



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Skogsmästarskolan



Precisions- och tidsstudie av höjdmätare på stående skog

*Precision- and time study of altimeters on
standing trees*

GUSTAV GEORGSSON

JESPER OTTOSSON



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2022:17

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Precisions- och tidsstudie av höjdmätare på stående skog

Precision- and time study of altimeters on standing trees

Gustav Georgsson

Jesper Ottosson

Handledare: Richard Larsson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Johan Törnblom, 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: 2022

Omslagsbild: Kvistning av provträd. Foto: Gustav Georgsson

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2021:17

Nyckelord: Höjdmätare, skogsuppskattning, precision



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Skogsmästarstudenter på SLU har i sitt examensarbete studerat och jämfört precisionen samt tidsåtgången mellan tre olika höjdmätare. Ett träds höjd används vid flera olika sammanhang, exempelvis används trädets höjd som en komponent vid beräkning av trädets biomassa. Baserat på uppskattad biomassa i ett träd kan mängden bunden koldioxid beräknas för dels det enskilda trädet eller på fastighetsnivå. Uppskattning av trädets volym utförs bland annat med hjälp av trädets höjd, grundtyta och ett formtal som ska motsvara trädets avsmalning.

Höjden på stående skog kan uppskattas med flertalet metoder. Exempel på sådana är, drönare, laserdata och mindre handenheter. Det finns ett stort utbud av mindre handenheter. Det huvudsakliga syftet för denna studie är att jämföra tre olika höjdmätare, Haglöf Vertex laser 2 VL402, Arboreals mobilapplikation och pinnen. Studien behandlar vilken mätmetod som ger det mest korrekta värdet utifrån den verkliga höjden. Studien jämför även mätningarnas tidsåtgång för att se vilken utav höjdmätarna som är effektivast.

Resultatet baseras på totalt 180 mätningar på 30 träd i olika höjder. Två mätningar per träd och höjdmätare. Facit till mätningarna utgörs av en kontrollmätning på varje träd som gjorts efter att träden fällt. Det visar sig att mobilapplikationen Arboreal har de minsta avvikelserna mellan de olika mätarna med ett spann från 0,05 - 1,78 meter från den verkliga höjden med ett avvikande medelvärde på 0,2 meter. Arboreal underskattar i snitt varje träds höjd med 0,2 meter. Att Arboreal underskattar höjden bevisas då medelvärdet för varje höjd presenteras, det verkliga medelvärdet för alla trädens höjd är 21,76 meter och Arboreals medelvärde är 21,56 meter. Pinnen underskattar trädens i höjd i snitt med 1,09 meter, detta ligger längst ifrån det verkliga värdet. Vertex höjdmätare har en bra precision men överskattar höjden och avviker i snitt med 0,3 meter ifrån det verkliga värdet. Tidsstudien visade att Vertex är den effektivaste mätmetoden, genomsnittstiden per träd är 10,8 sekunder, lite drygt 40 sekunder snabbare än Pinnen som i snitt mäter ett träds höjd på 52,5 sekunder. Mellan den minst effektiva mätmetoden Pinnen och den mest effektiva mätmetoden Vertex ligger Arboreal med en genomsnittstid per träd på 35,9 sekunder per träd. Hypotesprövning kunde bevisa med 99,9 procents säkerhet att Vertex är den mest effektiva höjdmätaren.

Nyckelord: Höjdmätare, skogsuppskattning, precision

Abstract

In a bachelors 'degree project, forestry students at SLU have studied the precision of three different altimeters, they have also studied the time that each one of the altimeters needs to establish the height of a standing tree. The height of a tree is used in several different contexts, for example the height of the tree is used as a component in calculating the tree's biomass. Based on the estimated biomass of a tree, the amount of bound carbon dioxide can be calculated for both the individual tree and at the property level. Estimation of the volume of the tree is performed partly with the help of the height of the tree, the base surface and a shape number that must correspond to the tree's taper.

The height of standing forest can be estimated with several methods, such as drones, laser data and with smaller handsets. There is a large selection of smaller handsets. The main purpose of this study is to compare three different altimeters, Haglöf Vertex laser 2 VL402, Arboeral's mobile application and Pinnen. The aim of the study is to see which measurement method has the most correct value based on the actual height, further purpose is to compare the time consumption of the measurements to see which of the altimeters is the most effective.

The result consists of a total of 180 measurements on 30 different trees. Two measurements per tree and altimeter. The answer to the real height of the trees was given when the trees were felled and measured on the ground. It turns out that the mobile application Arboreal has the smallest deviations between the different altimeters, with a range from 0.05 - 1.78 meters and a deviating average of 0.2 meters, Arboreal underestimates the average height of each tree by 0.2 meters. The fact that arboreal underestimated the height is proved when the mean value for each height is represented. The real average for all the tree heights is 21.75 meters and Arboreal's average were 21.55 meters. The stick underestimates the height of the trees by an average of 1.09 meters and is furthest from the real value. Vertex has good precision but overestimates the height and deviates on average by 0.3 meters from the fair value. The time study showed that Vertex is the fastest for measuring height, the average time per tree is 10.8 seconds, a little over 40 seconds faster than Pinnen, which on average measures a tree's height in 52.5 seconds. Between Pinnen and Vertex is Arboreal with an average time per tree of 35.9 seconds. Hypothesis testing could prove that with 99.9 percent certainty that Vertex is the fastest altimeter in this study.

Key words: Altimeters, forest assessment, precision

Förord

Studierna är ett självständigt arbete på Skogsmästarskolan SLU och omfattar 15 högskolepoäng. Arbetet är utfört under vinter 2021 och våren 2022.

Förslaget till arbetet kom via diskussion av de två studenterna som gjort studien. Diskussionen handlade om nyttan med en, jämförelsevis, extremt dyr höjdmätare samt om det gamla knepet med pinnen är tillräckligt precist för att användas professionellt.

Vi vill tacka följande personer för stöd och hjälp under studierna.

Per Larsson - Vida

Magnus Edsmarker - Markägare

Staffan Stenhag - Statistik

Rickard Larsson - Handledare

// Jesper Ottosson & Gustav Georgsson

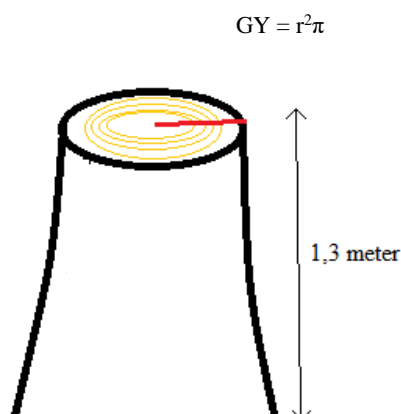
Innehåll

INLEDNING.....	1
SYFTE	3
HYPOTES.....	3
MATERIAL OCH METOD	4
ARBETET I STORT	4
MATERIAL	4
HÖJDMÄTARE	4
HUGGARMÅTTBAND	7
MOBILTELEFON	7
FÄLTBLANKETT	7
MOTORSÅG	8
TIDTAGARUR.....	8
GENOMFÖRANDE	8
RESULTAT	10
TRÄDHÖJD.....	10
TIDSÅTGÅNG	13
HYPOTESPRÖVNING TID OCH PRECISION	14
DISKUSSION	17
REFERENSER.....	21
ILLUSTRATIONER & BILDER	22
BILAGOR	23
BILAGA 1.....	23
BILAGA 2.....	24
BILAGA 3.....	25
BILAGA 4.....	26
BILAGA 5.....	27
BILAGA 6.....	28
BILAGA 7.....	29

Inledning

Dagens skogsbruk använder sig utav olika data hämtad ifrån skogen. Den insamlade datan används med olika syften, ändamålet kan vara att upprätta skogsbruksplaner, planera för drivning eller för att skatta ett träds volym. Trädets höjd är en viktig faktor i taxeringen, dessa mätningar är både tidskrävande och kräver precision. Exempelvis visar det sig i en studie av Luoma et al. (2017) att osäkerheten vid höjduppskattning är större än exempelvis mätning av brösthöjdsdiameter. Feldpausch et al. (2012) och Kearsley et al. (2013) upptäckte även att höjden på ett träd har störst påverkan av hur mycket koldioxid ett träd har bundit. Trädets höjd är även relevant gällande skogliga åtgärder såsom gallring eller förnygringsavverkning och ses som ett viktigt mått i skogliga sammanhang.

