |
| Number of Geolocated Images | 200 out of 200 |

Initial Image Positions

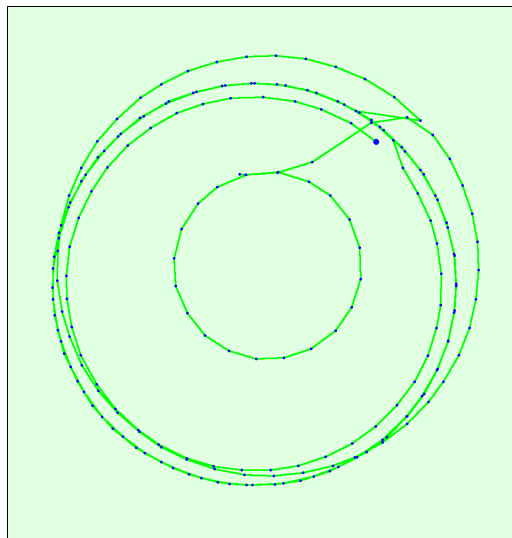
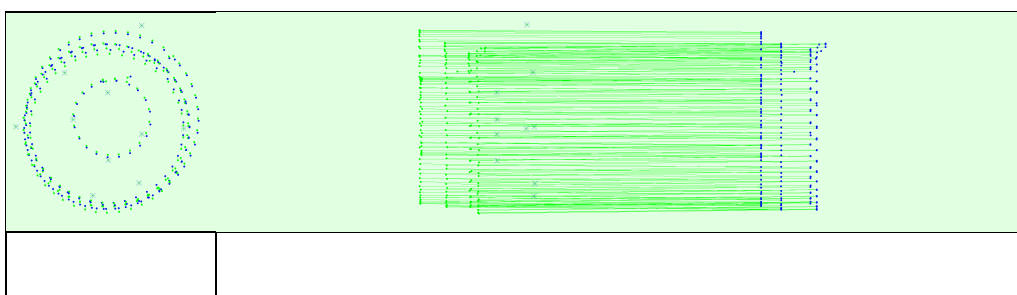


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



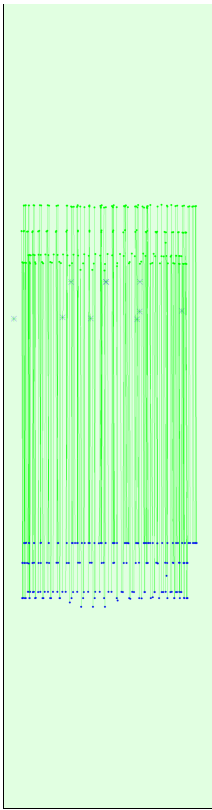


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Bundle Block Adjustment Details


| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 2792368 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 849500 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.226817 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]

EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Initial Values | 2332.930 [pixel] 3.685 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1499.997 [pixel] 2.369 [mm] | -0.132 | 0.111 | -0.016 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2328.645 [pixel] 3.678 [mm] | 1984.016 [pixel] 3.133 [mm] | 1462.589 [pixel] 2.310 [mm] | -0.011 | 0.012 | 0.003 | -0.001 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table

| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 30761 | 13960 |
| Min | 20167 | 3950 |
| Max | 44399 | 24256 |
| Mean | 30902 | 13962 |

3D Points from 2D Keypoint Matches

| | Number of 3D Points Observed |
|-------------|------------------------------|
| In 2 Images | 512351 |

| | |
|--------------|--------|
| In 3 Images | 143852 |
| In 4 Images | 66375 |
| In 5 Images | 37227 |
| In 6 Images | 23485 |
| In 7 Images | 16129 |
| In 8 Images | 11245 |
| In 9 Images | 8231 |
| In 10 Images | 6236 |
| In 11 Images | 4631 |
| In 12 Images | 3555 |
| In 13 Images | 2705 |
| In 14 Images | 2189 |
| In 15 Images | 1721 |
| In 16 Images | 1416 |
| In 17 Images | 1112 |
| In 18 Images | 932 |
| In 19 Images | 771 |
| In 20 Images | 708 |
| In 21 Images | 621 |
| In 22 Images | 485 |
| In 23 Images | 450 |
| In 24 Images | 385 |
| In 25 Images | 334 |
| In 26 Images | 276 |
| In 27 Images | 289 |
| In 28 Images | 239 |
| In 29 Images | 186 |
| In 30 Images | 191 |
| In 31 Images | 156 |
| In 32 Images | 134 |
| In 33 Images | 100 |
| In 34 Images | 94 |
| In 35 Images | 60 |
| In 36 Images | 57 |
| In 37 Images | 63 |
| In 38 Images | 40 |
| In 39 Images | 36 |
| In 40 Images | 22 |
| In 41 Images | 23 |
| In 42 Images | 34 |
| In 43 Images | 34 |
| In 44 Images | 17 |
| In 45 Images | 30 |
| In 46 Images | 15 |
| In 47 Images | 25 |
| In 48 Images | 18 |
| In 49 Images | 16 |
| In 50 Images | 13 |
| In 51 Images | 14 |
| In 52 Images | 11 |
| In 53 Images | 13 |
| In 54 Images | 13 |
| In 55 Images | 8 |
| In 56 Images | 8 |
| In 57 Images | 8 |
| In 58 Images | 8 |
| In 59 Images | 9 |
| In 60 Images | 7 |
| In 61 Images | 3 |
| In 62 Images | 12 |
| In 63 Images | 8 |
| In 64 Images | 8 |
| In 65 Images | 4 |
| In 66 Images | 3 |
| In 67 Images | 4 |
| In 68 Images | 6 |
| In 69 Images | 3 |
| In 70 Images | 2 |
| In 71 Images | 2 |
| In 72 Images | 4 |
| In 73 Images | 3 |
| In 74 Images | 6 |
| In 75 Images | 3 |
| In 76 Images | 6 |

| | |
|--------------|---|
| In 77 Images | 2 |
| In 78 Images | 1 |
| In 79 Images | 1 |
| In 81 Images | 2 |
| In 82 Images | 1 |
| In 84 Images | 1 |
| In 85 Images | 1 |
| In 86 Images | 1 |

2D Keypoint Matches

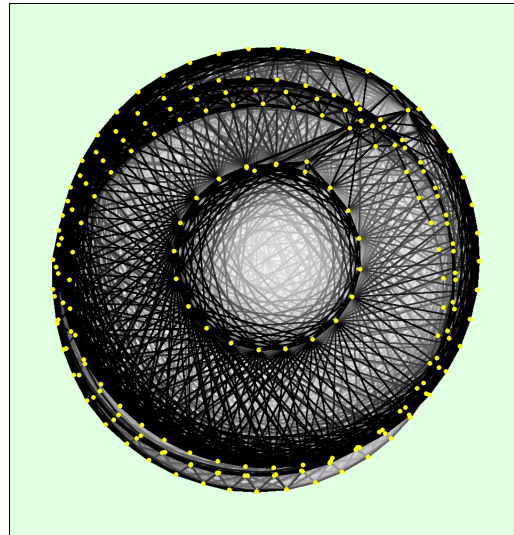


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Ground Control Points

| GCP Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|----------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| 1 (3D) | 0.020/0.020 | -0.000 | -0.002 | 0.029 | 1.083 | 21 / 21 |
| 2 (3D) | 0.020/0.020 | 0.012 | -0.026 | 0.033 | 1.241 | 15 / 15 |
| 3 (3D) | 0.020/0.020 | -0.011 | 0.001 | 0.036 | 0.626 | 15 / 15 |
| 4 (3D) | 0.020/0.020 | 0.009 | -0.022 | 0.038 | 1.036 | 12 / 12 |
| 5 (3D) | 0.020/0.020 | -0.005 | 0.017 | -0.011 | 0.953 | 23 / 23 |
| 6 (3D) | 0.020/0.020 | -0.021 | -0.002 | -0.004 | 0.924 | 17 / 17 |
| 7 (3D) | 0.020/0.020 | -0.005 | 0.025 | -0.019 | 1.311 | 23 / 23 |
| 8 (3D) | 0.020/0.020 | 0.017 | -0.001 | -0.025 | 1.228 | 24 / 24 |
| 9 (3D) | 0.020/0.020 | -0.008 | -0.017 | -0.028 | 1.039 | 24 / 24 |
| 10 (3D) | 0.020/0.020 | 0.013 | 0.019 | -0.019 | 1.229 | 21 / 21 |
| Mean [m] | | 0.000081 | -0.000851 | 0.003013 | | |
| Sigma [m] | | 0.011630 | 0.016546 | 0.026135 | | |
| RMS Error [m] | | 0.011630 | 0.016567 | 0.026309 | | |

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

0 out of 200 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|---------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 47.50 | 61.00 | 63.00 |
| 0.00 | 3.00 | 52.50 | 39.00 | 37.00 |

| | | | | |
|----------------------|-------|----------|----------|-------------|
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | 0.162024 | 0.106471 | -143.160438 |
| Sigma [m] | | 0.388105 | 1.209793 | 0.984238 |
| RMS Error [m] | | 0.420568 | 1.214469 | 143.163821 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

| | | | |
|------------------|----------|----------|-------------|
| Geolocation Bias | X | Y | Z |
| Translation [m] | 0.162024 | 0.106471 | -143.160438 |

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z[%] |
|--|-------------|-------------|-------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

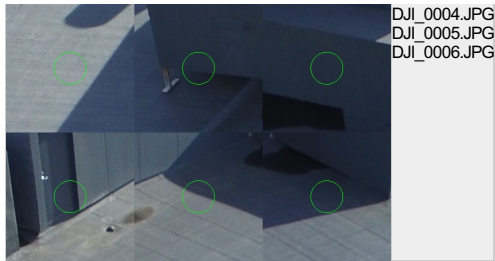
Georeference Verification

GCP Name: 1 (109842.686,1310747.996,144.334)

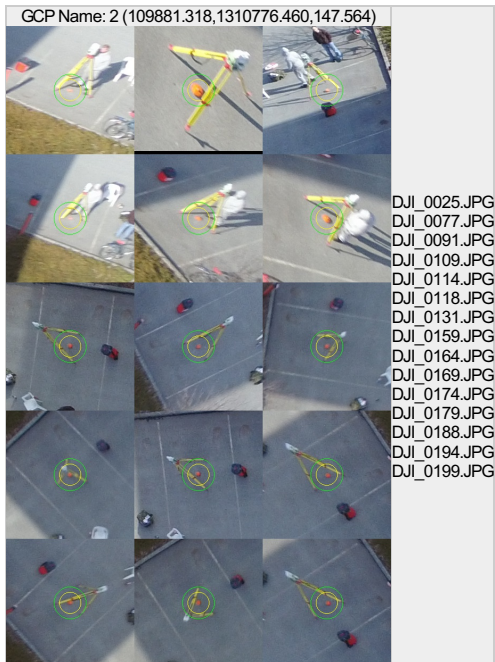
DJI_0013.JPG
DJI_0018.JPG
DJI_0029.JPG
DJI_0035.JPG
DJI_0054.JPG
DJI_0059.JPG
DJI_0064.JPG
DJI_0069.JPG
DJI_0073.JPG
DJI_0101.JPG
DJI_0106.JPG
DJI_0114.JPG
DJI_0119.JPG
DJI_0124.JPG
DJI_0147.JPG
DJI_0152.JPG
DJI_0157.JPG
DJI_0162.JPG
DJI_0183.JPG
DJI_0188.JPG
DJI_0193.JPG

GCP 1 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.

