



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 762 2012

## Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie

Evaluation of Skogforsk's new bark equations for  
Scots pine and Norway spruce

Björn Hannrup & Christina Lundgren

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 759 2012

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

## Titel

Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran.  
– En uppföljande studie.

Evaluation of Skogforsk's new bark equations for Scots pine and Norway spruce.

## Ämnesord:

Aptering, barkmätare,  
dubbel barktjocklek.  
Double bark thickness,  
bark gauge, bucking.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2012

ISSN 1404-305X



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Björn Hannrup. SkogD.** Arbetar på Skogforsk med frågor kring skördardata och tillvaratagande av virkesvärden.



**Christina Lundgren. SkogD.** Arbetar på VMK-avdelningen på SDC med granskning och kontroll av virkesmätande företag.

## Abstract

Bark equations are used in harvesters to estimate under bark diameter of the logs. New equations predicting double bark thickness in Scots pine and Norway spruce have recently been developed at Skogforsk. The new equations were tested on nationwide data collected by the Swedish timber measurement associations. The testing revealed standard deviations between measured and predicted double bark thickness of 2.5 and 2.2 mm, respectively, for Scots pine and Norway spruce. For Norway spruce there was a tendency for the bark equation to systematically underestimate the bark thickness by approximately 1 mm. Compared with the older bark equations used in harvesters, the new equations significantly improve bark thickness predictions for Scots pine but performance is similar for Norway spruce.

## Förord

Denna rapport sammanfattar resultat från studien ”Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner – en uppföljande studie”. Studien har finansierats av medel från Skogsägarna Norrskogs forskningsstiftelse. Utvärdering har skett på ett rikstäckande datamaterial insamlat av skördarrevisorer från virkesmätningssamfundningarna Syd, Qbera och Nord. Nedanstående personer utförde datainsamlingen.

Namn	VMF
Jonas Hemmingsson	Syd
Stefan Eriksson	Qbera
Jonny Wigert	Qbera
Maria Östlund	Qbera
Erik Häggström	Nord
Bo Åström	Nord

Fredrik Hansson och Hans Weslien koordinerade den datainsamling som skedde i VMF Qberas respektive VMF Nords regi. Analys och skriftlig avrapportering utfördes av Björn Hannrup, Skogforsk, och Christina Lundgren, VMK.

Ett stort TACK till samtliga personer som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2012

*Björn Hannrup och Christina Lundgren*

## Innehåll

Förord .....	1
Summary.....	3
Sammanfattning.....	4
Bakgrund .....	5
Syfte .....	6
Material och metoder.....	6
Resultat och diskussion .....	10
Representativitet och medelvärden .....	10
Systematiska och tillfälliga avvikelser för Skogforsks och Zaccos barkfunktioner.....	11
Identifiering av möjliga förbättringar av barkfunktionerna.....	13
Referenser.....	14
Bilaga 1 Avvikelser plottade mot bestånds- och trädvariabler för tall.....	15
Bilaga 2 Avvikelser plottade mot bestånds- och trädvariabler för gran .....	21

## Summary

Harvester-measured stem diameter includes the bark, but sawmills are more interested in the diameter under bark. This is the measurement on which timber sorting and sawn patterns are based, and is the unit used in trade. Consequently, harvester computers predict the diameter under bark using bark equations.

The result is used to optimise bucking in relation to a given pricelist. Accurate measurement of length and diameter in the harvesters, together with appropriate bark equations, are therefore key components in the forestry company's ability to deliver logs with dimension distributions that match the orders from the sawmills. Good correspondence between order and delivery is crucial for the value of the wood at the mill, and is also of key significance for payments to the forest owner.

Skogforsk has recently developed new bark equations for direct use in harvesters, and these have been adopted widely within a short period. The objective of the study, which was based on nationwide data, was to compare bark thickness predicted using Skogforsk's bark equations for Scots pine and Norway spruce with thicknesses measured manually. The study also compared the outcome with predictions obtained from older bark equations (Zacco, 1974), which are also used in harvesters.

In collaboration with the Timber Measurement Associations Syd, Qbera and Nord, bark, tree and stand data was collected as part of the quality assurance system relating to harvester measurement of length and diameter. The study was based on data from 424 randomly selected control stems of pine and spruce from 143 felling sites, extending from the south of Småland to the most northerly parts of Norrbotten.

### Summary of results

- Skogforsk bark equation for Scots pine: the standard deviation between measured and predicted double bark thickness was 2.5 mm for measurements at the tops of logs.
- Skogforsk bark equation for Scots pine: systematic and temporary deviation was considerably lower compared with the older bark equations.
- Skogforsk bark equation for Norway spruce: similar results to the older equations. Using the Skogforsk equation, the standard deviation for the difference between measured and predicted double bark thickness was 2.2 mm for the tops of logs. The corresponding figure for the older equations was 2.4 mm.
- Skogforsk bark equation for Norway spruce: both these and the older bark equations systematically underestimated bark thickness. The equations should therefore be calibrated to give a higher value (approximately 1 mm). However, this calibration should be supported by a smaller study of systematic overestimates of bark thickness when measured with a bark gauge.

- Main areas of improvement for Skogforsk bark equations for Scots pine and Norway spruce: i) adjustment so that the equations give higher values for the lower part of butt logs, and ii) inclusion of height above sea level in the equations.

Overall, the study showed that Skogforsk's bark equations for Scots pine and Norway spruce generate predictions that capture the natural variation in bark thickness found in final felling forest in Sweden. The results for Scots pine support the earlier recommendations concerning the importance of using Skogforsk's bark equations in harvesters.

## Sammanfattning

I skördarna mäts diametern längs trädstammarna på bark. Men för sågverken är det diametern under bark som styr timmersortering, postningsmönster och utgör handelsmättet. Därför räknar skördardatorerna fram diametern under bark med hjälp av barkfunktioner. Resultatet används för att optimera apteringen mot en given styrprislista. En bra längd- och diametermätning i skördarna tillsammans med väl fungerande barkfunktioner är därmed centrala komponenter för skogsbrukets förmåga att leverera stockar med dimensionsfördelningar som motsvarar sågverkens beställningar. Att en god överrensstämmelse kan nås är avgörande för virkets värde vid industrin och därmed också grundläggande för ersättningen till skogsägaren.

Skogforsk har nyligen utvecklat nya barkfunktioner för direkt användning i skördare vilka på kort tid fått en bred användning. Det övergripande syftet med studien var att på ett rikstäckande material följa upp hur väl de skattade barktjocklekarna från Skogforsks barkfunktioner för tall och gran överensstämde med motsvarande mätta barktjocklekar. I studien gjordes också en jämförelse med utfallet från de äldre barkfunktionerna (Zacco, 1974), vilka också används i skördare.

I samarbete med Virkesmätningssällskaperna Syd, Qbera och Nord samlades bark-, träd- och beståndsdata in inom ramen för kvalitetssäkringssystemet av skördarnas längd- och diametermätning. I studien ingick mätdata från totalt 424 utslumpade kontrollstammar av tall och gran från 143 avverkningsobjekt från sydligaste Småland till nordligaste Norrbotten.

### Resultaten från analyserna kan sammanfattas enligt nedan:

- För Skogforsks barkfunktion i tall var standardavvikelsen för avvikelserna mellan mätt och beräknad dubbel barktjocklek 2,5 mm för mätningarna i stockarnas toppändor.
- För Skogforsks tallfunktion noterades betydligt lägre systematisk och tillfällig avvikelse då den jämfördes med de äldre barkfunktionerna.
- För gran gav Skogforsks barkfunktion och de äldre funktionerna likartat resultat. För Skogforsks barkfunktion var standardavvikelsen för avvikelserna mellan mätt och beräknad dubbel barktjocklek 2,2 mm för mätningarna i stockarnas toppändor. Motsvarande värde för de äldre funktionerna var 2,4 mm.

- För Skogforsks och de äldre barkfunktionerna för gran noterades systematiska underskattningar av barktjockleken. Funktionerna bör kalibreras så de ger ett högre värde (cirka 1 mm). Som stöd för en sådan kalibrering bör dock någon mindre studie göras kring systematiska över-skattningar av barktjockleken vid mätning med barkmätare.
- De förbättringsmöjligheter som identifierades för Skogforsks barkfunktioner av tall och gran var framför allt: i) justering så att funktionerna ger högre värden för den nedre delen av rotstockarna samt ii) införande av höjd över havet i funktionerna.

Sammantaget visade studien att Skogforsks barkfunktioner för tall och gran genererar skattningar som väl fångar den naturliga variation i barktjocklek som förekommer hos slutavverkningsskog i Sverige. För tall stärker resultaten de tidigare rekommendationerna att det är angeläget att Skogforsks barkfunktion används i skördare.

## Bakgrund

I dagens skogsbruk sker nästan all avverkning och tillredning med hjälp av skördare. Skördarnas arbete lägger grunden för efterföljande processteg. Maskinerna faller träden, kvistar stammarna och kapar dem till stockar med varierande dimensioner och kvaliteter. För att beräkna bästa möjliga sönderdelningsalternativ utifrån en given stocknota finns en dator installerad i skördarna, vilken är kopplad till utrustning för kontinuerlig mätning av stammens längd och diameter. Mätningen av trädstammarnas diameter sker *på* bark, men eftersom det är diametern *under* bark som är det centrala måttet för den fortsatta vidareförädlingen, sker en omräkning i datorn till diameter under bark med hjälp av en matematisk funktion. En längd- och diametermätning av hög noggrannhet, tillsammans med en funktion som ger en bra skattning av barkens tjocklek, är därför centrala komponenter för en effektiv aptering och för skogsbrukets förmåga att leverera råvara som motsvarar industrins beställningar.

Under 1970-talet utvecklades funktioner för skattning av barktjockleken hos sågtimmer av tall och gran (Zacco, 1974). Funktionerna togs fram för beräkning av barkavdrag vid inmätning och dimensionssortering *i sågverksmiljö*. Efterhand har funktionerna också kommit att användas för beräkning av diametern under bark *i skördare*, vilket dock inneburit kompromisser vid användandet av funktionerna. Till exempel finns det för tall separata funktioner för barkslagen skorp-, övergångs- och glansbark. Detta har utnyttjats vid inmätning av sågtimmer då barkslaget angetts manuellt för varje stock, något som varit praktiskt omöjligt vid avverkning med skördare. I skördare har därför vanligen enbart funktionen för övergångsbark använts, vilket lett till hög spridning och systematiska fel för de skattade barktjocklekarna i grövre diameterklasser (Möller m.fl., 2002; 2008). Barkfunktioner, direkt anpassade för användning i skördare, har därför tagits fram (Jonsson & Nylinder, 1990; Hannrup, 2004).

