

Anvendt økologi og landbruk. Avd. Evenstad  
Ruben Bøtun

## Bacheloroppgåve i Skogbruk 2017

# Er det økonomisk gunstig å nytte DJI Phantom drone til skogtaksering, og kva er skilnadane ved tolking av drone- og flyfoto

Is it an economic advantage using a DJI Phantom drone to evaluate forest, and what are the differences in evaluating forest with unmanned- and manned airborne vehicle



2014-2017

Samtykker til utlån hos høgskolebiblioteket

JA  NEI

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage

JA  NEI

## Utdrag

Ubemanna luftborne system, også kalla droner, blir meir og meir vanleg blant nordmenn, og eg har gjort eit studie om DJI Phantom, som er ei relativ billig drone, kan nyttast til skogbruksplanlegging. DJI Phantom 3 (Professional) og 4 som har blitt nytta i dette studie kostar i dag mellom 5500-8000 kroner, og blir stadig billigare. Droneoperatør nytta programvara Pix4D til å fly over skogteigen på ca. 100 meters høgde og 80 % overlapping. I løpet av seinhausten 2016 takserte fototaksator skogen først ved hjelp av det nyaste flyfoto tilgjengeleg (2011, henta frå Norge i Bilder) i kartprogrammet ArcGis, deretter dronebilda som var tatt hausten 2016. Vinteren 2017 takserte eg 27 bestand ved tradisjonell felttakst, og dermed kunne eg samanlikna drone- og flyfototakst ut ifrå felttaksten. Eg såg på kostnader ved ulike takstmetodar, trehøgde i hogstklasse 2, trantall pr. dekar, treslagsfordeling, volum og kroneverdi (utrekna av programmet Allma). Med desse resultatata fann eg ut om dronetakst er eit betre alternativ enn flyfototolking.

DJI Phantom er i dag ikkje eit meir kostnadseffektiv verktøy enn flyfototolking eller tradisjonell felttakst. Å taksere med flyfoto kostar om lag 2,50 – 3 kroner pr. dekar, tradisjonell felttakst på austlandet kostar om lag 5-6 kroner pr. dekar (forutset at ein har gode kartdata tilgjengeleg). Takst med drone kostar 8-14 kr/daa avhengig av storleiken på takstarealet. Med berre bildetakst med drone utan taksering, kostar det 5,5 – 11 kr/daa.

Dronetakst gir ikkje eit betre resultat av ungsbogen enn flyfototakst. I dette studie er det ingen signifikant skilnad på treantall pr. dekar og høgde på plantene mellom fototolkingsmetodane, men felttaksten viser at lauvtree i ungsbogen blir overvurdert både med drone- og flyfoto.

Dronetakst gir eit meir korrekt bilete av treslagsfordelinga i hogstklasse 3 enn flyfototakst. I hogstklasse 4 er det ingen skilnad i treslagsfordelinga ved dei ulike takstmetodane.

Det er viktig å nemne at fototaksator har ei viktig rolle i takstmetoden, og det er svært viktig å tileigne seg røynsle gjennom å kombinere fototakst i tillegg til å observere/felttaksere skogen ein har taksert. Dette studie tok for seg 27 bestand, og det vil vere behov for å gjera meir utdjupande undersøkingar i framtida. Med dette studie ser ein potensial for å bruke drone i vanskeleg terreng der det er ikkje finnes tilgang til gode nok flyfoto, og skogeigar ønsker å betale for kartlegging av skogen.

## Abstract

Unmanned airborne vehicles are becoming cheaper and more high-tech. I believe drones have a massive potential in forestry, especially forestry mapping. “Evenstad Vilt- og Næringscenter” had a project on mapping forest in Kongsvinger with a DJI Phantom drone, and I joined the project autumn 2016.

I have looked into using pictures from DJI Phantom 3 (Professional) and 4 drones to evaluate forest. I have looked at costs and advantages by using pictures from unmanned airborne vehicle instead of using the more traditional manned airborne vehicle pictures that was five years old. To measure the correct values of the forest I have done fieldwork in 27 areas, 700 decares.

In this study, I flew a DJI Phantom drone ca. 100 meters above the ground, with 80 % overlap, and used Pix4D to process all the pictures into one ortophoto. We used this photo to evaluate the forest, like age groups, treeheight, trees per decare,  $m^2$  of trees pr hectare, volume ( $m^3$ /decare), amount of different tree species and total value (NOK). We also evaluated the same forest by looking at the newest manned airborne vehicle-photo available, which was 5 years old (2011). After evaluating the forest with pictures, I compared the values with the actual values.

The results from this projects showed that mapping forest with DJI Phantom is more expensive than mapping forest with manned airborne vehicle pictures. There is also not a significant difference in evaluation between unmanned- and manned airborne vehicle.

It is important to take in consideration that even though this project showed that pictures from DJI Phantom are not better than pictures from manned airborne vehicles, it could be a valuable equipment when there are no pictures of the forest available. In areas where it's difficult to get into, or where the pictures have bad quality, it could be cheaper to send a drone to take pictures of the forest. It is necessary to have forest owners that are willing to pay for the product and service, and a photo evaluator with relevant experience.

## Forord

Etter knappe tre år på Evenstad er endå eit kapittel over for min del. Eg søkte meg på bachelor i utmarksforvaltning, men etter å ha blitt introdusert for skog i starten av studie bestemte eg meg for å ta både utmark og skog, på tre år. Etersom eg kjem frå ei lita vestlandsbygd med lite kultur for skogbruk har læringskurva vore bratt og spanande.

No er det berre dagar før innlevering av bacheloroppgåva og eg har ingen eksamenar att etter dette. I Sogn ventar ein fulltidsjobb innan skogbruk som inneber mykje arbeid ute i felt med kombinasjon av utmarksrelatert jobbing. Åra på Evenstad har gått utruleg fort, takk til alle tilsette på campus som har gitt meg så mykje ny kunnskap.

Eg vil retta ein stor takk til Øystein Nerby, Ole Bakmann, Stig-Ole Stener, Petter Økseter som har enten gitt meg gode tilbakemeldingar og/eller lært meg mykje av innhaldet i denne oppgåva. Eg må også takke min betre halvdel som flytta frå Hedmark til Sogn i februar for å sikre seg jobb sjølv om det innebar mange månadar med venting på superhelten sin. Eg kjem snart heim, kjære.

Og til slutt ein takk til Evenstad som har opna mange nye dører for meg.

Høgskolen i Innlandet

Evenstad, 28.4.2017

Ruben Bøtun

# Innhald

Utdrag.....	2
Abstract .....	3
1.0 Innleiing .....	6
2.0 Materiale og metode.....	8
2.1 DJI Phantom 3 Pro og 4 .....	8
2.2 Feltarbeid med drone.....	9
2.3 Tradisjonell felttakst.....	10
2.4 Analysearbeid .....	10
2.5 Lover og regler for bruk av drone.....	10
2.5.1 RO1 operatør.....	11
2.5.2 Forskrift om luftfartøy som ikkje har fører om bord mv. ....	11
2.6 Kostnad for ulike takseringar .....	11
3.0 Resultat.....	13
3.1 Bestandskart.....	13
3.2 Antall feiltolkingar mellom drone- og flyfoto.....	15
3.3 Hogstklasse 2 .....	15
3.4 Hogstklasse 3-5.....	17
3.5 Kroneverdi .....	20
4.0 Diskusjon .....	21
Kjelder .....	26

## 1.0 Innleiing

Dronar, som på fagspråket heiter ubemanna luftborne system, er ikkje lenger berre brukt i militære aksjonar, men hjå den meir alminnelige person som har interesse for ny teknologi. Sjølv om dronar ikkje er ein ny oppfinning, så er det først dei siste åra at dronar har blitt såpass rimelege og brukarvenlege at ein gjennomsnittsnordmann kan kjøpe ei drone til privat bruk.

Dronar har utvikla seg enormt i seinare tid, og det som tidlegare var store avansert krigsvåpen (Murtaza, 2016) har no blitt til allemannseige «flygekamera» der ein kan ta bileter frå fugleperspektiv. I tillegg er det blitt enkelt å feste infraraudt/varmesøkande kamera for å få endå meir informasjon ut av bilda. Bileter frå fugleperspektiv gir eit heilt nytt syn på områder, bygningar, landskap enn tidlegare, då ein ofte berre hadde mogelegheit til å ta bileter frå bakkenivå tidlegare. Kvar kveld blir det sendt program på TV der dronar har blitt brukt til å ta bileter/filmklipp, og det dukkar stadig opp filmklipp frå dronar på sosiale mediar. Dronebruk er såpass populært at Universitet i Tromsø har starta ein bachelorgrad i dronetrygging og prosjektleiar Rune Storvold seier at i framtida vil det vere behov for mange dyktige dronetryggarar både innan næring og forskning (Studenttorget, 2014).

