



Hur användbara är apparna Arboreal och Trestima för en virkesköpare vid skogsinventering?

How Useful are the Apps Arboreal and Trestima for a Timber-buyer in Forest Inventory?

VIKTOR BERG



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:10

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Hur användbara är apparna Arboreal och Trestima för en virkesköpare vid skogsinventering?

How Useful are the Apps Arboreal and Trestima for a Timber-buyer in Forest Inventory?

Viktor Berg

Handledare: Rickard Larsson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Inventering av skog med en mobiltelefon. Foto: Viktor Berg

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2023:10

Nyckelord: Skogsbruk, Innovation, Digitalisering



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Ett aktiebolags viktigaste uppgift är att ge hög avkastning till sina aktieägare. Skogsbolagen har som mål att maximera värdeutnyttjande av sin skogsråvara. För att få en uppfattning om rotstående lager måste skogsbolagen inventera sitt skogsinnehav och kontrakterade avverkningsrätter. Inventering kostar tid och pengar och ju bättre och noggrannare inventering bolagen önskar ju dyrare blir den. Att kunna effektivisera inventeringen och få ett bättre resultat på en kortare tid är någonting som efterfrågas hos bolagen.

Syftet med detta examensarbete är att jämföra och testa hur användbara apparna Arboreal och Trestima är för en virkesköpare vid fältinventering. Försöken utförs för att utröna om apparna kan förbättra precisionen i virkesköparens bedömning av viktiga skogliga data för att få bättre prognoser av virkesutfall och avverkningskostnad vid avverkning, utan att inventeringstiden ökar.

Arbetet är uppdelat i två försök. I det första försöket ska apparnas mätnoggrannhet testas. Detta görs i mindre bestånd där inventerarens subjektiva utläggning av provtytor spelar mindre roll. Det andra försöket är mer inriktat mot praktisk användning. I detta försök görs även en tidsstudie av apparna för att mäta skogliga data. Sedan görs också en jämförelse om virkesköparna redan mäter skoglig data bra eller om det blir bättre med hjälp av apparna.

Resultatet visar att apparna är bäst på att mäta de skogliga data de är framtagna för. Arboreal mäter Dgv, Hgv och volym bättre än Trestima då Arboreal har fler mätningar som hamnat inom spannet ± 10 procent avvikelse till verkligt värde för dessa parametrar. Trestima mäter grundytan bättre än Arboreal där Trestima har fler mätningar inom spannet ± 10 procent avvikelse till verkligt värde för grundytan.

Tidsmässigt går en mätning snabbare att göra med Trestima än med Arboreal. Om man utför en mätning på en medeltrakt om 7,5 ha tog i studien en mätning, om man utför den enligt apparnas rekommendationer, 13 min för Trestima och 20 min för Arboreal.

Jämförelsen hur virkesköparna mäter skoglig data med och utan apparna visar att erfarna virkesköpare mäter skoglig data bra som de gör redan idag. De skattar Dgv och volym bättre utan apparna. Virkesköparna skattar även Hgv bra men en skattning med Arboreal blir något bättre.

Sammanfattningsvis betyder det att mätningar med apparna inte gör virkesköparnas skattningar bättre. Dock finns det en användningsmöjlighet för apparna för nyanställda virkesköpare som inte har någon större erfarenhet av att skatta skogliga data. Om man tar ut det bästa ur båda apparna så kan den oerfarna virkesköparen göra uppskattningar lika bra som den rutinerade virkesköparen.

Nyckelord: Skogsbruk, Utveckling, Digitalisering

Abstract

A limited company's most important task is to provide a high income to its members. Therefore, forest companies want to be able to get maximum value out of their raw material. In order to know how much raw material is available, forest companies must take inventory of their holdings. Inventory costs time and money, and the better and more accurate inventory the companies want, the more expensive it becomes. Being able to make more effective inventory and get a better result in a shorter time is something that is inquired for by the companies.

The purpose of this survey is to compare and test how useful and how profitable the apps Arboreal and Trestima are for a timber buyer during field inventory. This is done by testing whether the apps can improve the precision of the timber buyer's assessment of important forestry data in order to obtain better forecasts of timber yield and logging cost during felling without increasing the inventory time.

The survey is divided into two parts. In the first part, the measuring accuracy of the apps is to be tested, it is done in smaller areas where the subjective interpretation of the inventor plays less of a role. The second part is more oriented towards practical use. In this experiment, the time it takes for the apps to measure forest data will be reported and then a comparison will also be made if the timber buyers already measure forest data well or if it will be better with the help of the apps.

The results show that the apps are the best at measuring the forest data they are adapted for. Arboreal measures Dgv, Hgv and volume best. Arboreal measures Dgv, Hgv and volume better than Trestima as Arboreal has more measurements that fell within the range ± 10 percent deviation from true value for these parameters. Trestima measures the basal area better than Arboreal, where Trestima has more measurements within the range ± 10 percent deviation from the true value of the basal area.

In terms of time, a measurement can be made faster with Trestima than with Arboreal. If you perform a measurement on an average tract of 7.5 ha a measurement, if you perform it according to the apps' recommendations, takes 13 minutes for Trestima and 20 minutes for Arboreal. When the apps were compared to how the timber buyers measure forest data without the apps, it can be seen that the timber buyers measure forest data well and estimate Dgv and volume better without the apps. The timber buyers also estimate Hgv well, but an approximation with Arboreal is slightly better.

According to the result the timber buyers make good estimates as it is already today. This means that measurements with the apps can supplement the estimates, but the estimates will not improve. But one potential use for the apps is for inexperienced and newly employed timber buyers who do not have the routine to estimate forest data. If you take the best out of both apps, then the inexperienced can estimate forestry data just as well as experienced timber buyers and get a sense of security in the measurements.

Keywords: Forestry, Development, Digitization

Förord

Det här arbetet är ett kandidatarbete om 15 hp inom ämnet skoglig hushållning. Det är en del av utbildningen på Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg via Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet är även gjort på uppdrag av Stora Enso då de var intresserade av att få kunskap i denna fråga. Genomförandet av arbetet har skett under vintern och våren 2023. Vintern 2023 går till historien som en lång vinter i Mellansverige så snöskor har varit ett bra hjälpmedel vid fältförsöken.

Jag vill tacka mina handledare Rickard Larsson vid Skogsmästarskolan och Niklas Wessmark på Stora Enso för bra support och möjlighet att bolla idéer med. Jag vill även tacka räddaren i nöden Björn Hannrup på Skogforsk för lysande och snabb support med hprGallring som användes för att få fram referensdata.

