

Drönare för entreprenörer

– FÖRSTUDIE

Drones for forest contractors – a pilot study



FOTO: ERIK VIKLUND/SKOGFORSK

Summary

Drones are being widely tested in forestry, and have become popular with many private forest owners and the Swedish Forest Agency. This pilot study, financed by Process-IT, shows how forest contractors could use drones in forest planning and harvesting. The study included a summary of research findings regarding areas of application, a review of legislation, interviews with drone users in forests, and proposals for how contractors can use drones.

The most specific areas of application identified were:

- Planning and follow up of silvicultural activities, mainly pre-commercial thinning
- Documentation of activities to provide feedback to the client, but also to provide feedback to the machine teams, allowing experiences to be shared and enabling joint skills development
- Use in skills development of new and experienced operators, and to provide information for constant improvements.

The difficulties of drone use concern technology-related limitations, such as cold weather or short battery time, and how the images can be stored and processed for easy access and used in decision-support during felling.

Förord

Denna förstudie beskriver möjligheterna för entreprenörer i skogsbruket att använda drönare i sin verksamhet. Studien är finansierad av Process-IT som fångat upp behov från bland annat Komatsu Forest om hur drönartekniken skulle kunna underlätta operatörens arbete vid skogsavverkning. Studien, som genomfördes våren 2018, skulle även belysa hur drönartekniken kan användas i den skogliga planeringen och återanvändas under avverkningen. Under arbetet har många kontakter tagits med olika skogsföretag och konsulter. Stort tack till alla som bidragit.

Uppsala i maj 2018

Erik Willén & Gustav Friberg

Innehåll

| | |
|--|----|
| Summary..... | 2 |
| Förord | 3 |
| Sammanfattning | 5 |
| Inledning..... | 6 |
| Bakgrund | 7 |
| Avgränsning | 7 |
| Typer av drönare..... | 7 |
| Användningsområden generellt | 8 |
| Dagens användning i skogs- och jordbruk..... | 9 |
| Forskning | 10 |
| Examensarbeten | 11 |
| Molnbearbetningstjänster | 13 |
| Lagstiftning i förändring..... | 13 |
| Material och metoder | 15 |
| Resultat | 16 |
| Intervjuer | 16 |
| Användningsområden..... | 16 |
| Möjligheter och styrkor | 17 |
| Workshop..... | 18 |
| Diskussion och slutsatser | 19 |
| Referenser..... | 21 |
| Bilaga 1. Intervjufrågor..... | 22 |

Sammanfattning

Drönare testas på bred front inom skogsbruket och har blivit populärt för många privata skogsägare och Skogsstyrelsen. Denna förstudie, som är finansierad av Process-IT, föreslår hur skogsentreprenörer skulle kunna utnyttja drönare vid skoglig planering och avverkning. Studien inkluderade en sammanfattning av forskningsresultat över användningsområden, en översikt av lagstiftningen, intervjuer med skogliga användare och förslag på hur entreprenörer kan använda drönare. De tydligaste konkreta användningsområdena som identifierades var:

- Planering och uppföljning av skogsvårdsåtgärder, främst röjning
- Dokumentation av utförda åtgärder för återkoppling till uppdragsgivare, men även för återkoppling inom maskinlagen för erfarenhetsåterföring och gemensam kompetensutveckling
- Nyttjande för kompetensutveckling av nya och erfarna förare. Underlag för ständiga förbättringar.

Svårigheterna handlar dels om teknikrelaterade begränsningar som kyla eller kort batteritid, dels om hur bilderna enkelt kan lagras och bearbetas för lätt åtkomst och användning som beslutsstöd under drivningen.

Inledning

Drönartekniken har under de senaste åren tagit stora steg mot ökad tillgänglighet med relativt billig och användarvänlig utrustning. Möjligheterna till att nyttja drönare i operativ skoglig verksamhet är stora och tekniken introduceras nu både bland myndigheter och skogsföretag. Främst testas den för användning inom skoglig planering.

Belastningen på en operatör i en skogsmaskin är idag stor. Att arbeta åtta timmar i exempelvis en skördare är krävande med många beslut och stora krav på produktivitet. Operatören måste också vara kompetent för att kunna ta rätt beslut med hänsyn till naturvård, vatten, mark och virkeskvalitet etc. Utgångspunkten för framtidens utveckling av skogsmaskiner är att underlätta och stödja operatörens arbete. Drönare kan vara ett verktyg för att föraren ska kunna utföra ett mer kvalificerat arbete som vässar entreprenadtjänsten till uppdragsgivare i skogsbruket, men också till samhället i form av god vattenkvalitet, bevarande av miljö- och kulturvärden och andra hänsynstaganden.

Följande **effektmål** identifierades inför förstudien:

- Ökad effektivitet vid avverkningsarbete genom nyttjande av drönare.
- Förbättrade hänsynstaganden vid avverkning tack vare användande av drönardata för detaljerad planering.
- Möjlighet till minskad energiförbrukning då skördare kan planera transporter och hinder med detaljerade bilder.
- Ökad effektivitet i skoglig planering i stort.

Produktmål för studien:

- Förstudierapport (denna rapport) som summerar maskinlags möjligheter vid användning av drönare samt identifierar prioriterade utvecklingsbehov.
- Film som visar möjligheterna med drönare för maskinlag.

Bakgrund

AVGRÄNSNING

Drönare, eller UAV (unmanned aerial vehicle) är två populära namn på de ofta mindre flygande farkoster som idag används av såväl privatpersoner som företag. För bara fem till tio år sedan var det nästan enbart modellflygare, militärer och andra specialister som nyttjade tekniken. Det berodde till stor del på att drönarna på den tiden var dyra och svårmanövrerade och att det, till skillnad från dagens farkoster som mer eller mindre sköter sig själva, krävdes träning.

Teknikutvecklingen inom området har sedan dess gått rasande fort och idag kostar en drönare som är i princip klar att flyga direkt 8 000–20 000 kronor. Naturligtvis finns mer avancerade och dyrare alternativ.