DJI_0001.JPG
DJI_0002.JPG
DJI_0003.JPG



DJI_0004.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0006.JPG



DJI_0025.JPG
DJI_0077.JPG
DJI_0091.JPG
DJI_0109.JPG
DJI_0114.JPG
DJI_0118.JPG
DJI_0131.JPG
DJI_0159.JPG
DJI_0164.JPG
DJI_0169.JPG
DJI_0174.JPG
DJI_0179.JPG
DJI_0188.JPG
DJI_0194.JPG
DJI_0199.JPG

GCP 2 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0008.JPG
DJI_0009.JPG
DJI_0010.JPG
DJI_0011.JPG
DJI_0012.JPG
DJI_0013.JPG



DJI_0016.JPG
DJI_0032.JPG
DJI_0057.JPG
DJI_0074.JPG
DJI_0100.JPG
DJI_0105.JPG
DJI_0119.JPG
DJI_0131.JPG
DJI_0136.JPG
DJI_0140.JPG
DJI_0169.JPG
DJI_0174.JPG
DJI_0179.JPG
DJI_0194.JPG
DJI_0200.JPG

GCP 3 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0015.JPG
 DJI_0017.JPG
 DJI_0018.JPG
 DJI_0019.JPG
 DJI_0020.JPG
 DJI_0021.JPG



DJI_0092.JPG
 DJI_0095.JPG
 DJI_0106.JPG
 DJI_0111.JPG
 DJI_0138.JPG
 DJI_0142.JPG
 DJI_0146.JPG
 DJI_0150.JPG
 DJI_0154.JPG
 DJI_0179.JPG
 DJI_0184.JPG
 DJI_0187.JPG

GCP 4 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG



DJI_0001.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0016.JPG
 DJI_0019.JPG
 DJI_0041.JPG
 DJI_0045.JPG
 DJI_0050.JPG
 DJI_0055.JPG
 DJI_0060.JPG



DJI_0085.JPG
 DJI_0090.JPG
 DJI_0095.JPG
 DJI_0100.JPG
 DJI_0105.JPG
 DJI_0127.JPG
 DJI_0132.JPG
 DJI_0137.JPG
 DJI_0142.JPG
 DJI_0147.JPG
 DJI_0177.JPG
 DJI_0182.JPG
 DJI_0187.JPG
 DJI_0195.JPG

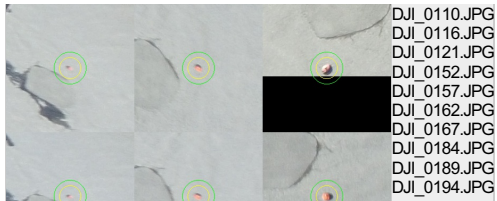
GCP 5 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0013.JPG
 DJI_0014.JPG

GCP Name: 6 (109862.344,1310753.335,143.959)

DJI_0019.JPG
 DJI_0023.JPG
 DJI_0033.JPG
 DJI_0061.JPG
 DJI_0066.JPG
 DJI_0071.JPG
 DJI_0076.JPG



DJI_0110.JPG
DJI_0116.JPG
DJI_0121.JPG
DJI_0152.JPG
DJI_0157.JPG
DJI_0162.JPG
DJI_0167.JPG
DJI_0184.JPG
DJI_0189.JPG
DJI_0194.JPG

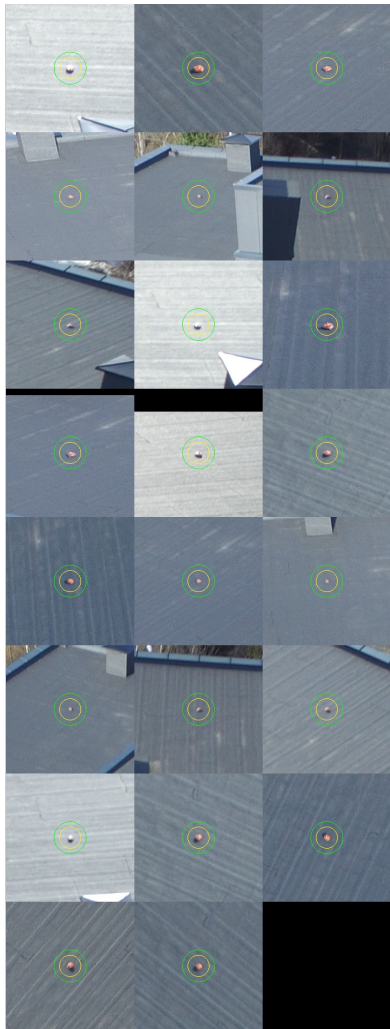
GCP 6 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0001.JPG
DJI_0002.JPG
DJI_0003.JPG
DJI_0004.JPG
DJI_0005.JPG
DJI_0006.JPG

GCP Name: 7 (109849.108,1310791.742,159.977)

DJI_0001.JPG
DJI_0006.JPG
DJI_0011.JPG
DJI_0016.JPG
DJI_0021.JPG
DJI_0031.JPG
DJI_0036.JPG
DJI_0041.JPG
DJI_0049.JPG
DJI_0053.JPG



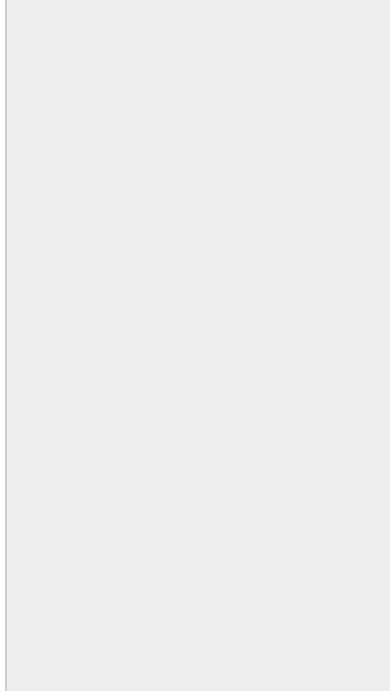
DJI_0083.JPG
 DJI_0088.JPG
 DJI_0093.JPG
 DJI_0098.JPG
 DJI_0103.JPG
 DJI_0108.JPG
 DJI_0117.JPG
 DJI_0122.JPG
 DJI_0127.JPG
 DJI_0177.JPG
 DJI_0182.JPG
 DJI_0193.JPG
 DJI_0198.JPG

GCP 7 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.

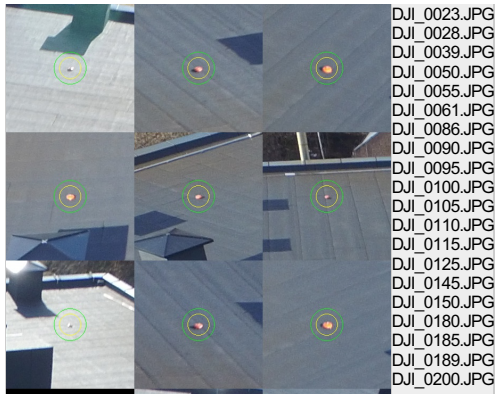


DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0007.JPG
 DJI_0008.JPG

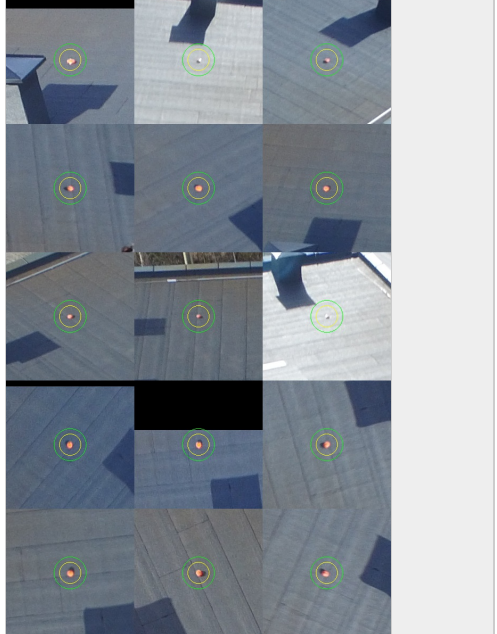
GCP Name: 8 (109834.332,1310780.305,159.969)



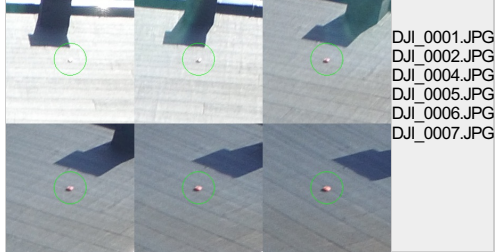
DJI_0003.JPG
 DJI_0008.JPG
 DJI_0013.JPG
 DJI_0018.JPG