För tall har utvärdering av den barkfunktion som tagits fram av Skogforsk i samarbete med SP Träteknik (Hannrup, 2004) visat på en väsentlig förbättring jämfört med de tidigare använda funktionerna. Spridningen, uttryckt som

standardavvikelsen för avvikelser mellan beräknad och mätt barktjocklek, var cirka 50 % lägre med den nya funktionen (Hannrup 2004; Möller m.fl., 2008). Den minskade spridningen kan ungefärligen översättas till en sänkning av standardavvikelsen för det totala mätfelet, vid diametermätning med skördare med cirka en millimeter. Värdet av en sådan ökning av mätnoggrannheten, har i tidigare studier skattats till mellan 1 och 3 kr/m<sup>3</sup>fub, till följd av att andelen stockar som produceras med felaktiga dimensioner i förhållande till beställningen minskas (Möller 2000; Hannrup m.fl., 2007). För gran visar de utvärderingar som gjorts att den nya barkfunktionen ger likvärdiga eller något bättre skattningar än den äldre funktionen (Hannrup 2004; Möller m.fl., 2008).

Samtliga skördartillverkare har implementerat Skogforsks nya barkfunktioner och funktionerna har på kort tid fått en bred användning. Det är därför angeläget att ytterligare uppföljningar görs för att komplettera de utvärderingar som framför allt gjordes i samband med modellutvecklingen. Speciellt angeläget är detta för gran eftersom någon utvärdering på oberoende rikstäckande material inte utförts för barkfunktionen för gran. För detta ändamål har Virkesmätningssamfundet under några år byggt upp ett unikt material bestående av barktjocklekar mätta på olika höjd i stammen från ett stort antal avverkningsobjekt. Materialet medger att en utvärdering av de nya barkfunktionerna kan göras på ett oberoende rikstäckande material för de två huvudträslagena.

## **SYFTE**

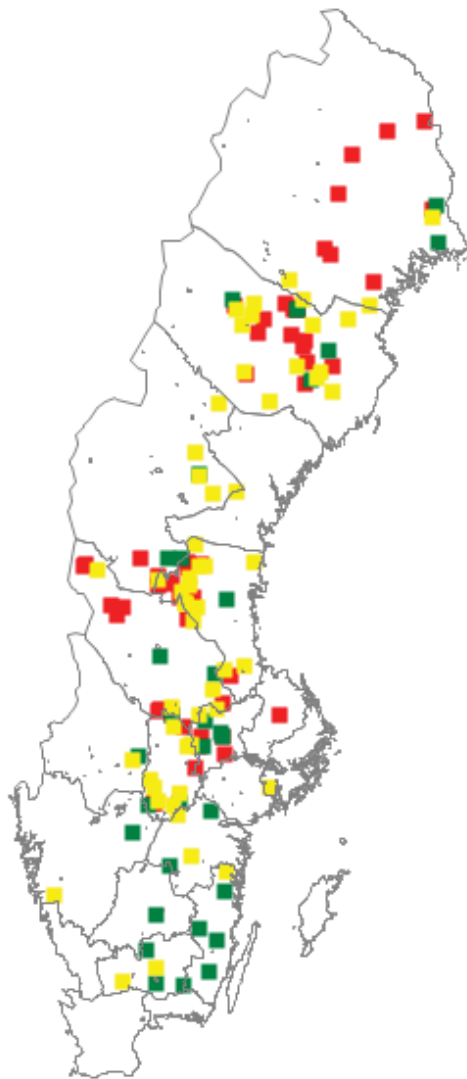
Det övergripande syftet med studien var att på ett rikstäckande material följa upp hur väl de skattade barktjocklekarna från Skogforsks barkfunktioner för tall och gran överensstämde med motsvarande mätta barktjocklekar. Motsvarande uppföljning gjordes också för de äldre barkfunktionerna (Zacco, 1974). Studien innehöll följande delmål:

- Att skatta spridningen för barkfunktionerna uttryckt som standardavvikelsen för avvikelser mellan mätt och beräknad barktjocklek.
- Att analysera eventuella systematiska fel i skattningarna från barkfunktionerna avseende olika geografiska regioner och diameterklasser.
- Att identifiera eventuella behov av förbättringar för Skogforsks barkfunktioner.

## **Material och metoder**

I studien användes ett datamaterial insamlat inom ramen för kvalitetssäkringssystemet av skördarnas längd- och diametermätning. För skördare anslutna till kvalitetssäkringssystemet sker en utslumpning av kontrollstammar på vilka föraren gör en egenkontroll av skördarens mätningar. Vid normal produktionskörning slumpas cirka två kontrollstammar av tall eller gran ut per dag. På en mindre delmängd av dessa stammar sker en oberoende tredjepartskontroll utförd av revisorer från Virkesmätningssamfundet. Samtliga data i vår studie hänförde sig till den senare typen av kontrollstammar. Mätningarna utfördes av revisorer från Virkesmätningssamfundet Syd, Qbera och Nord som en integrerad del av deras ordinarie uppföljning.





Figur 1.  
Karta över de i studien ingående avverkningsobjekten. På avverkningsobjekten samlades barkdata från kontrollstammar. Gul färg indikerar objekt med enbart tallar, grön färg objekt med enbart granar medan röd färg indikerar objekt med både tallar och granar.

Mätning av barktjocklek skedde på totalt 424 kontrollstammar fördelade på 143 avverkningsobjekt (Figur 1, Tabell 1–3). Av kontrollstammarna var 248 tallar och 176 granar. Antalet kontrollstammar per avverkningsobjekt (lokal) varierade mellan en till åtta stycken och i genomsnitt var det tre kontrollstammar per lokal. På 53 av lokalerna var samtliga kontrollstammar tallar och på 33 av lokalerna var samtliga kontrollstammar granar. På de övriga 57 lokalerna utgjordes kontrollstammarna av både tallar och granar (Figur 1).

På kontrollstammarna mättes barktjocklek och korsklavad diameter på ett antal punkter längs stammarna. På rotstocken skedde mätningarna 50 cm och 120 cm från rotskåret samt i toppändan. På de övriga stockarna gjordes motsvarande mätningar enbart i toppändan. Barkmätningarna gjordes med konventionell barkmätare (Figur 2) och två mått togs per höjdnivå från motstående sidor av stammen. Vid varje mätpunkt registrerades avståndet från rotskåret det vill säga mätpunktens höjd i stammen.



Figur 2.  
Barktjockleken mätes med barkmätare.

För varje lokal registrerades den geografiska positionen och höjden över havet med hjälp av GPS. Därutöver registrerades trädålder genom räkning av antalet årsringar i rotskåret. Trädålder ingår inte i någon av barkfunktionerna men denna variabel samlades in för att analysera ifall det vore möjligt att förbättra barkfunktionerna med hjälp av kännedom om trädåldern.

Tabell 1.  
Geografisk utbredning av de i studien ingående lokalerna. Latitud och longitud anges i koordinatsystemet WGS 84 som decimalgrader.

Variabel	n	Medel	Std. avv.	Min	Max
Latitud (°)	143	61,9	2,8	56,6	67,5
Longitud (°)	143	16,6	2,3	12,2	23,4
Höjd över havet (m)	99	284	140	15	640

Tabell 2.  
Antal observationer, medelvärden och spridningsmått för de variabler som mätes på kontrollstammarna av tall.

Variabel	n	Medel	Std. avv.	Min	Max
DBH (mm)	248	242,9	66,5	104	484,5
Ålder (år)	247	98,6	30,8	30	151
Höjd i stammen (cm)	1278	619,3	567,3	50	2506
Dia p.b. (mm)	1278	200,0	80,4	46,5	510,0
Dubbel barktjocklek (mm)	1278	17,9	13,4	4,0	83,0

Tabell 3.  
Antal observationer, medelvärden och spridningsmått för de variabler som mätes på kontrollstammarna av gran.

Variabel	n	Medel	Std. avv.	Min	Max
DBH (mm)	176	251,8	66,5	115	501
Ålder (år)	166	92,2	27,5	30	185
Höjd i stammen (cm)	991	711,1	626,5	50	2795
Dia p.b. (mm)	991	205,3	81,3	43,5	525,5
Dubbel barktjocklek (mm)	991	15,1	4,2	6,0	32,0

Fokus i studien låg på att analysera avvikelserna mellan de mätta, dubbla barktjocklekarna och de beräknade dubbla barktjocklekarna. För varje höjdnivå i kontrollstammarna där barktjockleken har mätts, beräknades den dubbla barktjockleken med hjälp av Skogforsks barkfunktioner (Hannrup, 2004) samt med hjälp av de äldre funktionerna (Zacco, 1974). De senare funktionerna är regionala och för tall uppdelade på skorp, övergångs- och glansbark. För tall användes genomgående funktionerna för övergångsbark och i analysen ägnades möda åt att till varje lokal matcha korrekt regional barkfunktion.

Avvikelseberäkningen och redovisningen konsekvent i vår studie som mätt barktjocklek minus beräknad. I analysen av avvikelserna konstaterades att det fanns små men statistiskt säkerställda systematiska skillnader i avvikelse mellan revisorerna som utfört mätningarna. Mätningen av barktjocklek utfördes med konventionell barkmätare. Barkmätaren (Figur 2) har en inre, fritt roterande halv-rörsformad del, med trubbig spets som pressas genom barken in till vedskiktet. Avläsning sker på den yttre delens millimetergraderade skala och med hjälp av en fjäderbelastad glidplatta på den yttre delen, vilken läggs an mot det yttersta barklagret. Beroende på beskaffenheten hos den enskilda barkmätaren och beroende på den kraft som anbringas för att pressa instrumentet genom barken, så kan systematiska skillnader mellan olika mätpersoner uppkomma. Vi ser detta som den högst troliga förklaringen till de systematiska skillnader som noterades mellan revisorer.

I analysen gjordes en ansats för att kompensera för effekten av revisor på de mätta barktjocklekarna. Effekten av revisor skattades genom att anpassa modellen

$$[1] \quad y = x + r + e$$

där  $y$  var den mätta dubbla barktjockleken,  $x$  var den dubbla barktjockleken beräknad med Skogforsks barkfunktioner,  $r$  var effekten av revisor och  $e$  residualen. De avvikelser som analyserades beräknades som

$$[2] \quad e = y - x - r$$

där  $e$  var den slumpmässiga avvikelsen mellan mätt och beräknad dubbel barktjocklek,  $y$  var den mätta dubbla barktjockleken,  $x$  var den dubbla barktjockleken beräknad med Skogforsks barkfunktioner eller Zaccos barkfunktioner och  $r$  var effekten av revisor skattad enligt ekvation 1 ovan.

