



Precision vid trädhöjdsmätning i gallringsskog – en fältstudie

*Precision in tree height measurement in thinning
stands – a field study*

AXEL ROOS

GUSTAF ANDERSSON



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2026:12

SLU-Skogsmästarskolan

Herrgårdsvägen 8

739 31 SKINNSKATTEBERG

www.slu.se/skogsmastarskolan

Precision vid trädhöjdsmätning i gallringsskog – en fältstudie

Precision in tree height measurement in thinning stands – a field study

Axel Roos

Gustaf Andersson

Handledare: Staffan Stenhag, 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: 2026

Omslagsbild: Granbestånd i Värmland. Foto: Axel Roos

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2026:12

Nyckelord: Arboreal, iOS, Android.



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Trädhöjd är en central parameter i skogliga inventeringar och används för att beräkna volym, biomassa, ålder och kollager. Vid SLU Skogsmästarskolan används traditionellt Suunto och Haglöf EC 2-D vid höjdmätning, men applikationen *Arboreal Träd* har introducerats som ett digitalt alternativ. Studenter har uttryckt osäkerhet kring applikationens precision, och Arboreal AB har ett intresse av att validera dess noggrannhet. Mot denna bakgrund finns ett intresse av att undersöka hur exakt *Arboreal Träd* mäter trädhöjd samt om mätresultaten påverkas av mätavstånd, trädslag och operativsystem. Detta relateras till principen om att samla in "tillräckligt bra data", där datakvalitet måste balanseras mot kostnad och praktisk nytta.

Tidigare forskning visar att höjdmätning generellt är mer osäker än diameterbestämning och att precisionen påverkas av trädslag, topografi och val av instrument. Klinometrar kräver fri sikt till både rot och topp, vilket ofta begränsas av vegetation och terräng. *Arboreal Träd* använder AR-teknik och mobilens sensorer för att uppskatta avstånd och vinklar, vilket möjliggör snabbare datainsamling men också utgör något som kan vara känsligt för variationer i olika operativsystem. Tidigare studier har både visat hög precision men vissa systematiska underskattningar för *Arboreal Träd*, men resultaten varierar mellan operativsystem och mätförhållanden.

Mätningarna genomfördes i två bestånd av huggningsklass G1; ett tallbestånd i Jämtland och ett granbestånd i Värmland. Totalt valdes 120 träd ut subjektivt och markerades i brösthöjd. För varje träd genomfördes först en referensmätning med Haglöf EC 2-D för att fastställa mätavstånden för dels hela trädets höjd dels halva trädets höjd. Därefter utfördes fyra mätningar med *Arboreal Träd* på dessa två olika mätavstånd, hela trädets höjd och halva trädets höjd. Mätningarna gjordes med de två operativsystemen Android och iOS. Slutligen fälldes träden och kontrollmättes med måttband. Totalt genererades 480 mätningar med *Arboreal Träd*. Data bearbetades i Excel och signifikanstester utfördes för att jämföra applikationens värden med kontrollmätningen på de fällda träden.

Resultaten visar att *Arboreal Träd* systematiskt underskattar trädhöjden med i genomsnitt 0,14 m, vilket är statistiskt signifikant men för praktiskt bruk en liten avvikelse. Mätningar som gjordes från avståndet motsvarande hela trädets höjd hade högre precision än mätningar från avståndet motsvarande halva trädets höjd, även om medelavvikelsen var liknande. Trädslaget påverkade också resultaten. Mätningarna på tall var mer varierande men i genomsnitt mer träffsäkra, medan granmätningarna var mer precisa men systematiskt underskattade medelhöjden med 0,17 m. Operativsystemet visade sig vara en av de mest betydelsefulla faktorerna. Android underskattade höjden med endast 0,01 m och visade ingen signifikant avvikelse, medan iOS underskattade med 0,28 m och uppvisade större spridning. Den traditionella höjdmätaren Haglöf EC 2-D, som användes som referensvärde för de två olika mätavstånden, överskattade höjden för både tall och gran, vilket innebär att en del av *Arboreal Träd* underskattning kan bero på referensinstrumentets systematiska fel.

Slutsatsen visar att *Arboreal Träd* är ett tillförlitligt verktyg som uppfyller kraven för praktisk skoglig inventering, men att användare bör vara medvetna om hur mätavstånd, trädslag och operativsystem påverkar resultatet. Mätning från längre avstånd ger högre precision, tall ger mer träffsäkra resultat än gran, och Androidenheter presterar avsevärt bättre än iOS. Studien understryker även vikten av att använda flera referens metoder vid validering av digitala mätverktyg, eftersom traditionella instrument som Haglöf EC 2-D själva kan introducera systematiska fel.

Nyckelord: Mätningar, Medeltal, Hypotesprövning

Abstract

Tree height is a central parameter in forest inventories and is used to calculate volume, biomass, age, and carbon storage. At SLU Skogsmästarskolan, Suunto and Haglöf EC 2-D have traditionally been used for height measurements, but the application *Arboreal Träd* has been introduced as a digital alternative. Students have expressed uncertainty regarding the application's precision, and Arboreal AB has an interest in validating its accuracy. Against this background, there is a need to investigate how accurately *Arboreal Träd* measures tree height and whether the results are influenced by measurement distance, tree species, and operating system. This relates to the principle of collecting “good enough data,” where data quality must be balanced against cost and practical usefulness.

Previous research shows that height measurement is generally more uncertain than diameter measurement and that precision is affected by tree species, topography, and instrument choice. Clinometers require clear sightlines to both the base and the top of the tree, which are often limited by vegetation and terrain. *Arboreal Träd* uses AR technology and the phone's sensors to estimate distances and angles, enabling faster data collection but also introducing sensitivity to variation between operating systems. Earlier studies have shown both high precision and certain systematic underestimations for *Arboreal Träd*, but results vary depending on operating system and measurement conditions.

Measurements were conducted in two stands of thinning class G1: a Scots pine stand in Jämtland and a Norway spruce stand in Värmland. A total of 120 trees were subjectively selected and marked at breast height. For each tree, a reference measurement was first taken with the Haglöf EC 2-D to determine the measurement distances corresponding to the full tree height and half the tree height. Four measurements were then performed with *Arboreal Träd* at these two distances, using both Android and iOS. Finally, the trees were felled and measured with a tape measure. In total, 480 measurements were generated with *Arboreal Träd*. Data were processed in Excel, and significance tests were performed to compare the application's values with the control measurements from the felled trees.

The results show that *Arboreal Träd* systematically underestimates tree height by an average of 0.14 m, which is statistically significant but a small deviation for practical use. Measurements taken from the distance corresponding to the full tree height had higher precision than those taken from half the tree height, although the mean deviation was similar. Tree species also influenced the results. Measurements on pine were more variable but more accurate on average, whereas measurements on spruce were more precise but systematically underestimated the true height by 0.17 m. The operating system proved to be one of the most influential factors. Android underestimated height by only 0.01 m and showed no significant deviation, while iOS underestimated by 0.28 m and exhibited greater variation. The traditional height meter Haglöf EC 2-D, used as the reference for the two measurement distances, overestimated height for both pine and spruce, meaning that part of *Arboreal Träd*'s underestimation may stem from systematic error in the reference instrument.

The conclusion is that *Arboreal Träd* is a reliable tool that meets the requirements for practical forest inventory, but users should be aware of how measurement distance, tree species, and operating system affect the results. Measuring from longer distances yields higher precision, pine provides more accurate results than spruce, and Android devices perform significantly better than iOS. The study also highlights the importance of using multiple reference methods when validating digital measurement tools, as traditional instruments such as the Haglöf EC 2-D may themselves introduce systematic errors.

Keywords: Measurements, Mean, Hypothesis test

Förord

Vi vill tacka vår handledare Staffan Stenhag för att aktivt varit med och gett oss input samt varit tillgänglig för diskussion under hela arbetet. Vi vill också tacka markägarna Anders Olsson och Calle Roos för upplåtelse av mark att utföra studien på. Även grundaren av *Arboreal Träd* Johan Ekenstedt ska ha ett stort tack för inkomna idéer om vilka parametrar som kunde/behövdes undersökas.

Vi vill också påminna om att ta en kort fikapaus med kaffe och krus, då och då förgyller tillvaron i skogen. Medan en öl eller två förgyller tillvaron vid beräkning av statistik.

Skinnskatteberg, 2026

Axel Roos & Gustaf Andersson

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 ARBOREAL SKOG	2
1.3 TIDIGARE STUDIER	3
1.4 STUDIENS SYFTE	4
2. MATERIAL OCH METODER	5
2.1 MATERIAL	5
2.2 BESTÅND	5
2.2.1 TALL JÄMTLAND	5
2.2.2 GRAN VÄRMLAND	6
2.3 UTFÖRANDE	6
2.3.1 MÄTNING MED HAGLÖF EC 2-D	8
2.3.2 MÄTNING MED ARBOREAL TRÄD, IOS OCH ANDROID	8
2.3.3 MÄTNING PÅ DET FÄLLDA TRÄDET	9
3. RESULTAT	11
3.1 TRÄDHÖJD	11
3.2 HAGLÖF EC 2-D	12
3.3 HYPOTESPRÖVNING	13
3.3.1 ARBOREAL TRÄD	13
3.3.2 MÄTAVSTÅND HELA TRÄDHÖJDEN OCH HALVA TRÄDHÖJDEN	14
3.3.3 TRÄDSLÄG, TALL OCH GRAN	16
3.3.4 OPERATIVSYSTEM, ANDROID OCH IOS	18
4. DISKUSSION	21
4.1 HUVUDRESULTAT	21
4.2 JÄMFÖRELSE MED BEFINTLIG KUNSKAP	22
4.3 FÖRKLARING/KONSEKVENSER AV NYA KUNSKAPEN	23
4.4 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER	23
4.5 REKOMMENDATIONER	24
4.6 SLUTSATSER	25
REFERENSER	26
BILAGOR	27
BILAGA 1: FÄLTBLANKETT FÖR TALL	27
BILAGA 2: FÄLTBLANKETT FÖR GRAN	29
BILAGA 3: SIGNIFIKANSTEST FÖR <i>ARBOREAL TRÄD</i>	31

BILAGA 4: SIGNIFIKANSTEST FÖR AVSTÅNDET HELA TRÄDETS HÖJD	32
BILAGA 5: SIGNIFIKANSTEST FÖR AVSTÅNDET HALVA TRÄDETS HÖJD	33
BILAGA 6: SIGNIFIKANSTEST FÖR TRÄDSLAGET TALL	34
BILAGA 7: SIGNIFIKANSTEST FÖR TRÄDSLAGET GRAN	35
BILAGA 8: SIGNIFIKANSTEST FÖR OPERATIVSYSTEMET ANDROID	36
BILAGA 9: SIGNIFIKANSTEST FÖR OPERATIVSYSTEMET IOS	37

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Idag används tre olika instrument för att mäta höjden på träd inom utbildningen på SLU Skogsmästarskolan vid fältstudier. Instrumenten är Suunto, Haglöf EC 2-D och *Arboreal Träd*. Studenterna är idag osäkra på precisionen i applikationen *Arboreal Träd*. Även Arboreal AB har ett intresse att få svar på frågeställningarna i studien. Det är avgörande att ha så precisa värden som möjligt vid uppskattning av skog för att kunna göra så korrekta skogliga beräkningar som möjligt.