Jag vill slutligen tacka app-utvecklarna för att ni tog er tid och att jag fick ställa frågor till er om hur man använder apparna på bäst sätt. Ni har bra idéer på gång med apparna, de lanseras helt rätt i tiden och det är smidiga verktyg att ha med sig ut i fält.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 SKOGSUPPSKATTNINGENS GRUNDER.....	1
1.2 SYFTE.....	3
1.3 APPARNAS FUNKTION	3
1.4 FRÅGESTÄLLNINGAR	6
2. MATERIAL OCH METODER	7
2.1 MÄTNOGGRANNHETSTEST	7
2.2 PRAKTISKT TEST	8
3. RESULTAT	10
3.1 MÄTNOGGRANHETEN HOS APPARNA	10
3.1.1 DGV	10
3.1.2 HGV	10
3.1.3 GRUNDYTA	11
3.1.4 VOLYM	12
3.1.5 VOLYMUPPSKATTNING MED TRESTIMA MED MANUELL INMATNING AV HÖJD FRÅN LASERSKANNINGEN.	12
3.2. APPARNAS PRAKTISKA ANVÄNDNING	13
3.2.1 TIDSÅTGÅNG.....	13
3.2.2 SKATTNINGAR FÖR VIRKESKÖPARE MED ELLER UTAN APPAR.....	14
4. DISKUSSION	15
4.1 SLUTSATSER.....	17
REFERENSLISTA	18

1. Inledning

Aktiebolags viktigaste ansvar är att ge ekonomisk avkastning till sina ägare (Korhonen 2003). För skogsbolag och sågverk betyder detta att kunna få maximalt värdeutnyttjande på skogsråvaran som finns att tillgå (Persson 1996). Sågverk och skogsbolag jobbar jämt och ständigt med att kunna tillhandahålla den produktion som gör att kundernas behov täcks. Det leder till att industrierna är väldigt måna om att veta vilken råvara från skogen de har att tillgå. Prognoser för virkesutfall och tid för avverkning är väldigt väsentligt för planeringen för sågverken. Denna prognos baseras ofta på en skoglig inventering som utförs av antingen en planerare eller en virkesköpare (Djurberg 1996).

Här efterfrågas så klart en sådan bra inventering av det skogliga datamaterialet som möjligt. Inventering kostar tid och pengar. Ju noggrannare resultat man vill ha från skogen ju mer tid måste man lägga på inventeringen. Här finns det en avvägning om företagen ska göra noggranna inventeringar som kostar mycket pengar eller om de ska göra en mindre noggrann inventering som istället blir en risk för felberäkning i produktionskedjan. Det optimala är att kunna utföra en inventering till en sådan låg kostnad som möjligt och samtidigt minimera felberäkningarna. Effektivisering är ett sätt att nå den optimala inventeringen, där samma inventeringsresultat kan fås fram på kortare tid. Detta ger en lägre kostnad för företagen både för minskad inventeringstid och färre felberäkningar vilket är gynnsamt (Djurberg 1996).

I en rapport från Persson och Segner (1996) ”*Aspekter kring datakvalitets betydelse för den kortsiktiga planeringen*” så nämner de förslag på vad skogsföretaget AssiDomän ska vidta för åtgärder för att bli kostnadseffektiva. Där nämner de bland annat en faktor att inventeringskostnaden måste optimeras för avverkningsobjekten. Det är tidsåtgången som avgör hur kostnadseffektiv en inventering är. Där finns kostnader både för instrumenten som används och kostnad för inventeringspersonalen. Instrumenten är oftast en engångskostnad medan personalkostnaden är starkt förknippad med tidsåtgången för inventeringen. Det sägs även att effektiviteten vid inventering kan öka om företagen följer utvecklingen och implementerar ny teknik som ska kunna anpassas till användaren. Det nämns också i rapporten hur viktigt det är att implementering av ny teknik och rutiner ska ske stegvis för att användaren ska kunna utvecklas tillsammans med produkten och den nya rutinen. Produkterna och systemen som ska användas får inte vara svårbegripliga. Det är viktigt att systemet är anpassat till brukaren och inte att brukaren ska behöva anpassa sig till programvaran/redskapet.

1.1 Skogsuppskattningens grunder

Vid en inventering på bestånds nivå efterfrågas bland annat resultat om skogens medeldiameter, grundyta, medelhöjd, trädslagsfördelning samt volym. Trädens diameter mäts i brösthöjd i beståndet och beskrivs oftast som medeldiameter och

bestäms med hjälp av en klave. Det finns i skogsbruket tre olika sätt att beskriva medeldiameter på, dessa är: Da, Dg, Dgv. Där Da är den aritmetiska medeldiametern i beståndet. Dg är grundytamedelstammens diameter och är beräknad på medelvärdet av trädens grundyta i beståndet. Dgv är grundytavgång medeldiameter och är beräknad ut efter att varje grundyta i beståndet får en vikt som gör att träd med högre grundyta väger tyngre i beräkningen av diametern. Det gör att Dgv i normalfallet blir grövre än Da och Dg i beståndet (Högberg 2019).

Grundytan för beståndet beskriver hur stor del av ytan en hektar som är täckt av träd. Den räknas ut genom att mäta arean på samtliga stammarna på en hektar i brösthöjd. Vid summering av dessa ytor ses hur stor del av en hektar som är täckt av träd i enheten m²/ha. Med ett relaskop kan en inventerare snabbt uppskatta beståndets grundyta. Detta görs genom att dokumentera hur många träd vid en 360 graders rotation som är bredare än relaskopspalten i förhållandet mellan ögat och relaskopet. Vid räknefaktor 1 så är det värdet på träd bredare än spalten också värdet på grundytan i och med att relaskopet matematiskt är framtaget att beskriva detta samband (Wensel 1980)

Höjden på träden kan fås fram genom att använda en höjdmätare som mäter höjden med hjälp av trigonometri. Där vinkeln mellan trädets rot och trädets topp och avståndet till trädet gör att höjdmätaren kan räkna ut trädets höjd. Höjdrädet för att få fram beståndets medelhöjd är höjden på trädet som har beståndets medeldiameter. Så på det sättet kan man få fram ett värde på Ha, Hg och Hgv (Albrektson 2012).

Volymen trä i beståndet kan fås fram på många olika sätt. Med det som har redovisats ovan finns en metod att räkna fram volymen med hjälp av denna formel: $v = g \times h \times f$ där g är grundytan (m²/ha), h är medelhöjden (m) och f är beståndets formtal. Formtalet beskriver verklig stamvolym i relation till cylinderns volym. Formtalet brukar ligga någonstans mellan 0,5 och 0,35 beroende på trädslag och placering i landet (Albrektson 2012).

Fjärranalys är en teknik och rutin som används i skogsbruket. Fotogrammetri är en typ av fjärranalys där man analyserar skogliga data genom flyg- eller satellitbilder. En ny teknik för skoglig fjärranalys är att man mäter skogen med hjälp av laser och sensorer och skanning kan både göras på mark eller från luften. Arbetet med laserscanningen har gjort att skoglig data nu kan fås fram effektivt på beståndsnivå direkt i datorn. Detta material kan hjälpa skogsbruket mycket. Det underlättar arbetet kring att sätta upp mål för avverkningar och kunna ge virkesindustrin prognoser om hur mycket lager det finns i skogen (Fekety 2018).

Respondenter i en artikel från Eriksson och Hedman (2018) ”*Digitaliseringens möjligheter inom skogsindustrin*” är positiva till skoglig fjärranalys. Respondenter från olika skogsföretag i rapporten lyfter fram att de ser en framtid för fjärranalys. Det kan fungera som ett komplement och ett alternativ till att vara ute i fält och mäta skog manuellt. Det krävs dock att informationen som utvinns är exakt och att artificiell intelligens kan sortera bland informationen från skanningen och få fram det viktiga för en aktörs beslut. Då är fjärranalys ett effektivt verktyg att implementera i skogsbruket.