«Eit bilete seier meir enn tusen ord» er eit kjent ordtak der dei fleste vil tolka det som at ein får mykje informasjon ut av eit einsleg bilete. Om ein tek mange hundre bileter, og limar det saman til eitt stort bilete, så vil ein få endå meir informasjon som kan beskrive ein gitt situasjon. Eg ynskjer å bruke drone til å ta bilete av skogen og effektivisere arbeidet i felt. Om dronar skal komme inn i skogbruket må det vere kostnadseffektivt og samle inn meir detaljar enn den tradisjonelle flyfotometoden. Den meir tradisjonelle flyfoto er tekne frå fleire tusen meter over bakken over store område, dette gjer at flyfoto gir billige bileter i kroner pr. dekar, men er kvaliteten god nok? Om skogeigar ikkje har tilgang til oppdaterte flyfoto og skogeigar treng oppdaterte bestandskart over eigendommen/skogeigar før han/ho skal gjere slutningar ang. skogen så kan ein tenke seg at dronebileter vil vere ei god løysing.

Det er fleire som har prøvd ut dronar til å kartlegge skog, blant anna Skog og Landskap hadde eit prosjekt i 2013 på vestlandet for å kartlegge skog i vanskeleg terreng (Dalen, 2013). Pål Hanssen skreiv masteroppgåva si om dronar og ungskog (Stensrud, 2014). I utlandet har det blitt forsøkt å bruke drone til å kartlegge tomrom i skogen (Getzin, Nuske & Wiegand, 2014), og nytteverdien av droner til å kartlegge skog i tropiske område (Paneque-Gálvez, McCall, Napoletano, Wich & Koh, 2014).

September 2016 kjøpte eg mi første drone, DJI Phantom 4, på grunn av at eg ønska å ta bileter og filmklipp når eg er på tur. Men utover hausten såg eg litt av potensialet drona har, og innanfor skogbruk er det mykje uprøvd. Å kombinere dronebruk og geografisk informasjonssystem (GIS) kan drona bli eit heilt nytt verktøy for skogeigar. Med drone vil ein få oppdaterte og svært detaljerte bilete med høg kvalitet, noko ein bør utnytte i skogbruksplanlegging.

I blant anna Elverum og Våler er det i dag behov for oppdaterte skogbruksplanar (Skogbruksplaner, 2016) og med dagens aukande aktivitet vil det vere behov for kartlegging av både ungskog og gamalskog innan få år. I dette studie ser eg på mogelegheita til å bruke drone til skogbruksplanlegging. Med drone kan ein komme til områder som ligg vanskeleg til og ein kan kartlegge store områder på kort tid (250 dekar på 17 minuttts flygetid) (Pix4D).

I denne oppgåva ser eg på skilnader mellom tolking av flyfoto og dronefoto over ein skogteig i Kongsvinger. Flyfoto er frå Norge i Bilder tatt 29. september 2011, med pikselstorleik på 0,4 m, og i taksten er skogen framskrive 5 år for å få «dagens verdi». Dronefoto er flydd med DJI Phantom 3 Professional (Pro) og 4 i løpet av hausten 2016 med pikselstorleik på ca. 0,04 m. Framsidebilete viser foto over deler av skogteigen tatt med drone (øvt) og flyfoto (nedst).

Skilnadane eg vil sjå på er hogstklassar og behov for ungskogpleie. Ved å ha ei korrekt oversikt over ulike hogstklassar, treslagsfordeling og kvar på eigedommen dei er kan ein gjere betre bedømmingar ved planlegging av hogst, planting, ungskogpleie, tynning. Er det billigare å sende ei DJI Phantom drone og tolke bileta etterpå, enn å sende ein mann ut på befarung i felt før ein planlegg hogst? Det er noko av det eg ynskjer å svare på i denne oppgåva. Eg vil sjå på skilnaden ved å tolke ungskog med flyfoto og dronefoto, der feiltolking av t.d. trehøgde eller treslag kan ha mykje å sei for planlegging, investering og gjennomføring. I løpet av vinteren 2017 har eg vore ute å taksert for å finne «fasiten» som eg brukar som samanlikningsgrunnlag.

**Problemstilling:** Er DJI Phantom eit meir kostnadseffektivt verktøy ved planlegging av behandlingstiltak enn flyfototakst eller felttakst?

Hypotese 1:

Tolkinga av dronefoto gir ein meir korrekt svar på korleis ungskogen eigentleg er, samanlikna med tolking av fem år gamle flyfoto.

Hypotese 2:

Tolking av dronefoto gir eit meir korrekt bilete av treslagsfordelinga i skogen.

## 2.0 Materiale og metode



Figur 1. Oversiktskart over forsøksområde, henta frå karttjenesta til Gule Sider(2017)

Skogen eg undersøkte var ein skogteigane til Martin Skaare i Kongsvinger. Bestanda i skogteigen har stor variasjon i bonitet, hogstklassar, treantall, alder osv. Dermed var denne skogen eit ideelt forsøksområde. Heile teigen dekk ca. 2050 dekar, men på grunn av mangel på tid til felttakst vart berre ca. 700 dekar nytta i dette studiet. Etter å ha planlagt flyginga, slik at me fekk godt vær flaug me over område med to ulike droner, type DJI Phantom 3 Pro og 4.

### 2.1 DJI Phantom 3 Pro og 4

DJI Phantom 3 Pro og 4 blei nytta i dette studie. DJI Phantom 3 Pro har ei totalvekt på 1280 gram, maks flytid på ca. 23 minutt, maksimal fart på 18 m/s, flyavstand 5 km, flyhøgde 500 meter. Kamera: 12,4 M piksel, lukkehastigheit 8-1/8000 s, bildestorleik på 4000x3000 (DJI Phantom, 2016).

DJI Phantom 4 er ein litt nyare modell enn 3 Pro, og har desse eigenskapane som avvik frå forgjengaren: totalvekt på 1380 gram med maks flytid på ca. 28 minutt, maksimal fart på 20 m/s, maksimal vindmotstand 10 m/s. I tillegg har DJI Phantom 4 «obstacle sensor» som gjer



at ein stoppar automatisk om den skulle vere nær i å krasje med hindringar som er foran drona (DJI Phantom, 2016). Når drona mistar signal/dekning vil den fly attende til operatør, og i det tilfelle må ein sette opp ny flygerute.

## 2.2 Feltarbeid med drone

Drona flaug på forhandsinnstilt program ved om lag 80-120 meters høgd over bakken, og i transektlinjer (flygerute). Sjølv når drona flyr så høgt som mogeleg ifølgje lovar og reglar (120 meter) er pikselstorleiken så liten av ein plukkar opp detaljar og programmet klarar å klypp det saman til eitt bilete. Variasjonar i terrenget gjorde at høgda varierte ein del, så om me stilte inn høgda på 100 meter, og det var  $\pm 20$  meter i topografien i flyområde, så varierte høgda mellom 80 og 120 meter.

Med Pix4D programmet kunne me bestemme kvar transektlinjene gjekk, kor mykje overlapp bileta skulle ha, og farten på drona. Med større overlapp, vil det vere enklare for programvara å lime saman bilda til eit stort ortofoto. Me brukte 80 % overlapp, tidlegare forsøk (Getzin, Nuske & Wiegand, 2014) har brukt mellom 70 og 80 som hadde gitt gode resultat. For å dekke størst mogeleg område hadde me stor fart på drona, noko som ikkje hemma kvaliteten på bilda.

Me la ut transektlinjene systematisk slik at me fekk dekkja heile skogteigen, og justerte flyhøgda slik at den var mest mogeleg lik heile tida. Så der det var bratt flaug me langs høgdekotene og tok fleire flygeturar, ettersom me måtte lande drona for å justere flyhøgda.

Etter at drona hadde flydd over teigen blei bileta lasta inn på eit program som satt det saman til eit ortofoto. Med droneflyginga fekk eg hjelp av sertifisert RO1 droneflygar Thomas Voegler, som jobbar for Evenstad Vilt og Næringsssenter. Når ortofoto var satt saman kunne ein laste det inn i kartprogrammet der me kunne lage polygonar med verdiar, til dømes treslag, hogstklasse, grunnflate, middelhøgd etc. Øystein Nerby, som har mykje røynsle som skogbruksplanleggjar i skognæringa, utførte dette arbeidet og var vår fototaksator. Dette blei lagt inn i Allma, som er ei kartteneste for skogeigarar i Mjøsen, Allskog, AT skog og Vestskog. Når ein fototaksarer skog skal ein vurdere mange faktorar og det fordrar god røynsle og fagleg kompetanse, og det hadde vår fototaksator. Heile teigen vart først taksert etter flyfoto, deretter taksert etter dronefoto av same fototaksator, og i midten av mars 2017 takserte eg 27 bestand, ca. 700 dekar av teigen med tradisjonell felttakst.

### 2.3 Tradisjonell felttakst

Den 17. - 19. mars utførte eg takst i 27 bestand, med mellom 2 til 12 prøveflater i kvart bestand. Om eit bestand var svært homogent og lite i areal vart det utført få prøveflater, og når bestandet hadde stor variasjon i treslag/bonitet/treantall osv., og ofte stor bestandsstorleik, så utførte eg fleire prøveflater.

