



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 857–2015

Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning

Nationwide evaluation of a system for
automated follow-up of thinning

Björn Hannrup, Nazmul Bhuiyan och Johan J. Möller

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 857–2015

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning.

Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning.

Bildtext:

Gallringsskördare från Komatsu Forest med programvara för registrering av kranvinkel för avverkade stammar.

Foto: Johan Heurgren.

Ämnesord:

Inventering, beståndsvariabler, gallringsstyrka, StanForD, skördardata.

Inventory, stand variables, thinning intensity, StanForD, harvester data.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2014

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

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 teknikutveckling och tillvaratagande av virkesvärden.



Nazmul Bhuiyan, civ.ing. teknisk fysik.

Anställdes 2010 vid Skogforsk och arbetar främst med utveckling av mjukvaror och algoritmer kopplade till StanForD och skogsmaskiner.



Johan J Möller, jägmästare 1993. Anställd på Skogforsk sedan 1996. Arbetar med frågor kring aptering, simulering av virkesutfall, virkesvärde, kvalitetssäkring av skördarens mätning och användning av skördardata. Johan är även ordförande i StanForD-gruppen.

Abstract

The aims of following up thinning at stand level are to improve the quality of thinning and to generate data for updating stand registers. When improving existing systems, focus should be on measures that provide faster feedback to the harvester teams and generate more precise data estimates for remaining stands.

Skogforsk has recently developed a method for calculating stand variables after thinning, based on harvester production data and the method has been tested with promising results on a limited dataset. In this study, now completed, evaluation of the method was extended to nationwide data in order to test the general applicability of the method.

The comparison between thinning intensity, thinning quotient and stand variables derived from manual reference measurement and corresponding variables calculated from harvester data showed generally good agreement. For the stand variables of basal area, volume, basal area weighted mean diameter, stem total and dominant height, there were consistently small systematic deviations (<2.2%). For basal area and volume after thinning, the standard deviation between calculated and reference values was 12–13%. The corresponding figure for basal area weighted mean diameter was 4% and for dominant height 8%.

Completion of this study means that most of the evaluation of the method for an automated system for follow-up of thinning is now complete. Future development measures should be aimed at applying and refining the method.

Förord

Denna rapport är utarbetad inom ramen för projektet ”Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd vid gallring baserat på nya produktionsdata från skördare”. Projektet har finansierats av Skogsägarna Norrskogs Forskningsstiftelse, Södra Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, Utveckling och Utbildning, Stiftelsen Skogssällskapet samt av en intressentgrupp bestående av Bergvik Skog AB, Holmen Skog AB, SCA Skog AB, Stora Enso Skog AB, Sveaskog Förvaltning AB samt Skogforsk.

Avrapportering från projektet sker via ett antal delstudier och syftet med den föreliggande delstudien är att utifrån ett rikstäckande datamaterial utvärdera och vidareutveckla det tidigare framtagna systemet för automatisk gallringsuppföljning.

Projektet har varit organiserat med styr- och projektgrupp. I styrgruppen har följande personer ingått: Lars Sängstuvall (Bergvik Skog AB), Jonas Eriksson (Holmen Skog AB), Björn Skogh (Norrskog), Per Österberg (SCA Skog AB), Staffan Mattsson (Skogssällskapet Förvaltning AB), Veegard Haanaes (Stora Enso Skog AB), Urban Nordmark/Jonas Gustafsson (Sveaskog Förvaltning AB) och Magnus Lindén (Södra Skogsägarna ek. för.). Projektgruppen har haft en sammansättning enligt nedanstående:

<u>Företag</u>	<u>Namn</u>
BillerudKorsnäs AB	Lars Ohlin och Per Nordahl
Holmen Skog AB	Robert Johansson
Norrskog	Patrik Svensson och Pedro Arvidsson
SCA Skog AB	Christer Olofsson
Skogssällskapet Förvaltning AB	Andreas Melin
Stora Enso Skog AB	Fredrik Ekelund
Sveaskog Förvaltning AB	Ulf Jonsson och Tobias Norrbom
Södra Skogsägarna ek. för.	Patrik Andersson och Tobias Nilsson

En central del i projektet har varit att samla in ett rikstäckande datamaterial från provytor i gallringsskog bestående av produktionsdata från skördare samt referensmätningar i den kvarstående skogen efter gallring. Detta arbete har utförts i de medverkande företagens regi med projektgruppens medlemmar som primärt ansvariga.

