

Gunnar Kaasa og Boglárka Kaasa

# Oppdatering av FKB data med bruk av dronefotogrammetri

Bacheloroppgave i Geomatikk

Veileder: Tormod Dahl Urke

Mai 2021



Gunnar Kaasa og Boglárka Kaasa

# Oppdatering av FKB data med bruk av dronefotogrammetri

Bacheloroppgave i Geomatikk  
Veileder: Tormod Dahl Urke  
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden





Oppgavens tittel:  [Oppdatering av FKB-data med bruk av dronefotogrammetri]	Dato: [20.05.2021]		
	Antall sider: [69]		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: [Gunnar Kaasa og Boglárka Kaasa]			
Veileder: [Tormod Dahl Urke]			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: [Svein Andreassen (Søndre Land kommune), Lars Østbye Hemsing (Vang kommune) og Ivar Oveland (Kartverket)]			

I dag foregår oppdatering av FKB database tradisjonelt med punktsky fra flyfotogrammetri og vektoriseringen av denne manuelt. Både flyfotogrammetri og manuell vektorisering er en tidskrevende prosess. For å gjøre denne prosessen raskere undersøkes det hvordan FKB data kan oppdateres med punktsky fra dronefotogrammetri, der det prøves å finne en metode som tegner FKB linjene på en semi-automatisert metode.

For å begrense antall objekttyper innafor FKB datasett som blir vektorisert, ble det valgt å fokusere på FKB-Bygning Takkant objekttype og området til datafangst til mindre del av Hov sentrum i Søndre Land kommune.

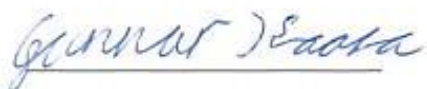
Det ble gjort en automatisk og en manuell klassifiseringsmetode for å skille hus fra terreng. Ut ifra klassifisert punktsky hvor en står igjen med bygningene, lages det en modell i FME som genererer vektorer langs takkant av byggene. Det ble tatt geometrisk kontroll av FME vektorer opp mot manuelle tegnede vektorer.

Selv om standardavviket til vektoriserte bygningene havnet stort sett innenfor kravet følger ikke vektorene registreringsinstruksen til FKB- Bygning Takkant.

Metoden som ble utforsket kan ikke brukes til å oppdatere FKB- Bygning Takkant. Det anbefales mer forskning på denne metoden som kan muligens i fremtiden brukes for eksempel til å oppdage ulovlige bygg.

Stikkord:

Punktsky
FKB
Vektorisering
Klassifisering

  
(Gunnar Kaasa)

  
(Boglárka Kaasa)

# Abstract

Currently, Felles Kartdatabase (FKB) is updated by point cloud from aerial photogrammetry and its vectorisation is done manually. Both aerial photogrammetry and manual vectorization are a time-consuming process. This research will examine how to make the updating process faster by using point cloud from drone photogrammetry and semi-automated vectorization.

This research will focus only to on vectorisation of FKB- Bygning Takkant object type, to limit the number of object types within FKB datasets. Data capturing is taken place in a smaller part of Hov center in Søndre Land municipality.

Both automatic and manual classifications methods were carried out to separate houses from terrain. When only the buildings are left after classification, Feature Manipulation Engine (FME) generates vectors along the roof edges of the buildings. Geometric control of vectors generated in FME was compared against manually drawn vectors.

Although the standard deviation for vectorization was mostly within the requirement, the registration of the vectors was not appropriate to follow the registration instructions of FKB-Bygning Takkant.

In concluding the results, this method that was explored cannot be used to update FKB-Bygning Takkant. More research on this method is required, so it can possibly be used to detect uninhabitable buildings in the future.

# Forord

Etter to og ett halvt år på universitetet startet vi endelig med bacheloren. Det vi viste i starten var at vi ville skrive bacheloren i samarbeid med Søndre Land kommune (SLK), bruke drone som datainnsamlingsverktøy og ta inn flere fagområder vi har gått gjennom studiet.

I begynnelsen følte vi oss målløse til å finne den rette problemstillingen. Av oppgaver det kunne velges mellom var det dronefotogrammetri som passet oss best da vi tenkte å gjøre en dronejobb for Søndre Land kommune. Oppgaven, der vi undersøker mulighetene for å oppdatere FKB data med punktsky fra dronefotogrammetri, dekket fagfeltet Geomatikk veldig godt og hadde både en praktisk del og en del hvor vi brukte GIS verktøy for bearbeiding av data. Vi ønsket oss ikke en gjennomføringsoppgave, men heller en hvor vi finner ut noe nytt å utforske.

Etter at vi har hatt god kontakt med Svein Andreassen fra SLK som kom med mange gode ideer hvordan kommunen kunne ta i bruk dronefotogrammetri begynte vi å forme en problemstilling. Vår veileder Tormod Dahl Urke (NTNU) ledet oss igjennom virvaret av muligheter og hadde ett realistisk syn på hva som var mulig å få til.

I tillegg har vi fått gode innspill fra Lars Østbye Hemsing fra Vang kommune som har god erfaring med å bruke dronefotogrammetri til oppdatering av FKB-data. Fra Kartverket kom Ivar Oveland med gode tips hvor han fortalte oss om hvordan det gjøres med en punktsky fra laserskann.

Derfor takker vi alle kontaktpersoner og veilederen vår for all god støtte og hjelp på veien til målet.

# Innholdsfortegnelse

Abstract .....	iii
Forord .....	iv
Innholdsfortegnelse .....	v
Figurligste.....	viii
Tabelliste .....	x
Forkortelser .....	xi
1 Introduksjon .....	1
1.1 Valg av oppgaven .....	1
1.2 Valgt område .....	2
1.3 Problemstilling.....	3
1.4 Oppgavens oppbygning .....	4
2 Teori.....	5
2.1 FKB datasett .....	5
2.1.1 FKB B .....	5
2.1.2 FKB- Bygning Takkant utførelse til standarden .....	6
2.1.3 Kvalitetskrav til FKB- Bygning Takkant.....	8
2.2 Standardavviket og avstand mellom vektorer .....	10
2.2.1 GNSS mottaker .....	11
2.2.2 GCP.....	11
2.3 Droner .....	12
2.3.1 Dronebruk i landmåling .....	13
2.3.2 Kommunenes anvendelse av droner .....	14
2.4 Fotogrammetri .....	16
2.5 Vektorisering .....	17

3	Metode .....	18
3.1	Innledning .....	18
3.2	Datainnsamling .....	19
3.2.1	Utstyr.....	19
3.2.1.2	.....	20
3.2.2	Datsett fra geonorge .....	21
3.2.3	Drone flygningen .....	21
3.2.4	Innmåling av tilknytningspunkter .....	23
3.2.5	Flygeplanen.....	24
3.2.6	Programvarer anvendt gjennom hele prosessen.....	27
3.3	Bearbeiding av innsamlet data.....	29
3.5.1	Prosessering av ortofoto.....	29
3.6	Filtrering av data.....	31
3.6.1	Klassifisering i Pix4D .....	31
3.6.2	Segmentering i CC .....	33
3.7	Vektorisering .....	34
3.7.1	FME modell .....	34
3.7.2	Manuell vektorisering .....	36
3.8	Sammenligning av data .....	37
3.8.1	FKB- data til visuell kontroll .....	37
3.8.2	Geometrisk kontroll .....	38
4	Resultater .....	39
4.1	Registreringsinstruksen krav til utførelsen av FKB- Bygning Takkant .....	39
4.2	Standardavviket til byggene .....	41
5	Diskusjon .....	44
5.1	Registreingsinstruksen til FKB- Bygning Takkant .....	44

5.2	Standardavvik .....	46
5.2.1	Bygg 6 .....	47
5.3.2	Bygg 17 blå.....	49
5.3.3	Andre bygninger med høyere avvik .....	50
6	Oppsummering .....	51
7	Referanser.....	52
8	Vedlegg .....	58
	Vedlegg A.....	58
	Vedlegg B .....	58
	Vedlegg C .....	58

# Figurligste

Figur 1: Området dronen flø over (Norgeskart, 2021). .....	2
Figur 2: Takkant og noder på bygg med flatt tak (Geonorge, 2018). .....	6
Figur 3: Takkant og noder på bygg med skråtak (Geonorge, 2018). .....	7
Figur 4: Oppstikkende elementer på bygg (Geonorge, 2018). .....	7
Figur 5: Stedfestnings nøyaktighet (Geonorge, 2018). .....	8
Figur 6: Standardavviket til FKB- Bygning Takkant (Geonorge, 2018). .....	9
Figur 7: Gauskurve (Wikipedia- Standardavvik, 2021). .....	10
Figur 8: Formel for standardavviket (Skatverdt, 2015). .....	10
Figur 9: Dronetyper (Li & Liu, 2018). .....	12
Figur 10: Multi rotor drone (EDC News , 2020). .....	13
Figur 11: Skolebygning ortofoto (Hemsing, 2020). .....	14
Figur 12: Skolebygg vektorisert (Hemsing, 2020). .....	15
Figur 13: Vektorer (University, 2021). .....	17
Figur 14: Prosessen. ....	18
Figur 15: GNNS utstyret (Leica GPS Viva GS16, 2021). .....	19
Figur 16: (Kaasa, 2021). .....	20
Figur 17: orthofoto og flygeplan (Pix4D, 2021). .....	22
Figur 18: GCP i terrenget. ....	23
Figur 19: Kameraets spesifikasjoner og tabell (Dual, 2019), (photocounter, 2013). .....	24
Figur 20: Flight Claculator (melowntech, 2021). .....	25
Figur 21: Høydeforskjell i luftlinje. ....	26
Figur 22: (Kaasa, 2021). .....	26
Figur 23: Pix4D programvare viser GCP og nøkkelpunkter. ....	29
Figur 24: Fullstendig punktsky. ....	30
Figur 25: Klassifisering i Pix4D. ....	31
Figur 26: Klassifisering i Pix4D. ....	32
Figur 27: Segmentering i CC. ....	33
Figur 28: FME modell. ....	34
Figur 29: Manuelle vektorer Bygg 4 og Bygg 2. ....	36



Figur 30: FKB vektorer, kontrollvektorer og FME vektorer Bygg 20A garasje.....	37
Figur 31: FKB vektorer, kontrollvektorer og FME vektorer Bygg 1.....	37
Figur 32: Oversiktsbilde kontroll vektorer og FME vektorer i terrenget.....	38
Figur 33: Kontroll vektorer og FME vektorer til barnehage.....	39
Figur 34: Kontrollvektorer og FME vektorer Bygg 17 (blå). .....	39
Figur 35: Bygg 4. ....	40
Figur 36: Bygg 2 A barnehage. ....	40
Figur 37: 15 bygg som er gjort en geometrisk kontroll av.....	41
Figur 38: Standardavvik og avvik i grunnriss. ....	43
Figur 39. Standardavvik og avvik i høyde. ....	43
Figur 40: Hjørne i bygninger.....	44
Figur 41: Vektorer langs en lang strekning.....	45
Figur 42: To vektorer generert hvor det ikke skal være.....	45
Figur 43: Punkter plassert langt vekk fra kontrollinje.....	47
Figur 44: Bygg 6 vist i CC. ....	48
Figur 45: Flere punkter langt nede. ....	49
Figur 46: Liten punktsskyklase.....	49
Figur 47: Bygg 17 blå, bølgete tak. ....	50

# Tabelliste

Tabell 1: Standardavviket.....	42
--------------------------------	----

# Forkortelser

CC	Cloud Compare
DSM	Digital Surface Modell
FKB	Felles Kartdata Base
FME	Feature Manipulation Engine
GCP	Ground Control Points
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
GSD	Ground Smaplin Distance
LAS	Lidar Aerial Survey
SLK	Søndre Land kommune
SOR	Statistical Outlier Removal
SOSI	Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon



# 1 Introduksjon

## 1.1 Valg av oppgaven

I denne bachelor oppgaven undersøkes det om punktsky fra dronefotogrammetri kan benyttes til oppdatering av FKB-data. For vektorisering av punktsky ble det skrevet bacheloroppgaver som dreier seg om både manuell vektorisering (Frøyna Alfsen, et al., 2020), (Boge, et al., 2019) og semi-automatisert vektorisering av punktsky (Berg, et al., 2020). Vi så mulighetene samt utfordringen i semi-automatisert vektoriseringen så derfor valgte vi å forske på denne metode.

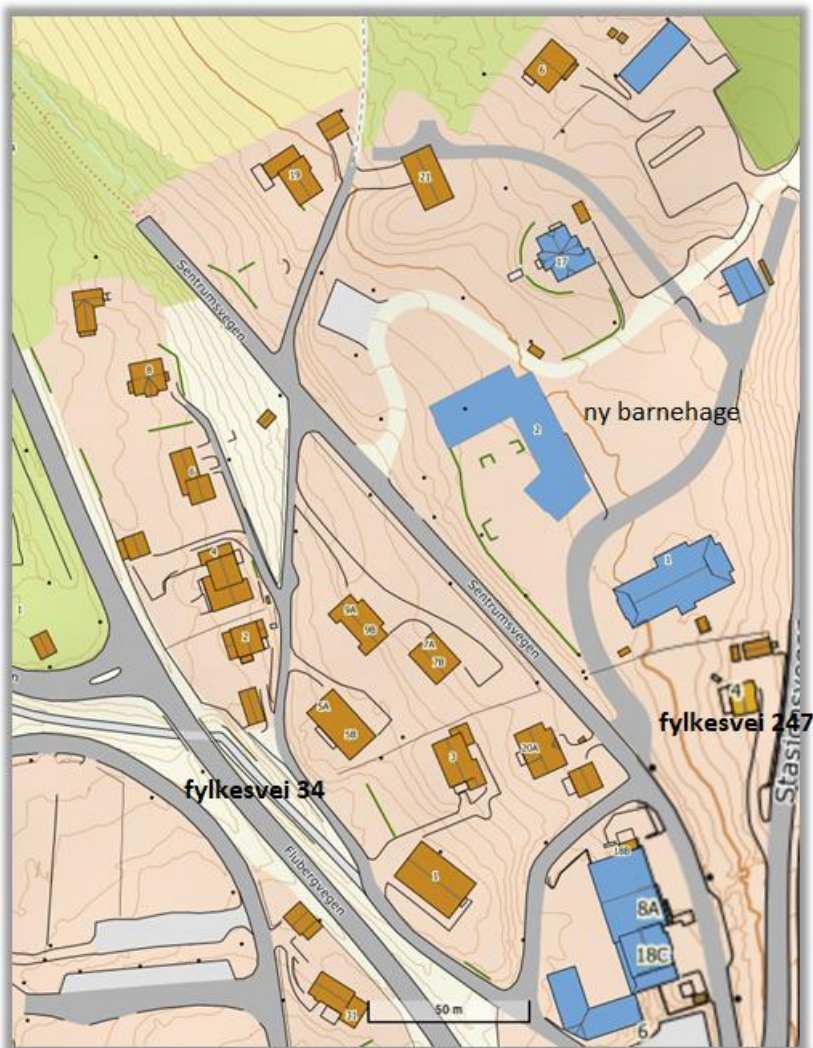
Området som ble valgt til droneflygingen ligger i Søndre Land kommune (SLK), der det ble bygd en ny barnehage med ny infrastruktur i 2020.

Hos kommuner skjer datainnsamling hovedsakelig med flyfotografering (Geovekst , 2021) mens i nyere tid har noen kommuner som Vang og Lillestrøm begynt å se fordelene med å ta i bruk droner til forskjellige oppgaver som; ortofoto, bymodeller i 3D, oppdatering av FKB database og kartlegging (Hemsing, 2020), (UAS Norway, 2020).

Informasjonen vi har fått gjennom muntlig kommunikasjonen fra SLK er at dem ser nytten med bruk av drone over mindre områder slik som barnehager og skoler. Dette fordi kommunen kan få FKB- databasen oppdatert raskere.

## 1.2 Valgt område

Dronefotogrammetrien ble gjort i Hov sentrum som er administrasjonssenteret til Søndre Land kommune. Etter kontakt med kommunen ble valget til droneflygingen den nye barnehage som ble nylig bygd ferdig med ny infrastruktur. For å kunne jobbe med et større datasett utvidet vi området mellom fylkesvei 34 som er Flubergvegen og fylkesvei 247 som er Stasjonsvegen (se figur 1).



Figur 1: Området dronen flø over (Norgeskart, 2021).

### 1.3 Problemstilling

FKB består av mange datasett som Arealbruk, -Vann, -Høydekurver, -Bygning og mange andre (Geovekst-kommune, 2014). Vi valgte å vektorisere Takkant objekttype innafor FKB-Bygning (Geonorge, 2018). Denne objekttypen er ytterkanten av taket (Geonorge, 2018) og vi så at det kan bli mindre komplisert å finne en semi- automatisert metode for vektorisering av dette objekttype.

Etter at det ble valgt område for dronofotogrammetrien, hvilke objekttype vi skulle fokusere på og valg av metode for vektorisering, lyder problemstillingen slik:

*«Kan FKB-Bygning Takkant oppdateres med semi-automatisert metode ved bruk av punktsky fra dronofotogrammetri?»*

Hensikten med oppgaven er å utforske en effektiv måte for kommuner å ajourføre FKB- data ved bruk av dronofotogrammetri og semi- automatisert vektorisering. Videre blir det sett på at produserte vektorene vil følge det som står i registreringsinstruksen og standarden til FKB-Bygning Takkant. Det er derimot ikke forventet at det blir noen endelig løsning, men at det utforskes mulighetene for hva og hvor mye som er mulig å få til. Dette burde bygge grunnlaget for at noen andre kan jobbe videre med temaet.

## 1.4 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er delt i 6 kapitler hvor det fortelles om dronedefotogrammetri og oppdraget som ble gjort for SLK med tilhørende resultater.