DJI_0023.JPG
 DJI_0028.JPG
 DJI_0039.JPG
 DJI_0050.JPG
 DJI_0055.JPG
 DJI_0061.JPG
 DJI_0086.JPG
 DJI_0090.JPG
 DJI_0095.JPG
 DJI_0100.JPG
 DJI_0105.JPG
 DJI_0110.JPG
 DJI_0115.JPG
 DJI_0125.JPG
 DJI_0145.JPG
 DJI_0150.JPG
 DJI_0180.JPG
 DJI_0185.JPG
 DJI_0189.JPG
 DJI_0200.JPG



GCP 8 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0001.JPG
 DJI_0002.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0007.JPG

GCP Name: 9 (109849.335,1310763.031,159.974)

DJI_0001.JPG
 DJI_0010.JPG
 DJI_0015.JPG
 DJI_0020.JPG



DJI_0025.JPG
 DJI_0030.JPG
 DJI_0035.JPG
 DJI_0040.JPG
 DJI_0060.JPG
 DJI_0065.JPG
 DJI_0070.JPG
 DJI_0085.JPG
 DJI_0095.JPG
 DJI_0100.JPG
 DJI_0105.JPG
 DJI_0110.JPG
 DJI_0115.JPG
 DJI_0120.JPG
 DJI_0125.JPG
 DJI_0153.JPG
 DJI_0158.JPG
 DJI_0184.JPG
 DJI_0189.JPG
 DJI_0194.JPG

GCP 9 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



DJI_0002.JPG
 DJI_0003.JPG
 DJI_0004.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0006.JPG
 DJI_0007.JPG

GCP Name: 10 (109863.579,1310774.059,159.997)

DJI_0001.JPG
 DJI_0005.JPG
 DJI_0020.JPG
 DJI_0025.JPG
 DJI_0030.JPG

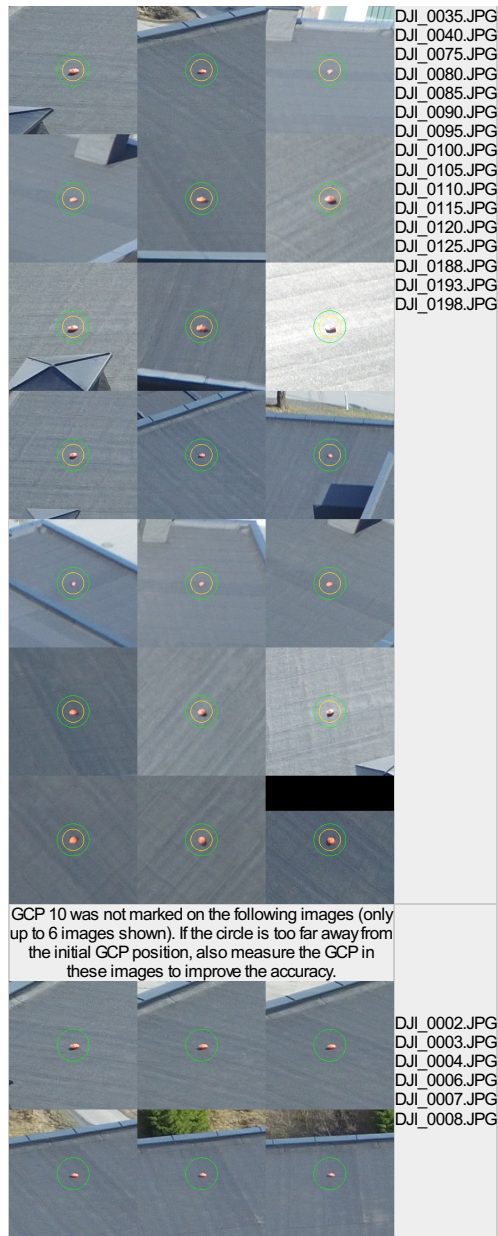


Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Processing Options



| | |
|--|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i7-4712HQ CPU @ 2.30GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 4600 (Driver: 10.18.10.3993), NMDIA Quadro K1100M (Driver: 9.18.13.3325), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Professional, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Ground Control Point (GCP) Coordinate System | WGS 84 / UTMzone 32N |
| Output Coordinate System | ETRS89 / NTMzone 10 (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details

Point Cloud Densification Details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 03h:24m:36s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 11m:07s |

Results



| | |
|---------------------------------------|----------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 12202502 |
| Average Density (per m ³) | 812.47 |

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



| | |
|---------------------------------|---|
| DSM and Orthomosaic Resolution | 1 x GSD (1.99 [cm/pixel]) |
| DSM Filters | Noise Filtering: yes, Surface Smoothing: yes, Sharp |
| DSM Generation | yes, Method: Inverse Distance Weighting, Merge Tiles: yes |
| Time for DSM Generation | 22m:07s |
| Time for Orthomosaic Generation | 52m:06s |

Vedlegg 14: Rapport, 1 runde uten GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52

! Important: Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|-------------------------------|
| Project | siste b bygg 1 runde uten gcp |
| Processed | 2016-05-07 13:55:41 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.58 cm / 0.62 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 01m:41s |

Quality Check



| | | |
|------------------------------|---|---|
| ? Images | median of 27619 keypoints per image | ✓ |
| ? Dataset | 41 out of 41 images calibrated (100%), all images enabled | ✓ |
| ? Camera Optimization | 2.2% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| ? Matching | median of 8927.16 matches per calibrated image | ✓ |
| ? Georeferencing | yes, no 3D GCP | ⚠ |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|--------------|
| Number of Calibrated Images | 41 out of 41 |
| Number of Geolocated Images | 41 out of 41 |

? Initial Image Positions

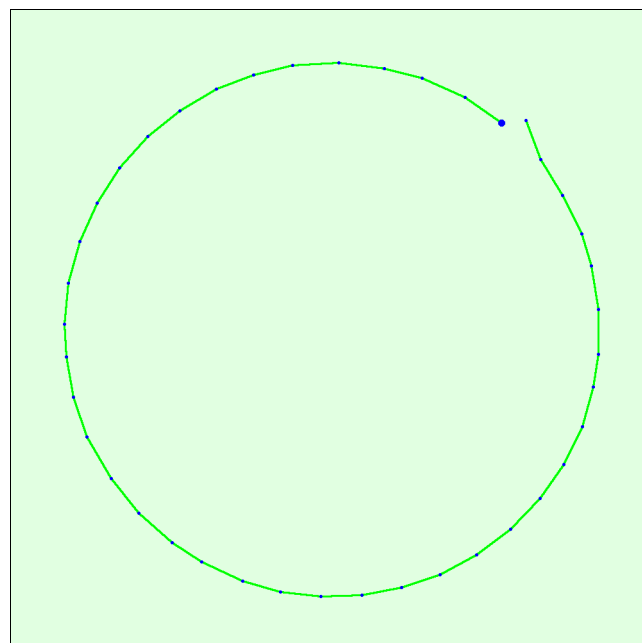


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

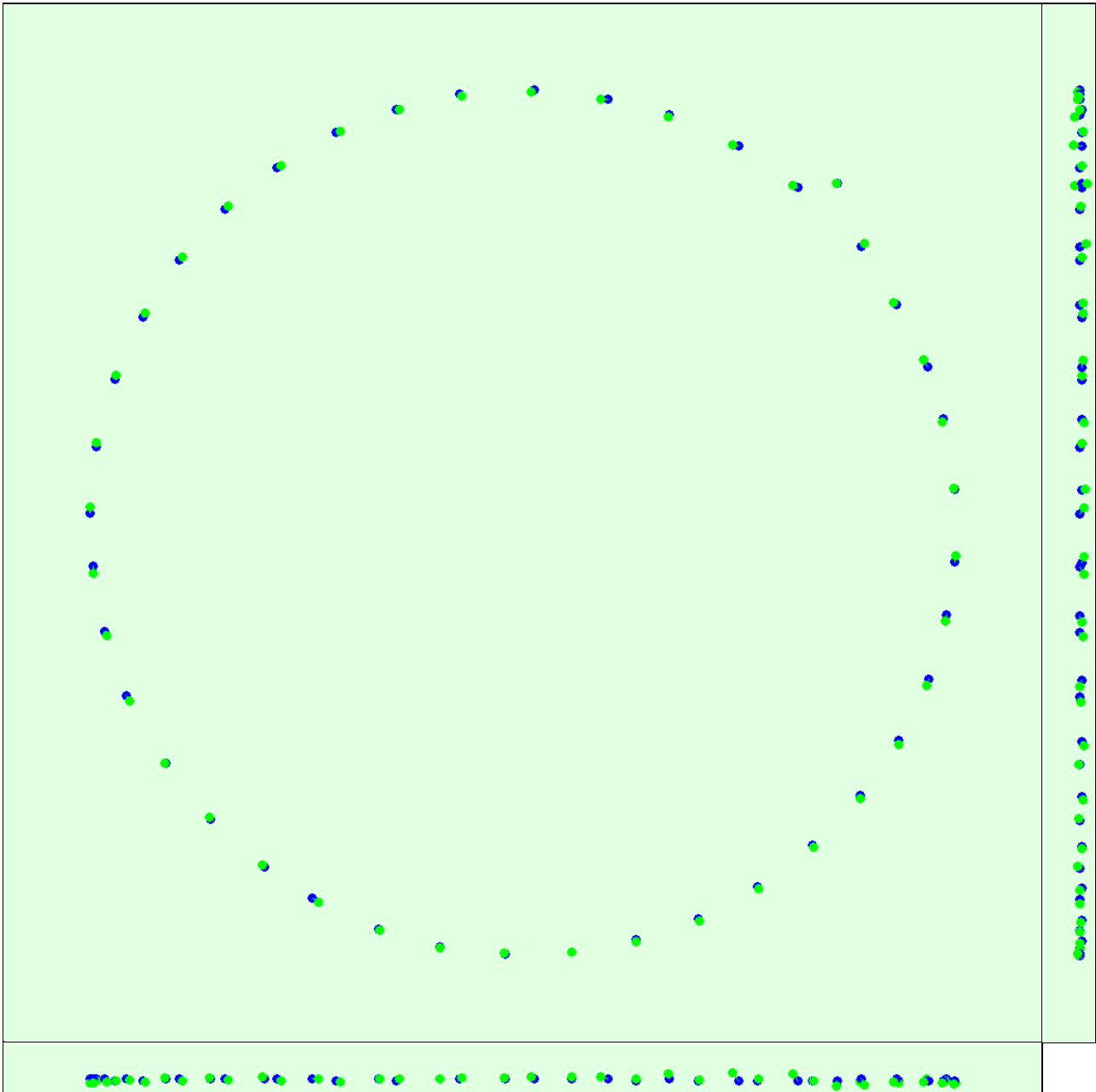


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Bundle Block Adjustment Details



| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 430439 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 168684 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.203471 |