Studieupplägg, kontakter med värdföretag och analys av data har skett av en arbetsgrupp vid Skogforsk bestående av Nazmul Bhuiyan, Björn Hannrup och Johan J. Möller.

Ett stort Tack till samtliga som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2015

Johan J. Möller (Projektledare)

Innehåll

Förord	1
Summary	3
Sammanfattning	4
Bakgrund	6
Syfte, projektmål och avgränsningar	7
Material och metoder	8
Datainsamling på provytorna	8
Produktionsfiler från skördarna	10
Manuella referensmätningar på provytorna	11
Beräkning av bestandsvariabler utifrån skördarnas produktionsfiler	11
Beräkning med befintlig metodik	11
Beräkningar med vidareutvecklad metodik	12
Utvärderingsschema	15
Resultat och Diskussion	16
Materialöversikt	16
Gallringsstyrka	19
Gallringskvot	21
Grundyta efter gallring	25
Jämförelse mellan referensmätt och beräknad grundyta	25
Jämförelse med gallringsmallarnas rekommendationer	28
Volym	29
Grundytvägd medeldiameter i brösthöjd	31
Trädslagsfördelning	34
Stamantal	38
Övre höjd och ståndortsindex	43
Jämförelse med andra inventeringsmetoder	45
Referenser	48
Personlig kommunikation	48
Bilaga 1 Beståndsuppgifter för provytorna i studien	49
Bilaga 2 Förteckning över de skördare som användes i datainsamlingen	51
Bilaga 3 Företagsvis gallringsuppföljning	53
Bilaga 4 Grundyta efter gallring	55

Summary

The aims of following up thinning at stand level are to improve the quality of thinning and to generate data for updating stand registers. When improving existing systems, focus should be on measures that provide faster feedback to the harvester teams and generate more precise data estimates for remaining stands.

Skogforsk has recently developed a method for calculating stand variables after thinning, based on harvester production data, and the method has been tested with promising results on a limited dataset. In this study, now completed, evaluation of the method was extended to nationwide data in order to test the general applicability of the method. The study was part of the project *Automated follow-up of thinning and decision support for thinning activities based on new production data from harvesters*.

Compared with previous methods, development has mainly focused on a method for calculating the thinning quotient, defined as the ratio between basal area weighted mean diameter extracted and that remaining after thinning. The new method is based on automatically identifying the strip road trees using tree-based information about the angle of the harvester crane in relation to the machine's orientation when trees are felled. Technology for recording the crane angle in the harvester's production files has been developed by the harvester manufacturers during the course of the project.

Harvester data was collected from a total of 60 sample plots (area 1 ha) in thinning sites situated from southern Småland in the south of Sweden to Norrbotten in the north. Manual reference measurements were taken on the sample plots, and all remaining stems after thinning were measured by caliper. Fifty plots involved first thinning, nine plots second thinning, and one plot a third thinning. The intervals for dominant height, site index, and basal area before thinning on the 60 sample plots were 13–22 m, T20–T32 and G15–G36, and 17.5 – 38 m²/ha.

Evaluation was carried out by comparing stand variables calculated from harvester data and corresponding data derived from manual reference measurements. Stand variables were calculated from harvester data, using both the existing method and the method developed in the study.

The comparison between thinning intensity, thinning quotient and stand variables derived from manual reference measurement and corresponding variables calculated from harvester data showed generally good agreement. For the stand variables of basal area, volume, basal area weighted mean diameter, stem total and dominant height, there were consistently small systematic deviations (< 2.2%). For basal area and volume after thinning, the standard deviation between calculated and reference values was 12–13%. The corresponding figure for basal area weighted mean diameter was 4% and for dominant height 8%.