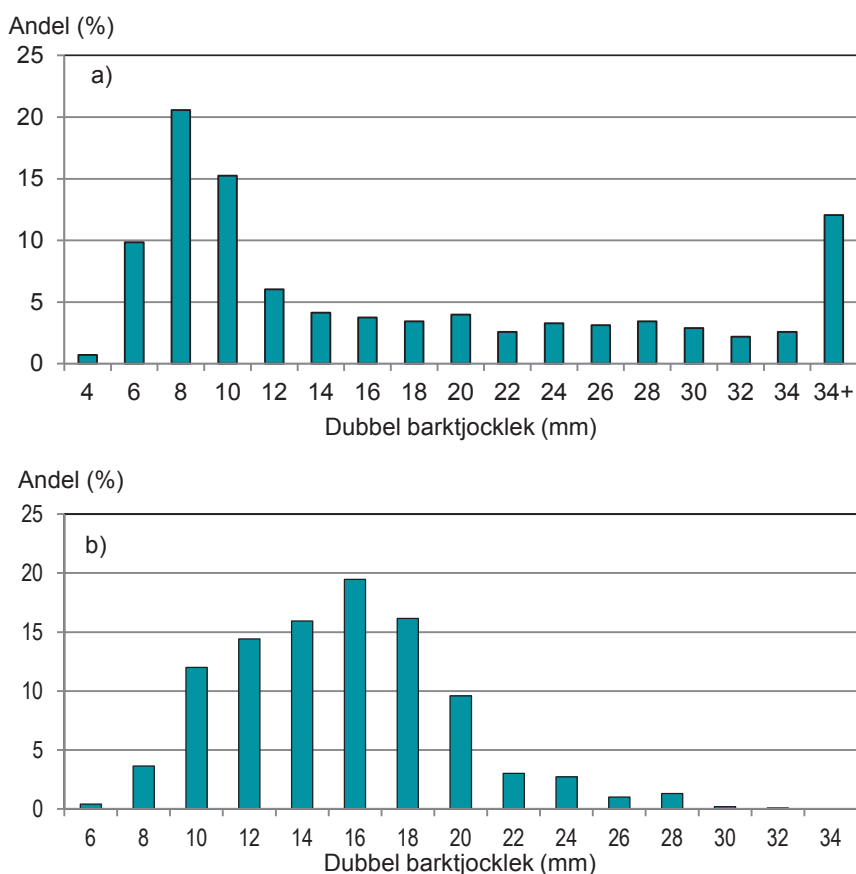
Det bör betonas att effekten av revisor var liten. Genom att infoga effekten av revisor vid beräkningen av de slumpmässiga avvikelserna mellan mätt och beräknad dubbel barktjocklek minskade dock standardavvikelsen för de slumpmässiga avvikelserna i storleksordningen några tiondels millimeter. De systematiska avvikelserna mellan mätt och beräknad barktjocklek påverkades inte.

# Resultat och diskussion

## REPRESENTATIVITET OCH MEDELVÄRDEN

Data över barktjocklek i vår studie var hämtade från ett område som latitudmässigt sträckte sig från sydligaste Småland till nordligaste Norrbotten (Figur 1). Mätningarna gjordes på utslumpade kontrollstammar av tall och gran. Med undantag av ett 30-tal stammar som kom från gallringsskog, hämtades kontrollstammarna från slutavverkningsobjekt. Med hänsyn till den styrning av mätningarna som gjordes längs stammarna så indikerar detta sammantaget att de mätta barktjocklekarna i vår studie kan betraktas som ett slumpmässigt urval av barktjockleken för tall och gran vid normal slutavverkning i Sverige. De avvikelser mellan mätt och beräknad barktjocklek som redovisas nedan bör därför också vara representativa för de avvikelser som kommer att noteras vid normal slutavverkning med skördare.

I Figur 3 redovisas fördelningen av samtliga mätningar av dubbel barktjocklek uppdelat på tall och gran. För gran var barktjockleken närmast normalfördelad och barktjocklek grövre än 34 mm återfanns inte (Figur 3b). För tall fanns en stor andel av barktjocklekarna i klasserna 6–10 mm d.v.s. glansbark och tunnare övergångsbark (Figur 3a). Därefter vidtog en utdragen fördelning av barktjocklekar mätta i övergångs- och skorpbark. Den grövsta dubbla barktjockleken som uppmättes för tall var 83 mm.



Figur 3. Fördelning av mätt dubbel barktjocklek för a) kontrollstammarna av tall och b) kontrollstammarna av gran.

## SYSTEMATISKA OCH TILLFÄLLIGA AVVIKELSER FÖR SKOGFORSKS OCH ZACCOS BARKFUNKTIONER

I Tabell 4 och 5 redovisas den genomsnittliga avvikelser och standardavvikelsen för avvikelser mellan mätt dubbel barktjocklek och dubbel barktjocklek, beräknad med barkfunktionerna från Skogforsk och Zacco uppdelat på tall och gran. För tall underskattade Skogforsks barkfunktion barktjockleken med cirka 2 mm såväl då samtliga mätningar analyserades som då enbart mätningarna i stockarnas toppändar inkluderades i analysen. Den senare analysen innebar att de nedre två mätpunkterna på rotstockarna exkluderades d.v.s. den zon av stammen som innehåller den grövsta skorpbarken. Uteslutning av de nedre två mätpunkterna påverkade standardavvikelsen i betydligt större utsträckning än den systematiska avvikelser och standardavvikelsen baserat på mätningarna i stockarnas toppändar var hälften så stor som standardavvikelsen baserat på samtliga mätningar (Tabell 4).

Tabell 4.

Tall. Antal observationer, indata samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelser mellan mätt dubbel barktjocklek och dubbel barktjocklek beräknad med Skogforsks barkfunktion och Zaccos funktion för övergångsbark.

Trädslag	Indata	Barkfunktion	n	Genomsnittlig avvikelse (mm)	Std. avv. (mm)
Tall	Samtliga mätningar	Skogforsk	1 276	2,7	5,0
Tall	Enbart toppände	Skogforsk	781	1,8	2,5
Tall	Samtliga mätningar	Zacco	1 276	10,0	11,8
Tall	Enbart toppände	Zacco	781	2,5	3,0

För Skogforsks barkfunktion i gran noterades på samma sätt som för Skogforsks barkfunktion i tall en systematisk underskattning av barktjockleken (Tabell 5). Underskattningen uppgick till 3,1 mm då enbart stockarnas toppändar analyserades och var något högre då den baserades på samtliga mätningar. Standardavvikelsen då enbart mätpunkterna i stockändarna inkluderades uppgick till 2,2 mm d.v.s. i nivå med motsvarande standardavvikelse för tall. På samma sätt som för tall minskade standardavvikelsen då de nedre mätpunkterna på rotstocken exkluderades men minskningen för gran var inte lika drastisk som för tall.

Tabell 5.

Gran. Antal observationer, indata samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelser mellan mätt dubbel barktjocklek och dubbel barktjocklek beräknad med Skogforsks barkfunktion och Zaccos funktioner.

Trädslag	Indata	Barkfunktion	n	Genomsnittlig avvikelse (mm)	Std. avv. (mm)
Gran	Samtliga mätningar	Skogforsk	991	3,7	2,7
Gran	Enbart toppände	Skogforsk	639	3,1	2,2
Gran	Samtliga mätningar	Zacco	991	3,9	2,7
Gran	Enbart toppände	Zacco	639	3,6	2,4

För Zaccos barkfunktioner för övergångsbark i tall noterades en oacceptabelt hög systematisk underskattning av barktjockleken och en hög spridning då samtliga mätningar analyserades (Tabell 4). Sådana stora avvikelser har tidigare noterats och var ett av huvudskälet till att Skogforsks barkfunktioner utvecklades. Våra resultat förstärker de tidigare rekommendationerna att det är angeläget att Skogforsks barkfunktion för tall används i skördare. Användningen av Zaccos funktioner vid avverkning av tall kan generera betydande överskattningar av vedvolymen utifrån skördardata.

För Zaccos barkfunktioner för gran (Tabell 5) var standardavvikelserna för avvikelserna mellan beräknad och mätt barktjocklek liknande som motsvarande standardavvikelse för Skogforsks barkfunktion i gran. Dock fanns en viss tendens till att de systematiska avvikelserna var något högre än de som noterades för Skogforsks barkfunktion. Våra resultat, att Skogforsks barkfunktion har något lägre systematisk avvikelse och en spridning som ligger i nivå med den som erhålls från Zaccos barkfunktioner överensstämmer med resultat från tidigare uppföljningar (Hannrup 2004; Möller m.fl., 2008).

För Skogforsks barkfunktioner för tall och gran och för Zaccos barkfunktion för gran noterades en systematisk underskattning av barktjockleken då de beräknade värdena jämfördes med de barktjocklekar som mätts upp i studien. Dessa underskattningar bör tolkas med en viss försiktighet. I vår studie mättes barktjockleken med barkmätare (Figur 2). Vid dessa mätningar pressas instrumentet genom barken och det finns en risk att den trubbiga spetsen tränger in i det yttersta vedlagret vilket genererar en överskattning av den mätta barktjockleken. En tidigare studie av en liknande barkmätare som utnyttjades i vår studie indikerar att denna systematiska överskattning av barktjockleken kan uppgå till två till tre millimeter då barkmätning sker på timmer- och massavedsstockar (Hägg, 1960).

Underskattningen av barktjockleken för Skogforsks barkfunktion för tall var mindre än motsvarande underskattning med Skogforsks och Zaccos barkfunktioner för gran. Motsvarande förhållande har konstaterats i en tidigare uppföljning då barktjockleken mättes med barkmätare (Möller m.fl., 2008). För tall är den underskattning som noterats med Skogforsks barkfunktion av storleksordningen att det är rimligt att anta att den är orsakad av en systematisk överskattning av den mätta barktjockleken (Hägg, 1960). Men för gran finns ett visst stöd för att den beräknade barktjockleken är en verklig underskattning och att barkfunktionerna (Skogforsks och Zaccos) bör kalibreras så att de ger ett högre värde. Som stöd för en sådan kalibrering bör dock någon mindre, kompletterande studie göras kring eventuella systematiska fel vid mätning av barktjocklek med barkmätare. Dessutom bör kalibreringen synkroniseras med användandet av barkfunktioner i sågverk så att barktjockleken inte systematisk skattas olika i skog och såg.

Även för Zaccos barkfunktion för tall noterades en underskattning av barktjockleken. Denna underskattning är dock av annan karaktär än de underskattningar som diskuterats ovan och huvudsakligen orsakad av att funktionen för övergångsbark konsekvent användes. Detta är det vanliga i skördare och det innebär att funktionen används för andra barkslag än den är framtagen att användas för.

