



Sammendrag

Opgaven er skrevet innen fagområdet geomatikk, på vegne av Skanska Survey. Bilder fra drone gir en interessant datafangst. Droners unike navigasjonsevne er en fordel for å innhente bilder fra vanskelige områder, som bakgårder og trange smug. I denne masteroppgaven har jeg belyst hvordan det er mulig å forbedre Photoscans sluttprodukter. Ortofoto, punktsky og 3d-modell er noen av sluttproduktene.

Formålet med oppgaven er å forbedre og optimalisere Photoscans sluttprodukter. Jeg har vurdert to ulike resultat, det er geometrisk kvalitet og punktnøyaktighet. Resultatene fra Photoscan ble testet ved å sammenligne prosjekter. Tanken er at prosjektenes ulike resultater skal forklares ut fra de ulike valg av variabler. Ved metoden er det viktig at det er kun de variablene som undersøkes, som varierer. Alle andre variabler skal holdes konstant.

I min studie av Photoscan, tok jeg utgangspunkt i rådataene fra dronebilder, kameraposisjon og gittpunkter.

Her presenteres mine funn:

Photoscan automatiske selvkalibrering gir den beste punktnøyaktigheten, både for 120 og 40 meters flyhøyde. Lavere flyhøyde gir bedre punktnøyaktighet. God overlapp er en fordel for den geometriske kvaliteten, både punktsky og ortofoto blir bedre. Overlapp er likevel et lite dilemma, for punktnøyaktigheten blir bedre med dårligere overlapp.

Små og detaljerte kasser i forgrunnen av bildene oppdages best ved Mild-filtrering.

I denne artikkelen har jeg undersøkt hvor mange gittpunkt som trengs for å detektere grovfeil.

Les videre for å finne ut mer!

Abstract

This thesis is written in the fields of geomatics, on behalf of Skanska Survey. Photographs from a drone generates an interesting data capture. A drone's unique navigation capability, is an advantage when gathering photographs in difficult landscapes such as backstreets and narrow alleys. In this Masters thesis I have highlighted how it is possible to improve Photoscan's end products. Orthophoto, point cloud and 3D-modell are a few of the end products.

The aim of this thesis is to improve and optimize Photoscan's end products. I have considered two different results, the geometric quality and point accuracy. The results from Photoscan was tested by comparing projects. The idea is that the projects varied results will be explained using the different selections of variables. Using this method, it is important that only the variables under investigation, differ. All others variables must remain constant.

During my study in Photoscan, my starting point was chosen from raw data from the drones, camera positions and ground control points.

These are my findings:

Photoscan's automatic self-calibration gives the best point accuracy, both at 40 and 120 meters altitude. Lower altitude gives better point accuracy. Generous overlaps are an advantage to achieve geometric quality, both point cloud and orthophoto results are better. Overlap is also however a dilemma, as point accuracy is better when overlap is less generous.

Small and detailed boxes in the foreground of the photographs are more discoverable using Mild depth filtering mode.

In this thesis I have investigated how many ground control points are needed to detect blunders. Read on to discover more!

Forord

Denne masteroppgaven er avslutningen på mitt femårige geomatikkstudium ved Norges- miljø og biovitenskapelige universitet.

Høsten 2014 undersøkte jeg muligheten for å skrive masteroppgave for en bedrift. Heldig som jeg var, ble jeg invitert til et møte med Skanska Survey, hvor jeg fikk seniorrådgiver Bjørn Willy Larsen som veileder. Han ga meg motivasjon til å skrive en oppgave om drone og bidro med flere gode ideer. Takk til Bjørn Willy Larsen for hjelp og inspirasjon. I tillegg vil jeg takke alle ved Skanska sitt kontor som bisto med hjelp, ingen nevnt ingen glemt. Jeg er takknemlig for at de ga meg mulighet til å prosessere data fra deres kontor i Oslo. Deres høye datatytelse var en fordel.

Ivar Maalen-Johansen har vært min hovedveileder, han er amanuensis innenfor Geomatikk, ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, NMBU. Takk til Maalen-Johansen for faglig hjelp, gode innspill som ga motivasjon, samt konstruktive tilbakemeldinger.

Jeg vil også takke professor Jon Glenn Gjevestad, NMBU, for utlån av GPS-utstyr samt faglig råd ved beregning av ytre pålitelighet. Samtidig takker jeg Erik Sundheim, Geomatikk Survey og Anders Nesse, Norconsult for god diskusjon og svar på relevante spørsmål innen droneteknologi.

For meg har det vært inspirerende å skrive en masteroppgave hvor en arbeider med bilder. Ett bilde sier mer enn tusen ord, og beskriver min interesse for fotogrammetri. Å finne forbedringsmuligheter i Photoscan var noe Skanska ønsket. Det var engasjerende å vite at jeg undersøkte noe som var av interesse for Skanska.

En stor takk til Skanska som finansierer trykking av oppgaven.

Takk til familie og venner som har støttet meg på veien. Jeg sender også en stor takk til min korrekturleser Jorunn Odny Hynne.

Ås, NMBU, 12.05.2015

Sigurd Hynne

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Abstract	5
Forord	7
Innholdsfortegnelse	9
1. Innledning	
1.1 Innledning	12
1.2 Problemstilling	13
1.3 Relevante undersøkelser	14
1.4 Forutsetninger	15
2. Materialer og Metode	
2.1 Dronefotografering	16
2.2 Forberedelser til fotografering	16
2.3 Startfase	17
2.4 Metodikk	18
2.5 Kamerakalibrering	18
2.6 Tekniske hjelpemidler og programvare	21
2.7 Arbeidsgang Agisoft Photoscan	21

3. Resultat og analyse

3.1	Automatisk selvkalibrering kontra manuell selvkalibrering	22
3.2	Punktnøyaktighet	22
3.2.1	Punktnøyaktighet 40 meter	23
3.2.2	Punktnøyaktighet 120 meter	24
3.2.3	Flyhøyde 120 meter versus 40 meter	24
3.2.4	Hva skjer med punktnøyaktighet når antall gittpunkt reduseres?	25
3.3	Photoscans evne til å detektere grovfeil	25
3.4	Beregning av reell overlapp ved hjelp av Excel-dokument	26
3.5	Geometrisk kvalitet	29
3.5.1	Tekstur i 3d-modeller	29
3.5.2	Punktsky	34
3.5.2.1	Visuell inspeksjon av punktsky med flyhøyde 40 meter	37
3.5.2.2	Visuell inspeksjon av punktsky med flyhøyde 120 meter	48
3.5.2.3	Visuell inspeksjon av punktsky på ulike flyhøyder	54
3.5.3	Ortofoto	57

4. Diskusjon

4.1	Automatisk selvkalibrering kontra manuell selvkalibrering	59
4.2	Punktnøyaktighet	59
4.2.1	Punktnøyaktighet 40 meter	60
4.2.2	Punktnøyaktighet 120 meter	61
4.2.3	Flyhøyde 120 meter versus 40 meter	61
4.2.4	Hva skjer med punktnøyaktigheten når antall gittpunkt reduseres?	62
4.3	Photoscans evne til å detektere grovfeil	62
4.4	Geometrisk kvalitet	63
4.4.1	Visuell inspeksjon av punktsky med flyhøyde 40 meter	63
4.4.2	Visuell inspeksjon av punktsky med flyhøyde 120 meter	64
4.4.3	Ortofoto	64

5. Konklusjon

5.1 Konklusjon

65

Litteraturliste

Appendiks

Kapittel 1

1.1 Innledning

Tenk deg at du skal måle inn veier, grøfter, kummer og stolper. Til å gjøre jobben får du en GPS og totalstasjon til rådighet. Hvis området som skal måles inn er ulendt og kupert, blir det vanskelig å forutsi arbeidets omfang og varighet.

Å fly med drone kan være en mer effektiv måte å samle inn data på. Særlig for større oppmålingsprosjekter kan man spare både tid og arbeid. Prosjektets størrelse avgjør naturligvis om det er hensiktsmessig å fly med drone.

En av fordelene med bilder fra drone er at de gir en meget god dokumentasjon på hvordan situasjonen var på det tidspunktet bildeopptaket ble gjort. Objekter som flyttes, eller endringer som oppstår under eller etter en oppmåling er ofte et problem. Dette gjelder særlig for landmåling, hvor man ikke har bildebevis på hva som er målt inn. Hvis det oppstår uenighet om hva som faktisk er målt inn til hvilken tid, er dronebilder en god dokumentasjon for å fjerne all tvil.

Skanska Survey benytter programvaren Agisoft Photoscan (fra nå av Photoscan) som verktøy, for å konstruere 3d-modeller, ortofoto, punktskyer og terrengmodeller. 3d-modeller, ortofoto, punktskyer og terrengmodeller er sluttprodukter som genereres fra Photoscan. Hvilken verdi har eksempelvis et ortofoto hvis det ikke er av god kvalitet? Det har ingen verdi. For å kunne planlegge for eksempel bygging av en vei ved hjelp av et ortofoto eller en terrengmodell, må kvaliteten være "tilstrekkelig god" til formålet.

Skanskas interesse er å få så gode resultat som mulig. Å avgrense til en presis problemstilling er utfordrende, da det stadig dukker opp ting som er av interesse.

1.2 Problemstilling

Valget falt på å teste programvaren Photoscan. Målet med testingen er å finne variabler som optimaliserer kvaliteten på Photoscans sluttprodukter.

I oppgaven opererer jeg med to ulike resultat som skal vurderes, det er punktnøyaktighet og geometrisk kvalitet.

I Photoscan testes følgende:

- Hvilken type selvkalibrering gir mest effektiv tidsbruk i en "Aligning Photos" kjøring?
 - Automatisk selvkalibrering eller manuell selvkalibrering?
 - Undersøkes på 40 meters flyhøyde

- Hvilke valg gir Photoscan best punktnøyaktighet?
 - Betydning av overlapp
 - Undersøkes på 40 og 120 meters flyhøyde

- Hva skjer med punktnøyaktighet når antall gittpunkt reduseres?
 - Undersøkes på 120 meter

- Evner Photoscan å detektere grovfeil?
 - Undersøkes på 120 meter

- Hvilke valg gir Photoscan best geometrisk kvalitet?
 - Betydning av overlapp
 - Undersøkes på 40 og 120 meters flyhøyde

- Bildeformat TIFF kontra JPG?
 - Undersøkes på 120 meter

1.3 Relevante undersøkelser

Det finnes selvsagt tidligere undersøkelser som har noen likhetstrekk med mitt tema. Hos Geomatikk Survey AS ble jeg tipset om artikkelen "Field Accuracy Test of RPAS Photogrammetry". RPAS, står for Remotely Piloted Aircraft System. (Barry & Coakley 2013).

Denne artikkelen er utarbeidet for Baseline Survey Ltd, hvor punktnøyaktighet ved hjelp av sjekkpunkt på bakken er hovedtema. De produserte ortofoto og terrengmodeller ved hjelp av programvaren Photoscan. For å beregne nøyaktigheten til sjekkpunktene benyttet de ArcGIS, som er et kjent GIS-program. Dette ble gjort ved å måle avvik mellom sjekkpunkt-koordinatene fra Photoscan og sjekkpunkt-koordinatene fra RTK GPS-målinger. Analysen gav en nøyaktighet på 41 mm horisontalt og 68 mm vertikalt, med et 95 % konfidensintervall. Det ble brukt 45 sjekkpunkter. (Barry & Coakley 2013).

Punktnøyaktighet er også tema for min oppgave, men jeg har et annet fokus. Jeg tester Photoscan for å optimalisere kvaliteten på sluttproduktene. Her tenker jeg ikke bare på punktnøyaktighet, men også på geometrisk kvalitet. Geometrisk kvalitet innebærer å vurdere hvor godt geometrien er bevart og se på fullstendighet i punktskyen. Dette er noe som Baseline Survey Ltd ikke har tatt for seg. Kort forklart ser jeg på enkle grep som kan gjøre prosessen mer effektiv for Skanska som oppdragstaker. For eksempel undersøker jeg om JPG er like bra som TIFF. Dette er en litt annen innfallsvinkel enn Baseline Survey Ltd, som undersøkte hvilken nøyaktighet de kunne yte til klientene. (Barry & Coakley 2013).

"UAV Photogrammetry: Block Triangulation Comparisons" er en artikkel som Agisoft online support anbefalte (Gini et al. 2013). Her sammenlignes blokkutjevning mellom ulike programvarer. For å kunne vurdere nøyaktigheten, benyttet de signalerte sjekkpunkt på bakken. Photoscan sin RMSE-punktnøyaktighet på sjekkpunktene angis til å være henholdsvis 19 mm i øst-koordinaten, 50 mm i nord-koordinaten og 55 mm i høyden. (Gini et al. 2013).

"The UAV SenseFly, equipped with a camera Canon Ixus 220HS, flew autonomously over the area at a height of 130 m yielding a block of 49 images divided in 5 strips. Sixteen pre-signalized Ground Control Points, surveyed in the area through GPS (NRTKsurvey), allowed the referencing of the block and accuracy analyses." (Gini et al. 2013, side 157).

I artikkelen sammenlignes overflatemodeller fra de ulike programvarene. En og en overflate blir sammenlignet mot hverandre, og ved hjelp av et kart blir det vist hvor de største høydedifferanse befinner seg. Høydedifferansen viser seg å være størst i problemområder som eksempelvis dalfører og i omriss av bygg. (Gini et al. 2013).

1.4 Forutsetninger

Jeg har forutsatt at leseren er interessert i fotogrammetri og har kjennskap til følgende begreper:

- Sentralprojeksjon
- Betingelsen for kolinearitet
- Tilbake- og fremskjæring i rommet
- Bildematching
- Automatisk blokkutjevning og aerotriangulering
- Ytre orientering
- Absolutt orientering

Informasjon omkring noen av disse begrepene finnes på nett, se web-adresse under.

(Geomatikkseksjonen 2009, <https://snl.no/fotogrammetri>).

Kapittel 2 Materialer og metode

2.1 Dronefotografering

Jeg synes det er gøy å se droner fly! Droners unike navigasjonsevne er en fordel for å skaffe innsyn i trange smug og ta bilder fra vanskelige vinkler.

Takket være utviklingen av nye plattformer og sensorer har dronekartlegging fra luften skutt fart. Auto-systemer som kontrollerer og planlegger flyvningen gjør prosessen med å fly enklere. En følge av enklere navigering er økt anvendelse og mer utforskning. (Gini et al. 2013).

Selv om dronen er satt til å følge en bestemt flyrute, kan man heldigvis overstyre dronen manuelt. Manuell overstyring kan eksempelvis være nødvendig hvis det dukker opp en fugl med hensikt å angripe dronen.

Det er motiverende å jobbe med droner, fordi det gir en rik og effektiv datafangst. Dronebilder gir også flere muligheter enn eksempelvis landmåling, man kan lage 3d-modeller og danne gode ortofoto.

For mindre arealer, er det kjekt å vite at dronefotografering både er en billigere og en raskere prosess enn flyfotografering. Ved dronekartleggingen på campus Ås var dronen utstyrt med en navigasjons-GPS med en nøyaktighet på omtrent 4-5 meter. Fly for fotogrammetri-formål har som regel bedre bestemmelse av ytre orientering, ved hjelp av INS og DGPS. I midlertid må det sies at dette også koster mer.

En utfordring er droners kamerastabilitet. Ved svak stabilitet er det vanskelig å få jevn overlapp i en flyvning. Vind kan forskyve dronen slik at overlappen blir varierende, noe som er lite gunstig. Det skal litt mer vind til for å forskyve orienteringen til et fly.

2.2 Forberedelser til fotografering

Jeg var spent på om vi i det hele tatt greide å fly over campus Ås før snøen la seg for godt. Værgudene var heldigvis på vår side i starten av januar. Det ble enighet om å fly på to ulike flyhøyder for å få to bakkeoppløsninger, dette for å få en interessant datafangst. I tillegg var det ønskelig å variere overlapp,

for å se om det kunne utgjøre store forskjeller på sluttproduktene. Maalen-Johansen oppfordret til å fly med stor overlapp, opp mot 85 % i lengderetning.

Hensikten med en stor overlapp, er at man kan fjerne annethvert bilde fra datasettet og på den måten danne et ekstra datasett med mindre overlapp. Planen ble å kjøre en blokkutjevning for hvert datasett og sammenligne kvalitet tilslutt. Dette innebærer at det foretas en totalvurdering av både punktnøyaktighet- og geometrisk kvalitet.

Ved dronefotograferingen ble det brukt et allerede etablert testfelt, ved TF-bygget i Drøbakveien 31, Ås. En av grunnene for å velge et etablert testfelt, var at det ga mulighet for å sammenligne med andre prosjekter. Fra før av var det slått ned spikre for hvert gitttpunkt, disse måtte signaleres med A3-ark eller spray. På steder hvor det kjørte biler ble det brukt spray, for å forhindre forflytting av gitttpunktene.

Før flyvning ble koordinatene sendt til Skanska, i tillegg ble det laget en områdeavgrensning ved hjelp av GoogleEarth. Denne informasjonen var essensiell for å kunne planlegge flyvningen.