Definitionen av en drönare (vilket är ordet som används i denna rapport) är ”en flygande farkost som fjärrstyrs” på något sätt (piloten sitter alltså inte i farkosten). Definitionen öppnar upp för att ganska många flygande farkoster skulle kunna vara drönare men [fokus i denna rapport är: mindre farkoster \(under 7 kg\) som används i civila sammanhang.](#)

TYPER AV DRÖNARE

Två typer av drönare dominerar marknaden.



Figur 1. Multikopterdrönare. © Chroma.

Som synes i figur 1 och 2 är skillnaden rent framdrivningsmässigt att fastvingen seglar på luften och drivs framåt liksom ett propellerflygplan medan multikoptern har propellrar som roterar och för farkosten i olika riktningar. De olika typerna har olika styrkor och svagheter (från Heapy m.fl. 2017) som redovisas i tabell 1. Många olika modeller av dessa två sorters farkoster finns på marknaden.



Fastvinge

Figur 2. Fastvingedronare. © Smartplanes.

Tabell 1. Olika typerna i framdrivning skapar specifika styrkor och svagheter för farkosterna

| | Styrkor | Svagheter |
|--------------------|--|--|
| Multikopter | <ul style="list-style-type: none"> • Kan hovra • Kan starta/landa vertikalt • Är stabil i luften • Kan bära tyngre last | <ul style="list-style-type: none"> • Komplex teknik • Lägre hastighet • Kort flygtid • Täcker litet område |
| Fastvinge | <ul style="list-style-type: none"> • Relativt enkel teknik • Litet underhåll • Längre flygtider • Täcker stor yta • Kan bära med sig fler saker | <ul style="list-style-type: none"> • I behov av startbana/ramp • Kan inte stanna i luften • Start och landning kan vara problematiskt i vissa områden |

ANVÄNDNINGSMRÅDEN GENERELLT

PwC genomför regelbundet marknadsstudier kring potentialen för drönare i olika tillämpningsområden. Användningsområdena för denna relativt nya teknik har visat sig finnas i flera samhällssektorer och branscher. Det främsta tillämpningsområdet finns inom infrastruktur för inventering och uppföljning (PwC, 2016).

Vidare kan drönaren tänkas bära med sig ytterligare något som last och då primärt vara en transportör av material mer än en kamera. PwC beskriver att medicin har flugits från en flygplats till ett sjukhus i USA med framgångsrikt resultat och att just leveranser av medicin eller annan sjukvårdsutrustning i framförallt icke urbana områden kan göra betydande skillnad för överlevnad hos sjuka människor. Ett exempel är att en drönare skickas direkt vid anmälan av symptom på hjärtstopp med en defibrillator inbyggd som sedan identifierar och utför hjärthjälp på den nödställda. Eftersom transporten med drönare inte påverkas av trafikköer eller annan försening som traditionella ambulanser eller helikoptrar skulle detta markant kunna förbättra överlevnadsstatistiken. Matleveranser är ett annat möjligt användningsområde. CNBC (2016) skriver om världens första pizzaleverans med drönare som gjordes i Nya Zeeland.

Även i katastrofområden kan drönaren bli användbar genom att ordna livsnödvändiga leveranser eller användas för att få snabba bilder om tillgänglighet till området eller förstå skadornas dignitet.

En drönare kan också tänkas agera mer passivt i sin tillämpning. Den kan skapa en länk för telekommunikation i områden där detta saknas eller tillfälligt ligger nere. Kina experimenterar med drönare av betydligt större karaktär som ska skickas upp i närrymden drivna av solceller och där fungera som nätverksuppkoppling¹. Detta kanske också kan skalas ner till mindre drönare för mer lokala förhållanden.

Inom olika forskningsområden har också drönaren visat sig användbar för insamling av olika typer av data. Det kan handla om mätningar efter jordskred eller översvämningar eller undersökning av vegetationstyper i olika områden med lämpade sensorer. Drönarens enkla användning inom mindre avgränsade områden har gjort den till ett effektivt verktyg för den typen av användning.

DAGENS ANVÄNDNING I SKOGS- OCH JORDBRUK

Inom jordbruket har drönaren visat sig användbar². Genom att flyga med olika sensorer över grödor har information om vattentillgång, näringsbehov och skador kunnat inhämtas och analyseras. Jordbrukaren kan därefter anpassa sin gödselgiva eller bevattning efter fältets olika förutsättningar och grödans behov. En drönare passar bra för den begränsade yta ett fält utgör och att den är relativt lätthanterlig gör att jordbrukaren själv kan utbilda sig och sedan samla in bilder för att skicka till avancerade analyser via webben eller in i ett datorprogram.

I skogsbruket har det dock visat sig gå ganska trögt med införandet av drönare i kommersiella tillämpningar. SLU genomförde en studie 2014³ om användningen av drönare för att effektivisera avverkningsarbetet i stormfälld skog. Där fanns en potential som säkert kan bli aktuell att använda i kommande stormar. Det är dock svårt att veta när den är mest lämpad, kanske vid mer spridda vindfällen där det inte lönar sig med helikopter eller låghöjdsbilder. Drönarnas begränsningar när det gäller väderförhållanden, flygtider, möjlighet att täcka större ytor och behov av kunnig personal har medfört svårigheter att veta till exakt vad och när drönaren blir effektiv och användbar. Likaså har det funnits en avsaknad av praktiska studier kring kostnader och effektivitet. Under 2017 genomförde Skogsstyrelsen en studie för att utvärdera kostnadseffektivitet och mervärden för användandet av drönare i myndighetsutövningen. Studien visade att det fanns en betydande potential för vissa aktiviteter, medan det för andra blev dyrare att använda drönare. Det krävs vana och erfarenhet för att bedöma när drönaren blir ett effektivt verktyg. En stor fördel var möjligheten att kommunicera med olika aktörer med de bilder som tagits.

Under resultatkapitlet i denna studie redovisas bredare hur de intervjuade organisationerna använder drönare i skogen utan att det finns dokumenterat i andra studier.