Når eg utførte takst i felt brukte eg til dels systematisk metode for å finne prøveflatene. Eg gjekk mellom 10-50 meter mellom prøveflatene (avhengig av bestandsstorleiken). Eg var bevisst på å ha ein forhandsbestemt retning (sikte mot ei stor furu/lettkjenneleg lauvtre etc.) når eg gjekk mellom prøveflatene. Når eg kom til ei prøveflate plasserte eg ein staur i bakken og brukte det som prøveflatesenter. I hogstklasse 3-5 fann eg treantall pr/daa, grunnflate ( $m^2/ha$ ) og treslagsfordeling med relaskop og middelhøgde (m) på relaskoptrea. I tillegg tok eg eitt til tre bonitetstre der eg målte alder med borr og overhøgde med Suunto høgdemålar. Når eg nytta relaskop utførte eg kontrollmålingar med måleband og klave. Antall tre pr. dekar rekna eg ut ved å måle ein sirkel på 7,92 meter radius, telje alle trea og deretter multiplisere med 5. I ettertid ser eg at denne sirkelen gir  $197 m^2$ , og ikkje  $200 m^2$ . Dermed kan treantallet pr. dekar vere noko undervurdert ettersom  $197 m^2 \times 5$  er  $985 m^2$ , ikkje  $1000 m^2$ .

I hogstklasse 2 og tett hogstklasse 3 brukte eg prøveflateareal på  $50 m^2$  (3,99 meter radius) og multipliserte med 20 for å få treantall pr. dekar. I hogstklasse 2 telte eg berre treantall i ulike treslag (gran, furu, lauv) og målte trehøgde med meterstokk eller høgdemålar, der eg skilte mellom bar- og lauvtre.

### 2.4 Analysearbeid

Etter fototaksten fekk eg shapefiler frå fototaksator og kunne lagre desse filane som excelfiler, dermed fekk eg verdiane i dei ulike bestanda i excelformat. Analysejobbinga vart gjort i Excel der eg brukte Pivot tabell til å sjå på snittverdiar i ulike hogstklassar. Når det blir fototaksert finnes det mykje forskjellig informasjon, og eg selekterte ut dei tala/verdiane som kunne hjelpe meg å gi meg svar på problemstillinga mi. Etter å ha analysert tala laga eg tabellar og stolpediagram som viste skilnader og likheiter, dette er presentert i resultatdelen.

### 2.5 Lover og regler for bruk av drone

Det er strenge regler for bruk av drone, og droner som berre brukast til hobby og rekreasjon har andre reglar enn det som skal brukast for ein verksemd. Droneoperatørar som skal drive verksemd med mindre droner (under 2,5 kg) må ha RO1 erklæring.

### 2.5.1 RO1 operatør

RO1 er ein erklæring der du som operatør bekreftar at ein er kjent med gjeldande regelverk og vil følgje desse. Det må utarbeidast ein operasjonsmanual som beskriv planlagde operasjonar, som blant anna nemnar førebuingar som skal gjerast før oppdraget startar. Andre punkt i manualen er prosedyrar like før, under og etter flyging. Operasjonsmalen skal ikkje godkjennast, men Luftfartstilsynet kan be om å at manualen skal visast fram. Så snart skjema for deklarerer er sendt til Luftfartstilsynet og den som sender har mottatt ein mottaksmelding frå arkivet til Luftfartstilsynet kan operasjonane byrje. Når deklarererte opplysningar er overført til Luftfartstilsynet sitt system vil operatøren motta ei bekrefting på at opplysningane er registrert (Luftfartstilsynet, 2016).

### 2.5.2 Forskrift om luftfartøy som ikkje har fører om bord mv.

*Forskrift om luftfartøy som ikkje har fører* vart tredd i kraft 1.1.2016. Denne forskrifta innrettar seg mot luftfartøy som ikkje har fører om bord, som bevege seg i lufta og der flyging har eit anna formål enn rekreasjon, sport eller konkurranse. Forskrifta er utarbeida slik at enkle operasjonar med mindre droner skal kunne skje utan godkjenning frå Luftfartstilsynet. Eg vil i dette kapitlet berre nemne reglar som vil vere relevant for mitt prosjekt.

Med RO1-erklæring kan ein fly droner opp til 2,5 kg og maks hastigheit på 60 knop (111 km/t) og må heile tida ha visuell sikt utan hjelpemiddel som kikkert, kamera etc. Fartøyet må ha eit sikkerheitssystem som automatisk sett drona på bakken viss ein mistar kontrollen på drona. Drona kan ikkje flyge meir enn 120 meter over bakkenivå, ikkje nærmare enn 50 meter frå personer, køyretøy eller bygning som ikkje er under pilotens kontroll. Ein kan berre fly i dagslys, og drona skal vere merka med namn og telefonnummer (Forskrift om luftfartøy som ikkje har fører om bord mv, 2015).

## 2.6 Kostnad for ulike takseringar

Det kostar om lag 2,5 – 3 kroner pr. dekar å utføre ein flyfototakst (pers.med. Øystein Nerby), medan tradisjonell felttakst på austlandet med administrative oppgåver der ein takserar 1200 dekar pr. dagsverk kostar ca. 5-6 kroner pr. dekar. For å finne ut kostnad for taksering pr. dekar for dronafoto har eg sett bort frå investeringa for innkjøp av drone, ladar, batteri og programvare. Dette er som oftast eit eingongsinnkjøp og prisen pr. dekar vil reduserast vesentleg når arealet av takering aukar. Reperasjonar og vedlikehald er vanskeleg å fastsette, ettersom me ikkje har hatt nokon av utgiftene i dette studiet.

I dronetakst vil det innehalde ein del feltarbeid (reise ut i felt, sende opp drona og ta bileter av skogen) og ein del fototolking. Kostnad på feltarbeid vil variere på omfanget/arealet ein skal ta bilete av, og tolking av dronebilda vil vere lik flyfototakst. I vårt tilfelle hadde me 4 batteri, som gir ca. 1000 dekar flygeareal utan ekstra lading. Med fleire batteri eller ekstern ladar vil ein kunne dekke større areal pr. dag. Feltarbeid på 4 flygingar tek om lag eit dagsverk, ettersom ein må førebu flyging (administrative oppgåver, oppsett, flygeruter, planleggje flyging), flytte seg undervegs (avhenger av avstand til veg/høgder i terrenget). Etter dagens lønnskostnadar som inkluderer pensjon, feriepeng, administrasjon, reise etc. kostar det om lag 750 kroner pr. time, og dette tilsvara 5625 kroner pr. dagsverk. Om ein takserar 1000 dekar pr. dagsverk vil dette tilseie 5,6 kr/daa. I tillegg vil det koste 2,5-3 kr/daa for fototolkinga, om ein brukar nøyaktig same metode som ved flyfototakst. Dette gir dronetakst ein total kostnad på 8,1-8,6 kr/daa om ein takserar ein teig på 1000 dekar. Ein kan redusere kostnad pr. dekar ved å berre utføre feltarbeidet, slik at ein får oppdatert bilete/kart over teigen, og då overlate taksten til skogeigar som kan bruke kartet når ein takserar. I tabellen under (Tabell 1) viser eg kostnad pr. dekar for feltarbeid i tillegg til fototakst, og berre feltarbeid i ulike storleikar av taksten.

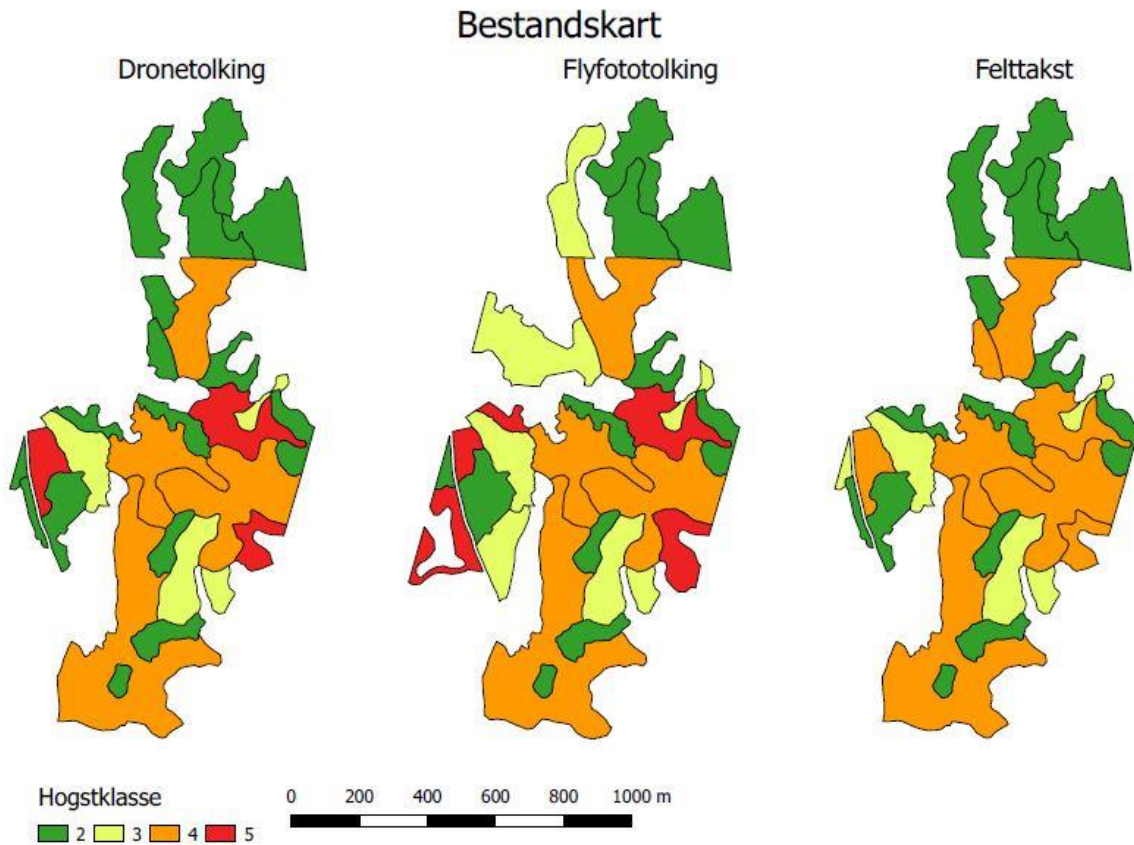
*Tabell 1. Oversikt over kostnad pr. dekar ved feltarbeid og felt + dronefototakst. I dette studiet er det relativt kostbart å taksere skog med DJI Phantom.*