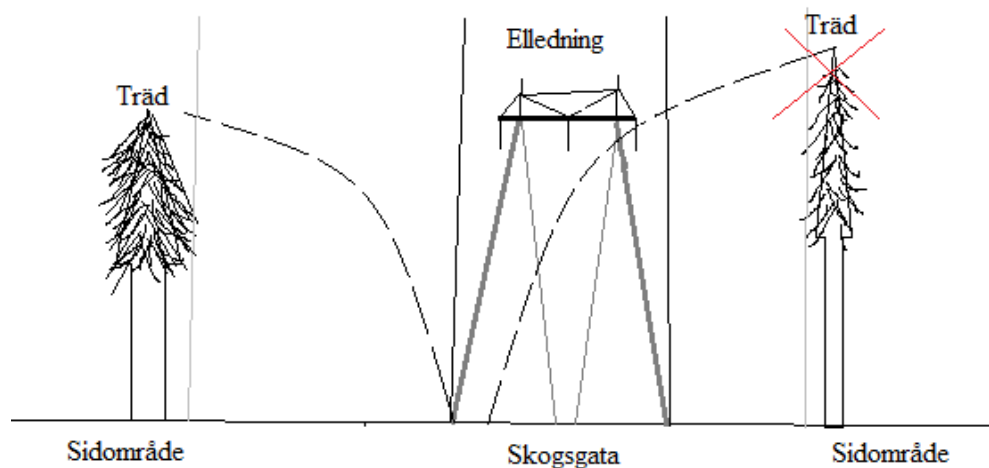
Ett träds höjd kompletteras med övrig skoglig data, exempelvis stammens diameter och kan således används för att beräkna trädets volym. Mätningarna kan dels appliceras i ett beståndsperspektiv eller ett fastighetsperspektiv som representerar hur många skogskubikmeter (m^3sk) den stående skogen motsvarar. Det finns flera metoder för att skatta ett träds eller ett bestånds volym i m^3sk . En metod för att skatta trädets volym är att använda sig av trädets höjd samt grundyta (GY). Figur 1 beskriver hur GY motsvarar arean på trädets mantelyta i brösthöjd (Brh) 1,3 meter över marken. Detta multipliceras med ett formtal som skall motsvara trädets avsmalning. Det finns flera sätt att skatta volymen i ett bestånd, en metod använder sig utav data från GY, Medeldiametern (DGV) och medelhöjden i beståndet (HGV). HGV fås genom att mäta höjder av ett DGV-träd (Högberg 2019). För att skatta volymen i beståndet används en formhöjdstabell (se bilaga 1). En studie av Tompalski et al. (2014) kom fram till att största anledningen vid fel i volymbestämning är fel vid höjdmätning.



Figur 1. En skiss av en stubbe visar hur grundytan beräknas 1,3 meter upp från marken.

Ett träds höjd är även relevant för att kunna fälla träd där risk för förstörelse finns, det skulle kunna vara träd som står nära byggnader eller ledningar (Figur 2).

Höjden på träden är en viktig faktor för att minimera risken för att skada ska ske, detta eftersom höjden på trädet även representerar trädtopparnas nedslag om det skulle huggas eller blåsa ner.



Figur 2. Skissen illustrerar träd som står vid ledningsgata. Det trädet med ett rött kryss står för nära och går inte att fälla mot elledningen.

Höjden på träd kan uppskattas med höjdmätare, det finns ett brett utbud av olika handenheter för höjdmätning. Drönare har även bevisat sig vara väldigt precis i mätningar på skogens höjd. Drönare lämpar sig bra i miljöer som är svåra att taxera med handenheter, exempelvis regnskogar där det i regel finns breda trädkronor. Samtidigt försvåras arbetsgången med en drönare då det finns många hinder som grenar och djur som drönaren kan flyga in i. För att behärska tekniken med en drönare behövs det även träning för utövaren (Saliu et al 2020). I de svenska skogarna skulle en drönare vara en värdefull resurs för att mäta höjden, däremot skall priset, otymplighet och tidsåtgång beräknas in i arbetsmomentet.

Laserskanning är en relativt ny metod för inhämtning av skogliga uppgifter såsom medelhöjden på en skog. De senaste mätningarna påbörjades 2018 av Lantmäteriet och har dels syftet att förse skogsbruket med data för att uppskatta volymen av bestånd (Lantmäteriet 2021). Materialet som fås av laserskanningen är ett bra hjälpmedel som kan tillämpas i ett större perspektiv som för ett bestånd eller fastighet. Vid höjdmätning av ett enstaka träd som visualiseras i (figur 2) nyttjas handenheter.

I en tidigare studie av (Saliu et al. 2020) jämfördes precisionen mellan fem olika höjdmätare på 173 stående träd i Malaysia, detta visualiseras i (tabell 1) nedan. En laserbaserad höjdmätare visade sig ligga med ett R^2 värde på 0,96, det ligger väldigt nära sanningen av trädets verkliga höjd. En metod där höjden mäts med en pinne hade ett R^2 värde på 0,86.

Tabell 1. Tabellen visar resultatet från en tidigare studie där fem olika metoder för att mäta höjden användes. Källa: (Saliu et al 2020).

Methods	R^2	Count	Mean	SD	(V)	P-value
Thumb rule	0.79	173	9.46	3.93	2845.5	<0.0001
Stick	0.86	173	11.4	4.94	11879	<0.0001
Clinometer	0.93	173	10.5	4.07	7967	0.503
Laser rangefinder	0.96	173	9.89	3.92	1587.5	<0.0001
Altimeter	0.94	173	10.1	3.94	4039.5	<0.0001

Den tidigare studien som resulterat (tabell 1) ska i denna studie delvis upprepas. Tre olika höjdmätare skall jämföras, en mobilapplikation, pinnen och Vertex. precision samt tidsåtgång för mätningarna per träd ska samlas in. Enligt (Saliu et al. 2020) ska en laserbaserad höjdmätare vara närmare det verkliga värdet än pinnen. Tidsåtgången för de olika mätningarna är inte med i den tidigare studien, men kommer att finnas med i denna studie. Tidsåtgången samt precisionen samlas in i fält för att sedan jämföras gentemot trädets verkliga höjd. Trädets verkliga höjd kommer fås genom att träden fälls och mäts.

Syfte

- Analysera skillnaden i precisionen mellan tre olika höjdmätare, pinnen, Arboeral och Vertex vid höjdmätning av stående skog.
- Finns det någon tidsskillnad mellan de tre olika höjdmätarna?
- Kan en billig höjdmätare ge ett bättre resultat än en dyr?
- Hur är användarvänligheten?

Hypotes

En dyr höjdmätare behöver inte vara bättre än en billig. I många fall är precisionen av stor vikt, därav är den mätaren med bäst precision lämpad i sådana situationer. När det gäller mindre precisa situationer då trädets höjd ska uppskattas ska en billigare mätmetod kunna användas. Pinnen kommer genom denna studie att bevisas vara en konkurrerande mätmetod som i många fall skulle fungera lika bra som en dyr höjdmätare.

Material och metod

Arbetet i stort

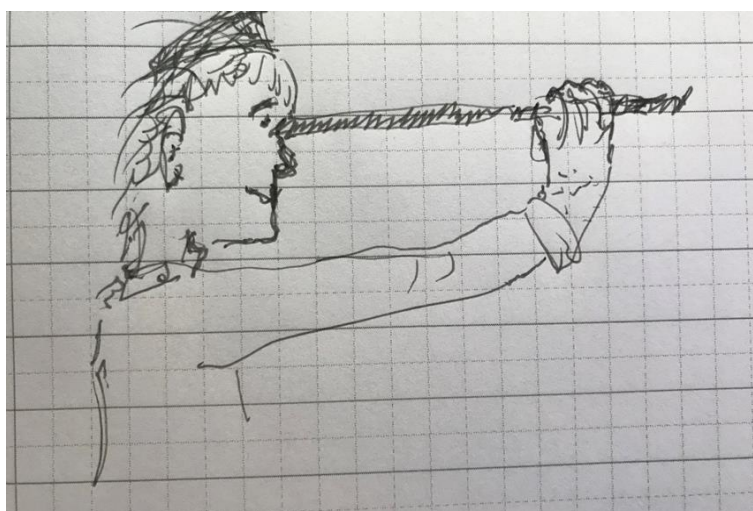
Arbetet inleddes med noggrann genomarbetning av tänkta metoder för genomförandet av fältarbete, vilka verktyg som lämpar sig bäst för mätningar av höjd, vilket är det som studien riktar sig mot, samt för de statistiska analyser som krävs för att mätningarna ska ge en rättvisande bild av resultaten. För att underlätta arbetet i fält och särskilt dokumentationen av detta, utarbetades en fältblankett i Excel (se bilaga 2). Fältarbetet utfördes under två veckor i februari månad 2022 i Ödskölt, Bengtsfors kommun i Västra Götaland. Fältarbetet bestod av två huvuddelar. Först utfördes mätningar med de tre valda höjdmätarna och sedan fälldes träden som mätts för att kontrollmätning av den exakta höjden skulle kunna ske. Efter avslutat fältarbete skedde sammanställning av resultaten av mätningarna. Även detta gjordes i Excel. Sammanställningen gjordes för att få överskådliga och lättarbetade resultat som användes till de statistiska analyser som genomfördes, dessa beskrivs vidare nedan.