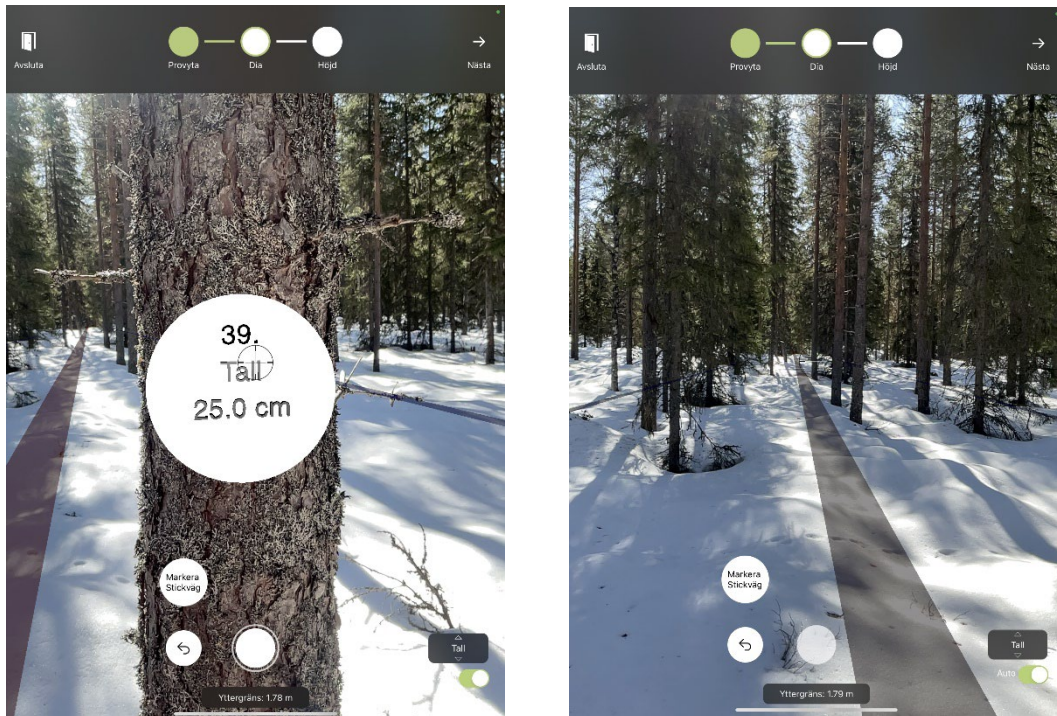
För att skogen ska kunna uppskattas på ett representativt vis från luftburen laserskanning krävs det att skanningen ska vara tillräckligt tät. Det krävs också ett bra referensmaterial med skoglig data som punktmolnen kan kopplas till. Ett sätt att kunna få ett bra resultat från en skoglig inventering, vilket är det skogsbolagen efterfrågar är att kunna kombinera mätningar i fält och laserskanningens resultat (Fekety 2018).

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att jämföra och testa hur användbara apparna Arboreal och Trestima är, samt vilken vinning de kan ha för en virkesköpare vid fältinventering. Försöken är upplagd för att prova om apparna kan förbättra precisionen vid virkesköparens bedömning av viktig skoglig data. Detta för att få bättre prognoser av virkesutfall och avverkningskostnad vid avverkning, utan att inventeringstiden ökar.

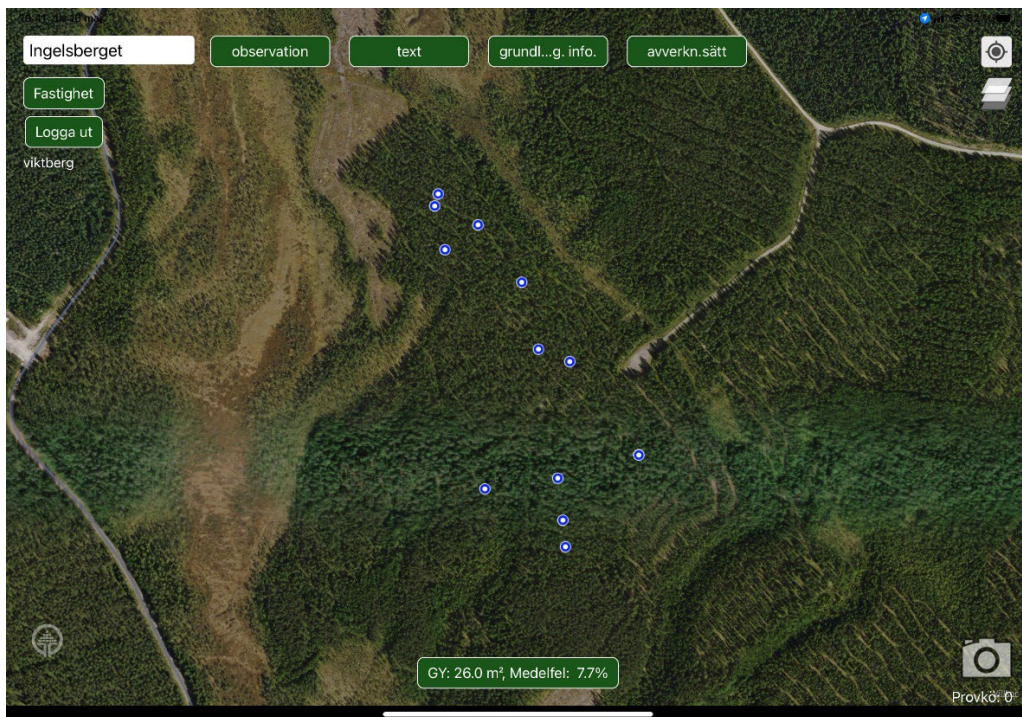
1.3 Apparnas funktion

Arboreals app för att skatta skogliga data är framtagen för att mäta träd med olika typer av provytor med hjälp av telefonens kamera. Inventerare kan både välja att mäta träd i cyrkelprovtytor eller efter ett bälte/linje med begränsad bredd. Mätningar med Arboreal går både att göra både subjektivt och objektivt. Med hjälp av kameran i telefonen kan Arboreal spåra och spara trädens position och data. Så när provytan läggs ut virtuellt i telefonen kan inventeraren gå runt i skogen och se var provytan ligger någonstans på skärmen. Inventeraren kan då mäta diametern på alla träd innanför ytan genom att hålla kameran framför träden och då registreras en diameter. När samtliga diametrar är registrerade väljer appen ut ett Dgv-träd för varje trädslag som ska höjdmätas. Det görs också med hjälp av kameran. Bilder på hur det ser ut i telefonen när appen används visas i figur 1. När alla data är insamlade räknar Arboreal ut resultaten direkt i appen men det går också att se detta i datorn via Arboreals hemsida. Därifrån kan värdena också laddas ner som csv-filer. Om användaren har en Iphone 12 pro eller senare så mäter Arboreals app diametern med hjälp av telefonens inbyggda lidarsensor (Arboreal 2022).