Torsdag 8. januar ble første droneflyvning over campus Ås gjennomført, sammen med Skanska.

Koordinatene for de signalerte gitttpunktene ble målt inn med RTK GPS. Skanska gjorde dessverre en feil, slik at kameraet ikke greide å ta bilder. Det er viktig å sjekke at man faktisk har fanget data. Jeg var fornøyd da Skanska velvillig stilte opp til ny flyvning dagen etter. Denne gangen kontrollerte de at det ble lagret bilder på CCD-brikken.

Hvert signalerte punkt i testfeltet ble målt inn med RTK GPS, hvert punkt ble målt fire ganger.

Gitttpunktene er grunnlaget for beregning av nye terrengkoordinater. Nøyaktigheten til gitttpunktene er en begrensende faktor for hvilken nøyaktighet det er mulig å oppnå fra dronebildene. For å ha et mål på testfeltets gitttpunkt-nøyaktighet, beregnet jeg ytre pålitelighet.

Definisjonen av ytre pålitelighet er hvilken effekt gjenværende grovfeil har på de ukjente koordinatene (D. Ghilani 2010, side 454).

2.3 Startfase

Med data tilgjengelig var det tid for å prøve seg frem i Photoscan. For å forstå prinsippene på kort tid, ble det gjort et mindre utvalg av bildeblokka. Dette var smart for å kunne teste ulike valg tidlig i prosessen.

2.4 Metodikk

Som beskrevet i innledningen falt valget på å vurdere to resultater, nemlig punktnøyaktighet og geometrisk kvalitet. Spørsmålet ble: Hvordan kan dette gjøres på en god måte? Tankeprosessen startet med å liste opp grunnlaget for vurderingen:

1. Punktnøyaktighet:
 - a. Passive sjekkpunkt
2. Geometrisk kvalitet:
 - a. Punktsky
 - b. 3d-modell
 - c. Ortofoto

2.5 Kamerakalibrering

Hensikten med en kamerakalibrering er å bestemme kameraets indre geometri. En godt bestemt indre orientering er viktig fordi det påvirker beregningen av nye terrengkoordinater.

Kameraets indre geometri endres over tid, derfor er det viktig å ha en oppdatert kalibrering. Den indre geometrien beskrives ved hjelp av de indre orienteringsparametre. Disse er størrelser som kamerakonstant, bildehovedpunkt (PPS), radiell fortegning, tangentiell fortegning samt affinitet. Tilsammen utgjør disse 8 til 11 ukjente, avhengig av beregningsmetoden (Luhmann et al. 2006).

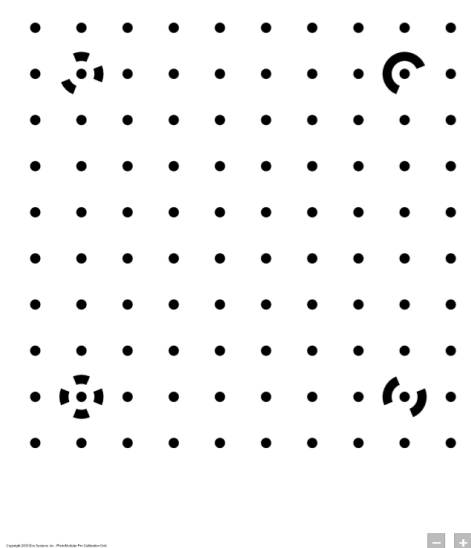
To typer kalibreringer blir omtalt i min oppgave, det er automatisk og manuell selvkalibrering. Den automatiske selvkalibreringen ble utført i Photoscan, ved hjelp av en "Aligning Photos" prosedyre. Prosedyren er omtalt i brukermanualen som ligger på web (side 10, Agisoft 2014). Den automatiske selvkalibreringen bestemmes av en matchet punktsky.

Manuell selvkalibrering ble utført ved å fotografere et stort ark. Arkets størrelse var ca. 1 meter x 1 meter. En fordel ved selvkalibrering er at man ikke trenger å kjenne koordinatene til punktmønsteret (Luhmann et al. 2006). Kalibreringen ble gjennomført fjorten dager etter flyvningen. På denne tiden kan det ha skjedd endringer i den indre geometrien til kameraet. Kameraet burde ideelt vært kalibrert før flyvning, men av praktiske årsaker lot det seg ikke gjøre. Et støt er eksempelvis nok til å endre den indre geometrien.

"The parameters of interior orientation can be calculated solely by the photogrammetric determination of the object shape i.e by incorporating only image information and intersection conditions for unknown object points." (Luhmann et al. 2006, side 453).

For å ha mulighet til å sammenligne kalibreringsfilene, ble det gjennomført to manuelle selvkalibreringer. Disse kalibreringene ble gjennomført i programmene PhotoModeler og Agisoft Lens (fra nå av Lens). I Photomodeler får man en utskrift etter at kalibreringen er gjennomført. I Lens får man ingen utskrift. Her får man derimot opp vektorpiler, som viser hvor god kalibreringen er.

En klar fordel med Lens er at det er mulig å gjøre en direkte eksport av kalibreringsfilen til Photoscan. Enkelt forklart snakker Lens og Photoscan samme språk, og bruker piksler som enhet for kamerakonstant, bildehovedpunkt og bildeforamt. Photomodeler opererer derimot med enheten millimeter. Utfordringen ble å konvertere Photomodeler sin kalibreringsfil til Photoscan. Det lot seg gjøre ved å gå veien om Lens, her lå det en innebygd konverteringsrutine for importering av data fra Photomodeler.



Figur 2.1:

Veldefinert punktmønster for selvkalibrering i PhotoModeler (PhotoModeler Pro Calibration grid 2003).

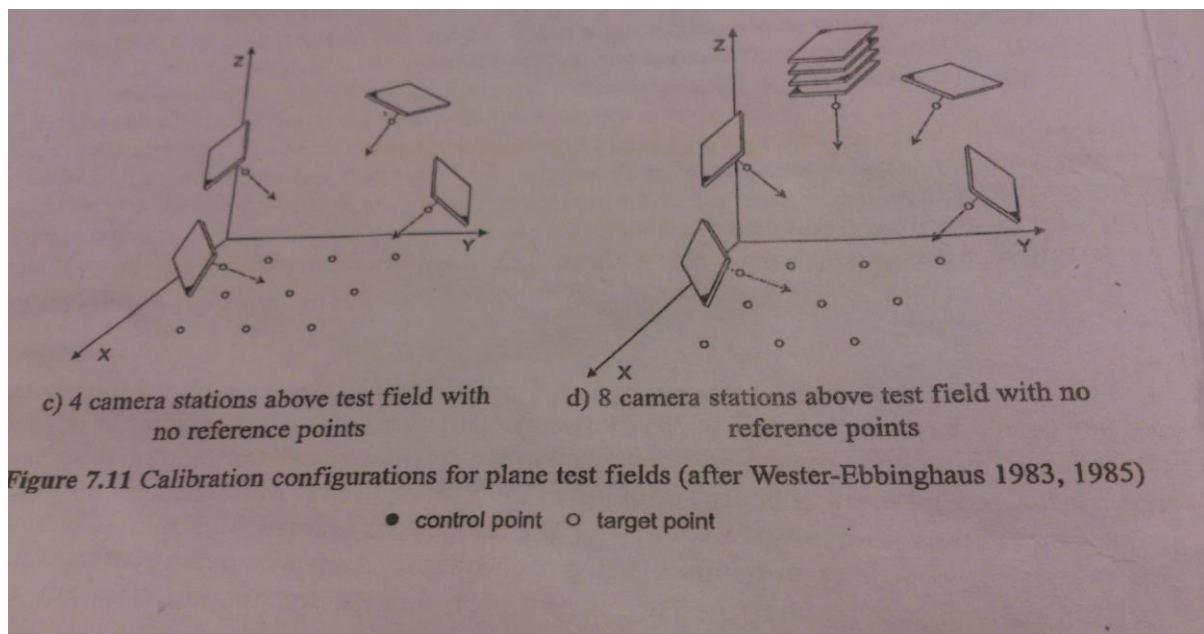
Ved manuell selvkalibrering i Photomodeler ble det veldefinerte punktmønsteret fra figur 2.1 brukt.

Fremgangsmåte for å fotografere punktmønster:

1. Fotografere tilsammen 8 bilder
 - a. 2 bilder fra hver side
 - b. 90 grader rotasjon for bilde nr. 2
2. Hvert bilde tilstrebes å ha 45 grader horisontal tilt
3. Hele punktmønsteret skal dekkes i hvert bilde
4. Forutsetninger:
 - Konstant zoom under hele kalibreringen.

Det anbefales 8 bilder hvis det ikke er kjente referansepunkt i testfeltet (Luhmann et al. 2006).

I figur 2.2 kan man se eksempler på hvordan man fotograferer ved kalibrering.



Figur 2.2: To eksempler på fotografering av et testfelt (Luhmann et al. 2006).

2.6 Tekniske hjelpemidler og programvare

Innmålingen av testfeltet ble utført med en Trimble GPS utlånt av NMBU og en Leica GPS fra Skanska Survey.

Under droneflyvningen ble det benyttet en rotorbasert drone. Camflight X8 Robot er dronens fulle navn. Fotograferingen ble gjennomført med et Nikon Coolpix A kamera, hvor lagringsmedium var en CCD-brikke. Dronen er også utstyrt med en gimball, som holder kameraet i vater ved hjelp av en sensor. (*Coolpix A* 2014, <http://imaging.nikon.com/lineup/coolpix/a/a/>).

Agisoft Lens og Photomodeler er dataprogrammene som ble brukt til å utføre manuell selvkalibrering. Som tidligere nevnt er Agisoft Photoscan programmet jeg har brukt til å produsere sluttprodukter. GISLINE ble brukt til å beregne ytre pålitelighet. Jeg har også brukt GoogleEarth.

I tillegg har jeg bruk et Excel-dokument fra Skanska Survey, dokumentet er vedlagt i appendiks A.

2.7 Arbeidsgang Agisoft Photoscan

Ved arbeidsgangen er det viktig at det er kun de variablene som undersøkes, som varierer. Alle andre variabler holdes konstant. Variablene vil da høyst sannsynlig være forklaringen på ulikhetene som oppstår i resultatene.

Det er utarbeidet en generell arbeidsmetode for Photoscan, ta en titt i appendiks C.

Kapittel 3 Resultat og analyse

I appendiks D. til appendiks J., legges det ved rapporter som bekrefter mitt arbeide fra Photoscan.

3.1 Automatisk selvkalibrering kontra manuell selvkalibrering

Tabell 1: Tidsbruk av "Aligning Photos", flyhøyde 40 meter

Prosjekt	Kalibreringsmetode	Prosesseringstid for PhotoAlignment
Lens	Manuell	710 sek
Photoscan	Automatisk	753 sek
Photomodeler	Manuell	721 sek

Tallene beskriver hvor lang tid det tar å kjøre en "Aligning Photos" prosess i Photoscan. Lens sin manuelle selvkalibrering er vinneren, som er 43 sekunder raskere enn Photoscan sin automatiske selvkalibrering.

3.2 Punktnøyaktighet

Ved hjelp av Skanska ble det fløyet på tre høyder 40, 80 og 120 meter. Det ga meg tilgang til tre datasett. Jeg valgte å se på to datasett, nemlig de på 40- og 120 meters flyhøyde. Det var et naturlig valg, siden de hadde størst forskjell i flyhøyde.

I de følgende kapitler vil begrepet sjekkpunkt anvendes som grunnlag for å vurdere punktnøyaktigheten. Sjekkpunkt er ikke grunnlag for beregningen av nye terrengkoordinater, derfor er sjekkpunkt en smart metode for å kontrollere nøyaktigheten.

3.2.1 Punktnøyaktighet 40 meter

Tabell 2: Punktnøyaktighet 40 meter, enhet: meter

Prosjekt, flyhøyde 40 meter	Total 3D Punkt- Nøyaktighet	X - øst	Y - nord	Z – høyde
Photoscan automatisk selvkalibrering, Sjekkpunkt	0,046	0,017	0,032	0,028
Photoscan, automatisk selvkalibrering, Mild-filtrering, sjekkpunkt	0,048	0,017	0,033	0,032
Lens manuell selvkalibrering, Sjekkpunkt	0,056	0,027	0,025	0,041
Photomodeler manuell selvkalibrering, Sjekkpunkt	0,222	0,183	0,114	0,052

I tabell 2 brukes benevnelsen sjekkpunkt. Sjekkpunkt er en uavhengig kontroll som er en pekepinn på hvor god punktnøyaktigheten er. Photoscan beregner differansen mellom programmets beregnede terrengkoordinater og GPS-koordinater for hvert signalerte sjekkpunkt. Det er denne sjekkpunktnøyaktigheten som presenteres i tabell 2,3 og 4.

Det er den automatiske selvkalibrering til Photoscan som fører til best resultat, den totale 3d-punktnøyaktighet er 4,6 cm. En god nummer to er prosjektet Mild-filtrering, her ligger 3d-nøyaktigheten på 4,8 cm. Den manuelle selvkalibreringen til Lens gir en 3d-nøyaktighet på 5,6 cm. Manuell selvkalibrering med Photomodeler gir en punktnøyaktighet på over 20 cm.

3.2.2 Punktnøyaktighet 120 meter

Tabell 3: Punktnøyaktighet 120 meter, enhet: meter

Prosjekt, flyhøyde 120 meter	Total 3D Punkt- Nøyaktighet	X - øst	Y - nord	Z -høyde
Photoscan TIFF 62 % lengdeoverlapp, Sjekkpunkt	0,061	0,031	0,012	0,051
Photoscan TIFF, Sjekkpunkt	0,065	0,027	0,013	0,058
Photoscan JPG, Sjekkpunkt	0,074	0,034	0,016	0,063

Photoscan TIFF 60 % lengdeoverlapp gir det beste resultatet, med total 3d-punktnøyaktighet på 6,1 cm. Photoscan TIFF er nummer to med en punktnøyaktighet på 6,5 cm. Photoscan JPG prosjektet har en 3d-nøyaktighet på 7,4 cm. Tabell 3 viser også at punktnøyaktighet er dårligere i høyde enn grunnriss.

3.2.3 Flyhøyde 120 meter versus 40 meter

3d-punktnøyaktigheten for sjekkpunktene på 120 meter varierer rundt 6-7 cm, se tabell 3. På 40 meter ligger sjekkpunktene 3d-punktnøyaktighet rundt 4-6 cm, se tabell 2.

3.2.4 Hva skjer med punktnøyaktighet når antall gittpunkt reduseres?

Jeg har undersøkt hvordan punktnøyaktigheten påvirkes når antall gittpunkter reduseres. Denne sammenligningen ble kun gjennomført med TIFF-datasettet som hadde 60 % lengdeoverlapp og flyhøyde 120 meter. Den beste punktnøyaktigheten oppnås med 16 gittpunkt, se tabell 4.

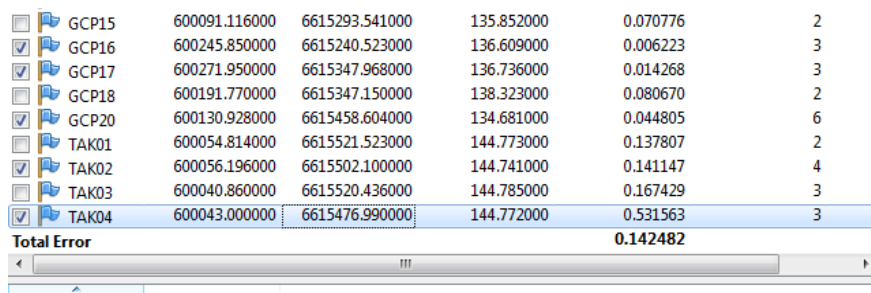
Tabell 4: Punktnøyaktighet for TIFF 120 meter 60 % lengdeoverlapp, enhet: meter

Flyhøyde	Prosjekt	Total 3D punktnøyaktighet	X – øst	Y - nord	Z - høyde
120 meter	Photoscan 16 gittpunkt, 7 sjekkpunkt	0,061	0,031	0,012	0,051
120 meter	Photoscan 5 gittpunkt, 18 sjekkpunkt	0,075	0,020	0,025	0,068
120 meter	Photoscan 3 gittpunkt, 20 sjekkpunkt	0,814	0,110	0,078	0,803

Ved flere gittpunkt er trenden at nøyaktigheten blir bedre.

3.3 Photoscans evne til å detektere grovfeil

Det ble valgt ut tre datasett for å undersøke Photoscans evne til å detektere grovfeil. De tre datasettene er presentert i tabell 4. Antall gittpunkt er det eneste som skiller disse tre datasettene fra hverandre. En grovfeil på 69,5 cm ble plantet på den østre koordinat for gittpunkt TAK04. Dette ble gjort likt på hver av de tre datasettene. Etter registrering av grovfeilen, ble det kjørt en ny blokkutjevning for å se fordeling av estimerte feil.