Material

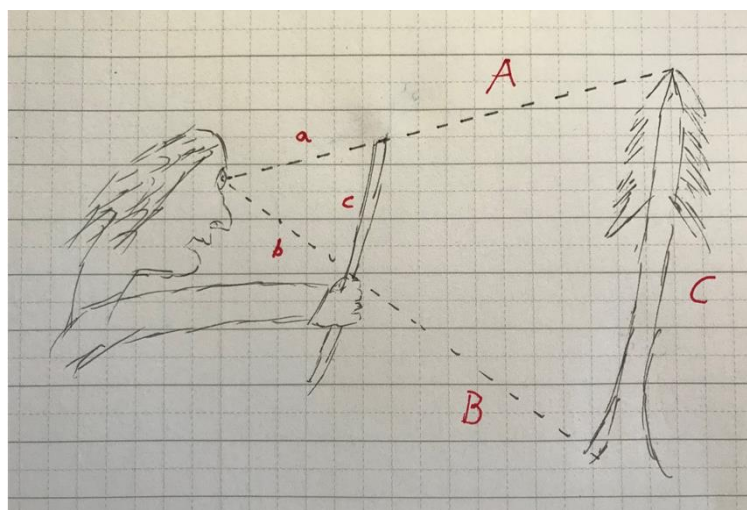
- Höjdmätare
 1. Pinnen
 2. Arboreal (version 3.4)
 3. Haglöfs Vertex laser 2 VL402
- Huggarmåttband (15 meter)
- Mobiltelefon
- Fältblankett
- Motorsåg
- Tidtagarur

Höjdmätare

Pinnen- Är mer en metod för höjdmätning än ett faktiskt redskap. Metoden går ut på att man med en pinne mäter ut avståndet mellan utförarens öga och ena hand med utsträckt arm (figur 3). Utföraren fattar sedan pinnen med handen så att pinnens längd över handen är densamma som avståndet mellan utförarens hand och öga. Pinnen hålls på det viset samtidigt som utföraren, med armen sträckt rakt ut framför sig, backar ifrån trädet som ska mätas tills utföraren ser att pinne och träd är lika långa (figur 4). Vid den punkten stannar utföraren. Sedan mäts avståndet mellan punkten och trädet med hjälp av ett traditionellt huggarmåttband, detta avstånd ska då motsvara trädets höjd. Denna metod används vanligen för att göra en snabb syftning i fält vid exempelvis trädfällning. För att försöket ska ge så bra resultat med pinnen som möjligt gjordes pinnen så noggrant som möjligt dvs. mätningen mellan mätpersonernas ögon och händer mättes mycket noggrant för att sedan märkas ut med tejp på en rundstav. Pinnen är den billigaste varianten av höjdmätare som användes i testet, kostnaden för pinnen var 0 kronor.

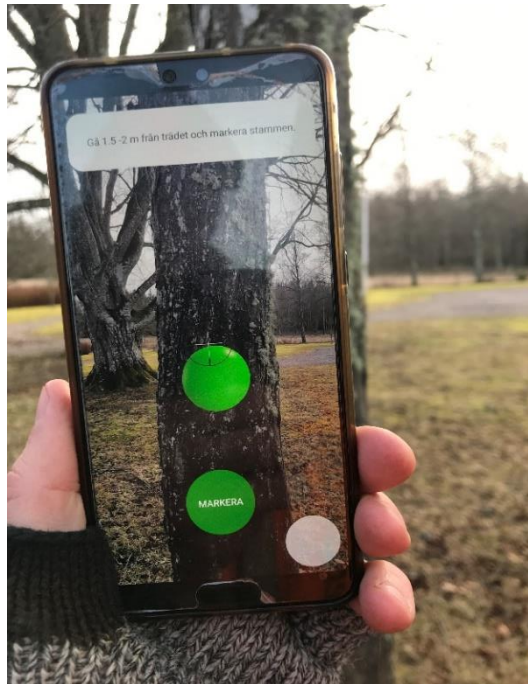


Figur 3. Skiss som visar hur utföraren mäter upp avståndet mellan hand (med rak arm) och öga.



Figur 4. Skiss som visar hur förhållandet mellan träd och pinne ser ut när utföraren har nått den punkt varifrån trädhöjden mäts.

Arboreal trädhöjd- Är en mobilapplikation som är utvecklad för att med hjälp av en smarttelefons inbyggda kamera och Gyroskop, som möjliggör att telefonen kan känna av vinklar. Genom att kolla genom telefonens kamera sätts tre punkter på trädet som ska mätas. Punkt ett sätts i brösthöjd (ca 130 cm från marken) på trädet, på ett avstånd från trädet på ca 0,5 - 1,5 meter (se figur 5). Punkt två sätts i rotändan på trädet och punkt tre sätts i toppen på trädet. Detta bör enligt instruktioner i applikationen göras på minst fyra meters avstånd från trädet. Arboreal ska dock kunna mäta från i vilket avstånd som helst och applikationen avgör själv avståndet till trädet. Arboreal var den näst billigaste varianten av höjdmätare som användes i testet, applikationen är gratis att ladda ned, fria mätningar under en månad kostar applikationen 29 kr, fria mätningar under ett år 85 kr och obegränsade mätningar 249 kr.



Figur 5. Bild som visar mobilapplikationen Arboreals utseende.

Haglöfs Vertex- Är en avancerad höjdmätare som har ett flertal funktioner utöver höjdmätning. Vid mätningarna för denna studie har dock endast funktionerna för att mäta trädhöjd använts. Vertex använder laser för att avgöra avståndet mellan mätaren och trädet som ska mätas, mätningen görs genom att tre punkter på trädet som ska mätas markeras genom siktning med handenheten. Första punkten tas i brösthöjd (ca 130 cm över markytan) på trädet, denna punkt utgör underlaget för avståndet som höjdmätaren sedan använder i sin beräkning. Andra punkten tas i gränsen mellan trädets rot och markytan, den tredje punkten tas i toppen på trädet. Dessa tre punkter utgör underlaget för beräkningen av trädets höjd. Trädhöjden visas sedan på höjdmätarens display. Höjdmätaren Vertex var den i särklass dyraste varianten av höjdmätare som användes i testerna, den kostar ca 30 000 kr (Figur 6).



Figur 6. Bild som visar höjdmätaren Haglöfs Vertex laser 2 VL402.

Huggarmåttband

Huggarmåttbandet är avsett för att mäta längd på stockar vid aptering av manuellt avverkad skog. Måttbandet som användes under fältstudien var 15 meter långt. I denna studie har måttbandet använts till att mäta avståndet mellan trädet och utföraren vid mätning med pinnen. Måttbandet användes också vid kontrollmätning av trädet efter fällning. Huggarmåttbandet kontrollmättes innan mätningarna utfördes. Detta gjordes genom att de två första metrarna kontrollerades så att de var lika långa. Anledningen till att den första metern kontrollmättes var att det är den som är utsatt för störst påfrestningar vid skogsarbete.

Mobiltelefon

I denna studie har mobiltelefon använts som hårdvara vid användning av Arboreals höjdmätarapplikation. Den användes också som tidtagarur för att mäta tidsåtgången för mätningarna med de olika höjdmätarna. Telefonens viktigaste funktion vid fältarbetet var att säkerställa kontakt med omvärlden för att på ett säkert sätt kunna utföra mätningarna. Hälften av mätningarna gjordes med en Iphone 7s och hälften med en Huawei P20 PRO.

Fältblankett

Fältblanketten utarbetades för att ge en tydlig struktur under arbetet i fält. Blankettens utformning ger utrymme att fylla i den data som ska samlas in vid varje mätning (se bilaga 2).

Motorsåg

För att utföra kontrollmätning av provträden fälldes de med hjälp av motorsåg. När träden var fällda kvistades de för att möjliggöra mätning jäms med stammen, även detta gjordes med motorsåg.

Tidtagarur

För att mäta tidsåtgången vid varje mätning användes den i telefonen inbyggda tidtagaren tidtagningen startades när mätningen startade och stoppades när resultatet av mätningen var fastslaget.

Genomförande

Fältarbetet har genomförts av två personer. Mätningarna har gjorts på 30 granar i ca 80 års ålder. Varje träd mättes två gånger från olika håll. Andra mätningen på varje träd gjordes i 90 graders vinkel från platsen för den första mätningen. Anledningen till att varje träd mättes två gånger från olika håll var för att minimera risken för mätfel på grund av trädets lutning. En person har skött mätning och den andra har skött tidtagning. För att undvika att handhavande blir en betydande felkälla så görs varannan mätning av person A och varannan av person B.

Provträden valdes ut subjektivt av personerna som utförde testerna. Träden valdes ut subjektivt för att ge höjdmätarna så goda förutsättningar som möjligt, provträd valdes bort på grund utav att träden hade dubbla toppar eller att träden lutade kraftigt. Detta är av vikt då denna studie inte är utformad för att testa höjdmätarnas förmåga att mäta rätt på träd som lutar utan istället inriktar sig på att jämföra deras precision och noggrannhet. Det viktiga i testet är således inte vilka träd som mäts utan att samma träd mäts med de olika höjdmätarna från samma håll.