Internal Camera Parameters

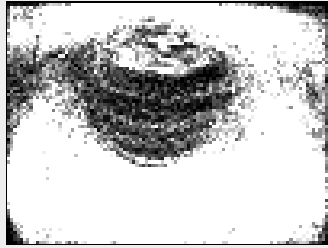
FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]



EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|--|--------------|-------------------|-------------------|----|----|----|----|----|
|--|--------------|-------------------|-------------------|----|----|----|----|----|

| | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Initial Values | 2285.710 [pixel] 3.610 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1500.000 [pixel] 2.369 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2336.101 [pixel] 3.690 [mm] | 1986.077 [pixel] 3.137 [mm] | 1458.728 [pixel] 2.304 [mm] | -0.017 | 0.021 | -0.003 | 0.000 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 27619 | 8927 |
| Min | 22826 | 4841 |
| Max | 36836 | 18447 |
| Mean | 28774 | 10499 |

3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 121214 |
| In 3 Images | 27116 |
| In 4 Images | 10022 |
| In 5 Images | 4566 |
| In 6 Images | 2331 |
| In 7 Images | 1291 |
| In 8 Images | 787 |
| In 9 Images | 528 |
| In 10 Images | 300 |
| In 11 Images | 200 |
| In 12 Images | 112 |
| In 13 Images | 66 |
| In 14 Images | 78 |
| In 15 Images | 28 |
| In 16 Images | 25 |
| In 17 Images | 8 |
| In 18 Images | 7 |
| In 19 Images | 2 |
| In 20 Images | 3 |

2D Keypoint Matches



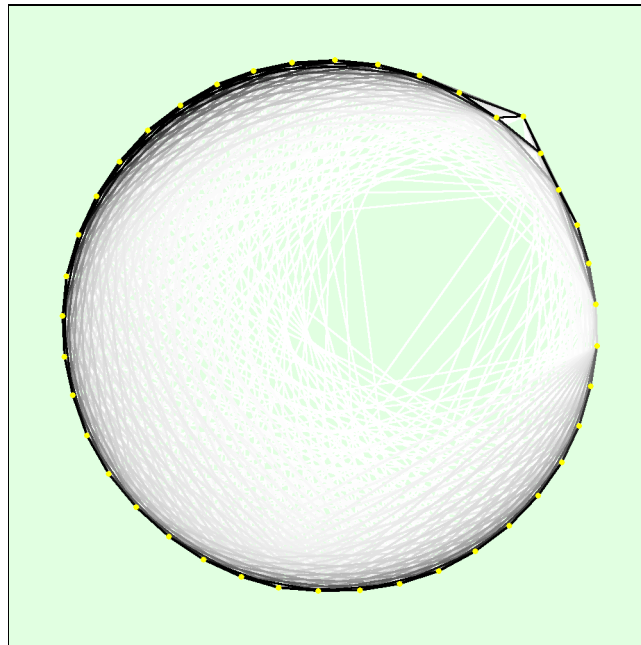


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details



? Absolute Geolocation Variance



0 out of 41 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X[%] | Geolocation Error Y[%] | Geolocation Error Z[%] |
|----------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 51.22 | 48.78 | 48.78 |
| 0.00 | 3.00 | 48.78 | 51.22 | 51.22 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | 0.000000 | -0.000000 | 0.000000 |
| Sigma [m] | | 0.217944 | 0.255486 | 0.217013 |
| RMS Error [m] | | 0.217944 | 0.255486 | 0.217013 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

? Relative Geolocation Variance



| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z[%] |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

| | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--------------------------------|---|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @ 3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 27m:24s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 18m:53s |

Results



| | |
|---------------------------------------|---------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 3659668 |
| Average Density (per m ³) | 729.16 |

Vedlegg 15: Rapport, 2 runder uten GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52

! Important: Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|--------------------------------|
| Project | siste b bygg 2 runder uten gcp |
| Processed | 2016-05-07 15:36:41 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.33 cm / 0.52 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 04m:50s |

Quality Check



| | | |
|------------------------------|--|---|
| ? Images | median of 27619 keypoints per image | ✓ |
| ? Dataset | 83 out of 83 images calibrated (100%), all images enabled | ✓ |
| ? Camera Optimization | 1.92% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| ? Matching | median of 11279.1 matches per calibrated image | ✓ |
| ? Georeferencing | yes, no 3D GCP | ⚠ |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|--------------|
| Number of Calibrated Images | 83 out of 83 |
| Number of Geolocated Images | 83 out of 83 |

? Initial Image Positions

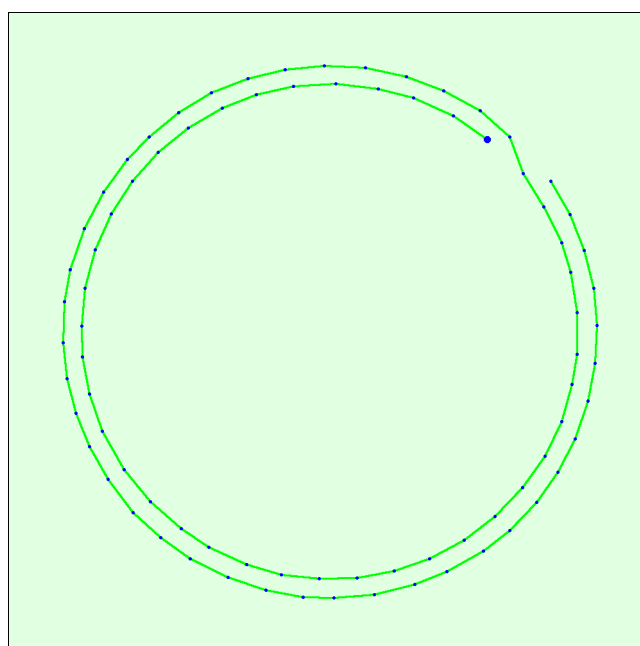


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

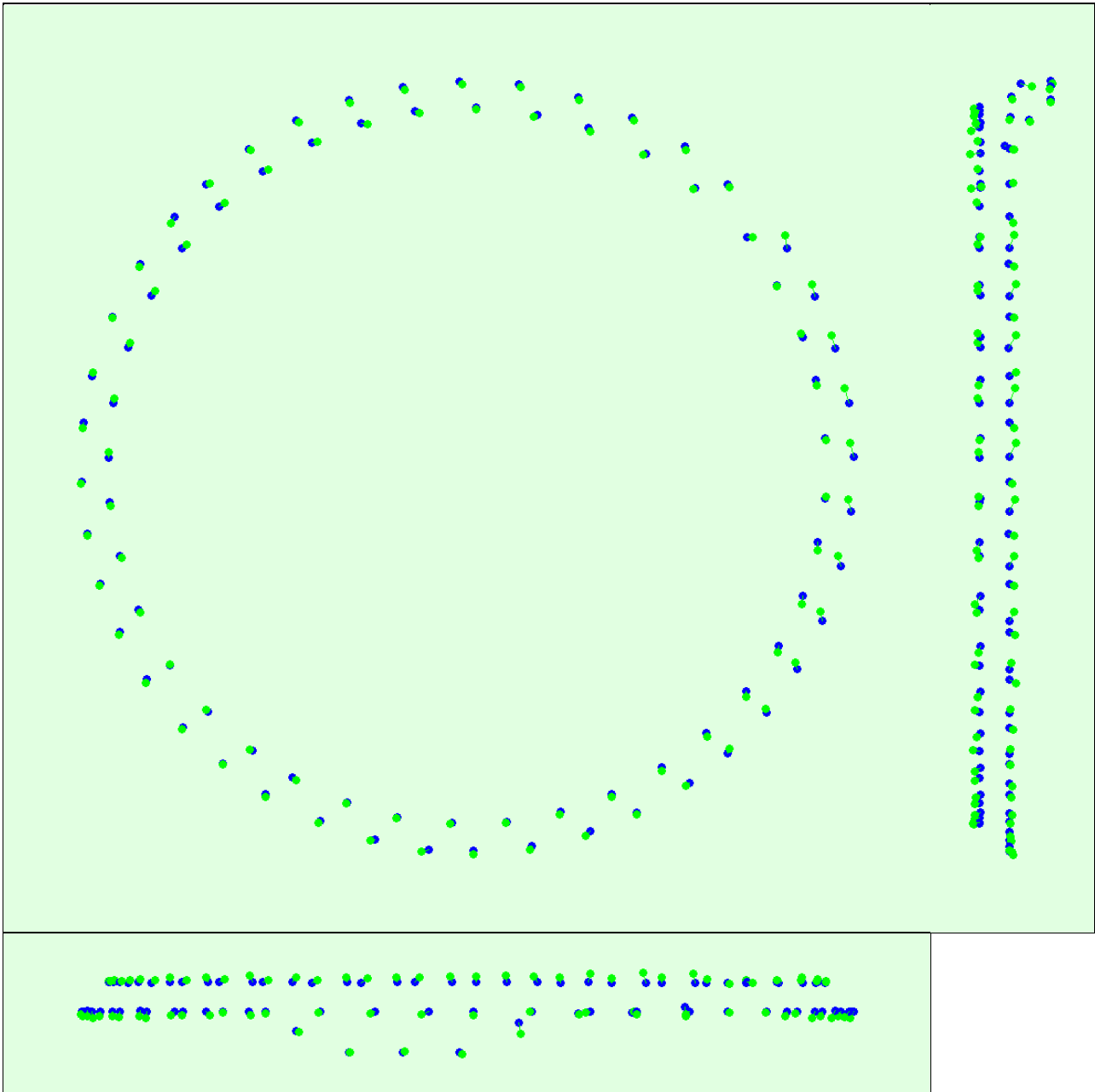


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Bundle Block Adjustment Details



| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 966495 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 340325 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.214586 |