¹ <http://se.gbtimes.com/nyheter/kina-bygger-lan-natverk-med-soldrivna-dronare>

² <https://www.technologyreview.com/s/601935/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/>

³ http://www.mynewsdesk.com/se/sveriges_lantbruksuniversitet_slu/pressreleases/droenare-med-kameror-effektiviserar-maskinfoerarnas-jobb-971035

FORSKNING

Nya teknikområden har ofta relativt lätt attrahera forskningsmedel och drönartekniken är inget undantag. Massor med vetenskapliga publikationer har publicerats och visar på möjligheter och svårigheter med tekniken. Torresan m.fl. (2017) summerar forskningsläget för skogstillämpningar i Europa. I forskningen används oftare multi-koptrar (57 %) än fastvingedronare (43 %). Det studeras ungefär lika med vanlig RGB-kamera som med nära-IR, medan termiska sensorer och laserskanners är mer ovanligt. Det som studeras (i fallande intresse) är:

- Kartering av skogsvariabler som höjd, grundyta och virkesvolym
- Skogshälsa
- Trädslagskartering
- Skogsbrand
- Luckighet
- Markeegenskaper

Den skogsvariabel som bäst skattas är övre höjd med korrelationer på 0,95–1, medan det som är svårt att skatta är stamantal med korrelationer ner till 0,6. Olika trädslag går att kartera med en tematisk noggrannhet på upp till 80 %. Det går även att göra trädkartor med skattade skogsvariabler per stam som en trädkarta med positioner. När trädkartorna görs med en laserskanner på en drönare visar studier på ett medelfel på 14 cm i position, 15 cm i höjd samt 2,1 cm i brösthöjdsdiameter. Slutsatserna från sammanställningen var att de mest lovande tillämpningarna i närtid kommer att bygga på vanliga färgbilder (RGB) samt IR-bilder. Hyperspektrala kameror är fortfarande lite tunga och dyra. Även denna rapport framhäver tillämpningar för jordbruk som mer lovande än för skogsbruk. Drönartekniken passar bäst för lokala karteringar och för uppföljning och övervakning. Bland Europas länder skiljer sig lagstiftningen, vilket försvårar introduktionen av olika tjänster.

En studie från Nya Zeeland (Heaphy m.fl. 2017) redovisar landets bedömda status för olika drönartillämpningar i skogen. De operationella tillämpningarna är uppföljning av avverkningar, skogsinventering samt brandövervakning med en termisk sensor. Utöver det finns en mängd tillämpningar som det forskas vidare om, däribland plantinventering vid plantskolor, kartering av skogshälsa, detaljerade skadeinventeringar efter storm eller brand samt identifiering av åtgärdsbehov. Slutsatsen var att det finns många möjliga tillämpningar för drönare i skogen, men att väldigt få är operationella.

Studier i Norden visar på möjligheten att använda drönare för att minska behovet av fält-mätta provytor vid andra fjärranalysskattningar över begränsade områden (Puliti, 2017). Nevalainen m.fl. (2017) använde punktmoln från RGB-bilder med drönare för att kartera spårdjup efter skogsmaskiner. Korrelationen mellan manuella mätningar och drönarmätningar var 0,67, vilket visar svårigheten att kartera detaljer från ovan, speciellt om det ligger något i spåren som exempelvis grenar och kvistar. Metoden krävde att körvägar identifierades separat före mätning i bilderna.

Puliti m.fl. (2018) gav sig på att kartera stubbar samt att mäta diameter och förekomst av röta i stubbarna. Stubbarna hittades med en noggrannhet på 68–80 % och för de stubbar som hittats kunde förekomst av röta karteras med 80 %. Medelfelet för att mäta stubbdiameter var 7,5 cm.

EXAMENSARBETEN

Examensarbeten för drönaranvändning i skogsbruket har gjorts sedan 2014. Dessa ger en bild av att drönare har potential att användas i skogsbruket, men att verksamheten inte kommit igång än och att det finns osäkerheter kring hur drönartekniken kan användas.

Fransson (2014) utvärderade drönartekniken i skogsvården och studerade speciellt återväxt och röjning. Vid återväxtinventeringen underskattades antalet huvudstammar, det var svårt att bedöma riktigt. För inventering av röjningsbehov bedömdes drönartekniken ge ett likvärdigt resultat som i en fältinventering och röjningsuppföljning gav också ett likvärdigt resultat som i fält, givet att en hög kvalitet på kameran användes. I ett nyligen avslutat examensarbete visar Wennerlund (2018) möjligheterna att använda drönare för röjningsinventering och uppföljning och att dagens drönarteknik lämpar sig väl för uppgiften.

Benjaminsson (2017) genomförde en skogsinventering av enskilda träd med stöd av stereobilder tagna av drönare. Trädhöjden skattades med ett medelfel på 13 %, medeldiameter 17 samt totalvolym på drygt 28 %.

Magnusson (2017) har utfört intervjuer med ett antal aktörer kopplade till skogsbruk, såväl professionella som privata. Hon har identifierat sju huvudområden i skogsbrukskedjan där drönaren används.

- Planering
- Uppföljning
- Inventering
- Kommunikation
- Dokumentation
- Utbildning
- Övervakning

Samtliga av dessa användningsområden är inte direkt relaterade med utförande av skogsåtgärder utan hamnar snarare före och efter att en åtgärd har utförts. Antingen för att inför åtgärden ta reda på hur förhållandena ser ut och kunna planera åtgärden efter detta eller att i efterhand följa upp utförandet och se om det uppkommit avvikelser från regelverk eller praxis.

Planering inför en kommande åtgärd var det användningsområde som flest respondenter hade angett. Att planera inför röjning var en typ av åtgärdsplanering som utfördes liksom att skapa en överblick över olika hänsynsområden att ta med i planeringen av åtgärdens utförande.