<b>Dekar takstareal (dagsverk)</b>	<b>Feltarbeid + fototakst (kr/daa)</b>	<b>Berre feltarbeid (kr/daa)</b>
<b>500 daa (1)</b>	14 kr/daa	11,3 kr/daa
<b>1000 daa (1)</b>	8,3 kr/daa	5,6 kr/daa
<b>1500 daa (2)</b>	10,25 kr/daa	7,5 kr/daa
<b>2000 daa (2)</b>	8,4 kr/daa	5,6 kr/daa

## 3.0 Resultat

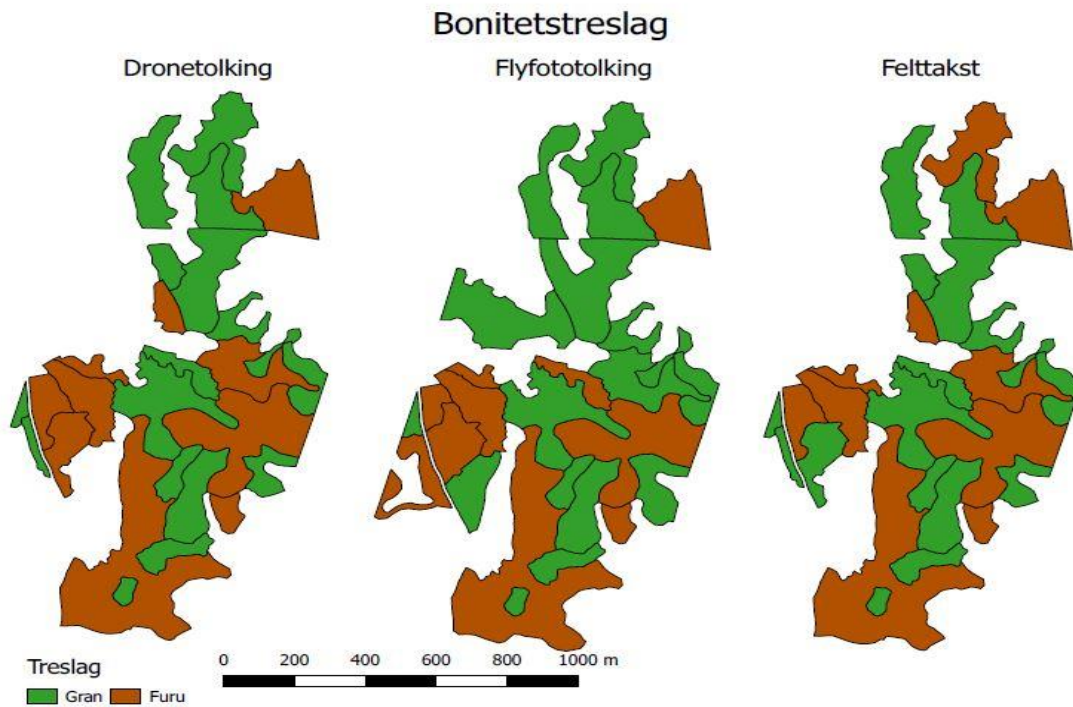
### 3.1 Bestandskart

Figur 2 viser bestandskart med ulike hogstklassar i 27 bestand som blei felttaksert i mars, samanlikna med drone- og flyfototaksten som vart gjennomført seinhausten 2016. Bilda som blei nytta under flyfototaksten var frå 2011, og dermed er bestandsgrensene litt annleis mellom flyfoto og dei andre takstmetodane.



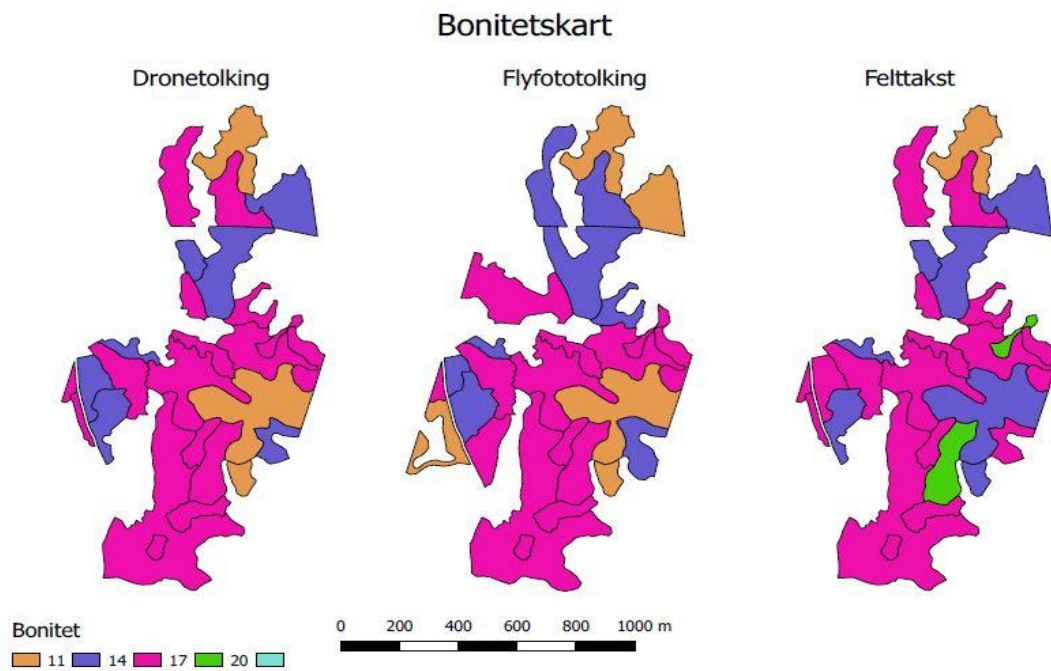
Figur 2. Bestandskart over dei bestanda som vart taksert i felt, samanlikna mellom drone- og flyfototolking.

Figur 3 viser oversikt over bonitetstreslag i dei ulike bestanda. Her var det liten skilnad i felttakst og fototakst.



Figur 3. Bestandskart som viser bonitetstreslag ved ulike takstmetodar.

Figur 4 viser tolking av boniteten i dei ulike bestanda. Fototakseringa undervurderer boniteten i enkelte bestand.



Figur 4. Oversikt over tolka bonitet i dei ulike bestanda. I realiteten var det litt betre bonitet enn det som var tolka frå bilda.

### 3.2 Antall feiltolkingar mellom drone- og flyfoto

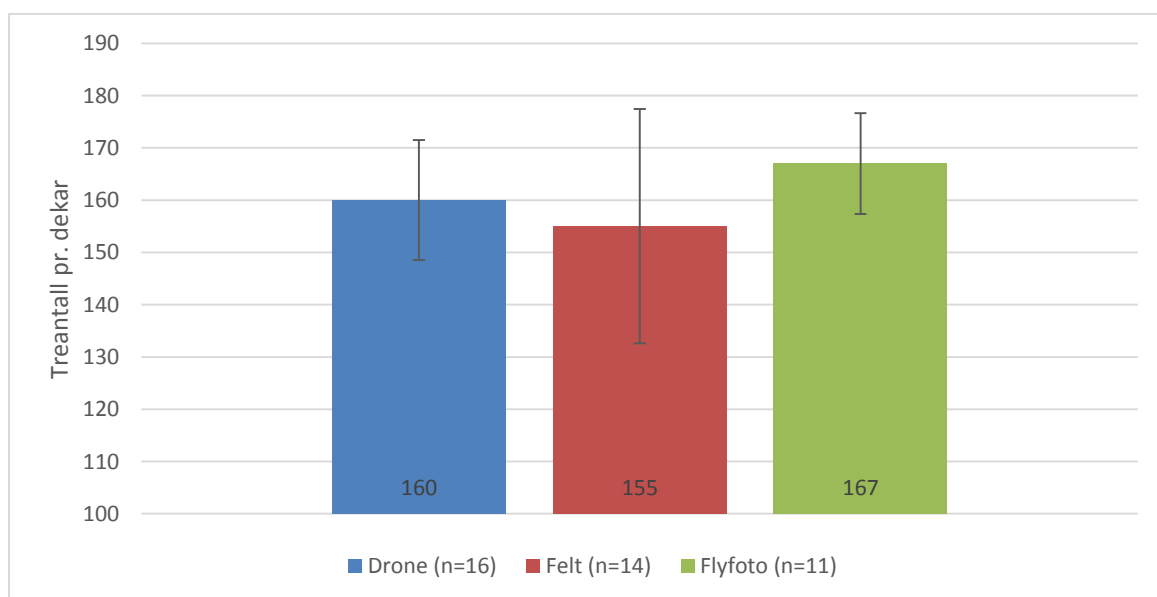
Eg har samanlikna skogtaksering mellom drone- og flyfoto, og brukt felttakst som fasit. I Tabell 2 ser ein kor mange bestand som er feiltolka, mindre avvik (under 15 %) er ikkje sett på som feiltolking. Dronefoto gir litt betre presisjon i tolkinga når det gjeld bonitet, hogstklasse, treslag og høgde på ungsbogen. Flyfoto gir litt betre presisjon på klassifisering av tettleiken av skogen (a/b og treantall pr. dekar). Det er fleir bestand i dronetolkinga enn flyfoto ettersom det blei hogd ein del av eit større bestand mellom 2011 (flyfototolking) og 2016 (dronetolking).