## IDENTIFIERING AV MÖJLIGA FÖRBÄTTRINGAR AV BARKFUNKTIONERNA

I syfte att identifiera möjliga förbättringar av barkfunktionerna genomfördes en detaljerad analys av avvikelserna. Som bas för analysen plottades avvikelserna mot de övriga variabler som mättes i studien (Bilaga 1 och 2). I figurerna inkluderades såväl avvikelserna baserade på Skogforsks barkfunktioner som avvikelserna baserade på Zaccos barkfunktioner.

Med hänsyn taget till den diskussion kring systematisk avvikelse som redovisats ovan är det samlade intrycket från figurerna att Skogforsks barkfunktion för tall genererar skattningar som väl fångar den naturliga variationen i barktjocklek som förekommer hos slutavverkningsmogen tall i Sverige. De förbättringsmöjligheter för barkfunktionen för tall som identifierades var:

- En justering så att funktionen ger högre värden för den nedre delen (50 cm ovan rotskåret) av rotstockarna. För denna del noterades en tydlig underskattning i vår studie (se Bilaga 1, figur över avvikelse mot höjd i stammen).
- Införande av höjd över havet i barkfunktionen. För det material som barkfunktionen utvecklades på fanns inte någon signifikant effekt av höjd över havet. Detta material var dock avgränsat till en maximal höjd över havet på 420 meter. I vår studie fanns dock en tendens till systematisk underskattning av barktjockleken för lokaler över 450 meter över havet (se Bilaga 1, figur över avvikelse mot höjd över havet).

För barkfunktionerna av gran förstärker figurerna det som ovan diskuterats nämligen att det bör övervägas ifall barkfunktionerna ska justeras så att de generellt genererar högre värden. Detta gäller såväl Skogforsks barkfunktion som Zaccos barkfunktioner. De mindre förbättringsmöjligheter som identifierades var likartade som de som identifierades för tall:

- En justering så att barkfunktionen för gran ger högre värden för den nedre delen av rotstockarna. För denna del noterades en tydlig underskattning i vår studie (se Bilaga 1, figur över avvikelse mot höjd i stammen).
- Införande av höjd över havet i barkfunktionen. I materialet fanns en tendens till ökande systematisk underskattning av barktjockleken med ökande höjd över havet för lokaler över 450 meter över havet.
- För totalålder över 150 år fanns en tendens till ökande systematisk underskattning av barktjockleken med ålder. I dagsläget är det dock inte aktuellt att inkludera ålder i barkfunktionerna eftersom denna uppgift inte finns tillgänglig vid avverkning med skördare.

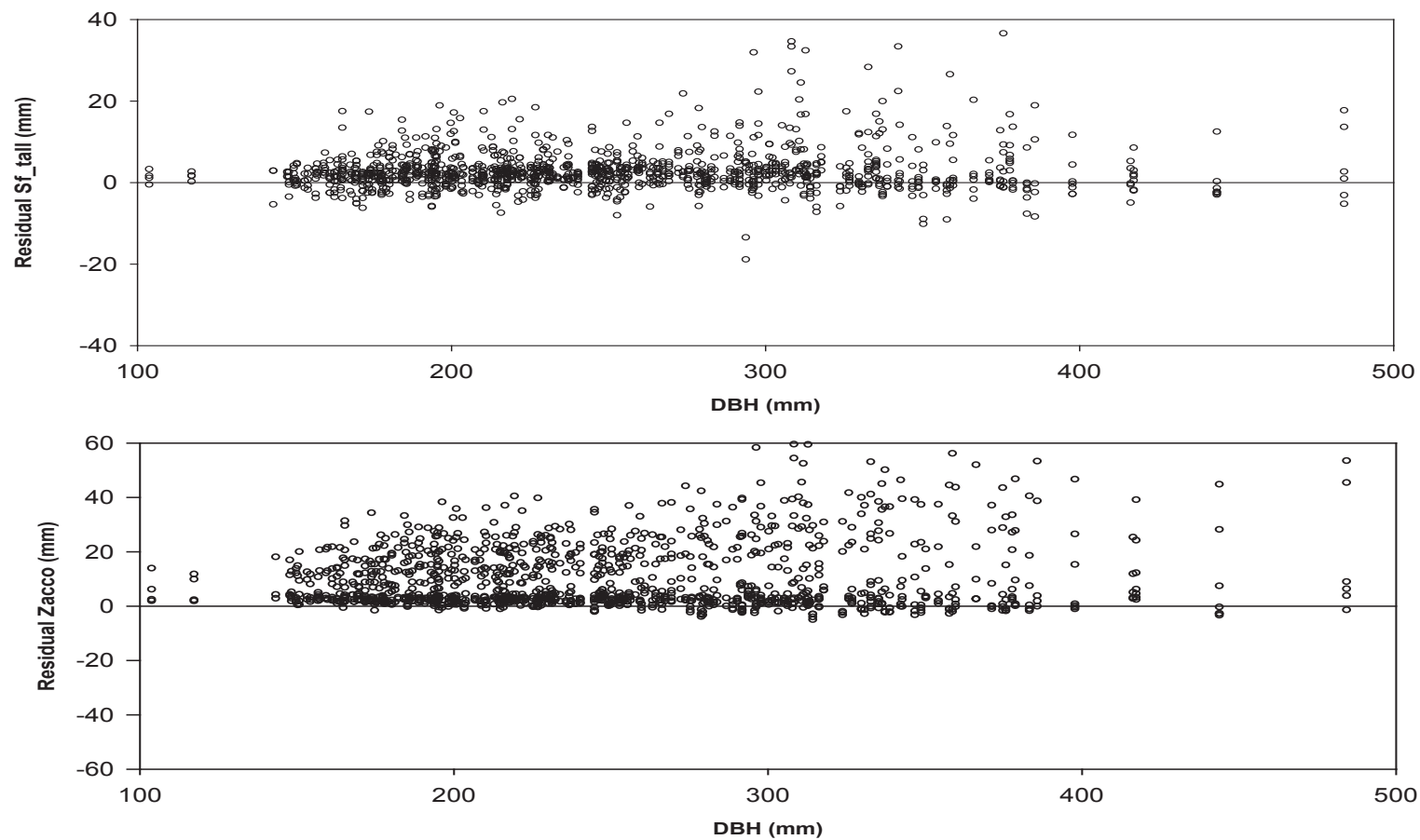
## Referenser

- Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport nr. 575. Skogforsk. 34 s.
- Hannrup, B., Andersson, M. & Sondell, J. 2007. Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning för praktiskt bruk i skördare – en förstudie”. 6 s. samt 12 bilagor.
- Hägg, A. Om noggrannheten vid mätning av barktjocklek vid mätning med barkmättningsinstrument. Skogshögskolan, Inst. För Skogsuppskattning och skogsindelning. Examensarbete.
- Jonsson, L. & Nylinder, M. 1990. Tallbarkens tjocklek längs stammen. Rapport nr. 212. Inst. för Virkeslära. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Möller, J.J. 2000. Mätnoggrannhet i kedjan skog-såg. Arbetsrapport Skogforsk nr 461. 15 s.
- Möller, J.J., Sondell, J., Lundgren, C., Nylinder, M. & Warensjö, M. 2002. Bättre diametermätning i skog och industri. Redogörelse no. 2. Skogforsk. 32 s.
- Möller, J. J., Arlinger, J., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Virkesvärdestest 2006. Redogörelse nr. 5, s. 1–52.
- Zacco, P. 1974. Barktjockleken hos sågtimmer. Rapport nr. 90. Inst. för Virkeslära, Skogshögskolan. 1–53.