Internal Camera Parameters

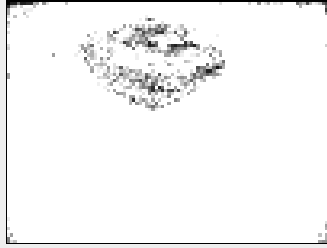
FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]



EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|--|--------------|-------------------|-------------------|----|----|----|----|----|
|--|--------------|-------------------|-------------------|----|----|----|----|----|

| | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Initial Values | 2285.710 [pixel] 3.610 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1500.000 [pixel] 2.369 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2329.755 [pixel] 3.680 [mm] | 1987.171 [pixel] 3.138 [mm] | 1465.469 [pixel] 2.315 [mm] | -0.015 | 0.018 | -0.001 | -0.001 | 0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 27619 | 11279 |
| Min | 20166 | 3270 |
| Max | 41411 | 19689 |
| Mean | 28205 | 11645 |

3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 226942 |
| In 3 Images | 55817 |
| In 4 Images | 23563 |
| In 5 Images | 12154 |
| In 6 Images | 7046 |
| In 7 Images | 4334 |
| In 8 Images | 2805 |
| In 9 Images | 1955 |
| In 10 Images | 1394 |
| In 11 Images | 1011 |
| In 12 Images | 785 |
| In 13 Images | 505 |
| In 14 Images | 444 |
| In 15 Images | 309 |
| In 16 Images | 247 |
| In 17 Images | 198 |
| In 18 Images | 139 |
| In 19 Images | 126 |
| In 20 Images | 103 |
| In 21 Images | 89 |
| In 22 Images | 59 |
| In 23 Images | 57 |
| In 24 Images | 46 |
| In 25 Images | 41 |
| In 26 Images | 27 |
| In 27 Images | 18 |
| In 28 Images | 22 |
| In 29 Images | 15 |
| In 30 Images | 12 |
| In 31 Images | 12 |
| In 32 Images | 11 |
| In 33 Images | 10 |
| In 34 Images | 5 |
| In 35 Images | 6 |
| In 36 Images | 7 |

| | |
|--------------|---|
| In 37 Images | 5 |
| In 38 Images | 1 |
| In 40 Images | 2 |
| In 41 Images | 3 |

2D Keypoint Matches

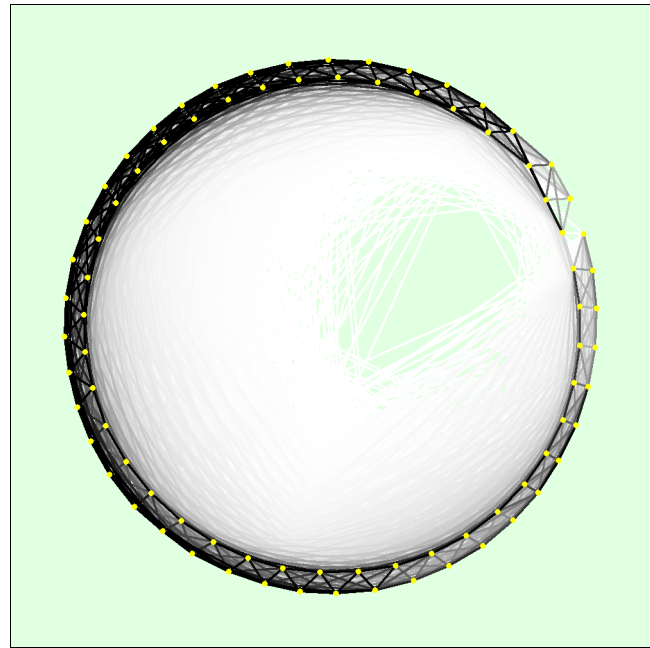


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Absolute Geolocation Variance

0 out of 83 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 48.19 | 32.53 | 51.81 |
| 0.00 | 3.00 | 51.81 | 67.47 | 48.19 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | -0.000000 | 0.000000 | -0.000000 |
| Sigma [m] | | 0.238199 | 0.453870 | 0.402984 |
| RMS Error [m] | | 0.238199 | 0.453870 | 0.402984 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance



| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z[%] |
|--|-------------|-------------|-------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--------------------------------|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @ 3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: AI, External Parameters Optimization: AI, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 01h:17m:05s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 22m:48s |

Results



| | |
|---------------------------------------|---------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 6288123 |
| Average Density (per m ³) | 1438.76 |

Vedlegg 16: Rapport, 3 runder uten GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|--------------------------------|
| Project | siste b bygg 3 runder uten gcp |
| Processed | 2016-05-07 17:32:35 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 1.64 cm / 0.64 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 09m:17s |

Quality Check



| | | |
|------------------------------|--|---|
| ? Images | median of 29697 keypoints per image | ✓ |
| ? Dataset | 129 out of 129 images calibrated (100%), all images enabled | ✓ |
| ? Camera Optimization | 1.92% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| ? Matching | median of 12381.2 matches per calibrated image | ✓ |
| ? Georeferencing | yes, no 3D GCP | ⚠ |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 129 out of 129 |
| Number of Geolocated Images | 129 out of 129 |

? Initial Image Positions

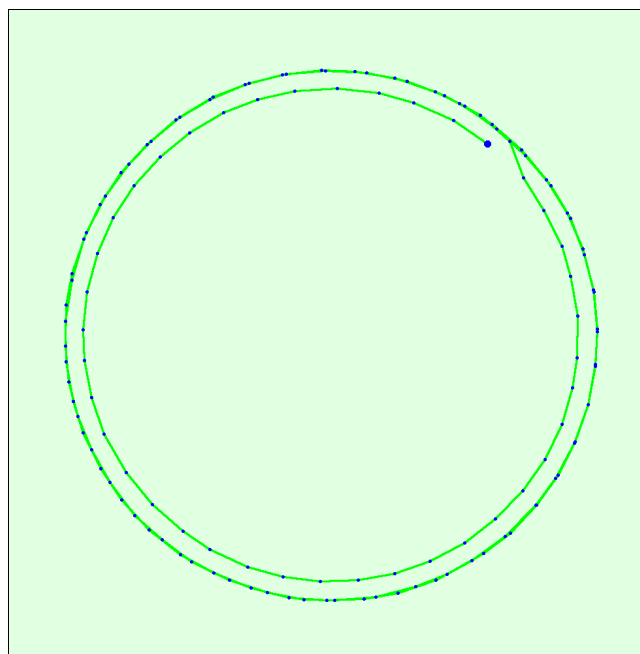


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

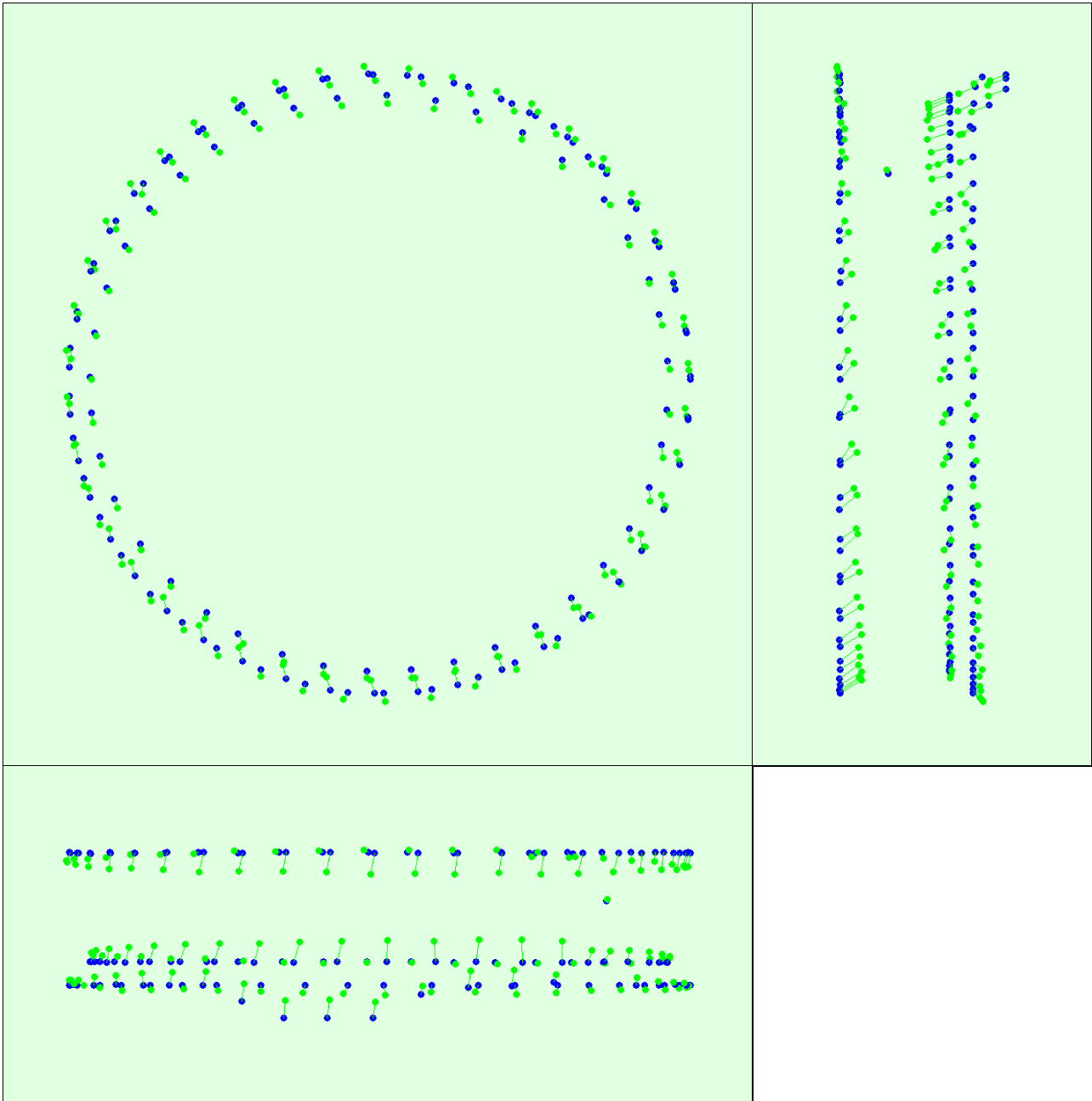


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Bundle Block Adjustment Details



| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 1616267 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 533283 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.218375 |

