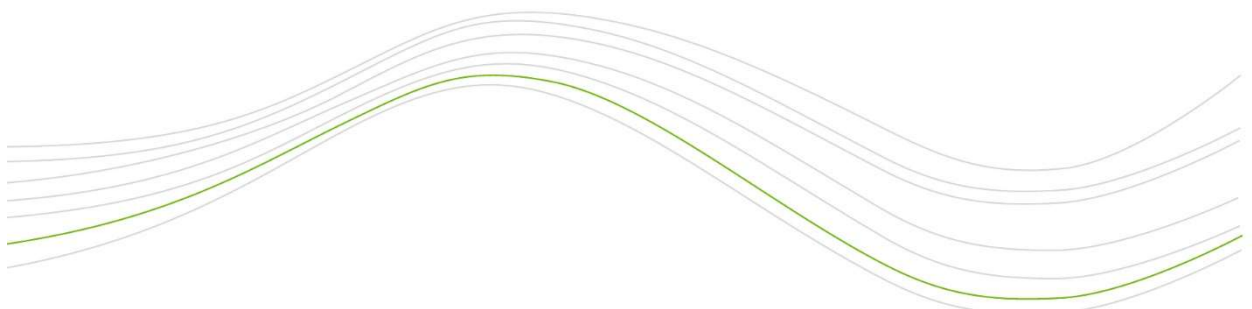




Kartverket

SLUTTRAPPORT

Droneprosjektet Åfjord 2023



RAPPORT

Droneprosjektet Åfjord 2023

Emne: Droneprosjektet Åfjord 2023

Fra: Kartverket Trøndelag

Til: Geovekst-forum

Kopi til: Scan Survey og Åfjord kommune

Dato: 10.11.2023

Forfatter: Liv Trongmo Hognes

Bidragstakere: Lars Mardal

Innhold

1 Innledning	1
2 Gjennomføring av anskaffelsen	2
3 Resultat og erfaringer	2
3.1 Signalering og landmåling	2
3.2 Dronefotografering	4
3.3 Aerotriangulering	6
3.4 Kartkonstruksjon	6
3.5 Ortofoto	7
4 Oppsummering og veien videre	9
5 Vedlegg til rapporten	10

1 Innledning

De siste årene har det dukket opp mange dronefirma i Norge og dronebilder brukes etter hvert i mange ulike sammenhenger. Kartverket Trøndelag følger nøye med på denne utviklingen. I prosjektutformingen av et prosjekt i Åfjord kommune kom idéen om kartlegging fra drone opp, og vi ble enige om å se på muligheten for det.

Åfjord kommune har de siste årene hatt mye byggeaktivitet i tettstedene Åfjord og Roan, og kommunen kunne tenkt seg nye ortofoto og oppdaterte kartdata her i 2023. Tradisjonell kartlegging med flyfotografering får høye oppstartskostnader knyttet til tilflyvning, og det er lite realistisk å gjennomføre kartleggingsprosjekt fra fly for så små areal som det her er snakk om.

Kartverket Trøndelag utlyste i desember 2022 en anbudskonkurranse for Geovekst-prosjekt med dronefotografering, etablering av ortofoto, samt ajourføring av FKB-data for tre mindre områder i Åfjord kommune. Totalt areal for de tre områdene er 4,4 km².

For oss var det viktig å sikre god kvalitet på sluttproduktene (ortofoto og FKB-data), og kravene vi stilte var nok for mange noe strengere enn hva mange av droneoperatørene er vant med. Vi fikk inn fire gode tilbud, der tre av tilbudene var fra kjente aktører innenfor flyfoto, drone og kartlegging. Etter evaluering av tilbudene ble oppdraget tildelt Scan Survey.

Totalkostnad for dronefotografering, ortofotoetablering og ajourføring av FKB-datasettene ble drøyt kr 200'. Dette ble en noe høyere kostnad enn antatt og kommunen var usikker på kost/nyttegevinsten av dette. Faglig sett syntes de det var spennende med dronekartlegging, men var usikre på om det ble rett av dem å bruke så mye penger på et forholdsvis lite geografisk område.