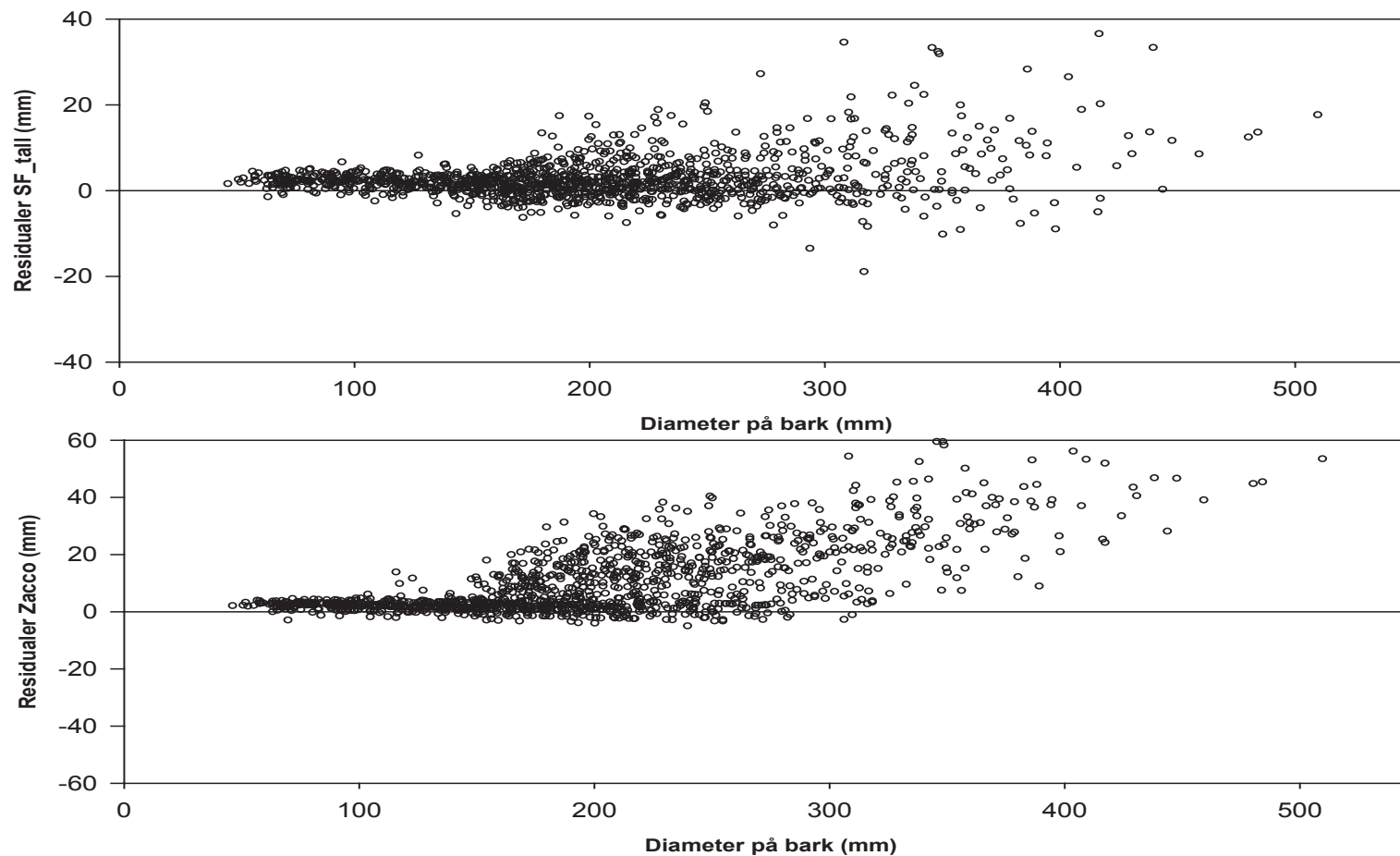


## Avvikelser plottade mot bestånds- och trädvariabler för tall

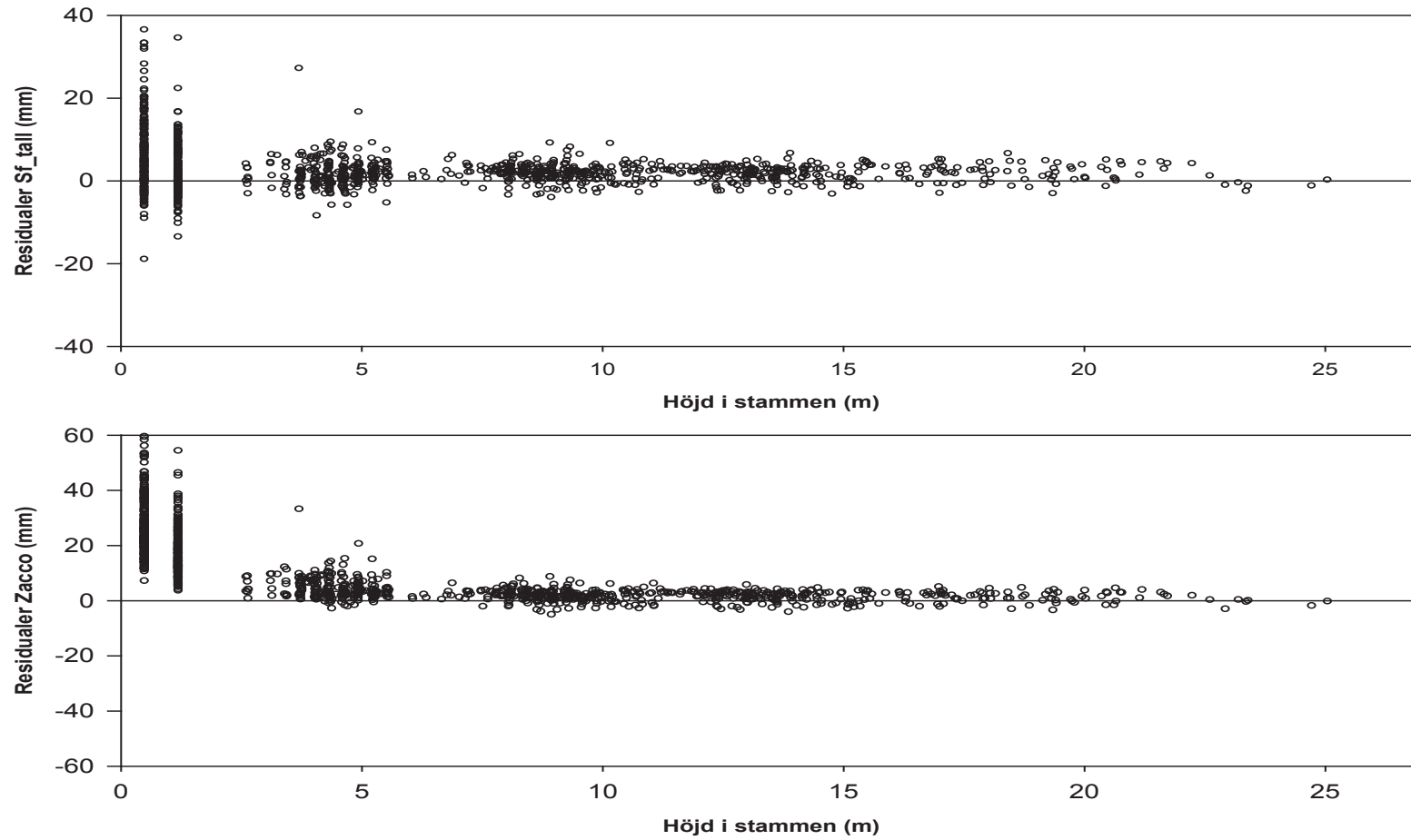
Tall. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot brösthöjdsdiameter. Observera att skalan på y-axeln skiljer sig mellan figurerna.



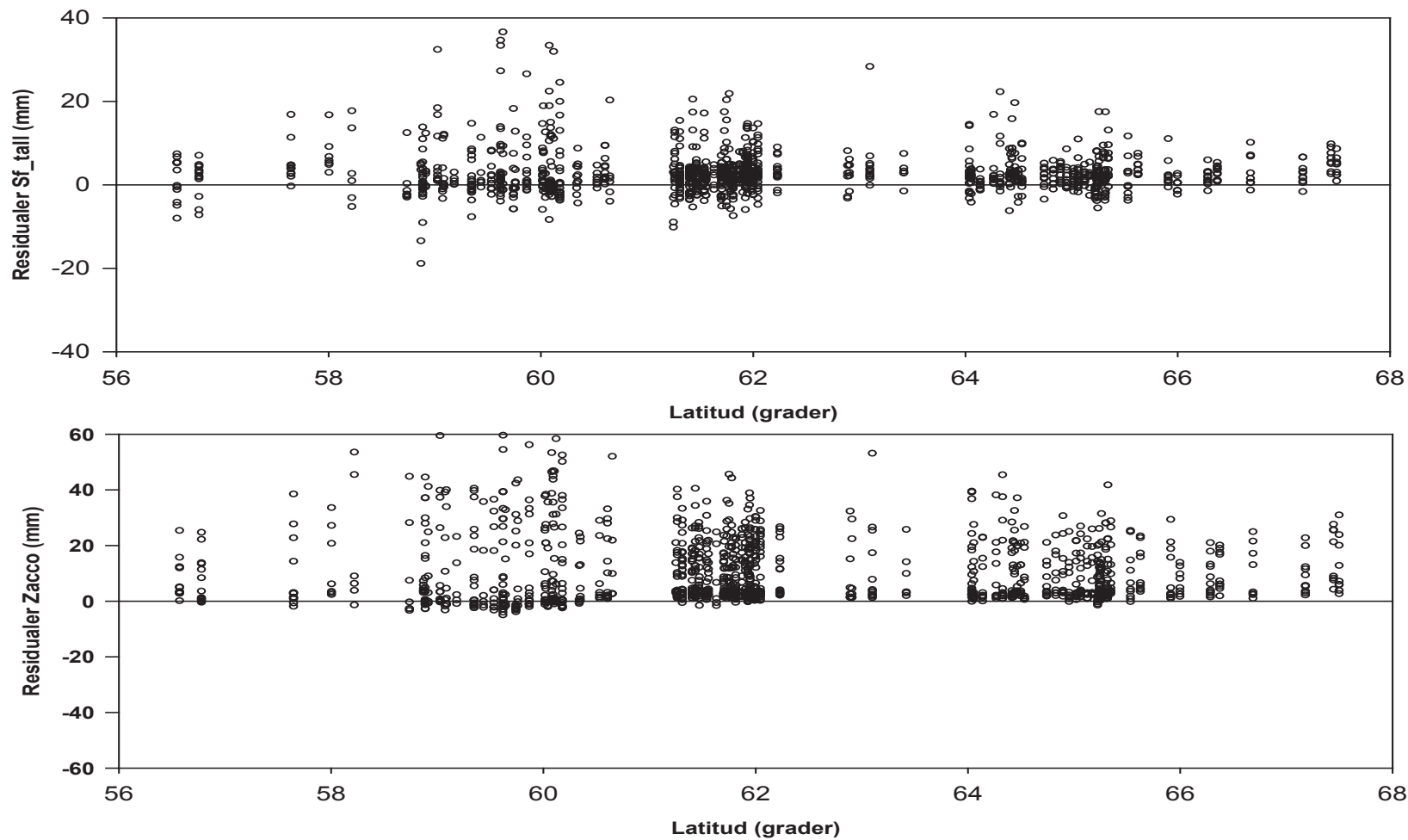
Tall. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot aktuell diameter. Observera att skalan på y-axeln skiljer sig mellan figurerna.