Tabell 2. Tabellen viser ei oversikt over antall bestand som er feiltolka i forhold til felttakst.

Takstmetode (totalt tolka bestand)	Bonitet	Hkl	Tettleik (a/b)	Treslag	Tree/daa	Høgde bar	Høgde lauv
Drone (27)	8	6	5	5	15	6	8
Flyfoto (26)	11	10	4	7	14	8	9

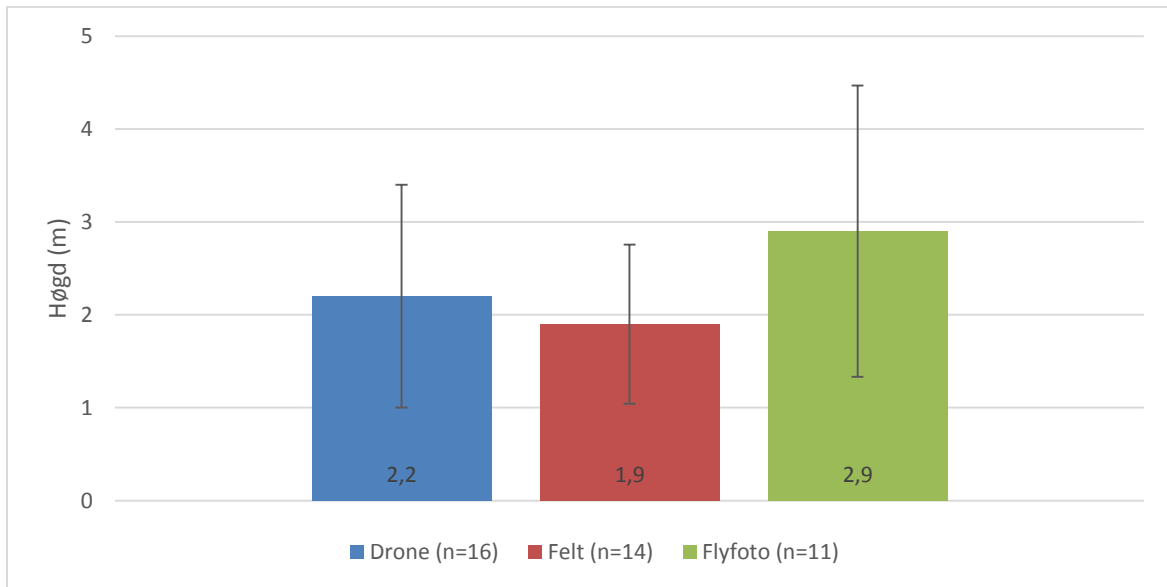
### 3.3 Hogstklasse 2

Figur 5 viser at tolking av gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) planter per dekar etter fototolking frå drone, felttakst og flyfoto. I snitt hadde dronetaksten (16 bestand) 160 ( $\pm 2SE = 11,5$ ) planter pr. daa, felttakst (14 bestand) 155 ( $\pm 2SE = 22$ ) og flyfototakst (11 bestand) 167 ( $\pm 2SE = 10$ ). Det er ingen signifikant skilnad i antall planter per daa.



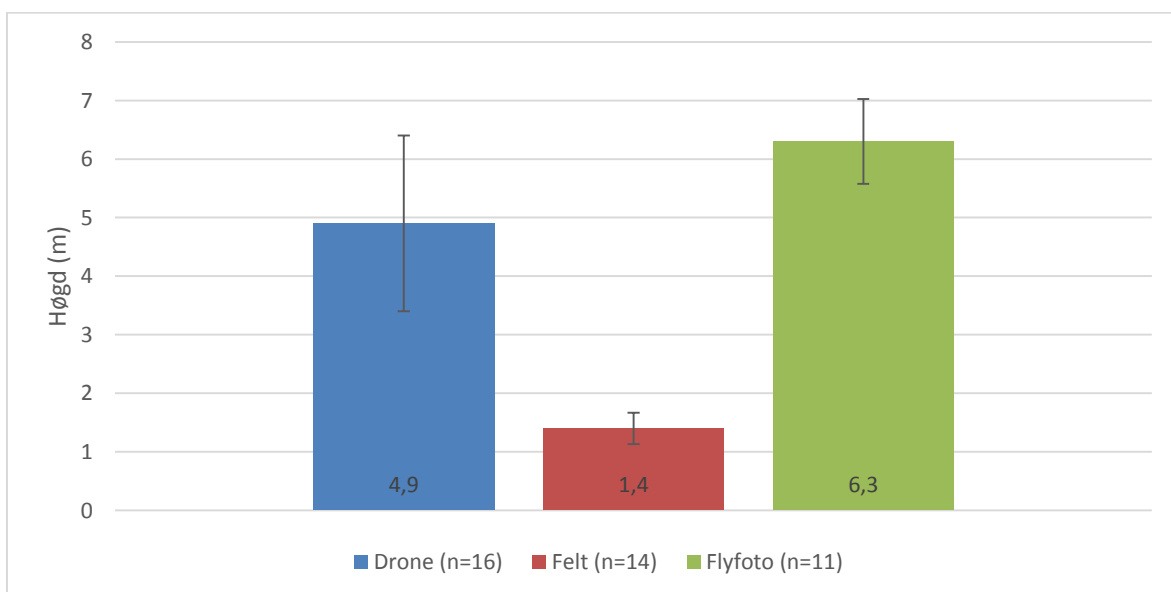
Figur 5. Gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) planter per dekar i hogstklasse 2, tolka frå dronefoto, felttakst og flyfoto.

Figur 6 viser gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) høgd (m) på bartre i hogstklasse 2, tolka frå dronedefoto (gj.snitt = 2,2,  $\pm 2SE = 1,2$ ), felttakst (gj.snitt = 1,9,  $\pm 2SE = 0,9$ ) og flyfoto (gj.snitt = 2,9,  $\pm 2SE = 1,6$ ). Det var ingen signifikant skilnad på tolka høgd på bartre mellom fototolking og felttakst.



Figur 6. Gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) høgd (m) på bartre i hogstklasse 2, tolka frå drone, felttakst og flyfoto.

Figur 7 viser gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) høgd (m) på lauvtre i hogstklasse 2, tolka frå dronedefoto (gj.snitt = 4,9,  $\pm 2SE = 1,5$ ), felttakst (gj.snitt = 1,4,  $\pm 2SE = 0,3$ ) og flyfoto (gj.snitt = 6,3,  $\pm 2SE = 0,7$ ). Det var ein signifikant skilnad på tolka høgd på lauvtre mellom fototolking og felttakst, men det var ingen signifikant skilnad mellom drone- og flyfototolking.

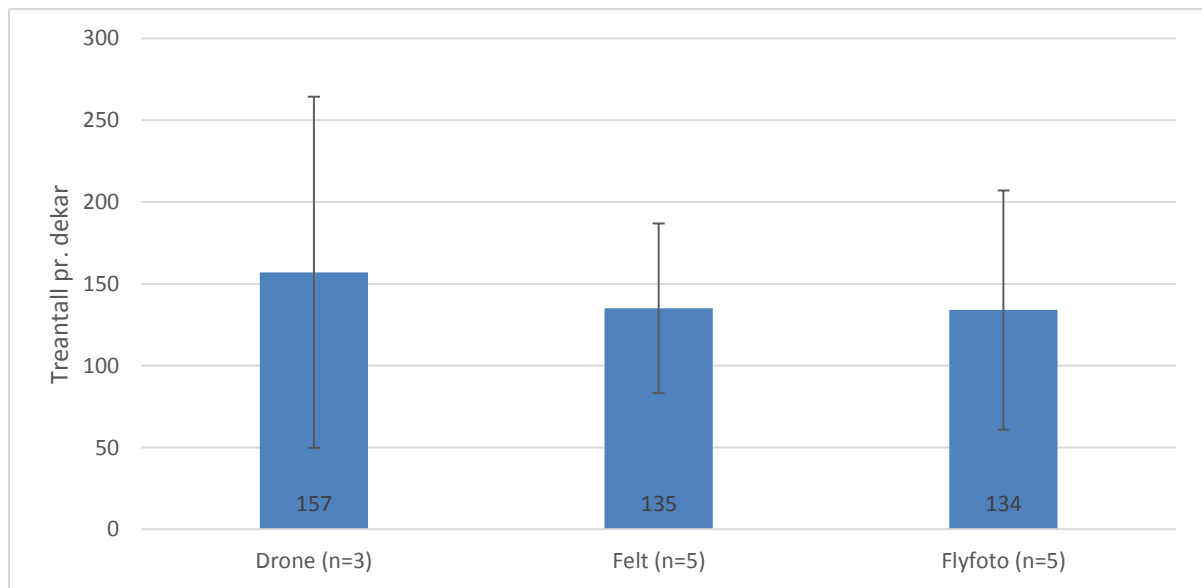


Figur 7. Gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) høgd (m) på lauvtre i hogstklasse 2, tolka frå drone, felttakst og flyfoto.