En viktig del vid skogsuppskattning är att datainsamlingen är en egen del i en större helhet i en ekonomisk verksamhet. Varje spenderad krona för datainsamling ska i slutändan bidra till att generera en vinst i verksamheten, högre intäkter eller lägre kostnader. Man kan tänka att små resurser för datainsamling ger små mervärden och ökade resurser ger ökade mervärden. Detta samband är dock inte linjärt och vid för stora kostnader vid datainsamling minskar mervärdet, vilket kan leda till en minskad vinst, alternativt ge negativa resultat. Detta mynnar ut i att ha "tillräckligt bra data". Man ska inte samla in data man inte kan göra något med och inte data med för hög kvalitet som inte leder till en ökad ekonomisk vinning (Högberg 2019).

Trädens höjd är en av de viktigaste parametrarna tillsammans med diameterbrösthöjd och trädslag vid uppskattningar av skog. Trädhöjden är viktig för att kunna bestämma ålder, volym, biomassa och kollager (Wang et al. 2019). Enligt tidigare studier av Luoma et al. (2017) så är det lättare att få en högre precision vid mätningar av brösthöjdsdiameter än vid höjdmätning av ett träd. Gran hade även bättre precision vid mätningarna än tall och björk. Det finns många faktorer som kan påverka höjdmätningen. Enligt Ochał et al. (2019) underskattar Haglöf EC 2-D och Suunto höjderna på träden med 0,19 procent för gran. De faktorer som har störst påverkan vid höjdmätning av träd är topografiska (altitud, lutning) och biometriska faktorer (trädslag och ålder).

Den vanligaste metoden för att mäta trädhöjd är att använda sig av en klinometer som baseras på trigonometriska samband mellan avståndet från mätinstrumentet till ett träd och vinkeln som uppstår mellan instrumentet trädets rot och trädets topp. Vid vinkelmätning krävs det fri sikt till trädets bas och topp. Sikten kan begränsas i skogslandskapet på grund av olika orsaker såsom undervegetation, svår terräng, breda och stora trädkronor (Wang et al. 2019).

Mot denna bakgrund ska arbetet undersöka hur exakt *Arboreal Träd* är för höjdmätning, om det kan vara ett alternativ till de traditionella instrument som används på utbildningen idag och om applikationen ger "tillräckligt bra data" för skogsuppskattningar.

1.2 Arboreal Skog

Arboreal AB är ett svenskt teknikföretag grundat 2018 av Johan Ekenstedt. Företaget är verksamt inom utveckling av digitala verktyg för skogsbruk och specialiserar sig på programvara för skoglig inventering och datahantering. Bolagets verksamhet är en del av den pågående digitaliseringen inom skogssektorn, där traditionella manuella metoder i ökande grad ersätts eller kompletteras av digitala och sensorbaserade lösningar.

Företagets huvudsakliga produkt är mobilapplikationen *Arboreal Skog*, som är utvecklad för att möjliggöra digital insamling av skogliga data direkt i fält. Applikationen används för mätning och registrering av parametrar såsom brösthöjdsdiameter, trädhöjd, grundyta, stamantal, volym och träslagssammansättning. Detta görs genom att utnyttja funktioner i moderna smarta enheter, till exempel förstärkt verklighet (AR) och i kompatibla enheter samt lidarbaserad avståndsmätning. På så vis möjliggörs effektiv och relativt precis datainsamling utan behov av traditionella mätinstrument.

Den insamlade informationen lagras digitalt och kan integreras i vidare analys och planeringssystem, vilket skapar förutsättningar för förbättrat beslutsstöd inom skoglig planering och förvaltning. Lösningen riktar sig till privata och industriella skogsägare, skogsförvaltare samt entreprenörer. Den syftar till att effektivisera inventeringsprocesser, öka datakvaliteten samt minska tidsåtgången i fält.

Arboreal AB representerar ett exempel på hur företag med tekniska innovationer bidrar till utvecklingen av ett mer datadrivet och digitaliserat skogsbruk. Företagets verksamhet är relevant i ett forskningssammanhang där fokus ligger på digital transformation och precisionsskogsbruk (Arboreal 2025). Företaget har två olika produkter: *Arboreal skog* och *Arboreal Träd*. *Arboreal skog* har många olika funktioner där man kan mäta olika parametrar digitalt och lagra dessa data i molnet. De olika parametrarna man kan mäta är diameter, grundyta, stammar per hektar, volym, höjd och träslagsblandning.

Den andra produkten är applikationen *Arboreal Träd* som testas i denna studie och som finns utvecklad både för operativsystemen Android och iOS. Med denna produkt kan enbart trädhöjd mätas dock inga andra parametrar som ingår i *Arboreal skog*. Applikationen använder förstärkt verklighet (AR-teknik) för att mäta ett trädets höjd direkt med en mobiltelefon, utan behov av traditionella mätinstrument. AR-tekniken i applikationen kombinerar data från kameran med telefonens sensorer, såsom gyroskop och accelerometer, för att uppskatta avstånd och vinklar mot trädet på ett sätt som möjliggör mätningar med hög precision.

I praktiken inleds mätningen genom att användaren går nära det träd som ska mätas, vanligtvis tillräckligt nära för att applikationen ska kunna identifiera trädet i kameravyn vilket innebär cirka 0,5 – 1,5 meter ifrån trädet. När trädet har lokaliserats används applikationens markeringsfunktion för att registrera det i systemet, markeringen sätts i brösthöjd (1,3 meter) från trädets gröningspunkt. Därefter förflyttar sig användaren minst fyra meter bort från trädet, i regel till ett avstånd som ungefär motsvarar trädets uppskattade höjd, vilket skapar goda

förutsättningar för att beräkna vinklarna till trädets bas och topp. Från denna position riktas telefonen först mot trädets rotpunkt för registrering. Vid behov används zoomfunktionen för ökad precision. Därefter riktas telefonen mot trädets högsta punkt i kronan, som markeras på motsvarande sätt. När både rot och topp har registrerats genomför applikationen automatiskt beräkningen av trädets totala höjd, och resultatet visas direkt på skärmen. Skillnaden i jämförelse med mätning med Haglöf EC 2-D är att med *Arboreal Träd* behövs inget måttband och det krävs inte heller ett fast avstånd från trädet när höjden mäts. Det finns dock andra höjdmätare som inte behöver måttband och ett fast avstånd, och där man skjuter en laserpunkt för att fastställa avståndet till trädet. På Haglöf EC 2-D finns heller ingen zoomfunktion, vilket kan försvåra lokaliseringen av rot och topp på trädet.

På Arboreal skogs hemsida uppger man att höjdmätningen har ett fel (MAE) på 0,9 procent och ett systematiskt fel på 0,3 procent (Arboreal 2025).

1.3 Tidigare studier

I en studie av Sae-ngow et al. (2025) har en handhållen lasermätare jämförts med applikationen *Arboreal Träd*. Resultatet för studien visar att standardavvikelsen för den handhållna lasermätaren var 1,930 meter och för applikationen *Arboreal Träd* var standardavvikelsen 2,183 meter. Det har i studien genomförts ett Wilcoxon signed-rank-test där ingen statistisk signifikant skillnad kunde påvisas mellan de två olika mätmetoderna. Resultatet visar på en hög noggrannhet för såväl traditionella handhållna instrument som för *Arboreal Träd*.

I en studie av Lindberg (2020) har *Arboreal Träd* diameter- och höjdmätning jämförts med provytor som var kontrollmätta med klave och höjdmätaren Vertex IV. Standardavvikelsen för avvikelserna beräknades till 0,5 meter (3 %) för de 81 höjdmätta provträden. Ett systematiskt fel uppmättes på -0,2 meter (-1,4 %). Detta betyder att *Arboreal Träd* systematiskt underskattar trädhöjden. I slutsatsen beskrivs *Arboreal Träd* som ett bra komplement till traditionella höjdmätare avseende precision och tidsåtgång. Den största felkällan i mätningar med *Arboreal Träd* är användarens subjektiva bedömning av var rot och topp befinner sig. När studien genomfördes fanns inte applikationen *Arboreal Träd* tillgänglig för Android vilket resulterade i att mätningarna är genomförda med iOS. Detta kopplar till arbetes frågeställning om operativsystemet har någon betydelse för mätningarna.

En liknande studie har genomförts av Georgsson et al. (2022) där man undersökt precision och tidsåtgång för olika höjdmätare och metoder, *Arboreal Träd*, Haglöf vertex laser 2 V1402 och pinne. Denna studie är den enda som hittats där träden fällts och kontrollmäts, sampelstorleken var 30 granar cirka 80 år gamla. Det framgår inte vilket operativsystem som använts under studien. Studien kom fram till att *Arboreal Träd* hade de minsta avvikelserna mellan de olika mätningarna med skillnader som hamnade i ett spann på 0,05 – 1,78 meter från den verkliga höjden. Detta med ett avvikande medelvärde på 0,2 meter, *Arboreal Träd* underskattar alltså systematiskt trädhöjden med i medeltal 0,2 meter.

1.4 Studiens syfte

Syftet med examensarbetet är att ta reda på hur exakt applikationen *Arboreal Träd* mäter höjden på träd. Frågor examensarbetet ska undersöka är:

- Spelar avståndet från mätenheten (mobiltelefon) till trädet någon roll för hur exakt applikationen *Arboreal Träd* mäter höjden på träd? Avstånds som undersöks:
 - Hela trädets höjd som avstånd.
 - Halva trädets höjd som avstånd.
- Spelar trädslaget tall eller gran någon roll för exaktheten i mätningen?
- Har det betydelse vilket operativsystem Android eller iOS som används?

2. Material och metoder

2.1 Material

Materiallistan nedan redovisar de materiel som använts för att genomföra datainsamlingen i fält. Materialet har valts utifrån funktion och tillgänglighet för studiens genomförande.

- Samsung Galaxy S24 Ultra
- Iphone XS Max
- Haglöf EC 2-D
- Måttband, Husqvarna 15 meter
- Applikationen *Arboreal Träd*
- Fältblankett, se bilaga 1
- Skruvdragare
- Skruv 120 stycken
- Markeringsbricka 120 stycken
- Snitselband
- Motorsåg, Stihl 261 och Husqvarna 550 XPG
- Sågskyddsutrustning
- Aspen 2 bensin
- Husqvarna olja

2.2 Bestånd

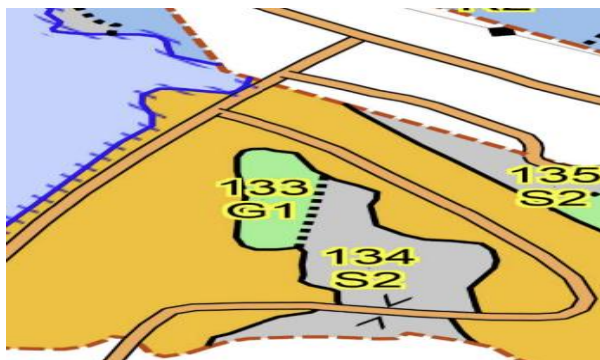
Mätningarna har utförts i två bestånd båda av huggningsklass G1 ett granbestånd i Värmland och ett tallbestånd i Jämtland. Marken och skogen som mätningarna utförts på ägs av två olika privata markägare. Medelhöjden och volymen för de två bestånden som valts ut för att få dem så likvärdiga varandra som det går. Detta för att minimera felkällor störande faktorer under mätningarna.