Siden det var noe begrenset erfaring med kartlegging fra drone i Geovekstsammenheng syntes vi i Kartverket Trøndelag det ville vært synd om vi måtte avlyse prosjektet, og vi søkte derfor Geovekst-forum om støtte til prosjektet.

Med støtte fra Geovekst-forum har vi gjennomført et kartleggingsprosjekt med drone, der vi har lagt ned litt ekstra innsats til kontroll og dokumentasjon. Formålet med prosjektet var å undersøke følgende:

- Kan dronefotografering og konstruksjon fra dronebilder erstatte tradisjonell datafangst for mindre kartleggingsområder?
- Kan dronekartlegging være en hensiktsmessig metode å få oppdaterte kartdata i sentrumsnære områder i distriktene?
- Er standardene vi benytter tilstrekkelig tilpasset for dronekartlegging?

2 Gjennomføring av anskaffelsen

Da vi gjennomførte anbudskonkurransen, var standarden *Produksjon av basis geodata* til revisjon. Etter revisjonen ble det lagt til et eget kapittel om dronedatafangst.

På grunn av manglende standarder og begrenset erfaring med dronedatafangst, satte vi krav til sluttproduktene i anskaffelsen i stedet for metodikken:

Bestilling av kartkonstruksjon fra dronebilder har vi lite erfaring med i Kartverket, og per dags dato er ikke alle standarder oppdatert med tanke på datafangst fra droner. Vi ønsker derfor at firma gir fylldige beskrivelser av hvordan oppdraget tenkes gjennomført for å sikre at vi får gode sluttprodukt som tilfredsstiller kravene til ortofoto og kravene til FKB-data. Evt. avvik fra standardene kan godkjennes dersom det er godt begrunnet.

3 Resultat og erfaringer

Under oppsummeres noen av erfaringene vi sitter igjen med etter å ha gjennomført prosjektet.

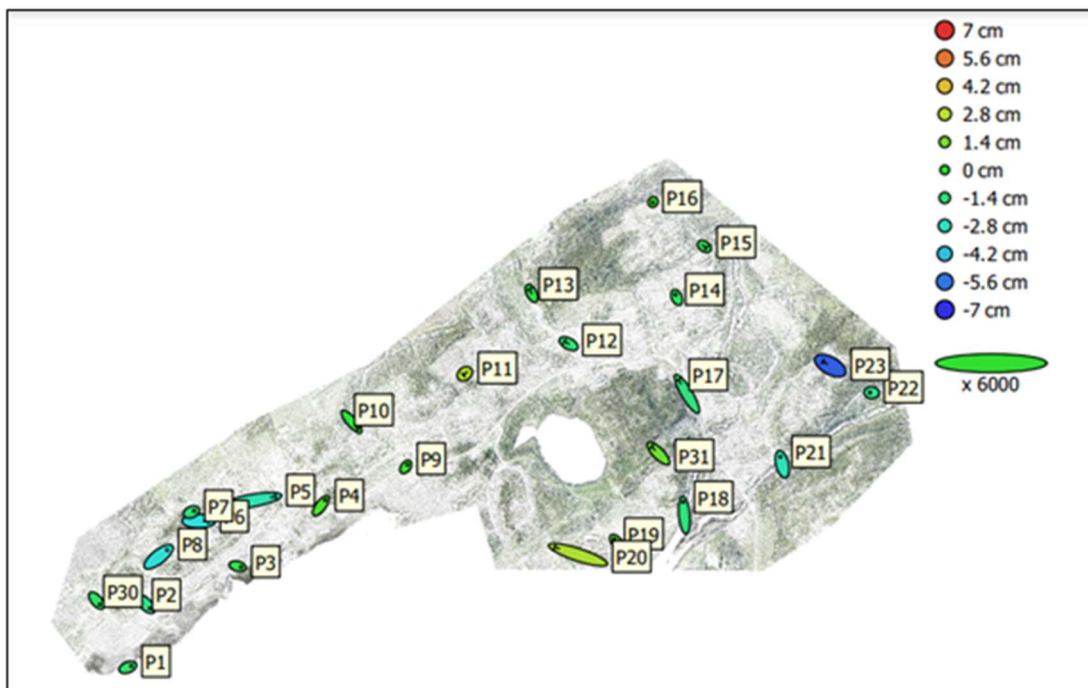
- Målet med prosjektet var å etablere gode ortofoto og oppdaterte FKB-data. De leverte produktene oppfyller våre kvalitetskrav.
- Prosjekt gjennomført med god margin på tidsfrister.
 - God dialog mellom leverandør, kommune og Kartverket.
 - Ortofoto ble publisert på www.norgebilder.no 05.07.2023. FKB-data levert Kartverket 21.08.2023.