<input type="checkbox"/>	GCP15	600091.116000	6615293.541000	135.852000	0.070776	2
<input checked="" type="checkbox"/>	GCP16	600245.850000	6615240.523000	136.609000	0.006223	3
<input checked="" type="checkbox"/>	GCP17	600271.950000	6615347.968000	136.736000	0.014268	3
<input type="checkbox"/>	GCP18	600191.770000	6615347.150000	138.323000	0.080670	2
<input checked="" type="checkbox"/>	GCP20	600130.928000	6615458.604000	134.681000	0.044805	6
<input type="checkbox"/>	TAK01	600054.814000	6615521.523000	144.773000	0.137807	2
<input checked="" type="checkbox"/>	TAK02	600056.196000	6615502.100000	144.741000	0.141147	4
<input type="checkbox"/>	TAK03	600040.860000	6615520.436000	144.785000	0.167429	3
<input checked="" type="checkbox"/>	TAK04	600043.000000	6615476.990000	144.772000	0.531563	3
Total Error					0.142482	

Figur 3.1: Estimert 3d-feil, 16 gittpunkt

Figur 3.1 viser at 3d-feilen er 0.53 meter for gittpunkt TAK04. Photoscan avslører størst feil i punkt TAK04. Det er meget bra, for det er nettopp her grovfeilen er plantet.

Markers	East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)	Error (m)	Projections
GCP3B	-0.136459	0.017841	0.111870	0.177353	2
GCP10U	-0.245919	0.051820	-0.192540	0.316596	2
GCP11	-0.201728	0.016205	-0.101504	0.226406	2
GCP12	-0.136986	0.024451	0.088237	0.164769	2
GCP13	-0.197081	-0.013291	-0.082559	0.214088	3
GCP14	-0.101252	-0.019927	-0.012603	0.103961	2
GCP15	-0.153367	0.041480	0.117113	0.197377	2
GCP16	-0.043897	0.027468	0.007589	0.052336	3
GCP17	-0.101091	0.039155	0.112579	0.156291	3
GCP18	-0.125243	0.015193	0.197296	0.234184	2
GCP20	-0.165722	0.022242	0.143307	0.220216	6
TAK01	-0.275961	0.030660	0.048085	0.281792	2
TAK02	-0.278170	-0.009023	0.100118	0.295776	4
TAK03	-0.301676	0.026760	-0.001344	0.302864	3
TAK04	0.387286	-0.015668	0.018004	0.388021	3
Total Error	0.198578	0.026805	0.012146	0.200747	

Figur 3.2: Estimert feil øst – nord – høyde – 3d-feil, 5 gittpunkt

Den største feilen ligger fortsatt på TAK04 sitt punkt, men nå forplantes store feil til flere punkter.

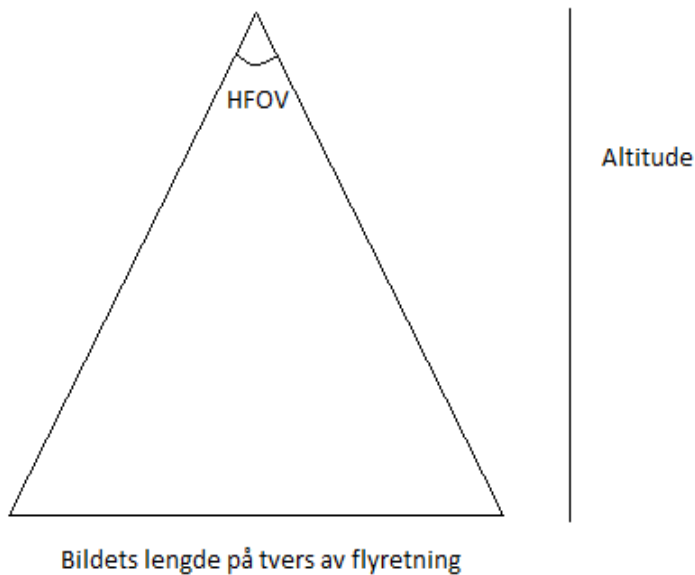
Markers	East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)	Error (m)	Projections
GCP3B	-0.137423	0.282750	-0.083197	0.325199	2
GCP10U	-1.516688	-0.210327	-0.337853	1.568032	2
GCP11	-0.864839	-0.241926	-0.213552	0.923081	2
GCP12	0.026254	-0.630679	0.049413	0.633156	2
GCP13	-1.861104	-1.970043	-0.226146	2.719544	3
GCP14	-1.057808	-2.834292	-0.128135	3.027967	2
GCP15	0.403749	-1.316386	0.192051	1.390240	2
GCP16	2.383789	-0.290645	0.481494	2.449237	3
GCP17	1.307977	0.432337	0.356920	1.423064	3
GCP18	0.923205	-0.241109	0.335593	1.011466	2
GCP20	-0.045601	-0.030187	0.004681	0.054887	6
TAK01	-0.520815	0.288392	-0.045447	0.597062	2
TAK02	-0.531209	0.150307	0.029278	0.552840	4
TAK03	-0.637087	0.305935	-0.082651	0.711553	3
TAK04	0.043866	0.011020	-0.003807	0.045389	3
Total Error	0.036543	0.022079	0.003496	0.042838	

Figur 3.3: Estimert feil øst – nord – høyde – 3d-feil, 3 gittpunkt

Figur 3.3 viser hvordan feilene forplantes. Når det er 3 gittpunkt, blir utjevningen sårbar. Dette viser også figur 3.3, hvor feilene både blir flere og større.

3.4 Beregning av reell overlapp ved hjelp av Excel-dokument

Under Appendix A, vedlegges et excel-dokumentet med tillatelse fra Larsen i Skanska (Willy Larsen 2015). Dokumentet kan brukes for å finne bakkeoppløsning og bildets teoretiske størrelse på bakken. Når en varierer flyhøyden i excel, ser man med en gang at bakkeoppløsningen endrer seg.



Figur 3.4: Illustrasjon av kameravinkel og bildelengde

Her i figur 3.4 illustreres det matematiske grunnlaget som trengs for å beregne bildets teoretiske størrelse på bakken.

HFOV – Horizontal Field of View - er en vinkel som beskriver hvor bredt kameraet fotograferer.

Den er 65 grader i følge excel dokumentet, se appendiks A.

Altitude – er flyhøyde over bakken.

$x = \text{Sidelengde av bildet}$

$h = \text{Altitude}$

$$HFOV = 65 \text{ grader} * \frac{\pi}{180}$$

$$x = \tan \frac{HFOV}{2} * h * 2$$

Format: 3 x 2

Ved hjelp av disse formlene ovenfor, beregnes den teoretiske bildestørrelsen på bakken.

Tabell 5: Teoretisk bildestørrelse på bakken beregnet ved hjelp av excel.

Flyhøyde	Bildets størrelse i flyretning	Sidelengde
40 meter	34 meter	51 meter
120 meter	101,9 meter	152,9 meter

For å beregne reell overlapp for en flystripe, er det to ting man trenger å vite. Det er bildets teoretiske dimensjoner på bakken, som fremgår av tabell 5. Samtidig må man finne gjennomsnittlig lengde mellom hvert kamerasenter. På bakgrunn av dette er det mulig å beregne overlapp.

Her var excel-dokumentet til hjelp, fordi det viser hvilken gjennomsnittlig avstand det er mellom hvert kamerasenter ved oppgitt flyhøyde og overlapp. Først regnet jeg ut gjennomsnittlig avstand mellom kamerasentrene, for noen utvalgte flystriper. Deretter endret jeg overlapp i excel, slik at den teoretiske gjennomsnittlige avstanden stemte overens med min beregnede gjennomsnittlige avstand. Slik fant jeg fant jeg reell overlapp.

Reell overlapp er presentert i tabell 6. Her har jeg avrundet til hele prosenttall.

Tabell 6: Overlapp

Photoscan	Planlagt overlapp Lengde- og sideveis	Gjennomsnittlig – kameraavstand Excel-ark	Gjennomsnittlig – Reell avstand Utregnet	Reell overlapp Heltallsavrundning
40 meter	60 % - begge retninger	13,6 m lengde 20,4 m sideveis	13,6 m lengde 20,4 m sideveis	60 % lengde bilde 41 → 59 60 % sideveis bilde 33 → 168
120 meter	85 % lengde 75 % sideveis	15,3 m lengde 38,2 m sideveis	19,9 m lengde 38,5 m sideveis	81 % lengde bilde 1 → 28 75 % sideveis bilde 1 → 352
120 meter Halvt datasett	60 % lengde 75 % side	40,8 m lengde 38,2 m sideveis	38,6 m lengde 37,6 m sideveis	62 % lengde Bilde 30 → 58 75 % sideveis Bilde 58 → 352

3.5 Geometrisk kvalitet

Mine sluttprodukter fra dataprosesseringen i Photoscan er ortofoto, punktsky og 3d-modeller.

3.5.1 Tekstur i 3d-modeller

3d-modellene fra hvert av prosjektene har ulik pixeloppløsning på teksturen (se figur 3.5 og figur 3.6).

Dette på tross av at jeg har gjort de samme valgene ved prosessering av teksturen. Denne ulikheten er derfor et lite mysterium.

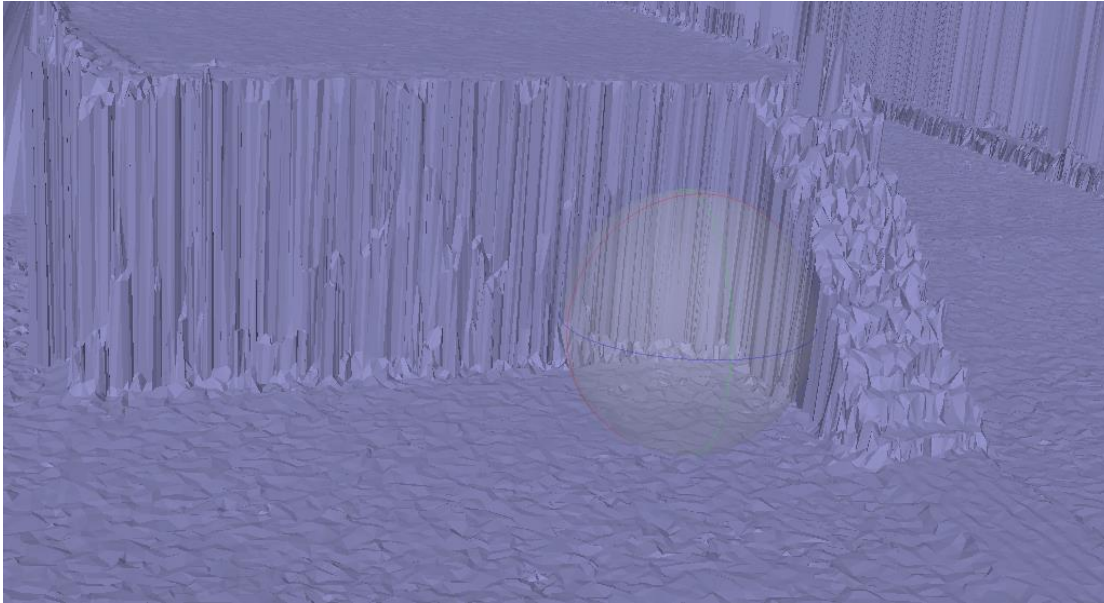


Figur 3.5: Lens manuell selvkalibrering, tekstur

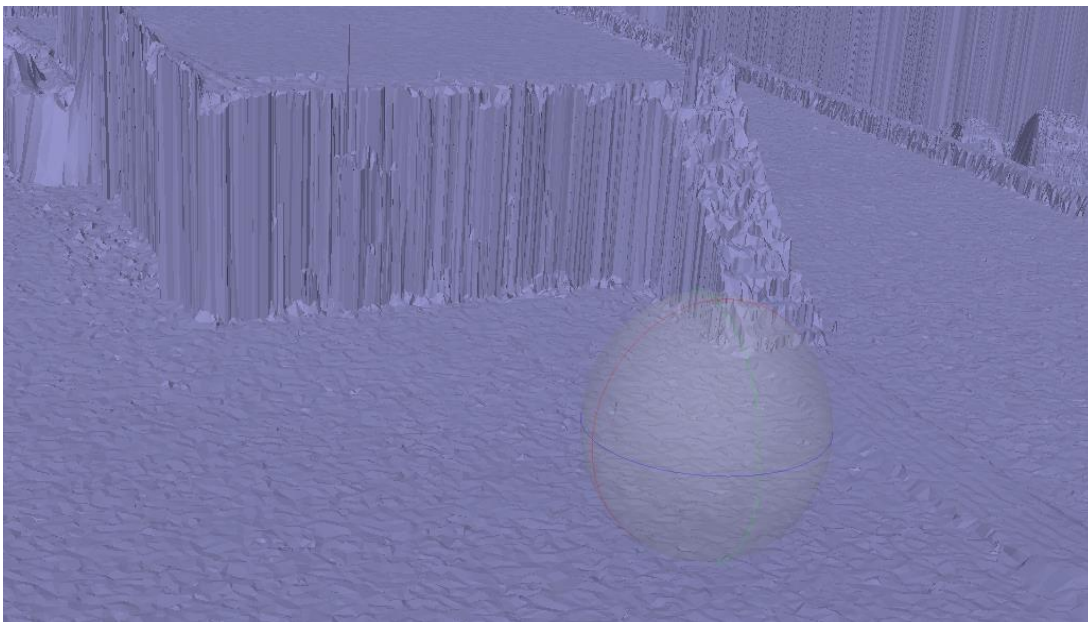


Figur 3.6: Photoscan automatisk selvkalibrering, tekstur

Figur 3.5 viser flere detaljer enn figur 3.6, eksempelvis vises plankene fremfor trappen bedre. Først lurte jeg på om det var færre polygonoverflater i 3d-modellen. Kunne dette forklare den visuelle forskjellen i figurene?



Figur 3.7: Lens manuell selvkalibrering, mesh



Figur 3.8: Photoscan automatisk selvkalibrering, mesh

Overflatestrukturen i de to "mesh-figurene" er ganske like. Selv om det eksisterer noen små overflateforskjeller i figur 3.7 og 3.8, ser ikke dette ut til å være årsaken til den visuelle forskjellen som oppstår i teksten for figur 3.5 og 3.6.

Jeg ønsket å finne årsaken, derfor kontaktet jeg Agisoft online support på web (Agisoft 2015). De antydde at Photoscan har vanskeligheter med å vise riktig tekstur for 3d-modeller som har flere millioner polygoner, som nettopp var tilfellet for mine 3d-modeller. Deres forslag var å konvertere 3d-modellen til TLS. format. (Agisoft 2015). Prosesseringstiden for konvertering viste seg å være svært tidkrevende. Jeg avbrøt forsøket, og valgte i stedet å se på andre sluttprodukter enn 3d-modeller.

3.5.2 Punktsky

Punktskyen er en god indikator på hvor god matchingen er. Dens tetthet, farge og form er faktorer som er viktige for vurdering av den geometriske kvaliteten.

Jeg sammenlignet punktskyer på samme flyhøyde. Formålet med å sammenligne punktskyer på samme flyhøyde, er å se hva de ulike kombinasjoner av variabler betyr for resultatene i Photoscan.

Survey Data

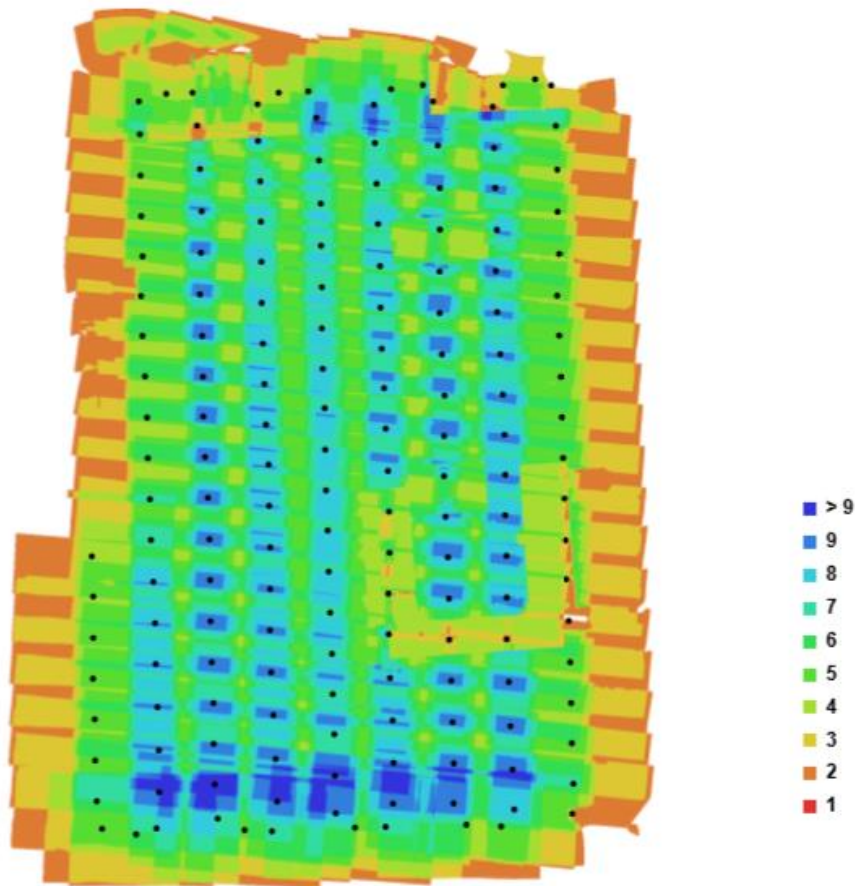


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Figur 3.9: Oversikt overlapp og område for flyvning på 40 meter.