2.2.1 Tall Jämtland

Fastigheten finns i Jämtlands län, Åre kommun, församling, Undersåker. Datamaterialet är från en skogsbruksplan som är upprättad 2025 där värdena har uppräknats till 2026.

Tabell 1. Beståndsdata ifrån skogsbruksplan, tall i Jämtland.

Areal, ha	0,5
Ålder, år	39
Hkl	G1
Si	T20
M ³ sk/ha	230
Målklass	PG
TGL	712
Medeldiameter, cm	16
Medelhöjd, m	16
Grundyta, m ²	26



Figur 1. Tallbestånd i Jämtland avdelning 133.

2.2.2 Gran Värmland

Fastigheten finns i Värmlands län, Eda kommun, församling Järnskog-skillingsmark. Datamaterialet kommer från en skogsbruksplan som är upprättad 2022 där värdena har uppräknats till 2026.

Tabell 2. Beståndsdata från skogsbruksplan, gran i Värmland.

Areal, ha	3,7
Ålder, år	39
Hkl	G1
Si	G28
M ³ sk/ha	239
Målklass	PG
TGL	073
Medeldiameter, cm	17
Medelhöjd, m	16
Grundyta, m ²	28



Figur 2. Granbestånd i Värmland avdelning 56.

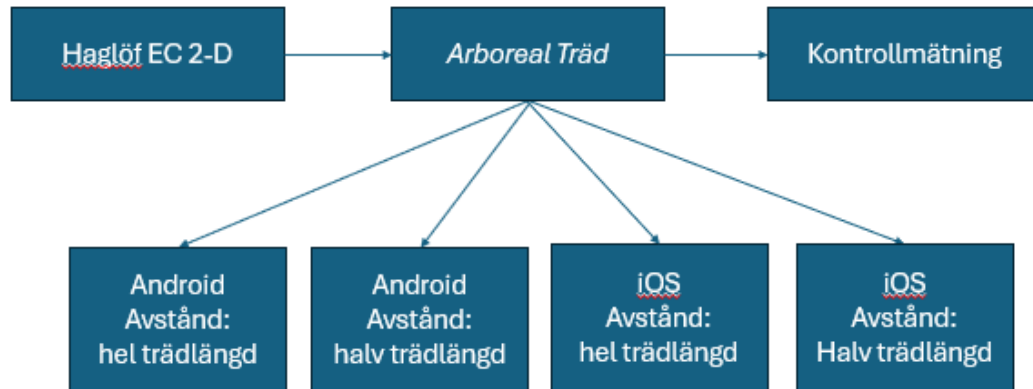
2.3 Utförande

För att få fram ett referensvärde för vilket mätavstånd som ska användas vid mätningen med *Arboreal Träd* görs inledningsvis en mätning med Haglöf EC 2-D för att erhålla de två avstånden:

- Hela trädets höjd
- Halva trädets höjd

Mätningarna med *Arboreal Träd* har utförts med två olika operativsystem Android och iOS. Det görs totalt fyra olika mätningar med applikationen *Arboreal*

Träd, hela trädets höjd med iOS och Android samt halva trädets höjd med iOS och Android. Detta görs för att kunna urskilja om avståndet till träden påverkar mätningarna eller om operativsystemet har någon betydelse för mätningarna. Avslutningsvis fälls trädet och kontrollmäts.



Figur 3. Översikt av de olika mätningar som utfördes.

För respektive bestånd valdes 60 träd ut subjektivt och markerades i brösthöjd (1,3 m) med en blå plastbricka som skruvades fast och numrerades 1 – 60. Detta för att få en bra struktur på arbetet eftersom det ska vara lätt att kontrollera att det är samma träd som mäts på stående rot och efter fällning med måttband. Denna metod har upplevts som det mest strukturerade och tidseffektiva alternativet.

Representativa träd har subjektivt valts ut i bestånden som ej har toppbrott, skador, är abnormalt eller döda. Subjektiva metoder är ej lämpligt på större objekt man brukar dra en övregräns vid fem hektar, eftersom inget av bestånd är större än fem hektar anses det lämpligt att använda en subjektiv metod (Högberg 2019).



Figur 4. De blå brickorna som användes under studien, på bilden syns den sista brickan i tallbeståndet i Jämtland. Foto: Axel Roos

Trädets rot markerades med ett snitselband där fällskäret skulle läggas. Markeringen vid roten användes som mätpunkt vid alla mätningar på stående träd för att uppnå så konsekventa mätningar som möjligt.

Efter genomförda mätningar på stående träd fälldes träden med motorsåg fällskäret lades vid markeringen i roten, stammarna kvistades hela och stammen mättes liggande med måttband. Under arbetets gång har det mätts 30 stående träd och fällts 30 träd per dag. Arbetsdagarna har varit åtta timmar. Totala tidsåtgången för att mäta ett provbestånd (60 träd) är fyra dagar med alla moment inräknade mätning, fällning, aptering och brossling, det vill säga ihop dragandet av virket.

Insamlade data har bearbetats i Excel för att ta fram grafer och tabeller. Signifikanstest har beräknats med formel 6.1.3 "stickprov i par" från kompendiet Åt skogen med statistik (Stenhag 2025). I testen undersöks om det i medeltal finns en signifikant avvikelse mellan kontrollmätningarna och mätningarna med Arboreal. En fältblankett har utformats i Excel innan fältarbetet påbörjades för att lätt kunna mata in data under arbetets gång (se Bilaga 1 och Bilaga 2).

Efter att träden mättes så apterades träden upp och brosslades ihop för vidare förädling till de svenska skogsindustrierna.

2.3.1 Mätning med Haglöf EC 2-D

De första mätningarna genomfördes med Haglöf EC 2-D. Höjdmätaren ställdes in på avståndet 15 meter, sedan fästes måttbandet på stammens mitt i brösthöjd och drogs ut till 15 meter där trädets topp var tydligt synlig. Första punkten togs på markeringen i rot och nästa i trädets topp. Höjden på trädet dyker då upp i mätarens panel och detta värde noterades på fältblanketen. Värdet ligger sedan till grund för mätningarna med *Arboreal Träd*. För att minimera risken för systematiska mätfel genomfördes mätningarna varannan gång av de två förrättningsmännen.

2.3.2 Mätning med Arboreal Träd, iOS och Android

Tillvägagångssättet för mätningarna är likadant för iOS och Android, först genomfördes mätningen på hela trädets höjd med dem olika operativsystemen, iOS och Android. Sedan genomfördes mätningen på halva trädets höjd med respektive operativsystem. Detta resulterade i två mätningar för respektive operativsystem och fyra olika mätresultat totalt med *Arboreal Träd*. Mätningarna genomfördes genom att punkten i applikationen markerades i brösthöjd där den blå brickan sitter (se Figur 5).



Figur 5. Mätning med *Arboreal Träd* med operativsystemet iOS. Foto: Axel Roos

Mobiltelefonen hölls på en meter från trädet för att få så konstanta mätningar som möjligt. Med ett tryck på skärmen markerades trädet i brösthöjd. Efter trädet registrerats förflyttar sig förrättningsmannen bort från trädet längsmed måttbandet till det värde som gavs av Haglöf EC 2-D. När värdet nåddes riktades kameran in och med hjälp av siktet skjuts en punkt på markeringen i roten medan nästa punkt skjuts i trädets topp. Om det var svårt att se toppen genom kameran användes zoomfunktionen för att lättare lokalisera den. Höjden presenteras i displayen på mobiltelefonen och noteras i fältblanketen. Samma procedur genomfördes för halva trädets höjd, skillnaden är att man går bort till halva trädets höjd som gavs av mätningen med Haglöf EC 2-D. Även här genomfördes mätningarna varannan gång med de olika operativsystemen av de två förrättningsmännen. Detta för att minimera risken för systematiska mätfel.

2.3.3 Mätning på det fällda trädet

De utvalda träden fälldes med motorsåg, fällskäret placerades exakt i den uppmärkta mätpunkten. Därefter kvistades trädet i dess fulla längd för att underlätta mätningen. Mätningen utfördes genom att måttbandet fästes i trädets rot och drogs till trädets topp. Där avlästes värdet på trädets längd och noterades i fältblanketen, se Figur 6.



Figur 6. Bilden visar hur träden mättes med måttband. Foto: Axel Roos.

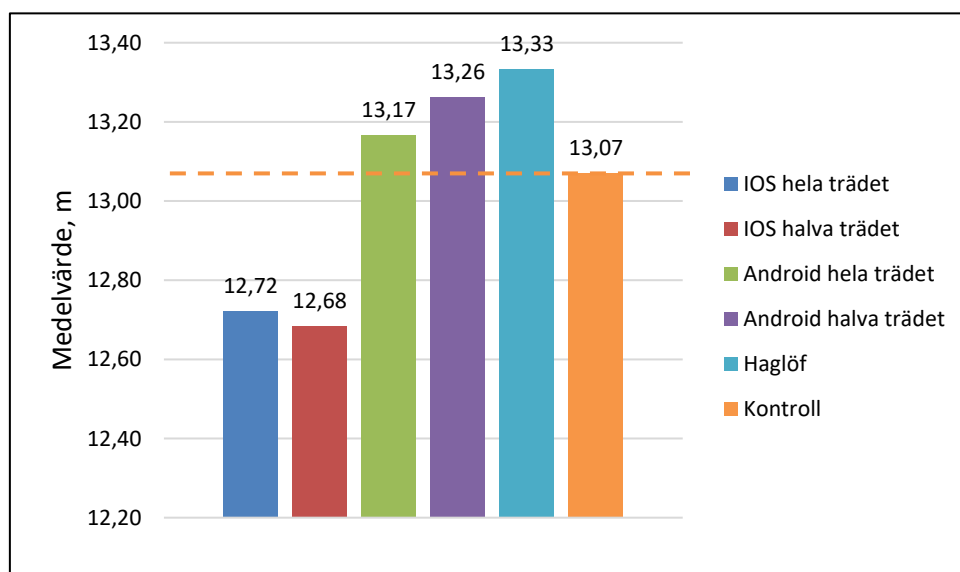
3. Resultat

Data från mätningarna i studien har sammanställts i Excel och utifrån det presenteras grafer och diagram i detta kapitel. Trädhöjd presenteras för samtliga mätningar. En översikt av Haglöf EC 2-D jämfört mot kontrollmätningen presenteras för att det använts som ett referensvärde för mätningarna med *Arboreal Träd*. Hypotesprövningar har gjorts för trädhöjd, mätavstånd, trädslag och operativsystem.