De neste kapitlene inneholder resultater og erfaringer fra de ulike delaktivitetene i prosjektet.

3.1 Signalering og landmåling

I standarden for *Produksjon av basis geodata* er kravene til signalering de samme for dronedatafangst og tradisjonell flyfotografering. I vår kravspesifikasjon stilte vi krav om at signaleringen skulle følge *Produksjon av basis geodata* så langt det var mulig. Leverandørene hadde mulighet til å redusere antall kjentpunkt og endre plasseringen av kjentpunktene, forutsatt at de begrunnet sine valg.

Endelig signaleringsplan fra leverandør ble med hhv. 11 og 25 kjentpunkt for Roan og Åfjord. Dette er færre kjentpunkt enn standarden sier, men langt flere enn det leverandøren vanligvis pleier å ha i slike dronefotoprosjekt.



Figur 1: Kjentpunktens plassering og feilestimat for område Åfjord. Grunnrissfeil representert med ellipseform, høydefeil representert ved ellipsefarge. Kilde: Scan Survey



Figur 2: GPS-måling av kontrollpunkt. Kontrollpunkt malt med grønn og sort maling. Kilde: Scan Survey

3.1.1 Resultat og erfaringer

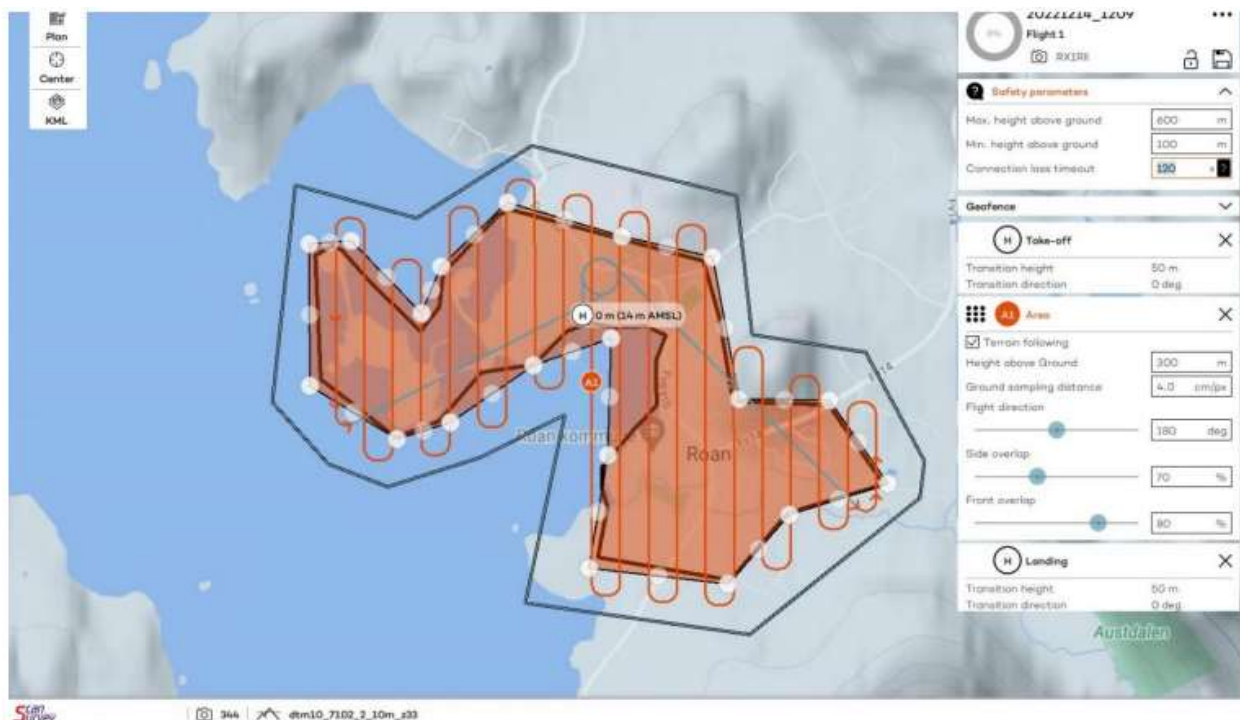
- Landmålingsresultatene er innenfor kravene vi stiller til landmåling av kjentpunkt.
- De strenge kravene som stilles til fastmerkenes plassering og utforming i tradisjonell flykartlegging kan bli kostnadsdrivende for droneprosjekt. Feltarbeidet bør ikke gjøres mer omfattende enn nødvendig, men samtidig er det viktig at vi opprettholder kvaliteten.
- Leverandøren bruker ETPOS-tjenesten fra Kartverket til korreksjon av måleresultat. Ved gjennomgang av prosjektet kom det frem hvor viktig det er med godt og tett nettverk av basestasjoner for å kunne gjennomføre landmåling mest mulig effektivt.