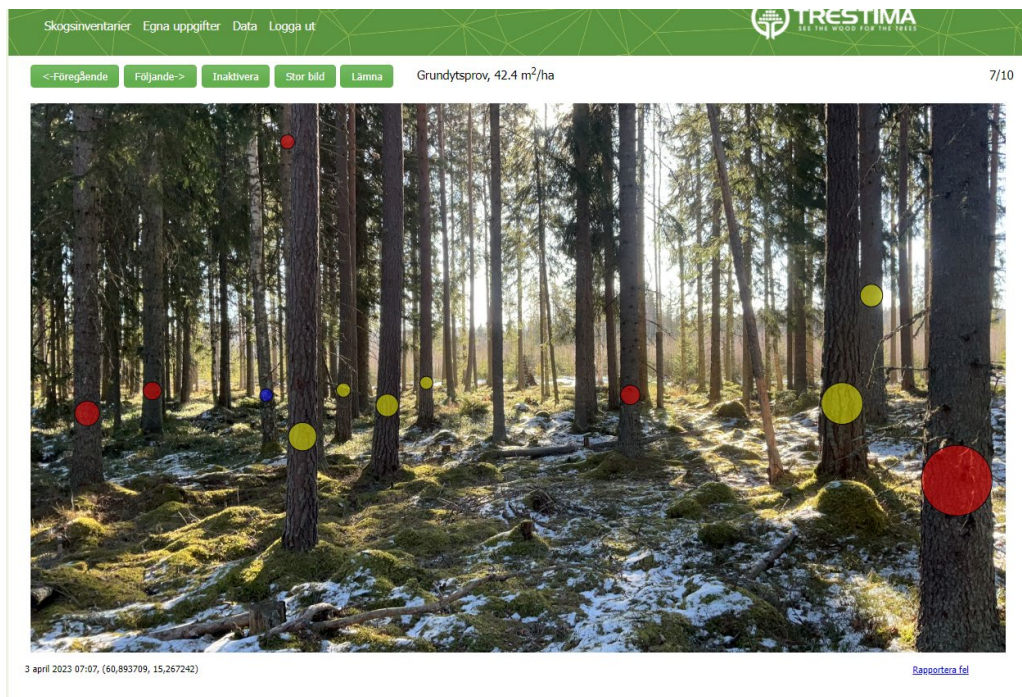


Figur 1. Hur det ser ut i appen Arboreal under mätning med bältes/linjeprovya.

Med appen Trestima skattas skoglig data genom att ta kort med mobilens kamera i olika delar av beståndet. Platser väljs ut subjektivt. Korten tas i horisontell riktning så trädens nedre del av stammarna kommer med. Appen räknar med hjälp av dessa kort ut en grundyta för träden i bilden och sammanställer samtliga bilder i beståndet och räknar ut grundytan för hela beståndet trädslagsvis. Från appens manual kan det läsas att appen räknar ut grundytan genom att hämta information från kamerans brännvidd och sensorstorlek. Appen räknar också ut kortens vinkel för att veta hur stor del av en 360 graders vinkel kortet är, eftersom vid en vanlig relaskopsyta dokumenteras träd i 360 graders rotation. Trestima presenterar också andra skogliga data med hjälp av bilderna som Dgv, Hgv och volym. Resultatet från bilderna presenteras både i appen och i datorn på användarens egna sidor på Trestimas hemsida. Datat kan också exporteras som xml- eller Excel-filer. De går också att integrera Trestima med andra system via dataöverföring med API (Trestima 2020). Bilder på hur det ser ut i appen visas i figur 2 och hur en bild ser ut när det analyseras i datorn i figur 3.



Figur 2. Hur det ser ut i appen Trestima när inventeraren är ute och tar kort.



Figur 3. Hur det ser ut i datorn när inventeraren tar upp en bild och granskar den.

1.4 Frågeställningar

Frågeställningar som arbetet kommer försöka att besvara:

- Vilken app är mest användarvänlig för en virkesköpare vid inventering av skoglig data? Är det Arboreal eller Trestima?
- Utför virkesköpare en bättre inventering när apparna används än vid vanligt arbete baserat på tidsåtgång och noggrannhet?
- Med vilken noggrannhet mäter apparna skogliga data jämfört med andra metoder och verktyg?
 - Volym
 - Grundyta
 - Dgv
 - Hgv

2. Material och Metoder

För att kunna besvara arbetets frågeställningar har två typer av försök gjorts. Ett försök där fokus är att se hur noggrant apparna mäter skoglig data och ett försök där apparnas användarvänlighet och tidseffektivitet mäts. En svårighet i denna jämförelse är att apparna är framtagna för att räkna fram skoglig data på två olika sätt. Arboreal är framtagna till att göra provyteläggningar i skogen där provytorna är begränsade till olika radier och bredder beroende på om metoden med linjeinventering eller metoden med cirkelprovytor används. Det för med sig att det är träden som är innanför provytan som blir representerade. Trestima fungerar på ett annat sätt där appen fokuserar mycket på grundytan och inte förhåller sig till någon begränsad yta, utan är framtagna för att mäta bestånd. Så sammanfattningsvis kan sägas att Arboreal fungerar som en klave och höjdmätare och Trestima fungerar som ett relaskop.

Så för att kunna göra en jämförelse av de här två apparna och kunna få ett resultat som är rättvist måste hela bestånd inventeras. Detta då funktioner finns i båda apparna för att göra detta. Mätningarna har gjorts på ett sådant vis att det speglar en virkesköparens arbetsgång ute i skogen vid inventering i bestånd. Syftet med inventeringen ska vara att ta fram underlag för kalkyler för kostnader och intäkter vid åtgärder i beståndet.

I och med att bestånden är stora så har inte hela bestånd kunna mätas in i sin helhet med apparna utan representativa delar av bestånden valts ut. Dessa inventeras med båda apparna så att hela beståndet speglas. Vetskapen finns då att inventerarens val av inventeringspunkter och stråk kan vara en stor påverkande faktor på resultatet.

2.1 Mätnoggrannhetstest

När apparnas noggrannhet har testats har det skett i mindre bestånd runt 0,1 hektar. I dessa områden har provyteläggning med Arboreal använts där två stycken representativa 7,98 m provytor har lagts ut i homogena bestånd och tre stycken 7,98 m provytor i heterogena bestånd. Med Trestima togs det kort i bestånden och i en cirkel runt så att hela området blev representerat. Det har tagits minst tio kort per bestånd.

Bestånden det har mätts i ligger i Fredriksberg i södra Dalarna. Det har varit slutavverknings karaktär på samtliga bestånd, alltså grova och höga träd av tall, gran och björk. Dessa bestånd har totaltaxerat under samma tillväxtsång som detta arbete har genomförts och därmed kan denna data fungera som referens till bestånden.

Sammanställningen av apparnas noggrannhet summeras i avvikelse från verkligt värde i procent. En underskattning redovisas som minusprocent och överskattningar redovisas som plusprocent. Resultat redovisas för Dgv för det dominerande trädslaget, Hgv för det dominerande trädslaget, grundytan (m^2/ha) och

volym ($\text{m}^3\text{sk/ha}$). Resultatet visas i diagramform för hur mätningarna avviker från det verkliga värdet. För detta arbete har en avvikelse på ± 10 procent från det verkliga värdet satts som en acceptabel avvikelse och det är skattningar innanför denna avvikelse som kommer ses som en bra skattning. Det redovisas i resultatet hur många procent av apparnas mätningar som håller sig innanför det spannet. På de resultat där kraven är uppfyllda för att göra ett konfidensintervall för kvalitativa variabler gjorts. Med hjälp av det kan sägas hur stort intervallet är på andelen mätningar som hamnar innanför ± 10 procent avvikelse med 90 procents säkerhet.

2.2 Praktiskt test

Det andra försöket är mer kopplat till apparnas praktiska användning. Där resultatet avseende tidsåtgång samt apparnas skattningar i större slutavverkningsbestånd. På dessa bestånd finns det sen tidigare en skattning gjord av virkesköpare på vad de uppskattar att det ska bli för utfall på avverkningen. Vid dessa mätningar har virkesköparna använt sig av sina vanliga hjälpmedel och metoder för att skatta det skogliga datat. Syftet här är att mätnoggrannheten hos apparna testas mer kopplat till om en virkesköpare kan göra en bättre skattning av skoglig data med hjälp av apparna. Referensdatat till dessa mätningar är skördardata.