3.1 Trädhöjd

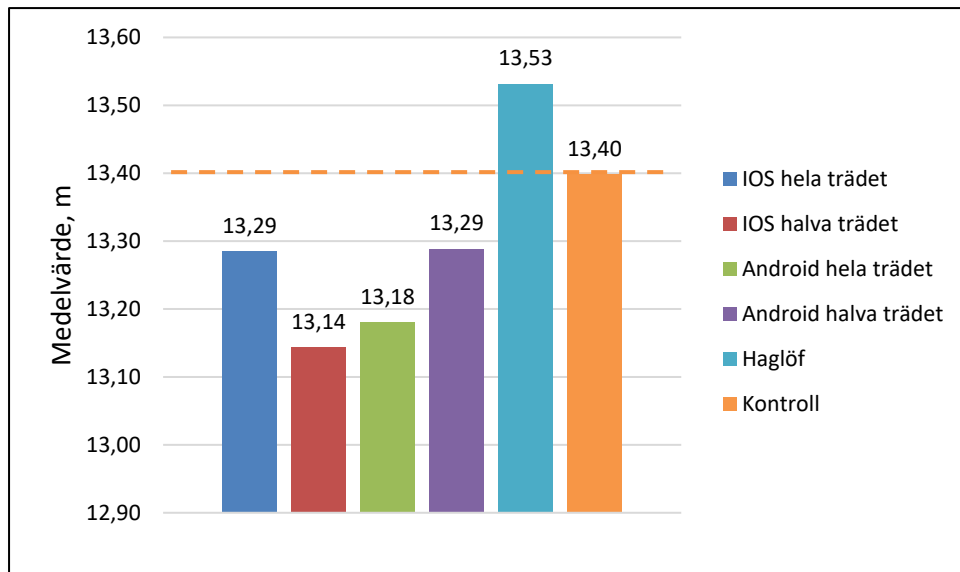
I de två diagrammen nedan presenteras medelvärdet för de två olika trädslagen på alla mätningarna. Varje stapel är baserade på 60 mätningar, det vill säga 360 mätningar för respektive trädslag. Dessa siffror är ej statistiskt beräknade och man kan därför inte dra slutsatser med säkerhet, utan endast påvisa trender.

Utifrån kontrollmätningen, orange stapel i diagrammet nedan, så syns det att operativsystemet iOS underskattar mätningarna medan operativsystemet Android överskattar mätningarna i medeltal på trädslaget tall. Haglöf EC 2-D överskattar värdet på tall.



Figur 7. Diagram som visar medelvärdet i meter på alla mätningar utförda på trädslaget tall.

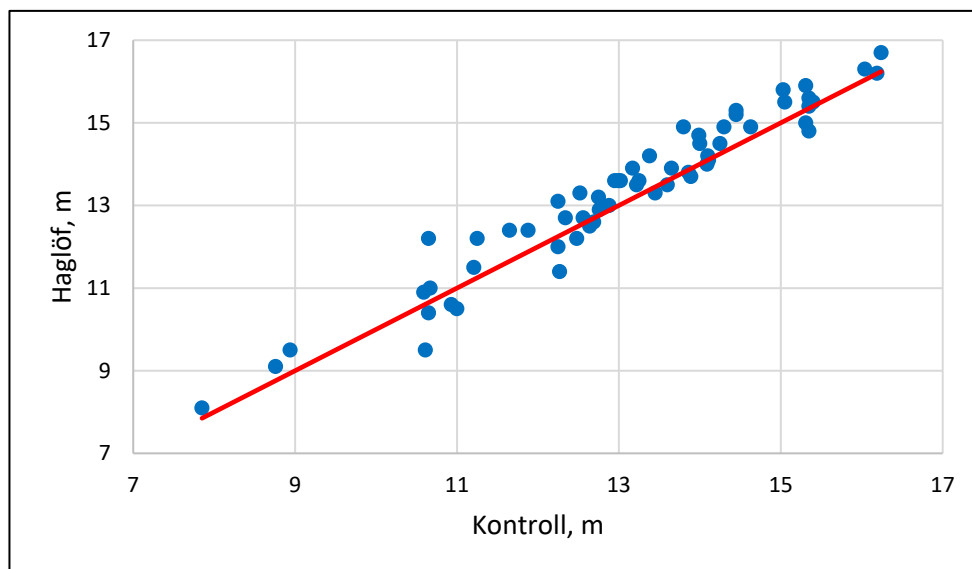
Mätningarna för trädslaget gran underskattar båda operativsystemens alla mätningar i medeltal. Det syns även att Haglöf EC 2-D överskattar mätningarna på gran.



Figur 8. Diagram som visar medelvärdet i meter på alla mätningar utförda på trädslaget gran.

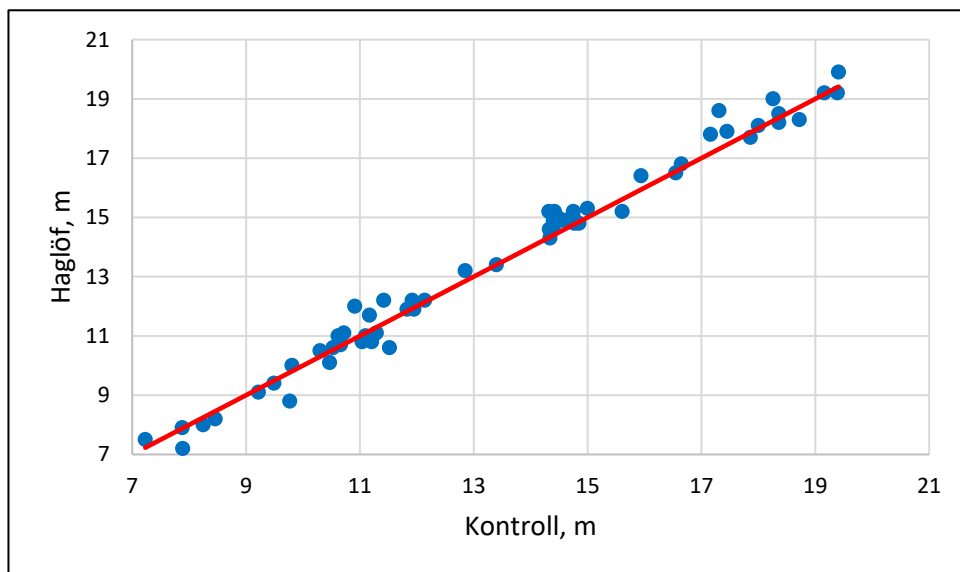
3.2 Haglöf EC 2-D

Mätningarna för Haglöf EC 2-D på trädslaget tall, det är en tydlig trend att de blå punkterna ligger över den röda identitetslinjen. Vilket kan tolkas att Haglöfsmätaren överskattar mätningarna på tall jämfört med kontrollmätningen.



Figur 9. Punktdiagram som visar mätningar med Haglöf EC 2-D för tall. De blå punkterna visar mätningarna med Haglöf och den röda identitetslinjen är kontrollmätningen.

Punktdiagrammet visar att det kan anas en trend att Haglöf EC 2-D överskattar mätningarna på gran jämfört med kontrollmätningen. Det ses genom att majoriteten av de blå punkterna ligger över den röda identitetslinjen.



Figur 10. Punktdiagram som visar mätningar med Haglöf EC 2-D för gran. De blå punkterna visar mätningarna med Haglöf och den röda identitetslinjen är kontrollmätningen.

3.3 Hypotesprövning

Utifrån frågeställningarna och studiens syfte har hypotesprövning utförts på de olika mätningarna för att fastställa hur precist *Arboreal Träd* mäter beroende på mätavståndet ifrån trädet, trädslag eller operativsystem. Följande hypotesprövningar mot kontrollvärdena på de fällda träden presenteras.

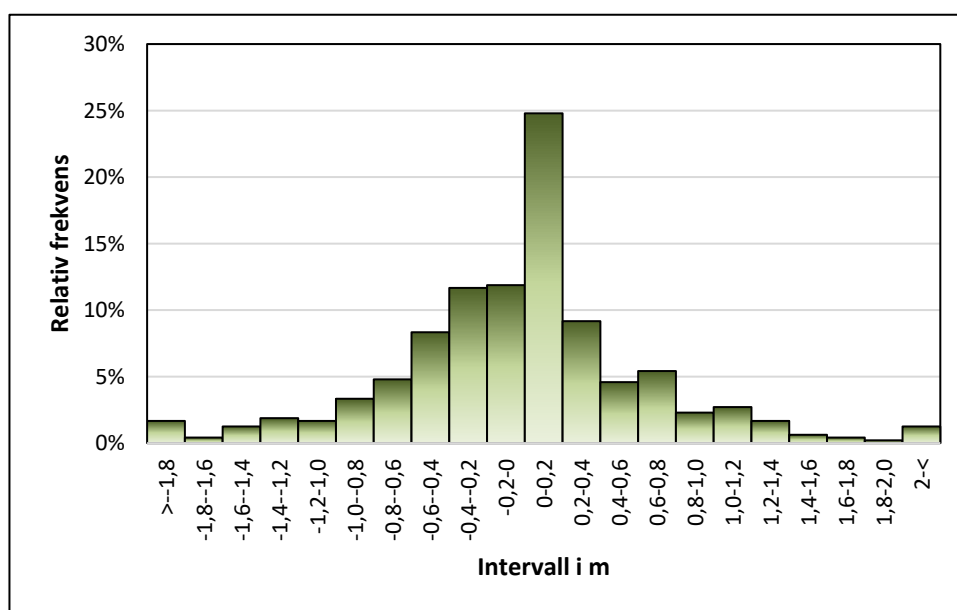
- Hypotesprövningen för alla mätningar gjorda med *Arboreal Träd*, vilket motsvarar 480 mätningar.
- Hypotesprövningen för mätavståndet hela och halva trädets höjd presenteras utan hänsyn till trädslag eller operativsystem och motsvarar 240 mätningar.
- Hypotesprövningen för trädslag, tall och gran är alla mätningar sammanslagna utan hänsyn till mätavstånd ifrån trädet och operativsystem och motsvarar 240 mätningar.
- Hypotesprövningen för operativsystemet, Android och iOS är alla mätningar sammanslagna utan hänsyn till mätavståndet från trädet och trädslag och motsvarar 240 mätningar.

3.3.1 Arboreal Träd

Hypotesprövningen för alla mätningar med *Arboreal Träd* visar att applikationen underskattar trädhöjden med 0,14 meter i medeltal, standardavvikelsen är på 0,7692 meter. Det går med 99,9 procent säkerhet säga att *Arboreal Träd* mätningar signifikant underskattar den riktiga trädhöjden (se Bilaga 3).