Figur 3.9 viser hvor mange bilder som dekker hvert enkelt område på bakken. TF-bygget er med i figuren. Den ligger sørøst for senter av midten og har form som en U. Den er lett gjenkjennelig fordi den er lysegrønn og oransje. Oransje betyr at det bare er fotografert 3 bilder på området. Områder uten bildedekning blir hvite, som det er noen få eksempler av over.



Figur 3.10: Photoscan automatisk selvkalibrering 40 meter, ortofoto

Området som presenteres i figur 3.10 har den samme avgrensning som figur 3.9. Det omtalte TF-bygget ligger nede til høyre i figur 3.10.

Camera Locations

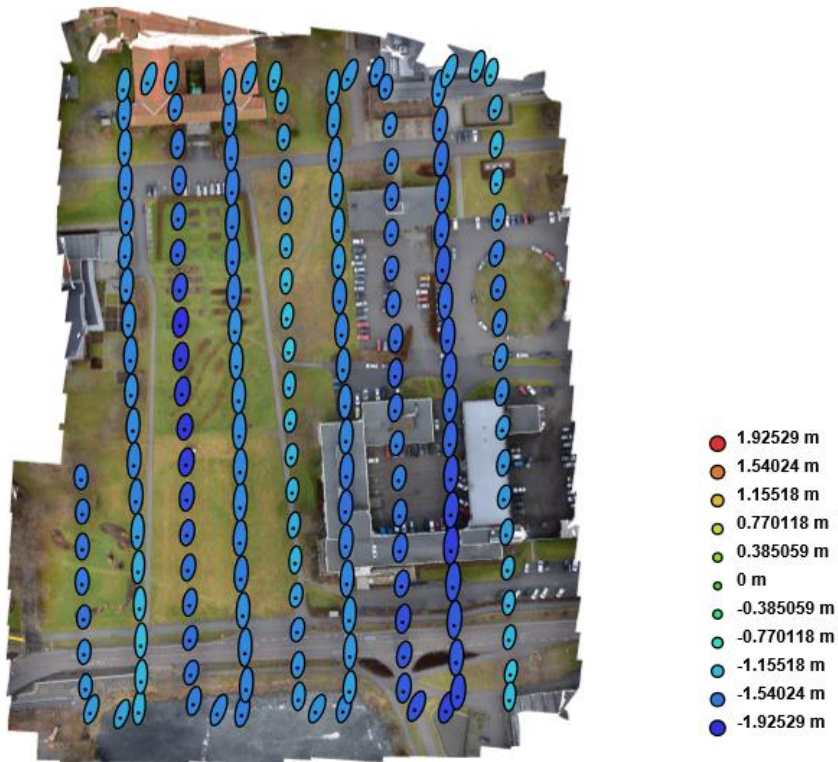


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

Figur 3.11: Kameraposisjoner for flyvning på 40 meter.

Figur 3.11 viser hvor hvert enkelt bilde er tatt fra. Det er kjekt å vite kameraposisjonene, da de kan forklare noen av resultatene.

3.5.2.1 Visuell inspeksjon av punktsky med flyhøyde 40 meter



Figur 3.12: Photoscan autom. selvkalibrering Figur 3.13: Mild-filtrering



Figur 3.14: Lens manuell selvkalibrering Figur 3.15: Photomodeler manuell selvkalibrering

Figur 3.12 på forrige side, ser ut til å ha den tetteste punktskyen for trappen, av de fire figurene. I tillegg er formen på trappa godt bevart. Figur 3.14 er en litt mindre tett punktsky, men det er definitivt figur 3.13 som har flest hull i punktskyen. Hvis en sammenligner figur 3.12 og 3.14 finner man flest hull i punktskyen på figur 3.14. Du kan sammenligne det øverste trappetrinnet for de to figurene, da ser du at punktskyen er tettere på figur 3.12. Figur 3.15 ser veldig fin ut, den har nesten ikke hull i punktskyen. På trappetrinn tre og fire, har figur 3.15 likevel noen flere hull enn figur 3.12.

I rangeringen av den geometriske kvaliteten har jeg hatt fokus på fullstendighet til punktskyen, bevaring av geometri og hvor bra objektet ser ut. Rangeringen ble som følger: Photoscan automatisk selvkalibrering (figur 3.12), Photomodeler manuell selvkalibrering (figur 3.15), Lens manuell selvkalibrering (figur 3.14) og til slutt Mild filtrering (figur 3.13). Jeg rangerer fra best til dårligst i alle mine eksempler.

Trappen ligger i et område som har mindre overlapp, figur 3.16, den kan bare ses i 3 eller 4 bilder. I figur 3.12-3.15 kan du legge merke til hvor få punkter som er på veggen bak trappen. Dette kan forklares med at området har dårlig overlapp (se figur 3.16).

Survey Data

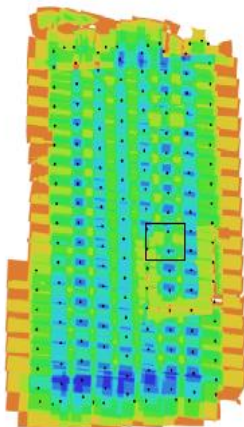


Fig 1 Camera locations and image overlap

Figur 3.16: Beliggenhet til trapp er innenfor den svarte boksen

Survey Data

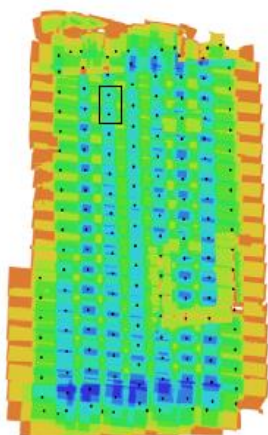


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Figur 3.17: Svart firkant viser omtrent beliggenhet til hekk

Hekken i figur 3.18 - 3.21, ser ut til å ligge i et område med litt bedre bildedekning enn tilfellet er for trappen, se figur 3.17.



Figur 3.18: Photoscan automatisk selvkalibrering, hekk



Figur 3.19: Lens manuell selvkalibrering, hekk

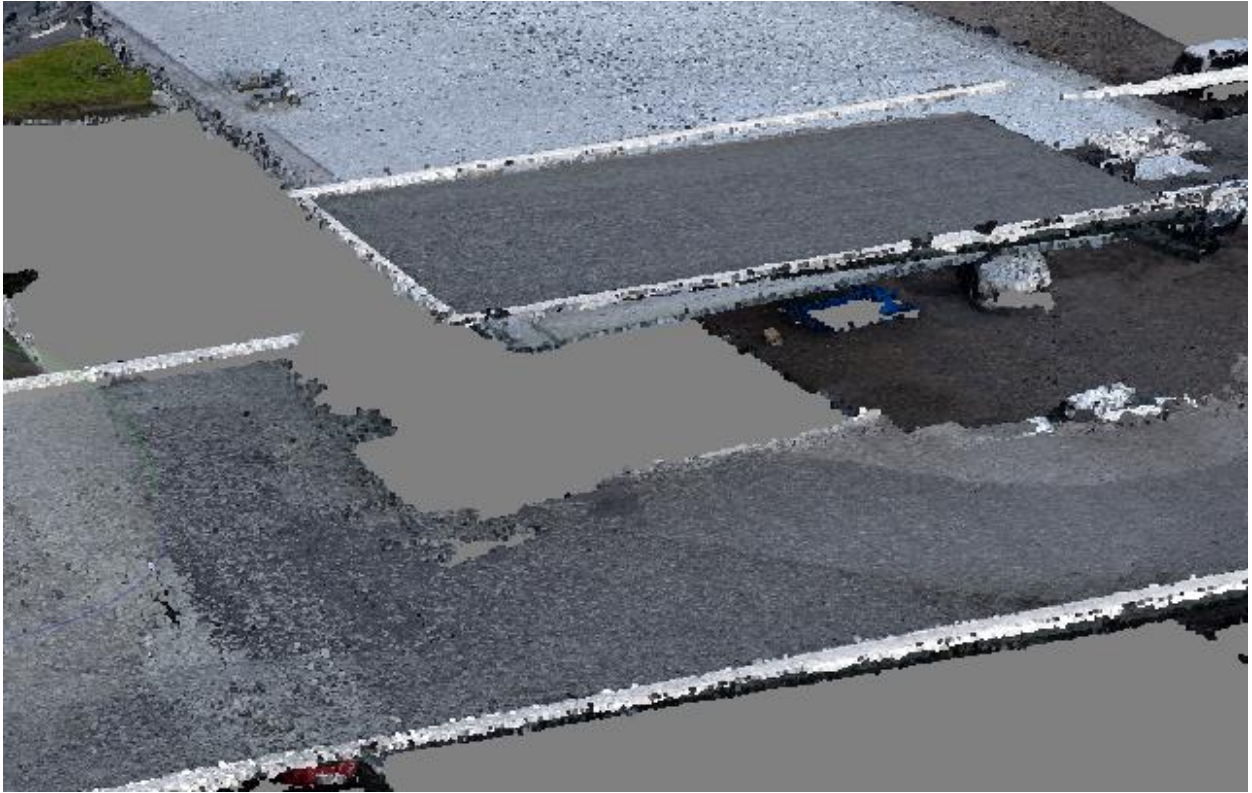


Figur 3.20: Mild-filtrering, hekk

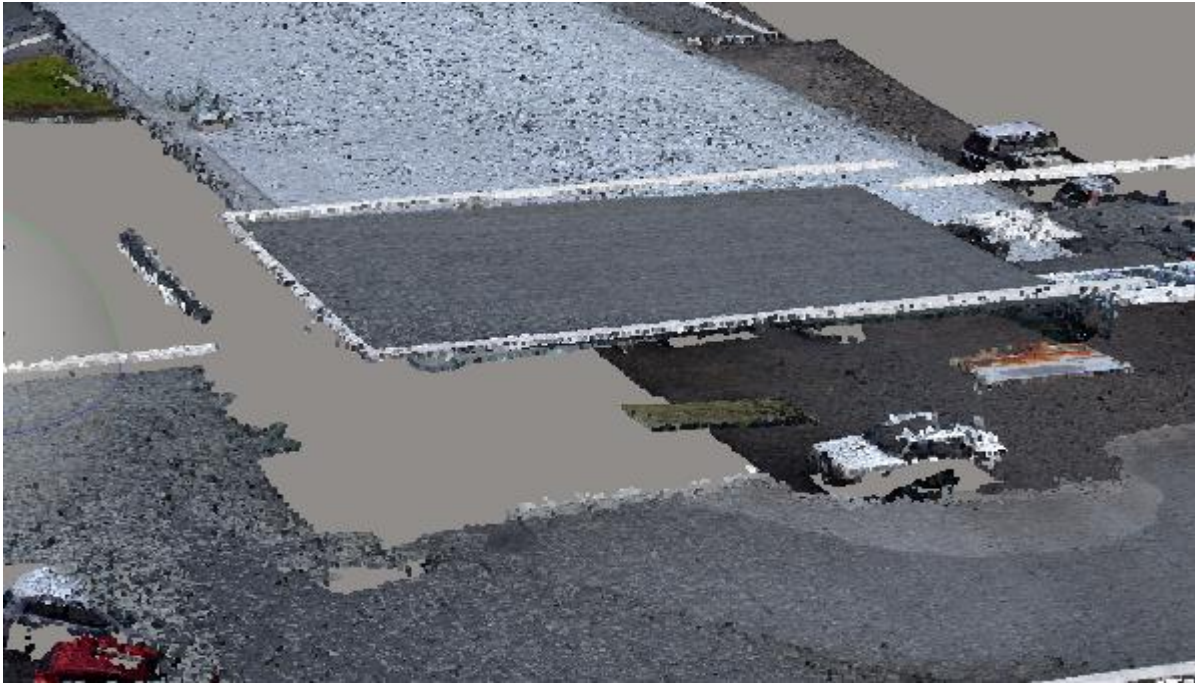


Figur 3.21: Photodeler manuell selvkalibrering, hekk

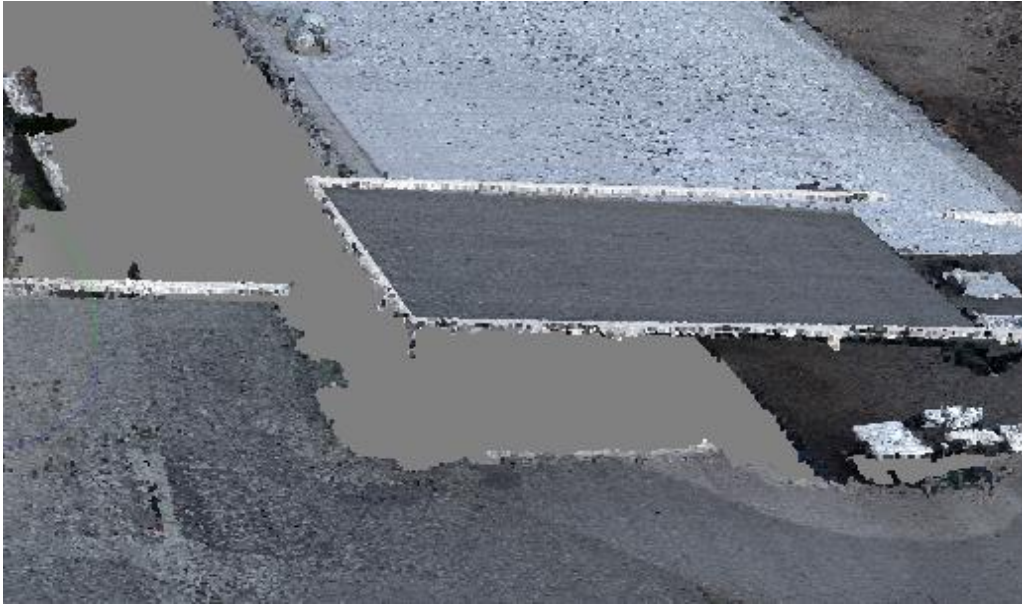
Figur 3.20 har nesten ingen punkter i hekken. Figur 3.21 har flere punkter, her vises grunnrisset og toppen av hekken. Det er figur 3.18 som har flest punkter i hekken. Formen på hekken er ganske likt bevart for alle, unntaket er figur 3.20. Hvis en sammenligner figur 3.19 med 3.21, er det liten forskjell. Jeg mener at figur 3.21 har en litt tettere punktsky, og dette kan ses ved sammenligning av punktene i hekken, med de som er på høyde med bakken. Rangeringen av disse blir: Photoscan automatisk selvkalibrering (figur 3.18), Photodeler manuell selvkalibrering (figur 3.21), Lens manuell selvkalibrering (figur 3.19) og Mild filtrering (figur 3.20).