För övriga varierade svaren i större utsträckning. Magnusson (2017) förklarar detta med att det fanns en spridning mellan respondenterna avseende roll i skogsbruket, vissa var privata markägare som använder drönaren på ett visst sätt medan andra arbetade professionellt dagligen i skogsbruket och då använde drönaren på ett annat sätt. Regional spridning mellan respondenterna menar hon också kan ha bidragit till olika svar såväl som drönarens mångsidighet i sig. Om samma drönare som används för skoglig uppföljning hade givits till en annan yrkeskategori hade den säkert använts, men på ett helt annat sätt. Detta bidrar också till de varierande svaren.

Magnusson (2017) gjorde även en SWOT-analys, figur 3, om drönaranvändning i skogsbruket utifrån sina intervjuer.



Figur 3: SWOT-analys, fritt sammansatt från Magnusson (2017).

Vid KTH genomfördes en review i ett examensarbete om drönartekniken mer allmänt i Sverige (Gustafsson, m.fl. 2017). Arbetet redovisar drönaranvändning på ett övergripande plan och går igenom insamling av geografiska data med olika sensorer för att sedan lägga samman dessa och hitta användningsmöjligheter i olika samhällssektorer. En nulägesbeskrivning av drönaranvändning i Sverige gjordes också, där skogssektorn finns med som en del.

Det beskrivs att olika klassificeringar och identifieringar utförs beroende på vilken drönare som används och vilken sensor som hängs på drönaren. Det kan handla om höjdmätningar, trädslagsigenkänning, identifiering av enskilda träd eller träd som är skadade/sjuka.

Det diskuteras också om drönartekniken kan tänkas ersätta eller komplettera nuvarande datainsamling och varför sådant i så fall sker eller inte. Ekonomin är den styrande faktorn och det gäller att använda drönaren på de ställen där dess styrka finns, vilken främst är att samla in högupplöst data på ett mindre område. Drönaren kan också tillämpas för att göra insamlingsarbete till ett säkrare moment. Att samla in geodata längs vägar med hög trafikintensitet eller branta klippor kan vara farligt för den som ska utföra det. Med en drönare kan personen istället stå säkert och styra drönaren till att göra jobbet.

En reflektion från examensarbetet är att för skogen kan kartläggning av vindfällan tänkas vara en motsvarande situation.

Att använda drönaren som komplement är också något som poängteras. Större områden kan studeras med data hämtade med flygplan. Sedan kan avvikande eller intressanta platser som önskas detaljstuderas flygas med drönare för högre upplösning och billigare arbete än om flygplan skulle göra det.

MOLNBEARBETNINGSTJÄNSTER

Att maximera nyttan av drönarens bildmaterial genom mer avancerade analyser och processer kan vara svårt om inte tillgång till speciella mjukvaror och program finns. Som privat skogsägare eller mindre företag finns inte alltid motivet till att införskaffa dyra mjukvaror, som också kan vara svårhanterade och anpassade för expertanvändning.

Molnbaserade tjänster dit drönarbilder laddas upp för vidare analys med en återkoppling av resultaten kan vara ett sätt att komma ifrån de avancerade analyserna för företagen. Då kan möjligheten att få viktiga resultat att använda i det egna företaget erbjudas på ett enkelt och smidigt sätt utan att tid behöver investeras för att förstå och utföra analyserna av bildmaterialet först. Denna möjlighet ger bland annat företaget Dataväxt⁴ lantbrukare. De erbjuder lantbrukare att ladda upp sina drönarbilder för analys av grödans variationer inom ett fält som kan härledas till ogräsförekomst eller olika näringsämnesupptag.

För användning i skogsbruket lär detta vara ett sätt att hantera stora datamängder och avancerade analyser effektivt som en köpt tjänst istället för att behöva göra stora investeringar i mjukvaror och kompetens. Vanliga molntjänster för drönarbilder idag kommer via exempelvis *mapsmadeeasy*⁵ eller *dronedeploy*⁶. De erbjuder möjligheter att göra mosaiker av insamlade bilder, ortofoton och 3D-modeller. Utvecklingen av tjänster sker snabbt, men få mer skogsspecifika tjänster finns idag som molntjänster. I framtiden skulle man kunna tänka sig tjänster som levererar trädkartor eller kartering av vindfallen baserat på bilder som skogsägare eller entreprenörer skickar in.

Styrkan med flera av dessa molntjänster är att de anpassar bearbetningarna direkt till användningsområdet. Molntjänster över lantbrukets gödsling levererar åter styrfiler som maskinerna direkt läser in. En motsvarande tillämpning inom skogsbruket skulle kanske vara att få förslag till basvägar till drivningen eller apteringsfiler anpassade till hur alla träd ser ut. Det finns dock idag inte samma gränssnitt som för jordbruket i skogen.

LAGSTIFTNING I FÖRÄNDRING

Regler som gäller för framförande av drönare samt spridning av insamlat material hålls uppdaterat på webbplatsen www.mindronare.se.

Sommaren 2016 förbjöds drönaranvändning i Sverige om inte speciellt tillstånd att utöva flygning införskaffades. Detta ledde till att tillämpningar och utveckling avstannade hos aktörer som kanske såg nytta med drönare men inte var beredda att satsa tid och pengar på att skaffa sig tillstånd och utbildning i den grad som behövdes. De professionella aktörerna som hade drönarflygning som sin huvudsyssla fanns dock fortfarande att tillgå, då de hade nödvändiga tillstånd.

Under sommaren 2017 tilläts återigen drönarflygning vilket nytände användning och utvärderingar av teknikens potential och i februari 2018 lättades ytterligare på reglerna genom att bland annat zoner för reguljär flygtrafik som tidigare var förbjudna flygområden nu accepterar drönare i luften med begränsad höjd och hastighet.

Lagstiftningen lättade även kring spridningstillstånd av bilder då undantag gjordes för bilder över skog utan annan egendom eller människor. Markägarens tillstånd för flygning krävs dock för att slippa ansöka om spridningstillstånd.