Histogrammet för alla mätningar utförda med *Arboreal Träd* se Figur 11 visar en symmetrisk fördelning av mätavvikelserna centrerad kring nollpunkten. Den

högsta relativa frekvensen ligger på cirka 37 procent i de båda intervallerna närmast noll, vilket innebär att en stor andel av mätningarna ligger nära kontrollvärdet. Fördelningen avtar gradvis åt båda håll, vilket ger ett normalfördelningslikt utseende. Spridningen är måttlig och avvikelserna sträcker sig endast begränsat ut i både positiv och negativ riktning med en majoritet i den negativa riktningen. Detta överensstämmer med hypotesprövningen, där alla mätningar med *Arboreal Träd* underskattar trädhöjden med 0,14 meter

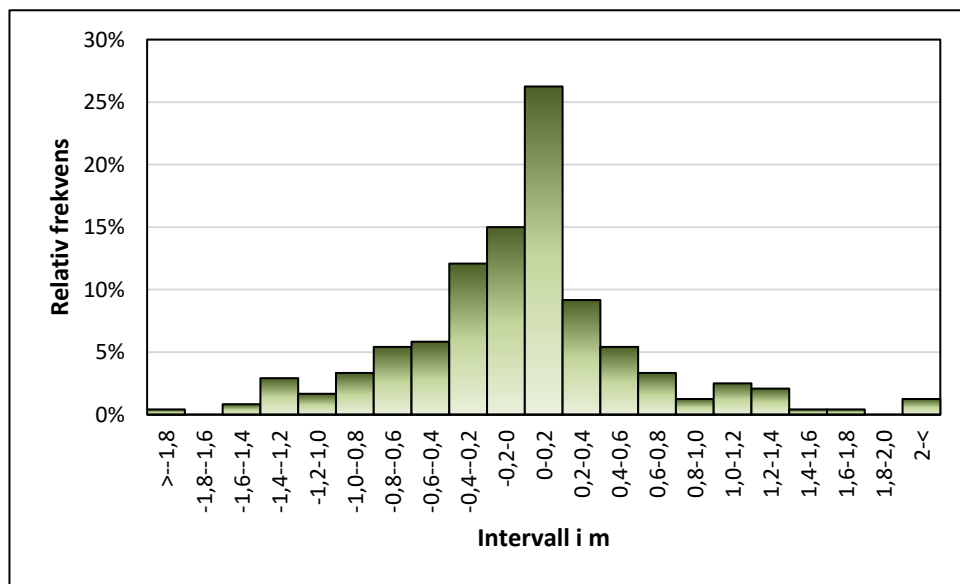


Figur 11. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för alla mätningar utförda med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

3.3.2 Mätavstånd hela trädhöjden och halva trädhöjden

Hypotesprövningen för avståndet med hela trädets höjd oavsett trädslag och operativsystem visar att *Arboreal Träd* underskattar trädhöjden med 0,15 meter i medeltal när mätning genomförs från ett avstånd av trädets hela höjd, standardavvikelse är på 0,6956 meter. Det går med 99 procent säkerhet säga att mätavståndet hela trädets höjd signifikant underskattar den riktiga trädhöjden (se Bilaga 4).

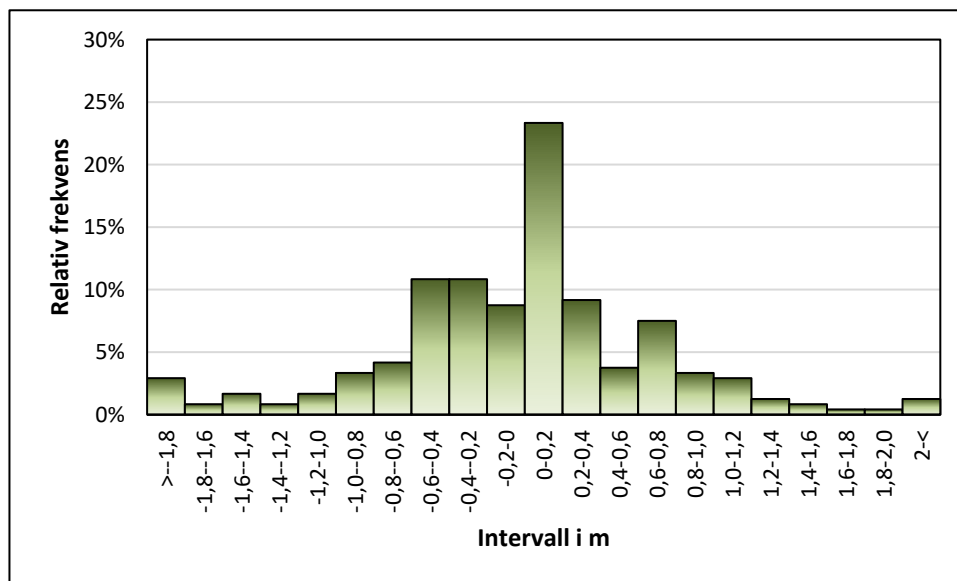
Histogrammet för mätningar utförda för avståndet hela trädets höjd se Figur 12 visar en symmetrisk fördelning av mätavvikelserna centrerad kring nollpunkten. Den högsta relativa frekvensen ligger på cirka 41 procent i intervallet närmast noll, vilket innebär att en stor andel av mätningarna ligger nära kontrollvärdet. Fördelningen avtar gradvis åt båda håll, vilket ger ett normalfördelningslikt utseende. Spridningen är måttlig och avvikelserna sträcker sig endast begränsat ut i både positiv och negativ riktning med en majoritet i negativ riktning. Detta överensstämmer med hypotesprövningen, där mätningarna från avståndet på hela trädets höjd visade en underskattning av trädhöjden på 0,15 meter.



Figur 12. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för avståndet hela trädets höjd med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

Hypotesprövningen för avståndet halva trädets höjd, oavsett trädslag och operativsystem, visar att *Arboreal Träd* underskattar trädhöjden med 0,14 meter i medeltal när mätningen genomförs ifrån ett avstånd av halva trädets höjd, standardavvikelsen är på 0,8378 meter. Det går med 99 procent säkerhet säga att mätavståndet halva trädets höjd signifikant underskattar den riktiga trädhöjden (se Bilaga 5).

Histogrammet för mätningar utförda från avståndet halva trädets höjd se Figur 13 visar en tydligt centrerad och symmetrisk fördelning av mätavvikelserna kring nollpunkten. Den högsta relativa frekvensen ligger på cirka 32 procent i intervallet närmast noll, vilket innebär att en stor andel av mätningarna ligger nära kontrollvärdet. Spridningen är något större jämfört med mätningar från avståndet hela trädets höjd. Avvikelserna sträcker sig längre ut i både positiv och negativ riktning, med en majoritet i negativ riktning. Detta överensstämmer med hypotesprövningen, där mätningar från avståndet halva trädets höjd visade en underskattning av trädhöjden på 0,14 meter.



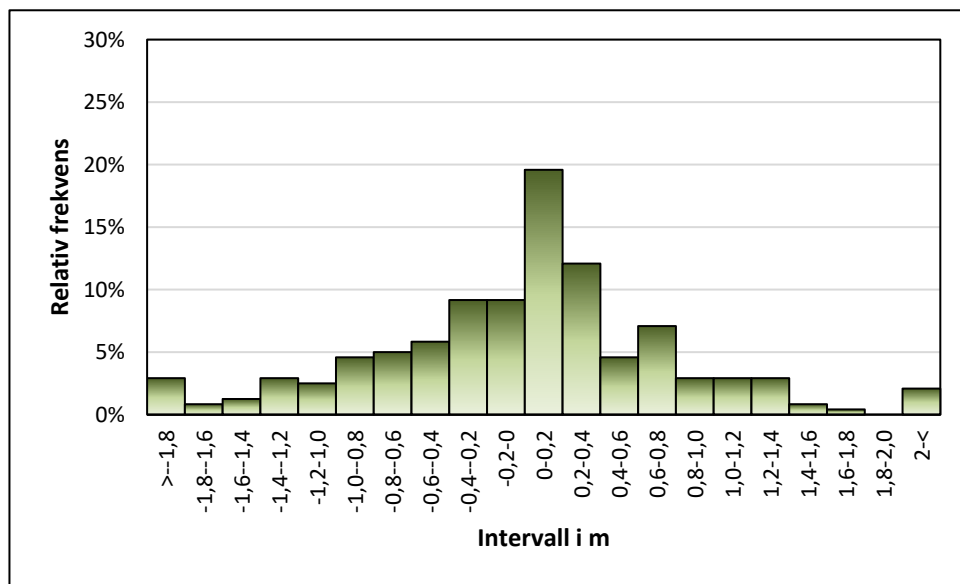
Figur 13. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för avståndet halva trädets höjd med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

Resultaten visar att mätningarna gjorda med en hel trädlängds avstånd har bättre precision jämfört med mätningarna av avståndet halva trädets höjd. Avståndet hela trädets höjd underskattar trädhöjden lite mer jämfört med avståndet halva trädets höjd. Skillnaden mellan metoderna är 0,01 meter, men avståndet hela trädets höjd har en mindre standardavvikelse på 0,6956 meter jämfört med avståndet halva trädets höjd på 0,8378 meter.

3.3.3 Trädslag, tall och gran

Hypotesprövningen för trädslaget tall oavsett avstånd ifrån trädet och operativsystem visar att *Arboreal Träd* underskattar trädhöjden med 0,11 meter i medeltal, standardavvikelsen är på 0,9056 meter. Det går inte att bevisa någon signifikant skillnad mellan mätningarna från trädslaget tall och den riktiga trädhöjden (se Bilaga 6).

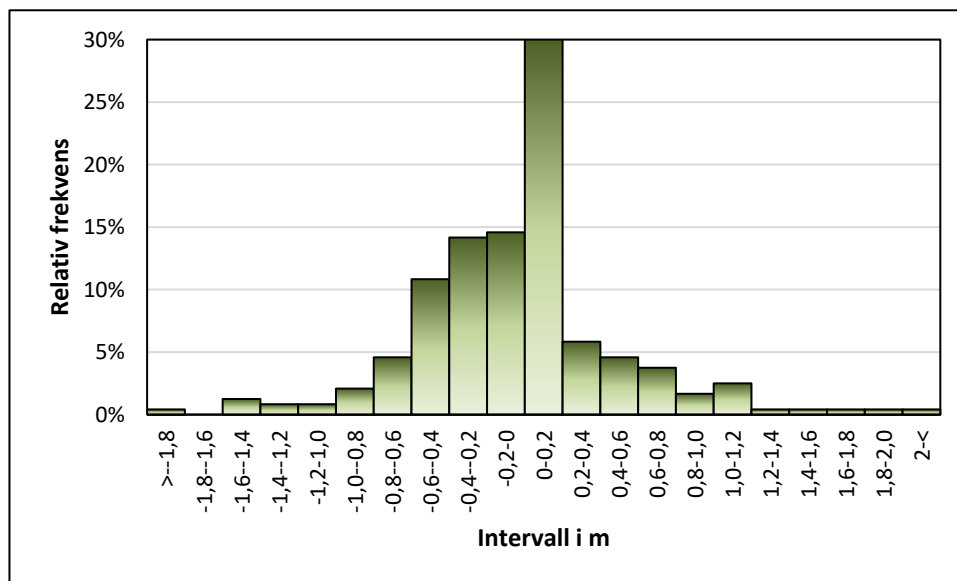
Histogrammet för tall se Figur 14 visar en symmetrisk och tydligt centrerad fördelning av mätavvikelserna kring nollpunkten. Den högsta relativa frekvensen ligger på omkring 29 procent i intervallet närmast noll, vilket innebär att en stor andel av mätningarna ligger nära kontrollvärdet. Spridningen är större för tall jämfört med gran, vilket innebär att avvikelserna sträcker sig längre ut i både positiv och negativ riktning, med en majoritet i negativ riktning. Detta överensstämmer med resultatet från hypotesprövningen, där mätningarna för tall visade en underskattning av trädhöjden på 0,11 meter.