Completion of this study means that most of the evaluation of the method for an automated system for follow-up of thinning is now complete. Future development measures should be aimed at applying and refining the method.

Sammanfattning

Beståndsviss gallringsuppföljning syftar till att följa upp och förbättra kvaliteten i gallringsarbetet samt generera data för uppdatering av beståndsregister. För att förbättra de system för uppföljning som används idag bör insatser inriktas mot åtgärder som ger snabbare återkoppling till skördarlagen och genererar mer precisa skattningar av beståndsuppgifter för kvarvarande bestånd.

Skogforsk har nyligen utvecklat metodik för beräkning av beståndsvariabler efter gallring baserat på skördarnas produktionsdata och metodiken har testats med lovande resultat på ett begränsat datamaterial. I den här avrapporterade studien utvidgades utvärderingen av metodiken till ett rikstäckande material i syfte att testa metodikens generaliserbarhet. Studien ingick som en delstudie i projektet ”Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd vid gallring baserat på nya produktionsdata från skördare”.

I jämförelse med tidigare framtagen metodik gjordes utvecklingsinsatser framför allt kring metodiken för beräkning av gallringskvot, vilken definierades som kvoten mellan grundtyvägd medeldiameter i uttaget och grundtyvägd medeldiameter efter gallring. Den nya metodiken baseras på att stickvägsträden kan identifieras automatiskt med hjälp av trädvis information om skördarkranens vinkel gentemot maskinens färdriktning vid fällningen av träden. Teknik för registrering av kranvinkel i skördarnas produktionsfiler har utvecklats av de skördartillverkande företagen under projektiden.

För utvärdering samlades skördardata in från totalt 60 provytor i gallringsobjekt belägna från södra Småland till Norrbotten. På provytorna gjordes manuella referensmätningar och samtliga kvarvarande stammar efter gallring klavades. På 50 provytor utgjordes skogen av förstagallring, på nio provytor av andragallringar och på en provyta utav tredje gallring. Variationsvidden för övre höjd, ståndortsindex och grundyta före gallring på de 60 provytorna var 13–22 m, T20–T32 respektive G15–G36, samt 17,5 – 38 m²/ha. Utvärdering skedde genom jämförelse mellan beståndsvariabler beräknade från skördardata och motsvarande uppgifter inhämtade från manuell referensmätning. Vid utvärderingen beräknades beståndsvariabler från skördardata med befintlig metodik och med den metodik som utvecklats inom ramen för studien.

Resultaten från jämförelsen mellan gallringsstyrka från manuell referensmätning och gallringsstyrka beräknad från skördardata visade generellt god överensstämmelse och med en standardavvikelse för avvikelserna mellan beräknat och referensmätt värde på 2,8 procentenheter. Beräkning av gallringskvot utifrån identifiering av stickvägsträd m.h.a. kranvinkeldata, medförde en avsevärd förbättrad skattning av gallringskvoten. Med den nya metodiken var det möjligt att skatta gallringskvoten med mycket hög precision, vilket i förlängningen möjliggör löpande uppföljning av denna parameter i ett automatiserat system på ett sätt som tidigare inte varit möjligt inom svenskt skogsbruk.

För beståndsvariablerna grundyta, volym, grundtyvägd medeldiameter, stamantal och övre höjd var det genomgående små systematiska avvikelser (< 2,2 %) då de beräknade värdena från skördardata jämfördes med motsvarande värden från manuell referensmätning. För grundyta och volym efter

gallring var standardavvikelsen för avvikelserna mellan beräknade och referensmätta värden 12–13 %. Motsvarande värden för grundytavägd medeldiameter och övre höjd var fyra respektive åtta procent. Lägst precision noterades för stamantal med en standardavvikelse inom intervallet 16 till 20 %. Trädslagsfördelningen beräknad från skördardata överensstämde mycket väl med referensmätt trädslagsfördelning på cirka 85 % av provytorna. Större avvikelser förekom för provytor där trädslagsfördelningen i gallringsuttaget avvek kraftigt från trädslagsfördelningen före gallring.