- Kapittel 1: introduksjon til oppgaven
- Kapittel 2: omhandler teori om relevante elementer
- Kapittel 3: metodene som ble brukt fra datainnsamling til vektorisering
- Kapittel 4: visning av resultater
- Kapittel 5: diskusjon av resultatene og avvikene.
- Kapittel 6: oppsummering av resultatet og anbefaling til videre arbeid.



## 2 Teori

### 2.1 FKB datasett

FKB er forkortelse for Felles KartdataBase, som inneholder den nøyeste og mest essensielle kartdatasett som finnes i Norge. Det er Geovekst- samarbeidet som er innehaveren til FKB-spesifikasjonen. Bruken til disse dataene er egnet til saksbehandling og kartproduksjon av kommuner og andre offentlig og private etater. Store mengden av dataen anskaffet av gjentagende flyfotografering mens ajourholdt skjer av de ansvarlig etater etter saksbehandling og oppmåling. FKB data delt opp til fire standarder som FKB- A, FKB- B, FKB- C, FKB-D der hver standard inneholder ulike områdetyper (Granum, 2020), (Kartverket, 2019).

#### 2.1.1 FKB B

FKB- B standarder brukes til tett-og blandet bebyggelse, utbyggingsområder og tas i bruk i områder utenfor byene med en viss mengde bygninger. FKB-B standarden kan benyttes til detaljprosjektering og ved utarbeidelse av enkelte reguleringsplaner. Mesteparten av disse dataene legges til grunn flybåren fotogrammetri med oppløsning på 8-12 cm (Kartverket, 2020).

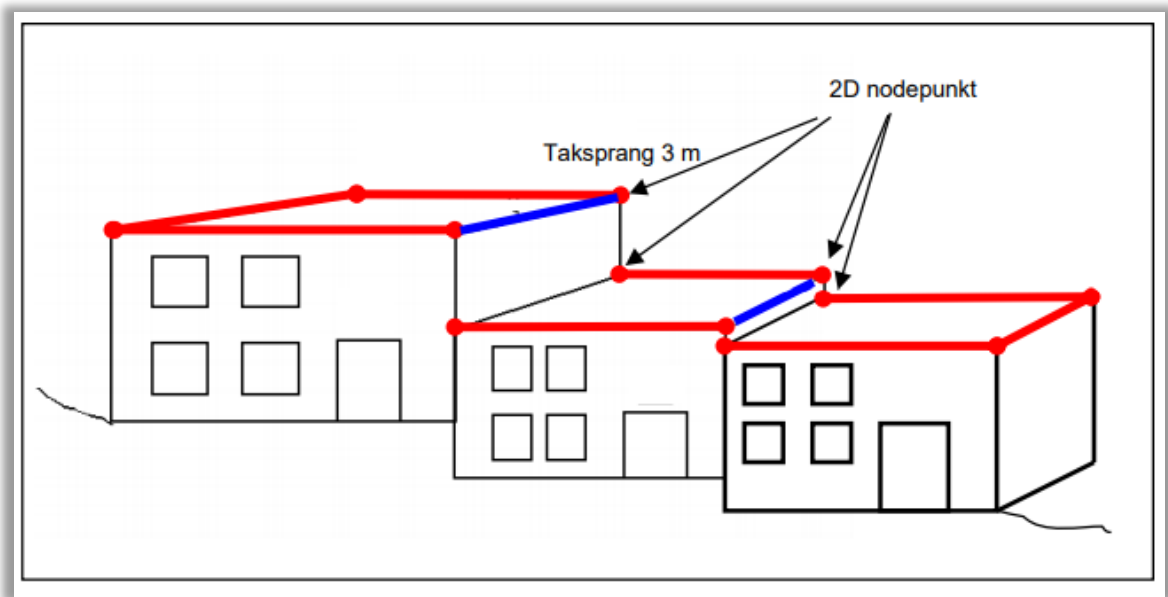
## 2.1.2 FKB- Bygning Takkant utførelse til standarden

Følge av standarden defineres takkant som bygningens ytre takflateavgrensning i FKB databasen, se figur 2. I dokumentet «Fotogrammetrisk FKB- Bygning» ligger beskrivelsen på forventet kvalitet og hvordan FKB-takkant skal utføres (Geonorge, 2018).

I figur 2 ser man metoden til hvordan takkant linjer skal tegnes opp i ytre kant av bygget. I hjørnene er det node punkter og linjer imellom, mens blå linjer tegnes ikke som Takkant fordi de er Taksprang.

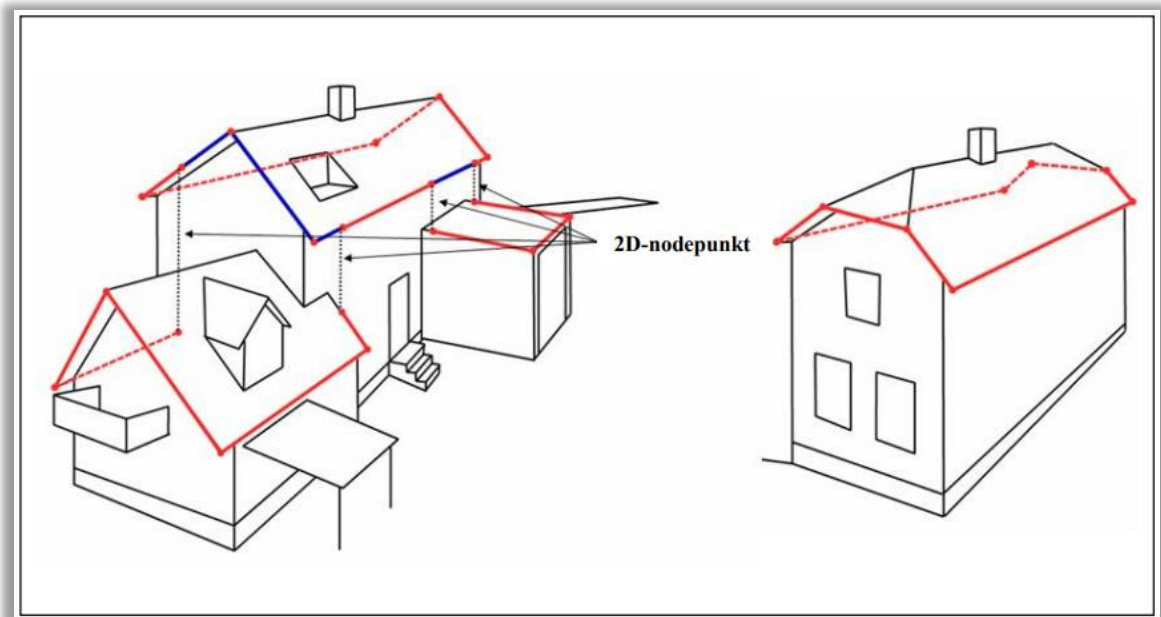
Under Taksprang linjen skal det ikke være noen linje som vist i figur x (Geonorge, 2018).

I tillegg tegnes ikke hverken vertikale eller horisontale linjer mellom to noder hvor det er Taksprang, se figur 2 og figur 3.



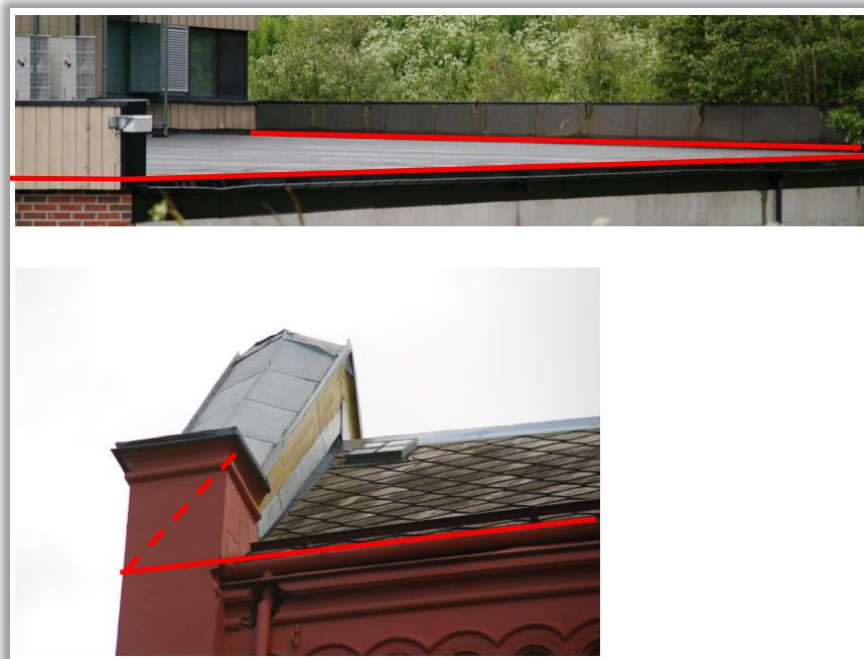
Figur 2: Takkant og noder på bygg med flat tak (Geonorge, 2018).

Her er et annet eksempel med hus som har skråtak.



Figur 3: Takkant og noder på bygg med skråtak (Geonorge, 2018).

Slike tilfeller som vist i figur 4 registreres høyden på takkanten på tak-planet og ikke på de oppstikkende objektene. (Geonorge, 2018)



Figur 4: Oppstikkende elementer på bygg (Geonorge, 2018).

### 2.1.3 Kvalitetskrav til FKB- Bygning Takkant

Stedfestningsnøyaktigheten og toleransen til objekttypene i FKB base er gitt i dokumentasjonen til Kartverket side i Fotogrammetrisk\_ FKB-Bygning. Takkant for stedfestningsnøyaktighet er inndelt i klasse 2 i grunnriss og klasse 3 i høyde, figur 5 (Geonorge, 2018).

Objekttype	Klasser stedfestingsnøyaktighet								Klasser fullstendighet	
	Grunnriss				Høyde				1	2
	1	2	3	4	1	2	3	4		
Bygning									X	
AnnenBygning									X	
Bygningsdelelinje			X				X			X
Takkant		X					X		X	
Fasadeliv		X						X		X
Grunnmur	X				X				X	
FiktivBygningsAvgrensning									X	
Bygningslinje		X				X			X	
Hjelpelinje3D		X					X		X	
Mønelinje		X				X			X	
Portrom		X					X			X
Arkade		X					X			X
TakMur		X				X				X
Takplata		X				X			X	
TakplataTopp		X				X			X	
Taksprang		X				X			X	
TaksprangBunn		X					X		X	
BygningBru			X				X		X	
Låvebru			X				X			X
Veranda			X				X			X
TrappBygg			X				X			X
Takoverbygg									X	
TakoverbyggKant		X				X			X	

Figur 5: Stedfestnings nøyaktighet (Geonorge, 2018).

I neste tabell figur 6, beskrives standardavviket til disse klassene fra om det er FKB-A, FKB-B, FKB-C eller FKB-D. Dermed stedfestingsnøyaktigheten til FKB-B Takkant i grunnriss er 0,20 meter og til høyde er 0,35 meter (Georange, 2018).

Kvalitetskategori	Kvalitetselement	Kvalitetsmål	Klasse	FKB-standard			
				A	B	C	D
				Krav	Krav	Krav	Krav
Fullstendighet	manglende data	andel manglende enheter	1	0.5 %	0.5 %	0.5 %	0.5 %
Fullstendighet	manglende data	andel manglende enheter	2	2 %	2 %	2 %	2 %
Fullstendighet	overskytende data	andel overskytende enheter	1	0.5 %	0.5 %	0.5 %	0.5 %
Fullstendighet	overskytende data	andel overskytende enheter	2	2 %	2 %	2 %	2 %
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt stedfestingsnøyaktighet	stedfesting - Prosentandel grove feil		1 %	1 %	1 %	1 %
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt grunnrissnøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	1	0.10 m	0.15 m	0.48 m	0.48 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt grunnrissnøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	2	0.15 m	0.20 m	0.55 m	0.55 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt grunnrissnøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	3	0.35 m	0.35 m	0.70 m	0.70 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt grunnrissnøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	4	0.55 m	0.55 m	1.00 m	1.00 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt høydenøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	1	0.10 m	0.15 m	0.48 m	0.48 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt høydenøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	2	0.15 m	0.20 m	0.70 m	0.70 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt høydenøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	3	0.25 m	0.35 m	0.90 m	0.90 m
Stedfestingsnøyaktighet	absolutt høydenøyaktighet	stedfesting - Standardavvik	4	0.40 m	0.50 m	1.50 m	1.50 m
Egenskapskvalitet	klassifikasjonsriktighet	feilklassifikasjons andel		0.5 % (1)	0.5 % (1)	0.5 % (1)	0.5 % (1)
Logisk konsistens	formatkonsistens	formatkonsistens		0	0	0	0
Logisk konsistens	konseptuell konsistens	antall enheter der regler i konseptuelt skjema ikke er oppfylt		0	0	0	0
Logisk konsistens	topologisk konsistens	antall ulovlige småpolygoner		0	0	0	0
Logisk konsistens	topologisk konsistens	antall ulovlige egenkryssinger		0	0	0	0
Logisk konsistens	topologisk konsistens	antall ulovlige egenoverlapper		0	0	0	0
Logisk konsistens	topologisk konsistens	antall ulovlige løse ender		0	0	0	0
Logisk konsistens	topologisk konsistens	antall ulovlige lenkekryssing		0	0	0	0

Figur 6: Standardavviket til FKB- Bygning Takkant (Georange, 2018).

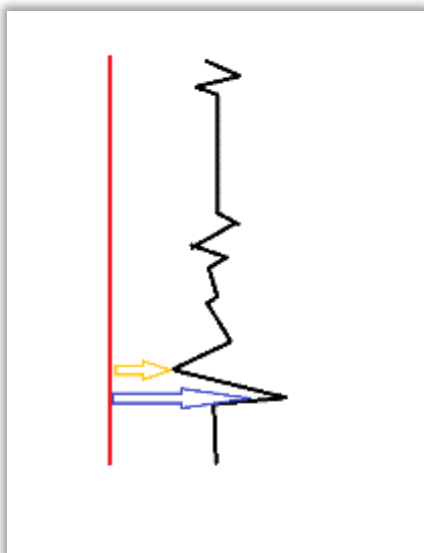
## 2.2 Standardavviket og avstand mellom vektorer

I landmåling brukes standardavvik til å vise nøyaktigheten av observasjonene som ble fullført (Skogseth & Norberg, 2014).

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Figur 7: Formel for standardavviket (s), (Skatverdt, 2015).

I formelen til standardavviket (figur 7) ligger summen av de kvadrerte avvika over delelinje og antall målingene over delelinje. (Skatverdt, 2015)



Røde linjen er kontroll vektor og svarte linjen er vektoren som ønsker å bli sammenlignet. Gule pilen viser minste avstanden, blå vektoren viser største avstanden mellom vektorene og gjennomsnittsavstand legger seg mellom disse.

Figur 8: Avstand mellom vektorer.

### **2.2.1 GNSS mottaker**

En GNSS mottaker fanger opp radio signaler som sendes av satellittsystemer som er blant annet GPS (amerikansk), GLONASS (russisk), Galileo (europeisk) og Beidou (kinesisk). Posisjonen til mottakeren bestemmes ved å beregne avstanden mellom sender som er satellittene og mottakeren som er instrument på bakken. GNSS mottaker brukes når det ønskelig å få koordinater til punkter i bakken for georeferering (Jin, et al., 2014).

### **2.2.2 GCP**

Bakkepunkter, som på engelsk Ground Control Points (GCP) er markerte punkter i bakken som har kjente koordinater. Markeringen til disse punktene kan man bruke en stor X som er tegnet med høy kontrast farger som rosa, gul eller hvit, slik at det godt synlig fra lufta. For å knytte bildene sammen og georeferere dem ved dronefotogrammetri, bør det ligge GCP-er på bakken godt spredt utover området som skal flyges over (Ground control points for drone mapping, u.d.).

Det er en fordel å ha nok GPC`er så det er ikke uvanlig å ha en 5 eller mer avhengig av hvor stort område som flyges. Dette for å sikre god nøyaktighet i punktskyen. (Documentation, 2021).

## 2.3 Droner

Drone er flyvende robot som opereres direkte fra bakken eller flyr autonomt og bærer ikke menneskelig operatør om bord (Abdelkefi & Hassanalian, 2017).

I dag brukes drone, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) til mange forskjellige arbeidsformål og til hobbybruk. I begynnelsen ble droner utviklet til militær operasjon, siden ble nytten av dem spredt overalt der det gjør arbeidet tryggere, effektiv, lettere og det er en avlastning å bruke det i enkelte tilfeller. Områder der det ble satt i arbeid er stort sett logistikk, infrastruktur, bygg og anlegg, visualisering og landmåling (Li & Liu, 2018).

Droner har forskjellig oppbygging og de kan kategorisert etter sin utforming som; fixed -wing og fixed-wing hybrid drone (fastvingedrone), multi-rotor og single-rotor drone (multikopter) (Søderholm, 2014).