3.2 Dronefotografering

I standarden *Produksjon av basis geodata*, er det krav om tverrstriper i enden av hver tverrstripe, og det kreves at minimum én flystripe skal flys i to forskjellige høyder med en høydeforskjell på minst 40 meter. Disse kravene ble også inkludert i vår kravspesifikasjon, men leverandørene hadde mulighet til å avvike fra dem hvis de kunne gi en god begrunnelse.

I opprinnelig flyplan fra firmaet var ikke tverrstriper inkludert. Men siden dette var et testprosjekt var leverandøren villig til å inkludere dem likevel. Leverandøren planla å fly på 300 meters høyde (mot vanlig 120 meter) og argumenterte for at dette var viktig for å dokumentere effektiv dronekartlegging av et område av denne størrelsen.

Det er også krav til de aktuelle kameraene som benyttes til dronefotografering. Vi stilte de samme kravene som standarden i denne anskaffelsen.



Figur 3: Flyplan for delområde Roan. Kilde: Scan Survey



Figur 4: Det var denne dronen som ble brukt i dette prosjektet, en WingtraOne VTOL. Kilde: Scan Survey

Kamerabeskrivelse fra tilbudsdokument fra leverandør:

Kameraet som ble benyttet var nøye utvalgt for ortofotoproduksjon. Sony RX1RII har en bakkelyst 42 Megapixels fullformatsensor med høy dynamisk rekkevidde. Den høye dynamiske rekkevidden bidrar til å minimere effekten av store variasjoner i lys i datasettet, for eksempel i skyggeområder på solrike dager. Objektivet har en brennvidde på 35mm, noe som gjør bildene nesten fri for fortegninger. Kameraets høye oppløsning muliggjør levering av bilder med en oppløsning på 4.0 cm GSD ved en flyhøyde på 300 meter AGL. Flyplanene for 300 meter AGL er fortsatt egnet for ortofoto med 5 cm GSD og fotogrammetrisk FKB-konstruksjon.