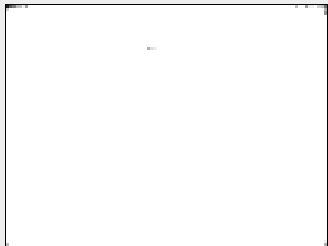
Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]



EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Initial Values | 2285.710 [pixel] 3.610 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1500.000 [pixel] 2.369 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2329.619 [pixel] 3.679 [mm] | 1985.884 [pixel] 3.136 [mm] | 1464.979 [pixel] 2.314 [mm] | -0.015 | 0.018 | -0.000 | -0.000 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 29697 | 12381 |
| Min | 20166 | 2965 |
| Max | 41411 | 21405 |
| Mean | 29462 | 12529 |

3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 341321 |
| In 3 Images | 88965 |
| In 4 Images | 38850 |
| In 5 Images | 20808 |
| In 6 Images | 12493 |
| In 7 Images | 8261 |
| In 8 Images | 5445 |
| In 9 Images | 3929 |
| In 10 Images | 2818 |
| In 11 Images | 2035 |
| In 12 Images | 1623 |
| In 13 Images | 1189 |
| In 14 Images | 936 |
| In 15 Images | 737 |
| In 16 Images | 621 |
| In 17 Images | 519 |
| In 18 Images | 398 |
| In 19 Images | 308 |
| In 20 Images | 278 |
| In 21 Images | 232 |
| In 22 Images | 195 |
| In 23 Images | 186 |
| In 24 Images | 149 |
| In 25 Images | 115 |
| In 26 Images | 111 |
| In 27 Images | 91 |
| In 28 Images | 88 |
| In 29 Images | 69 |
| In 30 Images | 58 |
| In 31 Images | 53 |
| In 32 Images | 49 |
| In 33 Images | 44 |
| In 34 Images | 43 |

| | |
|--------------|----|
| In 35 Images | 30 |
| In 36 Images | 31 |
| In 37 Images | 29 |
| In 38 Images | 20 |
| In 39 Images | 26 |
| In 40 Images | 22 |
| In 41 Images | 14 |
| In 42 Images | 16 |
| In 43 Images | 8 |
| In 44 Images | 5 |
| In 45 Images | 7 |
| In 46 Images | 7 |
| In 47 Images | 5 |
| In 48 Images | 5 |
| In 49 Images | 5 |
| In 50 Images | 6 |
| In 51 Images | 3 |
| In 52 Images | 1 |
| In 53 Images | 4 |
| In 54 Images | 8 |
| In 55 Images | 3 |
| In 56 Images | 2 |
| In 57 Images | 2 |
| In 59 Images | 4 |
| In 60 Images | 1 |
| In 65 Images | 1 |
| In 67 Images | 1 |

2D Keypoint Matches

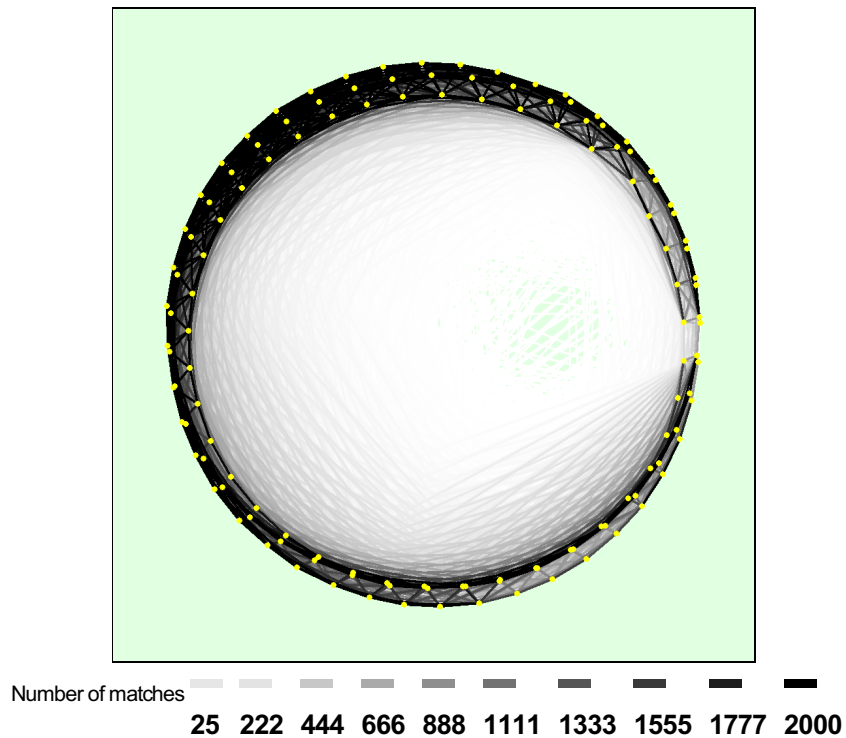


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details



🔍 Absolute Geolocation Variance



0 out of 129 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X[%] | Geolocation Error Y[%] | Geolocation Error Z[%] |
|----------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 57.36 | 42.64 | 48.06 |
| 0.00 | 3.00 | 42.64 | 57.36 | 51.94 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | -0.000000 | 0.000000 | -0.000000 |
| Sigma [m] | | 0.299747 | 1.019617 | 1.300272 |
| RMS Error [m] | | 0.299747 | 1.019617 | 1.300272 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

🔍 Relative Geolocation Variance



| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z[%] |
|--|-------------|-------------|-------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--------------------------------|---|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @ 3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTM zone 32N (egm96) |
| Detected template: | 📁 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: AI, External Parameters Optimization: AI, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Denoising details

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 02h:58m:39s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 24m:25s |

Results



| | |
|---------------------------------------|---------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 8677580 |
| Average Density (per m ³) | 896.81 |

Vedlegg 17: Rapport, vertikale bilder uten GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|------------------------|
| Project | siste b bygg kun nadir |
| Processed | 2016-05-08 13:18:24 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 2.07 cm / 0.81 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 06m:33s |

Quality Check



| | | |
|---------------------|--|--|
| Images | median of 34376 keypoints per image | |
| Dataset | 71 out of 71 images calibrated (100%), all images enabled | |
| Camera Optimization | 1.79% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | |
| Matching | median of 17322.6 matches per calibrated image | |
| Georeferencing | yes, no 3D GCP | |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|--------------|
| Number of Calibrated Images | 71 out of 71 |
| Number of Geolocated Images | 71 out of 71 |