De slutavverkningsbestånd som har använts vid arbetet har legat runt Rättvik i Dalarna med omnejd. Där urvalet av bestånd har varit bestånd som en virkesköpare redan har bedömt skoglig data på och att avverkning ska ha skett innan resultatet har sammanställts. Detta gör att antalet bestånd inte har kunnat blivit så många utan det är tio bestånd som har mäts in och sammanställts. Slutavverkningarna har varit gran och tall dominerande.

Vid inventering så användes de metoder som apparnas utvecklare rekommenderar vid beståndsmätning. Arboreal rekommenderar att man gör en linjeinventering med ett 4 m brett bälte där 30 till 40 representativa träd ska mätas i varje bestånd. Linjeinventering innebär att en linje läggs ut i en riktning i beståndet och från den linjen ska alla träd som är mindre än 2 m ut från linjen mätas in åt bägge håll. Inventeraren får själv välja i vilken riktning som linjen ska ligga och vart den ska börja. Men i och med att inventeraren inte vet vilka träd som kommer med längre bort i beståndet räknas denna inventeringsmetod som objektiv. Trestimas utvecklare rekommenderar att man ska ta tio bilder per bestånd. Platserna där korten tas väljs subjektivt och tas på platser som speglar beståndet. Inventeraren kan också välja att ta några bilder i delar av beståndet som avviker för att få med dem i beräkningarna också.

Resultatet redovisas på samma sätt som för noggrannhetstestet. Avvikelsen redovisas i procent mot verkliga utfallet från avverkningarna. Redovisning sker som en jämförelse om avvikelsen är större eller mindre för virkesköparens skattning med eller utan apparna. Här kommer fokus ligga på att redovisa resultat från Dgv och Hgv för det dominerande trädslaget och volym ($\text{m}^3\text{sk/ha}$).

Tidstestet redovisas på hur lång tid det tar att inventera beståndet i enlighet med apparnas instruktioner. Tiden redovisas i förhållande till beståndets storlek och den tid det tar för apparna att göra en mätning för ett medelbestånd om 7,5 ha.

Material som använts vid detta arbete är en Ipad Pro, hprGalling, Microsoft Excel, Trestima och Arboreal. Ipad Pro har en inbyggd lidarsensor vilket gör att Arboreal kommer använda den vid sina mätningar av trädets diameter.

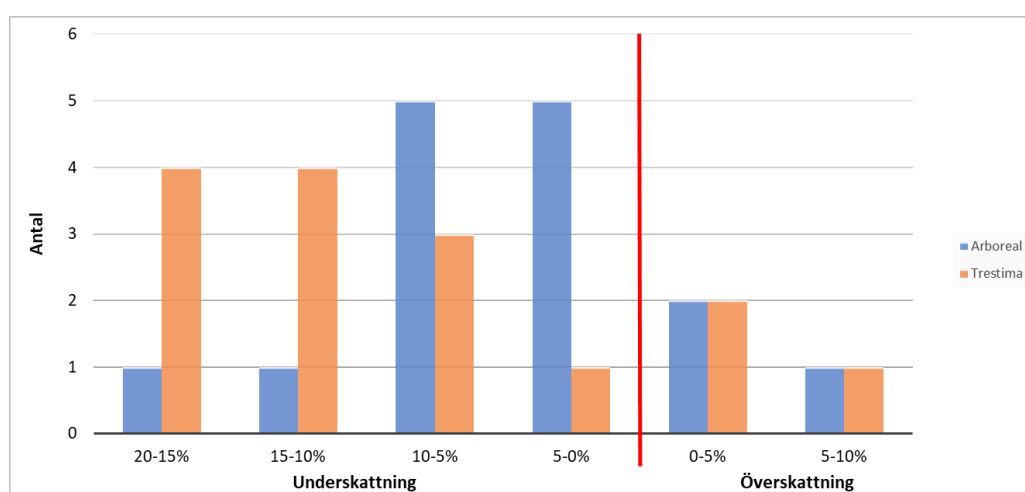
3. Resultat

3.1 Mätnoggrannheten hos apparna

Från de 15 mindre bestånden som har inventerats redovisas apparnas skattningar som avvikelse i procent till verkligt värde för Dgv, Hgv, grundyta och volym (m^3sk/ha). Nedan följer samanställningar i diagram- och tabellform över apparnas skattningar av det skogliga datat.

3.1.1 Dgv

Apparnas skattningar på Dgv för det dominerande trädslaget redovisas i figur 4. I detta diagram representerar höjden av staplarna antal mätningar som hamnat inom den klassen av avvikelse per bestånd. Här kan man tyda ut att Arboreal gör bättre skattningar av Dgv än vad Trestima gör. Fler av Arboreals skattningar är samlade runt 0 procent avvikelse än vad det är för Trestima. Medelvärdet för avvikelserna hos apparna ligger på underskattning med 3,6 procent för Arboreal och underskattning med 9,9 procent för Trestima.



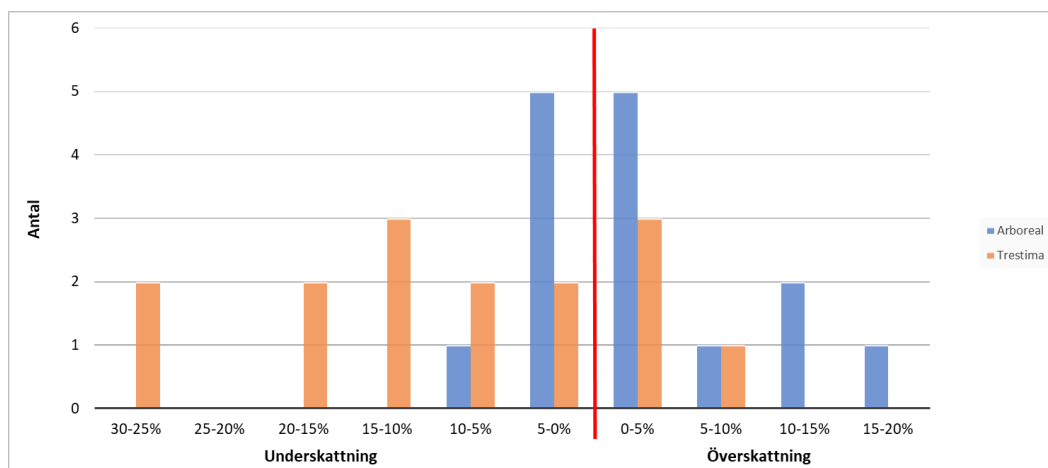
Figur 4. Stapeldiagram som visar hur många mätningar som hamnat i respektive klass för avvikelse till verkligt värde för Dgv.

För Arboreal är 87 procent av Dgv-mätningarna inom ± 10 procent avvikelse motsvarande siffra för Trestima är 47 procent. Här är kraven uppfyllda för att kunna sätta in Trestimas värde i ett konfidensintervall för kvantitativa variabler. Det säger att andelen mätningar innanför 10 procent avvikelse för Dgv hos Trestima ligger i intervallet $[0,68 ; 0,26]$ med 90 procent säkerhet. En 10 procent avvikelse motsvarar 2,4 cm på diametern i detta sammanhang.