3.2.1 Resultat og erfaringer

- God kommunikasjon mellom oppdragstaker, kommune og oppdragsgiver i perioden da området var klart for fotografering, sammen med gunstige værforhold, bidro til at dronefotograferingen ble gjennomført som planlagt, med godt resultat.
- Det er omfattende og strenge krav knyttet til tillatelser for dronefotografering. Leverandøren hadde autorisasjon til å operere på 300 meters flyhøyde, noe som ga dem en fordel i forhold til andre leverandører som planla å fly på 120 meters høyde over terrenget.
- Leverandøren hevder at kravet om tverrstriper og nøyaktig plassering av passpunkter innenfor hver enkelt stripe er lite hensiktsmessig og vil medføre økte kostnader uten å ha noen påvirkning på sluttproduktet. Datafangst med stor lengde -og breddeoverlapp reduserer behovet for tverrstriper noe.
- Kostnadene forbundet med selve datafangsten gir en høyere enhetspris sammenlignet med tradisjonell kartlegging fra fly, og utgjør sånn sett ikke en reell konkurranse til flyfotografering.
- Kan tilpasse tidspunkt for flygning i større grad enn for flyfotografering. Droner gir mer fleksibilitet med flytidspunkter enn med flyfotografering. De håndterer lokale værvariasjoner bedre, da de dekker mindre områder. Systemet er følsomt for regn og vind.

3.3 Aerotriangulering

VI stilte krav om at posisjonsnøyaktigheten til de endelige ytre orienteringselementene skal følge kravene til resultat og beregninger i *Produksjon av basis geodata*.

Leverandørens beskrivelse av aerotrianguleringen:

Målesystemet posisjoneres med GNSS (Global Navigation Satellite Systems) og IMU (Inertial measurement unit). GNSS løsningen er basert på GPS og GLONASS. GNSS posisjoneres relativt til en basestasjon og i de fleste tilfeller benyttes data fra Statens Kartverk (ETPOS) som grunnlag for etterprosesseringen. Det er også mulighet for å logge observasjoner direkte på et av prosjektets fastmerker.

Beregning av bildenes eksakte geotag gjøres i etterkant, med "post-processed kinematic" (PPK). Fordelene med PPK er at dronens trajectory kan beregnes både forfra og bakfra i etterkant, noe som øker nøyaktigheten. Alle råbildene får en geotagg som har tilsvarende eller bedre nøyaktighet enn fastmerkene på bakken, noe som minsker behovet for passpunkter betraktelig. Alle beregnede data eksporteres til Euref89 UTM sone 32, med NN2000 som høydereferanse.

3.3.1 Resultat og erfaringer

- Rapport fra leverandør viser at resultatene er innenfor kravene som stilles i *Produksjon av basis geodata*.
- Kravene til leveranse av aerotrianguleringsresultat virker å være tilpasset tradisjonell flyfotografering, og det virker ikke like enkelt for droneleverandørene å møte disse kravene til ulike filformat. Av den grunn har vi ennå ikke fått utført kontroll av AT slik vi pleier. Kartkonstruksjonen har god kvalitet, så overføring av orienteringsfiler mellom leverandør og konstruktør har gått greit.
- Hva ønsker vi?
 - Er det gode sluttprodukt (FKB og ortofoto) som er viktig for oss?
Hvis ja, er kanskje ikke AT-resultatene så viktige?
 - Er det ønskelig å kunne utnytte enkeltbildene i større grad i ettertid?
Hvis ja, må vi ha ytre orienteringsfiler som vi kan lese med vår programvare

3.4 Kartkonstruksjon

Når det gjelder kartkonstruksjonen var våre krav identiske med kravene for tradisjonell kartlegging fra flyfotografering: Ajourføring/nykonstruksjon i FKB-B-områder i samsvar med de fotogrammetriske registreringsinstruksjonene for FKB 5.0. Firmaet valgte Hexagon Geosystems Services Norway AS for denne oppgaven. Dette sikret en fotogrammetrisk konstruksjon som er så nær som mulig de tradisjonelle kartleggingsprosjektene, noe som er viktig for å evaluere sluttproduktene fra ulike datafangstmetoder.

De mottatte FKB-dataene er kontrollert på samme måte som vi vanligvis gjør for tradisjonelle kartleggingsprosjekt, i tillegg til at vi har utført grundig kartkontroll i stereoinstrument. Kontrollene inkluderte vurdering av fullstendighet, egenskapskvalitet, logisk konsistens og stedfestingsnøyaktighet. I tillegg har kommunen utført noen kontrollmålinger med GPS.

Fullstendig rapport fra mottakskontroll og grundig kartkontroll ligger vedlagt.