För att minimera risken för att den första mätningens resultat påverkade resultatet av den andra mätningen, turades personerna A och B om att göra den första respektive den andra mätningen. Detta innebar att person A gjorde mätning ett på träd ett och person B gjorde mätning ett på träd två osv. Av samma anledning fick inte heller person B veta vilket värde person A fick vid mätningen.

Tidtagning gjordes av personen som inte mätte. Tidtagningen startades när mätpersonen påbörjade mätningen. Vid mätning med pinnen innebar detta att tidtagningen startades när mätpersonen fäste måttbandet i trädet. Vid mätning med Arboreal startades tidtagningen när mätpersonen placerade ut den första av tre punkter på trädet. Samma metod för tidtagningen gällde för mätningen med Vertex. Samtliga tider stoppades när mätpersonen sa att värdet var fastställt.

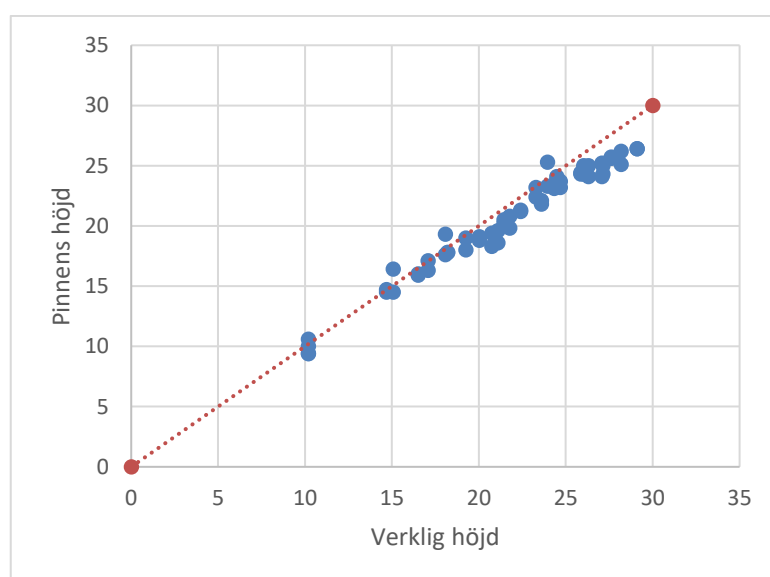
Mätningar med samtliga mätare, från samtliga vinklar gjordes. Varje träd fick sitt eget nummer för att kontrollmätning sedan skulle göras. När alla mätningar var genomförda och dokumenterade gjordes kontrollmätning. Kontrollmätningen gjordes genom att mätpersonerna med hjälp utav motorsåg fällde vart och ett av träden. Träden kvistades för att underlätta mätningen. Det fällda trädet samt trädets stubbe mättes med ett konventionellt huggarmåttband.

Med alla resultat insamlade och dokumenterade gjordes en sammanställning av resultaten samt ett antal statistiska analyser som följer i resultatdelen.

Resultat

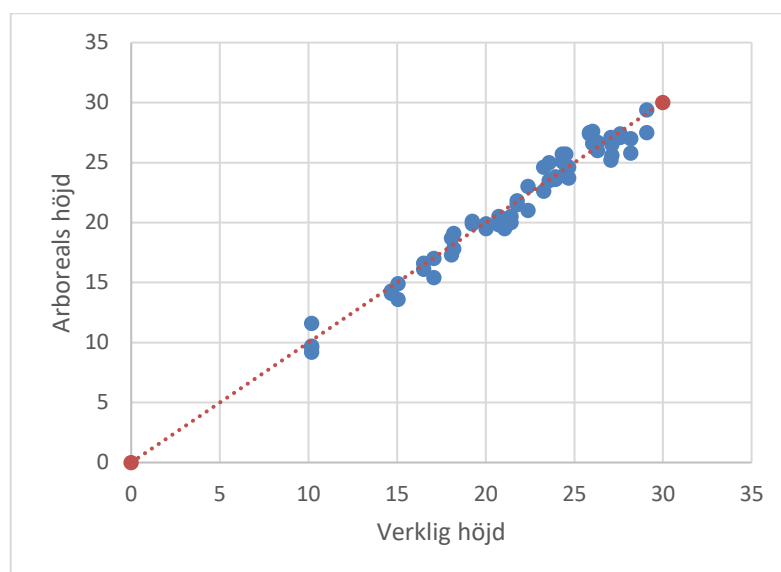
Trädhöjd

De 30 träd som mättes i denna studie sammanställdes i olika diagram och tabeller. Nedan i figur 7 visualiseras pinnens mätningar i ett punktdiagram. De blå punkterna representerar de höjder som uppskattats med Pinnen, den prickade trendlinjen visar den verkliga höjden på träden. Det går att uppfatta en trend då Pinnens mätningar visar sig ligga under det verkliga värdet på majoriteten av träden. Det går att se att höjden underskattas vid höjdmätning med Pinnen, i synnerhet på de högre träden i studien.



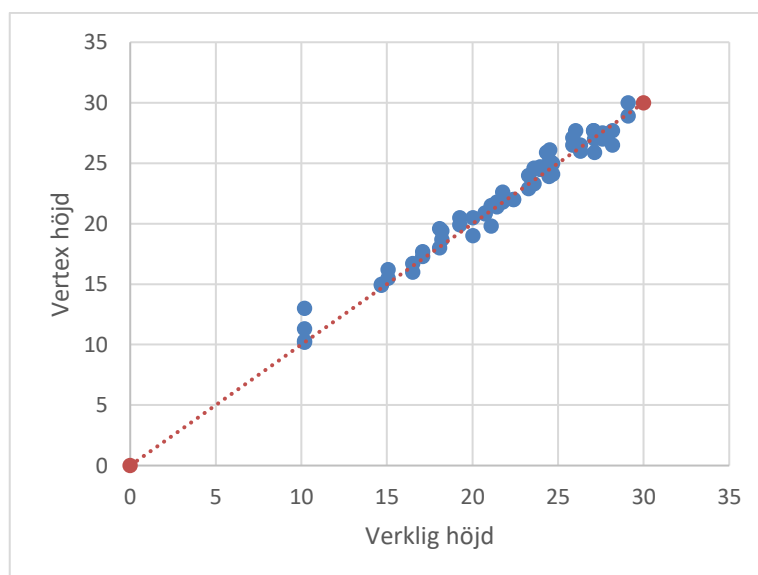
Figur 7. Diagrammet visar Pinnens uppmätta höjder på de 30 provträd. De blå punkterna visualiserar pinnens höjdmätning och den prickade trendlinjen den verkliga höjden. Varje punkt på diagrammet representerar en mätning.

Arboreals applikation har inget konkret systematiskt avvikande då de blå punkterna ibland ligger över det verkliga värdet, mätmetoden överskattar då höjden. Arboreals mätningar har även underskattat höjden enligt punktdiagrammet då det finns mätningar som ligger under det verkliga värdet (Figur 8).



Figur 8. Diagrammet visar Arboreals uppmätta höjder på de 30 provträden. De blå punkterna visualiserar Arboreals höjdmätare och den prickade trendlinjen den verkliga höjden. Varje punkt representerar en mätning.

Likt höjduppskattningen med pinnen går det att se en tydlig trend bland Vertex mätningar kontra det verkliga värdet (Figur 9). Det går att tyda är en överskattning av höjden då de blå punkterna ligger över den prickade linjen vid ett större antal mätningar än under.



Figur 9. Diagrammet visar Vertex uppmätta höjder på de 30 provträden. De blå punkterna visualiserar Vertex höjdmätare och den prickade trendlinjen den verkliga höjden. Varje punkt på linjen representerar ett provträd.

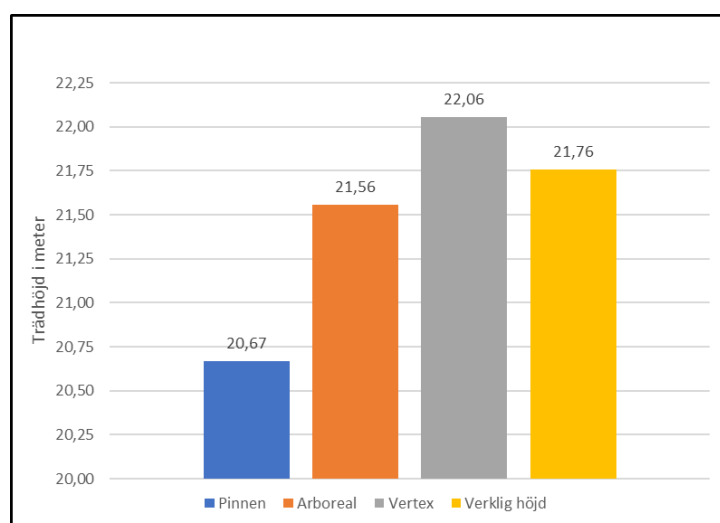
Resultaten från de uppmätta höjderna och dess avvikelser visualiseras i tabell 2 nedan. Avvikelserna från den verkliga höjden är störst hos pinnen där

mätningarna landade som längst 2,69 meter ifrån det verkliga värdet. Arboreals största avvikelse från det verkliga värdet är 1,78 meter vilket ligger närmare det verkliga värdet än Vertex största avvikelse på 1,96 meter. Medelvärdet för pinnen var störst med 1,09 meter, Arboreal har det lägsta medelvärdet på 0,2 meter.