⁴ <http://www.datavaxt.se/>

⁵ <https://www.mapsmadeeasy.com/>

⁶ <https://www.dronedeploy.com/>

Sammanfattningsvis kan sägas att satsningar och tester med drönarteknik hade en period av krångliga regler som begränsade möjligheter för företag och privatpersoner att användas i Sverige. Det är därför vid rapportens skrivande drygt ett år sedan drönare tilläts igen utan specialtillstånd och flera företag har nu har börjat utvärdera huruvida drönare är något för dem eller inte.

Följande krav gäller vid framförande av mindre drönare (punkterna i **fet stil** bedöms ha störst påverkan för skogsentreprenörer):

- Märkning med operatörens namn och telefonnummer.
- Drönaren ska vara i gott skick och underhållen i enlighet med tillverkarens anvisningar.
- Vid flygning i mörker ska drönarens position och färdriktning tydligt kunna uppfattas.
- En pilot/befälhavare ska vara utsedd för varje flygning och denna har ansvaret under hela flygningen samt ska vara uppdaterad på gällande regelverk.
- **Drönaren ska finnas väl inom synhåll för operatören under hela flygningen.**
- **I okontrollerat luftrum får drönaren lyftas till maximalt 120 meters höjd över mark/vatten.**
- **Ett flyg- och säkerhetsområde ska utses innan flygning och anpassas efter omgivande terräng.**
- Säkerhetsavstånd till djur/människor och egendom som inte tillhör flygningen ska hållas så att ingen/inget kommer till skada.
- Flygning får inte störa en pågående räddningsinsats.
- Inom restriktionsområden får inte flygning ske utan speciellt tillstånd. Restriktionsområden är bland annat: Fängelser, kärnkraftverk, nationalparker och militära anläggningar. På luftfartsverkets webbplats finns en drönarkarta där restriktionsområden är utritade. På naturvårdsverket finns områden där tillstånd kan krävas för att flyga/landa med drönare. Tillfälliga restriktionsområden kan förekomma.
- Piloten ska vara beredd att väja för annan luftfart. Om automatisk styrning tillämpas ska möjlighet att manuellt ingripa finnas för att möjliggöra undanmanöver vid behov.
- Flygning närmare än 1 kilometer från helikopterflygplats kräver samråd med berörd flygplats.
- Flygning inom kontrollzon runt flygplatser har specifika restriktioner. Kan hittas på luftfartsverkets webbplats.
- Tänka på att inte ta kränkande foton. Läs mer på kameraövervakning på datainspektionens webbplats.
- **Spridning av flygfoton kräver tillstånd.**

Den främsta begränsningen handlar om att drönaren ska finnas inom synhåll, vilket begränsar aktionsradien.

Det bör även nämnas att det är svårt att få tillstånd att lyfta eller släppa material från drönare. Det skulle kunna handla om att bespruta plantor, flyga ut plantor över en avverkning eller släppa såddpuckar. Andra länder har en betydligt mer liberal lagstiftning inom detta område.

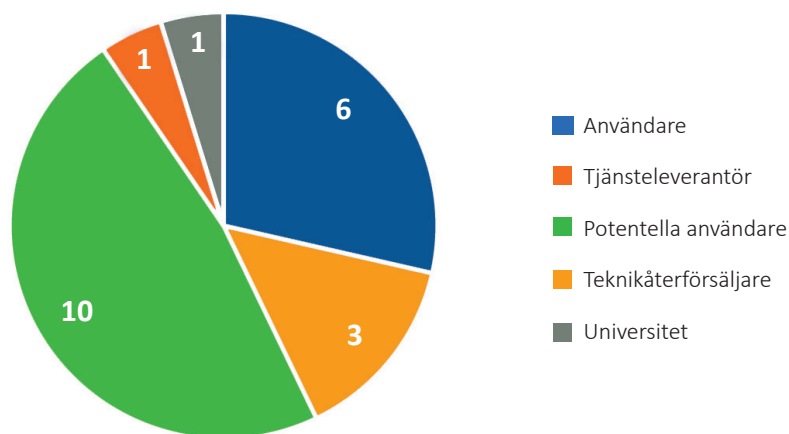
Den sista punkten kräver tillstånd från Lantmäteriet som är en relativt smidig process, men kan alltså undvikas med markägarens tillåtelse för flygningen samt att inte människor eller annan egendom kommer med i bilderna.

Material och metoder

Studien inleddes med att samla bakgrundsinformation redovisat i tidigare kapitel. Sedan genomfördes intervjuer för att fånga in dagens användning och framtida möjligheter. Avslutningsvis hölls en workshop med personal från Skogforsk och SLU för att identifiera de mest lovande tillämpningarna för entreprenörer i skogsbruket.

De intervjuer som genomfördes ämnade ha respondenter med erfarenhet av drönar-användning i skogsbruket för att kunna skapa en trovärdig nulägesbild av hur drönare faktiskt används praktiskt. Kontakt togs med kända respondenter med denna kunskap. Därefter frågades dessa efter ytterligare respondenter de hade vetskap om och kontakt togs sedan också med dem. Även tjänsteleverantörer och teknikåterförsäljare kontaktades för att ge sin bild av drönar-användning och möjligheter för skogsbruksapplikeringar.

Totalt intervjuades 21 stycken respondenter och dessa var verksamma i skogsbruket, tjänsteleverantörer eller återförsäljare av drönarteknik. Fördelningen av respondenterna efter kategori ses i figur 4.



Figur 4. Fördelning av respondenter under intervjuerna.

Såväl användare som potentiella användare och universitet var kopplade till skogsbruk och utgjordes såväl av entreprenörer som tjänstemän på skogsbolag eller myndighet. Respondenten på universitet var verksam inom skoglig forskning och utveckling. Användare är faktiska användare som använder och har praktisk erfarenhet av drönartekniken, medan potentiella användare visar intresse för och/eller har införskaffat tekniken, men inte har byggt upp kunskap och erfarenhet i någon större mängd.