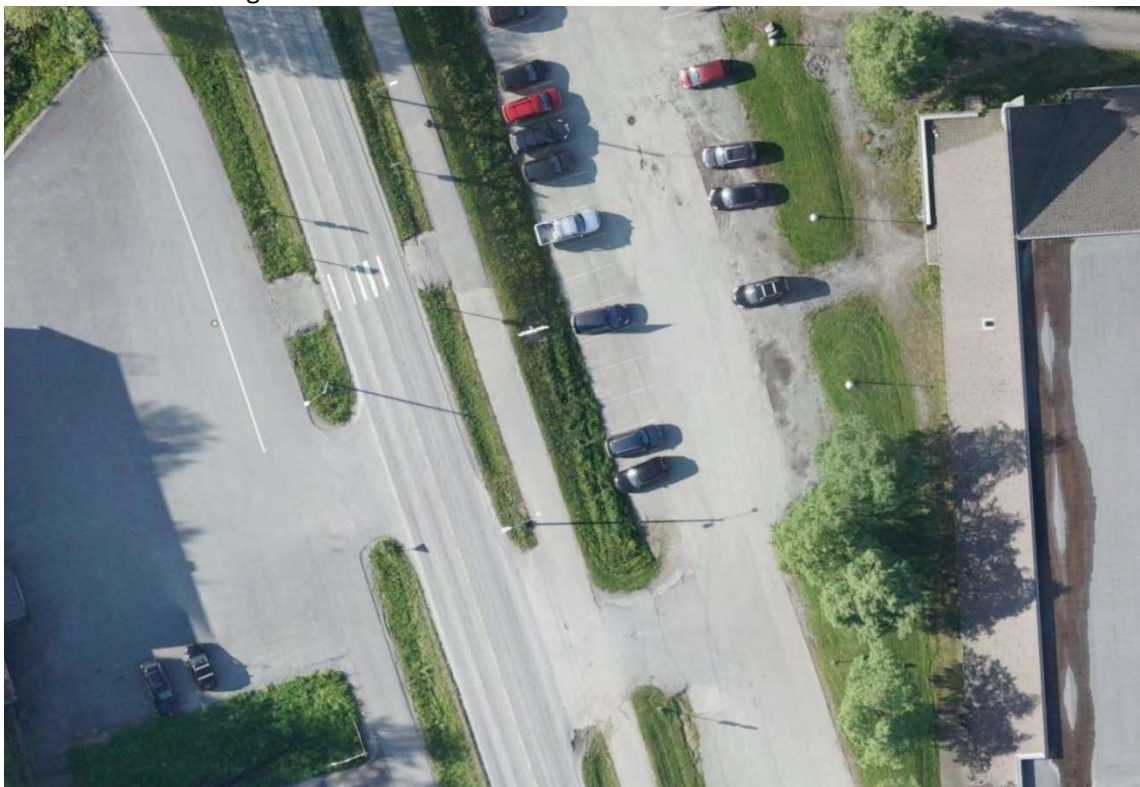
3.4.1 Resultat og erfaringer

- Resultatene fra alle kontrollene indikerer at vi har mottatt FKB-data av høy kvalitet som oppfyller våre krav.
- Kostnadene for konstruksjon basert på dronebilder er betydelig høyere sammenlignet med tradisjonell kartlegging. Dette skyldes trolig oppstartskostnad og at de individuelle stereomodellene dekker mindre geografiske områder, og dermed krever mer arbeid fra konstruktørene (flere modeller).
- Fordel med bilder fra 300 meters høyde heller enn 120 meter. Færre bilder → større dekning i hver modell → enklere for konstruktør å forholde seg til.

3.5 Ortofoto

I standarden *Produksjon av basis geodata* er det ingen spesifikke krav knyttet til droneortofoto. I vår kravspesifikasjon for dette oppdraget presiserte vi at vi ønsket ortofotoetablering i samsvar med *Produksjon av basis geodata* og *Produktspesifikasjonen Ortofoto*, så langt det var mulig.