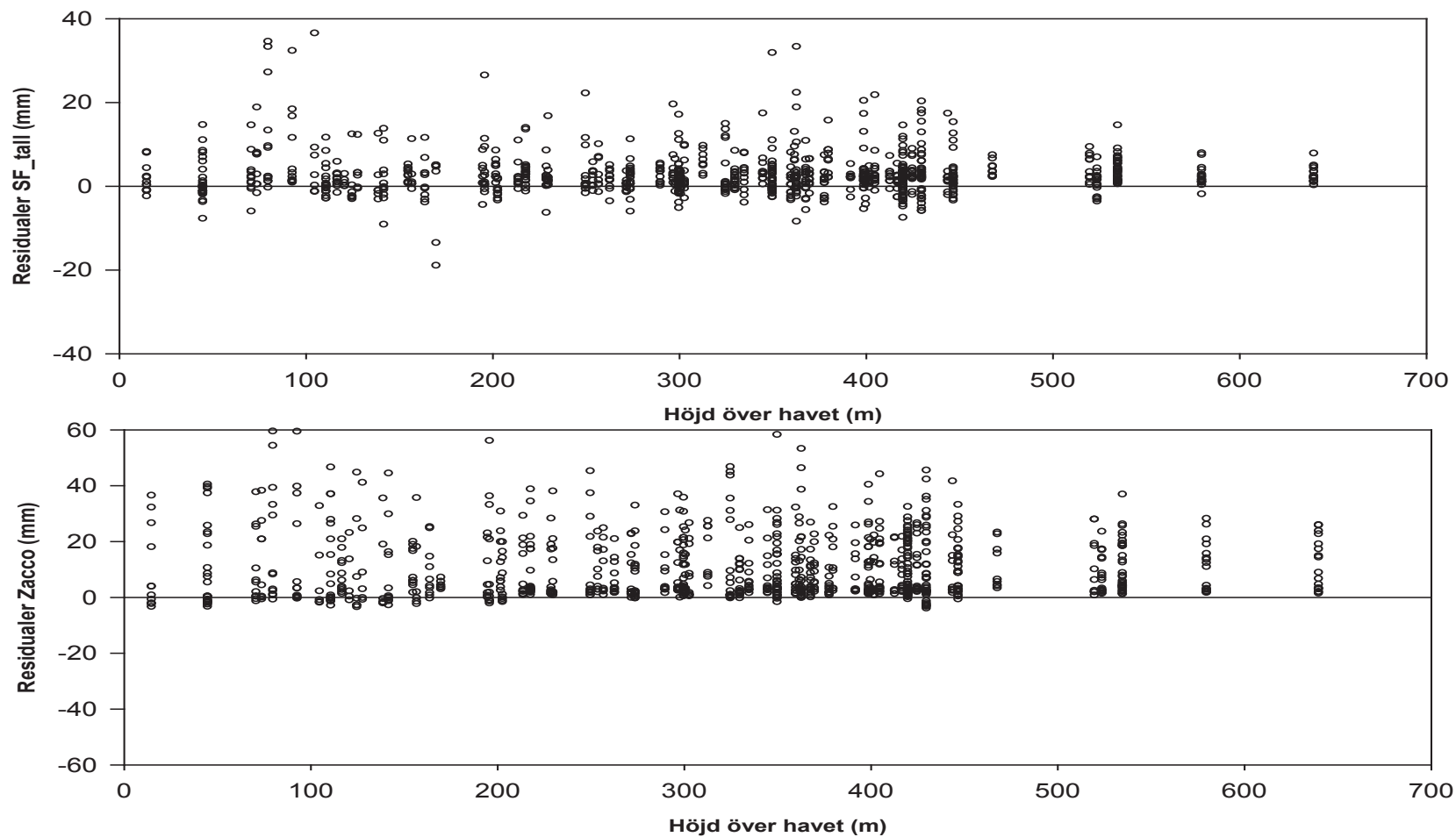
Tall. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot höjd i stammen. Observera att skalan på y-axeln skiljer sig mellan figurerna.



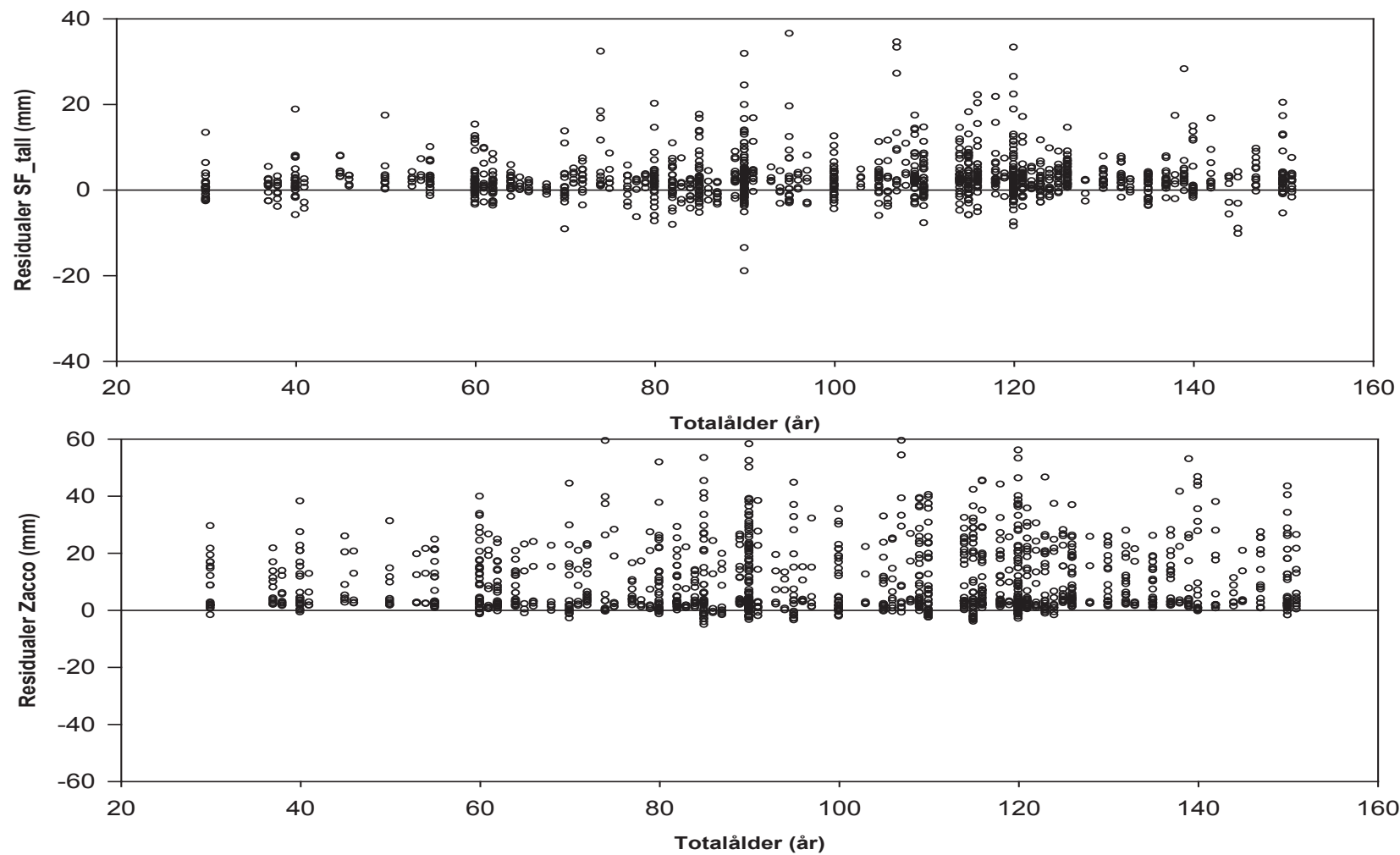
Tall. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot latitud. Observera att skalan på y-axeln skiljer sig mellan figurena.



Tall. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot höjd över havet. Observera att skalan på y-axeln skiljer sig mellan figurerna.

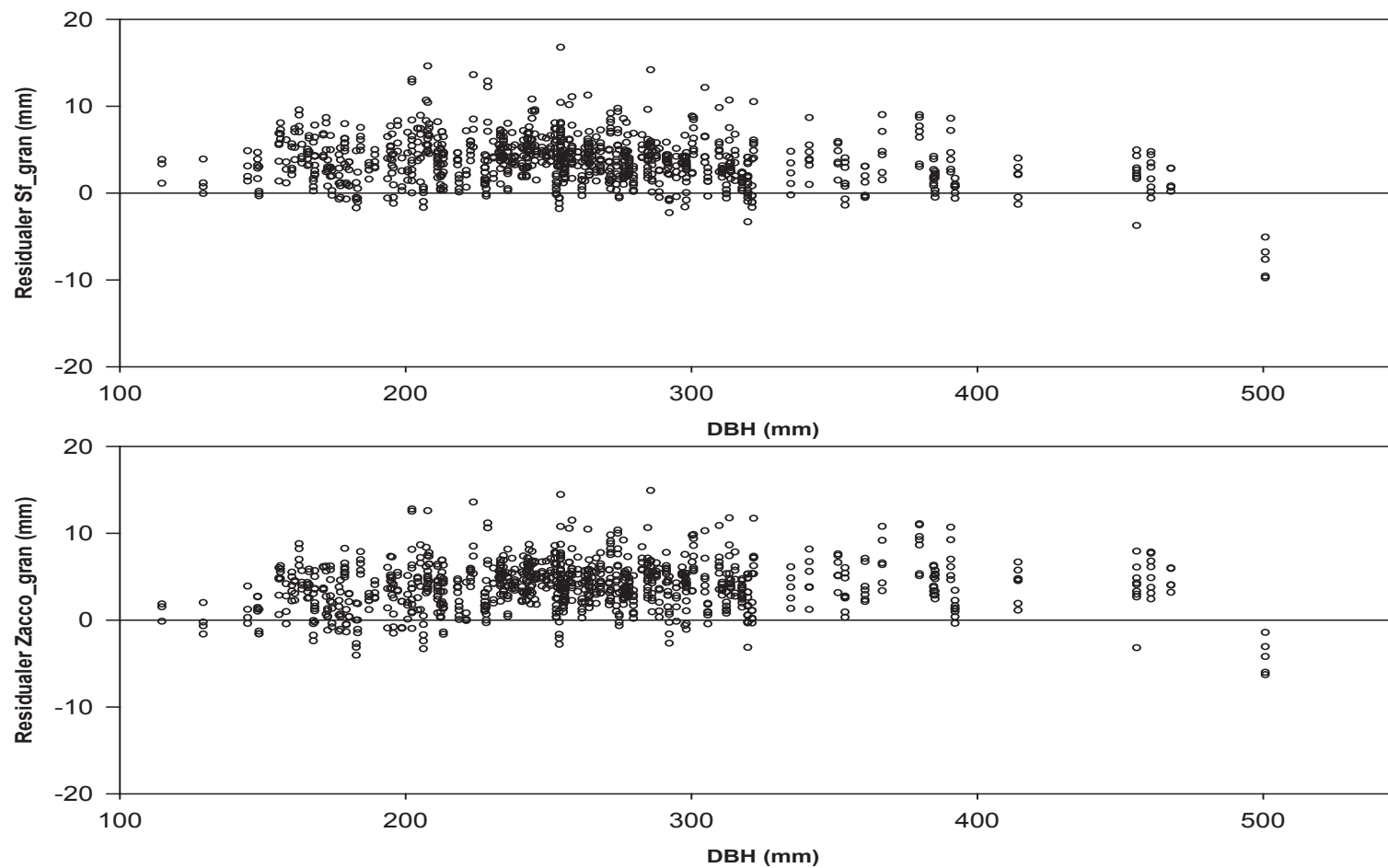


Tall. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot ålder. Observera att skalan på y-axeln skiljer sig mellan figurena.