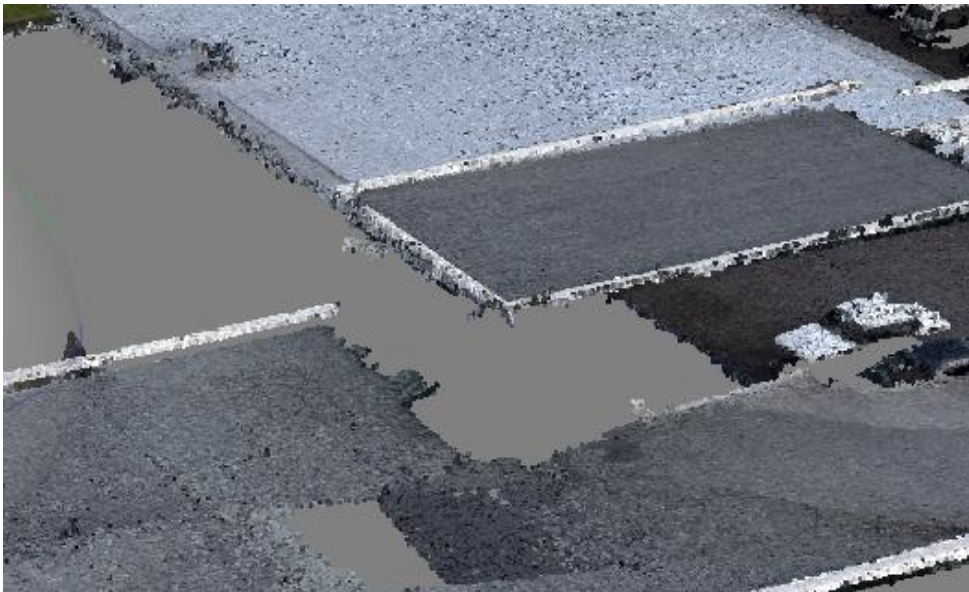
Figur 3.22: Photoscan automatisk selvkalibrering, tak



Figur 3.23: Mild filtrering, tak



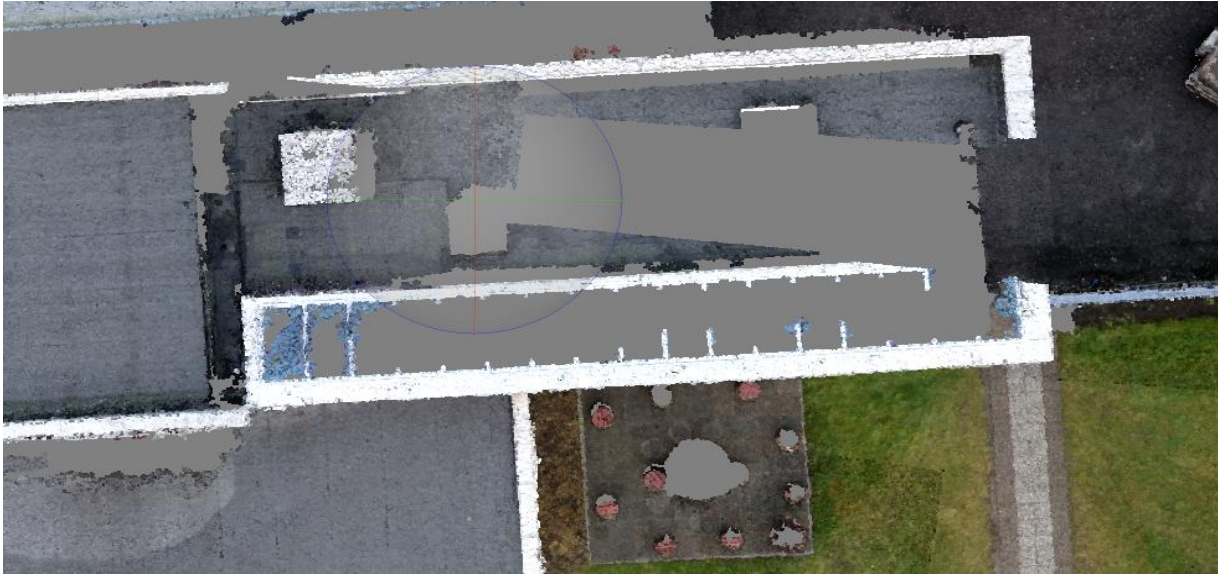
Figur 3.24: Lens manuell selvkalibrering, tak



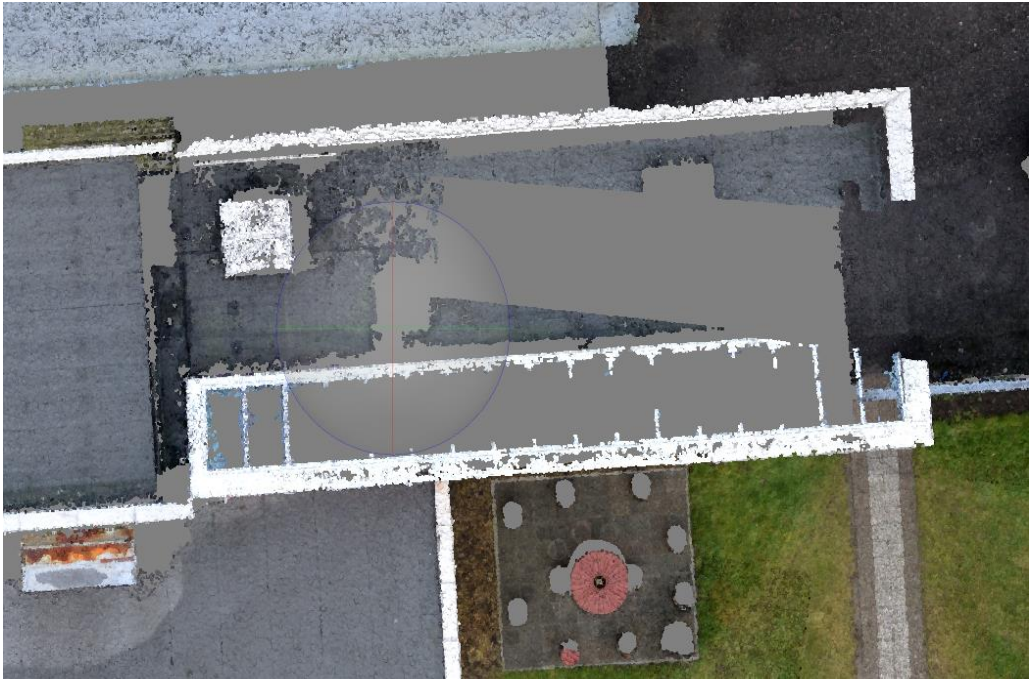
Figur 3.25: Photodeler manuell selvkalibrering, tak

Figur 3.23 ser ut til å ha flest hull punktskyen, se på det grå taket. Til tross for det, har den flere objekter enn de andre figurene, som blant annet den rustne kassen på taket. Svakheten til figur 3.25 er et digert hull i taket, for øvrig ser denne figuren bra ut med ganske tett punktsky. Det grå taket, figur 3.24, har litt flere hull enn figur 3.25. Figur 3.22 har færrest hull i punktskyen for det grå taket. Dette er det beste bildet å se på. Det er rolig, noe som betyr at det er av god kvalitet. I rangeringen vektlegges takets form

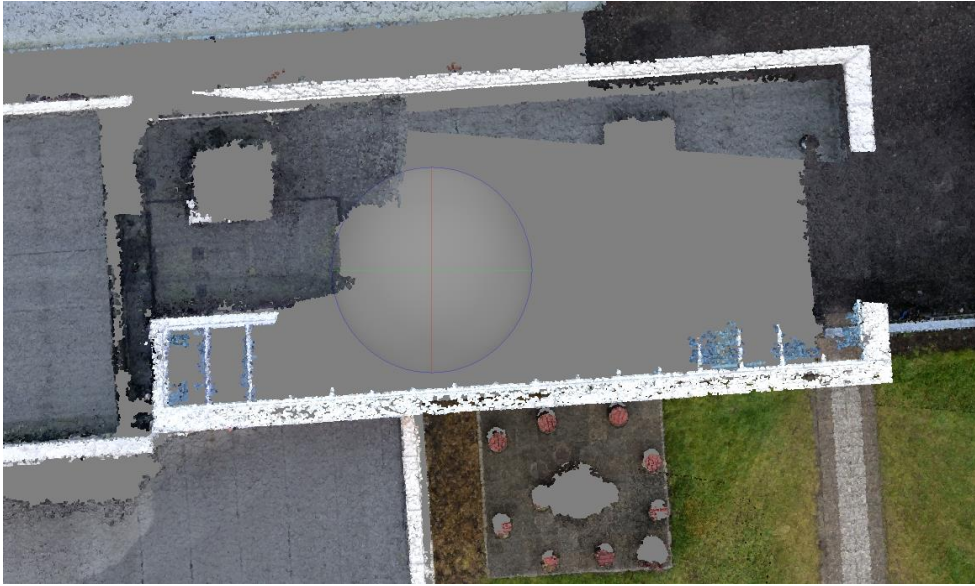
og helhet: Photoscan automatisk selvkalibrering (figur 3.22), Lens manuell selvkalibrering (figur 3.24), Photodeler manuell selvkalibrering (figur 3.25), og Mild-filtrering 40 meter (figur 3.23).



Figur 3.26: Photoscan automatisk selvkalibrering, sørøst på TF-bygget



Figur 3.27: Mild filtrering, sørøst på TF-bygget



Figur 3.28: Lens manuell selvkalibrering, sørøst på TF-bygget



Figur 3.29: Photomodeler manuell selvkalibrering, sørøst på TF-bygget

I figur 3.10 vises et svart område uten bildedekning. Det tilsvarende problemområdet dukker opp her i figurene 3.25-3.29. I disse punktskyene finnes det veldig mange variasjoner. Figur 3.28 har en svak punktsky når det gjelder taket, store deler av punktskyen er borte. Det mangler flere objekter på taket,

og en del av taket som er midt i bildet er borte. Flere av de røde krakkene på bakken er synlig, noe som er positivt for punktskyen.

Punktskyen for figur 3.29 mangler store deler av det midtre partiet av taket, men har bevart en del oppstikkende objekter på taket. Krakkene på bakken er litt bedre i figur 3.29 enn i figur 3.28, både i antall krakker og tetthet i punktskyen. Figur 3.26 og 3.27 er de to beste figurene for taket, de har begge bevart det omtalte midtre parti av takområdet. Figur 3.26 har færrest hull i punktskyen. Ser man på antall bevarte objekter på taket, er det figur 3.27 som er best. Legg merke til den rustne boksen på taket, helt nede til venstre i figur 3.27. Den eneste figuren som har bevart det røde bordet er figur 3.27, men her er krakkene borte.

Det er vanskelig å foreta en rangering her, da de ulike figurene har ulike fordeler. Hvis fullstendighet i takets punktsky teller mest blir rangeringen (fra best til dårligst): Photoscan automatisk selvkalibrering, Mild-filtrering, Photomodeler selvkalibrering og til sist Lens manuell selvkalibrering. Mild-filtrering har en styrke i at den bevarer flere objekter på taket, men den faller litt igjennom ved at punktskyen ikke er så tett som Photoscan sin automatiske selvkalibrering.

3.5.2.2 Visuell inspeksjon av punktskyene med flyhøyde 120 meter



Figur 3.30: Ortofoto, Photoscan automatisk selvkalibrering, flyhøyde 120 meter

Survey Data

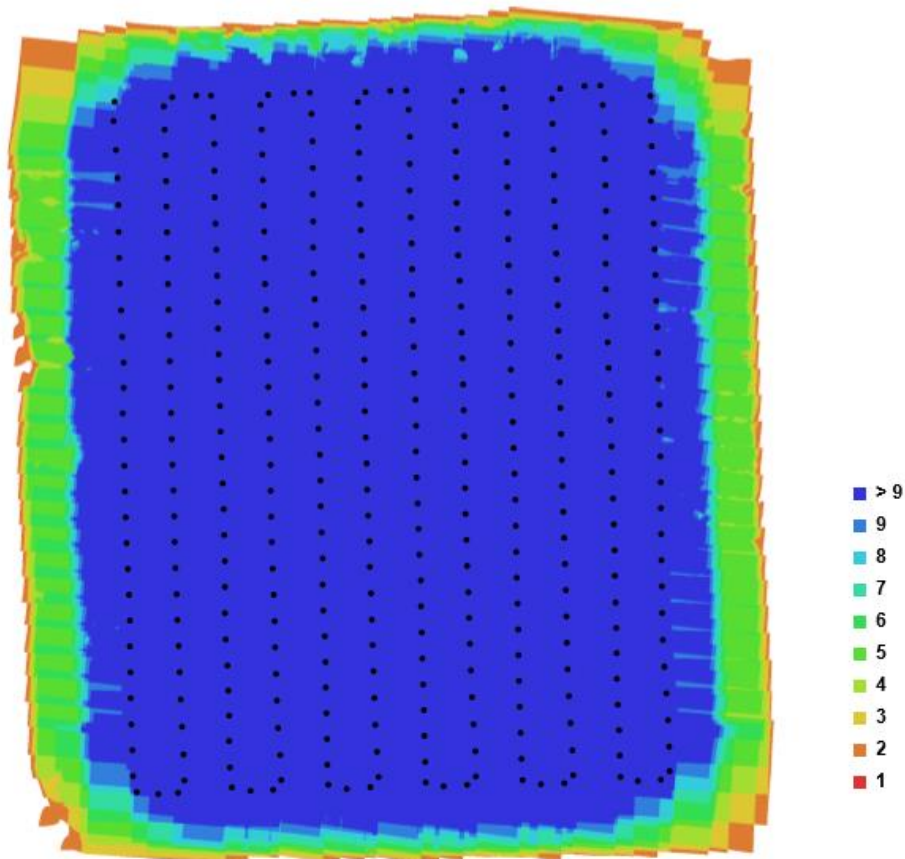


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Figur 3.31: Oversikt overlapp og område for flyvning på 120 meter, ca. 81 % lengdeoverlapp.

Blå farge i Figur 3.31 viser at det er flere enn 9 bilder på hvert sted. Den blå fargen indikerer meget god overlapp.

Survey Data

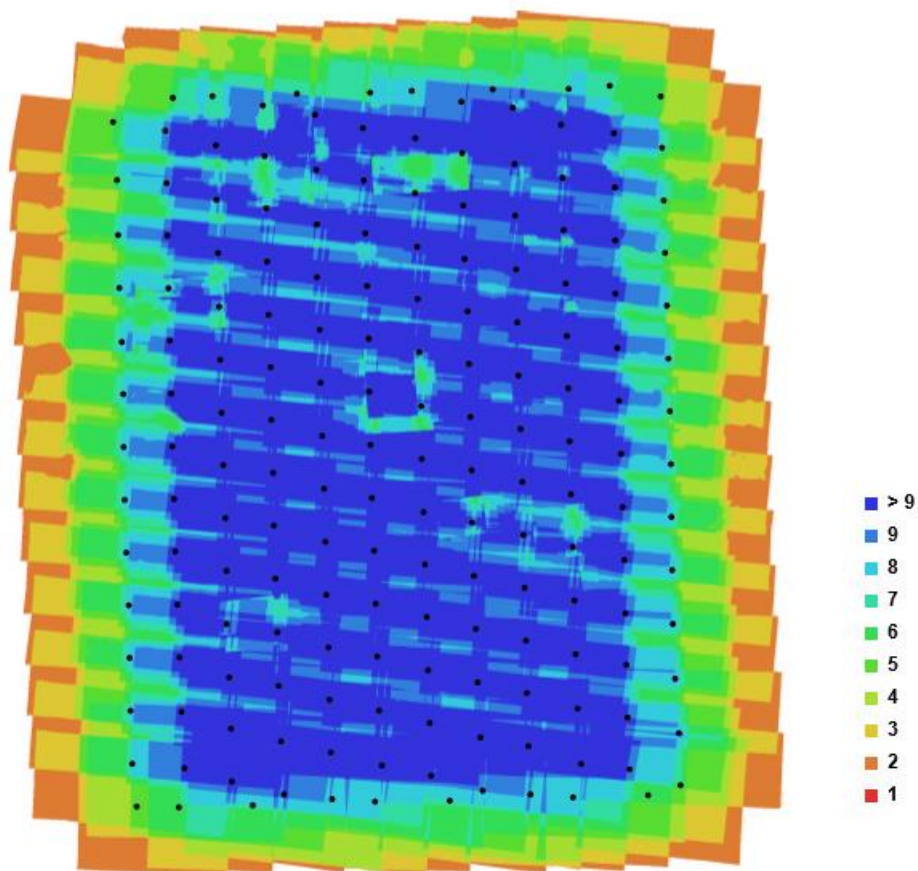


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Figur 3.32: Oversikt overlegg og område for flyvning på 120 meter, ca. 62 % lengdeoverlegg

I figur 3.32 kan man se konturene av enkelte bygg. Dekningsgraden blir dårligere når overlappen reduseres. Forskjellene i figur 3.31 og 3.32 viser konsekvensen av å redusere lengdeoverlappen fra ca. 81 til 62 %.



Figur 3.33: Photoscan - TIFF ca. 62 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp



Figur 3.34: Photoscan – JPG ca. 81 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp



Figur 3.35: Photocan - TIFF ca. 81 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp

Figur 3.35 er finest å se på, spesielt taket. På taket er det nesten ingen hull i punktskyen. Veggene på bygget i figur 3.33 har store mangler sammenlignet med punktskyen i figur 3.35. Spesielt veggene i forgrunnen av figur 3.33 har store mangler i forhold til 3.35, dette skyldes en dårligere lengdeoverlapp (se figur 3.32 og tabell 5). Større overlapp er en forklaring på hvorfor figur 3.35 har en bedre punktsky. Figur 3.34 er varianten med JPG format, legg merke til nyansene på veggene øverst til venstre i bildet versus den samme veggene i figur 3.35. For den nevnte veggene, ser det ut til at JPG (figur 3.34) matcher de blå områdene best. På de hvite områdene ser det ut som TIFF (figur 3.35) har det beste bildet. For veggene i forgrunnen av bildet ser det også ut som figur 3.35 har minst hull i punktskyen. Bildene har ulike perspektiver, og det kan føre til visuelle forskjeller. Photocan TIFF 81 % lengdeoverlapp og JPG er de to beste, og de har sine styrker på forskjellige farger. Derfor kåres det ingen vinner. Photocan TIFF 62 % lengdeoverlapp har den svakeste punktskyen.