3.1.2 Hgv

För apparnas skattning på Hgv för det dominerande trädslaget redovisas resultatet på samma sätt. Resultatet visar att fler mätningar med Arboreal håller sig närmare 0 procent avvikelse än Trestimas. 80 procent av Arboreals mätningar har en

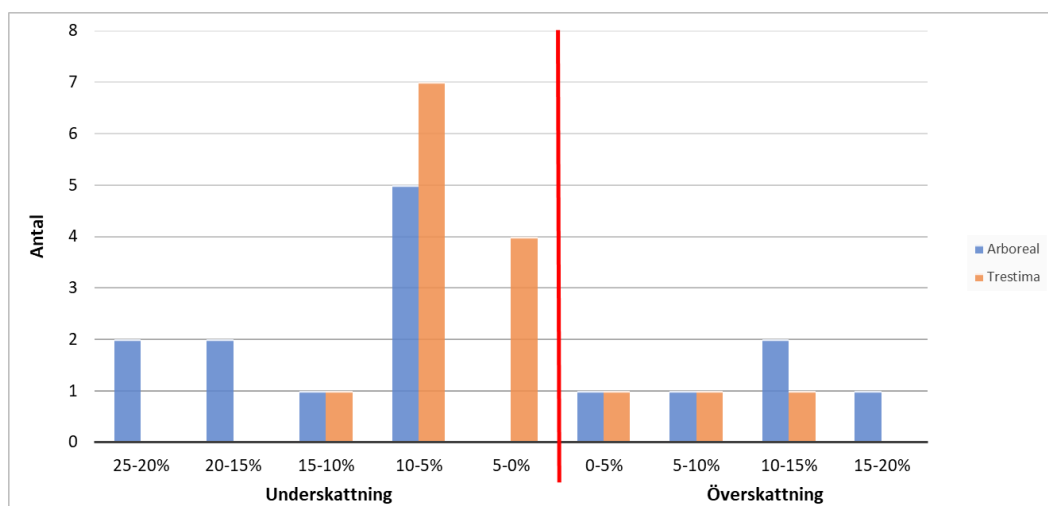
avvikelse som är mindre än 10 procent över eller underskattning. Trestima har 53 procent av mätningarna inom 10 procent. Detta visas i figur 5. På höjden motsvarar en 10 procent avvikelse 2 m. Apparnas medelvärde på avvikelserna är överskattning med 3,0 procent för Arboreal och underskattning med 9,1 procent för Trestima.



Figur 5. Stapeldiagram som visar hur många mätningar som hamnat i respektive klass för avvikelse till verkligt värde för Hgv.

3.1.3 Grundyta

Vid fokus på grundytan så är resultatet omvänt, här gör Trestima bättre skattningar än vad Arboreal gör. Det visas i diagramform i figur 6. För grundytan ger Arboreal ett medelvärde för avvikelse på en underskattning med 5,1 procent och för Trestima är det medelvärdet underskattning med 3,9 procent.



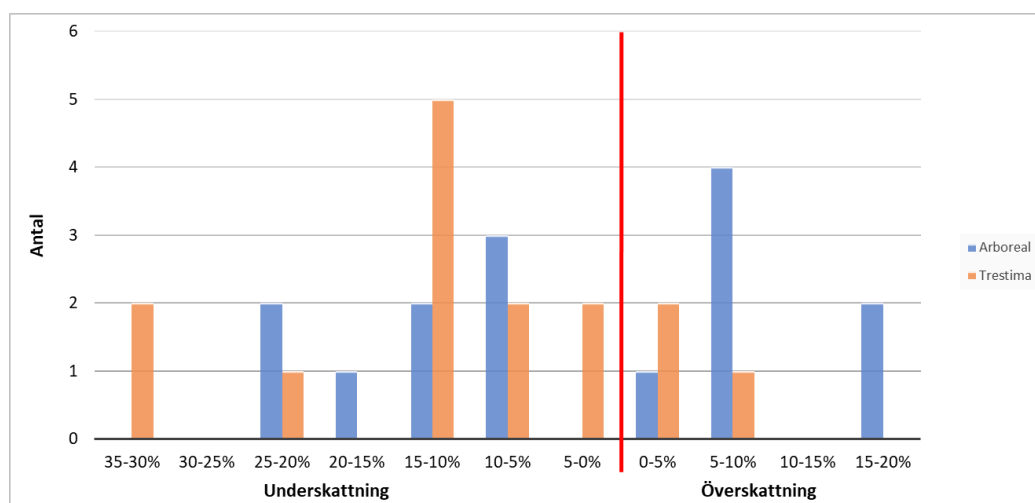
Figur 6. Stapeldiagram som visar hur många mätningar som hamnat i respektive klass för avvikelse till verkligt värde för Grundyta.

Resultatet visar att 87 procent av Trestimas mätningar är innanför 10 procent avvikelse och motsvarande siffra för Arboreal är 47 procent. I det här fallet uppfyller Arboreals värden kraven för att göra ett konfidensintervall. Det ger

resultatet att andelen mätningar innanför 10 procent avvikelse för Arboreal på grundytan ligger i intervallet [0,68 ; 0,26] med 90 procent säkerhet. För grundytan så motsvarar en 10 procent avvikelse i genomsnitt 3,4 m²/ha.

3.1.4 Volym

Apparna har också gjort skattningar på beståndens volym och skattningarna på volymen har en större variation, det visas i figur 7. För volymen är medelvärdet för avvikelser hos Arboreal en underskattning på 2,7 procent och för Trestima en underskattning på 10,6 procent men här är medelfelen hos apparna större än för de andra parametrarna som har skattats.



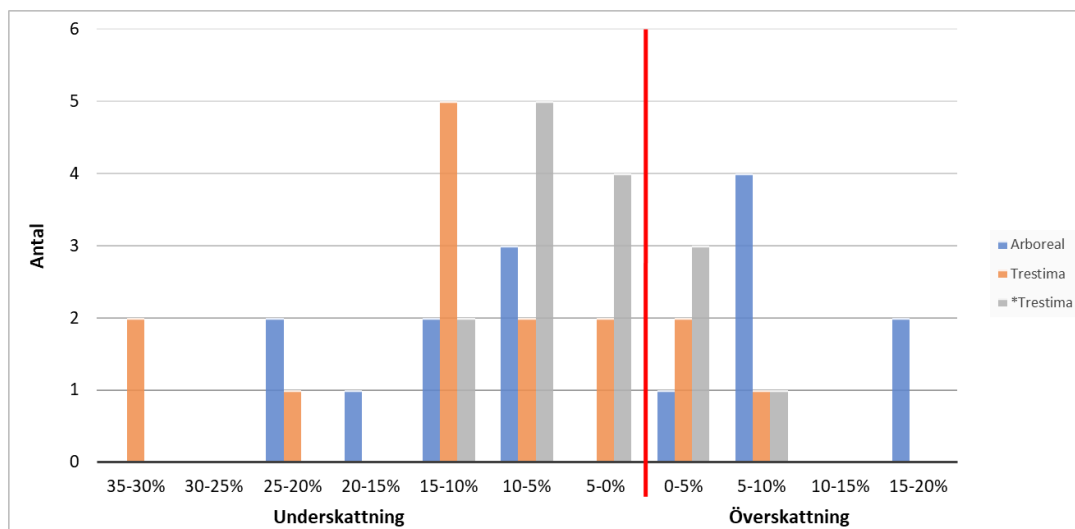
Figur 7. Stapeldiagram som visar hur många mätningar som hamnat i respektive klass för avvikelse till verkligt värde för Volym.