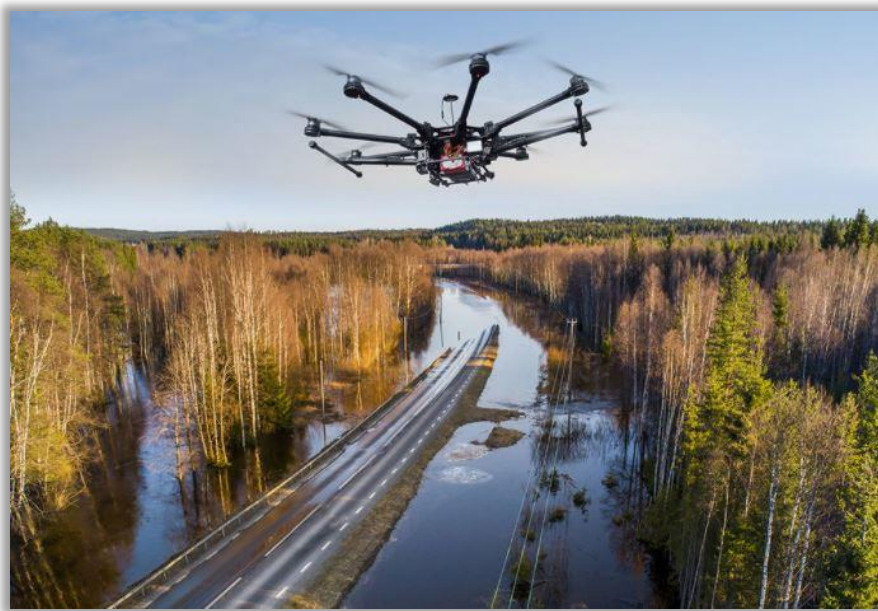


Figur 9: Dronetyper (Li & Liu, 2018).



### 2.3.1 Dronebruk i landmåling

Dronebruk som datafangstmetode har vært i bruk i landmåling i mange år. Drone gjør landmålerens arbeid i visse områder vesentlig lettere, raskere, den gjør innmålingsprosessen mer effektiv, kostnadene mindre og den får helhetlig bilde over området som flys over (Li og Liu, 2018). Multi-rotor drones kan fly både horisontalt, vertikalt og hovere i lufta slik at de er spesielt godt egnet til å fly og lande på steder som trøblete å nå til (Abdelkefi & Hassanalian, 2017). Som figur viser, kan multi-rotor drone lett kartlegge for eksempel oversvømt områder (EDC News , 2020).



Figur 10: Multi rotor drone (EDC News , 2020).

I Norge kom den første landmålingsdrone i drift i 2012 og bruken av dem stiger fortsatt både hos private selskaper og hos kommuner (Byggeindustrien, 2012). Det spares betydelig mye tid på å måle inn arealer og mengder og ikke minst øker sikkerheten ved å unngå å gå fysisk for å måle nærheten av trafikken (Hemsing, 2020), (Søderholm, 2014).

### 2.3.2 Kommunenes anvendelse av droner

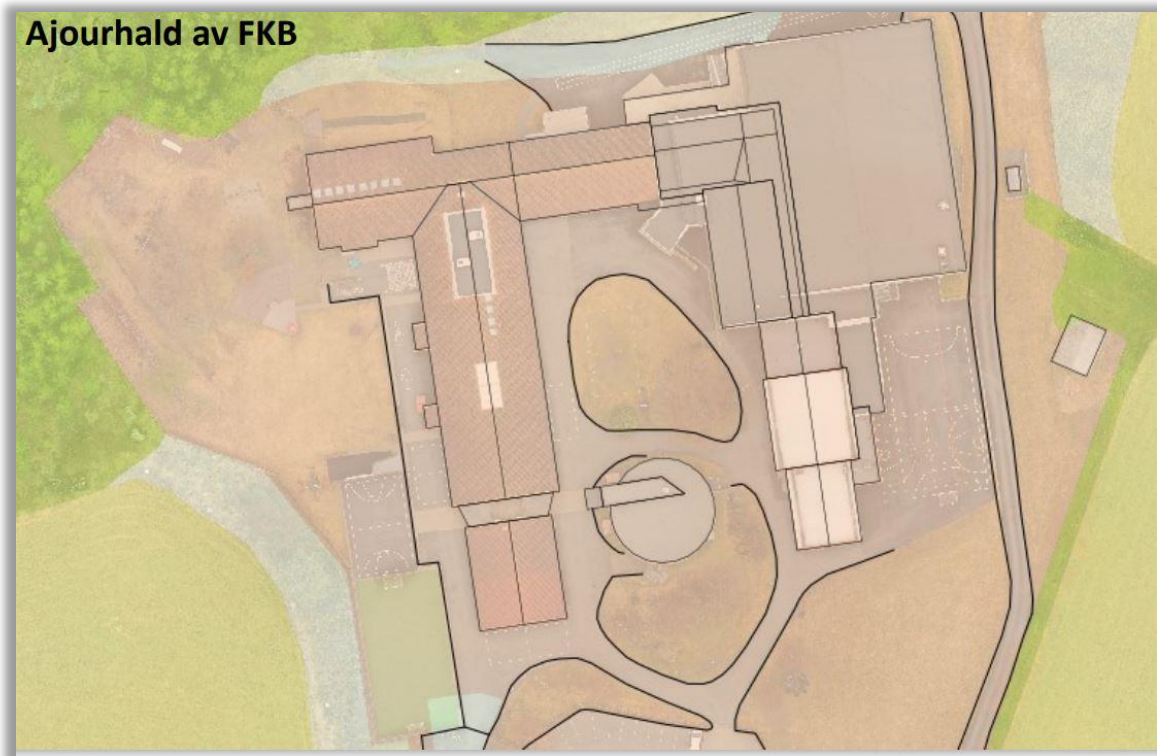
Mens entreprenørselskaper bruker UAV-er til masseberegning, se forandringen i byggeprosessen, bruker kommuner dem mest til å ajourføre forandringer i FKB databasen og å få ortofoto over ønskelig områder (Hemsing, 2020), (UAS Norway, 2020).

I Valdres har drone vært i bruk en stund av kommuner for kartlegging. På figur 11 er det et skolebygg fra Valdres der det ble tatt bilder av forskjellige bygningsfaser med dronen (Hemsing, 2020).



Figur 11: Skolebygning ortofoto (Hemsing, 2020).

Figur 12 viser samme skolebygget etter ombygningen som ble vektorisert manuelt direkte i kommunens FKB database (Hemsing, 2020).



Figur 12: Skolebygg vektorisert (Hemsing, 2020).

## 2.4 Fotogrammetri

Fotogrammetri består av to ord; *fotogram* og *metri*. Ordet *fotogram* betydning er å ta bilder av målekamera og *metri* menes som måling. Fotogrammetri er en metode å ta geografiske bilder med egenskaper ved hjelp av måling på fotogrammer. Vanligvis tas fotogrammetri fra lang avstand for oppgaver som registrering av grenser, lage terrengmodeller, sette sammen ortofoto (Skogseth & Norberg, 2014).

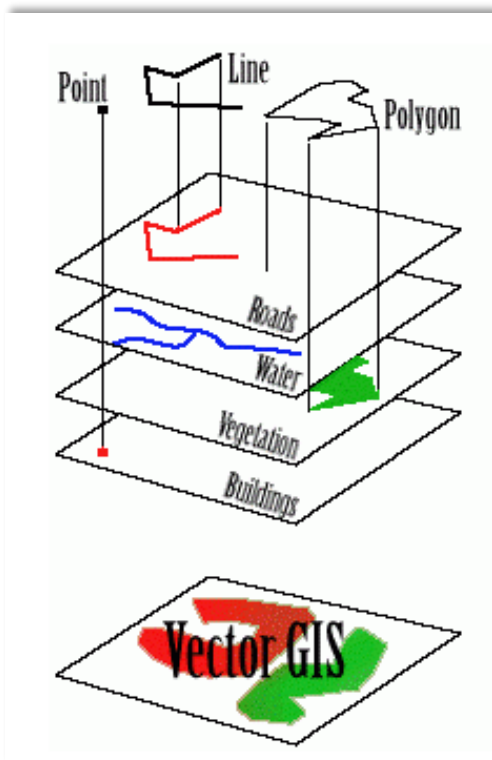
I dag brukes stort sett fly til store fotogrammetriske prosjekter mens for små og raske prosjekter brukes drone. (Dick & Mæhlum, 2020)

Om man flyr enten med store fly eller små droner er Ground Control Points (GCP) helt nødvendig for å vite eksakt hvor man er i verden. Altså det trengs for georeferering slev om både fly og droner har innebygd GPS trenger vi GCP på bakken for å ha kontroll. I en programvare kommer disse GCP ene spesielt til nytte hvor man kan knytte bildene som ligger i nærheten av en GCP og en øker kvaliteten. Kvaliteten på bildene er også avhengig av overlapp, kameraet optikk og brennvidden. Denne kan variere med støt, temperatur høyde og tid. (Ladai, 2020)

## 2.5 Vektorisering

En vektor er en linje som forbinder to punkt (Vektor-wikipedia, 2021).

Vektorene består av en linje med koordinater i endene som da kommer i og for seg fra ett geografisk rom. Det er dette som kjenner tegner en vektor. Vektorer er blir representert ved at det knyttes til ett geografisk fenomen f.eks. en bygning som er georeferert. (Huisman & A.de By, 2009)



Figur 13: Vektorer (University, 2021).



# 3 Metode

## 3.1 Innledning

Denne delen av bacheloroppgaven forklarer arbeidsprosessen som ble gjort fra start til slutt.

Datainnsamling i felt ble gjort med drone og området ble målt inn med GNSS for å georeferere punktskyen.

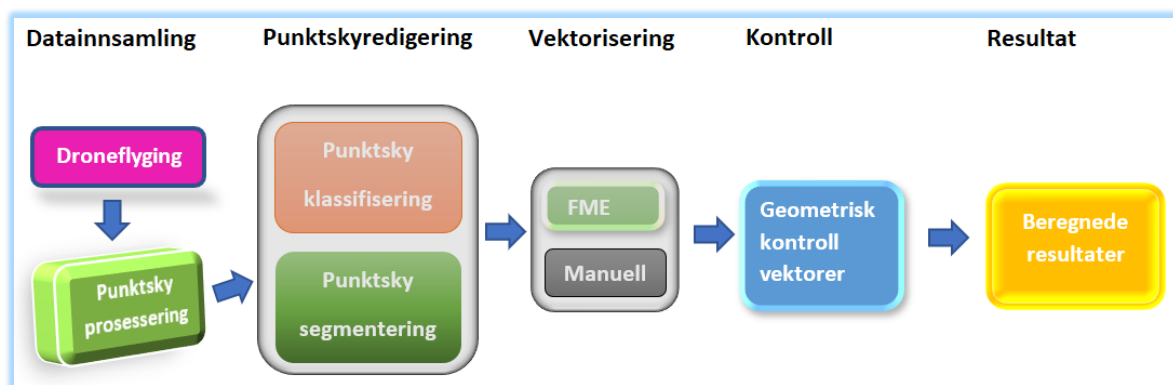
Punktskyen ble bearbeidet med to forskjellige redigeringsmetoder slik at vektorer kan lages ut fra den.

Vektorer ble produsert i to sett, hvor ett er generert i FME automatisk, mens settet tegnet i CC er gjort manuelt og fungerer som kontrollvektorer.

For å kontrollere FME vektorer blir det tatt geometrisk kontroll opp mot de manuelle kontrollvektorer tegnet i CC.

Ut fra geometrisk kontroll blir det generert data i grunnriss og høyde som er avstanden mellom FME vektor og kontroll vektor. Dataene brukes for videre beregninger av standardavviket til FKB- Bygning Takkant.

Det rent visuelle resultatet til hvordan vektorene skal se ut vises i instruks for FKB- Bygning Takkant.



Figur 14: Prosessen.

## 3.2 Datainnsamling

### 3.2.1 Utstyr

Under denne delen av oppgaven beskrives utstyret som ble brukt i praksis i oppgaven.

#### 3.2.1.1 Leica Viva GS16 GNSS mottaker

I felten ble det brukt Leica Viva GS16 GNSS mottaker som ble lånt fra NTNU labben.



Figur 15: GNSS utstyret (Leica GPS Viva GS16, 2021).

### 3.2.1.2 DJI Mavic 2 Enterprise Dual og spesifikasjoner

DJI (Da-Jiang- Innovation) selskapet som ble etablert i 2006 er et kinesisk selskap som utformer og produserer blant annet UAVs, action kameraer og slingrebøyer til kamera (Wikipedia, 2021).

Drone brukt til datainnsamling er en DJI sin Mavic 2 Enterprise Dual, som er en multi-rotor drone med fire propeller. Denne kan brukes til både kommersiell og industriell flyvning. Flytiden er opptil 31 minutter, rekkevidde er 5 km, maksimal hastighet er på 72 km/t, lagringsplassen er 24 GB og inneholder to type kamera, ett RGB og ett termisk kamera (Dji, 2021).



Figur 16: (Kaasa, 2021).



### **3.2.2 Datasett fra geonorge**

FKB- datasettet er et utklipp fra en del av Hov sentrum i det aktuelle området hvor dronen flyr. FKB- data settet inneholder hele spekteret av FKB- data, men det er kun valgte å bruke dataene som er relevant for oppgaven. Til terrenget er det brukt FKB-høydekurver og FKB-bygning. Det er FKB-bygning som viser byggene og vil gi en rask visuell indikasjon på hvor polygonene til FME havner i terrenget (Geonorge, 2018).

### **3.2.3 Drone flygningen**

Ute i terrenget ble diskutert flygeplanen med dronepiloten og hvordan flygningen skal foregå.

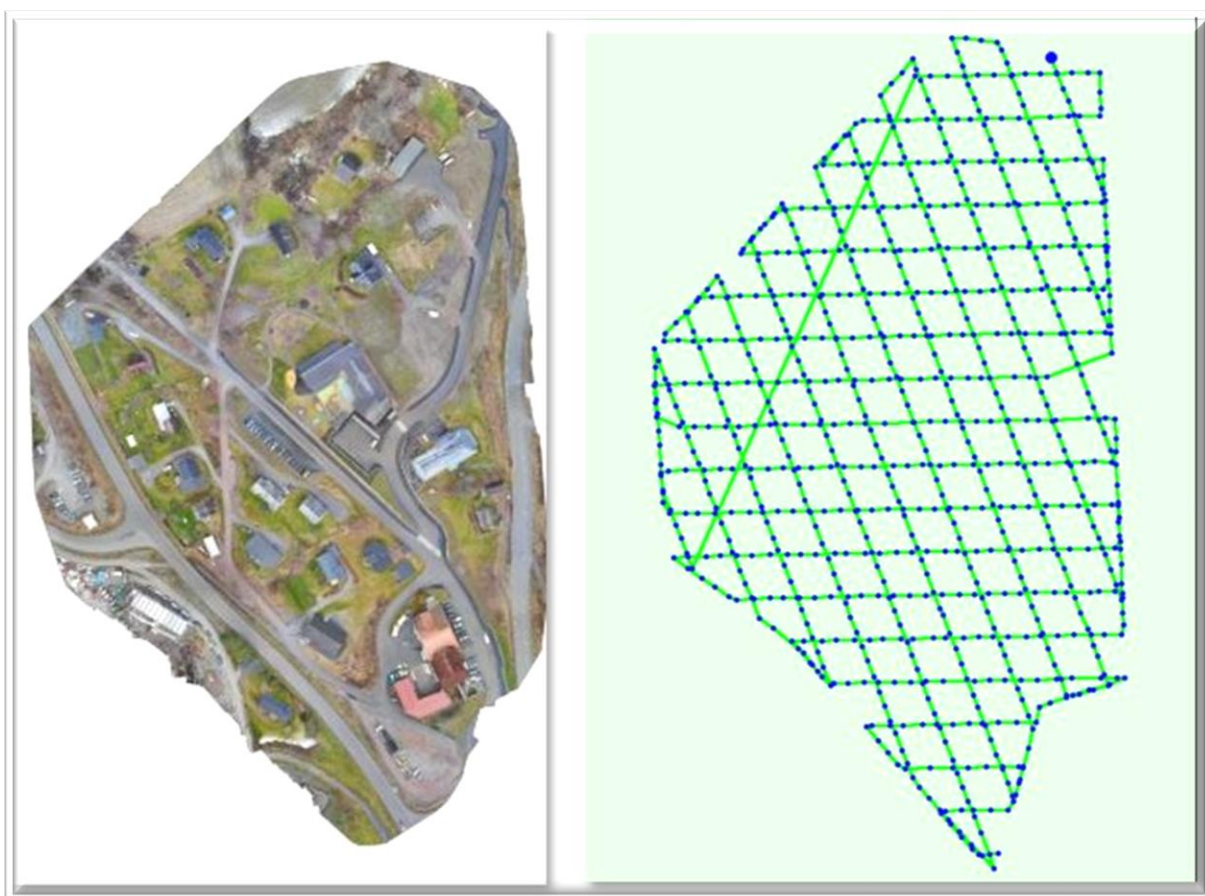
Siden det ennå ikke hadde lagt seg snø i Hov sentrum i midten av november, ble det bestemt at flygningen skjer den 25.11. 2020 for å ende med et sluttprodukt uten snø. Denne dagen var det grått vær som var fordelaktig med tanke på at det ikke ble mye skygge fra sol og forstyrrelser med sol i kameralinsen.

Flygningen ble gjort i to omganger slik at dronen flydde på kryss av første flygeplan. Dette ble gjort for å få en fin overlapp og ikke minst få med mest mulig detaljer angående bygninger og terrenget (se neste side).

Ifølge rapporten generert av Pix4D (se vedlegg A 3) dekker området 0,085 km<sup>2</sup>. Ved å sammenligne ortofotoet med flygeplanen kan man se hvordan ortofotoet følger flygeplanen.

Ortofotoet viser at det ble en del bygninger og mange av dem har forskjellig form. Dette var en del av planen for å få variasjon i datasettet.

Til høyre i figur 17 ser man hvordan to flygeplaner overlapper hverandre. Blå stor dott er landingsplassen til dronen og dem små blå dottene er når kameraet tar ett bilde. Grønn linje er flygeplanen til dronen.



Figur 17: ortofoto og flygeplan (Pix4D, 2021).