Den precision som noterades för de skördarbaserade skattningarna av grundyta, volym och stamantal låg i nivå med den precision som i tidigare studier noterats för inventering med hjälp av laserscanning och den så kallade arealmetoden. Störst skillnad i precision mellan de två metoderna förekommer sannolikt vid bestämning av grundytavägd medeldiameter och trädslagsfördelning där dessa variabler kan beräknas med betydligt högre precision utifrån skördardata.

I jämförelse mellan resultaten från utvärderingen av beräkningsmetodikerna på ett rikstäckande material i denna studie och resultaten från den tidigare utvärderingen från 2011 som utfördes på ett begränsat material så var precisionen mycket likartad för de olika beståndsvariablerna. Sammantaget indikerar detta att metodiken för beräkning av beståndsvariabler utifrån skördardata förmådde hantera den variation som förekom i det rikstäckande materialet och därmed är generell användbar. I förlängningen innebär det att metodiken kan förväntas ge hög precision vid praktisk användning under merparten av de förhållanden som förekommer i svensk gallringsskog.

Med denna studie bör huvuddelen av utvärderingen av den metodik som utgör grunden i ett automatiserat system för gallringsuppföljning vara avklarad. Fortsatta utvecklingsinsatser bör därmed lämpligen inriktas mot tillämpning av den utvecklade metodiken samt succesiv förfining av denna.

Bakgrund

I Sverige gallras årligen 300 000 till 400 000 ha (Skogsstyrelsen, 2012). Frånsett de återkommande, rikstäckande uppföljningar som Skogsstyrelsen utförde mellan 1977 och 1997 (t.ex. Skogsstyrelsen, 1995) så har beståndsvisa gallringsuppföljningar huvudsakligen genomförts i skogsföretagens regi. Företagens uppföljningar har vanligen genomförts på två nivåer (Bylund, 2008; Lindström & Olbers, 2009), en kontinuerlig egenuppföljning av skördarlagen kompletterad med centralt organiserade undersökningar där gallringsarbetet följs upp på en utslumpad population av nygallrade bestånd. Som en följd av det pågående rationaliseringsarbetet i skogsbruket har ansvaret för planering och genomförande av gallringsarbetet i allt högre utsträckning förts över på skördarlagen. Insatser för att förbättra uppföljning och genomförande av gallringsarbetet bör därför vara starkt fokuserade på att underlätta skördarlagens arbete.

De utvärderingar som gjorts av företagsvisa gallringsuppföljningar (Bylund, 2008; Lindström & Olbers, 2009) belyser förekomsten av två typer av problem. För det första är återkopplingen av resultaten av skördarlagens egenuppföljningar otillräcklig. Konsekvensen av detta är en urholkning av möjligheten att styra gallringsarbetet mot företagsvisa mål t.ex. när det gäller kvarlämnad grundyta efter gallring. För det andra är egenuppföljningen baserad på en begränsad mängd mätdata, vilket leder till en betydande osäkerhet i återrapporterade uppgifter som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring. Följaktligen har utvecklingsinsatser som möjliggör en snabb återkoppling potential att förbättra effekten av uppföljningsinsatserna. Idealt bör sådan återkoppling ske kontinuerligt i gallringsskördarna under arbetets gång t.ex. i form av beslutsstöd. På samma sätt finns förbättringspotential när det gäller precisionen i återrapporterade beståndsuppgifter för de kvarvarande bestånden efter gallring. Sådana förbättringsinsatser bör inriktas mot lösningar som utnyttjar större datamängder och därigenom fångar en större del av beståndsvariationen.

Produktionsdata från skördare är den primära datakällan för produktionsrapportering och flödesstyrning av skogsråvara från skog till industri. Sådana produktionsdata har tidigare begränsats till att innehålla aggregerad information om stockdimensioner per sortiment och avverkningsobjekt. Utvecklingen av mobila kommunikationslösningar har medfört att det i dag är möjligt att överföra betydligt större datamängder. I skogsbruket sker nu en snabb övergång till en ny typ av produktionsdata innehållande ny och mer högupplöst information som kan kopplas till enskilda träd (Arlinger m.fl., 2003). Att systematiskt utnyttja den grundläggande information som de nya produktionsdata innehåller erbjuder en rad möjligheter till nya och förbättrade tillämpningar inom skogsbruket. Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd i gallringsskördare är två sådana exempel.