Resultatet visar att 53 procent av Arboreals skattningar är innanför 10 procent avvikelse och motsvarande 47 procent av Trestimas mätningar. Med detta resultat kan konfidensintervall med kvalitativa variabler göras för båda apparna. Arboreal får en intervall på andelen mätningar innanför 10 procent avvikelse på [0,74 ; 0,32] för Trestima är det intervallet [0,68 ; 0,26] detta med 90 procent säkerhet. För volymen så motsvarar en 10 procent avvikelse 31,5 m³sk/ha.

3.1.5 Volymuppskattning med Trestima med manuell inmatning av höjd från laserskanningen.

Av resultatet kan det tydas att Trestima underskattar höjden i bestånden. Då det inte mäts några höjdprovträd med Trestima så undersöktes hur resultatet skulle bli på Trestimas volymuppskattning om höjden från laserskanningens resultat används. Jämförelsen görs på de små bestånden där apparnas mätnoggrannhet testades. Resultatet visar att volymsberäkningarna blev bättre hos Trestima med höjden från laserskanningen. Innan höjden förändrades hade Trestima ett medelvärde på avvikelserna med en underskattning med 10,6 procent. Med höjden från laserskanningen ligger medelvärdet på avvikelserna på en underskattning med 3,4 procent. Medelfelet är också mindre på volymuppskattningen med laserskanningens höjd. Andelen mätningar inom 10 procent avvikelse på volymen

med laserskanningens höjd är 87 procent och motsvarande siffra innan förändringen var 47 procent. I figur 8 visas figur 7 en gång till fast nu med tillägget med en till stapel med Trestimas volymuppskattning med laserskanningens höjd.



Figur 8. Stapeldiagram som visar hur många mätningar som hamnat i respektive klass för avvikelse till verkligt värde för Volym.

* Trestima med manuell inlagd höjd från den skogliga laserskanningen

3.2. Apparnas praktiska användning

3.2.1 Tidsåtgång

Resultatet för tidsåtgången vid inventering av slutavverkningsbestånd redovisas i tabell 1 nedan. Tidsåtgången för en inventering med Trestima på en medeltrakt om 7,5 ha är 13 min. Motsvarande trakt inventerad med Arboreal har en tidsåtgång på 20 min. Egentligen har beståndets homogenitet en större koppling på tidsåtgången för inventeringen än vad beståndets areal har. I och med att beståndets homogenitet är väldigt svårt att sätta ett värde på så redovisas tidsåtgången i förhållande till beståndets areal istället. I tabell 1 redovisas även hur många mätobjekt som har gjorts på varje trakt. Som nämndes i material och metod rekommenderade apparnas utvecklare antal mätobjekt för att få en bra skattning. Där Arboreal rekommenderade 30 – 40 representativa träd och Trestima rekommenderade tio bilder per bestånd.

Tabell 1. Redovisar tid det tar för apparna att göra en mätning i slutavverkningsbestånd efter apparnas instruktioner i förhållande till areal. Det redovisas också hur många bilder eller träd som har använts för mätningarna i bestånden

Arboreal	Hektar trakt	Tid mätning (min)	Antal träd
Medel	7,5	20	63
Max	36	27	121
Min	1,1	10	31
Trestima	Hektar trakt	Tid mätning (min)	Antal bilder
Medel	7,5	13	13
Max	36	20	20
Min	1,1	7	10

3.2.2 Skattningar för virkesköpare med eller utan appar

Vid den praktiska mätningen har tio trakter avverkats. Från var och en av dessa trakter har skördardata sammanställts. Utifrån det har resultat om avvikelse från skördardata dokumenterats för mätningar med apparna och virkesköparnas bedömning av utfall med deras vanliga verktyg. Vid intervjuer med virkesköparna har det framkommit att de har gjort skattningar med hjälp av laserdata och egen hoftning. Det är bara i enstaka fall det har använt sig av andra verktyg och provyteutläggning.

Medelvärde för avvikelserna på Dgv för dominerande trädslag, Hgv för dominerande trädslag och Volym (m^3sk/ha) redovisas i tabell 2. Här ses att virkesköparna redan idag gör bra skattningar på Dgv och Hgv. Dock görs en bättre skattning av Hgv med hjälp av Arboreal. För volymen har Trestima minst medelvärde på avvikelserna med en överskattning på 3,4 procent men medelvärdet har ett stort medelfel vilket betyder att medelvärdet kan variera mycket. Minsta medelfelet vid volymsuppskattningarna har virkesköparna vilket gör att deras medelvärde varierar minst i det här fallet.

Tabell 2. Visar medelvärde för avvikelserna på apparnas och virkesköparens bedömning av Dgv, Hgv och m^3sk/ha i slutavverkningsbestånd.

Medelvärde	Virkesköpare	Arboreal	Trestima
Dgv	2,3 %	-4,7 %	-16,4 %
Hgv	1,5 %	0,3 %	-19,4 %
m^3sk/ha	11,9 %	12,6 %	3,4 %

4. Diskussion

Under fältförsöken har jag reflekterat mycket över apparnas praktiska användning. Båda apparna är väldigt smidiga verktyg att ha med sig ut i fält då du har dem med dig i telefonen eller Ipaden och man behöver inte ha med sig klave, höjdmätare och relaskop. Den app jag anser skulle kunna komplettera en virkesköpare i sitt arbete bäst rent praktiskt är Trestima. Den smidiga användningen att bara ta ett kort då och då och få skoglig data presenterat är mycket passande för en virkesköpare när man går igenom beståndet. Tar man en bild i varje del av beståndet och några fler bilder i de delarna av beståndet som är mest representativa så har virkesköparen täckt in hela beståndet. Sen får virkesköparen även med sig bilder in till kontoret som kan vara till hjälp med att komma ihåg hur beståndet såg ut. Arbetet med Trestima innebär inget egentligt extra arbete för en virkesköpare, då man bara tar några kort på representativa platser i bestånden när man ändå går igenom detta. Det är även mätningar med Trestima som tar kortast tid och jag skulle säga att tiden per bestånd som redovisas i resultatet på 13 minuter egentligen skulle kunna räknas bort helt då man ändå måste gå runt i beståndet. I praktiken tar då mätningar med Trestima ingen extra tid för en virkesköpare.

Arboreal skulle jag säga blir ett moment extra för virkesköparen. Jag gjorde en linjeinventering som Arboreals utvecklare rekommenderade. Vid den typ av inventering måste du lägga ner en extra tid då mätningen ska vara sammanhängande. Det går inte att plocka upp den då och då medan virkesköparen går i beståndet. Här måste först ett representativt stråk väljas ut och sen måste mätning ske aktivt. En sak jag lade märke till under linjetaxeringen med Arboreal var att man inte fick stänga ner appen och göra något annat i telefonen och sen starta upp appen igen och fortsätta. Då hade linjen lagts åt ett annat håll när appen startades igen och det gick inte att fortsätta.