Leverandøren leverte ortofoto med en oppløsning på 5 cm. Disse ortofotoene er rektifisert basert på en bildematchet terrengmodell, som gir oss "true orthophoto". Bildene er svært klare og fine og se på. For å unngå synlige sømlinjer og opprettholde en jevn tone og kontrast i hele ortofotoet, gjennomgår alle enkeltbilder kontraststrekking før prosessering. Dette er spesielt viktig i tilfeller der lyset har variert underveis i datainnsamlingen. Eventuelle bevegelige objekter i bildet, for eksempel biler, kan manuelt redigeres bort hvis de er forstyrrende. Dette gjøres ved å erstatte det aktuelle bildet med et av nabobildene der objektet ikke er synlig. I dette prosjektet har vi ikke bestilt dette, og vi har heller ikke sett at dette er veldig utbredt her.



Figur 5:

Eksempel på ulik skyggevinkel grunnet ulike opptakstidspunkt



Fig

ur 6: Eksempel på dobbel skygge av lyskaster grunnet ulike opptakstidspunkt

3.5.1 Resultat og erfaringer

- Rask tilgang til fine ortofoto i norgeibilder.no. Kommunen var veldig fornøyd med det.
- Ortofotoene er klare og fine, med god oppløsning.
- Fint med sanne ortofoto (true orthophoto).
- Fargeuttrykket i bildene er bra. Vi hadde ingen krav om fargekalibrering i dette prosjektet, men dette kan være noe å vurdere for senere droneprosjekt.
- Bestilt oppløsning på ortofoto bør være 5 cm. Ingen dronekamera med så "dårlig" oppløsning som 10 cm.
- Produktspesifikasjon for ortofoto er tilpasset tradisjonell flyfotografering. Her burde det kanskje vært noen egne krav knyttet til ortofoto fra dronefotografering?
 - Siden man benytter overflatemodellen i ortofotorektifisering, og ved at man har mange bilder av de sanne objektene, vil ikke sømlinjeproblematikken bli den samme som ved tradisjonell flyfotografering. Man får sanne ortofoto, og leverandøren mener denne metoden for å lage ortofoto fra droner er mer nøyaktig og pålitelig.
 - Rariteter knyttet til "doble" objekter eller "spøkelsesobjekter" dukker opp. Vil nok være et større problem i områder med mer trafikk. Dette kan redigeres bort, men krever en del manuell jobb. Må spesifiseres i kravspesifikasjon om man ønsker det med.
- Prosjektene ligger nå som midlertidige ortofoto på norgeibilder.no, men mange ønsker nok disse som vanlige prosjekt på norgeibilder.no.

4 Oppsummering og veien videre

Innledningsvis hadde vi tre problemstillinger vi ønsket å belyse gjennom dette prosjektet.

1. Kan dronefotografering og konstruksjon fra dronebilder erstatte tradisjonell datafangst for mindre kartleggingsområder?

Ja, dronebilder har potensial til å erstatte tradisjonell datafangst for mindre områder. Vi oppnår sanne ortofoto med høy oppløsning og FKB-data med god fullstendighet og god kvalitet.

Prosjektgjennomføringstiden er vesentlig kortere enn for flyfotoprojekt. Selv om dagens kostnader er relativt høye, forventes enhetskostnadene å gå ned med forbedringer som lengre batteritid, endrede regler for dronflyvning (med krav om synlig dronedrift), bedre kameraer og økt flyhøyde.

2. Kan dronekartlegging være en fornuftig måte å få oppdaterte kartdata i sentrumsnære strøk i distriktene?

Ja, det er en mulighet. Dersom man ønsker rask tilgang til oppdaterte FKB-data og ortofoto, kan den korte prosjektgjennomføringstida man har i droneprosjekt bidra til at dette er en aktuell metode.

Vår erfaring er at flere kommuner ønsker hyppigere bildeopptak, spesielt i sentrumsnære områder med mye byggeaktivitet. Hvis målet er ortofoto fra drone, kan dette realiseres raskt uten de betydelige tilflyvningskostnadene som vanligvis følger med flyfotoprojekter. Med et godt kontinuerlig vedlikehold i kommunene, kan det tenkes at behovet for kartkonstruksjon ved hver dronefotografering ikke er nødvendig.