Initial Image Positions

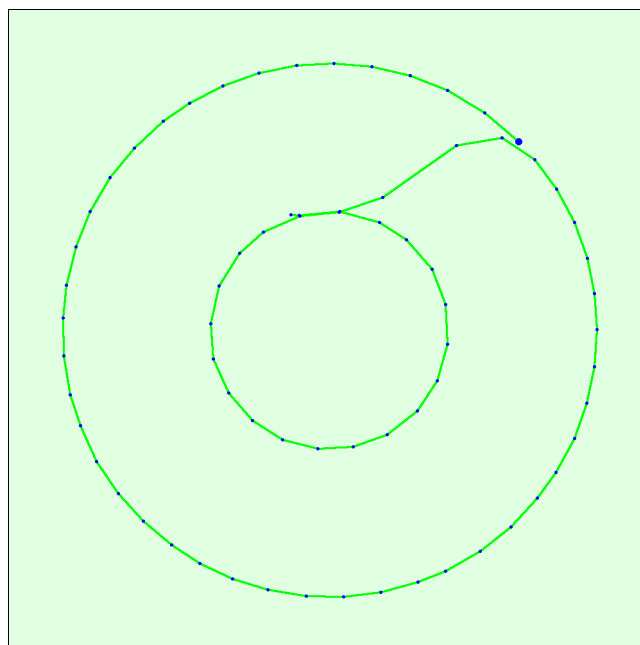


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

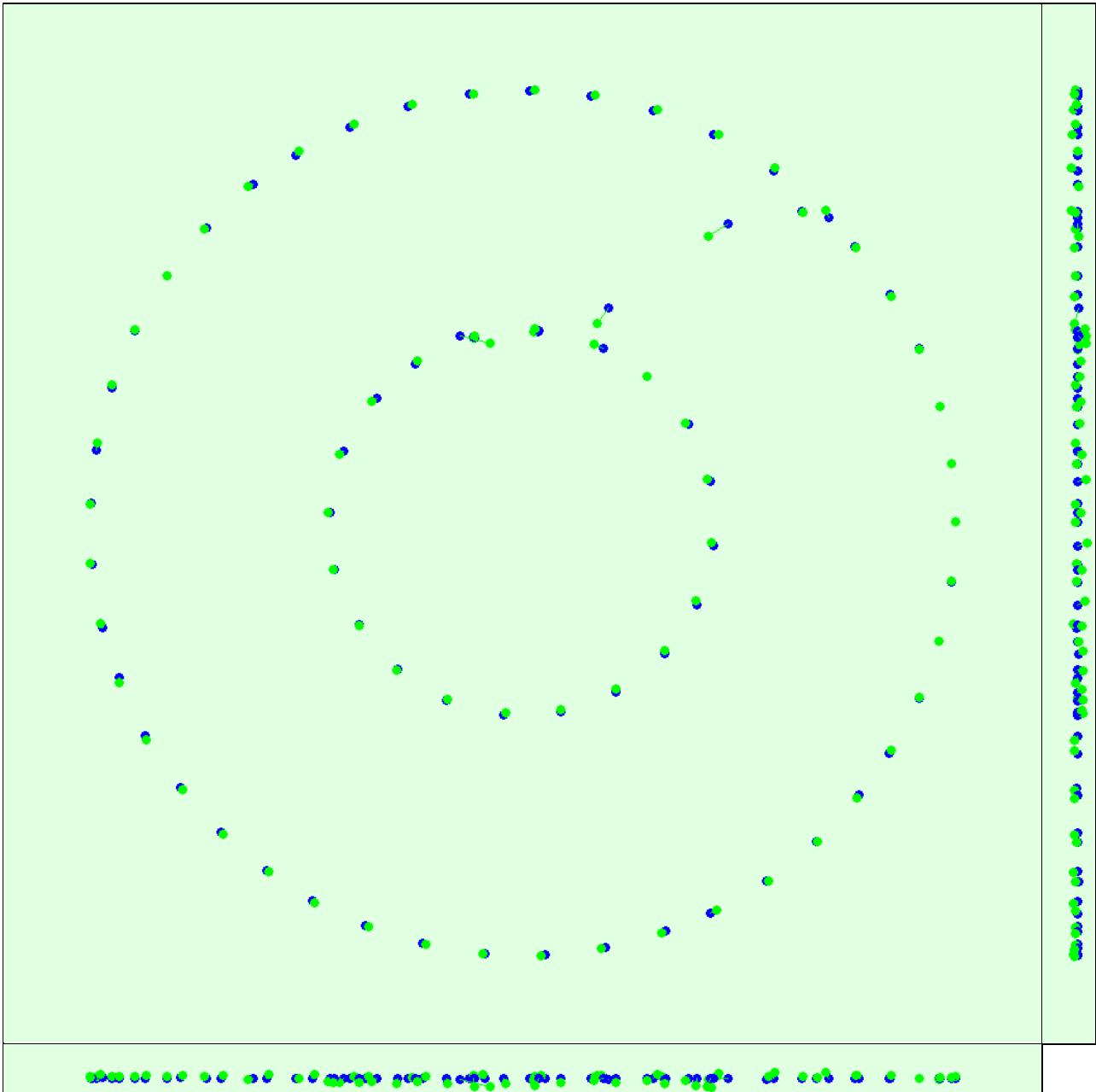


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Bundle Block Adjustment Details



| | |
|--|----------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 1258853 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 331303 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.224535 |

Internal Camera Parameters


FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]



EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|--|--------------|-------------------|-------------------|----|----|----|----|----|
|--|--------------|-------------------|-------------------|----|----|----|----|----|

| | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Initial Values | 2285.710 [pixel] 3.610 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1500.000 [pixel] 2.369 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2326.664 [pixel] 3.675 [mm] | 1980.638 [pixel] 3.128 [mm] | 1463.191 [pixel] 2.311 [mm] | -0.012 | 0.012 | 0.001 | -0.001 | -0.000 |



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 34376 | 17323 |
| Min | 20442 | 10278 |
| Max | 44396 | 24588 |
| Mean | 33531 | 17730 |

3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 174401 |
| In 3 Images | 57479 |
| In 4 Images | 29214 |
| In 5 Images | 17765 |
| In 6 Images | 12052 |
| In 7 Images | 8764 |
| In 8 Images | 6549 |
| In 9 Images | 4985 |
| In 10 Images | 3876 |
| In 11 Images | 2946 |
| In 12 Images | 2299 |
| In 13 Images | 1850 |
| In 14 Images | 1463 |
| In 15 Images | 1164 |
| In 16 Images | 960 |
| In 17 Images | 757 |
| In 18 Images | 617 |
| In 19 Images | 554 |
| In 20 Images | 494 |
| In 21 Images | 469 |
| In 22 Images | 357 |
| In 23 Images | 334 |
| In 24 Images | 282 |
| In 25 Images | 266 |
| In 26 Images | 236 |
| In 27 Images | 186 |
| In 28 Images | 164 |
| In 29 Images | 161 |
| In 30 Images | 171 |
| In 31 Images | 126 |
| In 32 Images | 92 |
| In 33 Images | 97 |
| In 34 Images | 74 |
| In 35 Images | 34 |
| In 36 Images | 23 |

| | |
|--------------|----|
| In 37 Images | 16 |
| In 38 Images | 16 |
| In 39 Images | 8 |
| In 40 Images | 2 |

2D Keypoint Matches

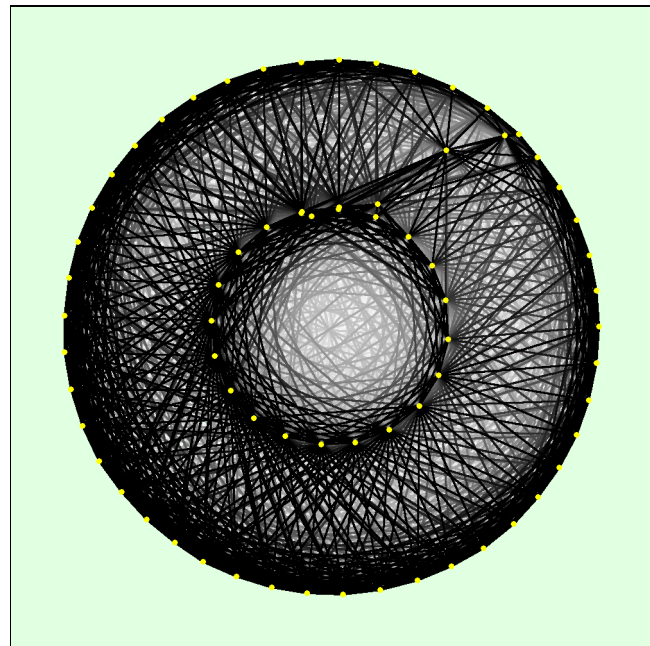


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Absolute Geolocation Variance

0 out of 71 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 52.11 | 54.93 | 60.56 |
| 0.00 | 3.00 | 47.89 | 45.07 | 39.44 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | -0.000055 | 0.000194 | 0.000072 |
| Sigma [m] | | 0.445729 | 0.291242 | 0.313733 |
| RMS Error [m] | | 0.445729 | 0.291242 | 0.313733 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance



| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z[%] |
|--|-------------|-------------|-------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--------------------------------|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @ 3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: AI, External Parameters Optimization: AI, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 46m:11s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 25m:52s |

Results



| | |
|---------------------------------------|---------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 4946683 |
| Average Density (per m ³) | 429.92 |

Vedlegg 18: Rapport, alle bilder uten GCP

Quality Report



Generated with Pro version 2.1.52



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



| | |
|--|------------------------------|
| Project | siste b bygg alt uten gcp ok |
| Processed | 2016-05-07 21:20:50 |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 2.01 cm / 0.79 in |
| Time for Initial Processing (without report) | 15m:27s |

Quality Check



| | | |
|---------------------|--|--|
| Images | median of 30767 keypoints per image | |
| Dataset | 200 out of 200 images calibrated (100%), all images enabled | |
| Camera Optimization | 1.92% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | |
| Matching | median of 13898.6 matches per calibrated image | |
| Georeferencing | yes, no 3D GCP | |

Calibration Details



| | |
|-----------------------------|----------------|
| Number of Calibrated Images | 200 out of 200 |
| Number of Geolocated Images | 200 out of 200 |