Figur 14. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för trädslaget tall med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

Hypotesprövningen för trädslaget gran oavsett avstånd ifrån trädet och operativsystem visar att *Arboreal Träd* underskattar trädhöjden med 0,17 meter i medeltal, standardavvikelsen är på 0,6032 meter. Det går med 99,9 procent säkerhet säga att för trädslaget gran signifikant underskattas den riktiga trädhöjden (se Bilaga 7).

Histogrammet för gran, se Figur 15, visar en tydligt centrerad och symmetrisk fördelning av mätavvikelserna kring nollpunkten. Den högsta relativa frekvensen ligger på cirka 45 procent i intervallet närmast noll, vilket innebär att en stor andel av mätningarna ligger mycket nära kontrollvärdet. Spridningen är mindre jämfört med tall, vilket innebär att avvikelserna sträcker sig kortare ut i både positiv och negativ riktning med en majoritet i negativ riktning. Detta överensstämmer med resultaten från hypotesprövningen, där gran visade en underskattning av trädhöjden på 0,17 meter.



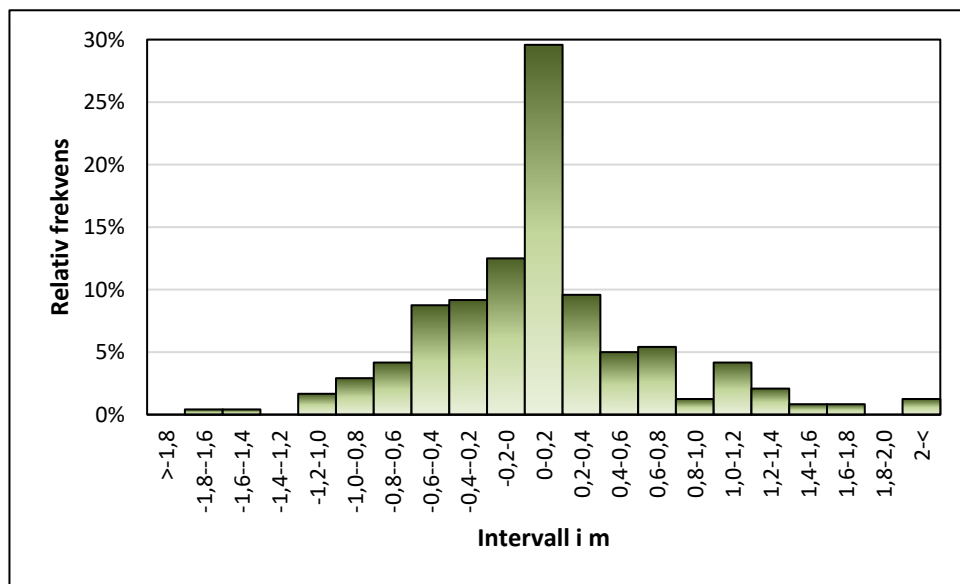
Figur 15. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för trädslaget gran med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

Resultaten visar att mätningarna gjorda på gran har bättre precision jämfört med mätningarna gjorda på tall. Trädslaget gran underskattar trädhöjden lite mer med 0,06 meter men har en mindre standardavvikelse på 0,6032 meter jämfört med trädslaget tall på 0,9056 meter.

3.3.4 Operativsystem, Android och iOS

Hypotesprövningen för operativsystemet Android visar att det underskattar trädhöjden med i medeltal 0,01 meter, standardavvikelsen är på 0,6961 meter. Det går inte att bevisa någon signifikant skillnad mellan Android och den riktiga medelträdhöjden (se Bilaga 8).

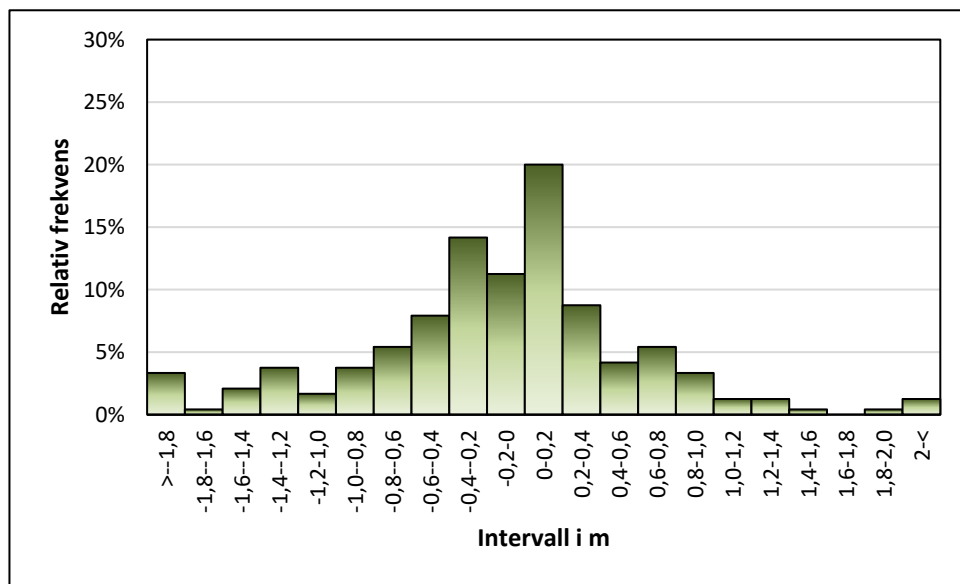
Histogrammet för Android, se Figur 16, uppvisar en relativt tät och symmetrisk fördelning av mätvärdena kring noll. Den högsta relativa frekvensen ligger på omkring 43 procent i intervallet närmast noll, vilket innebär att en stor andel av mätningarna ligger mycket nära kontrollvärdet. Spridningen är begränsad och avvikelserna sträcker sig endast måttligt ut åt båda håll. Detta överensstämmer med hypotesprövningen, där Android visade en underskattning av trädhöjden på 0,01 meter.



Figur 16. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för operativsystemet Android med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

Hypotesprövningen för operativsystemet iOS visar att det underskattar trädhöjden i medeltal med -0,28 meter, standardavvikelsen är på 0,8159 meter. Det går med 99,9 procent säkerhet säga att operativsystemet iOS signifikant underskattar den riktiga trädhöjden (se Bilaga 9).

Histogrammet för iOS se Figur 17 visar också en symmetrisk fördelning centrerad kring noll, men med en lägre koncentration på cirka 31 procent och en något bredare spridning än Android. Avvikelseerna sträcker sig längre ut i båda riktningarna, vilket tyder på större variation i mätningarna, med en majoritet i negativ riktning. Detta överensstämmer med hypotesprövningen, där iOS visade en underskattning av trädhöjden med 0,28 meter.



Figur 17. Histogram som visar avvikelser från kontrollmätningen för operativsystemet IOS med *Arboreal Träd*. X-axeln visar intervaller indelat i 0,2 meter, y-axeln visar relativa frekvensen i procent.

Resultaten visar att mätningarna gjorda med operativsystemet Android har bättre precision jämfört med mätningarna gjorda med operativsystemet iOS. Operativsystemet iOS underskattar trädhöjden med 0,28 meter och har en större standardavvikelse på 0,8159 meter jämfört med operativsystemet Android på 0,6961 meter.

4. Diskussion

4.1 Huvudresultat

Resultatet av studien visar på god precision för samtliga mätningar. Enligt Högberg (personlig kommunikation, senior universitetslektor Hans Högberg, 2026-05-12) är ett acceptabelt värde för mätningarna där medelhöjden är cirka 15 meter, +/- 0,2 meter. I Tabell 3–5 presenteras de olika metodernas systematiska fel och hur många procent av mätningarna som ligger inom intervallet +/- 0,2 meter, det vill säga det ”godkända” intervallet.

I Tabell 3 så går det att se hur mätningarna med *Arboreal Träd* presterar i jämförelse mot Haglöf EC 2-D utan hänsyn till trädslag eller operativsystem. Största skillnaden är att Haglöf EC 2-D överskattar trädhöjden, med ett systematiskt fel på 0,2 meter och 40 procent ligger inom det acceptabla intervallet. Jämfört med *Arboreal Träd* som underskattar trädhöjden med ett systematiskt fel på 0,14 meter och 37 procent ligger inom det acceptabla intervallet.

Mätavståndet ifrån trädet är det ingen större skillnad på när det gäller det systematiska felet. Däremot har avståndet hela trädets höjd 41 procent inom det acceptabla intervallet. Jämfört med avståndet halva trädets höjd som har 32 procent inom det acceptabla intervallet.

Tabell 3. Tabell som visar de olika metodernas systematiska fel och de acceptabla mätningarna i intervallet (+/- 0,2 m) i procent.

Metoder	Systematiskt fel i m	Acceptabla mätningar i intervallet (+/- 0,2m)
<i>Arboreal Träd</i> alla mätningar	-0,14	37%
<i>Arboreal Träd</i> hela trädhöjden	-0,15	41%
<i>Arboreal Träd</i> halva trädhöjden	-0,14	32%
Haglöf EC 2-D alla mätningar	0,2	40%

I Tabell 4 går det se att gran ger det mest träffsäkra mätningarna oavsett metod. *Arboreal Träd* har ett lägre systematiskt fel för tall jämfört med Haglöf EC 2-D, medan båda metoderna presterar väl för gran. *Arboreal Träd* presterar bäst på gran, där det systematiska felet är -0,17 meter och 45 procent av mätningarna ligger inom det acceptabla intervallet. För tall är avvikelsen något mindre, -0,11 meter och 29 procent av mätningarna ligger inom det acceptabla intervallet, vilket visar att tall ger större variation och lägre träffsäkerhet.

Haglöf EC 2-D uppvisar ett motsatt mönster och överskattar höjden för båda trädslagen. För gran är det systematiska felet 0,13 meter och 46 procent av mätningarna ligger inom det acceptabla intervallet. Tall har ett större systematiskt fel på 0,26 meter och 33 procent av mätningarna ligger inom det acceptabla intervallet. Detta tyder på att trädslaget har en viss påverkan på mätprecisionen.