Tabell 2. Tabellen visar de uppmätta höjdernas största avvikelse samt de minsta i meter. Det visar även alla mätningarnas medelvärde i meter. Arboreal har det lägsta medelvärdet på 0,2 meter och ligger närmast den verkliga höjden på provträden.

	Högsta uppmätta avvikelse (m)	Lägsta uppmätta avvikelse (m)	Medelvärde (m)
Pinnen	2,69	0,19	1,09
Arboreal	1,78	0,05	0,20
Vertex	1,96	0,05	0,30

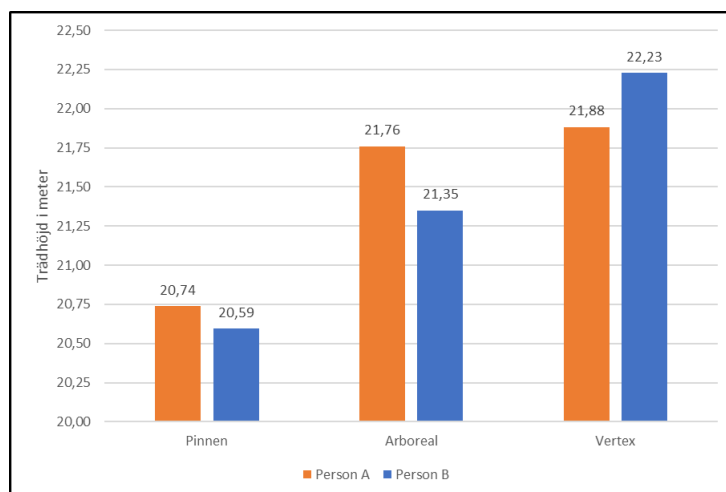
För att kompensera avvikelserna behövs vetskapen om ifall medelvärdet är en överskattning eller underskattning av det verkliga värdet. I figur 10 nedan framkommer att det verkliga medelvärdet för alla träden är 21,76 meter. Vertex har överskattat sina mätningar med 0,30 meter, Arboreal underskattar med 0,20 meter och pinnen en underskattning av det totala medelvärdet med 1,09 meter.



Figur 10. Diagrammet visualiserar medelvärdet för alla uppmätta höjder med höjdmätarna, Pinnen, Arboreal och Vertex. Den gula stapeln representerar det verkliga medelvärdet på 21,76 meter.

Medelvärdet för mätningarna redovisas i Figur 11 åtskilda för de båda mätpersonerna. Här syns att person B tenderar att få generellt lägre värden än person A vid mätning med Pinnen och Arboreal. Det är dock omvända resultat med Vertex. Diagrammet visar att skillnaden mellan de olika mätpersonernas mätningar skilde sig olika mycket för de olika höjdmätarna. Pinnen var den höjdmätare där mätpersonernas resultat skilde sig minst åt, här var skillnaden på

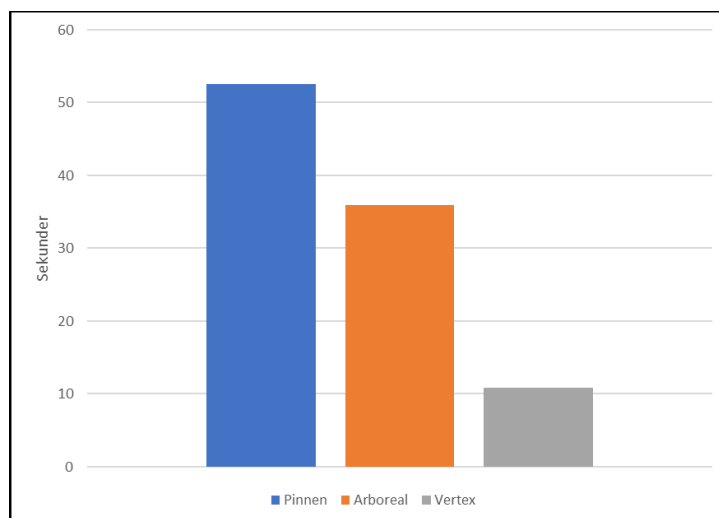
medelvärdet 0,15 meter. Arboreal var den höjdmätare som gav störst differens mellan mätpersonernas medelvärden 0,41 meter.



Figur 11. Diagram som visar skillnaden mellan de olika mätpersonernas medelresultat med de olika höjdmätarna.

Tidsåtgång

Tidsåtgången för vardera mätaren illustreras i medeltid i figur 11 nedan. Vertex medeltid på 10,82 sekunder per träd och kan konstateras har den snabbaste tiden. Pinnen hade den långsammaste genomsnittstiden med 52,48 sekunder per träd.



Figur 12. Stapeldiagram som visar skillnaden i medeltidsåtgång för de tre olika höjdmätarna.

Resultatet för tidsåtgången för de olika mätningarna visualiseras i tabell 3 nedan. Vertex har det lägsta medelvärdet på 10,8 sekunder och har varit den effektivaste höjdmätaren. Pinnen har den längsta tiden på 82,5 sekunder och den lägsta på 24 sekunder, medelvärdet är 52,5 sekunder per träd vilket också gör att pinnen varit den mest tidskrävande mätmetoden. Mätningarna med Arboreal har ett spann från

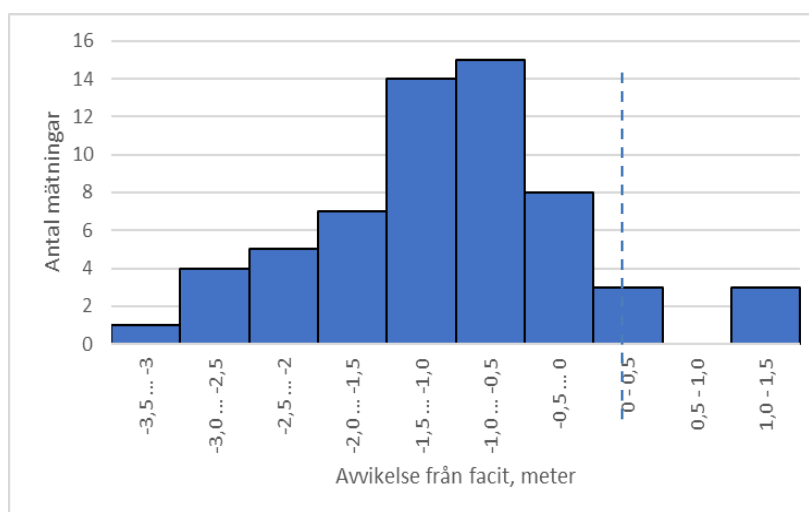
den längsta tiden på 55,5 sekunder och den lägsta på 24,5 sekunder och ett medelvärde på 35,9 sekunder. När mättiderna för Vertex granskas i jämförelse med de båda andra mätarna, visar det att den längsta tiden för en mätning med Vertex var fyra sekunder snabbare än de snabbaste mätningarna med både Pinnen och Arboreal. Det visar också att skillnaden mellan de snabbaste tiderna för Arboreal och Vertex inte skiljer sig åt med mer än en halv sekund (tabell 3). Tidsstudien visade ingen tydlig skillnad i tidsåtgång per träd för Arboreal eller Vertex beroende på trädets höjd. Det gjorde den däremot för Pinnen som tydligt presterade en snabbare tid vid mätning av korta träd än av långa.

Tabell 3. Tabellen visar de mätningarna som tagit längst tid samt de som gått snabbast i sekunder. Det visar även alla mätningarnas medelvärde i sekunder.