3.5.2.3 Visuell inspeksjon av punktsky på ulike flyhøyder



Figur 3.36: Photoscan automatisk selvkalibrering 40 meter – TIFF ca. 60 % lengde og sideoverlapp



Figur 3.37: Photoscan 120 m - TIFF ca. 62 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp



Figur 3.38: Photoscan 120 m – TIFF ca. 82 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp



Figur 3.39: Photoscan 120 m – JPG ca. 82 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp

Figur 3.36 skiller seg ut sammenlignet med de andre. Det er ikke vegger på noen av bygningene. Hvorfor er figur 3.36 så svak? God overlapp er viktig for å få punkter på veggene. Med lavere flyhøyde blir det en utfordring med innsyn og god bildedekning (figur 3.9). I figur 3.36 er flyhøyden 40 meter over bakken,

noe som er en tredel av flyhøyden på 120 meter. Bygningene i området har en høyde på omtrent 10 meter over bakken. Dette resulterer i at bildestørrelsen over selve bygningene blir mindre enn planlagt. Ulempen er større når flyhøyden er på 40 meter kontra 120 meter, årsaken er at bildets størrelse krymper relativt mer.

Figur 3.37 har en ganske god form for veggene på den nærmeste bygningen. Tettheten i punktskyen er ikke særlig god, sammenlignet med figur 3.38 og 3.39. Flere problemer dukker opp i bakgården på TF-bygget, hvor figur 3.37 har dårlig stereodekning.

Figur 3.38 og 3.39 er klare vinnere. Form og tetthet i disse to punktskyene er ganske like. Den lille markante forskjellen ligger i hvordan ulike farger matches. Ser man på veggen lengst borte i bakgården i figur 3.38, vises litt mer av den hvite veggen i denne figuren versus figur 3.39.

Rangeringen blir som følger:

1. Photoscan 120 meter – TIFF ca. 81 % lengdeoverlapp og 75% sideoverlapp (figur 3.38).
2. Photoscan 120 meter – JPG ca. 81 % lengdeoverlapp og 75% sideoverlapp (figur 3.39).
3. Photoscan 120 m – TIFF ca. 62 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp (figur 3.37).
4. Photoscan autom. selvkalibrering 40 meter – *TIFF ca. 60 % lengde og sideoverlapp* (figur 3.36)

3.5.3. Ortofoto

Ortofoto er kjekt å se på. Bildene i et ortofoto forteller deg mye mer enn et kart. Ved geometrisk vurdering av ortofoto har jeg sett på overlappens betydning for resultatet.



Figur 3.40: Photoscan 40 meter – TIFF ca. 60 % lengde og sideoverlapp

Svakheten i figur 3.40 er at objekter forvrenges. Trærne langs veggen fører til at bildet forvrenges.



Figur 3.41: Photoscan 120 meter – TIFF ca. 81 % lengdeoverlapp og 75 % sideoverlapp, ortofoto

Omrisset av bygningen i figur 3.41 lider ikke av de samme geometriske skjevhetene som i figur 3.40. Her er det skarpere kanter. Detaljeringsgraden for figur 3.40 og 3.41 er ikke den samme. Bedre bakkeoppløsning taler for at figur 3.40 skal være av best kvalitet, men det er ikke tilfelle. En annen faktor er overlapp.

Ved større overlapp får man flere overbestemmelser i matchingen av punkter langs veggen, og kan forklare at figur 3.41 er best.

Kapittel 4 Diskusjon

Resultatene er analysert, og jeg skal nå forklare og diskutere hva funnene betyr. Hvert delkapittel her i diskusjonen, har lik overskrift med enkelte av delkapitlene i kapittel 3 Resultat og Analyse.

4.1 Automatisk selvkalibrering kontra manuell selvkalibrering

Lens sin manuelle selvkalibrering gir den mest effektive tidsbruken i en "Aligning Photos" kjøring. Den sparte tidsbruken er på 43 sekunder i forhold til den automatiske selvkalibreringen i Photoscan. Det har liten betydning hvilken kalibreringsmetode en velger, siden den totale prosesseringstiden er flere timer.

4.2 Punktnøyaktighet

Mitt resultat viser at Photoscan sin automatiske selvkalibrering, med TIFF bilder, gir den beste punktnøyaktigheten, både for 120 og 40 meters flyhøyde.

I "UAV Photogrammetry: Block Triangulation Comparisons" er det kommet frem til følgende:

Photoscan sin RMSE-punktnøyaktighet på sjekkpunktene angis til å være henholdsvis 19 mm i øst-koordinaten, 50 mm i nord-koordinaten og 55 mm i høyden. Merk at det er bare 5 gittpunkter som er grunnlaget for disse tallene. (Gini et al. 2013).

Mitt beste prosjekt, med Photoscan automatiske selvkalibrering gir en punktnøyaktighet på 17 mm i øst, 32 mm i nord og 28 mm i høyden (se tabell 2). En viktig årsak til at jeg har bedre punktnøyaktighet enn prosjekt med "UAV Photogrammetry: Block Triangulation Comparisons", er at jeg har en bedre detaljeringsgrad. Bedre detaljeringsgrad fører til at det blir enklere å markere gittpunkt riktig. Jeg har omlag 1 cm bakkeoppløsning versus "UAV Photogrammetry: Block Triangulation Comparisons" som har 3-7 cm bakkeoppløsning. (Gini et al. 2013). Merk at mitt prosjekt har 7 gittpunkter, dette kan også utgjøre en fordel.

4.2.1 Punktnøyaktighet 40 meter

Som dokumentert i tabell 2, er det Photoscan sin automatiske selvkalibrering som fører til best 3d-punktnøyaktighet, Mild-filtrering nest best, og Lens manuelle selvkalibrering nummer tre.

Mild-filtrering er en variant av den automatiske selvkalibreringen til Photoscan, begge har nemlig automatisk selvkalibrering. Den eneste forskjellen mellom disse to er filtreringmetoden.

Den automatiske selvkalibreringen til Photoscan har noen fordeler. Da den automatiske selvkalibreringen beregner en felles indre orientering for hele bildeblokka samtidig. Grunnlaget for beregningen av den indre orientering er punkter som er matchet med hverandre fra "Aligning Photos" prosedyren. Som standard har jeg brukt 1000 matchingspunkt mellom hvert bilde, noe som brukermanualen til Photoscan anbefaler. (side 12, Agisoft 2014). Merk at antall matchingspunkt er omkring 200 i en vanlig kjøring av "Aligning Photos". Mange matchingspunkter er en styrke ved at man har mange punkter for å bestemme den indre orienteringen. I tillegg er det en fordel å få de riktige fysiske forholdene, hvilket oppnås ved dronemotografering.

Flyvningen på 40 meter hadde jevne lysforhold, ikke noe sol som dannet skygger. Dette er en fordel, som kan forklare god punktnøyaktighet på 40 meter.

En godt utført marker-jobb i Photoscan påvirker punktnøyaktigheten. Å plassere signalerte punkt på riktig sted i hvert enkelt bilde, kaller jeg marker-jobb. Hvis du plasserer et gittpunkt på feil sted, forringes punktnøyaktigheten. I tillegg har bildenes kvalitet stor betydning, for med gode bilder er det enklere å markere riktig.

Det er interessant at Lens manuelle selvkalibrering har et resultat som er nær kvaliteten av Photoscan sin automatiske selvkalibrering, se tabell 2. Dette til tross for at den manuelle selvkalibreringen ble foretatt på et ark innendørs. Andre omstendigheter, som lysforhold og temperatur er også årsaker som gjør at den manuelle selvkalibreringen innendørs blir langt fra perfekt.

Kamerakalibreringen utført med Photomodeler ga dårlig resultat, punktnøyaktighet på omtrent 20 cm. Det er vanskelig å si hvorfor, fordi jeg fulgte de samme steg som for den vellykkede kalibreringen i Lens. Det som jeg tolker som en feil, kan skyldes at Lens og Photomodeler ikke har samme egenskaper for sine algoritmer.

4.2.2 Punktnøyaktighet 120 meter

Her er det en del interessante funn, blant annet fører prosjektet med Photoscan TIFF 62 % lengdeoverlapp til best punktnøyaktighet (se tabell 3). Den eneste forskjellen fra dette prosjektet til prosjektet med TIFF 81 % lengdeoverlapp, er at annethvert bilde i lengderetningen er fjernet. Hvorfor blir punktnøyaktighet bedre med en dårligere overlapp? En mulig forklaring kan være at man har vært heldig og tilfeldigvis fjernet bilder med lav kvalitet.

Det var vanskelig å gjøre en lik marker-jobb i Photoscan når bildet jeg skulle markere, ikke eksisterte. Derfor ble marker-jobben forenklet, med å markere punkt i andre bilder. I marker-jobben ble det gjort en liten feil i prosjektet med 62 % lengdeoverlapp. Et punkt ble markert i et bilde for mye, i forhold til å gjøre det likt som i datasettet med 81 % lengdeoverlapp. Et ekstra bilde har neppe særlig stor innvirkning.

Uheldigvis var det varierende lysforhold, fra sol i starten av flyvningen til overskyet på slutten.

Resultatene viser at punktnøyaktigheten bedres med en reduksjon fra 81 til 62 % lengdeoverlapp (se tabell 3). Det må bety at det ikke er noen fordel med større overlapp.

Valg av JPG eller TIFF blir en avveining, ønskes best mulig punktnøyaktighet er det naturlig å velge TIFF-formatet (se tabell 3). For datasettet med dronebilder fra 120 meters flyhøyde krever JPG 3,21 GB lagringsplass, versus TIFF som krever 23,9 GB lagringsplass. En av styrkene til JPG er at det er et komprimerende bildeformat.

4.2.3 Flyhøyde 120 meter versus 40 meter

Til tross for at det er opptil 16 gittpunkter på noen av prosjektene 120 meters høyde, er ikke punktnøyaktigheten bedre her enn på 40 meters høyde, hvor de bare har 7 gittpunkter.

Punktnøyaktigheten er bedre ved lavere flyhøyde, og et par centimeter bedre på 40 meter versus 120 meter (se tabell 2 vs. tabell 3). Skyldes dette ene og alene ulik flyhøyde? En forklaring er at det er lettere å markere gittpunkt ved bedre oppløsning på bildene. Bedre oppløsning betyr flere detaljer i bildet, da er det også logisk at det blir mer nøyaktig. Bakkeoppløsningen er ned mot 1 cm ved 40 meters flyhøyde, mens den er 3 cm ved 120 meter. Grunnlaget for god nøyaktighet er til syvende og sist avhengig av at de GPS-målte gittpunktene er av god kvalitet. Det er også naturlig at sjekkpunktene får lav kvalitet dersom

det ligger en grovfeil på GPS-koordinaten. En dårlig marker-jobb utført i Photoscan fører også til unøyaktighet. Jeg har GPS-målt de signalerte bakkepunktene fire ganger, og har en pålitelighet på ca. 1.5 cm ved bruk av GISLINE, se appendiks B.

4.2.4 Hva skjer med punktnøyaktighet når antall gittpunkt reduseres?

Viser til tabell 4. Ved en reduksjon fra 16 til 5 gittpunkt faller punktnøyaktigheten fra 6,1 til 7,5 cm. Ved en ytterligere reduksjon til 3 gittpunkt blir punktnøyaktigheten omtrent 80 cm. Flere gittpunkter viser seg å gi et bedre resultat. Funnet mitt viser at nøyaktigheten synker drastisk om det reduseres til 3 gittpunkter.

4.3 Photoscans evne til å detektere grovfeil

Med 5 gittpunkt som i figur 3.2, greier Photoscan å avsløre hvor grovfeilen er plantet. Ved ytterlige reduksjon av antall gittpunkt får Photoscan får trøbbel. Anbefalingen er minimum 5 gittpunkter, helst flere for å være på den sikre siden.

4.4 Geometrisk kvalitet

Bildene i kapittel 3.5 viser svakheter og styrker til de ulike prosjektene. For å vurdere geometrisk kvalitet ser jeg på de ulike variablers svakheter og styrker.

4.4.1 Visuell inspeksjon av punktskyer med flyhøyde 40 meter

Det er Photoscan sin automatiske selvkalibrering som er kåret til det beste prosjektet samtlige ganger.

Prosjektet Mild-filtrering (figur 3.27) bevarer flest objekt på taket av figurene 3.26 - 3.29. Den rustne kassen på taket og det røde bordet på bakken er to objekter som bare Mild-filtrering prosjektet har med. Den eneste forskjellen mellom Photoscans automatiske selvkalibrering og Mild-filtrering er hvilken filtreringstype som benyttes. I alle andre prosjekter enn Mild-filtrering, benyttes aggressive filtrering. (se appendiks C. Generell arbeidsgang i Photoscan).

I brukermanualen til Agisoft Photoscan beskrives egenskapene til Mild-filtrering:

"If the geometry of the scene to be reconstructed is complex with numerous small details on the foreground, then it is recommended to set Mild depth filtering mode, for important features not to be sorted out." (side 14, Agisoft 2014).

Mild-filtrering sin spesialkompetanse er å bevare små objekter i forgrunnen av bilder. Ved dronefotografering er bildene tatt ovenfra, og taket blir derfor bildets forgrunn. Mild-filtrering sin styrke er nettopp at den bevarer mindre objekter på taket, et eksempel er den rustne kassen i figur 3.27. Den store svakheten til Mild-filtrering er punktskyens dårlige tetthet på større overflater. Det gjelder spesielt større flater, som det grå taket i figur 3.23, hekken i figur 3.20 og deler taket i figur 3.27.

"If the area to be reconstructed does not contain meaningful small details, then it is reasonable to chose Aggressive depth filtering mode to sort out most of the outliers." (side 14, Agisoft 2014)

En svakhet ved Photoscan sin automatiske selvkalibrering er at den utelater mindre objekter på taket, eksempelvis den rustne kassen. Det som gjør Photoscans automatiske selvkalibrering gjennomgående best, er punktskyen fullstendighet, form og tetthet.

4.4.2 Visuell inspeksjon av punktsky med flyhøyde 120 meter

På 120 meter er alle prosjektene automatiske selvkalibreringer. Figur 3.33 har en tynnere punktsky enn figur 3.35. Eneste forskjell mellom disse to figurene er ulik overlapp. For å få en best mulig punktsky er det altså bedre med ca. 80 % overlapp (figur 3.35) enn ca. 60 % overlapp (figur 3.33).

Punktskyen til JPG (figur 3.39) er tilnærmet like god, som TIFF (figur 3.38). Dette funnet innebærer at det ikke er noen ulempe å velge JPG om man ønsker en god punktsky.

4.5.3 Ortofoto

Figur 3.41 ser bedre ut enn Figur 3.40. En naturlig forklaring er at prosjektet på 120 meters flyhøyde (figur 3.41) har en bedre overlapp.

Kapittel 5

5.1 Konklusjon

Gjennom studien fant jeg hvordan og hvilke variable, som påvirker eller forbedrer Photoscans resultat.

- Hvilken type selvkalibrering gir mest effektiv tidsbruk i en "Aligning Photos" kjøring?

Det er Lens manuelle selvkalibreringen som gir mest effektiv tidsbruk i Photoscan, med en margin på 43 sekunder. Med tanke på at den totale prosesseringstiden er på flere timer, har det ingen betydning hvilken selvkalibreringsmetode som velges.

- Hvilke valg gir Photoscan best punktnøyaktighet?

Photoscan automatiske selvkalibrering gir best 3d-punktnøyaktighet, dette funnet gjelder for prosjektene med 40 meters flyhøyde.

Ved en flyhøyde på 120 meter, er det Photoscan TIFF 62 % lengdeoverlapp som gir best 3d-punktnøyaktighet. Dette funnet er svært interessent, da min studie viser at punktnøyaktigheten er bedre med 62 % lengdeoverlapp kontra 81 % (se tabell 3).

Lavere flyhøyde gir bedre bakkeoppløsning (mindre piksler). Som en følge av dette får gittpunktene bedre nøyaktighet ved lavere flyhøyde, ergo blir også punktnøyaktigheten bedre.

- Hva skjer med punktnøyaktighet når antall gittpunkt reduseres?

Punktnøyaktigheten blir dårligere. Ved en reduksjon fra 5 til 3 gittpunkt faller nøyaktigheten fra 7,5 cm til 80 cm. På bakgrunn av dette funnet anbefaler jeg minst 5 gittpunkt, helst noen flere.

- Evner Photoscan å detektere grovfeil?

Ja, Photoscan oppdager grovfeil, selv med bare 5 gittpunkt. Detekteringen er marginal med 5 gittpunkter, der anbefales noen flere gittpunkt for å være på den sikre siden.

- Hvilke valg gir Photoscan best geometrisk kvalitet?

Photoscans automatiske selvkalibrering gir den beste punktskyen for prosjektene med flyhøyde 40 meter. For å bevare mindre objekter i forgrunnen av bilder, som på taket, er Mild-filtrering en fordel. Ulempen til Mild-filtrering er at det er gjennomgående flere hull i punktskyen.

Resultatene fra den visuelle inspeksjonen på 120 meter, viser at en større overlapp gir en tettere og bedre punktsky. For å dekke områder som vegger på bygg og trange smug, er helt klart en fordel med god overlapp. Det samme gjelder for ortofoto, hvor husene får rettere og skarpe linjer med bedre overlapp.

TIFF er bedre til å bevare hvite objekter mens JPG er bedre til å bevare blå objekter.