### 3.2.4 Innmåling av tilknytningspunkter

Før selve flygingen kunne finne sted, ble det planlagt hvor det er best å måle inn GCP punkter for å få dem i ytterkant og jevnt spredt utover. Bildene knytter seg til GCP'ene og programvaren får bildene georeferert. For at innmåling forgår nøye blir det slått ned en spiker i hvert punkt slik at stangen til GNSS utstyret havner på samme punkt hver gang. Over spikeren lages det ett kryss på 1x1 m. Selve målingen med GNSS ble gjort før og etter flygning. Røde kryss i figur 18 er innmålte punkter.



Figur 18: GCP i terrenget.

### 3.2.5 Flygeplanen

Ut ifra kameraets spesifikasjoner til venstre i figur 19 er flyhøyden beregnet til at den kan maksimum være på 50 meter.

Dette for å beholde god oppløsning over hele området som flys. Sensortypen er; 1/2.3`` CMOS og tabellen til høyre i figur 19 viser dem parameteren som trenger for å bregne høyden.

Camera		Imaging Area Dimensions			
Sensor "Type"		Diagonal (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )
Sensor	1/2.3" CMOS	2.7	2.46	1.8	4.43
Effective Pixels	12 MP	4.5	3.6	2.7	9.72
Focal Length	24mm (35mm Equivalent)	5.0	4.0	3.0	12.0
Lens Field of View	Horizontal: 85°	5.68	4.54	3.42	15.53
Aperture	f/2.8	6.0	4.8	3.6	17.28
Minimum Focus Distance	1.6' / 0.5 m	6.72	5.37	4.04	21.69
ISO Range	Photo: 100 to 1600 (Auto) Video: 100 to 3200 (Auto)	7.18	5.76	4.29	24.71
Photo Resolution	4:3: 4056 x 3040 16:9: 4056 x 2280	7.66	5.92	4.57	27.05
Photo Format	JPEG	7.7	6.12	4.51	27.60
Video Format	3840 x 2160p at 30 fps 2688 x 1512p at 30 fps 1920 x 1080p at 30 fps	7.8	6.17	4.55	28.07
Recording Media	microSD (up to 128 GB)	8.0	6.4	4.8	30.72
Photo Modes	Burst Shooting, Interval, Single Shot	8.93	7.18	5.32	38.20
		9.25	7.38	5.54	40.89
		9.25	7.40	5.55	41.07
		9.5	7.6	5.7	43.32
		10.07	8.08	6.01	48.56
		11.07	8.8	6.6	58.08
		16.0	12.8	9.6	122.88
		22.5	17.3	13.0	243.00
		23.36	18.7	14.0	261.8
		30.15	25.1	16.7	419.17
		26.82	22.3	14.9	332.27
		28.26	23.5	15.7	368.95
		28.40	23.6	15.8	372.88
		34.51	30.2	16.7	504.34
		33.53	27.9	18.6	518.94
		31.66	30.2	9.5	286.90
		43.3	36.0	24.0	864.00

Figur 19: Kameraets spesifikasjoner og tabell (Dual, 2019), (photocounter, 2013).

Informasjonen fra spesifikasjonene til kameraet og tabellen settes inn i en kalkulator (figur 20). Den gunstige flyhøyden blir da beregnet (Flight altitude).

Høyden varierer ut fra valg av Ground Sampling Distance (GSD) og har med hvor høy oppløsning det blir på Digital Surface Modell (DSM). GSD er avstanden to pixel senter og jo lavere verdi her jo mindre dratt blir bildet (Pix4D, 2021).

### Flight Calculator

This flight calculator is intended to help you plan a survey flight for Melown Photogrammetry processing.

It is recommended that you read our [Data Acquisition Guide](#) before using the calculator.

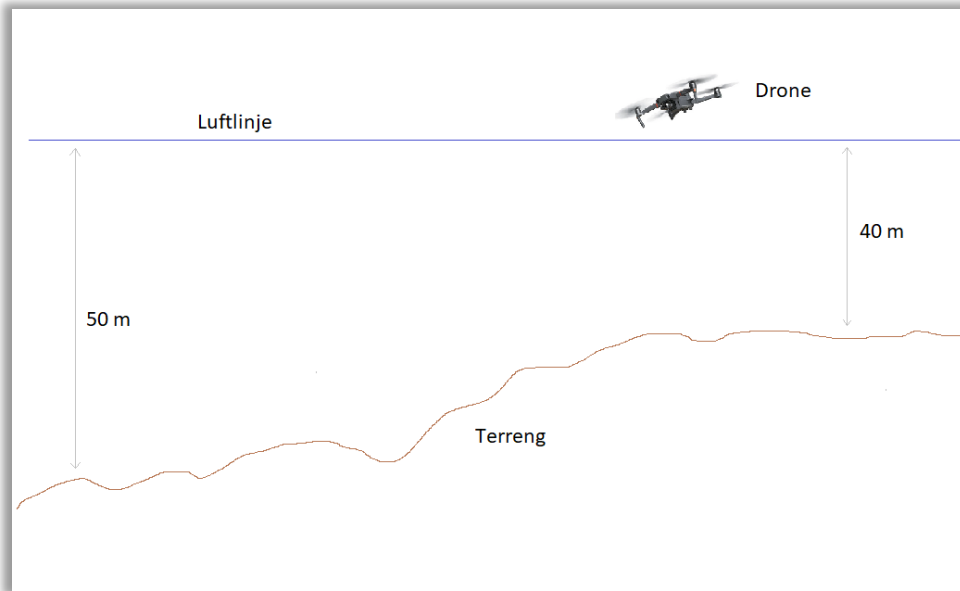
Basic parameters:		Camera parameters:	
Quality grade:	<input type="text" value="DSM"/>	Image width (px):	<input type="text" value="6170"/>
Ground resolution (cm):	<input type="text" value="2.1"/>	Image height (px):	<input type="text" value="4550"/>
Area (ha):	<input type="text" value="28.07"/>	Focal length (mm):	<input type="text" value="24"/>
		Pixel size (mm):	<input type="text" value="0.01"/>
		Field of view:	104° H, 87° V
		Virtual FOV:	104° H, 87° V

Advanced parameters:		Computed flight parameters:	
Oblique images in dataset	<input type="checkbox"/>	Forward spacing:	33.4 m
Tilt (degrees):	<input type="text" value="35"/>	Transverse spacing:	45.3 m
Camera top facing forward	<input checked="" type="checkbox"/>	Flight altitude:	50.4 m
		Number of images:	185
		Directionality:	---

Figur 20: Flight Claculator (melowntech, 2021).

Ut fra informasjonen GCP'ene ga var høydeforskjellen fra det laveste punktet til det høyeste på ca 10 meter. For å få like god kvalitet overalt ble valgt flyhøyde i høyeste punkt 40 meter. Siden dronen flyr i rett luftlinje vil det føre til at dronen flyr 50 meter over det laveste punktet i terrenget og resultatet blir like god oppløsning på bildene i begge høyder.



Figur 21: Høydeforskjell i luftlinje.

Under flygingen var det lite vind, grått overskyet vær og flygningen skjedde omtrentlig midt på dagen. Dette gjorde at det ble lite skygger fra bygninger og blending i linsen fra sola.



Figur 22: (Kaasa, 2021).

### 3.2.6 Programvarer anvendt gjennom hele prosessen

For å få brukt den innsamlede data, ble følgende programvarer anvendt.

#### 3.2.6.1 Pix4D

Pix4D er ett selskap som leverer fotogrammetrisk programvarer. Selskapet ble grunnlagt i 2011 og har sitt hovedkontor i Sveits. Selskapet leverer mange typer programvarer og Pix4D mapper er det som brukes til å sette sammen ortofoto, DSM og i tillegg få ut en lasfil av terrenget og bygninger (Pix4D, 2021).

#### *Punktsky klassifisering i Pix4D*

Klassifiseringen i Pix4D er en automatisk prosess programvaren fullfører i «Point Cloud and Mesh» delen. Programmet plasserer hvert punkt innfor syv klasser samt uklassifisert, deaktivert, bakke, vei, høy vegetasjon, bygninger og menneske lagd objekter

(Classification with Pix4D, u.d.).

#### 3.2.6.2 Cloud Compare

Cloud Compare (CC) er ett open source program som ble startet i 2004, hvor 3D-punktskyer kan håndteres. I programvaren kan punktskyen redigeres med utallige verktøy som segmenteringsverktøyet, SORfilteret, CFS filter, scalarfield mm (GNU, 2016). Med variasjonen av verktøy kan dermed punktskyer klassifiseres, renskes, klippes, tegne polyline mm.

Med CC kan du laste inn punktskyer i las formatet som muliggjør det for deg å se på punktskyen, renske, klassifisere, segmentere, sette sammen flere punktskyer mm.

Fra starten av var det tenkt å bli brukt til direkte sammenligning av 3D-punktskyer, etter hvert har det blitt lagt til flere funksjoner og algoritmer. Filosofien er at det hovedsakelig er ett punktsky prosesserings verktøy, selv om det er mulig f.eks lage en mesh (GNU, 2016).



### 3.2.6.3 FME

Safe Software ble startet i 1993 i sammenheng med å hjelpe skogsfirmaer med å utveksle kart med regjeringa. Metodene var ikke så bra, det gikk mye tid og informasjon ble borte, derfor ble Feature Manipulation Engine (FME) utviklet (SafeSoftware, 2020).

FME støtter 400 + formater som gjør at den kan håndtere romlig data fra hele verden. I tillegg kan FME håndtere andre formater som ikke er romlige.

På transformersiden støtter FME 450 transformere som har funksjoner som; «Clipper», «RasterToPolygonCoercer», «AttributeManager», «ElevationExtractor», «XMLValidator», «NumericalRasterizer», «Dissolver» mm (Software, 2021).

### 3.2.6.4 Gemini Terreng

Programvaren er et norskutviklet 3D-moduleringsverktøy som brukes til planlegging, prosjektering, oppfølging og dokumentasjon av utført arbeid. Verktøyet brukes av anleggsbransjen i hovedsak til vei og infrastruktur, men har også mulighet for import av modeller av bygninger fra mange forskjellige formater (Volve , 2021).

#### *Geometrisk kontroll av linje med punktmålinger*

Geometrisk kontroll er en modul i Gemini Terreng som brukes til å undersøke og dokumentere avviket mellom modeller. Linjekontrollen kontrollerer et målt punkt mot en linje og beregner avstand fra punkt til linje. Dette kan gjøres i grunnriss, høyde og 3D

(Gemini Terreng 16, u.d.).



### 3.3 Bearbeiding av innsamlet data

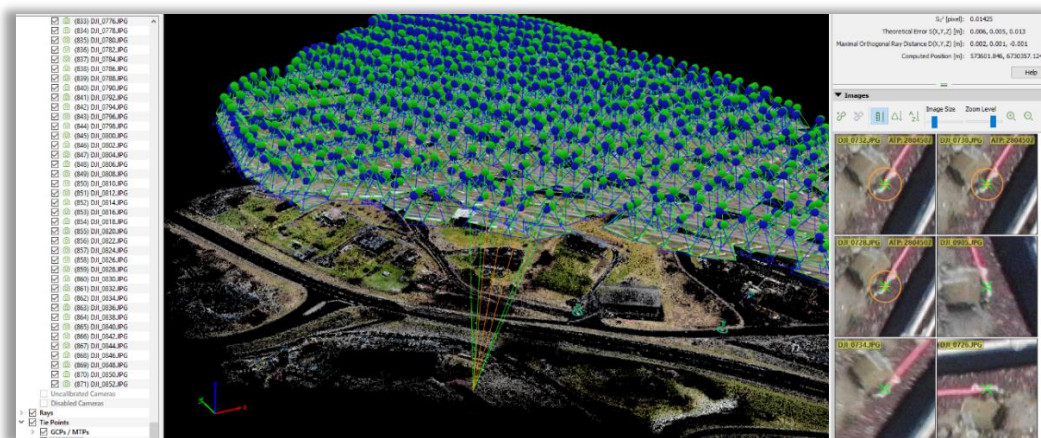
De innsamlede data blir bearbeidet i tre steg der resultatet kommer i form av en ortofoto og en punktsky. Begge kan brukes i de andre programvarene for videre analyse.

#### 3.5.1 Prosessering av ortofoto

Pix4D ble brukt til å sette sammen alle bildene og lage punktsky og ortofoto. For dette trengs GCP' ene for å knytte bildene opp mot hvert dem. Det vil si alle bilder som for eksempel har GCP punkt nummer en, forsøkes det å treffe krysset i alle bilder som er knyttet til dette punktet. For hver gang dette blir gjort, vil krysset i alle bilder flytte på seg, altså programvaren kalkulerer plasseringen til alle tilknyttede bilder på nytt og dette skal da bli bedre enn det forrige plassering (se høyre for figur 23).

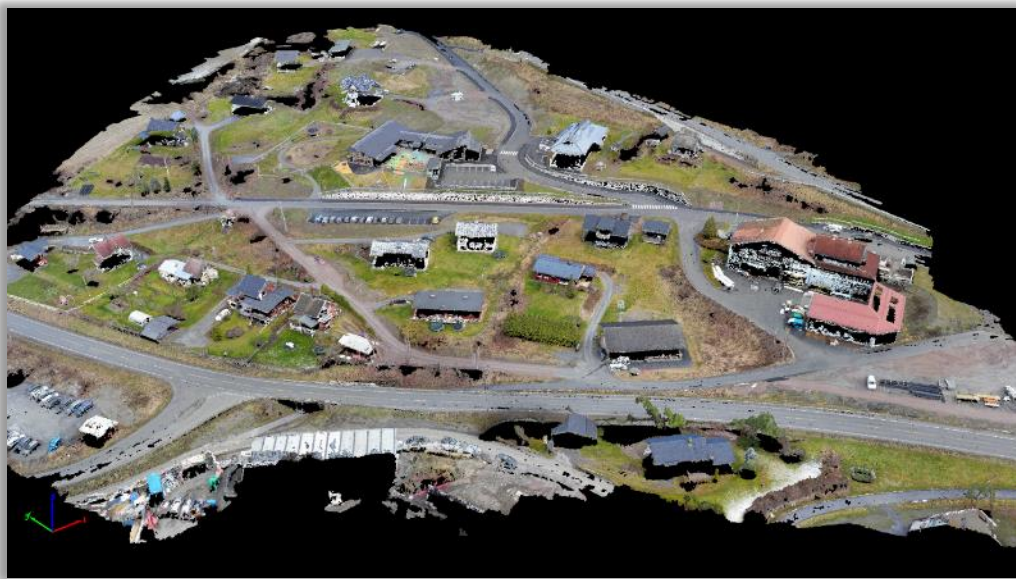
Etter at den manuelle prosessen er gjort med å markere i krysset på hvert bilde er det tre steg som kjøres i Pix4D:

1. *Initial Processing*. Denne prosessen samler alle nøkkelpunkter i bundelen av bilder. Det er minst seks bilder knyttet til ett punkt. I figur 23 ser man røde og grønne streker som går ned til ett nøkkelpunkt og som man ser er det mange nøkkelpunkter knyttet til mange bilder.



Figur 23: Pix4D programvare viser GCP og nøkkelpunkter.

2. *Point Cloud and Mesh.* Som figur 24 viser er det mye tettere med punkter her. Dette er fordi denne punktskyen er mer enn bare nøkkelpunkter, men tar med all informasjon som ligger i hvert bilde. Å ta med all informasjon vil resultere i en stor punktsky, med mye støy som blir vanskelig å jobbe med videre. Derfor aktiveres det funksjoner som gjør at Pix4D rensker punktskyen for støy. Dette medfører til at en blir igjen med en punktsky som har en avstand på 2 cm mellom hvert punkt. En slik punktsky gir nok informasjon og blir mye enklere å håndtere senere i andre programvarer.



Figur 24: Fullstendig punktsky.

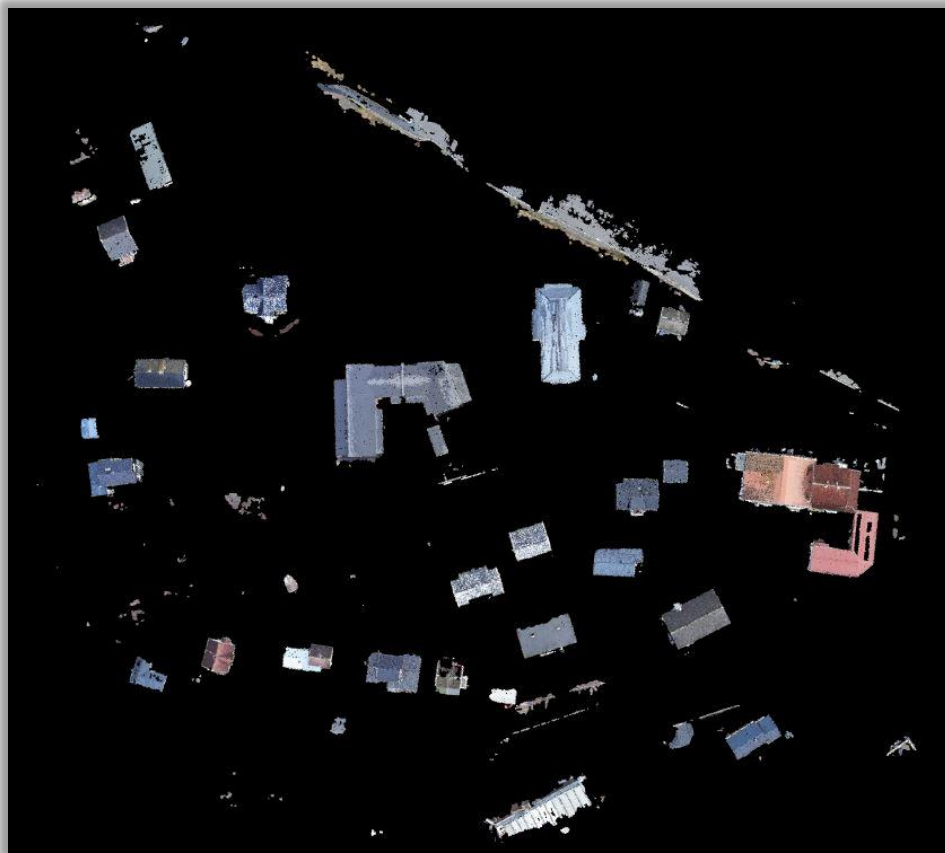
3. *DSM, Orthomosaic and Index.* Her lager Pix4D orthofoto, LAS fil og raster DSM. Det sistnevnte må hukes av for at skal gjøres ellers ender man opp med en ufiltrert LAS fil uten raster fil.