	Högsta uppmätta mätning (sekund)	Lägsta uppmätta mätning (sekund)	Medelvärde (sekund)
Pinnen	82,5	24,0	52,5
Arboreal	55,5	24,5	35,9
Vertex	20,5	7,5	10,8

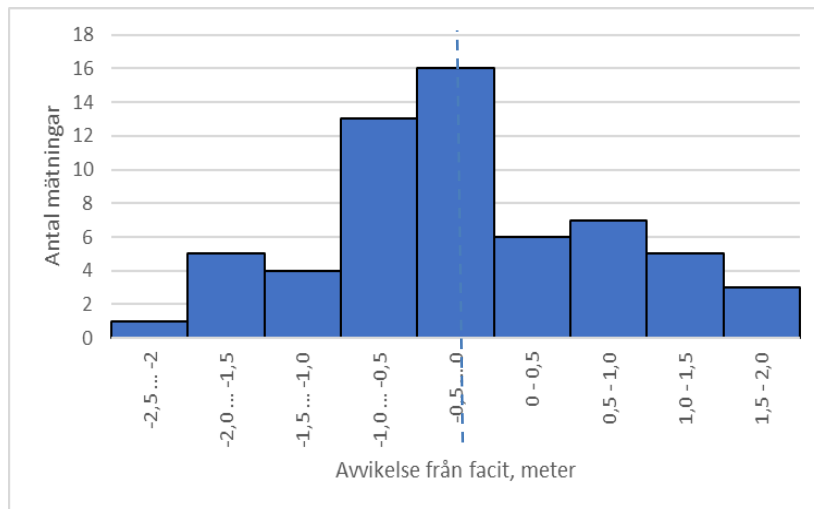
Hypotesprövning tid och precision

Utifrån mätningarna gjordes en hypotesprövning av resultatet från de olika höjdmätarna. Den visade att Pinnen i medel underskattar den verkliga trädhöjden med 1,09 meter. Att pinnens resultat signifikant avviker från den verkliga trädhöjden, detta är bevisat med 99,9 procents säkerhet vid en hypotesprövning (bilaga 4). Detta visualiseras tydligt i figur 13 nedan, som visar avvikelser från det verkliga värdet. Avvikelseerna är indelade i klasser om 0,5 meter, histogrammet visar antalet mätningar i de olika avvikelseklasserna. Samanställningen av mätresultaten gav Pinnen en standardavvikelse på 0,9787 (bilaga 4).



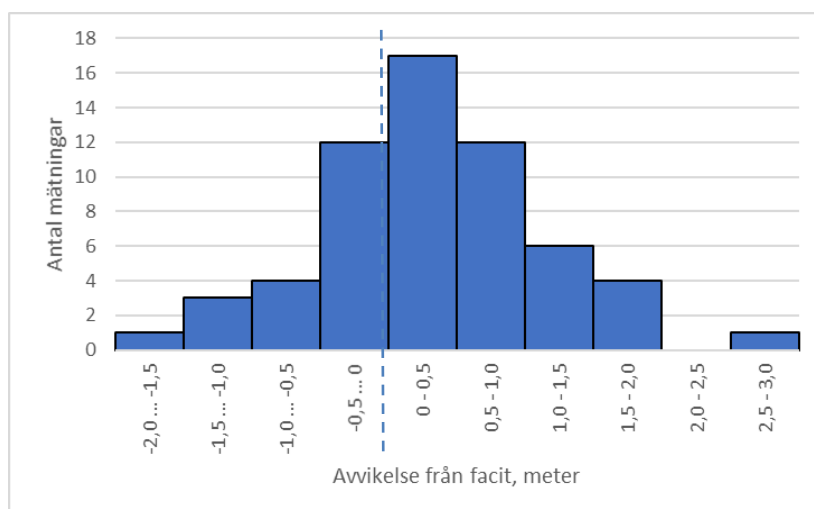
Figur 13. Histogram som visar Pinnens avvikelser från den verkliga höjden indelat i klasser om 0,5 meter. Den streckade linjen visar det verkliga värdet.

Samma hypotesprövning gjordes för höjdmätaren Arboreal. Mätningarna med Arboreal visade sig i medel endast avvika från det verkliga värdet med 0,2 meter. Detta gjorde att det vid hypotesprövningen inte gick att påvisa ett signifikant avvikande. I figur 14 nedan visualiseras att avvikelserna ligger jämnt fördelat på båda sidor om det verkliga värdet. Mobilapplikationens mätvärden gav en standardavvikelse på 0,9535 (bilaga 5).



Figur 14. Histogram som visar Arboreals avvikelser från den verkliga höjden indelat i klasser med 0,5 meters intervall. Den streckade linjen visar den verkliga trädhöjden.

Hypotesprövning gjordes även på höjdmätaren Vertex. Höjdmätningarna visade i medeltal en överskattning på 0,3 meter. Vid hypotesprövningen påvisades en signifikant skillnad då Vertex avviker från det verkliga trädhöjden. Detta kunde bevisas med 99 procents säkerhet. Mätvärdena gav en standardavvikelse på 0,7938 (bilaga 6). Figur 15 beskriver mätningarnas avvikelser från det verkliga värdet.



Figur 15. Histogram som visar Vertex avvikelser från den verkliga höjden indelat i klasser med 0,5 meters intervall. Den streckade linjen visar den verkliga trädhöjden.

Vid tidsstudie mellan de olika höjdmätarna avvek Pinne markant från de två andra höjdmätarna, därför gjordes endast en hypotesprövning för höjdmätarna Arboreal och Vertex. Hypotesprövningen visar en signifikant skillnad mellan höjdmätarna, med 99,9 procents säkerhet mäter Vertex snabbare än Arboreal (bilaga 7).

Diskussion

Med en tidigare hypotes om att Pinnen skulle generera likvärdiga mätningar som Arboreal och Vertex men att mätningarna skulle vara mer tidskrävande. Förväntningarna var att dels visa vilken mätmetod som lämpar sig bäst för en skogstjänsteman vad gäller precision och tidsåtgång. Utifrån de resultat som presenteras skulle systematiska avvikelser specificeras och förtydligas, de systematiska avvikelserna skall granskas för att på ett tydligt och enkelt sätt kunna korrigera avvikelserna så att ett så nära korrekt värde skall kunna anges.

Hypotesprövningen av mätvärdena visade att Pinnens och Vertex mätningar signifikant skiljer sig ifrån det verkliga värdet. Att pinnens värde skiljer sig signifikant från det verkliga värdet syntes även i den undersökning som gjorts av Saliu et al. 2020. Vid hypotesprövningen av Arboreals värden kunde det däremot inte bevisas någon signifikant skillnad från det verkliga värdet. De olika höjdmätarnas medelvärde visar att höjdmätaren Arboreals mätningar ligger närmast de verkliga trädhöjdernas medelvärde. Vertex höjdmätare var däremot den mest effektiva och kunde genom hypotesprövning beräknas vara 99,9 procent snabbare än de övriga höjdmätarna. Dessa parametrar bör beaktas vid eventuell val av höjdmätare då Arboreal kostar betydligt mindre än Vertex. Pinnen är gratis och har ett medelvärde som ligger längst ifrån det verkliga medelvärdet, däremot visar felmarginaler för pinnen ligga i ett spann från störst avvikelse på 1,78 m till den minsta avvikelse på 0,19 m där underskattning av trädens höjd var bland majoriteten av mätningarna. I snitt underskattade pinnen med 1,09 m, därför skulle pinnen vid flera upprepade mätningar med en korrigering på höjden med 1,09 m att resultera i att pinnens medelvärde ligger lika med den verkliga höjdens medelvärde.

För en privatperson som inte vill lägga pengar på en höjdmätare kan Pinnen vara en bra alternativ metod, däremot bör vetskapen finnas att mätningarna för oss underskattade höjderna med i snitt 1,09 meter, det skulle för en annan person i stället överskatta höjden. Något som ändå talar emot detta är att båda mätpersonerna i detta test hade mycket liknande resultat vid mätning med Pinnen, till skillnad från mätningarna med de andra höjdmätarna. Skillnaden mellan mätpersonernas resultat med pinnen var i genomsnitt endast 0,15 meter. Det tyder på att precisionen med pinnen är god, även om den inte mäter bäst. Detta syns tydligt när skillnaden jämförs i precision mellan pinnen som var bäst och applikationen Arboreal som var sämst (se figur 11). Att pinnens precision var så pass god tyder på att den har potential att faktiskt vara den bästa av de tre höjdmätarna under rätt förutsättningar. Vid en närmare granskning av trenden i punktiagrammet i figur 7 syns att precisionen med Pinnen avtar markant vid mätning av högre träd. Detta innebär att pinnen hade presterat bättre i jämförelse med de andra mätarna om studien i stället genomförts i exempelvis ett gallringsbestånd. Genom att "skräddarsy" Pinnen för en taxerare skulle man teoretiskt sett ha möjlighet att korrigera ett systematiskt fel. Det systematiska felet som uppstod vid denna studie uppstod förmodligen redan vid tillverkningen av pinnarna som användes i fält. De har troligtvis, trots noggrann mätning blivit för korta. Detta har i sin tur lett till att mätpersonerna har backat för kort från mätträdet vid mätning.

Tidsåtgången för mätningarna talar å andra sidan emot idén om att Pinnen skulle vara den optimala höjdmätaren. Detta på grund av faktumet att Pinnen vid tidsstudien presterade sämst med en genomsnittstid per träd på 52,5 sekunder. Jämförs den tiden med Vertex som hade den snabbaste genomsnittstiden på 10,8 sekunder så är de knappt jämförbara. Det visualiseras i tidsstudien en mycket tydlig trend för mätningarna med Pinnen, denna trend visar att tidsåtgången för mätningarna står i stark relation med trädets höjd. Detta innebär att vid mätningar på träd i exempelvis gallring där träden ännu inte uppnått högre höjd så skulle det inte vara omöjligt att uppnå samma tidseffektivitet med pinnen som med Arboreal.