Tabell 4. Tabell som visar de olika metodernas systematiska fel och de acceptabla mätningarna i intervallet (+/- 0,2 m) i procent.

Metoder	Systematiskt fel i m	Acceptabla mätningar i intervallet (+/- 0,2m)
<i>Arboreal Träd</i> , gran	-0,17	45%
<i>Arboreal Träd</i> , tall	-0,11	29%
Haglöf EC 2-D, gran	0,13	46%
Haglöf EC 2-D, tall	0,26	33%

I Tabell 5 presenteras de olika operativsystemen som använts med *Arboreal Träd*. Android har ett systematiskt fel på -0,01 meter och har 43 procent av mätningarna inom det acceptabla intervallet. iOS har ett systematiskt fel på -0,28 meter och har 31 procent av mätningarna inom det acceptabla intervallet.

Tabell 5. Tabell som visar de olika metodernas systematiska fel och de acceptabla mätningarna i intervallet (+/- 0,2 m) i procent.

Metoder	Systematiskt fel i m	Acceptabla mätningar i intervallet (+/- 0,2m)
Arboreal Android	-0,01	43%
Arboreal iOS	-0,28	31%

Generellt mäter *Arboreal Träd* bra, för att uppnå de bästa mätresultaten bör avståndet hela trädets höjd, trädslaget gran och operativsystemet Android användas.

4.2 Jämförelse med befintlig kunskap

Resultatet för studien stämmer bra överens med tidigare studier gjorda med *Arboreal Träd*. Jämfört med Lindberg (2020) resultat med operativsystemet iOS där det systematiska felet är på -0,20 meter och standardavvikelse på 0,5 meter. Detta liknar denna studies resultat där iOS systematiska fel är -0,28 meter och standardavvikelsen är 0,8159 meter. En något större underskattning och högre

standardavvikelse men inget avsevärt. Georgsson & Ottosson (2022) presenterar ett liknande resultat med ett systematiskt fel på -0,20 meter.

Haglöf EC 2-D mätningarna systematiska fel är 0,20 meter jämfört med Ochal et al. (2019) som visar ett systematiskt fel på -0,11 meter. Den studien har ett större sampel på 272 mätningar vilket kan förklara skillnaden för det systematiska felet.

Sae-ngow et al. (2025) studiens resultat för *Arboreal Träd* visade på en standardavvikelse på 1,930 meter och att mätningarna är normalfördelade. Dessa resultat skiljer sig från denna studies resultat där alla mätningar med *Arboreal Träd* har ett systematiskt fel på -0,14 meter och en standardavvikelse på 0,7692 meter. Sae-ngow (2025) mätningar är ej gjorda på tall eller gran vilket kan förklara den stora differensen mellan mätningarna.

Inga studier för Android finns att jämföra med, dock visar operativsystemet Android på god precision vid mätningarna.

4.3 Förklaring/konsekvenser av nya kunskapen

En konsekvens av studiens resultat är att operativsystemet iOS har ett för stort systematiskt fel -0,28 meter, vilket inte kan anses som acceptabelt enligt Högberg (personlig kommunikation 2026-05-12). Om applikationen *Arboreal Träd* ska användas i större skala inom skogsbranschen så bör operativsystemet Android användas få att få så exakta värden som möjligt. Alternativt att man är medveten om det systematiska felet på -0,28 meter och kompenserar för det när man gör beräkningar med data från operativsystemet iOS.

Tittar man på alla mätningarna med *Arboreal Träd* är precisionen tillräckligt bra enligt Högberg. Detta betyder att applikationen funkar bra som ett alternativ till traditionella höjdmätare som används i skogsbranschen och under utbildningen på Skogsmästarskolan.

4.4 Studiens styrkor och svagheter

Studiens största styrka är att det finns ett stort sampel på 480 mätningar med *Arboreal Träd* jämfört med Jämfört med Lindberg (2020) och Georgsson & Ottosson (2022) som hade 81 mätningar respektive 60 mätningar med *Arboreal Träd*. Det stora samplet styrker studiens resultat och mätningarnas precision och tillförlitlighet.

En annan styrka är att alla mätningar konsekvent är utförda av två olika förrättningsmän. Alla träden som mätts stående har också fällts och mätts liggande, därav har man den verkliga höjden för alla träd vilket en stor styrka för resultatet.

Studiens största svaghet är att mätningarna är utförda på gallringsskog vilket innebär att trädhöjden ej är lika hög som i slutavverknings mogen skog, det går inte att dra några slutsatser för hur precisionen påverkas av att trädhöjden ökar.

Det finns inga studier att jämföra operativsystemet Android med vilket gör det svårare att säkerställa att Android faktiskt har en så bra precision som i studiens mätningar. Enligt studien överskattar Haglöf EC 2-D trädhöjden med 0,2 meter vilket påverkar mätavståndet hela och halva trädets höjd eftersom det använts som referensvärde. Om det har någon påverkan för mätningarna med *Arboreal Träd* går det inte att dra någon slutsats om. Mobiltelefonernas modeller kan också påverka resultatet. Mobiltelefonen med iOS var en äldre modell jämfört med Androidtelefonen.

Beståndet för Jämtlands skogsbruksplan stämde inte med verkligheten. Åldern skiljde sig med 15 år och medelhöjden var tre meter lägre än vad som angavs i planen.

4.5 Rekommendationer

När det gäller själva utförandet så skulle det rekommenderas att man tänker på tidsåtgången då det upplevdes att arbetet blev effektivare desto mer man använde applikationen samt att man där kunde bygga upp metoder som blev effektiva både i tidsåtgång och ur en logistisk synpunkt. Några dagars bekantskap med applikationen innan man beger sig ut i fält skulle rekommenderas.

Det svåraste under arbetet var att lokalisera vilken topp som tillhörde trädet som skulle mätas. Även att positionera sig för att kunna se topparna så bra som möjligt tog en del tid. Tallbeståndet i Jämtland var svårare att mäta eftersom krontaket var jämnare höjdmässigt jämfört med granbeståndet i Värmland, vilket gjorde det svårare att urskilja vilken topp man mätte. Det var även något mer kuperad terräng samt betydligt fler hinder i form av förröjd underväxt vilket ställde högre fysiska krav på förrättningsmännen.

Under fältarbetet så uppmärksammades det att kameran för Android hade betydligt sämre kvalitet och skärpa i applikationen, jämfört med iOS som upplevdes ha väldigt bra kvalitet och skärpa i applikationen. Detta kändes konstigt eftersom Android mobiltelefonen som användes är utrustad med en bättre kamera jämfört med iOS mobiltelefonen, där finns förbättringsmöjligheter för applikationen i framtiden. Gällande färgen på snitselband som applicerades vid roten konstaterades att gul färg var lättast att se i applikationen, även blå och flerfärgad snitsel användes under studien, men den gula upplevdes ha bäst kontrast i kameran.

Vidare studier bör undersöka hur trädhöjden påverkar mätresultatet. Ett exempel är att jämföra mätningar i gallringskog (G1) och mätningar i slutavverkning mogen skog (S2). Inga lövträd är mäta i denna studie, detta kan också vara ett ämne för vidare studier, alltså att undersöka om mätningarna skiljer sig mellan barr- och lövträd. För att minimera tidsåtgången rekommenderas att kontakta ett skogsbolag och utföra mätningarna på en kommande gallring/avverkning. Detta för att slippa upparbetning och brosling av träden, som upplevts som ett tidskrävande momenten i denna studie.

4.6 Slutsatser

Studien visar att *Arboreal Träd* generellt är ett tillförlitligt verktyg för höjdmätning av träd, men att mätresultaten påverkas av flera faktorer. Applikationen underskattar trädhöjden med en liten men statistiskt säkerställd marginal, vilket innebär att mätningarna är systematiskt något för låga. Mätningar med avståndet hela trädets höjd uppvisar högre precision än mätningar med avståndet halva trädets höjd, vilket gör att längre mätavstånd att föredra när det är praktiskt möjligt.

Trädslaget påverkar också resultatet, tall ger i genomsnitt mer träffsäkra men mer varierande mätningar, medan gran ger mer precisa men systematiskt underskattade värden. Operativsystemet framstår som en av de mest betydelsefulla variablerna där Android ger både mer korrekta och mer stabila mätningar än iOS. Detta tyder på att det finns skillnader i hårdvara och sensorteknik mellan plattformarna som påverkar mätresultaten.

Haglöf EC 2-D, som användes som referensinstrument, överskattar höjden för både tall och gran. Detta innebär att en del av *Arboreal Träd* observerade underskattning kan bero på referensinstrumentets systematiska fel snarare än på applikationen i sig.

Studien visar att *Arboreal Träd* fungerar väl som praktiskt mätverktyg, men att användare bör vara medvetna om hur mätavstånd, trädslag och operativsystem påverkar resultatens noggrannhet. För framtida utveckling och validering rekommenderas att flera oberoende referens metoder används för att ytterligare stärka precisionen i höjdmätningarna.

Referenser

Arboreal (2025) *Verktyg för trädmätning – Arboreal Skog*. Tillgänglig på: <https://arboreal.se/sv/arboreal-forest> (Hämtad: 16 februari 2026).

Georgsson, G. & Ottosson, J. (2022). *Precisions- och tidsstudie av höjdmätare på stående skog*. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. <https://stud.epsilon.slu.se/18487/>

Högber, H. (2019). Skogsuppskattning för Skogsmästare. [Kompendium] Skinskatteberg: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Lindberg, L. (2020). Insamling av skogliga data med applikationen Arboreal Skog: en studie om mätprecision, noggrannhet och effektivitet. (2020:3). Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Biomaterials and Technology. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-500468>

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. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f8020038>

Ochał, M., Jagodziński, A.M., Oleksyn, J., Ziolkowska, A., Karaszewski, Z. & Stereńczak, K. (2019). Factors influencing the accuracy of ground-based tree-height measurements for major European tree species, *Journal of Environmental Management*, 231, s. 1284–1292. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.100>

Sae-ngow, P., Worachairungreung, M., Hemwan, P., Toathuean, N., Chimpalee, N. & Kulpanich, N. (2025). Smartphone LiDAR for urban forest carbon assessment: A comparative study with traditional methods. *MethodsX*, 15, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103473>

Stenhag, S. (2025). Åt skogen med statistik. [Kompendium] Skinskatteberg: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Wang, Y., Lehtomäki, M., Liang, X., Pyörälä, J., Kukko, A., Jaakkola, A., Liu, J., Feng, Z. & Chen, R. (2019). Is field-measured tree height as reliable as believed – A comparison study of tree height estimates from field measurement, airborne laser scanning and terrestrial laser scanning in a boreal forest, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 147, s. 132–145. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.11.008>