### 3.6 Filtrering av data

Videre i prosessen er det viktig å finne en metode hvor byggene skilles fra terrenget. Det prøves to forskjellige metoder. Dette ble gjort ved å klassifisere punktskyet i Pix4D og ved segmentering i CC.

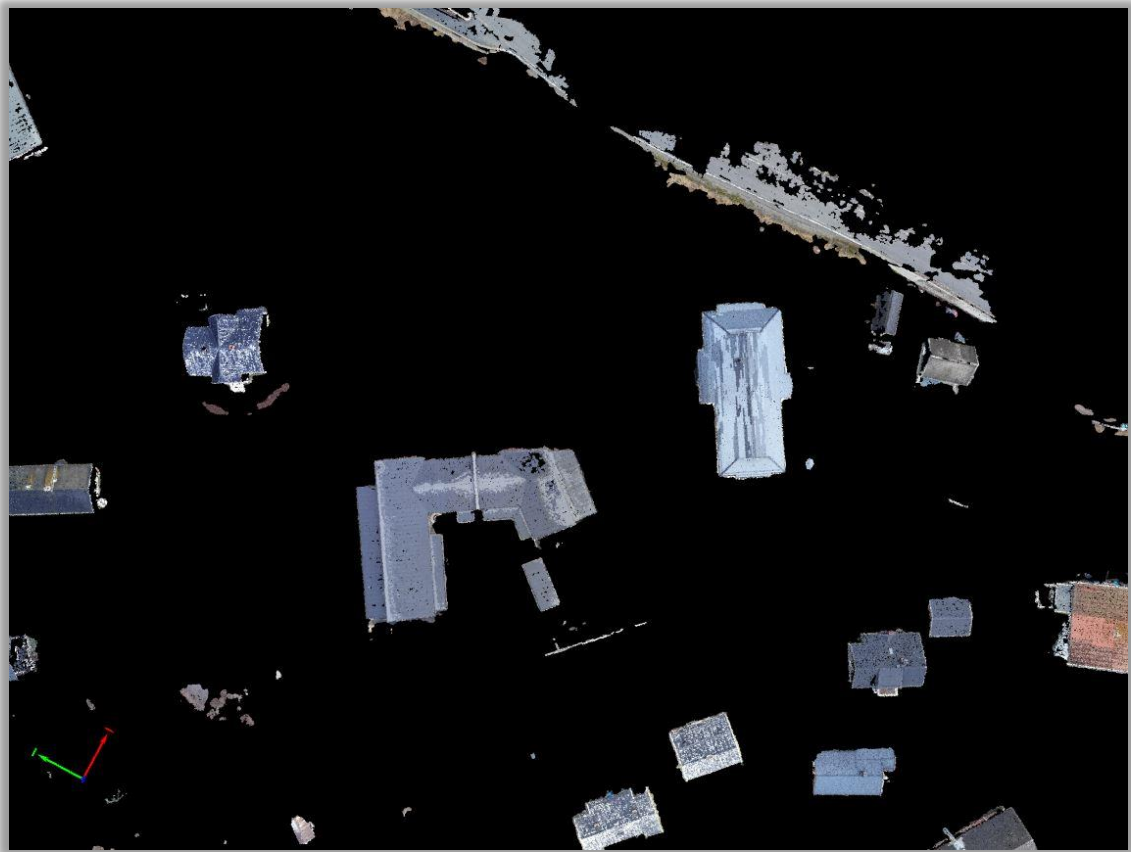
#### 3.6.1 Klassifisering i Pix4D

Det ble gjort forsøk på å klassifisere punktskyet i Pix4D programvare, der programmet skilte punktskyen i 7 klasser. Disse klassene er nærmere forklart i kapitel 2.2.1. Resultatet på figur 25 presenteres kun «bygning» klasse etter klassifiseringen. Det viser at klassifiseringen ikke er optimal for å skille mellom ulike gjenstander. Noen steder ble det tatt noen deler av huset mens andre steder ble deler av veg og menneskelig objekt klassifisert som bygning.



Figur 25: Klassifisering i Pix4D.

Figur 26 er ett nærbilde av punktskyen og øverst i figuren ser en at programvare har tatt med store delen av vegen. Samtidig er mange bolighus klassifiserte ganske godt som dem nederst til høyre i figuren.



Figur 26: Klassifisering i Pix4D.

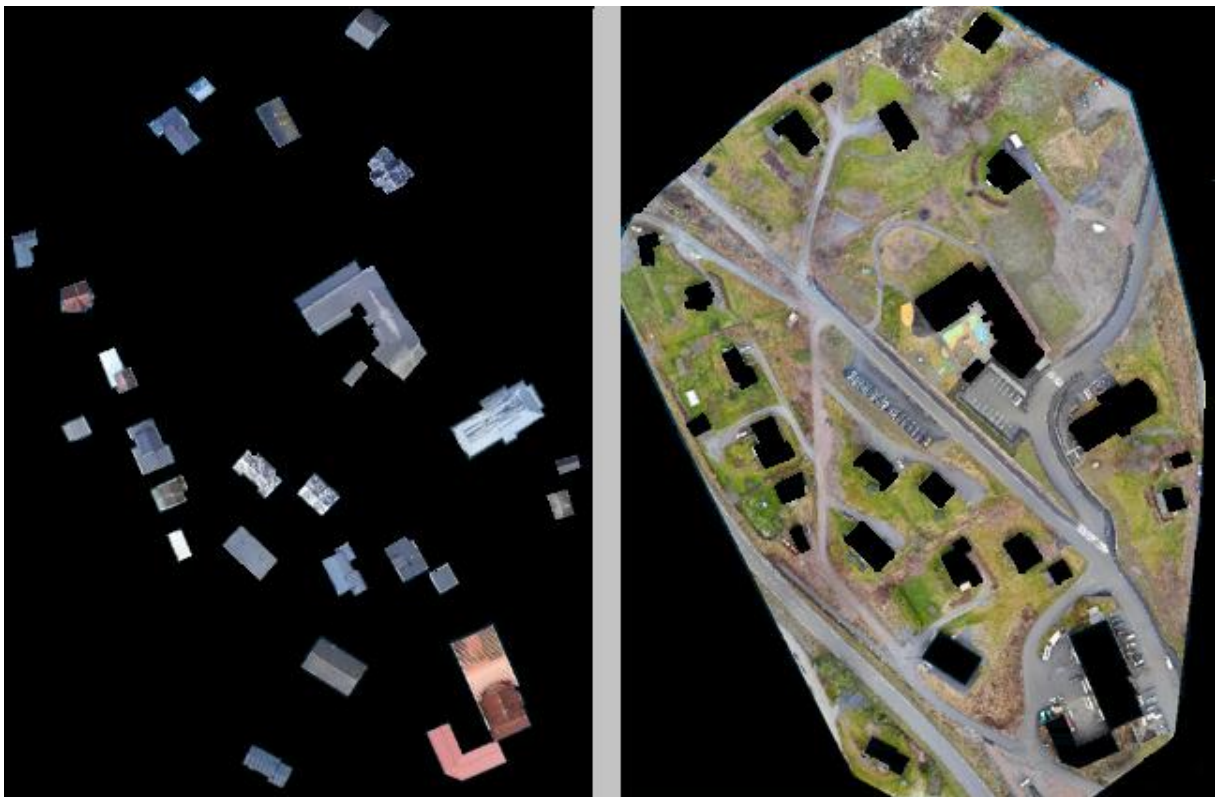
Klassifiseringen fungerte til en viss grad, men den har begrensninger og får alltid med elementer som ikke er ønskelig eller det fjernes deler av noen bygninger.

Av denne grunn er ikke datasettet fra klassifiseringen tatt med videre for vektorisering i FME modellen.

### 3.6.2 Segmentering i CC

Siden klassifiseringen i Pix4D ikke fungerte optimalt til formålet, ble CC tatt i bruk og anvendte dette til å klippe ut byggene manuelt. I CC programvaren brukes ordet segmentering i stedet for klipping.

For segmentering i CC ble verktøyet «Segment tool» anvendt. Siden det er litt støy og små punktskyklaser omkring, bukes «SOR- filter» til å renske bort mesteparten. Alt kan derimot ikke tas bort med «SOR-fileret» for da begynner filteret å spise av byggene. Det spares derfor noe som tas av ett annet filter som kjøres i FME modellen (se kapittel 3.7.1).



Figur 27: Segmentering i CC.



## 3.7 Vektorisering

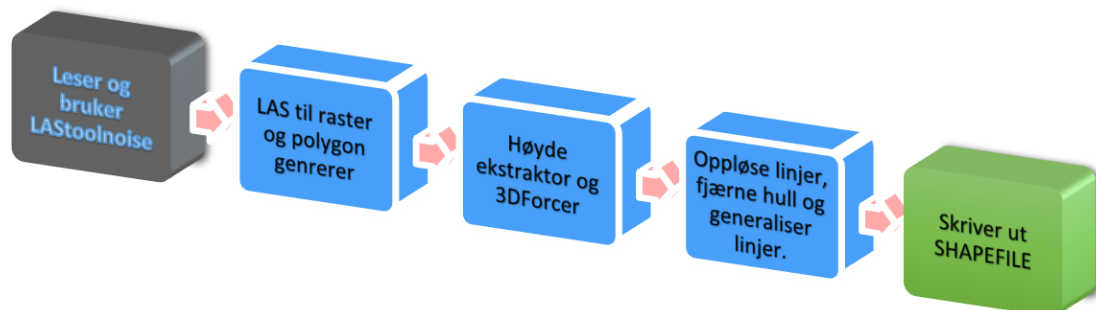
### 3.7.1 FME modell

Til vektorisering av segmentert punktsky ble det laget en modell i FME programmet som kan manipulere blant annet romlige data.

Forklaring av hvordan FME modellen er bygd opp:

Reader leser las-fila deretter brukes ett verktøy kalt «LAStools.lasnoise» for å renske punktskyen en gang til. Verken «SOR-filteret» til CC eller «LAStools.lasnoise» filteret klarer alene å renske på en god måte, uten at det enten blir noen små klaser igjen eller at det blir rensket for mye f.eks. av ett bygg. En kombinasjon av disse to har vist seg å fungere godt. Verktøyet «NumericRasterizer» gjør LAS fila om til raster og vil gjøre det enklere å lage linjer som blir gjort med «RasterToPolygonCoercer». «ElevationExtractor» er ett verktøy som henter ut koordinatene til rasteren mens «3DForcer» flytter polygonene til koordinatene. For å ikke ha polygoner og linjer overalt på byggene brukes verktøyet «Dissolver» som tar bort alle polygoner i midten av bygget, dermed står en igjen med de ytterste polygonene. «Disolver» prosessen kan etterlate hull i bygninger, så for å få dem bort brukes «DontHoleExtractor». Til slutt for å få noe rettete linjer brukes «Generalizer» og vektorene skrives ut i SHAPEFILE formatet som dem fleste programmer støtter.

Figur 28 viser modellen og selve prosessen til FME verktøyet. For mer detaljer om FME modellen (se *vedlegg B 2*).



Figur 28: FME modell.

FME modellen genererte takkantvektorer til 26 bygg og byggene er nummerert etter hvordan dem vises i Norgeskart (se vedlegg C-1 for genererte FME vektorer).

Grunnet mindre overlapp i ytterkant av fotogrammetrien ble byggene som lå ytterst ikke tatt med i geometrisk kontroll. Det ble med videre 15 bygg og det er disse som er gjort en geometrisk kontroll av.

Bygninger som ikke er med:

- Bygg 6
  
- Bygg 4 (blå)
  
- Bygg max varehus
  
- Bygg 31, Skur til bygg 4 (grå)
  
- Skur til bygg 8 (grå).

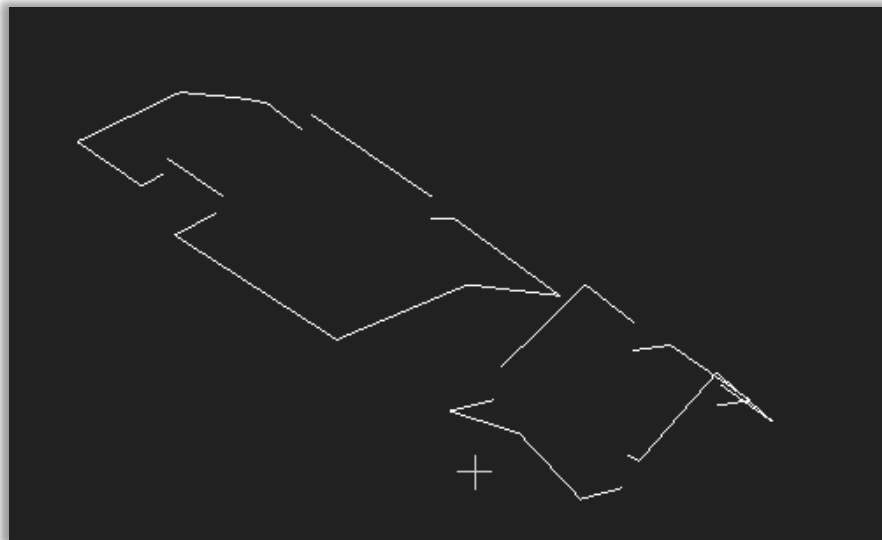
### 3.7.2 Manuell vektorisering

For å kontrollere vektorer produsert i FME, ble vektorer tegnet opp manuelt i CC med bruk av «Trace polyline» verktøyet.

Kontroll vektorene følger FKB- Bygning Takkant instruksjonen som er nærmere forklart i kapittel 2.3.2. Selve opptegningen av vektorene foregår i 3D og gjør at en kan velge det best egnede punktet i hjørnet av takkanten. For hvert punkt man tenker å knytte vektoren til panorerer man rundt hjørnet for å finne ett punkt som sikrer at det blir bra i alle retninger. Noen ganger må man finne en middelvei siden punktskyen kan variere en del og det er ikke alltid det nederste eller ytterste punktet som blir riktig for helheten.

Grunnen til at vektorer ble tegnet opp i CC kommer av mangelen på oppdaterte vektorer fra FKB-databasen til det aktuelle området, (se kapittel 3.8).

Som det vises i figur 29 stopper de manuelle kontroll vektorene opp og går ikke videre som vektorerne generert i FME modellen (se vedlegg C 1 for tegnede manuelle vektorer).



Figur 29: Manuelle vektorer Bygg 4 og Bygg 2.

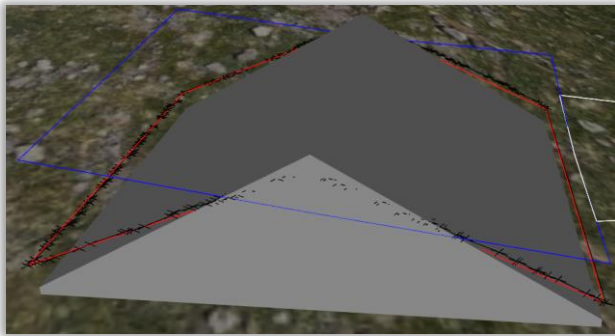


## 3.8 Sammenligning av data

### 3.8.1 FKB- data til visuell kontroll

For å vite at vektorer som skal jobbes videre med havner på riktig sted er FKB- data brukt som en visuell referanse.

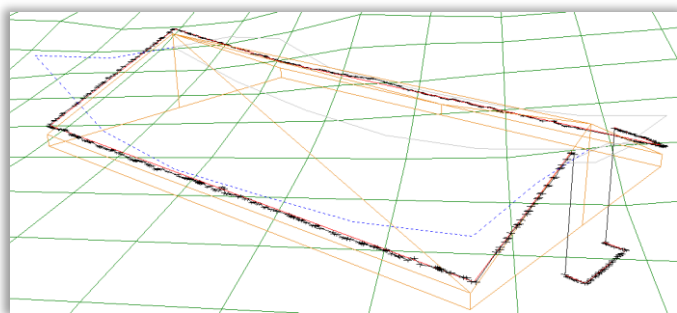
I figur 30 vises tre vektorer hvor den blå linjen er «objekttype Takkant» hentet fra FKB database. Svart vektorer er generert i FME modellen og røde vektorer er tegnet manuelt i CC. Fra FKB databasen kommer også den grå boksen med som er «objekttype bygning».



Figur 30: FKB vektorer, kontrollvektorer og FME vektorer Bygg 20A garasje.

«Objekttype Takkant» ser ikke ut til å være oppdatert i høyde (se figur 31) men «objekttype bygning» later til å være nøye i både grunnriss og høyde og fungerer fint til en rask visuell sjekk over at vektorer fra FME og CC ligger riktig i grunnriss og høyde.

Den blå stiplete linjen er FKB data og som man ser går langt unna hvor punktskyen befinner seg enkelte steder og var ikke egnet som kontroll linje.



Figur 31: FKB vektorer, kontrollvektorer og FME vektorer Bygg 1.