Om man tittar på praktisk användning och tidsåtgången för apparna och istället jämför med om man skulle göra en liknande typ av inventering med andra verktyg som klave, höjdmätare och relaskop så ser jag att inventering med apparna är snabba och smidiga att använda. Som tidigare nämnts i material och metoder så kan man säga att Arboreal fungerar som en klave och en höjdmätare. Med Arboreal kan du göra en snabb objektiv inventering genom att göra en linjeinventering i skogen och mäta diametern på alla träd i telefonen och sedan också ta höjdträden i telefonen. Inga extra verktyg behövs, inget papper eller penna. Man behöver inte lägga ut någon yta i skogen med måttband. Det gör att Arboreal blir en snabb inventeringsmetod om du ska göra en objektiv inventering. Trestima fungerar mer som ett relaskop och Trestima är ett snabbt och smidigt sätt att skatta beståndets grundyta på. Du tar bara ett kort i beståndet och gå vidare och slipper stå och räkna och syfta vilka träd som går med i relaskopsspalten. Samma här; varken papper eller penna behövs. Alla data får du direkt i telefonen.

Andra saker jag har reflekterat över är att det är svårt för båda apparna att mäta granar med kvistar långt ner. Om du med Trestima mäter ett bestånd med granar som har gröna kvistar som hänger ner så kommer inte den granstammen att räknas

med. Dessutom kommer andra stammar bakom granen som täcks också missas i beräkningarna vilket ger ett missvisande resultat. I Arboreal är det svårt att registrera stammen när det finns grenar långt ner. Man måste då bryta av vissa torra grenar för hand för att det ska gå att få med trädet och det tar tid.

Trädslagsfördelningen är en parameter som jag valt att inte jämföra i resultatet eftersom det är ett moment du aktivt kan välja själv i båda apparna. Saker jag har reflekterat över här är att apparna har haft svårt att välja rätt trädslag i motljus och även när det har varit snö på träden. Min bedömning är att Trestima har varit bättre på att rekommendera rätt trädslag i appen medan man i Arboreal har fått justera trädslagen i större omfattning. Jag gjorde också en mätning i ett contortabestånd och det registrerade inte Arboreal som contorta en enda gång medan trestima va bättre på att registrera contorta.

Den största svårigheten jag har haft med detta arbete är det jag nämnde i material och metoder, nämligen att apparna är framtagna att mäta skoglig data på två helt olika sätt. Det har varit svårt att hitta på en metod i detta arbete för att kunna jämföra dessa appar rättvist när de är framtagna så olika. Valen av provytorna är en felkälla i mitt arbete som kan göra att mitt resultat blir missvisande. Vad apparna visar för värden är beroende av vilka platser jag valt att lägga ut mina provytor på. Har jag systematiskt valt platser i beståndet som inte är representativa så är det istället min utläggning av provytor som påverkar resultatets avvikelser i apparna.

En annan felkälla rör de mätningar jag har gjort i de större slutavverkningsbestånden där jag har jämfört virkesköparens skattning med eller utan apparna. Felkällan jag tänker på är att virkesköparna som gjort bedömningarna utan apparna är rutinerade virkesköpare. De har många års erfarenhet av att skatta skogliga data och kan göra bra bedömningar på rutin. Jag, som studerande som har gjort mätningarna med apparna, är mycket mer orutinerad och har inte den erfarenheten som krävs för att kunna se vilka delar av beståndet som är representativa. En mer erfaren virkesköpare skulle kunna gjort bättre skattningar med apparna och resultatet kanske hade sett annorlunda ut med mer rutin.

Resultatet med noggrannheten hos apparna blev ändå som väntat. Apparna visade bäst resultat på det skogliga datamaterialet som apparna är framtagna för. Då Trestima är framtagna att räkna ut grundyta och Arboreal baserar sina beräkningar mer på trädets diameter och höjd. Volymen är ett viktigt värde att få från skogen då mycket av utfallet är baserat på hur mycket volym som står i skogen. Här var apparnas mätningar lite mer varierande när man tittar i diagrammet från resultatet.

En anledning till att Trestima underskattar volymen kan vara att Trestima också underskattar höjden som är viktig vid volymkattning. Vid mätning med Trestima görs aldrig någon höjdmätning utan höjden räknas ut av höjdutvecklingskurvor baserat på de horisontella bilderna. En intressant upptäckt som valdes att testa under arbetes gång var att se hur volymkattningen blev med Trestima när höjden från den skogliga laserskanningen lades till. Av det resultatet ses att volymkattningarna blir mycket bättre med Trestima med en bättre höjd.

Det finns ett komplement till appen Trestima som är en mätsticka som kan sättas på träd för att kalibrera kameran och då mäta trädens höjd. Detta skulle kunna ge en bättre skattning av höjden och därmed också en bättre skattning av volymen. Det har jag inte testat i det här arbetet men öppnar upp till fördjupning inom området.

4.1 Slutsatser

Frågan är då om de här två apparna är bra verktyg att implementera för en virkesköpare eller inte. På den frågan ska både tidsparametrar och mätnoggrannhet vävas samman. Tittar man på resultatet så är Trestima den snabbaste mätmetoden men mäter sämre, dock mäter den grundytan bra och bättre än Arboreal. Om Arboreal ska användas så kommer det bli ett moment extra för en virkesköpare som kommer att ta tid. Som kan ses i inledningen så vill man hitta ett verktyg som kan hjälpa till att skatta skogliga data på ett effektivt sätt. En mätning med Arboreal kommer ta extra tid för virkesköparen och tid kostar pengar.

Virkesköparna är duktiga på att skatta Dgv och Hgv och har här mindre spridning på sina skattningar än apparna. Även i dagsläget är det virkesköparna som har minst spridning på volymen, dock kan Trestima göra bra skattningar på volymen när man kompletterar datat med en bättre höjd. Av detta resultat ser jag att apparna inte ger någon större vinning för en erfaren virkesköpare. Dock ser jag att apparna skulle kunna ge en vinning till de mer oerfarna virkesköparna som är ovana att skatta skogliga data. Då kan de oerfarna virkesköparna mäta det skogliga datat lika bra som erfarna virkesköpare direkt de kommer ut i arbetslivet. De oerfarna virkesköparna kan ha med de här verktygen smidigt i fickan och det kan ge dem ett gott stöd till effektiv inventering och en trygghet i sina uppskattningar av skogliga data.

Referenslista

Albrektson, Arne; Elfving, Björn; Lundqvist, Lars och Valinger, Erik. 2012. *Skogsskötselserien nr1, Skogsskötselns grunder och samband*. 2. Uppl. Skogsstyrelsens förlag.

Arboreal. 2019. *Mät skog med din telefon*. <https://www.arboreal.se/> (Hämtat 2023-05-11)

Djurberg, Hans. 1996. *Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport nr 1 1.

Eriksson, Adam och Hedman, Joakim. 2018. *Digitaliseringens möjligheter inom skogsindustrin*. Umeå: Enheten för företagsekonomi, Umeå universitet.

Fekety, Patrik A; Falkowski, Michael J; Hudak, Andrew T; Jain, Theresa B och Evans, Jeffrey S. 2018. *Transferability of Lidar-derived Basal Area and Stem Density Models within a Northern Idaho Ecoregion*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol 44, Issue 2.

Högberg, Hans. 2019. *Skogsuppskattning för Skogsmästare*. Skinnskatteberg: Skogsmästarskolan, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Karlsson, Anders. 1997. *En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Korhonen, Jouni. 2003. *Should we Measure Corporate social Responsibility?* Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Volume 10, Issue 1: Page 25-39.

Persson, Sören och Ulrich, Segner. 1996. *Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Trestima. 2020. *Forest Inventory System, User manual v.1.4*.

Wensel, Lee C; Levitan, Jack och Barber Klaus. 1980. *Selection of Basal Area Factor in Point Sampling*. Journal of Forest, Vol 78, Issue 2: Page 83-84.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.