### 3.4 Hogstklasse 3-5

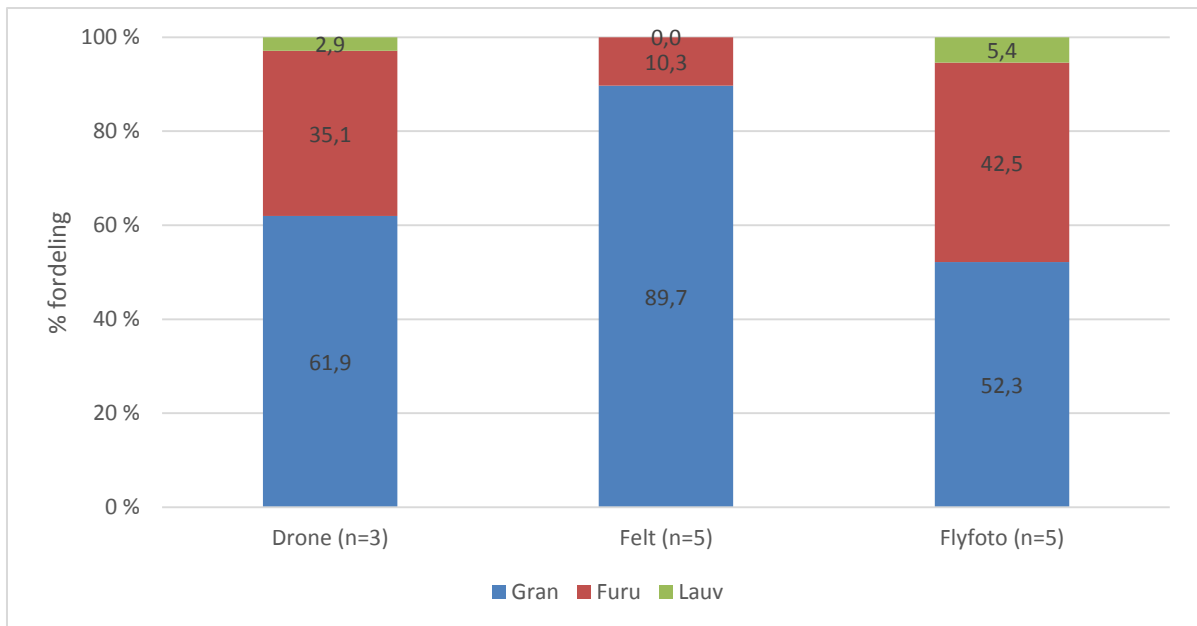
Figur 8 viser at det er ingen signifikant skilnad på tolka treantall per dekar i hogstklasse 3. I snitt vart det tolka 157 ( $\pm 2SE = 107$ ) tre pr. dekar i tre bestand frå dronefoto, i felttaksten var det i snitt 135 ( $\pm 2SE = 52$ ) tre pr. dekar i fem bestand. Med flyfototakst vart det tolka i snitt 134 ( $\pm 2SE = 73$ ) tre pr. dekar i fem bestand. Det var ingen signifikant skilnad på treantall pr. dekar mellom dei ulike takstmetodane.



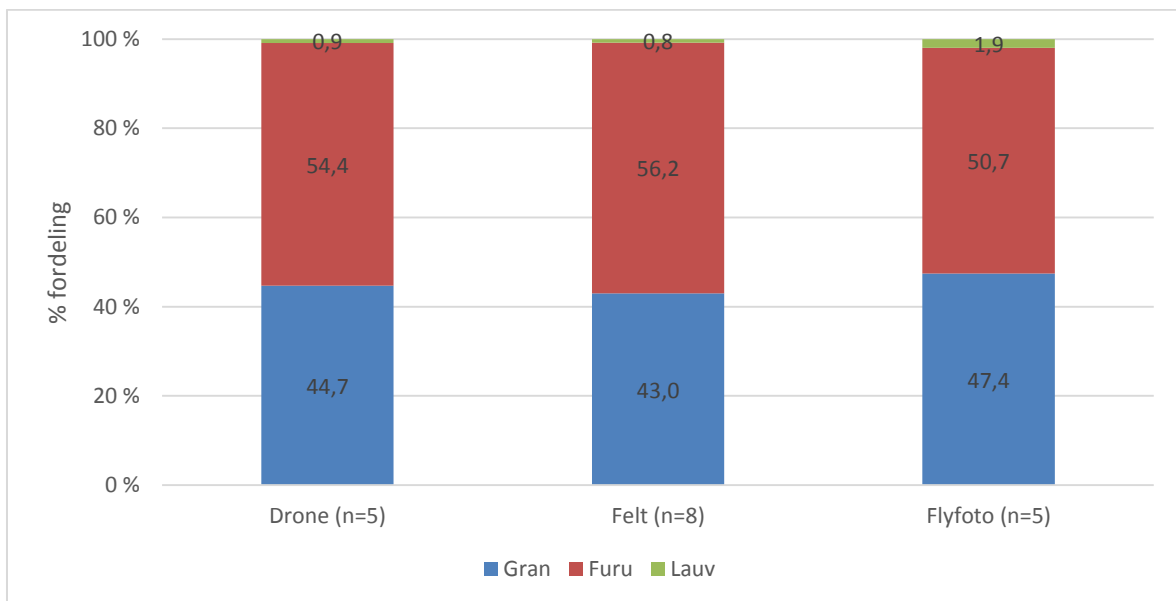
Figur 8. Gjennomsnittlig ( $\pm 2SE$ ) treantall pr. dekar i hogstklasse 3 tolka frå dronefoto, felttakst og flyfoto.

Figur 9 og 10 viser prosentfordelinga i volum mellom dei ulike treslaga, gran, furu og lauv i hogstklasse 3 og 4. I hogstklasse 3 (Figur 9) var det ein tydeleg skilnad i treslagsfordelinga. Ved dronefoto var det tolka treslagsfordeling 62/35/3, felttaksten 90/10/0 og flyfoto 52/43/5. Det var dermed 28 % og 38 % meir gran i skogen enn tolka frå drone- og flyfoto (Figur 9).

I hogstklasse 4 var det ikkje store skilnadar i treslagsfordelinga. Dronetolking hadde 45/54/1, felttakst 43/56/1 og flyfoto 47/51/2 (Figur 10).



Figur 9. Volum prosentfordeling av gran, furu og lauv i hogstklasse 3. Dronetaksten undervurderte grandelen med 28 %, og flyfototaksten med 38 %.



Figur 10. Volum prosentfordeling av gran, furu og lauv i hogstklasse 4. Det var ingen store skilnader i treslagsfordelinga mellom dei ulike takstmetodane.

Tabell 3 viser oversikt over volum ( $m^3$ ), areal (daa), middelhøgde (m) og grunnflate ( $m^2/ha$ ) i ulike hogstklassar ved ulik takstmetode. I hogstklasse 3 vart det felttaksert  $281 m^3$ , dronefoto ga  $447 m^3$  og flyfoto  $663 m^3$ . I hogstklasse 4 var det taksert  $5874 m^3$ , dronefoto  $6377 m^3$  og flyfoto  $6947 m^3$ . Etter felttakst var det ingen bestand i hogstklasse 5, medan det var taksert  $1191 m^3$  etter dronefoto, og  $1876 m^3$  etter flyfoto, dette har ein skilnad på  $685 m^3$ .

Dronefototakst gir betre presisjon enn flyfoto i tolka areal i hogstklasse 2 (5 vs 19 %) og 3 (12 vs 43 %). Flyfototakseten ga litt betre presisjon i hogstklasse 4 (15 vs 17 %). Felttaksten ga total areal (daa) i hogstklassane 2-5: 250/75/372/0, dronetakst ga 263/66/306/64, og flyfoto 202/107/316/92. I gjennomsnitt høgde (m) er det god presisjon i fototakst i hogstklasse 3 (i snitt 0,2 m avvik), medan ein undervurdera middelhøgda i hogstklasse 4 (1,6 m avvik). Grunnflata blir overvurdert i både hogstklasse 3 (3,5-5,2 m<sup>2</sup>/ha) og 4 (5,5-7,1 m<sup>2</sup>/ha), og dette gir store utslag på volumutrekninga.

Tabell 3. Tabellen viser volum tømmer (m<sup>3</sup>), areal (daa), middelhøgde (m) og grunnflate (m<sup>2</sup>/ha) i dei ulike hogstklassane ved ulike takstmetodar.