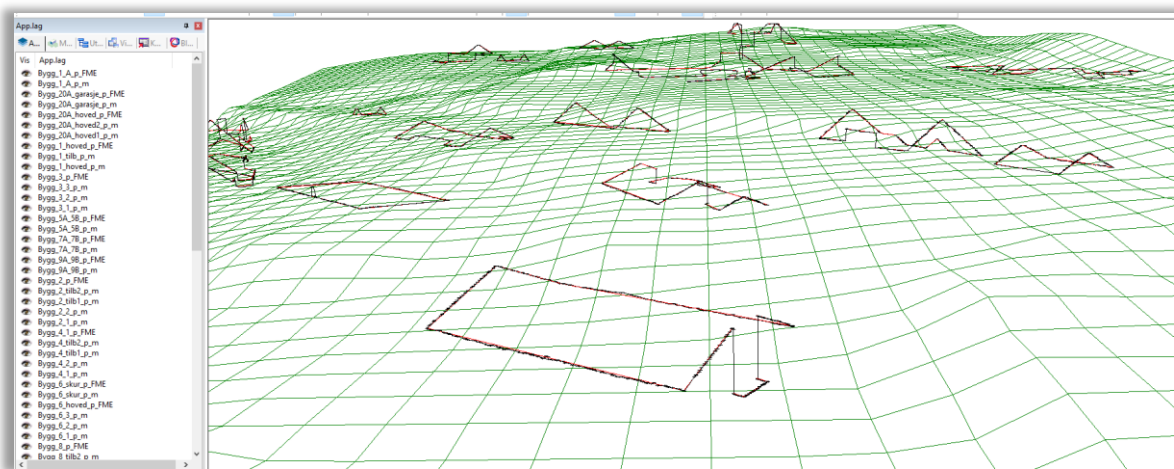
### 3.8.2 Geometrisk kontroll

Til geometrisk kontroll blir vektorene generert i FME sammenlignet med de manuelle vektorer tegnet i CC.

FME modellen genererer vektorer ytterkanten til taket ut ifra punktskyen. Fordi punktskyen varierer i retninger og ikke går helt rett blir det mange vektorer. Mellom hver vektor blir det ett knekkpunkt og ut fra knekkpunktene blir det generert punkter i Gemini Terreng. I geometrisk kontroll kontrolleres disse punktene opp mot den røde kontroll vektorene tegnet i CC og det lages en rapport som viser avviket i Nord, Øst, Høyde og 3D.

I oversiktsbilde figur 32 er de røde vektorene kontrollvektorer, vektorer som er svarte med mange kryss er FME vektorer og det grønne rutenettet er terrenget byggene står på.

I kapittel 4.1 er det vist to figurer (figur 33 og figur 34) som viser veldig godt hvordan FME vektorer og manuelle vektorer ligger i forhold til hverandre.



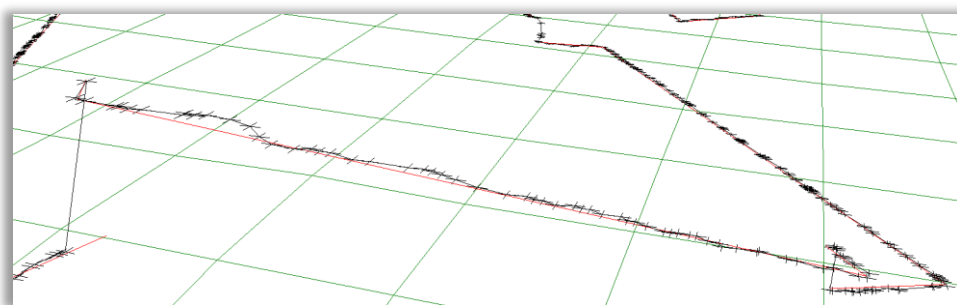
Figur 32: Oversiktsbilde kontroll vektorer og FME vektorer i terrenget.

## 4 Resultater

I dette kapitlet viser resultatet av vektorene i forhold til kravet til utførelse og standardavviket til FKB- Bygning Takkant.

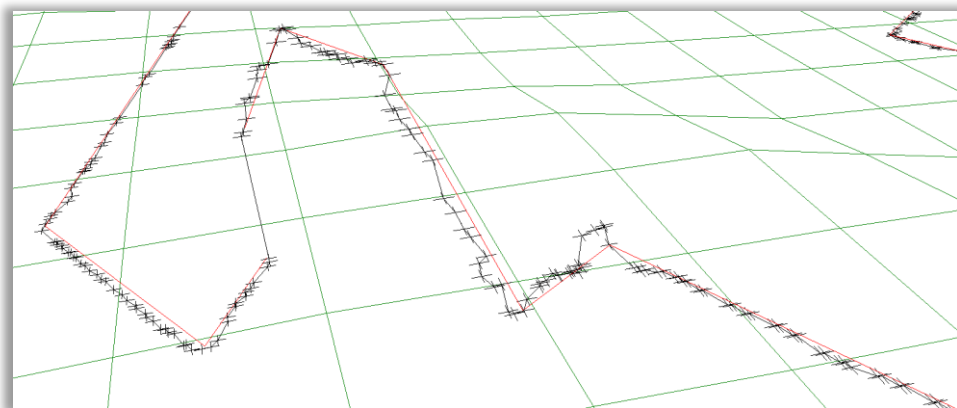
### 4.1 Registreringsinstruksen krav til utførelsen av FKB- Bygning Takkant

Ett nærbilde av en del av barnehagen viser den røde linjen tegnet manuelt i CC. Denne røde linjen er rett mens linjen generert i FME derimot er ett sett av mange vektorer som følger punktskyen. (se vedlegg C2).



Figur 33: Kontroll vektorer og FME vektorer til barnehage.

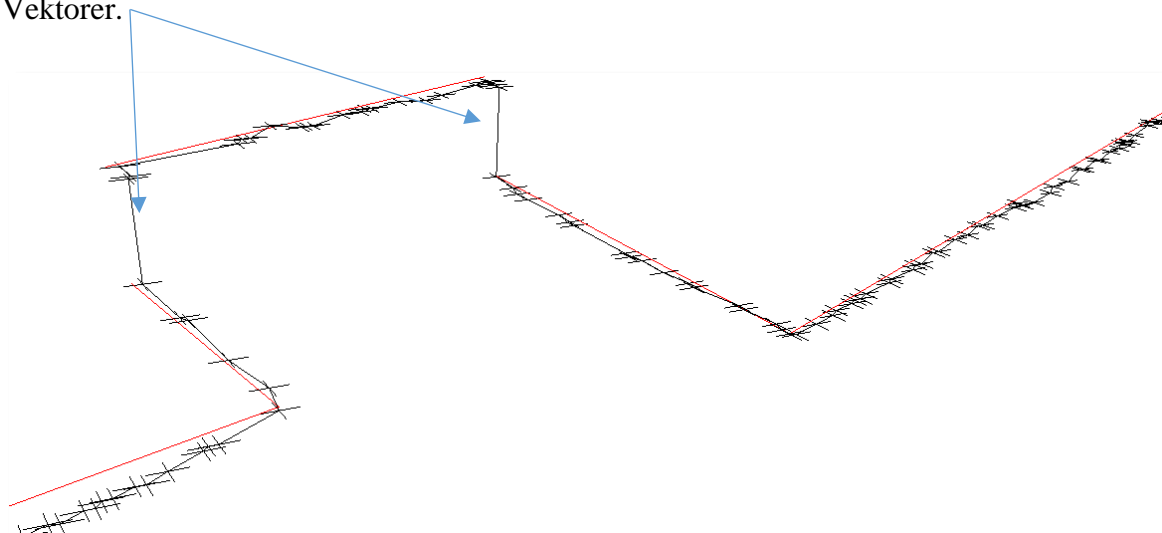
Annet eksempel er hvor bygget har en mer kompleks struktur kan man tydelig se forskjellen på kontroll-linja og vektorene generert i FME.



Figur 34: Kontrollvektorer og FME vektorer Bygg 17 (blå).

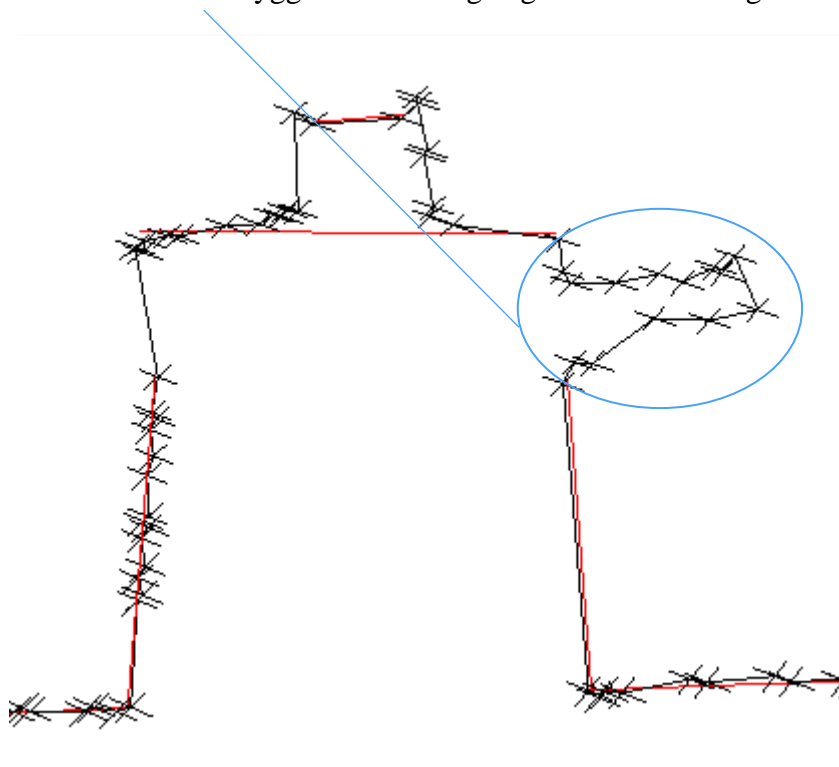
Her som i dem to foregående tegner FME to vektorer horisontalt hvor det ikke skal være vektorer.

Vektorer.



Figur 35: Bygg 4.

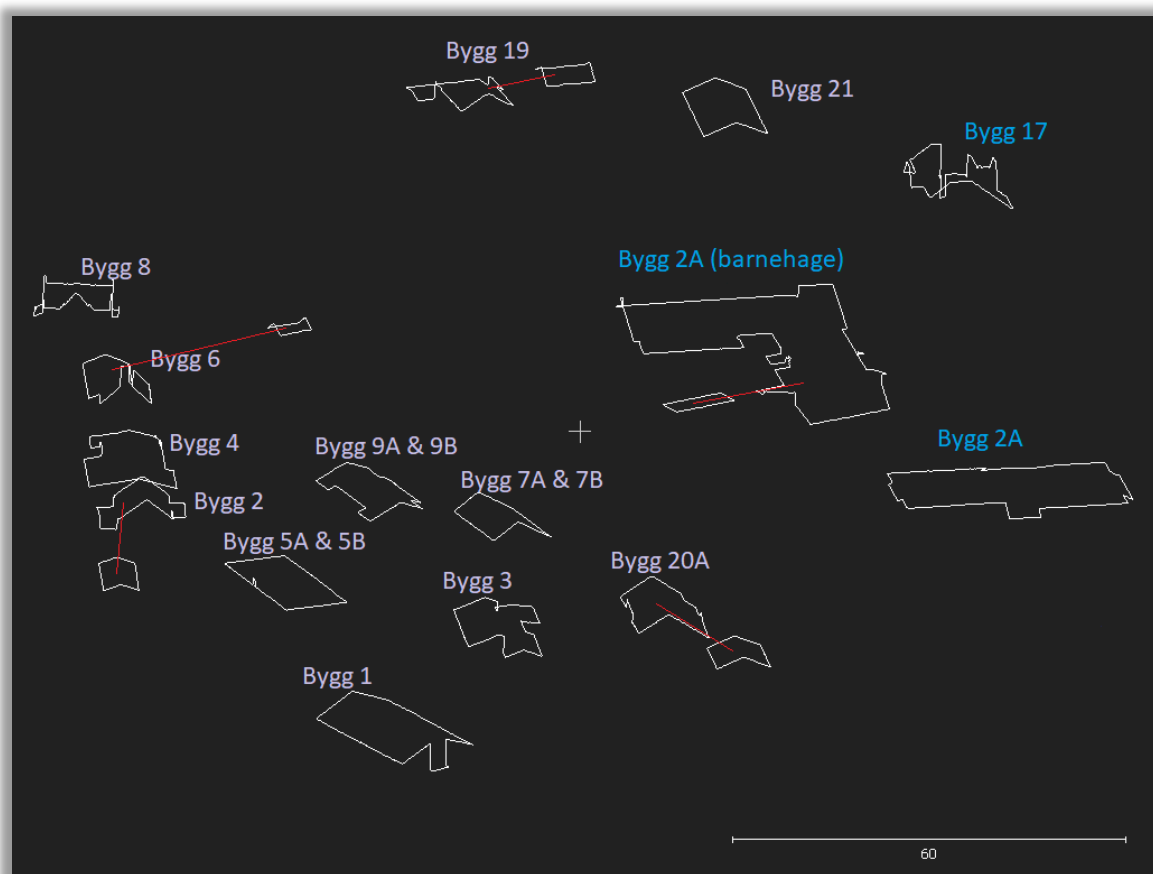
Her er det ett arr i bygg 2 A barnehage og FME modellen genererer vektorer inn i arret.



Figur 36: Bygg 2 A barnehage.

## 4.2 Standardavviket til byggene

Byggene som (figur 37) blir tatt geometrisk kontroll av ved å kontrollere vektorer generert i FME opp mot manuelle vektorer tegnet i CC. Bygningen er nummerert opp slik dem vises i norgeskart. Grå skrift betyr at det er bolighus og blå betyr næringsbygg. Rød strek indikerer at begge bygninger ligger på samme tomt.



Figur 37: 15 bygg som er gjort en geometrisk kontroll av.

Tabellen nedenfor viser standardavviket, gjennomsnitt avstand, minste avstand og største avstand for alle 15 bygninger i grunnriss og høyde.

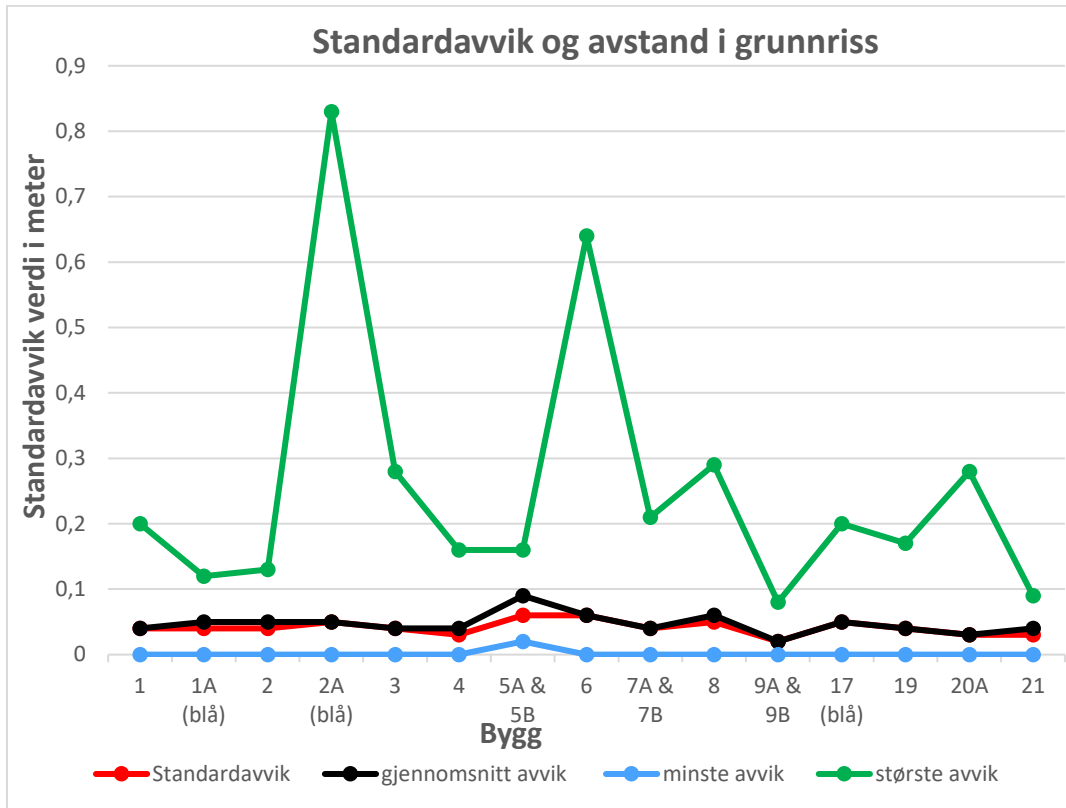
Vektorene i grunnriss er beregnet av to parametere som er nord og øst mens høyde har kun en parameter. Grunnen til at det blir kun pluss tall hos gjennomsnittsavstand og minste avstand hos grunnriss er at når vektorene beregnes (se vedlegg C 2) brukes det Pytagoras formelen. Pytagoras formelen tar kvadratroten av tallene slik at hvert tall som er minus blir pluss.