- Bildeformat TIFF kontra JPG?

Fordelen med JPG er at det krever mindre plass. TIFF gir en bedre punktnøyaktighet. JPG og TIFF er tilnærmet like gode på punktsky.

Jeg håper Skanska Survey og andre brukere av Photoscan kan dra nytte av oppgavens funn!

Litteraturliste

- Agisoft, L. (2014). *Agisoft PhotoScan User Manual*:. Professional Edition, Version 1.1: Agisoft LLC.
Tilgjengelig fra: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_1_en.pdf (lest 25.04.2015).
- Agisoft, o. s. (2015). *Spørsmål sendt til Agisoft online support*: Agisoft (Spørsmål 27.03.2015).
- Barry, P. & Coakley, R. (2013). Field Accuracy Test of RPAS Photogrammetry. Volume XL-1/W2: 27-31.
Tilgjengelig fra:
<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-1-W2/27/2013/isprsarchives-XL-1-W2-27-2013.pdf> (lest 17.02.2015).
- Coolpix A. (2014). Nikon Corporation. Tilgjengelig fra: <http://imaging.nikon.com/lineup/coolpix/a/a/> (lest 11.05.2015).
- D. Ghilani, C. (2010). *Adjustment Computations*. 5 utg. Spatial Data Analyst. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 647 s.
- Geomatikkseksjonen, I. f. m. r. o. t., Universitet for miljø- og biovitenskap. (2009). *fotogrammetri*.
Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fotogrammetri> (lest 11.05.2015).
- Gini, R., Pagliari, D., Passoni, D., Pinto, L., Sona, G. & Dosso, P. (2013). UAV Photogrammetry: Block Triangulation Comparisons. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, UAVg2013, 4-6 September 2013, Rostock, Germany, XL-1/W2*: 157-162.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S. & Harley, I. (2006). *Close Range Photogrammetry*. Principles, techniques and applications. Scotland, UK: Whittles Publishing. 510 s.
- PhotoModeler Pro Calibration grid*. (2003). [Calibration grid]. I: A0.pdf (red.): EOS Systems Inc.
Tilgjengelig fra: <http://diplomova-praca.url.ph/subor/file/A0.pdf>.
- Willy Larsen, B. (2015). *Objektivberegning med intervall*. Oslo (28.04.2015).

Appendiks B.

DATUM: EUREF89 - SONE 32

UTJEVNING I 3-D

TVUNGEN UTJEVNING

NMBU / SKANSKA

Dato: 10-02-2015

Side

2

Oppdrag: Innmåling av testfelt

GISLINE

Landmåling

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
-------	---	---	---

NMBU / SKANSKA

Dato: 10-02-2015

Side

3

Oppdrag: Innmåling av testfelt

GISLINE

Landmåling

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
GCP3B	6615572.610	600117.220	136.092	0.005	0.005	
	0.007					
GCP01	6615526.713	600141.276	134.781	0.005	0.005	
	0.008					
GCP02	6615549.215	600091.644	135.756	0.005	0.005	
	0.008					
GCP04	6615526.630	600230.799	135.965	0.006	0.006	
	0.009					
GCP05	6615628.029	600226.453	137.009	0.006	0.006	

0.009					
GCP06	6615634.219	600144.068	137.517	0.006	0.006
0.009					
GCP07	6615632.192	600052.691	138.256	0.006	0.006
0.009					
GCP08	6615611.242	599967.959	138.724	0.006	0.006
0.009					
GCP09	6615470.748	599986.344	134.894	0.006	0.006
0.009					
GCP10U	6615440.384	599963.626	133.759	0.006	0.006
0.009					
GCP11	6615444.562	600020.971	134.473	0.006	0.006
0.009					
GCP12	6615373.070	600096.075	135.133	0.005	0.005
0.008					
GCP13	6615302.175	599930.152	132.981	0.006	0.006
0.009					
GCP14	6615237.019	599959.598	134.505	0.006	0.006
0.009					
GCP15	6615293.541	600091.116	135.852	0.006	0.006
0.009					
GCP16	6615240.523	600245.850	136.609	0.006	0.006
0.009					
GCP17	6615347.968	600271.950	136.736	0.006	0.006
0.009					
GCP18	6615347.150	600191.770	138.323	0.006	0.006
0.009					
GCP20	6615458.604	600130.928	134.681	0.006	0.006
0.009					
TAK01	6615521.523	600054.814	144.773	0.006	0.006
0.009					
TAK02	6615502.100	600056.196	144.741	0.006	0.006
0.009					
TAK03	6615520.436	600040.860	144.785	0.006	0.006
0.009					
TAK04	6615476.990	600043.695	144.772	0.006	0.006
0.009					

Oppdrag: Innmåling av testfelt
Landmåling

GISLINE

YTRE PÅLITELIGHET - KOORDINATER [meter]

COORDINAT	Observasjon....[meter/gon]	Indre pål.	Ytre pål.			
H GCP3B	GCP3B	4	H	0.056		0.009
P GCP3B	GCP3B	4	Y	0.037		0.006
H GCP01	GCP01	1	H	0.057		0.011
P GCP01	GCP01	3	Y	0.038		0.008
H GCP02	GCP02	1	H	0.057		0.011
P GCP02	GCP02	1	Y	0.038		0.008
H GCP04	GCP04	1	H	0.059		0.015
P GCP04	GCP04	4	X	0.039		0.010
H GCP05	GCP05	1	H	0.059		0.015
P GCP05	GCP05	3	Y	0.039		0.010
H GCP06	GCP06	2	H	0.058		0.015
P GCP06	GCP06	3	Y	0.039		0.010
H GCP07	GCP07	4	H	0.059		0.015
P GCP07	GCP07	4	Y	0.039		0.010
H GCP08	GCP08	1	H	0.059		0.015
P GCP08	GCP08	2	Y	0.039		0.010
H GCP09	GCP09	4	H	0.058		0.015
P GCP09	GCP09	4	X	0.039		0.010
H GCP10U	GCP10U	1	H	0.059		0.015
P GCP10U	GCP10U	4	Y	0.039		0.010
H GCP11	GCP11	4	H	0.059		0.015
P GCP11	GCP11	2	Y	0.039		0.010
H GCP12	GCP12	1	H	0.057		0.011
P GCP12	GCP12	4	X	0.038		0.008
H GCP13	GCP13	1	H	0.058		0.015
P GCP13	GCP13	3	X	0.039		0.010
H GCP14	GCP14	2	H	0.059		0.015

P	GCP14	GCP14	3	Y	0.039	0.010
H	GCP15	GCP15	1	H	0.059	0.015
P	GCP15	GCP15	1	Y	0.039	0.010
H	GCP16	GCP16	2	H	0.058	0.015
P	GCP16	GCP16	3	X	0.039	0.010
H	GCP17	GCP17	1	H	0.059	0.015
P	GCP17	GCP17	3	X	0.039	0.010
H	GCP18	GCP18	1	H	0.059	0.015
P	GCP18	GCP18	4	Y	0.039	0.010
H	GCP20	GCP20	1	H	0.059	0.015
P	GCP20	GCP20	3	X	0.039	0.010
H	TAK01	TAK01	4	H	0.059	0.015
P	TAK01	TAK01	2	X	0.039	0.010
H	TAK02	TAK02	4	H	0.059	0.015
P	TAK02	TAK02	2	Y	0.039	0.010
H	TAK03	TAK03	1	H	0.058	0.015
P	TAK03	TAK03	3	X	0.039	0.010
H	TAK04	TAK04	1	H	0.058	0.015
P	TAK04	TAK04	4	Y	0.039	0.010

Normparametre:

Normtype : Stedfesting av matrikkelenhets- og råderettsgrenser

Normklasse : 2 : Tettbygd/utbyggingsområder (k= 100 mm)

Tabellverdi=2.80 (Skjev-t, f=221, alfa=0.0500, beta=0.8000)

Oppdrag: Innmåling av testfelt
Landmåling

GISLINE

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	2
Antall observasjoner grunnrisskoordinater	:	194
Antall observasjoner høydekoordinater	:	97
Antall observasjoner	:	291
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	46
Antall ukjente høydekoordinater	:	23
Antall ukjente	:	69
Antall overbestemmelser	:	222
Feilkvadratsum	:	79.98981638
Beregnet std.avvik på vektsenheten		0.6003
Antatt std.avvik på vektsenheten	:	1.0000

GRATULERER, Alle punkt godtas av eiendomsnormen !

Advarsel: Geoidehøyde i gjennomsnittsparemetre er trolig feil

Appendiks C.

Generell arbeidsgang Photoscan

1. Add Photos -> alle bilder fra 40 meter eller 120 meter
2. Load Camera Positions (Yaw leses ikke inn)
3. Åpne aktuell kameraposisjonsfil – alle høyder er omgjort til ellipsoide høyde
Velg WGS84 (EPSG::4326)), årsak: kameraposisjonene er i dette koordinatsystemet.
4. Bestemme path til log-fil
5. Reference settings
Cam ac: 10 m
Marker ac: 0.015 m
Scale: 0.001m
Proj ac: 0.1 piksler
Tie points: 4 piksler
6. Setting - Select coordinate system. [ETRS89/UTM zone 32n EBSG: 25832]
7. Convert to UTM sone 32n siden koordinatene på bakken er målt i dette koordinatsystemet.
8. Align Photos
Parameters: Accuracy: High, Pair selection: Reference
Advanced: Feature points: 40000, Tie points: 1000
9. Estimate image quality
Alle bilder med kvalitet under 0,5 forkastes
Agisoft sin brukermanual anbefaler å fjerne bilder med kvalitet lavere enn 0,5. (Agisoft 2014).
Gjennomgående kjørte jeg alltid en image-quality-test for å fjerne bildene med lav kvalitet.
10. Leser inn gittpunkt fra KOF-filen. Alt er omregnet til ellipsoide høyde

11. Prøver å legge marker på tilsvarende piksel som i det første prosjektet som ble utført. For å gjennomføre dette på en gode måte, åpner jeg to prosjekter samtidig for å være så nøyaktig som mulig.

12. Build dense point cloud

Quality: ultra high

Depth filtering: Agressive eller Mild filtrering

13. Building mesh

Height Field

Source data: Dense cloud

Face count: Medium

Interpolation: Enabled

14. Building texture

Mapping mode: Adaptive Ortofoto

Blending mode: Mosaic

Texture size/count: 15000

15. Export ortofoto

JPG

Write world file

16. Export points

ETRS89, UTM32N

Dense cloud

17. Generere report.

Se brukermanualen til Agisoft Photoscan for flere instruksjer. (Agisoft 2014)

Appendiks D. Photoscan automatisk selvkalibrering 40 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
11 March 2015

Number of images:	180	Camera stations:	169
Flying altitude:	43.5861 m	Tie-points:	35976
Ground resolution:	0.010443 m/pix	Projections:	160666
Coverage area:	0.0573156 sq km	Error:	0.59614 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	No

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

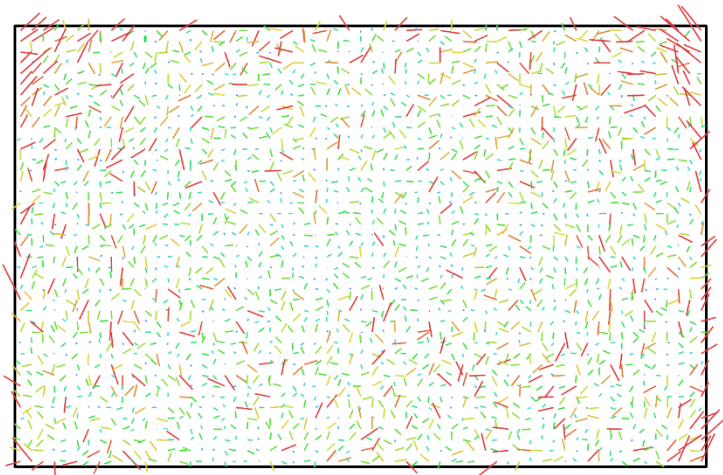


Fig. 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.0739582
Fx:	3834.2	K2:	0.090894
Fy:	3835.52	K3:	-0.0467807
Cx:	2462.92	K4:	0.0232861
Cy:	1647.36	P1:	-0.00070897
Skew:	-0.987389	P2:	0.000230884

Ground Control Points



Fig. 3. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	-0.010089	0.019315	0.003605	0.022087	4	0.073024
GCP07	-0.001221	-0.001736	0.001528	0.002615	2	0.026235
GCP08	0.002635	0.000323	-0.001002	0.002837	3	0.049076
GCP3B	0.009907	-0.010132	-0.001956	0.014305	2	0.023445
GCP20	-0.000037	0.001708	-0.000991	0.001975	3	0.020705
TAK01	-0.001626	-0.001797	-0.007605	0.007982	3	0.024196
TAK04	0.000691	-0.006477	0.006662	0.009317	2	0.001422
Total	0.005497	0.008676	0.004198	0.011096	19	0.042351

Table. 2. Control points

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP09	0.032826	0.052144	0.054236	0.082085	3	0.054709
GCP11	0.006320	0.036179	0.009409	0.037913	2	0.021473
TAK02	-0.002926	-0.006692	0.010977	0.013185	2	0.015950
TAK03	-0.005484	0.000271	-0.001577	0.005713	2	0.006362
Total	0.017001	0.031909	0.028076	0.045776	9	0.034142

Table. 3. Check points.

Appendiks E. Lens manuell selvkalibrering 40 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
23 February 2015

Number of images:	180	Camera stations:	169
Flying altitude:	43.4731 m	Tie-points:	36585
Ground resolution:	0.0104428 m/pix	Projections:	153730
Coverage area:	0.0573632 sq km	Error:	0.632762 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	Yes

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

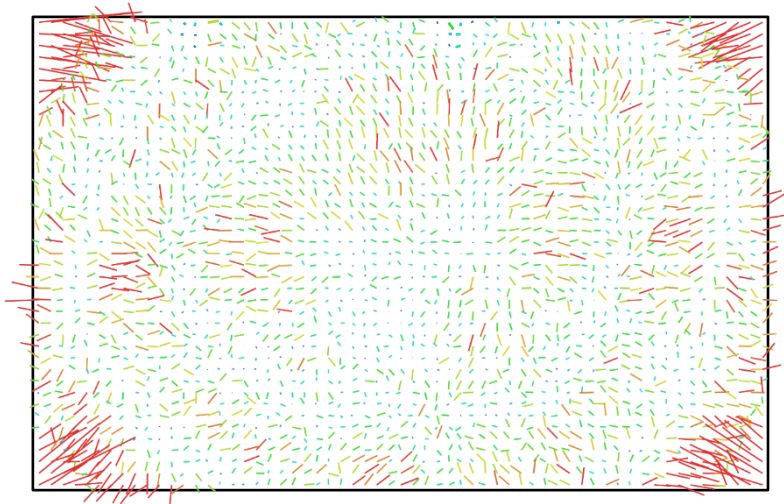


Fig. 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.073112
Fx:	3843.65	K2:	0.0486769
Fy:	3844.43	K3:	0.132566
Cx:	2467.61	K4:	-0.182175
Cy:	1639.71	P1:	-0.000583488
Skew:	0.242321	P2:	0.000398655

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	-0.011689	0.023359	-0.014691	0.029969	4	0.062365
GCP07	-0.005264	0.000064	0.004578	0.006977	2	0.016515
GCP08	0.015983	-0.020482	0.005904	0.026643	3	0.070162
GCP3B	0.015032	0.003034	0.006448	0.016635	2	0.044718
GCP20	0.010023	-0.018631	0.007282	0.022374	3	0.018469
TAK01	-0.007750	0.010849	-0.016998	0.021603	3	0.020018
TAK04	-0.016304	0.003115	0.008901	0.018835	2	0.004777
Total	0.012376	0.014387	0.010243	0.021565	19	0.044214

Table. 3. Control points.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP09	-0.005021	0.046805	0.075043	0.088585	3	0.041119
GCP11	-0.050394	0.015111	0.032733	0.061963	2	0.016224
TAK02	-0.014056	0.004637	0.004774	0.015552	2	0.017500
TAK03	-0.010719	0.012430	-0.012482	0.020621	2	0.002311
Total	0.026820	0.025471	0.041478	0.055574	9	0.026293

Table. 4. Check points.