Bilagor

Bilaga 1: Fältblankett för tall

Tall						
Avstånd	Trädlängd x 1	Trädlängd x 0,5	Trädlängd x 1	Trädlängd x 0,5	20m	-
Operativsystem	iOS	iOS	Android	Android	Haglöf	Kontroll
Instrument	arboreal	arboreal	arboreal	arboreal	Ec2d	Måttband
Träd nummer:						
1	13,26	12,59	13,08	13,36	13,6	12,99
2	10,27	10,81	10,98	10,91	10,9	10,59
3	12,71	13,16	13,05	13,32	13,3	12,52
4	12	12,8	12,55	13,66	12,7	12,56
5	9,91	9,46	10,03	10,66	9,5	8,94
6	14,52	14,18	15,9	15,26	14,9	14,63
7	10,52	11,69	10,72	10,55	10,6	10,93
8	15,5	14,89	15,85	16,13	16,3	16,04
9	15,97	14,1	15,37	16,23	16,2	16,19
10	13,28	13,27	14,42	15,63	14,1	14,11
11	14,81	16,23	15,45	15,83	15,9	15,31
12	12,92	13,19	14,61	15,15	13,8	13,86
13	11,54	11,48	11,93	11,05	11,4	12,27
14	14,49	14,87	14,88	14,02	15,5	15,05
15	13,63	14,56	13,93	14,54	14,9	13,8
16	12,11	12,97	12,87	13,37	12,7	12,34
17	12,63	12,3	13,55	12,61	13,5	13,22
18	12,42	13,96	13,88	13,89	13,7	13,89
19	11,63	10,75	11,89	11,21	12,4	11,88
20	14,18	14,61	14,31	14,26	15,3	14,45
21	14,99	15,44	15,39	14,66	15	15,31
22	15,11	13,62	15,22	14,34	16,7	16,24
23	12,82	11,52	13,51	14,04	13,5	13,6
24	13,09	14,06	12,9	12,47	13,2	12,75
25	13,27	13,26	13,54	13,71	13,9	13,17
26	13,78	11,96	13,97	15,54	14,9	14,3
27	13,12	12,79	13,04	12,35	12,9	12,76
28	11,96	11,88	15,53	12,8	13	12,88
29	11,61	11,98	13,08	12,16	13,6	13,02
30	10,79	12,47	11,35	12,84	12,4	11,65
31	12,8	14,89	14,79	14,37	14,2	14,1
32	11,6	10,52	11,72	10,45	10,5	11
33	11,89	9,84	12,94	13,01	12,5	12,64
34	9,26	8,63	9,82	11,35	9,1	8,76

35	8,84	9,4	9,65	9,75	9,5	10,61
36	15,29	15,28	15,04	16,45	15,8	15,03
37	12,47	14,37	12,93	14,75	14,7	13,99
38	11,42	10,85	11,92	12,39	12	12,25
39	10,99	12,98	11,89	12,26	12,2	12,48
40	10,64	11,01	11,12	11,21	11,5	11,21
41	10	10,26	10,79	11,41	11	10,67
42	7,44	7,4	7,46	8,21	8,1	7,85
43	12,81	12,96	13,85	13,34	13,9	13,65
44	11,26	11,28	11,98	11,42	12,2	11,25
45	11,22	12,67	13,74	15,11	14	14,09
46	11,18	12,96	12,66	12,92	12,6	12,69
47	14,16	12,95	14,06	13,78	14,5	14,25
48	14,8	14,89	15,23	14,26	14,5	14
49	15,6	13,37	15,76	14,39	15,5	15,4
50	14,42	11,79	11,86	12,13	13,1	12,25
51	12,24	11,5	13,15	13,59	13,3	13,45
52	15,26	13,67	15,74	13,96	14,8	15,35
53	10,32	10,04	10,54	10,02	10,4	10,65
54	15,69	14,22	14,61	14,21	15,6	15,35
55	16,64	14,61	13,67	14,9	15,4	15,35
56	11,68	12,75	11,88	14,11	12,2	10,65
57	13,52	13,56	13,27	13,69	13,6	12,95
58	13,32	14,02	13,99	13,67	14,2	13,38
59	14,78	14,08	13,89	14,56	15,2	14,45
60	12,93	13,4	13,28	13,55	13,6	13,25
Medelvärde (X)						
	12,72	12,68	13,17	13,26	13,33	13,07

Bilaga 2. Fältblankett för gran

Gran						
Avstånd	Trädlängd x 1	Trädlängd x 0,5	Trädlängd x 1	Trädlängd x 0,5	20m	-
Operativsystem	iOS	iOS	Android	Android	Haglöf	Kontroll
Instrument	arboreal	arboreal	arboreal	arboreal	Ec2d	Måttband
Träd nummer:						
1	15,25	15,79	14,71	15,67	16,4	15,94
2	13,94	14,1	14,1	14,21	15,2	14,32
3	21,48	19,01	21,01	19,15	19,9	19,41
4	17,62	18,37	17,25	18,15	18,6	17,31
5	14,43	14,64	13,91	14,68	14,8	14,85
6	12,58	10,22	12,39	12,98	13,2	12,85
7	17,19	17,67	17,97	17,96	18,2	18,36
8	13,14	12,96	13,98	13,44	13,4	13,4
9	10,14	11,01	10,5	11,78	10,8	10,65
10	11,06	10,31	11,08	11,14	11,7	11,17
11	19,23	18,18	17,32	17,58	18,5	18,36
12	14,49	14,19	14,31	14,77	15,3	15
13	19,12	19,17	19,24	19,05	19,2	19,16
14	17,66	17,61	18,29	17,94	19	18,26
15	15,36	15,1	15,34	15,54	15,2	15,61
16	14,35	14,77	14,11	14,46	14,6	14,33
17	11,89	12,18	11,8	12,03	11,9	11,95
18	16,63	15,49	16,63	16,6	17,8	17,16
19	10,87	10,95	11,13	11,52	11,1	11,29
20	13,14	14,37	14,48	14,5	14,9	14,64
21	11,59	11,13	11,72	12	11,9	11,83
22	15,88	14,52	14,05	14,86	14,8	14,77
23	17,86	15,81	17,94	17,51	17,9	17,45
24	14,91	14,35	14,37	15,61	15	14,48
25	13,46	15,37	13,73	13,86	14,9	14,56
26	10,13	10,57	10,78	10,93	10,5	10,3
27	11,77	10,63	11,19	11,57	12,2	11,42
28	14,42	14,24	14,4	13,8	14,9	14,4
29	14,76	15,17	14,87	14,81	15,2	14,75
30	14,56	12,71	13,57	13,93	15,2	14,42
31	10,53	13,07	10,8	11,8	11	11,1
32	18,93	18,92	19,11	19,62	19,2	19,39
33	14,23	13,55	14,41	14,33	14,6	14,4
34	14,2	14,56	15,12	14	15	14,75
35	13,92	14,22	14,14	14,25	14,3	14,34
36	7,38	7,62	7,16	7,94	7,5	7,23

37	16,47	16,4	16,05	15,94	16,8	16,65
38	18,22	17,04	17,52	17,52	18,1	18
39	19,18	18,47	18,9	17,57	17,7	17,86
40	10,37	11,13	10,51	10,88	10,6	10,53
41	19,11	17,93	18,97	18,25	18,3	18,72
42	9,56	9,23	9,13	9,14	8,8	9,77
43	7,23	7,5	8,38	7,86	7,2	7,89
44	11,4	10,63	10,77	10,74	10,7	10,66
45	7,98	8,46	7,84	7,45	8	8,25
46	11,63	12,42	11,22	11,69	12,2	11,92
47	12,42	10,86	12,05	11,75	12	10,91
48	8,86	9,08	8,27	8,44	9,1	9,22
49	10,64	11,31	9,76	10,06	11	10,62
50	12,05	11,57	11,95	11,68	12,2	12,14
51	10,35	11,07	10,42	10,92	10,6	11,52
52	9,09	8,31	8,09	8,27	8,2	8,46
53	9,73	10,55	11,07	11,21	10,8	11,21
54	10,87	9,79	11,03	11,18	11,1	10,72
55	9,4	9,38	9,54	9,32	9,4	9,49
56	7,76	7,71	7,63	7,78	7,9	7,88
57	10,57	11,1	9,96	10,18	10,1	10,47
58	10,45	10,33	9,71	10,36	10,8	11,04
59	9,4	9,71	9,12	9,32	10	9,81
60	16,26	16,09	16,01	15,84	16,5	16,55
Medel	13,29	13,14	13,18	13,29	13,53	13,40

Bilaga 3: Signifikanstest för *Arboreal Träd*

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: -0,14$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,7692$$

$$n: 480$$

$$Z: -4,08$$

$$z = \frac{-0,14 - 0}{0,7692/\sqrt{480}}$$

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: Det går med 99,9 procent säkerhet säga att *Arboreal Träds* mätningar signifikant underskattar den riktiga trädhöjden.

Bilaga 4: Signifikanstest för avståndet hela trädets höjd

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: -0,15$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,6956$$

$$n: 240$$

$$Z: -3,25$$

$$z = \frac{-0,15 - 0}{0,6956/\sqrt{240}}$$

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: Det går med 99 procent säkerhet säga att mätavståndet hela trädets höjd signifikant underskattar den riktiga trädhöjden.

Bilaga 5: Signifikanstest för avståndet halva trädets höjd

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: -0,14$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,8378$$

$$n: 240$$

$$Z: -2,59$$

$$z = \frac{-0,14 - 0}{0,8378/\sqrt{240}}$$

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: Det går med 99 procent säkerhet säga att mätavståndet halva trädets höjd signifikant underskattar den riktiga trädhöjden.

Bilaga 6: Signifikanstest för trädslaget tall

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: -0,11$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,9056$$

$$n: 240$$

$$Z: -1,92$$

$$z = \frac{-0,11 - 0}{0,9056/\sqrt{240}}$$

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

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

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

Slutsats: Det går inte att bevisa någon signifikant skillnad mellan mätningarna från trädslaget tall och den riktiga trädhöjden.

Bilaga 7: Signifikanstest för trädslaget gran

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: -0,17$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,6032$$

$$n: 240$$

$$Z: -4,47$$

$$z = \frac{-0,17 - 0}{0,6032/\sqrt{240}}$$

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

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

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

Slutsats: Det går med 99,9 procent säkerhet säga att trädslaget gran signifikant underskattar den riktiga trädhöjden.

Bilaga 8: Signifikanstest för operativsystemet Android

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: 0,01$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,6961$$

$$n: 240$$

$$Z: -0,22$$

$$z = \frac{0,01 - 0}{0,6961/\sqrt{240}}$$

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

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

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

Slutsats: Det går inte att bevisa någon signifikant skillnad mellan Android och den riktiga trädhöjden.

Bilaga 9: Signifikanstest för operativsystemet iOS

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

$$\bar{x}: -0,28$$

$$\mu: 0$$

$$s: 0,8159$$

$$n: 240$$

$$Z: -5,24$$

$$z = \frac{-0,28 - 0}{0,8159/\sqrt{240}}$$

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: Det går med 99,9 procent säkerhet säga att operativsystemet iOS signifikant underskattar den riktiga trädhöjden.

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.