	Grunnriss (meter)				Høyde (meter)			
	St.av	Gjenn.av	Minste	Største	St.av	Gjenn.av	Minst	Største
Bygg 1	0,04	0,04	0,00	0,2	0,05	-0,01	-0,16	0,26
Bygg 1 A (blå)	0,04	0,05	0,00	0,12	0,04	-0,02	-0,17	0,04
Bygg 2	0,04	0,05	0,00	0,13	0,05	-0,01	-0,17	0,11
Bygg 2 A (blå)	0,05	0,05	0,00	0,83	0,07	0,01	-0,34	0,67
Bygg 3	0,04	0,04	0,00	0,28	0,04	-0,01	-0,13	0,12
Bygg 4	0,03	0,04	0,00	0,16	0,06	-0,04	-0,26	0,23
Bygg 5A & 5B	0,06	0,09	0,02	0,16	0,15	0,05	-0,1	1,18
Bygg 6	0,06	0,06	0,00	0,64	0,46	0,07	-0,12	3,5
Bygg 7A & 7B	0,04	0,04	0,00	0,21	0,05	-0,03	-0,14	0,07
Bygg 8	0,05	0,06	0,00	0,29	0,04	-0,01	-0,16	0,09
Bygg 9A & 9B	0,02	0,02	0,00	0,08	0,05	-0,02	-0,16	0,11
Bygg 17 (blå)	0,05	0,05	0,00	0,20	0,39	-0,06	-3,79	0,34
Bygg 19	0,04	0,04	0,00	0,17	0,07	-0,03	-0,22	0,23
Bygg 20A	0,03	0,03	0,00	0,28	0,04	0,01	-0,11	0,09
Bygg 21	0,03	0,04	0,00	0,09	0,04	-0,01	-0,11	0,09

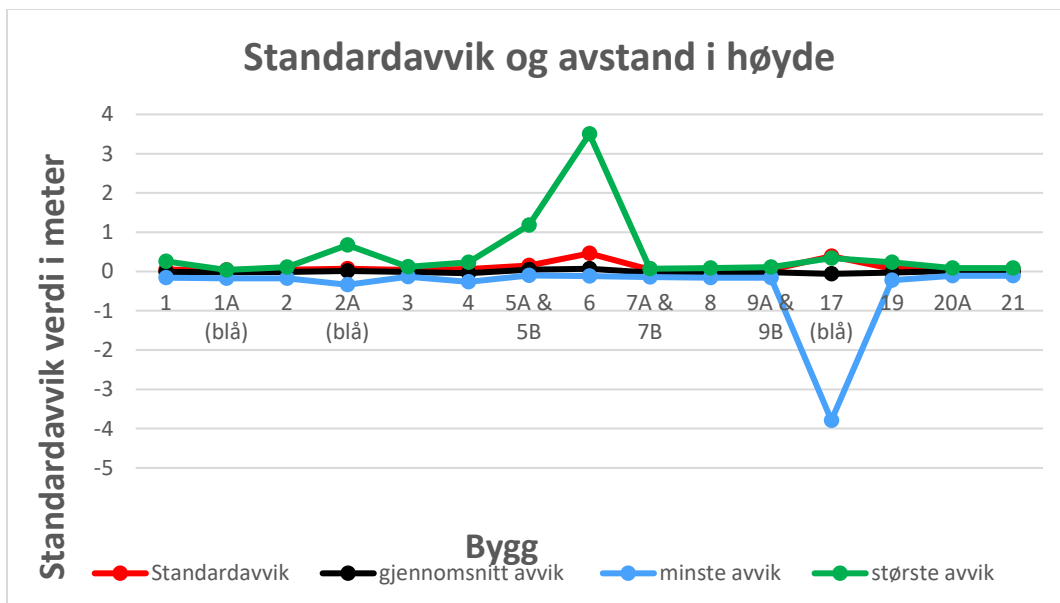
Tabell 1: Standardavviket til bygninger.

Forkortelser i tabell: St.av = Standardavvik, Gjenn.av = Gjennomsnitt avstand, Minste = Minste avstand og Største = Største avstand.

Grafene (figur 38 og 39) viser visuelt standardavviket og gjennomsnitt, minimal og maximal avstand i grunnris og høyde.



Figur 38: Standardavvik og avstand i grunnriss.



Figur 39. Standardavvik og avstand i høyde.

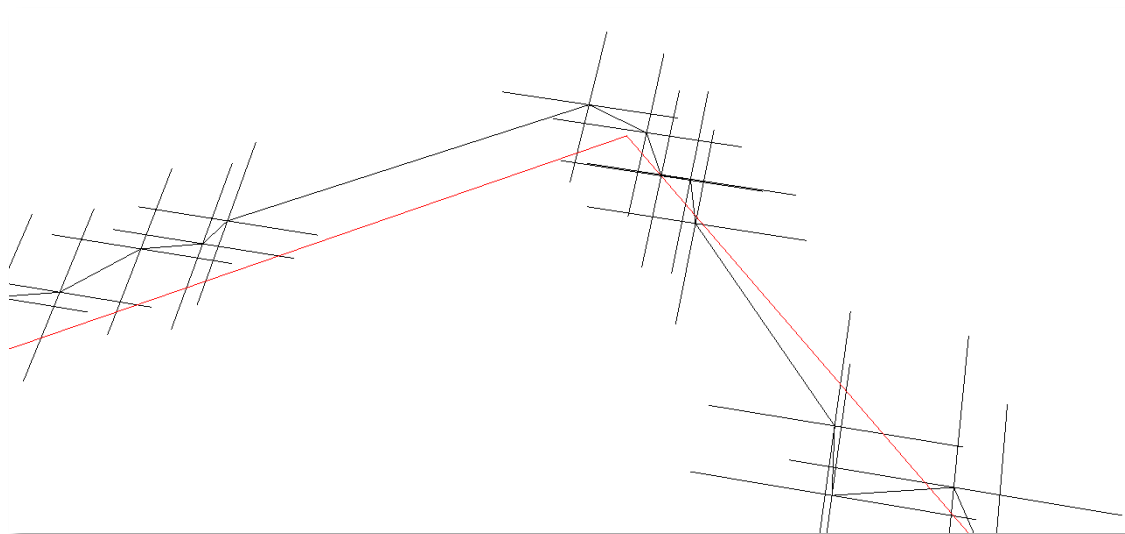
## 5 Diskusjon

I denne delen av oppgaven blir det diskutert resultatene som er presentert i kapittel 4.

### 5.1 Registreringsinstruksen til FKB- Bygning Takkant

Registreringsinstruksen til FKB-Bygning Takkant som er nevnt i kapittel 2.4.2. forteller om hvordan vektorer skal lages. Videre blir forskjellene mellom kontrollvektorene som laget manuelt i CC (røde linjer) og vektorene som ble generert av FME (svarte linjer) presentert og diskutert.

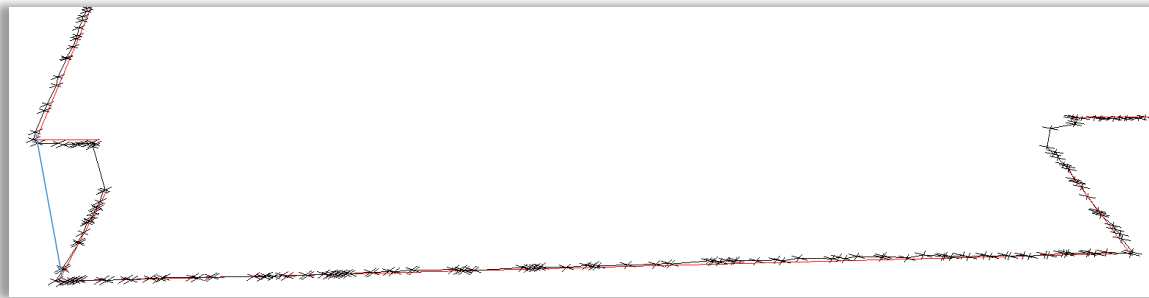
Følge av registreringsinstruksen bør det kun være et nodepunkt i takhjørnene. Resultatet som fås av FME lager flere punkter rundt hjørnene (se figur 40), der det ikke defineres hvilket punkt som er hjørnepunktet. Dette skjer fordi FME følger punktskyen og tegner vektorer mellom hvert punkt i ytterkanten av punktskyen. Det ble forsøkt å finne en transformer i FME, som kan finne takhjørner ved å sette opp en logisk funksjon, som leser ett viss antall punkter ut fra punktskyen i to retninger i bestemte grader. Å sette opp en slik transformer viste seg å være tidskrevende og komplisert.



Figur 40: Hjørne i bygninger.

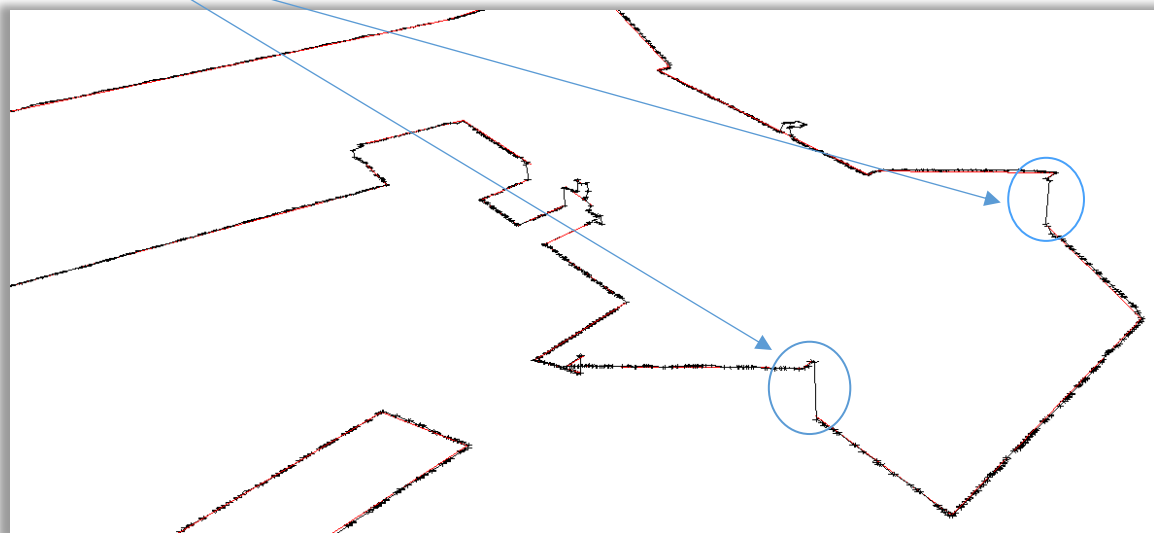


I registreringsinstruksen forklart videre at det er kun en linje som tegnes mellom takhjørnepunktene. I motsetning til det har resultat fra FME programmet inneholder et stort antall vektorer der det burde være kun en vektor, som det vises i figur 41. Dette har samme årsak som nevnt i forrige side, der FME lager vektorer mellom hvert ytterste punkt i punktskyen. Det ble forsøkt med å justere på parametere i «Dissolver» transformeren slik at vektorene skulle blir rettere. Vektorene ble rettere, men en mistet informasjon andre steder som skråtak på enkelte bygg eller små hjørner ble kuttet. For eksempel ville hjørne til venstre blitt kuttet og FME ville tatt en snarvei (blå linje) figur 41.



Figur 41: Vektorer langs en lang strekning på bygg 2 A Barnehage.

I figur 42 vises barnehagen der det pekes på to svarte vektorer. Disse svarte linjene generert av FME programvare og ifølge FKB-Bygning Takkant registreringsinstruksen ikke skal være der. Det ble forsøkt å sette opp en transformer med bestemte logiske funksjoner for å kutte slike vektorer, men dette virket ikke og må forskes på videre.



Figur 42: To vektorer generert hvor det ikke skal være på bygg 2 A Barnehage.

## 5.2 Standardavvik

Følge av FKB standarden er standardavviket til FKB-B Bygning Takkant i grunnriss er 0,20 m og høyde 0,35 m, se kapittel 2.1.3. Når en ser standardavviket i grunnriss til byggene (tabell 1), ser man at dem er innafor kravet og er mellom 0,02 m til 0,06 m. Derimot standardavviket i høyde til byggene varierer mellom 0,04 m til 0,46 m og det er to bygninger som har høyere standardavvik enn 0.35 m.

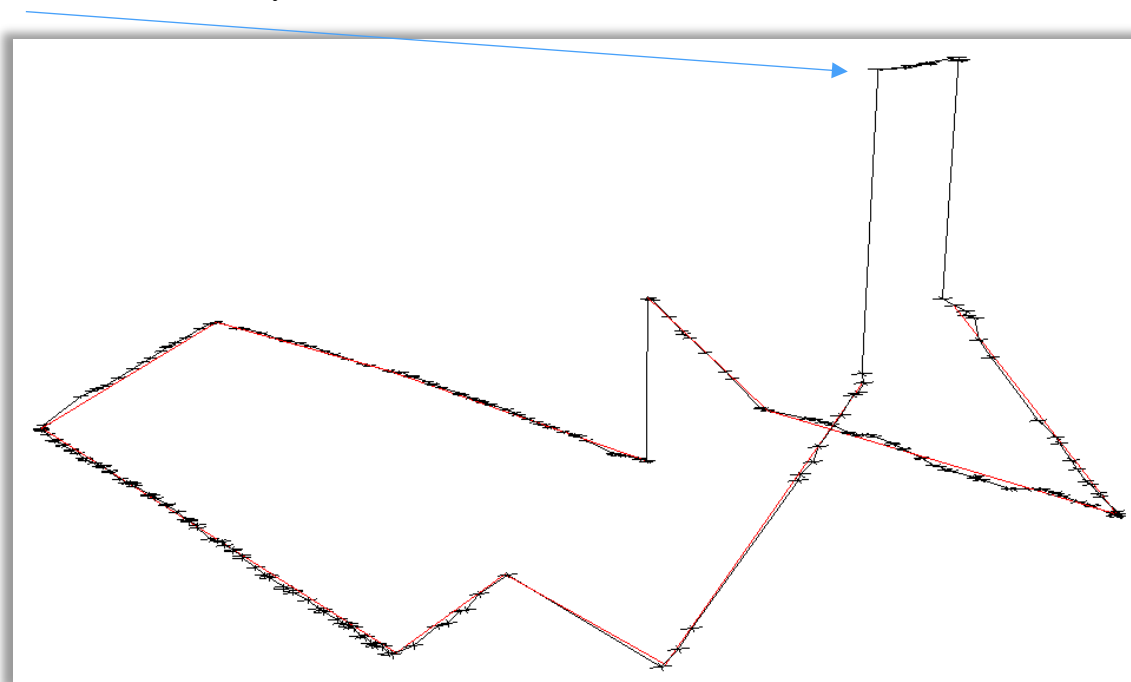
Standardavviket i grunnriss til bygning er lave og har lite variasjon fordi:

- Segmenteringen ble gjort i 2D der bygninger ses ovenfra og det klippes i ytterkant av huset sin takkant veldig nøye. Dette resulterer i skarpe og definerte hjørner i tillegg til at det ikke vil stikke ut små klaser av punktskyer ut på siden.
- Manuelle vektorer for kontroll fulgte takkanten og ble tegnet i 3D. Dette gjør at en kan panorere rundt bygget og tegne nøye.

Følge av tabell 1 er standardavviket i høyde til to bygninger utafør kravet og har ett høyere standardavvik. Følge av tabell 39 har bygg 6 har fått ett standardavvik på 0,46 m i høyde og Bygg 17 (blå) har fått ett standardavvik på 0,39 m i høyde. Dette ses nærmer i kapittel 5.3.1 Bygg 6 og kapittel 5.3.2 Bygg 17 blå.

## 5.2.1 Bygg 6

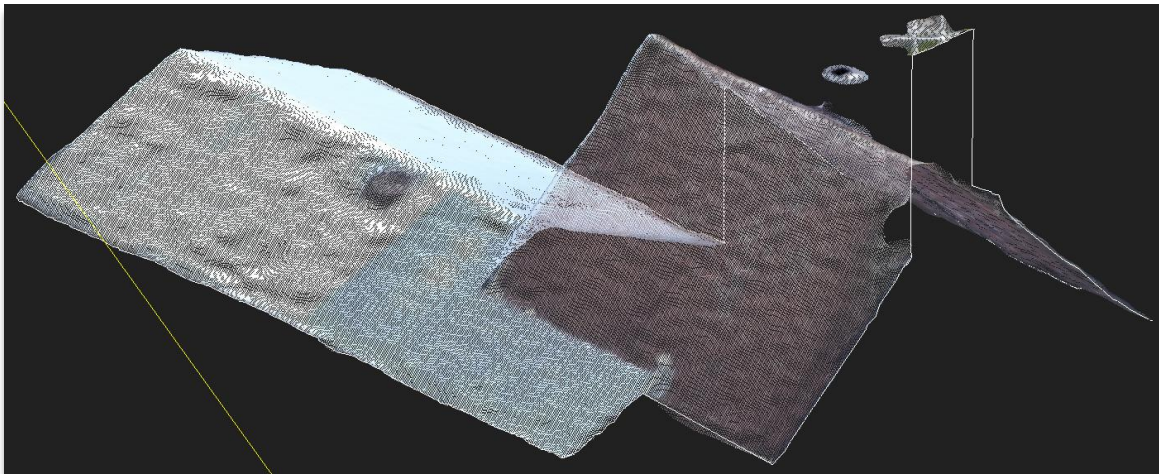
På figur 39 kan det leses at største avvik i høyde ligger på 3.5 m. Videre viser figur 43 at det er en del punkter som ligger i samme område. Disse punktene ligger fra laveste punkt på 2.73 m til høyeste punkt på 3.50 m fra kontroll linje som er ganske synlig. Dette gjør at standardavviket får høyest verdi 0,46 m.



Figur 43: Punkter plassert langt vekk fra kontroll vektor til bygg 6.

I punktskyen ser man at grunnen til at disse punktene havner så høyt oppe er fordi det står en antenne på taket. Pix4D har ikke klart å skille dette fra resten av bygget da punktskyen ble laget. Det samme skjer med alle pipene til byggene, men dette gjør ikke noe siden det ligger i midten av bygget og blir fjernet av «DontHoleExtractor» transformeren i FME modellen.