Initial Image Positions

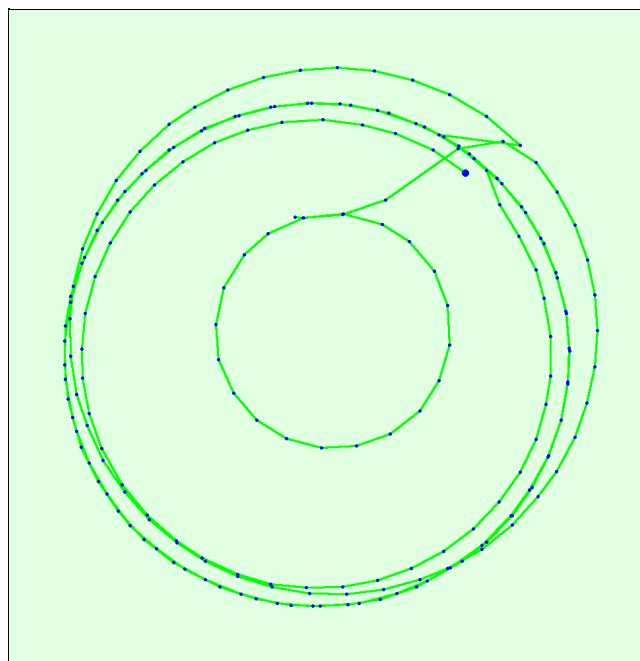


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

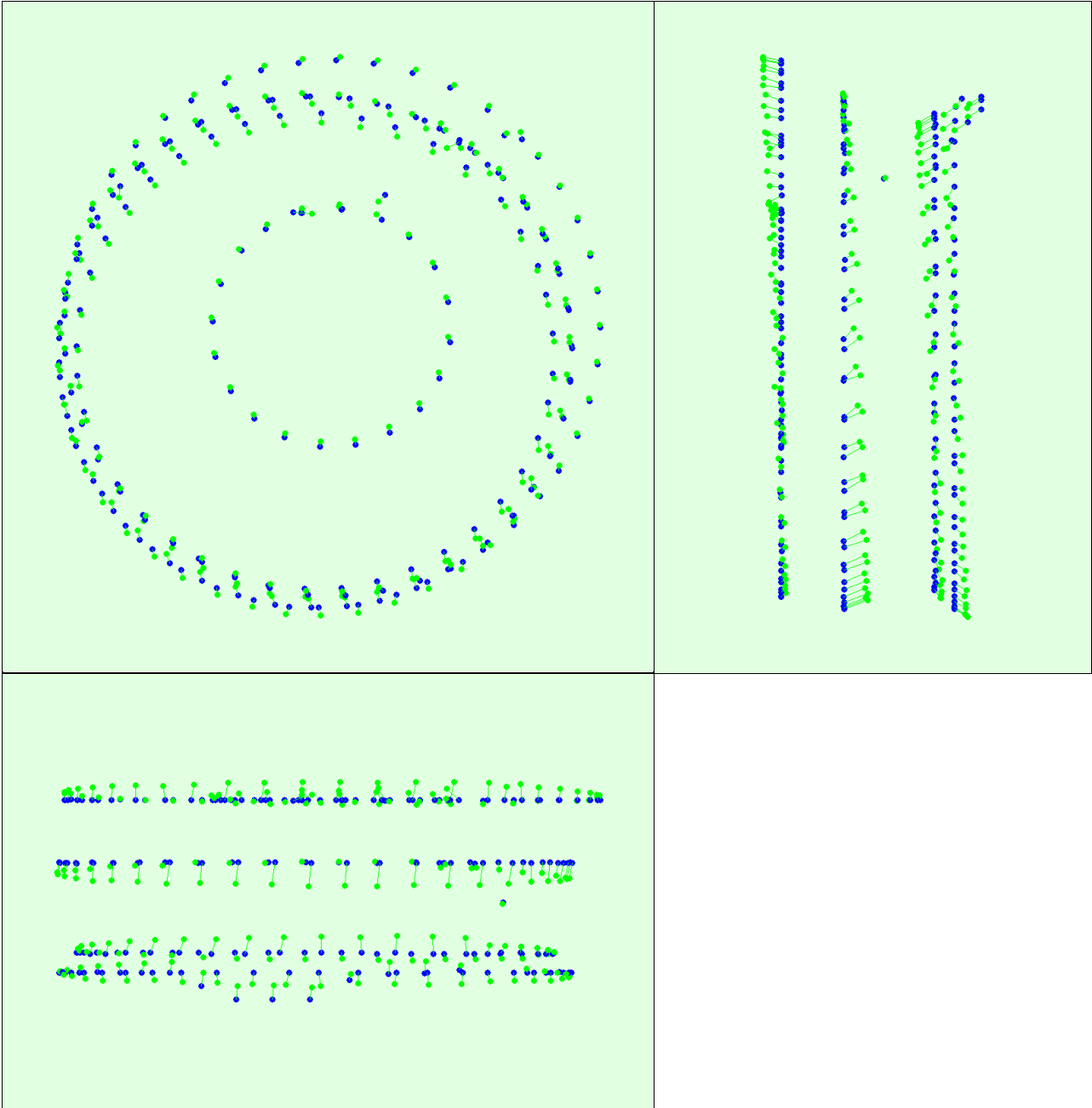


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Bundle Block Adjustment Details



| | |
|--|---------|
| Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment | 2791837 |
| Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment | 847270 |
| Mean Reprojection Error [pixels] | 0.22521 |

Internal Camera Parameters

FC300S_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]



EXIF ID: FC300S_3.6_4000x3000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Initial Values | 2285.710 [pixel] 3.610 [mm] | 2000.000 [pixel] 3.159 [mm] | 1500.000 [pixel] 2.369 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Optimized Values | 2329.822 [pixel] 3.680 [mm] | 1983.593 [pixel] 3.133 [mm] | 1461.970 [pixel] 2.309 [mm] | -0.011 | 0.012 | 0.002 | -0.001 | -0.000 |

The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|--------|----------------------------------|--|
| Median | 30767 | 13899 |
| Min | 20166 | 3515 |
| Max | 44396 | 24084 |
| Mean | 30906 | 13959 |

3D Points from 2D Keypoint Matches



| | Number of 3D Points Observed |
|--------------|------------------------------|
| In 2 Images | 509573 |
| In 3 Images | 143430 |
| In 4 Images | 66275 |
| In 5 Images | 37134 |
| In 6 Images | 23704 |
| In 7 Images | 16381 |
| In 8 Images | 11512 |
| In 9 Images | 8446 |
| In 10 Images | 6307 |
| In 11 Images | 4656 |
| In 12 Images | 3672 |
| In 13 Images | 2720 |
| In 14 Images | 2233 |
| In 15 Images | 1731 |
| In 16 Images | 1384 |
| In 17 Images | 1150 |
| In 18 Images | 950 |
| In 19 Images | 793 |
| In 20 Images | 681 |
| In 21 Images | 630 |
| In 22 Images | 504 |
| In 23 Images | 449 |
| In 24 Images | 350 |
| In 25 Images | 343 |
| In 26 Images | 279 |
| In 27 Images | 261 |
| In 28 Images | 227 |
| In 29 Images | 196 |
| In 30 Images | 183 |
| In 31 Images | 144 |
| In 32 Images | 124 |
| In 33 Images | 117 |
| In 34 Images | 88 |

| | |
|--------------|----|
| In 35 Images | 67 |
| In 36 Images | 52 |
| In 37 Images | 51 |
| In 38 Images | 47 |
| In 39 Images | 35 |
| In 40 Images | 25 |
| In 41 Images | 33 |
| In 42 Images | 23 |
| In 43 Images | 27 |
| In 44 Images | 15 |
| In 45 Images | 23 |
| In 46 Images | 16 |
| In 47 Images | 20 |
| In 48 Images | 12 |
| In 49 Images | 11 |
| In 50 Images | 11 |
| In 51 Images | 14 |
| In 52 Images | 12 |
| In 53 Images | 8 |
| In 54 Images | 12 |
| In 55 Images | 11 |
| In 56 Images | 10 |
| In 57 Images | 10 |
| In 58 Images | 9 |
| In 59 Images | 7 |
| In 60 Images | 5 |
| In 61 Images | 2 |
| In 62 Images | 8 |
| In 63 Images | 8 |
| In 64 Images | 6 |
| In 65 Images | 5 |
| In 66 Images | 6 |
| In 67 Images | 1 |
| In 68 Images | 7 |
| In 69 Images | 2 |
| In 70 Images | 2 |
| In 71 Images | 2 |
| In 72 Images | 3 |
| In 73 Images | 5 |
| In 74 Images | 7 |
| In 76 Images | 3 |
| In 77 Images | 3 |
| In 78 Images | 1 |
| In 79 Images | 1 |
| In 81 Images | 1 |
| In 82 Images | 1 |
| In 85 Images | 2 |
| In 87 Images | 1 |

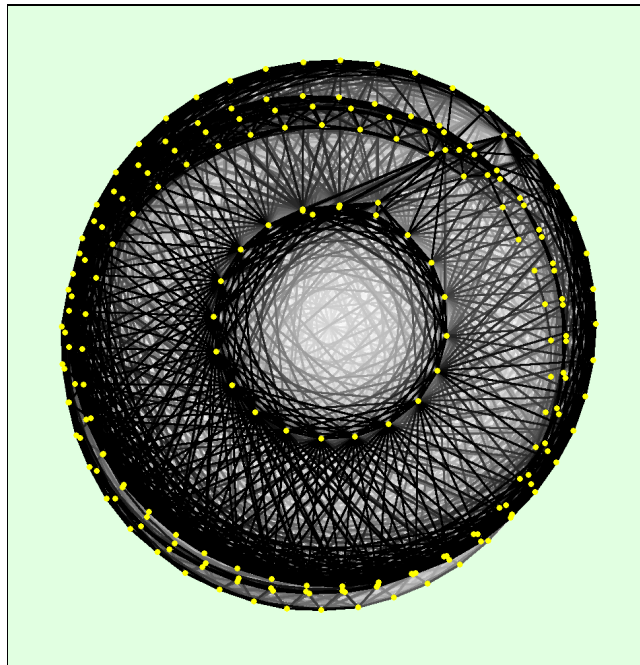


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Absolute Geolocation Variance

0 out of 200 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

| Min Error [m] | Max Error [m] | Geolocation Error X [%] | Geolocation Error Y [%] | Geolocation Error Z [%] |
|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| - | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -15.00 | -12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -12.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -9.00 | -6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -6.00 | -3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | 0.00 | 52.00 | 60.50 | 48.50 |
| 0.00 | 3.00 | 48.00 | 39.50 | 48.50 |
| 3.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 3.00 |
| 6.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean [m] | | 0.000000 | -0.000000 | -0.000000 |
| Sigma [m] | | 0.364590 | 0.885025 | 1.436405 |
| RMS Error [m] | | 0.364590 | 0.885025 | 1.436405 |

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance

| Relative Geolocation Error | Images X [%] | Images Y [%] | Images Z [%] |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| [-1.00, 1.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

| | | | |
|--|----------|----------|-----------|
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Mean of Geolocation Accuracy [m] | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| Sigma of Geolocation Accuracy [m] | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Processing Options



| | |
|--------------------------------|--|
| Hardware | CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4670K CPU @ 3.40GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX980 Ti (Driver: 10.18.13.5891), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown) |
| Operating System | Windows 7 Ultimate, 64-bit |
| Camera Model Name | FC300S_3.6_4000x3000 (RGB) |
| Image Coordinate System | WGS84 (egm96) |
| Output Coordinate System | WGS84 / UTMzone 32N (egm96) |
| Detected template: | 3D Models |
| Keypoints Image Scale | Full, Image Scale: 1 |
| Advanced: Matching Image Pairs | Free Flight or Terrestrial |
| Advanced: Matching Strategy | Use Geometrically Verified Matching: no |
| Advanced: Keypoint Extraction | Targeted Number of Keypoints: Automatic |
| Advanced: Calibration | Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: Auto yes |

Point Cloud Densification details



Processing Options



| | |
|--|--|
| Image Scale | multiscale, 1/2 (Half image size, Default) |
| Point Density | Optimal |
| Minimum Number of Matches | 3 |
| 3D Textured Mesh Generation | yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192 |
| Advanced: Matching Window Size | 9x9 pixels |
| Advanced: Image Groups | group1 |
| Advanced: Use Processing Area | yes |
| Advanced: Use Annotations | yes |
| Advanced: Limit Camera Depth Automatically | yes |
| Time for Point Cloud Densification | 05h:43m:19s |
| Time for 3D Textured Mesh Generation | 50m:03s |

Results



| | |
|---------------------------------------|----------|
| Number of Generated Tiles | 1 |
| Number of 3D Densified Points | 12114732 |
| Average Density (per m ³) | 786.86 |