Intervjuerna utfördes över telefon med samtliga respondenter och varade mellan 15 minuter och 1 timme. Intervjuerna genomfördes av Gustav Friberg och Erik Willén. Intervjufrågorna ses i Bilaga 1.

Analysen av intervjuerna genomfördes genom att sammanfoga stödmeningar och nyckelord från respondenterna och hitta gemensamma nämnare från intervjuerna. Tjänsteleverantörerna och teknikåterförsäljarna behandlades för sig medan övriga kategorier analyserades gemensamt.

I slutet av projektet genomfördes en workshop med cirka tio deltagare från olika forskningsdiscipliner vid Skogforsk och SLU. Under workshopen gavs en sammanfattning av den bakgrund som redovisas i denna rapport. Därefter genomfördes gruppövningar som identifierade möjligheter och utmaningar för entreprenörer inom skogsvård och avverkning. De mest lovande tillämpningarna prioriterades av samtliga deltagare.

Resultat

INTERVJUER

Användningsområden

Intervjuanalysen visade en relativt samstämmig bild kring drönanvändning i skogsbruket idag. Tidsvinsten ansågs av samtliga respondenter som den främsta möjligheten med drönartekniken. ”90 km/h är snabbare än 3km/h” uttrycktes med meningen att drönaren tar sig fram mycket snabbare över ytor än vad en människa kan göra och genom att man har en kamera monterad på drönaren fungerar den då bra som ”ett öga från luften”. Det går snabbt att hitta intressanta platser på området och onödig tid behöver inte gå åt för att besöka hela området till fots.

De vanligast förekommande drönarna som används i skogsbruket idag var MavicPRO och DJI-Phantom. De väger under sju kilo och är båda relativt enkla att bära med sig ut i fält och enkla att skicka upp i luften utan för mycket tidsåtgång utöver flygtiden. De beskrivs också som lättmanövrerade med en snabb inlärningskurva.

Det främsta användningssättet för drönare i skogsbruket idag var hos respondenterna livefilmning från luften och att använda kameran som ett öga. Att fotografera bilder eller göra filmer förekommer, men i mindre omfattning. Detta verkar bero på att det uppstår extraarbete om foto eller film tas i och med att ett spridningstillstånd för dessa måste införskaffas innan materialet får visas eller distribueras vidare. De mer erfarna respondenterna beskrev också att ju längre de använt drönaren desto mindre material från flygningen sparade de. Det fanns inte alltid en användning av materialet efter besöket utan det var direkt på platsen som det största mervärdet fanns. Till exempel beskrevs drönaren av en respondent vara hjälpsam då anbud för röjning skulle göras. Drönaren skickades då upp innan röjningen anträdde och respondenten kunde få en bild av hur röjningsbehovet varierade över trakten. På så sätt kunde sedan relevanta delområden i röjningen besökas och inventeras manuellt för att på det viset uppskatta och beräkna arbetets tidsåtgång till anbudet. För detta moment behövdes inte någon dokumentation av bilder eller film.

En annan beskrivning var om skador skulle följas upp efter en avverkning. Drönaren användes då till en rundflygning över området som tog relativt kort tid. Då kunde skador upptäckas och vid behov sedan uppsökas. Detta genererade tidsbesparing då inte hela avverkningen behövde besökas till fots vilket hade tagit längre tid. Material behövde i detta fall inte alltid heller sparas.

Dock beskrevs moment då sparade bilder eller filmer kunde vara värdefullt. Till exempel om en återkoppling skulle göras till markägare eller utförande entreprenör. En bild beskrevs kunna vara hjälpsam i diskussioner om till exempel resultatet av en avverkning eller då körskador eller avvikelser vid hänsynsområden uppstått. Bilden kan då fungera som ett bevis och en handling att ha med i olika dokumentationer.

De användningsområden som drönaren nyttjades till (eller var tilltänkt för) var främst planeringsarbete och uppföljning överlag. Det kunde handla om planering av uppbyggnad av vindfällan, återväxtplanering, rådgivning, tillsyn, upphandlingar m.m. Men även andra mer specialiserade flygningar där mätningar utfördes med flygbilderna från drönaren. Användningsområdena spretar relativt mycket i och med drönarens flexibilitet och verkar fylla olika behov beroende på hur olika företags och användares arbetsprocesser är uppbyggda och hur man arbetar med olika frågor.

En möjlig tillämpning för maskinlag kan vara att använda 3D-modeller från drönarbilder för att få en bättre bild över mark- och trädskikt för detaljerad planering av drivningen. Detta skulle dock behöva utvärderas före vidare användning, eftersom det blir stora datamängder att hantera över normala avverkningstrakter. För att motivera insatsen gäller det att de ger ett väsentligt bidrag jämfört med idag tillgängliga data.

Ett arbetsområde som inte direkt kopplar till det rent operativa arbetet men ligger till grund för det är utbildningsmaterial. Filmer och bilder skapade med hjälp av drönare blir informativa och pedagogiska när det går att betrakta skogen och det arbete som utförs från ovan. Genom att kombinera traditionell film och bild med kameravinklar från drönare har omtyckta utbildningsmaterial skapats. Detta är något som bidrar till god förståelse och inblick i arbetsmoment för invigda som vill utveckla sig och kan också ge bra bilder om det svenska skogsbruket till andra branscher och samhället i stort.

Möjligheter och styrkor

Drönarens snabba framryckning i luften ses som en stor möjlighet och fördel, då den klarar av att täcka ytor på kortare tid än vad det går att klara av till fots. Likaså är investeringskostnaden relativt billig med snabb inlärningskurva och relativt lättanvänd teknik. Dessa faktorer tror man gynnar drönarens intåg i skogsbruket. Det finns dock få konkreta exempel på framtida möjligheter då det inte finns särskilt mycket erfarenheter dokumenterade eller praktiska studier gjorda där drönaren används i skogsbrukssammanhang. Att använda drönaren som bärare av olika nya sensorer kommer dock upp som ett intressant förslag. Dels för att i forskning kunna utvärdera potentialen med sensorerna innan en mer omfattande användning, och dels för att praktiskt använda i dagligt arbete för datainsamling.