Mobilapplikationen Arboreal var den höjdmätare som vid en jämförelse av medelvärdet av alla mätningar som gjorts hade det resultat som låg närmast det verkliga medelvärdet för alla träd. Skillnaden mellan Arboreals medelvärde och medelvärdet för mätningarna med Vertex var 0,096 meter vilket tyder på att de i denna jämförelse presterar lika bra för att få fram en korrekt trädhöjd. Det som i testet skiljde dem åt var att Vertex tenderade att överskatta höjd när Arboreal istället underskattade den. Att Arboreal presterade bäst när det kom till att mäta den trädhöjd som var närmst det riktiga värdet tillsammans med att den faktiskt är mycket billig skulle kunna göra den till den bästa av höjdmätarna. Detta styrks även av att Arboreal var den höjdmätare som i de statistiska analyserna presterade den lägsta standardavvikelsen. Ett problem med som Vertex och Arboreal delar är den mänskliga faktorn av darrningar och liknande. Skjuter man exempelvis av mätningen i framför allt toppen på trädet som ska mätas så är det mycket lätt att man råkar vinkla handenheten något. Det kan enkelt leda till att små darrningar kan bli stora mätfel.

Vid en jämförelse av tidsstudien så sticker inte Arboreal ut på något håll. Den presterar mellan de båda andra vid en jämförelse av genomsnittstid. Något intressant i tidsstudien är att den snabbaste tiden vid mätning med Arboreal är långsammare än den snabbaste mätningen med Pinnen. Skillnaden är visserligen endast en halv sekund (se tabell 3). Vid mätning med Arboreal dök ett oväntat problem upp, det visade sig att mobilapplikationen ibland tappade avståndsmätningen. Detta ledde till att mätpersonen var tvungen att börja om mätningen och det i sin tur ledde till att tidsåtgången för mätningen blev betydligt längre och drar därav upp medelvärdet för tidsåtgången. Detta var ett problem som inte påverkar resultatet av mätningarna i någon större utsträckning, det bidrog dock till irritation och drar ner den allmänna uppfattningen av Arboreal som mätverktyg.

Höjdmätaren Vertex är den höjdmätare som enligt prislappen borde vara helt överlägsen de andra två i studien. Detta var dock inte fallet. Vertex presterade inte bäst när det kom till att få fram ett resultat så nära det verkliga värdet som möjligt, där presterade Vertex och Arboreal mycket liknande resultat. Vertex styrka är tydligt effektivitet. Vertex presterade överlägset bra resultat i tidsstudien, då den med en medeltid per mätning presterade ett resultat på 10,8 sekunder. Detta gör att den i snitt var 25,1 sekund snabbare än Arboreal som kom på andra plats i tidsstudien. Detta styrks även av hypotesprövningen som visar att Vertex med

99,9 procenters säkerhet mäter snabbare än Arboreal. Samtidigt som man talar om Vertex överlägsna snabbhet så bör man dock nämna att för en ovan person så är höjdmätaren förhållandevis mycket avancerad. Känner man till metoden för att tillverka pinnen och vet hur en mobilapp laddas ned så kan båda de andra höjdmätarna användas utan svårighet. Den modell av Vertex som använts i denna studie har en mängd funktioner utöver höjdmätaren, det leder till att det i apparatens display är lätt att gå vilse. Fältdarbetet till denna studie gjordes av två personer som inte hade tidigare erfarenhet av Vertex vilket ledde till att den första timmen i fält lades på att förstå och lära sig hur Vertex fungerade. Slås den timmen ut på de 60 mätningar som sedan utfördes med Vertex så skulle det ge en genomsnittstid på 0,8 sekunder vilket hade varit det sämsta resultatet i tidsstudien, det är visserligen inte en rättvis jämförelse men det är ändå värt att poängtera att det tar tid att lära sig hur höjdmätaren fungerar. Ett annat problem med Vertex som uppdagades under fältdarbetet var avståndsmätningen. Vertex mäter avståndet mellan trädet och mätpersonen med laser, denna metod ger en mycket bra och exakt mätning men det finns ett problem. För att avståndsmätningen ska bli korrekt så måste det vara fritt från hinder mellan höjdmätaren och trädstammen, är det inte det så kommer laserstrålen som mäter avståndet att stanna för tidigt och det kommer att påverka mätresultatet. Detta gör också att det är viktigt att lasern träffar trädstammen, det kan hända att utföraren vid avståndsmätningen missar trädet och då kommer Vertex att kalkylera höjden med ett avstånd som är för högt vilket även det resulterar i ett felaktigt resultat. Detta hände vid ett antal tillfällen under fältdarbetet. Felet har i de flesta fall upptäckts av mätpersonerna då höjdmätaren i dessa fall har presterat ett fullkomligt orimligt resultat.

Sammanfattningsvis kan man säga att alla tre höjdmätarna har sina för och nackdelar och att vilken höjdmätare som är bäst inte beror på resultaten i denna studie utan på vem som ska använda höjdmätaren och till vad. Exempelvis en skogsarbetare som arbetar motormanuellt med trädfällning och endast i enstaka fall är i behov av att mäta ett trädets höjd skulle utan problem kunna använda sig av Pinnen eller Arboreal. Personen i det exemplet skulle framför allt inte ha något intresse i att betala 30 000 kronor för en höjdmätare som inte används frekvent, exemplet skulle inte heller gynnas av att ha den snabbaste höjdmätaren då den inte används dagligen. Tar man i stället en person eller ett företag som endast arbetar med att träsäkra ledningsgator eller liknande och som mäter flera trädhöjder dagligen så skulle Vertex vara det bästa alternativet då effektiviteten, som den korta tidsåtgången innebär, skulle väga upp kostnaden av en mer avancerad höjdmätare.

Prisskillnaden mellan Pinnen och Arboreal är inte större än att man skulle kunna välja vilken av dem som helst, det som gör att Arboreal har en fördel är att taxeraren inte är i behov av något annat redskap än sin mobiltelefon som ändå alltid brukar vara med. Avslutningsvis är vår uppfattning efter studien att Arboreal med sin bekräftade precision, sitt låga pris, sin användarvänlighet samt fördelen av att inte behöva bära på mer utrustning än vad man redan gör. Detta gör Arboreal till den bästa höjdmätaren i de allra flesta situationer.

Referenser

Feldpausch, T.R., Lloyd, J., Lewis, S.L., Brienen, R.J.W., Gloor, M., Monteagudo Mendoza, A., Lopez-Gonzalez, G., Banin, L., Abu Salim, K., Affum-Baffoe, K., Alexiades, M., Almeida, S., Amaral, I., Andrade, A., Aragão, L.E.O.C., Araujo Murakami, A., Arets, E.J.M.M., Arroyo, L., Aymard, C.G.A., Baker, T.R., Bánki, O.S., Berry, N.J., Cardozo, N., Chave, J., Comiskey, J.A., Alvarez, E., de Oliveira, A., Di Fiore, A., Djangbletey, G., Domingues, T.F., Erwin, T.L., Fearnside, P.M., França, M.B., Freitas, M.A., Higuchi, N., Honorio, C.E., Iida, Y., Jiménez, E., Kassim, A.R., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Lovett, J.C., Malhi, Y., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Marshall, A.R., Mendoza, C., Metcalfe, D.J., Mitchard, E.T.A., Neill, D.A., Nelson, B.W., Nilus, R., Nogueira, E.M., Parada, A., Peh, K.S.-H., Pena Cruz, A., Peñuela, M.C., Pitman, N.C.A., Prieto, A., Quesada, C.A., Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H., Reitsma, J.M., Rudas, A., Saiz, G., Salomão, R.P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J.E., Silveira, M., Sonké, B., Stropp, J., Taedoumg, H.E., Tan, S., ter Steege, H., Terborgh, J., Torello-Raventos, M., van der Heijden, G.M.F., Vásquez, R., Vilanova, E., Vos, V.A., White, L., Willcock, S., Woell, H., Phillips, O.L., 2012. *Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates*. *Biogeosciences* 9, 3381–3403. <https://doi.org/10.5194/bg-9-3381-2012>

Högberg, H. (2019). Skogsuppskattning för Skogsmästare. [Kompendium] Skinnskatteberg: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Kearsley, E., de Haulleville, T., Hufkens, K., Kidimbu, A., Toirambe, B., Baert, G., Huygens, D., Kebede, Y., Defourny, P., Bogaert, J., Beekman, H., Steppe, K., Boeckx, P., Verbeeck, H., 2013. *Conventional tree height–diameter relationships significantly overestimate aboveground carbon stocks in the Central Congo Basin*. *Nat. Commun.* 4, 2269. <https://doi.org/10.1038/ncomms3269>

Lantmäteriet (2021). *Laserdata nedladdning, skog*. [Dokumentbeskrivning]. Lantmäteriet: https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/pb_laserdata_nedladdning_skog.pdf

Luoma, V., Saarinen, N., Wulder, M.A., White, J.C., Vastaranta, M., Holopainen, M., Hyypä, J., 2017. *Assessing precision in conventional field measurements of individual tree attributes*. <https://doi.org/10.3390/f8020038>.