Hogstklasse	Takstmetode	SUM volum (m <sup>3</sup> )	SUM areal (daa)	Gj.snitt middelhøgde (m)	Gj.snitt grunnflate (m <sup>2</sup> /ha)
2	Drone	-	263		
2	Felt	-	250		
2	Flyfoto	-	202		
3	Drone	447	66	9,7	14,7
3	Felt	281	75	9,9	9,5
3	Flyfoto	663	107	9,8	13
4	Drone	6377	306	19,6	22,8
4	Felt	5874	372	21,2	17,3
4	Flyfoto	6947	316	19,6	24,4
5	Drone	1191	64	21,3	21,7
5	Felt				
5	Flyfoto	1876	92	20,4	22,8

### 3.5 Kroneverdi

Kroneverdien seier noko om kor mykje tømmerverdi det er i skogen, det vil seie kor mange kroner skogeigar kan få i brutto inntekt ved slutthogst, frøtrestilling. Tømmerverdien er utrekna av gjennomsnittlig tømmerpris det siste året, med tømmerprisar frå nærområde og sagtømmerandel av Allma. Den inkludera ikkje utgifter som måling, driftskostnadar, skogfond etc. Kroneverdi gir skogeigar ein peikepinn på kor mykje han/ho kan forvente å ta ut, om ein høgger den eldre skogen. Difor er det interessant å sjå om taksten i felt samsvarar med det som er tolka med drone- og flybileter. Volum er rekna ut av grunnflatesum og middelhøgde. Kroneverdi er automatisk utrekna av Allma når grunnflatesummen og middelhøgde vart lagt inn i kartsystemet av fototaksator.

Tabell 4 viser at det er stor skilnad i total kroneverdi etter felttaksten (1 612 000 kroner) samanlikna med tolking av drone- (2 188 000 kr) og flyfoto (2 542 000 kr). I hogstklasse 4 var det tolka 210 000 kr meir i dronefototakst enn felttakst, og 380 000 kr meir i flyfoto enn felttakst. Etter felttaksten var det ingen bestand i hogstklasse 5 som dermed ga 0 kroner i kroneverdi, medan det var taksert 366 000 kr (8 bestand) etter dronetakst og 550 000 kr (10 bestand) i hogstklasse 5 etter flyfototakst.

*Tabell 4. Oversikt over kroneverdien i hogstklasse 4 og 5. Dronetakst overvurderte kroneverdi med totalt 576 000 kroner, flyfototakst overvurderte med 930 000 kroner.*

Takstmetode (antall bestand)	Hogstklasse 4	Hogstklasse 5	Sum kroneverdi
Drone (8)	kr 1 822 000,00	kr 366 000,00	<b>kr 2 188 000,00</b>
Felt (8)	kr 1 612 000,00		<b>kr 1 612 000,00</b>
Flyfoto (10)	kr 1 992 000,00	kr 550 000,00	<b>kr 2 542 000,00</b>

## 4.0 Diskusjon

DJI Phantom er i dag ikkje eit meir kostnadseffektivt verktøy enn flyfototolking eller tradisjonell felttakst. Å taksere med flyfoto kostar om lag 2,50 – 3 kroner pr. dekar, tradisjonell felttakst på austlandet kostar om lag 5-6 kroner pr. dekar (forutset at ein har gode kartdata tilgjengeleg). I dette studie kosta takst med drone ca. 8-14 kr/daa avhengig av storleiken på takstarealet. Berre feltarbeid med drone utan fototolking, som berre gir oppdaterte kartdata, kostar det 5,5 – 11 kr/daa.

Hypotese 1 der dronetakst gir eit betre resultat av ungsbogen enn flyfototakst er forkasta. Når det gjeld treantall pr. dekar og høgd på plantene er det ingen signifikant skilnad mellom fototolkingsmetodane, men felttaksten viser at lauvtree i ungsbogen blir overvurdere både med drone- og flyfoto.

Hypotese 2 der dronetakst gir eit meir korrekt bilete av treslagsfordelinga er beholdt. I hogstklasse 3 er taksten etter dronebileter meir korrekt enn flyfoto, men framleis er det ein stor skilnad mellom fototakst og det er ikkje mykje som skil mellom drone- og flyfototakst. I hogstklasse 4 er det ingen tydeleg skilnad mellom takstmetodane.

Det er viktig å nemne at fototaksator har ein vesentleg rolle i takstmetoden, og det er svært viktig å tileigne seg røynsle gjennom å kombinere fototakst i tillegg til å observere/felttaksere skogen ein har fototaksert, for å kalibrere takstmetoden.

I vanskeleg terreng der det er krevjande å komme til, eller utfordrande å utføre flyfototakst på grunn av skuggar på bilda, vil det vere aktuelt å bruke drone. I vårt studie var skogen på eit relativt flatt terreng med grei kvalitet på flybilda frå 2011. Men i andre område med meir stormfall, aktivt skogbruk og vanskelege tilkomst vil felttaksten vere dyrare og differansen mellom felttakst og dronetakst kan bli snudd om. Dette er noko som bør undersøkast meir ved seinare høve.

I dette studie viser resultatata at dronetaksten ikkje har dårlegare resultat enn flyfoto, og om det er skogareal der flyfoto har dårleg kvalitet eller er forelda vil dronetakst vere svært aktuelt. Truleg er det meir aktuelt med bruk av drone i meir krevjande terreng eller område som har store stormskader. Men dette avhenger av skogeigarar som er villig til å betale for tenesta.

Dronebileta har ein pikselstorleik på ca. 0,04 m, medan flyfoto hadde 0,4 m, noko som gjer at ein kan sjå fleire detaljar i dronebileter. Viss flybileta er tatt seint/tidleg på dagen kan skuggar

skape utfordringar for fototolkar. Dette såg me ikkje så mykje til i vårt forsøk, men døme på flyfoto frå vestlandet der bileta er tatt tidleg på formiddagen i september i kombinasjon med ulent terreng gjer det vanskeleg å tolke bileta. Den største fordel eg ser med dronebilete er oppdaterte datagrunnlag. Ein skogteig med mykje aktivitet kombinert med mangel på nye flybilete kan ha store skilnader i bestandskart frå faktisk skogtilstand. I slike tilfelle vil det vere svært fordelaktig å få oppdaterte dronebileter som gir eit meir korrekt bestandskart. Om det er stor aktivitet i skogbruket som ein skal kartlegge kan både volum, areal og hogstklassar variere stort. I skogteigen eg har nytta i oppgåva mi har det vore noko aktivitet, utan at det er dei store skilnadane i resultata. Den største skilnaden er bestandsgrenser (Figur 2) og kroneverdi i ulike hogstklassar (Tabell 4).

I tabell 2 såg eg på kvart enkelt bestand og om presisjon på drone- og flyfototolking var god. Det var fleire bestand som var blitt feiltolka, men det viste seg at gjennomsnittleg verdi ikkje har store skilnadar mellom felt-, drone- og flyfototakst. Grunnen til dette var store variasjonar og relativt få bestand i dei ulike hogstklassane. Til dømes i hogstklasse 3 var det berre tre til fem bestand, noko som ga stor standardfeil når eg rekna gjennomsnittsverdien. Med fleire bestand ville eg kunne ha fått sikrere datagrunnlag, truleg ville 15-20 bestand i kvar hogstklasse vore tilstrekkeleg.

Eg såg på kor mange bestand som var tolka feil i ulike kategoriar, som bonitet, treslag, tettleik, tre pr. dekar osv. Tabell 2 viste at det var færrest feil ved dronetolking når det gjaldt bonitet, hogstklasse, treslag og trehøgde på bar- og lauvtre (hogstklasse 2). Men med flyfoto var det færrest feiltolking når det gjaldt tettleik (a/b) og tre pr. dekar, men det var ikkje mykje som skilte dei ulike fototakstmetodane.

Når ein planlegg drift av skogen er det viktig å ha oversikt over bestand i dei ulike hogstklassane, for å fastsette rett tidspunkt på ulike tiltak. Bestand i hogstklasse 4 og 5 kan gi inntekter til skogeigar ved å gjennomføre foryngelseshogst. Om ein veit treantall pr. dekar og trehøgde i hogstklasse 3 kan ein ha grunnlag for å investere i tynning og/eller kunstig kvisting som vil føre til større dimensjonar/betre kvalitet på trevirke. I hogstklasse 2 er det naudsynt å vite treantall og trehøgde på både lauv- og bartre før ein bestem seg for å investera i ungsogpleie, eventuelt når ein startar med kvalitetsfremmande tiltak.

I felttaksten blei bartrehøgde i hogstklasse 2 målt i snitt 1,9 meter, medan det vart tolka 2,2 meter med drone og 2,9 meter med flyfoto, det var dermed ingen signifikant skilnad på desse

målingane. Det kan vere viktig å estimere riktig høgde ettersom storleiken på trea har mykje å sei for kostnader og innsats i ungskogpleie. Truleg får fototaksator gode nok detaljar frå både flyfoto og dronefoto når ein skal estimere høgde på bartre. Det er interessant å sjå at det er ein signifikant skilnad på tolka høgde av lauvtre med fototakst enn felttakst. Sjølv om det var ein tendens til at dronefoto ga eit meir korrekt bilete av høgda på lauvtree var det ikkje signifikant skilnad på dei ulike fototolkingane. Om det er mange bestand som er tolka med høge lauvtre vil det vere viktig å gå inn med ungskogpleie på eit tidleg tidspunkt, men om den reelle høgda er mindre kan ein heller vente til fleire bestand kan tas i same sesong. Slik at det blir meir effektivitet og ein kan sette inn tiltak andre plassar som er meir naudsynt, som til dømes tynning eller planting om det skulle vere behov for det.