Systemtillverkare pekar på möjligheten med längre batteritider och möjligheten att samla in stora datamängder om lagkravet om ständig visuell kontakt med drönaren släpps. Användningen av drönare försvåras idag avsevärt av lagstiftningen, då det finns stora begränsningar med att bära (och släppa) last samt krav på visuell kontakt.

För skogsentreprenörer tas möjligheten till en helt autonom drönare upp som ett viktigt steg i införandet av tekniken. För att vara så kostnadseffektiv som möjligt önskas att drönaren kan sköta flygningen över området själv utan att styras av en pilot. Då skulle drönaren till exempel kunna ges order om att under tiden som en markberedare lastas av en trailer, flyga in till området som ska markberedas och fotografera det. När maskinen sedan är startklar finns en helt färsk bild över området att ha med sig i maskindatorn och använda till planeringen av markberedningen. Givetvis finns faktorer som väder,

ljusförhållanden m.m. som påverkar, men det kan betraktas som en visionsbild över hur drönaren skulle kunna användas. Motsvarande scenario kan också tänkas för uppföljning efter en åtgärd. Att drönaren skickas iväg medan maskinerna gör sig redo för avfärd och att drönarens bilder då används till dokumentation av arbetet och kanske också för att få en mer noggrann bild över terrängen som kan sparas i skogsägarens databas för användning i framtiden.

WORKSHOP

Workshopen resulterade i följande identifierade tillämpningsmöjligheter med störst potential för avverkningsentreprenörer:

1. Dokumentation efter åtgärd för återrapportering till beståndsregister samt för att visa att certifieringskrav uppfyllts.
2. Stöd vid drivning vid ”precisionsskogsbruk” genom att planera var och hur körning ska ske.
3. Skapa information under drivning för tydligare kommunikation mellan skördare och skotare med möjlighet att utveckla arbetssätt.
4. I framtiden kan drönarbilder stödja automation för fjärrstyrning av maskiner.

Andra förslag var utbildning och kompetensutveckling för nya och erfarna förare, datainsamling för precisionsskogsbruk samt systematisk datainsamling av skogsmarken efter drivning för kommande operationer.

För skogsvårdsentreprenörer identifierades följande tillämpningsmöjligheter med störst potential:

1. Strukturerad planering av skogsvårdsarbete, främst röjning.
2. Dokumentation av färdigt arbete för uppdatering av beståndsdata och för att visa på tagen hänsyn redan i skogsvården
3. Övervakning vid bränning

Andra förslag handlade om att lyfta ut nya plantor över avverkningen, personsäkerhet vid olyckor samt sådd eller plantbehandling med drönare.

De utmaningar som främst diskuterades var:

- Teknikrelaterade begränsningar (kyla, blåst, flygtid)
- Svåranalyserade bilder, dyr och komplicerad bildbehandling
- Operatörskompetens när flygning sker oregelbundet
- Integritetsfrågan

De teknikrelaterade begränsningarna tenderar till att lösas över tiden. Nya produkter har ofta längre flygtider innan batteriet måste laddas och blir mer tåliga mot väder och vind. Mer avancerade tillämpningar lär kräva att det kommer fler molntjänster som bidrar till bearbetning till lättanvända produkter. När det gäller kompetens hos operatörer krävs enkla instruktioner till hur datainsamling ska ske för att minska betydelsen av pilotvana hos entreprenörerna.

Diskussion och slutsatser

Det finns många studier gjorda för att använda drönare vid en mängd olika tillämpningar och olika fokuserade satsningar har gjorts hos företag globalt. Det gör att drönartekniken kommer att ge nya innovationer och etablera fler användningsområden. Sällan är skogen i fokus, men innovationer för andra branscher kommer att passa för skogstillämpningar varför teknikområdet är intressant att bevaka.

Det som gör skogstillämpningarna något unika är att det är stora ytor som ofta är på olika ställen, vilket gör att det blir en ny datainsamling hela tiden. Ska datainsamlingen göras separat från vanliga skogliga planerings- eller drivningsprocesser blir det extra resor vilka kan bli svåra att finansiera. Det mest lämpade bör vara att den personal som ändå är på plats gör datainsamlingen.

Det är viktigt att beskriva hur drönardata passar in i den övriga skogliga datainsamlingen. Mycket talar för att kartor och bilder från Lantmäteriet blir fria att använda inom några år. Då gäller det att nyttja de fördelar som drönaren kan erbjuda – färskare bilder med hög detaljeringsgrad. Tillämpningar som inte kräver detta lär bli svåra att motivera. Att bilderna kan integreras i IT-verktyg beror av tillämpningen. Kommer de in i planeringen måste de kombineras med andra data. Om de däremot används för mer direkt återkoppling kan det duga att kika på bilden i något mobilt kartstöd utan andra data.

Samtidigt finns en del tillämpningar vid industrin, plantskolor eller terminaler som enklare kan introducera tekniken och använda den för jämförande studier av växtlighet eller lagerinventering.

När det gäller skogliga tillämpningar är intresset stort bland skogsföretag, men samtidigt finns en osäkerhet till vilken tillämpning tekniken passar bäst. Det är tydligt att en vanlig bildtolkning ligger närmast till hands utan mer avancerad bildbearbetning. Här kommer det sannolikt att krävas mer anpassade bearbetningstjänster (molnbaserade) som stödjer processerna. Flera företag testar tekniken, varför det finns anledning att följa med utvecklingen för att lära av de erfarenheter som kommer fram. Intervjuerna visade att det inte är en identifierad tillämpning som motiverat företagen utan snarare enkelheten att använda tekniken och oanade möjligheter att utveckla verksamheten som styr. Samtidigt finns då risken att ingen riktigt spetsig tillämpning kommer fram och att satsningarna prioriteras ner. Som ett redskap i uppföljning av skogsbruksåtgärder lär drönarna finnas kvar. Det är tydligt att de rör sig snabbare än fältpersonal. Det handlar bara om att lära sig för vilken typ av uppföljning de lämpar sig bäst.