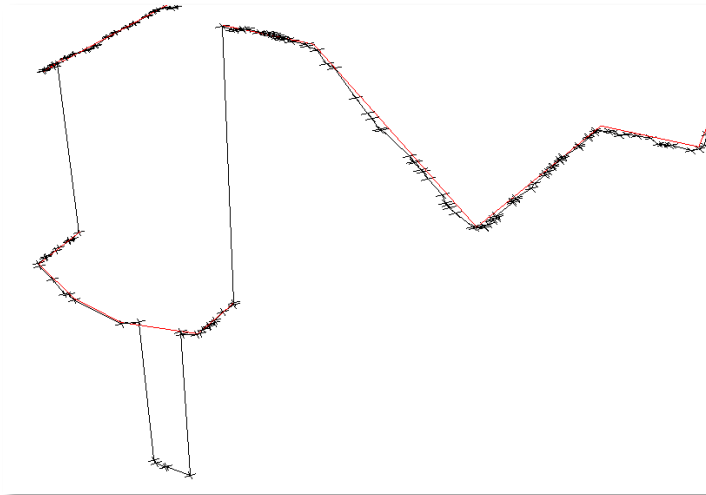
Segmenteringen foregikk i 2D for å få segmentert rett ned slik at alt som skulle være med som bygg, men ikke terrenget. Slike små klaser av punktskyer som enten stikker opp eller ligger lengere nede får man redigert bort manuelt, men det er ikke hensiktsmessig å gjøre mer manuelt arbeid så disse blir med videre. I tilfellet vist i figur 44 har deler av taket blitt med opp til antennehøyden og ved å fjerne antenna ville en uansett ha stått igjen med et hull i taket. FME modellen hadde da tegner rundt «arret» og en hadde fått ett stort avvik her også.



Figur 44: Bygg 6 vist i CC.

### 5.3.2 Bygg 17 blå

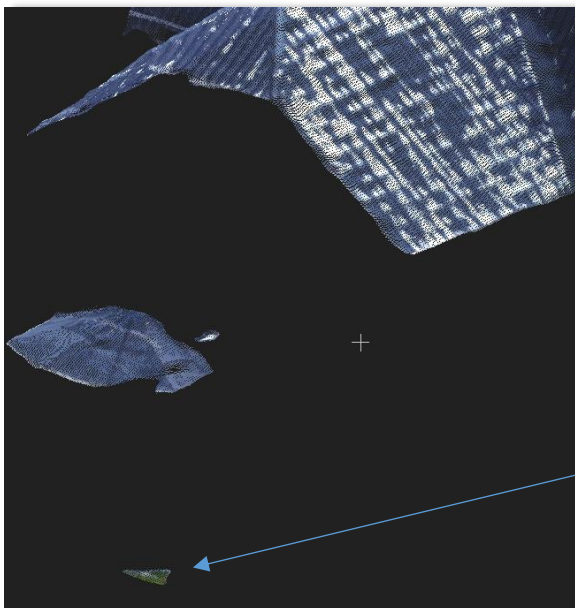
I grunnriss er standardavviket til bygg 17 blå er på 0.05 m og dette er godt innenfor kravet på 0.20 m (se tabell1). I høyde er standardavviket på 0,39 m og er utenfor kravet som er på 0.35 m (se tabell1).



Det som gjør standardavviket høyt, er at det ligger en del punkter (figur 45) langt nede for kontroll linjen der største avstand er på -3.79 m, se figur 39.

Hvis en studerer figur 45 ser en at FME har tegnet to lange vektorer nede der dem nevnte punktene ligger.

Figur 45: Flere punkter langt nede.



I figur 46 ser man hvorfor det blir vektorer helt nederst til venstre.

Dette kommer av hvordan Pix4D prosesserer en punktsky og er en følgefeil fra starten av.

FME følger ytterkant av punktskyen og vil følgelig tegne ned til denne lille punktsky klasen.

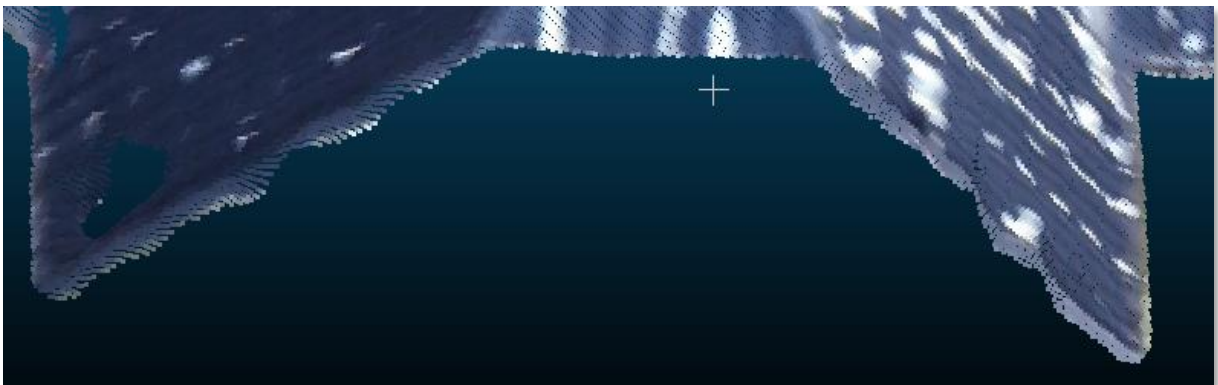
Figur 46: Liten punktskyklase.

### 5.3.3 Andre bygninger med høyere avvik

Bygg 2 A blå har også noen punkter som ligger langt unna kontroll linjen, men det er ikke nok til at det slår ut stort på standardavviket (se figur 38 og 39). Samme gjelder, Bygg 5A og 5B hvor det stikker opp en antenne på 1.8 m og en får samme problematikk som Bygg 6. Ellers er det flere bygg som har noen punkter som ligger unna kontroll linjen, uten at slår ut veldig i standardavviket.

Et godt eksempel er bygg 17 blå som er det bygget med mest bølgete tak hvor det blir et antall punkter som ligger litt unna kontroll linjen. FME modellen lager vektorer etter punktskyen så hvis taket er bølgete følges denne.

Grunnen til at akkurat bygg 17 blå skiller seg ut kan antagelig være fordi taket til bygget har en komplisert struktur. Dette kan skape utfordring i fotogrammetriprosessen og muligens kan lage trøbbel i punktskyen.



Figur 47: Bygg 17 blå, bølgete tak.

Derimot er det synlig at noen av de byggene som har ukompliserte tak klarer programvaren å få en finere punktsky. Dette resulterer at byggene som 9 og 21 viser lav standardavvik og at minste og største avstand i høyde og grunnriss er en av de laveste (tabell 1).

## 6 Oppsummering

Basert på vårt resultat, metoden vi har brukt i denne oppgaven kan ikke brukes til å oppdatere FKB- Bygning Takkant.

Selv om standardavvikene i grunnriss og høyde ligger innafor kravet på dem fleste byggene bortsett fra to tilfeller er det kun den ene delen av kravet. Det som gjør at metoden ikke er tilstrekkelig er at vektorene laget av FME ikke fyller kravene som stilles i fotogrammetrisk registreringsinstruksen til FKB-Bygning, Takkant objekttype.

Utfordringen ligger i at FME ikke lagde node punktene i takhjørnene med en rett vektor imellom og at det ble tegnet horisontale vektorer hvor det ifølge registreringsinstruksen sier at det ikke skal være noen vektor.

Hvis klassifiseringen i Pix4D hadde gitt ønskelig resultat kunne vår modell laget i FME vært brukt til å oppdage f.eks. ulovlige bygg. Alt av bygning ville da bli tegnet vektorer rundt og en kunne enkelt sjekket ut disse områdene og sammenlignet dem med FKB-Bygg. På denne måten ville en raskt sett om noen vektorer havnet der det ikke skulle vært noe bygg. Som første steg, kan det bli aktuelt å finne en klassifiseringsmetode i videre forskning.

Metoden vi har funnet med segmentering er fortsatt tidskrevende og lager ikke rette linjer, fordi det er krevende å se enkelte steder hvor taket slutter. Metoden kan ikke brukes til å oppdatere FKB- Bygning Takkant med nåværende punktsky. En mulighet for å forbedre punktskyen er i tillegg til flygeplanen i kryss kan man også fly i sirkel rundt bygget. Ved å gjøre dette kommer det med mer informasjon slik at en ikke får så mange arr og uregelmessigheter slik som i vår punktsky.

Konklusjonen er da at vår metode kan ikke erstatte manuelle vektoriseringen som gjøres i dag etter flyfotografering, men trenger ytterligere forskning.

## 7 Referanser

Abdelkefi, A. & Hassanalian, M., 2017. *Classifications, applications, and design challenges of drones: A review*. [Internett]

Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042116301348>

[Funnet 15 04 2021].

Berg, M., Glimsdal, M. & Sundt, J., 2020. *Utvidet bruk av punktskyer fra*, Gjøvik: NTNU.

Boge, R., Thygesen Hesvik, J., Høgalmen, T. & Hosøy Sleire, F., 2019. *Fotogrammetrisk datainnsamling til FKB/NVDB*, Kronstad: Høgskulen på Vestlandet.

Byggeindustrien, 2012. *Første drone for landmåling levert*. [Internett]

Available at: <http://www.bygg.no/article/97689>

[Funnet 16 04 2021].

Classification with Pix4D, u.d. *How to generate the point cloud classification*. [Internett]

Available at: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115004864586-How-to-generate-the-point-cloud-classification#gsctab=0>

[Funnet 30 04 2021].

Dick, Ø. & Mæhlum, L., 2020. *store norske leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/fotogrammetri>

[Funnet 05 05 2021].

Dji, 2021. *Foto*. [Internett]

Available at: <butikk.foto.no/dji/117765/dji-mavic-2-enterprise-dual-universal>

[Funnet 13 04 2021].

Documentation, P., 2021. *support.pix4d.com*. [Internett]

Available at: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202558689-Quality-Report-Help#label100>

[Funnet 15 04 2021].

Dual, D. M. 2. E., 2019. *www.bhphotovideo.com*. [Internett]

Available at: <https://www.bhphotovideo.com/c/product/1522410->



[REG/dji\\_mavic\\_2\\_enterprise\\_dual.html/specs](REG/dji_mavic_2_enterprise_dual.html/specs)

[Funnet 28 04 2021].

EDC News , 2020. *Unmanned Aerial Systems*. [Internett]

Available at: <https://content.govdelivery.com/accounts/USDOTFHWA/bulletins/2841e19>

[Funnet 15 04 2021].

Frøyna Alfsen, M., Trosten, Á. & Ødegård, O. K., 2020. *Manuell vektorisering av punktskyer med ulike punkttetthet*, Gjøvik: NTNU.

Gemini Terreng 16, u.d. *Geometrisk kontroll av linje med punktmålinger*, s.l.: Gemini Terreng 16.

Geonorge, 2018. *Geonorge.no*. [Internett]

Available at: <https://register.geonorge.no/subregister/versjoner/nasjonale-standarder-og-veiledere/kartverket/kartleggingsinstrukser/geovekst/fotogrammetrisk-registreringsinstruks-for-fkb-bygning>

[Funnet 11 04 2021].

Geovekst , 2021. *Kartverket*. [Internett]

Available at: <https://www.kartverket.no/globalassets/geodataarbeid/geovekst/fellesdokument-for-overordnet-arbeid-i-geovekst-samarbeidet.pdf>

[Funnet 13 05 2021].

Geovekst-kommune, 2014. *Geovekst*. [Internett]

Available at: <http://www.geovekst-kommune.no/wp-content/uploads/2014/11/Sak-24-14-FKB-innhold.pdf>

[Funnet 16 05 2021].

GIS, 2021. *wikipedia.org*. [Internett]

Available at: <https://no.wikipedia.org/wiki/GIS>

[Funnet 20 04 2021].

GNU, 2016. *cloudcompare.org*. [Internett]

Available at: <https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=Introduction>

[Funnet 16 04 2021].

Granum, N., 2020. *Store Norsle Leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/FKB>

[Funnet 06 05 2021].

Ground control points for drone mapping, u.d. *Ground control points for drone mapping*.

[Internett]

Available at: <https://www.groundcontrolpoints.com/>

[Funnet 02 05 2021].

Hemsing, L. Ø., 2020. *Bruk av drone til kommunal kartlegging*. Vang: Valdres .

Huisman, O. & A.de By, R., 2009. *Principles of Geographic Information Systems*. Fourth edition red. Enschede: The International Institut for Geo-Informasjon Science and Earth Observation.

Jin, S., Cardellach, E. & Xie, F., 2014. *GNSS Remote Sensing*. London: Springer Science and Business Media .

Kartverket, 2019. *geonorge*. [Internett]

Available at: [https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner\\_fkb-generell-del\\_v4\\_produktspesifikasjon-fkb-4\\_6-2020-01-01\\_.pdf](https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner_fkb-generell-del_v4_produktspesifikasjon-fkb-4_6-2020-01-01_.pdf)

[Funnet 06 05 2021].

Kartverket, 2020. *SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for Felles KartdataBse (FKB)*. [Internett]

Available at: [https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner\\_fkb-generell-del\\_v4\\_produktspesifikasjon-fkb-4\\_6-2020-01-01\\_.pdf](https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner_fkb-generell-del_v4_produktspesifikasjon-fkb-4_6-2020-01-01_.pdf)

[Funnet 23 04 2021].

Kaasa, G., 2021. *DJ Mavic 2 Enterprise Dual*, Hov: Gunnar Kaasa.

Ladai, A., 2020. *Intro til photogrammetry*. [Internett]

Available at: [https://ntnu.blackboard.com/ultra/courses/\\_21809\\_1/cl/outline](https://ntnu.blackboard.com/ultra/courses/_21809_1/cl/outline)

[Funnet 06 05 2021].

Leica GPS Viva GS16, 2021. *Leica GPS Viva GS16 Base & Rover*. [Internett]

Available at: <https://www.sunbeltrentals.co.uk/products/32607/856/leica-gps-viva-gs16-base-rover>

[Funnet 02 05 2021].

Leica-Geosystem, 2021. *Leica Viva GS16 – Selvlærende GNSS-smartantenne*. [Internett]  
Available at: <https://leica-geosystems.com/nn-no/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-viva-gs16>

[Funnet 20 04 2021].

Li, Y. & Liu, C., 2018. *Applications of multirotor drone technologies in construction management*. [Internett]

Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2018.1452101>

[Funnet 21 04 2021].

melowntech, 2021. *www.melowntech.com*. [Internett]

Available at: <https://www.melowntech.com/products/photogrammetry/flight-calculator/>

[Funnet 28 04 2021].

Norgeskart, 2021. *norgeskart.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.norgeskart.no/#!?project=seeiendom&layers=1002&zoom=16&lat=6738710.90&lon=246277.35>

[Funnet 21 04 2021].

photocounter, 2013. *photocounter*. [Internett]

Available at: <https://www.photocounter.com.au/wp-content/uploads/2013/01/sensor-size-table.pdf>

[Funnet 28 04 2021].

Pix4D, 2021. *Report*, Gjøvik: Pix4D.

Pix4D, 2021. *support.pix4d.com*. [Internett]

Available at: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559809-Ground-sampling-distance-GSD-in-photogrammetry>

[Funnet 28 04 2021].

Pix4D, 2021. *www.pix4d.com*. [Internett]

Available at: <https://www.pix4d.com/about-us>

[Funnet 13 04 2021].

SafeSoftware, 2020. *fme.com*. [Internett]

Available at: <https://www.safe.com/about/>

[Funnet 16 04 2021].

Skatverdt, R., 2015. *Hvordan beregne usikkerheten i en industriell måling*. [Internett]  
Available at: <https://www.tu.no/artikler/hvordan-beregne-usikkerheten-i-en-industriell-maling/217908>  
[Funnet 02 05 2021].

Skogseth, T. & Norberg, D., 2014. *Grunnleggende landmåling*. 3 red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Software, S., 2021. *www.safe.com*. [Internett]  
Available at: <https://www.safe.com/what-is/data-integration/>  
[Funnet 17 04 2021].

Søderholm, J., 2014. *Luftens helter*. [Internett]  
Available at: <https://anleggsmaskinen.no/2014/02/490/>  
[Funnet 21 04 2021].

Søderholm, J., 2020. *Den flygende landmåler – stikker med drone*. [Internett]  
Available at: <https://anleggsmaskinen.no/2020/11/den-flygende-landmaler-stikker-med-gps-drone/>  
[Funnet 16 04 2021].

UAS Norway, 2020. *uasnorway*. [Internett]  
Available at: <https://www.uasnorway.no/lillestrom-kommune-vil-bruke-droner-pa-tvers-av-avdelinger/>  
[Funnet 14 05 2021].

University, G., 2021. *gis-universyty.com*. [Internett]  
Available at: <https://gis-university.com/vector-gis/>  
[Funnet 20 04 2021].

Vektor-wikipedia, 2021. *no.wikipedia.org*. [Internett]  
Available at: [https://no.wikipedia.org/wiki/Vektor\\_\(matematikk\)](https://no.wikipedia.org/wiki/Vektor_(matematikk))  
[Funnet 19 05 2021].

Volue , 2021. *www.volue.com*. [Internett]  
Available at: <https://volueinfrastructure.com/construction/gemini-terreng>  
[Funnet 20 04 2021].

Wikipedia- Standardavvik, 2021. *Standardavvik*. [Internett]

Available at: <https://no.wikipedia.org/wiki/Standardavvik>

[Funnet 02 05 2021].

Wikipedia, 2021. *Wikipedia*. [Internett]

Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/DJI>

[Funnet 13 04 2021].

# 8 Vedlegg

## **Vedlegg A**

1 Pix4D rapport

2 Logg møtereferat

## **Vedlegg B**

1 FME modell

## **Vedlegg C**

1 Polyline for geometrisk kontroll

2 Geometrisk kontroll rapport