Hovudfokus i skogforvaltning bør vere å søke etter å utnytte produksjonsevna på dei areala som forvalta. Etter å ha sett på resultatane som viser skilnadar ved tolking av eldre flyfoto og oppdaterte dronefoto så ser ein nokre skilnadar som kan ha betydning for skogeigar og skogbruksplanlegging. Til dømes høgde på lauvtree (Figur 7) i ungskogen kan ha mykje å sei for tidspunkt når ein skal starte med ungskogpleie. I dette studiet takserte fototaksator lauvskog høgare enn det den faktisk var. Når ein takserer etter eldre flyfoto så kan det ha blitt utført ungskogpleie der ein har skore ned ein god del av den høgare lauvskogen etter 2011, og ved dronefoto kan det vere vanskeleg å sjå lauvtree når blada har falt av. Fordelen med dronebileter er at ein kan bestemme på førehand når ein tek bileter, t.d. når lauvtree er mest fargerike og lettast å sjå på dronebilder.

Skilnadar i bestandsgrensar og hogstklassar kan gi store utslag på volum (Tabell 3), og då kombinert med grunnflate som blir overvurdert med fototakst. Det er ikkje lett å taksere grunnflate etter foto som er tatt ovanfrå, og då er det ikkje uventa at det blir litt feil verdiar. Det som er interessant er at grunnflatetaksten var svært lik både ved drone- og flyfoto, samtidig som dei alltid blir overvurdert samanlikna med den reelle grunnflateverdien (takst). Grunnen til dette kan vere at eg har tatt med for få tre i relaskopet når eg har utført felttakst, målt for låg høgde på trea eller tatt for få prøveflater, eller fototaksator ikkje har kalibrert seg.

Når ein skal tolke treslag frå bileter kan det vere vanskeleg å skilje mellom gran og furu, og det kan vere svært krevjande å bestemme kor stor del av bestanda som har dei ulike treslaga. Resultata i Figur 9 viser at det er størst skilnad i tolka treslagsfordeling når skogen er i hogstklasse 3, og når skogen når hogstklasse 4 (Figur 10) er skogen såpass stor at det er enklare å tolke treslaga. Dronefoto ga betre prosentfordeling av treslag i volum enn flyfoto,

men det var framleis ein skilnad mellom felttakst og fototakst. Det er ikkje uventa at det er vanskelegast å tolke treslaga i hogstklasse 3, då furu og gran er mest lik. Resultata bar preg av få bestand, og ei anna medverkande årsak til feiltolkinga er at trea i hogstklasse 3 er mellomstore (10-15 meter) og at forma på både furu og gran er relativ lik. Når trea blir eldre er det truleg lettare å sjå skilnad ettersom furu får ein større og rundare busk i toppen enn grana. I hogstklasse 4 var det veldig lite skilnad mellom foto og felttakst, noko som fell naturleg ettersom treslaga får større skilnad i form. Om det er gode sol forhold når bileta blir tatt kan ein også bruke skuggar til treslagsbestemming.

Om ein planlegg ei skogsdrift og feilbedøm tømmerverdien, volum og treslagsfordeling, i tillegg til at ein får ein feil driftspris (estimera med få tre pr. daa/m<sup>3</sup>) før hogsten, fører det til feil avgjersler på grunnlag av for dårleg data. Dette gjeld spesielt når ein skogeigar har kort tidsfrist for å gjere ei avgjersle (t.d. når naboen avverkar skogen og skogeigar blir tilbydd å bli med på avverkinga). I vår takst var det store skilnadar i kroneverdi grunna store skilnadar i grunnflatesum (Tabell 3) og få bestand. Det kan vere at eg har taksert for få prøveflater og taksert med for lite i grunnflatesum.

Skogbruksplanlegging med drone vil vere heilt avhengig av erfarne skogbruksplanleggarar innan fototolking. Ein må ha røynsle frå det å taksere skog med flyfoto i tillegg til å befare område ein har taksert med jamne mellomrom for å kalibrere seg. Fototaksator i denne oppgåva har erfaring, men å taksere dronefoto var nytt for han, og det bør også kalibrerast sliks om ved flyfototakst. I tillegg trengs det kostbare program (t.d. Pix4D) og kraftig datamaskin for å prosessere all datamengda, slik at det vil vere urealistisk at ein vanleg skogeigar kan bruke metoden til å taksere skogen sin. Skogeigar vil vere avhengig av å kjøpe tenesta av bedrift/person med nødvendig kompetanse og utstyr, noko som kan vere aktuelt for nokon i skognæringa som tilbyr dette nisjeproduktet.

Ved seinare studie bør ein få fleir observasjonar/bestand for å få eit sikrere resultat med mindre variasjon. Ein bør også ha i bakhovudet at fototaksator takserte den same skogteigen to gonger, og den andre gongen han takserte (med dronefoto) kan han ha vore påverka av det han såg gjennom flybilda ved første takst. Når ein skal rekne fram til kroner pr. dekar i takst, så har eg nytta meg av tal gitt frå folk i skognæringa på austlandet, der ein har nytta seg av folk med gode rutinar i enkelt terreng. Eg takserte ca. 350 daa/dagen under felttaksten i mars, medan ein meir erfaren felttaksator vil kunne taksere 1200 dekar/dag. Effektiviteten avhenger også av storleik på bestand, avstandar, lokalkjennskap og variasjon i bestanda. Når det gjeld



fototakst har eg forutsett at taksator kjenner til systema og brukar lite tid på å lære seg metodar og programvarer.

Når ein takserar med dronar har årstid, tid på døgnet, vêrforhold og topografien mykje å seie. Det er også viktig å ta med tekniske utfordringar som oppdatering av programvare, dårleg dekning og kulde. Med meir røynsle kan ein legge inn eit slingringsmonn som tilseier forventa svinn i tid/ressursar på grunn av tekniske problem.

For å konkludere vil det vere svært viktig med ein fototaksator med røynsle og fagleg kompetanse, i tillegg er dronetakst såpass kostbart pr. dekar at det ikkje er aktuelt å erstatte vanleg flyfototakst. Men det kan vere aktuelt å bruke drone til å komme til på vanskelege områder der det ikkje finnes oppdaterte flyfoto eller av god nok kvalitet. Det går som oftast mange år mellom kvar gong flyfoto blir tilgjengeleg, og ein veit aldri når dei blir publisert. Døme kan vere å sjå på stormfall der ein må evaluere skadane, og med mildare klima og meir ekstremvær kan det eit behov for dette i framtida. Det er ikkje tvil om at det er framleis mykje som bør undersøkast/testast med bruk av drone i skogbruk.

## Kjelder

- DJI Phantom. (2016). *Phantom comparison*. Lokalisert på <http://www.dji.com/products/compare-phantom>
- Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord mv. FOR-2015-11-30-1404.
- Getzin, S., Nuske, R. S. og Wiegand, K. (2014). *Using Inmanned Aerial Vehicles (UAV) to Quantify Spatial Gap Patterns in Forests*. ISSN 2072-4292. Remote Sens. 2014, 6, 6988-7004. Lokalisert 22.2.2017 på:
- Hussain, Murtaza. (2016). *A new documentary explores the devastating effects of drone warfare on victims and whistleblowers*. The Intercept. Lokalisert 6.1.2017 på: <https://theintercept.com/2016/11/20/a-new-documentary-explores-the-devastating-effects-of-drone-warfare-on-victims-and-whistleblowers/>
- Kartteneste. Gulesider. (2017). Område rundt Kongsvinger, lokalisert: <https://kart.gulesider.no/?c=60.328307,12.109680&z=11> den 21.3.2017
- Kartteneste. Gulesider. (2017). Oversiktskart, lokalisert: <https://kart.gulesider.no/?c=60.705448,9.591064&z=7> den 21.3.2017
- Luftfartstilsynet. (2016). *Generelt om droner/RPAS*. Publisert 8.4.2016, oppdatert 2.5.2016. Lokalisert 24.10.2016 på: [http://luftfartstilsynet.no/selvbetjening/allmennfly/Droner/Om\\_Droner](http://luftfartstilsynet.no/selvbetjening/allmennfly/Droner/Om_Droner)
- Paneque-Gálvez, J., McCall, M. K., Napoletano, B. M., Wich, S. A. & Koh, L. P. (2014). *Small drones for Community-Based Forest Monitoring: An Assessment of Their Feasibility and Potential in Tropical Areas*. Forests 2014, 5, 1481-1507.
- Skogbruksplaner for framtida. (2016). Publisert 19. desember 2016. Lokalisert 6.1.2017 på: <http://skogbruksplaner.no/skogbruksplaner-for-framtida/>

- Stensrud, Vivial. (2014). Droner skal kartlegge ungskog i Ringsaker. NRK. Lokalisert 6.1.2017 på: <https://www.nrk.no/ho/kartlegger-skog-med-droner-1.11839338>
- Studenttorget. (2014). *Vil du bli drone-pilot? Som det første landet i Europa vil Norge nå få en egen utdanning for dronepiloter ved Universitetet i Tromsø*. Lokalisert 6.1.2017 på: <http://studenttorget.no/index.php?show=22&artikkelid=13898>