Appendiks F. Mild-filtrering automatisk selvkalibrering 40 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
20 March 2015

Number of images:	180	Camera stations:	169
Flying altitude:	43.5615 m	Tie-points:	35976
Ground resolution:	0.0104458 m/pix	Projections:	160666
Coverage area:	0.0574186 sq km	Error:	0.596119 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	No

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

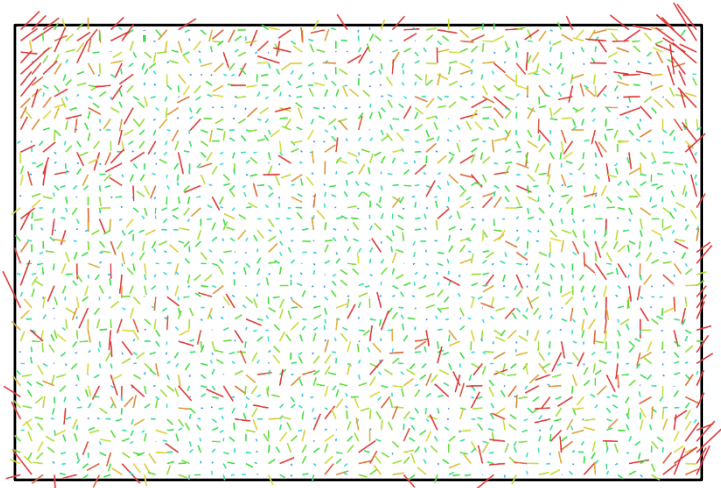


Fig. 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.07385
Fx:	3831.7	K2:	0.0906748
Fy:	3833.04	K3:	-0.0466155
Cx:	2462.85	K4:	0.0231642
Cy:	1647.82	P1:	-0.00071357
Skew:	-0.99499	P2:	0.000231624

Ground Control Points



Fig. 3. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	-0.009996	0.019289	0.005258	0.022352	4	0.073139
GCP07	-0.001276	-0.001865	0.001402	0.002659	2	0.026382
GCP08	0.002517	0.000081	-0.000956	0.002693	3	0.048953
GCP3B	0.009886	-0.010179	-0.002484	0.014405	2	0.023229
GCP20	-0.000250	0.001773	-0.001146	0.002126	3	0.020778
TAK01	-0.001459	-0.002150	-0.008670	0.009051	3	0.024338
TAK04	0.000687	-0.007097	0.006173	0.009431	2	0.001239
Total	0.005455	0.008761	0.004649	0.011319	19	0.042385

Table. 2. Control points.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP09	0.033322	0.052875	0.060335	0.086870	3	0.054840
GCP11	0.006548	0.037152	0.014917	0.040567	2	0.021188
TAK02	-0.002780	-0.007182	0.010110	0.012709	2	0.015837
TAK03	-0.005422	-0.000051	-0.002112	0.005819	2	0.006396
Total	0.017251	0.032510	0.031502	0.048444	9	0.034162

Table. 3. Check points.

Appendiks G. Photomodeler manuell selvkalibrering 40 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
17 February 2015

Number of images:	180	Camera stations:	169
Flying altitude:	43.5396 m	Tie-points:	36747
Ground resolution:	0.0104576 m/pix	Projections:	155678
Coverage area:	0.0574606 sq km	Error:	0.659994 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	Yes

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

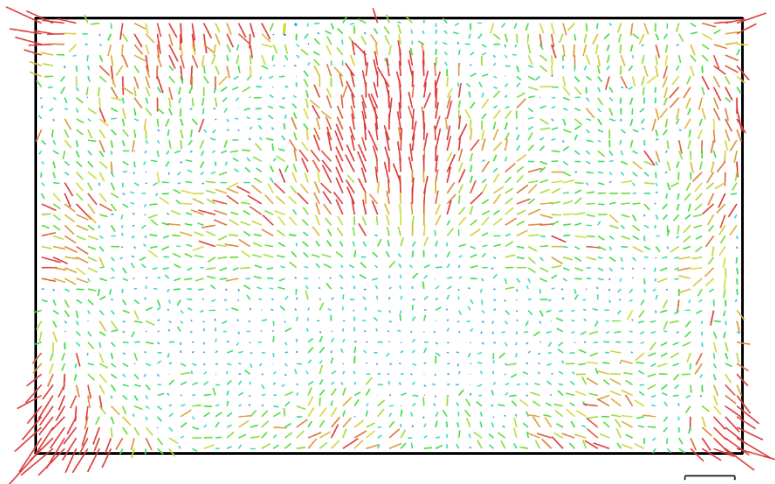


Fig 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.0774965
Fx:	3839.86	K2:	0.0933221
Fy:	3840.5	K3:	-0.0415015
Cx:	2468.41	K4:	0.0250906
Cy:	1637.65	P1:	0.000584319
Skew:	0.00246749	P2:	0.000257684

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	-0.048456	0.028915	-0.015802	0.058598	4	0.058000
GCP07	-0.045860	-0.101869	-0.001948	0.111733	2	0.020619
GCP08	0.117075	0.093340	0.021698	0.151293	3	0.054466
GCP3B	-0.043958	0.048840	-0.005220	0.065916	2	0.075196
GCP20	0.129669	-0.005241	0.023943	0.131965	3	0.018350
TAK01	-0.042064	0.013736	-0.018243	0.047863	3	0.026437
TAK04	-0.066258	-0.076479	-0.002506	0.101220	2	0.016117
Total	0.078434	0.063669	0.015418	0.102193	19	0.044804

Table. 3. Control points.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP09	-0.286791	-0.029292	0.100280	0.305227	3	0.060248
GCP11	-0.216411	-0.225508	-0.020313	0.313209	2	0.007831
TAK02	-0.043139	-0.017725	-0.011363	0.048003	2	0.023224
TAK03	-0.061117	0.022322	-0.007076	0.065450	2	0.004847
Total	0.183493	0.114591	0.051594	0.222402	9	0.036724

Table. 4. Check points.

Appendiks H. Photoscan TIFF – ca. 81 % lengdeoverlapp 120 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
25 February 2015

Number of images:	352	Camera stations:	352
Flying altitude:	128.462 m	Tie-points:	27036
Ground resolution:	0.0308544 m/pix	Projections:	262243
Coverage area:	0.376308 sq km	Error:	0.668532 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	No

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

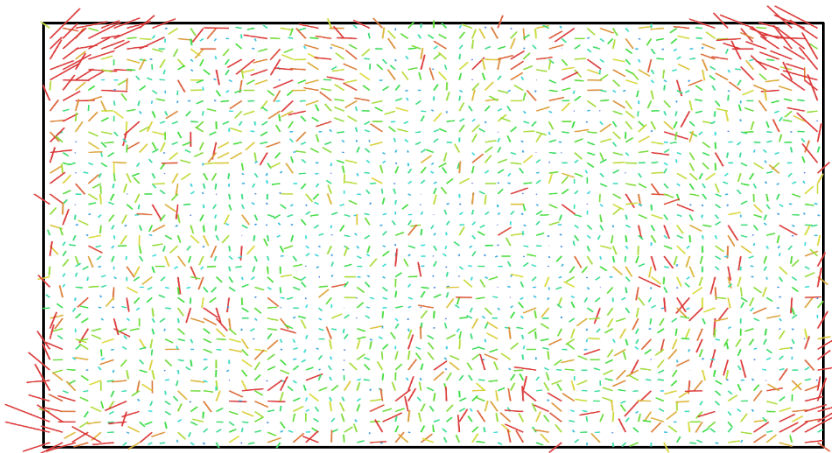


Fig. 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.074425
Fx:	3849.9	K2:	0.0921893
Fy:	3850.49	K3:	-0.0495068
Cx:	2462.44	K4:	0.0269371
Cy:	1644.75	P1:	-0.000680086
Skew:	0.199385	P2:	0.000152706

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	0.000866	0.027426	-0.015724	0.031626	3	0.074443
GCP04	0.001972	0.021073	-0.000554	0.021172	2	0.020883
GCP05	-0.000178	-0.015742	-0.006580	0.017063	3	0.006137
GCP06	0.002855	-0.002216	0.007520	0.008343	4	0.049389
GCP08	0.001149	-0.001602	-0.001074	0.002245	4	0.024172
GCP09	0.006916	-0.005634	-0.008369	0.012232	3	0.059597
GCP11	0.003378	0.001227	0.001372	0.003847	2	0.038673
GCP12	0.012116	0.010620	0.004496	0.016727	2	0.003605
GCP13	-0.011453	0.007782	0.000342	0.013851	3	0.045720
GCP14	0.002048	-0.002985	-0.000483	0.003652	2	0.016712

Table.2.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP16	0.009171	0.000866	0.005740	0.010853	3	0.027541
GCP17	-0.008758	-0.010938	-0.002901	0.014309	3	0.042535
GCP20	-0.008950	0.010238	-0.010959	0.017465	6	0.050617
GCP3B	0.008462	0.000585	0.001122	0.008556	2	0.013301
TAK02	-0.002961	-0.017679	0.018510	0.025767	4	0.125746
TAK04	-0.015732	-0.016690	0.003530	0.023206	3	0.093985
Total	0.007601	0.012459	0.007741	0.016521	49	0.057744

Table. 3. Control points.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP01	0.061560	0.025625	-0.091749	0.113420	2	0.046848
GCP07	-0.026636	-0.010705	-0.105987	0.109805	2	0.014154
GCP10U	-0.006739	0.017563	-0.006810	0.020006	2	0.069835
GCP15	-0.003262	0.001477	0.024150	0.024414	2	0.009435
GCP18	-0.018888	0.003633	-0.025271	0.031758	2	0.004678
TAK01	-0.006059	0.010813	-0.049518	0.051046	2	0.149556
TAK03	-0.012636	-0.005013	-0.006027	0.014870	3	0.198876
Total	0.027014	0.013294	0.057827	0.065195	15	0.108982

Table. 4. Check points.

Appendiks I. Photoscan TIFF – ca. 62 % lengdeoverlapp 120 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
03 March 2015

Number of images:	176	Camera stations:	176
Flying altitude:	128.312 m	Tie-points:	28594
Ground resolution:	0.0308847 m/pix	Projections:	151625
Coverage area:	0.364497 sq km	Error:	0.67044 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	No

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

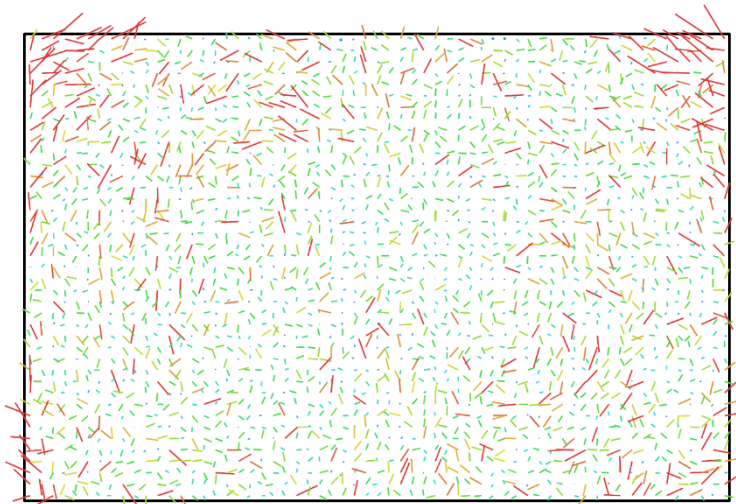


Fig. 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.0738123
Fx:	3847.2	K2:	0.0876179
Fy:	3847.84	K3:	-0.0380258
Cx:	2463.11	K4:	0.0171178
Cy:	1643.15	P1:	-0.000654077
Skew:	0.101145	P2:	0.000153654

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	-0.001956	0.021460	0.010261	0.023867	3	0.071750
GCP04	0.004069	0.015299	-0.004168	0.016371	2	0.001564
GCP05	-0.002025	-0.019232	-0.000949	0.019362	3	0.004123
GCP06	0.006282	0.008106	-0.001774	0.010408	5	0.031851
GCP08	0.000169	0.001255	0.001352	0.001852	4	0.015975
GCP09	0.003031	-0.010182	-0.013278	0.017005	3	0.048235
GCP11	0.009034	-0.003988	-0.007223	0.012235	2	0.000993
GCP12	0.010739	0.010563	0.003874	0.015553	2	0.013347
GCP13	-0.013735	0.009194	0.006577	0.017789	3	0.047769
GCP14	0.007542	-0.001062	-0.004512	0.008852	2	0.022008

Table. 2.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP16	0.004269	-0.011255	0.005245	0.013131	3	0.034964
GCP17	-0.007308	0.002654	-0.002868	0.008287	3	0.027836
GCP20	-0.010551	0.017038	-0.003807	0.020399	6	0.056845
GCP3B	0.005716	-0.007631	-0.004640	0.010604	2	0.004358
TAK02	-0.003658	-0.017259	0.017687	0.024982	4	0.137218
TAK04	-0.013883	-0.013503	-0.002881	0.019580	3	0.050342
Total	0.007654	0.012276	0.007196	0.016157	50	0.053867

Table. 3. Control points.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP01	-0.038905	-0.005536	0.068059	0.078589	2	0.058379
GCP07	-0.064202	-0.006696	-0.081540	0.103998	2	0.003866
GCP10U	-0.019512	0.017312	-0.005005	0.026561	2	0.056910
GCP15	-0.020182	0.021321	0.025832	0.039105	2	0.008446
GCP18	-0.000569	-0.000001	0.044638	0.044642	2	0.054808
TAK01	-0.005103	0.012491	-0.041294	0.043443	2	0.129311
TAK03	-0.020475	0.005105	-0.052065	0.056178	3	0.233467
Total	0.031326	0.012023	0.051244	0.061252	15	0.120121

Table. 4. Check points.

Appendiks J. Photoscan JPG – ca. 81 % lengdeoverlapp 120 meter

Agisoft PhotoScan
Processing Report
02 March 2015

Number of images:	352	Camera stations:	352
Flying altitude:	128.366 m	Tie-points:	27434
Ground resolution:	0.0308547 m/pix	Projections:	264751
Coverage area:	0.376775 sq km	Error:	0.674239 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
COOLPIX A (18.5 mm)	4928 x 3264	18.5 mm	4.83629 x 4.83629 um	No

Table. 1. Cameras.

Camera Calibration

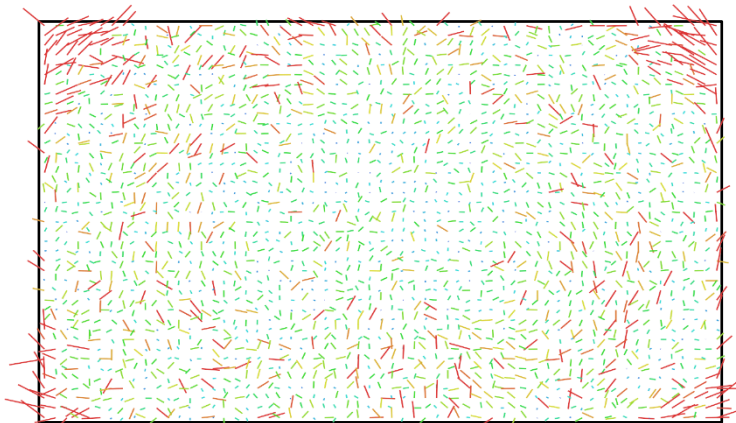


Fig. 2. Image residuals for COOLPIX A (18.5 mm).

COOLPIX A (18.5 mm)

Type:	Frame	K1:	-0.0741912
Fx:	3845.82	K2:	0.091419
Fy:	3846.48	K3:	-0.0487725
Cx:	2462.4	K4:	0.0265583
Cy:	1644.46	P1:	-0.000684057
Skew:	0.151733	P2:	0.000160924

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP02	-0.001451	0.024987	-0.013083	0.028242	3	0.086377
GCP04	0.003519	0.021745	-0.000462	0.022033	2	0.016880
GCP05	0.001265	-0.014650	-0.006747	0.016178	3	0.011236
GCP06	0.002708	-0.000806	0.011102	0.011455	4	0.046525
GCP08	0.009519	0.001501	-0.006234	0.011477	4	0.059146
GCP09	0.001073	-0.008390	-0.009602	0.012796	3	0.051131
GCP11	0.002168	-0.001483	0.003073	0.004043	2	0.034143
GCP12	0.011317	0.010837	0.000922	0.015696	2	0.005253
GCP13	-0.011048	0.008427	0.002223	0.014071	3	0.055953
GCP14	0.004036	-0.000838	-0.001035	0.004250	2	0.014824

Table. 2.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP16	0.010912	0.001529	0.005697	0.012404	3	0.021543
GCP17	-0.008825	-0.012075	-0.002846	0.015225	3	0.037652
GCP20	-0.009877	0.009304	-0.014144	0.019600	6	0.056055
GCP3B	0.003994	0.001879	0.001158	0.004563	2	0.032903
TAK02	-0.004715	-0.019369	0.019487	0.027877	4	0.139734
TAK04	-0.015186	-0.016060	0.007246	0.023261	3	0.097376
Total	0.007704	0.012369	0.008521	0.016880	49	0.063769

Table. 3. Control points

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP01	0.081693	0.034071	-0.128297	0.155868	2	0.050279
GCP07	-0.031913	-0.007802	-0.082690	0.088977	2	0.018007
GCP10U	-0.007506	0.017974	0.006705	0.020600	2	0.066282
GCP15	-0.003551	0.001287	0.018758	0.019135	2	0.010222
GCP18	-0.015546	0.004638	-0.039539	0.042738	2	0.011594
TAK01	-0.006999	0.009758	-0.055483	0.056767	2	0.149391
TAK03	-0.011920	-0.010859	-0.001928	0.016240	3	0.204433
Total	0.034213	0.015951	0.063629	0.073984	15	0.111050

Table 4. Check points.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no