Åfjord kommune sine tanker rundt problemstillingen:

Så langt er vi godt fornøyd med droneprosjektet, både gjennomføringen og resultatet. I Åfjord har vi stadig nye utbyggingsprosjekt og det vil alltid være behov for nye ortofoto og oppdaterte kartdata. Selv om vi kunne tenke oss å ha egen drone og kompetanse for kartlegging og etablering av ortofoto i eget hus, ser vi at det (akkurat nå) er for krevende for en liten kommune å gjøre dette selv. Da må vi kjøpe tjenesten eller inngå et samarbeid med noen som har utstyr og kompetanse. Uansett vil det være et kostnadsspørsmål.

3. Er standardene vi bruker godt nok tilpasset dronekartlegging?

Vi mener det er mulig å evaluere visse krav og vurdere om de kan tilpasses noe for å imøtekomme dronekartlegging. Et av målene med dronekartlegging er effektivisering, men vi opplever kanskje at enkelte krav vi stiller kan medføre ekstraarbeid for leverandørene.

Kravet om antall kjentpunkt er nok det mest omdiskuterte punktet. Leverandøren la inn flere kjentpunkt enn de normalt brukte på droneoppdrag, men likevel noen punkt mindre enn det standarden krever. Strengt krav til fastmerkenes plassering og utforming kan bli kostnadsdrivende, da det medfører mye feltarbeid. Her gjelder det å finne balansepunktet mellom hvor få kjentpunkter man kan ha, men samtidig ha nok til kontroll. I samtaler med leverandøren kom det fram at enkelte droneleverandører reklamerer med at dronene deres ikke har behov for kjentpunkt i det hele tatt. Vi vet også at enkelte kommuner som flyr med droner har gått helt eller delvis bort fra kjentpunkt. Det er viktig at vi poengterer viktigheten av kontrollpunkter i prosjekt der formålet er oppdaterte kartdata.

Når det gjelder ortofoto fra drone, så blir disse publisert på www.norgebilder.no som midlertidige ortofoto. Dette skyldes blant annet at ortofotostandarden ikke er oppdatert for droneprosjekt. Mange av våre samarbeidspartener synes det er dumt at ikke ortofoto fra drone blir lettere tilgjengelig i deres

programvare. Dersom det ikke er ønskelig med “lappetepper” av droneprosjekt i norgebilder, burde man vurdert om dette kan løses på andre måter, for eksempel ved å ha et eget lag for dronebilder.

Teknologien og automatiseringen som skjer på kamera/drone/programvare har vært enorm de siste årene. Er det slik at vi trener å kontrollere hvert ledd i anskaffelsene, eller kan vi stole på at dersom det endelige produktet oppfyller våre krav, er det tilstrekkelig?

I løpet av dette prosjektet har vi støtt på noen spørsmål som vi gjerne ville ha utforsket mer, men som vi ikke har hatt tid til å gå dypere inn på nå. Et av disse spørsmålene var om vi kunne bruke punktsky fra bildematchet overflatemodell til høydepåføring av vektordata? Flere og flere kommuner tar egne dronebilder og ajourfører vektordata i grunnriss fra ortofoto. Det hadde vært spennende å se resultatene av en høydepåføring sammenlignet med kartkonstruksjonen.

I forhold til aerotriangulering og problemene knyttet til utveksling av ulike filformat, kommer vi i Kartverket til å følge opp dette mot leverandøren. Dronebildene tas med stor overlapp, noe som øker mulighetene for videreutnyttelse av bildene. For å kunne utnytte bildene mer, må vi kunne gjenskape orienteringen på enkeltbildene, og vi er avhengige av AT-filer på riktig filformat.

5 Vedlegg til rapporten

Rapport fra mottakskontroll: Vedlegg1_Kartkontroll_FKB_Åfjord.pdf

Rapport fra grundig kartkontroll: Vedlegg2_GrundigKartkontroll_Åfjord_drone.pdf

Prosjektrapport fra Scan Survey: Vedlegg3_Projektrapport_Åfjord_ScanSurvey.pdf