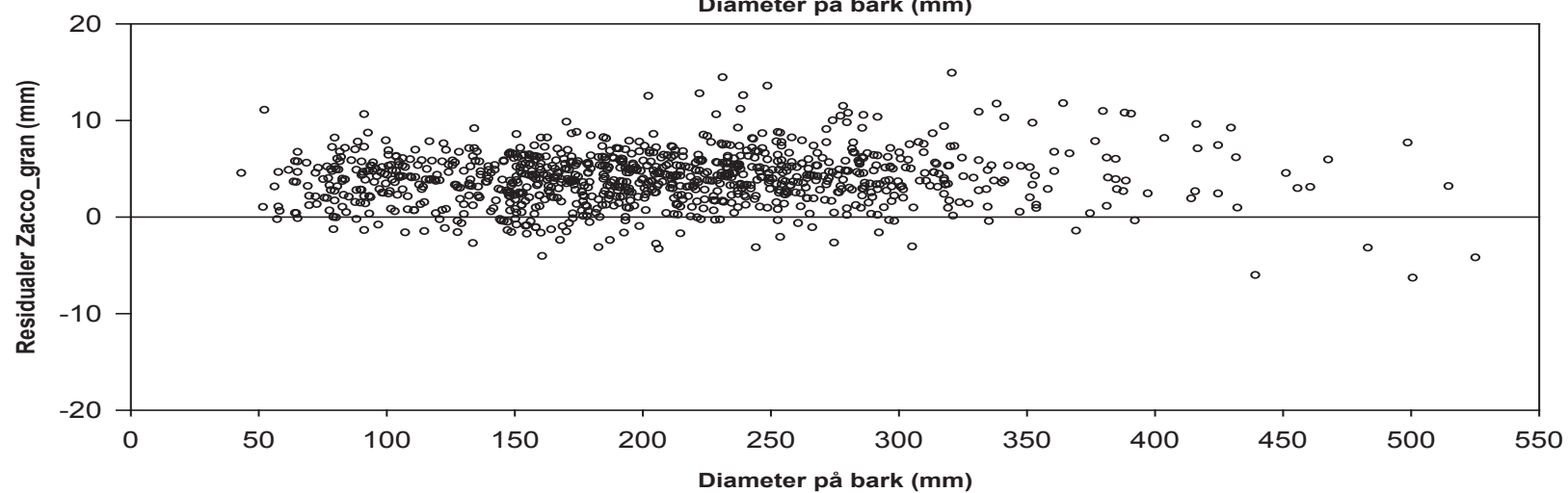
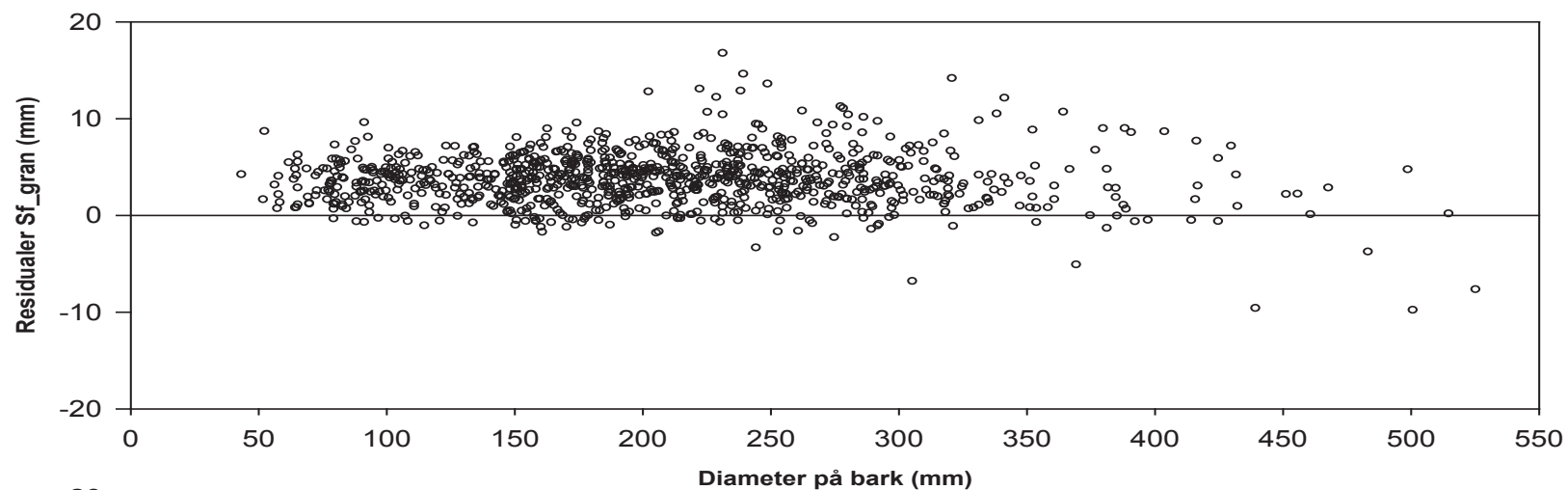


## Avvikelser plottade mot bestånds- och trädvariabler för gran

Gran. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot brösthöjdsdiameter.

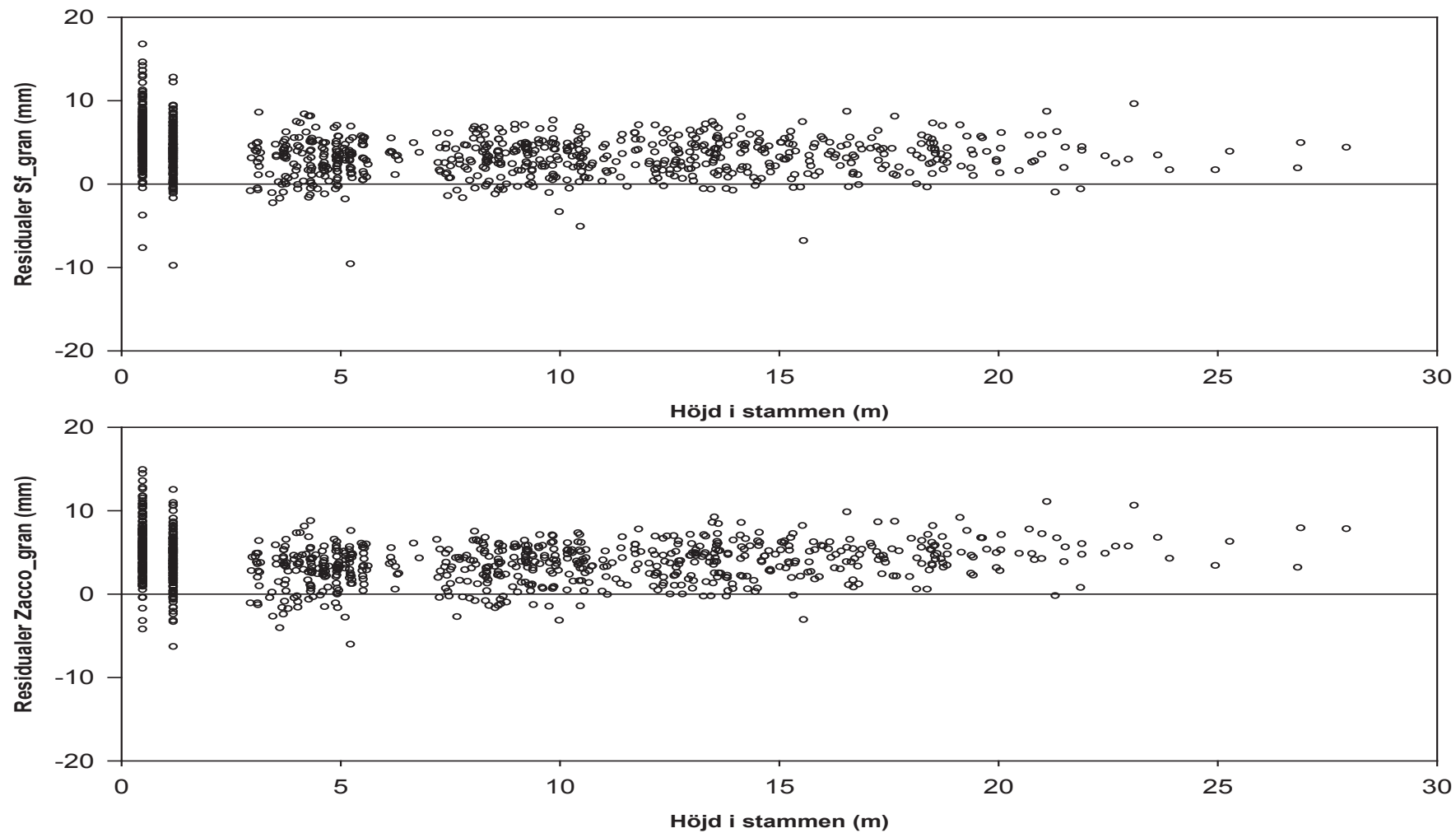


Gran. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot aktuell diameter.