Den forskning som redovisas är ofta långt mer avancerad än den praktiska tillämpningen. Det är tydligt att visuell tolkning är den dominerade tillämpningen medan forskningen fokuserar på andra områden som kan komma att bli aktuella framöver. Forskningsexemplen kan vara möjliga att bygga upp som bearbetningstjänster, men idag dominerar andra branschers tillämpningar bland molntjänsterna.

En stor fördel med dagens drönare är att de är lättanvända och kan finnas med som ett verktyg i fordon eller maskiner för användning vid tillfälle. Att använda drönaren för visuell tolkning är ett utmärkt inledande steg till mer avancerade tillämpningar.

Tillämpningar kommer att utvecklas i takt med att användningen breddas. Samtidigt måste några tillämpningar vara drivande för att motivera en satsning på tekniken. När det gäller konkreta användningsområden för skogsentreprenörer pekar studien på följande möjligheter i närtid:

- Planering och uppföljning av skogsvårdsåtgärder, främst röjning.
- Dokumentation av utförda åtgärder för återkoppling till uppdragsgivare, men även för återkoppling inom maskinlagen för erfarenhetsåterföring och gemensam kompetensutveckling.
- Nyttjande för kompetensutveckling av nya och erfarna förare. Underlag för ständiga förbättringar.
- Underlag inför drivning givet att datainsamlingen kan skötas inom ramen för befintliga processer. Viss planering kan i förväg göras med bilder över nästa drivningsobjekt. Det går att identifiera passager och överfarter som kan användas för att styra upplägg av den kommande drivningen. Detta kommer säkert att bli aktuellt vid en kommande storm som orsakar omfattande vindfällan. För större skogsinnehav kanske en helikopter är mer effektiv, men olika markägare skapar olika behov av tjänster.
- Utvärdera hur 3D-modeller över träd och mark insamlade från drönare kan effektivisera planeringen för entreprenörer. Tillskottet kan vara betydande, men det är samtidigt stora datamängder att samla in och bearbeta, vilket måste ställas mot nyttan.
- På sikt kan skogliga skattningar på trädnivå bli mer intressanta, men detta ska vägas mot andra tillgängliga fjärranalysskattningar och värdet av att styra drivningen på trädnivå. Där är vi inte än i dagens svenska skogsbruk. I framtiden kan även drönare stötta med beslutsunderlag för skogsmaskiner som styrs på distans eller är helt automatiserade, men den datainsamling som då krävs kommer troligen att vara annorlunda. Det händer mycket inom den skogliga datainsamlingen på 5–15 år.

Referenser

- Benjaminsson. S. 2017. Skogsinventering med hjälp av stereomatchning av flygbilder tagna från en drönare på enskilda trädnivå. Examensarbete. SLU Institutionen för skoglig resurshushållning.
- CNBC(2016) <https://www.cnbc.com/2016/11/16/dominos-has-delivered-the-worlds-first-ever-pizza-by-drone-to-a-new-zealand-couple.html>
- Fransson. T. 2014. Användning av drönare vid skogsvårdsplanering. Examensarbete. Linnaeus University, Faculty of Technology, Department of Forestry and Wood Technology.
- Gustafsson, H.Zuna. L. 2017. Unmanned Aerial Vehicles for Geographic Data Capture: A Review. Examensarbete. KTH.
- Heaphy. M., Watt. M., Dash. J., Pearse. G. UAVs for data collection – plugging the gap. *New Zealand Journal of Forestry* · April 2017.
- Magnusson. K. 2017. Nulägesanalys av drönaranvändningen i svenskt skogsbruk. Examensarbete. Linnaeus University, Faculty of Technology, Department of Forestry and Wood Technology
- Nevalainen, P.; Salmivaara, A.; Ala-Ilomäki, J.; Launiainen, S.; Hiedanpää, J.; Finér, L.; Pahikkala, T.; Heikkonen, J. Estimating the Rut Depth by UAV Photogrammetry. *Remote Sens.* 2017, 9, 1279
- Puliti. S. 2017. Use of photogrammetric 3D data for forest inventory. PhD Thesis. NIBIO.
- Puliti. S., Talbot. B., Astrup. R. 2018. Tree-stump detection, segmentation, classification and measurement using UAV imagery. *Forests* 2018, 9, 102.
- PwC. 2016. Clarity from Above. Report. <https://www.pwc.pl/en/publikacje/2016/clarity-from-above.html>
- Skogsstyrelsen. 2017. PM Drönarsatsning region mitt 2017. 2017-09-18.
- Torresan m.fl. 2017. Forestry applications of UAVs in Europe: a review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING*, 2017. VOL. 38, NOS. 8–10, 2427–2447.
- Wennerlund, Lisa, 2018. Evaluating the need of cleaning using 3D point clouds derived from high resolution images collected with a drone. Second cycle, A2E. Umeå: SLU, Dept. of Forest Resource Management.

Bilaga 1. Intervjufrågor

Del 1 användes för skogsföretag, entreprenörer, m.fl.

Vilken typ av drönare använder ni? (Fabrikat, typ, mängd)

Hur länge har ni gjort det?

Hur använder ni drönardata för skoglig planering och drivning?

I vilka processer kommer det in idag?

Främsta möjligheter och styrkor?

Största utmaningarna och problem?

Används även data av entreprenörer idag, hur?

Framtida användningsområden för entreprenörer?

(Kopplat till deras planering och data i maskinen)

Övriga kommentarer (ex kontakter värda att ta)?

Del 2 användes för systemleverantörer.

Vilka typer av drönare erbjuds för skogliga användare?

Återkoppling från skogliga användare?

Vad köps idag och vad kan redan nu erbjudas. (Skogsbranschen/andra branscher)?

Tekniksprång på gång?

Tänkbara användningsområden för skoglig planering och drivning?

Övriga kommentarer (ex kontakter värda att ta)?