Saliu, I., Satyanarayana, B., Fisol, M., Wolswijk, G., Decanniere, C., Lucas, R.O., Otero, V. & Dahdouh-Guebas, F. (2020). *An accuracy analysis of mangrove tree height mensuration using forestry techniques, hypsometers and UAVs*. (HJÄLP) s.9 – 10

Tompalski, P., Coops, N.C., White, J.C., Wulder, M.A., 2014. *Simulating the impacts of error in species and height upon tree volume derived from airborne laser scanning data*. *For. Ecol. Manag.* 327, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05>.

Illustrationer & bilder

Gustav Georgsson

Jesper Ottosson

Bilagor

Bilaga 1.

<https://www.slu.se/contentassets/3eb2b64ac79f4bd4b9b9d331d233bcae/bilaga-6.1-formhojd-fran-dgv-och-hgv.pdf>

Formhöjdstabell Tall, södra Sverige, enligt Göran Brandel (opublicerad)

Hgv\Dgv	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
27	12,60	12,35	12,20	11,95	11,80	11,70	11,55	11,45	11,35	11,30	11,20	11,10	11,00	10,90	10,85	10,80
26	12,20	11,90	11,75	11,60	11,40	11,30	11,15	11,00	10,90	10,80	10,75	10,70	10,60	10,50	10,45	10,35
25	11,70	11,45	11,30	11,15	11,00	10,85	10,75	10,60	10,55	10,50	10,40	10,35	10,25	10,20	10,10	10,00
24	11,30	11,00	10,80	10,70	10,50	10,45	10,35	10,30	10,20	10,10	10,00	9,90	9,80	9,80	9,75	9,65
23	10,80	10,70	10,45	10,30	10,20	10,05	9,90	9,80	9,75	9,70	9,60	9,50	9,40	9,40	9,35	9,25
22	10,30	10,20	10,00	9,90	9,80	9,60	9,50	9,45	9,35	9,30	9,20	9,10	9,05	9,00	8,95	8,85
21	9,90	9,75	9,60	9,40	9,35	9,20	9,15	9,00	8,95	8,85	8,80	8,75	8,70	8,60	8,50	8,45
20	9,50	9,30	9,25	9,05	8,90	8,80	8,70	8,60	8,50	8,45	8,40	8,35	8,30	8,25	8,20	8,15
19	9,10	8,80	8,70	8,65	8,50	8,40	8,30	8,25	8,15	8,10	8,00	7,95	7,90	7,85	7,80	7,75
18	8,70	8,40	8,30	8,20	8,05	7,95	7,85	7,80	7,75	7,70	7,60	7,50	7,45	7,40	7,40	7,35
17	8,20	8,00	7,85	7,75	7,70	7,50	7,45	7,40	7,30	7,25	7,20	7,15	7,10	7,05	7,00	6,95
16	7,70	7,55	7,50	7,30	7,25	7,20	7,10	7,00	7,00	6,90	6,85	6,80	6,75	6,70	6,65	6,60
15	7,30	7,20	7,05	6,95	6,85	6,80	6,70	6,60	6,60	6,50	6,45	6,40	6,40	6,30	6,25	6,20
14	6,80	6,75	6,65	6,50	6,45	6,35	6,30	6,25	6,20	6,10	6,05	6,00	5,95	5,90	5,85	5,80
13	6,40	6,30	6,20	6,10	6,00	5,95	5,90	5,80	5,75	5,70	5,70	5,60	5,60	5,50	5,50	5,45
12	6,00	5,80	5,75	5,70	5,65	5,55	5,50	5,45	5,40	5,30	5,25	5,20	5,20	5,15	5,15	5,10
11	5,60	5,40	5,30	5,25	5,20	5,15	5,10	5,05	5,00	4,95	4,90	4,85	4,80	4,80	4,75	4,75
10	5,20	5,00	4,90	4,80	4,75	4,70	4,70	4,70	4,60	4,50	4,50	4,50	4,45	4,40	4,40	4,40

Så här används tabellen!

På provytan uppskattas grundytan i m² per hektar för varje enskilt trädslag. Välj sedan ut ett "Dgv-träd" för respektive trädslag. Klava det och mät även höjden på trädet. Gå in i tabellen och läs av formhöjden. Multiplicera grundytan och formhöjd för att få virkesförråd i m³sk per hektar. Exempel: Rent tallbestånd med grundytan 22 m², Dgv 22 cm och Hgv 20 m. Formhöjd enligt tabell 8,7 m. Virkesförråd: 22 m² * 8,7 m = 191,4 m³sk

Bilaga 2.

Mätning träd nr: <input type="text"/>		Mätning träd nr: <input type="text"/>	
Höjd 1	Tid 1	Höjd 2	Tid 2
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Pinnen		Pinnen	
Arboreal		Arboreal	
Vertex		Vertex	
Mätning träd nr: <input type="text"/>		Mätning träd nr: <input type="text"/>	
Höjd 1	Tid 1	Höjd 2	Tid 2
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Pinnen		Pinnen	
Arboreal		Arboreal	
Vertex		Vertex	
Mätning träd nr: <input type="text"/>		Mätning träd nr: <input type="text"/>	
Höjd 1	Tid 1	Höjd 2	Tid 2
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Pinnen		Pinnen	
Arboreal		Arboreal	
Vertex		Vertex	

Bilaga 3.

Formel 6.1.3. Används vid hypotesprövning för bilaga 4 – 7.
Används om $n \geq 30$

\bar{x} = medelvärde
 s = standardavvikelse
 n = antal
 μ = lilla m

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

Bilaga 4. Hypotesprövning Pinnen mot verklig höjd i ca 80 år gammal stående granskog.

Bilaga 5. Hypotesprövning Arboreal mot verklig höjd i ca 80 år gammal stående granskog.

Bilaga 6. Hypotesprövning Vertex mot verklig höjd i ca 80 år gammal stående granskog.

Bilaga 7. Hypotesprövning tidsåtgång mellan Arboreal och Vertex i ca 80 år gammal stående granskog.

Bilaga 4.

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

D står differensen mellan Pinnen och den verkliga höjden.

$$x: 20,667$$

$$\mu: 21,757$$

$$s: 0,9787$$

$$n: 60$$

$$Z = \frac{20,667 - 21,757}{0,9787/\sqrt{60}}$$

$$Z: -8,63$$

Dubbelsidigt test 5% nivå ger $z = 1,96$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Dubbelsidigt test 1% nivå ger $z = 2,58$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Dubbelsidigt test 0,1% nivå ger $z = 3,29$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Slutsats: Med 99,9 procents säkerhet skiljer sig pinnens mätningar från den verkliga höjden.

Bilaga 5.

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

D står differensen mellan Arboreal och den verkliga höjden.

$$x: 21,555$$

$$\mu: 21,757$$

$$s: 0,9535$$

$$n: 60$$

$$Z = \frac{21,555 - 21,757}{0,9535/\sqrt{60}}$$

$$Z: -1,64$$

Dubbelsidigt test 5% nivå ger $z = 1,96$ enl. tabell --> H_0 Accepteras

Slutsats: Det går inte att bevisa någon signifikant skillnad mellan Arboreals och det verkliga värdet.

Bilaga 6.

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

D står differensen mellan Vertex och den verkliga höjden.

$$x: 22,055$$

$$\mu: 21,757$$

$$s: 0,7938$$

$$n: 60$$

$$Z = \frac{22,055 - 21,757}{0,7938/\sqrt{60}}$$

$$Z: 2,91$$

Dubbelsidigt test 5% nivå ger $z = 1,96$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Dubbelsidigt test 1% nivå ger $z = 2,58$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Dubbelsidigt test 0,1% nivå ger $z = 3,29$ enl. tabell --> H_0 accepteras

Slutsats: Med 99 procents säkerhet skiljer sig Vertex mätningar från den verkliga höjden

Bilaga 7.

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

D står differensen mellan Arboreal och Vertex

$$x: 35,917$$

$$\mu: 10,817$$

$$s: 12,7262$$

$$n: 60$$

$$Z = \frac{35,917 - 10,817}{12,7262/\sqrt{60}}$$

$$Z: 15,28$$

Dubbelsidigt test 5% nivå ger $z = 1,96$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Dubbelsidigt test 1% nivå ger $z = 2,58$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Dubbelsidigt test 0,1% nivå ger $z = 3,29$ enl. tabell --> H_0 förkastas

Slutsats: Med 99,9 procents säkerhet underskattat pinnen den verkliga höjden.

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.