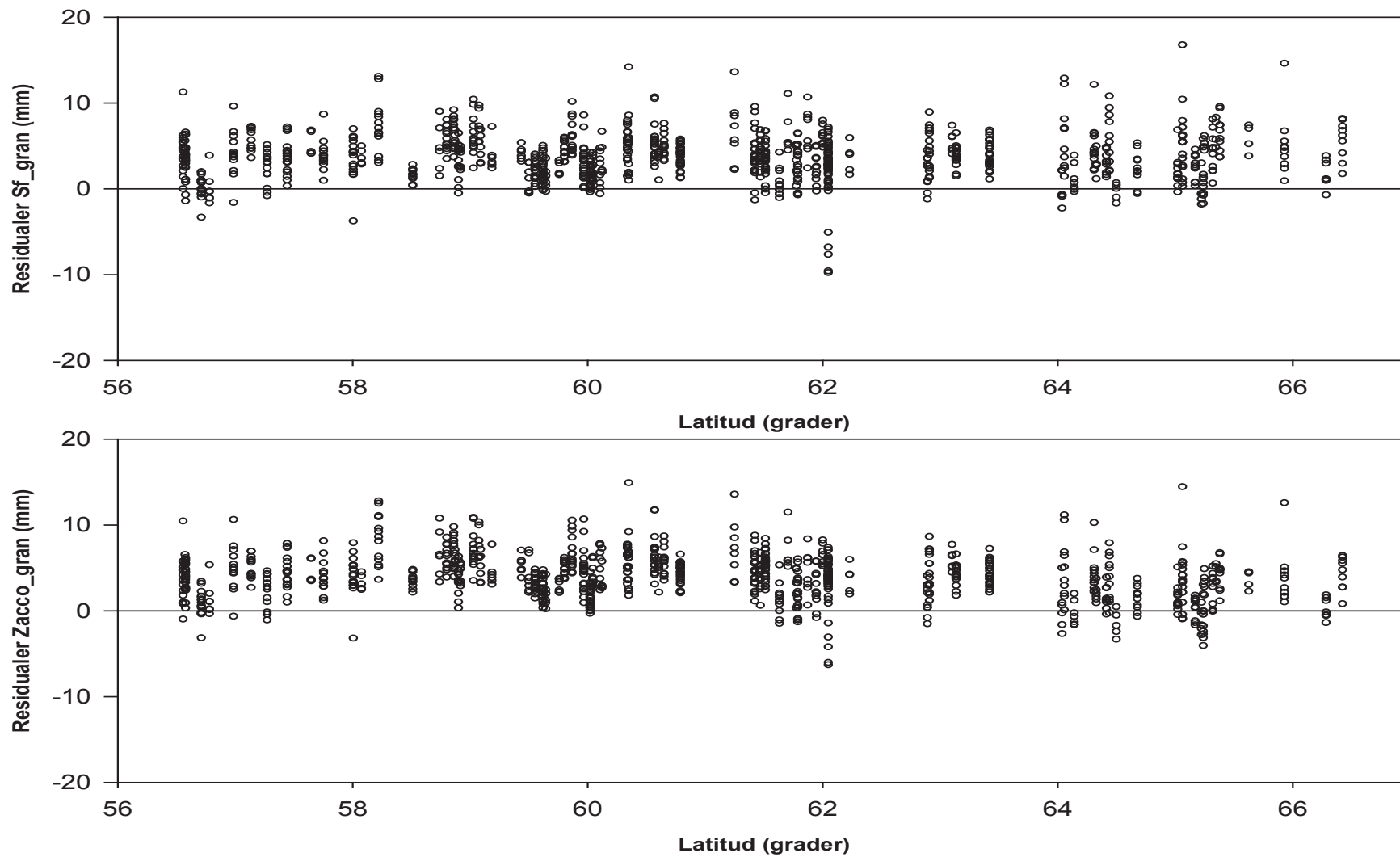




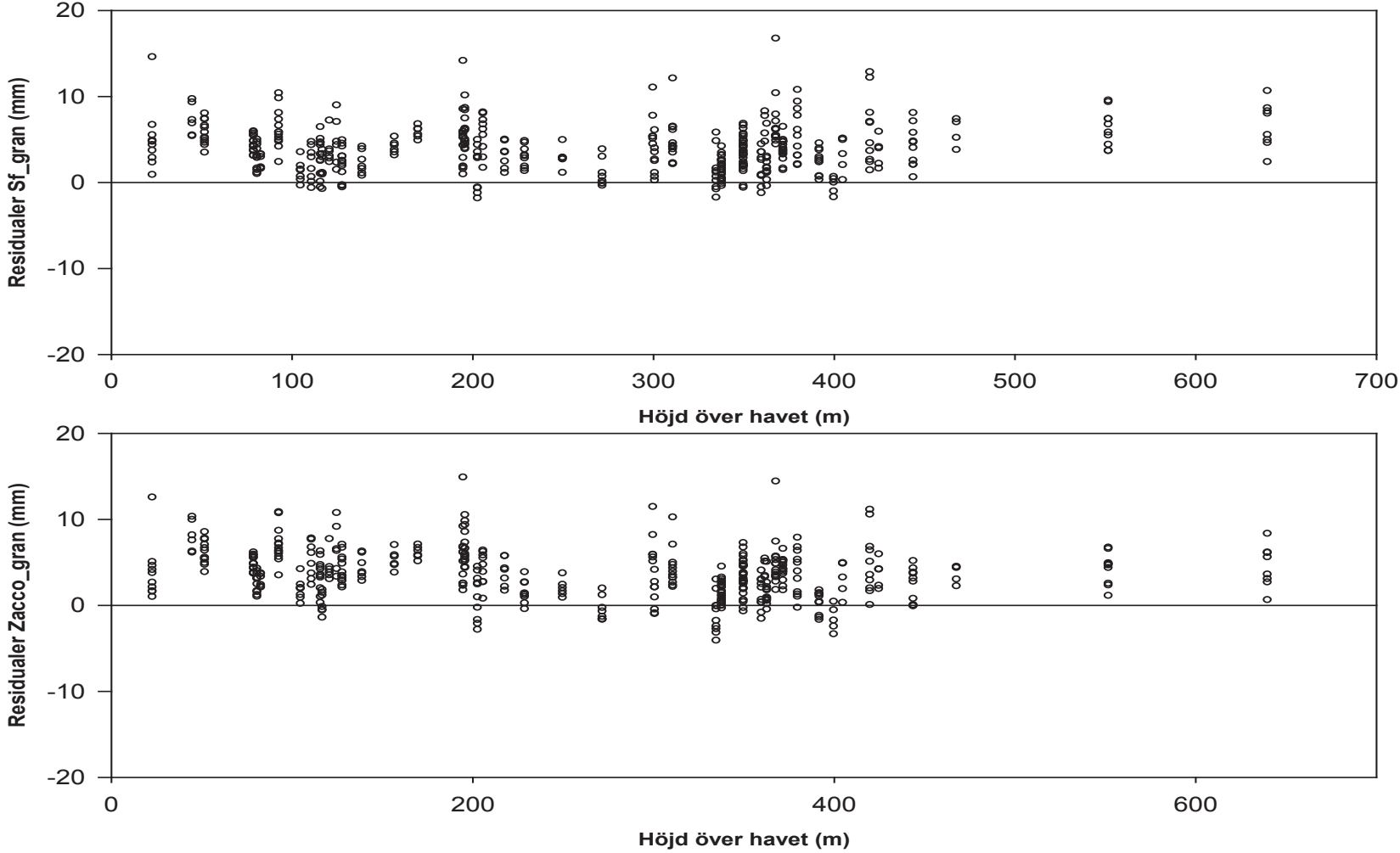
Gran. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot höjd i stammen.



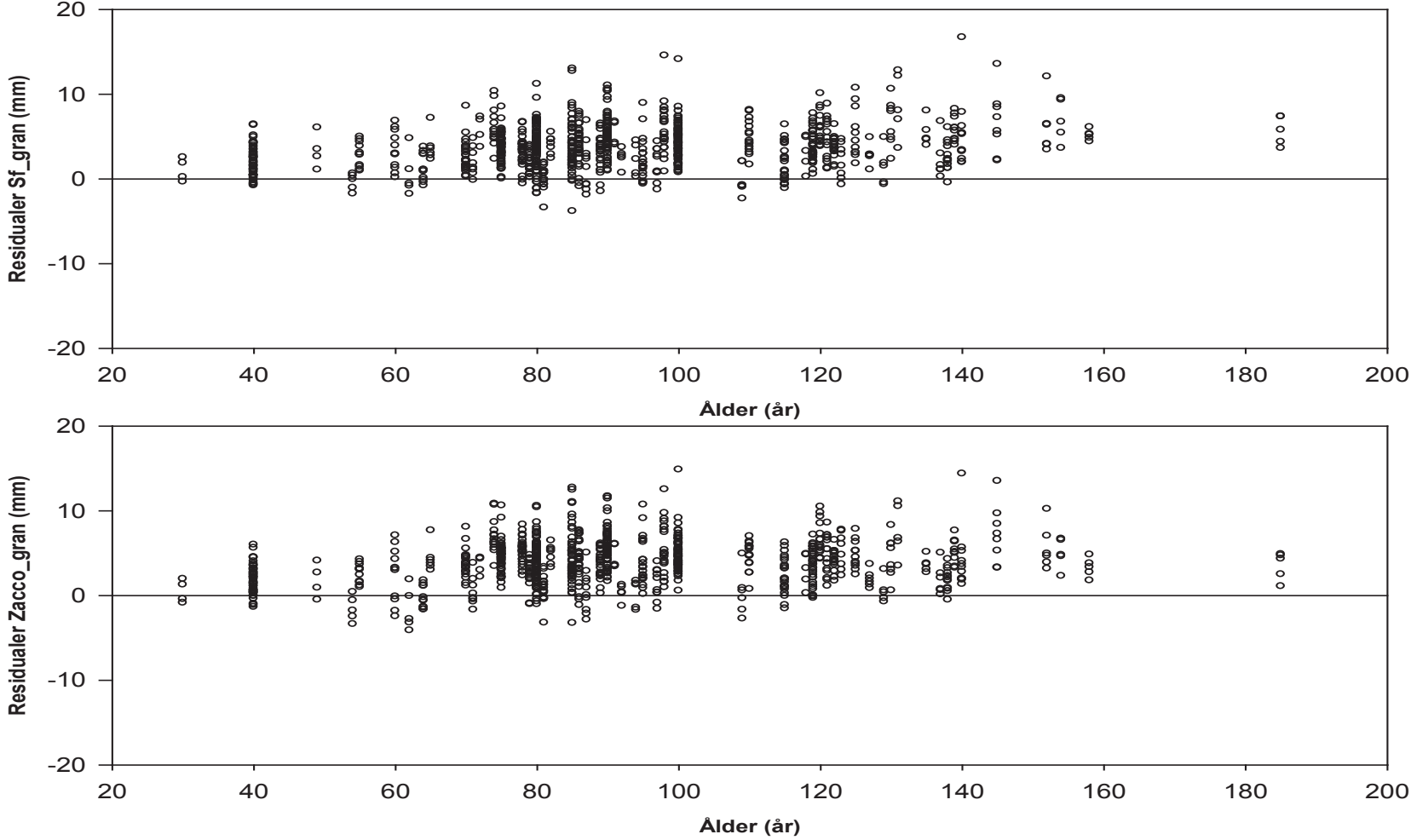
Gran. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot latitud.



Gran. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot höjd över havet.



Gran. Avvikelser (mätt dubbel barktjocklek minus beräknad) plottade mot ålder.



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2011

2011

- Nr 733 Rytter, L., Johansson, T. Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.
- Nr 734 Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.
- Nr 735 Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.
- Nr 736 Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.
- Nr 737 Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.
- Nr 738 Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. s.
- Nr 739 Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.
- Nr 740 Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.
- Nr 741 Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.
- Nr 742 Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J. & Skog, J. 2011. Vinnova\_Slutrapport\_P34138-1\_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s.
- Nr 743 Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.
- Nr 744 Cheng, C. 2011. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort a Forwarder. 93 s.
- Nr 745 Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.
- Nr 746 Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.
- Nr 747 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträd shanterande skördaraggregat. 34 s.
- Nr 748 Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.
- Nr 749 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.
- Nr 750 Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.

- Nr 751 Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. Bättre planering av avverkning vägar med GIS. 39 p.
- Nr 752 Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridorer. 26 s.
- Nr 753 Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROT-sporreprojektet. 23 s.
- Nr 754 Sjöström, L. 2011. Fuktighetsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar. 25 s.
- Nr 755 Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 10 s.
- Nr 756 Möller, J. J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.
- Nr 757 Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördar baserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.
- 2012**
- Nr 758 Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). ETT – Modular system for timber transport One More Stack (ETT) and Bigger Stacks (ST). p. 156.
- Nr 759 Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. 26 s.



## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 762 2012



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)