Skogforsk har nyligen utvecklat metodik för beräkning av beståndsvariabler efter gallring baserat på skördarnas detaljerade produktionsdata (Möller m.fl., 2011). Metodiken har testats vid praktisk gallring och resultaten visade att beräknade beståndsuppgifter som grundyta, volym, grundytavägd brösthöjdsdiameter, trädslagssammansättning, övre höjd och ståndortsindex generellt överensstämde väl med motsvarande beståndsuppgifter från manuell referensmätning (Hannrup m.fl., 2011). Den precision som noterades för de

skördarbaserade skattningarna av beståndsvariablerna var i nivå med den precision som noterats för inventering med hjälp av laserscanning och den så kallade arealmetoden (Naesset, 2007). Alternativa inventeringsmetoder, baserade på t.ex. subjektivt utlagda relaskopytor eller ett rimligt antal utslumpade cirkelprovytor, har en lägre precision än laserscanning (Ståhl, 1992; Barth m.fl., 2008). Utvärderingen av de skördarbaserade skattningarna var dock baserad på ett begränsat datamaterial, så det är därför angeläget att det föreslagna systemet utvärderas på ett material av mer rikstäckande karaktär.

Tidigare studier kring automatiserad gallringsuppföljning

Intresset för att använda detaljerade skördardata för automatiserad gallringsuppföljning har funnits sedan mitten av 1990-talet och i en tidig studie utnyttjades positionsbestämning med GPS-teknik i kombination med skördardata för att utveckla en utrustning där skördarföraren löpande kunde följa *uttagen grundytta* (m^2/ha) under gallringsarbetet (Thor m.fl., 1996). Stendahl och Dahlin (2002) studerade möjligheterna att i förstagallring beskriva beståndsvariabler för det kvarvarande beståndet efter gallring utifrån produktionsdata för de utgallrade stammarna. Resultaten indikerade att informationen om stickvägs-träden gav en god beskrivning av det kvarvarande beståndets medeldiameter och medelhöjd men att det också fanns en viss selektivitet vid utläggningen av stickvägarna. Sedan dessa studier genomfördes har de grundläggande förhållanden, företrädesvis kring datakommunikation, förändrats i en riktning som kraftigt förbättrar förutsättningarna för att flertalet av de tillämpningar som då föreslogs ska kunna realiseras i praktiskt skogsbruk. Detta kräver dock att målinriktade utvecklingsinsatser genomförs.

Syfte, projektmål och avgränsningar

Det övergripande syftet med projektet ”Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd vid gallring baserat på nya produktionsdata från skördare” är:

- Att utveckla och testa beslutsstöd för gallringskördare som i realtid ger information om uttagen och kvarlämnad grundytta, gallringsstyrka och gallringskvot.
- Att vidareutveckla och på ett rikstäckande material utvärdera det tidigare utvecklade systemet för automatiserad gallringsuppföljning (Möller m.fl., 2011).

Projektet är uppbyggt av ett antal delprojekt där utvecklingsinsatser kring arealbestämning och beslutsstöd för gallringsskördare avrapporteras i separata rapporter. Den nu avrapporterade projektdelen har haft följande delmål:

- Att utvärdera det tidigare utvecklade systemet för automatisk gallringsuppföljning (Möller m.fl., 2011) på ett rikstäckande material.
- Att vidareutveckla den metodik som används i systemet för automatisk gallringsuppföljning. Arbetet ska inriktas mot metodiken för beräkning av gallringsstyrka, gallringskvot, stickvägsandel, och trädslagsfördelning efter gallring. Jämfört med tidigare modell ska test göras med att utnyttja stickvägsträden för att beräkna gallringsstyrka och gallringskvot.

Material och metoder

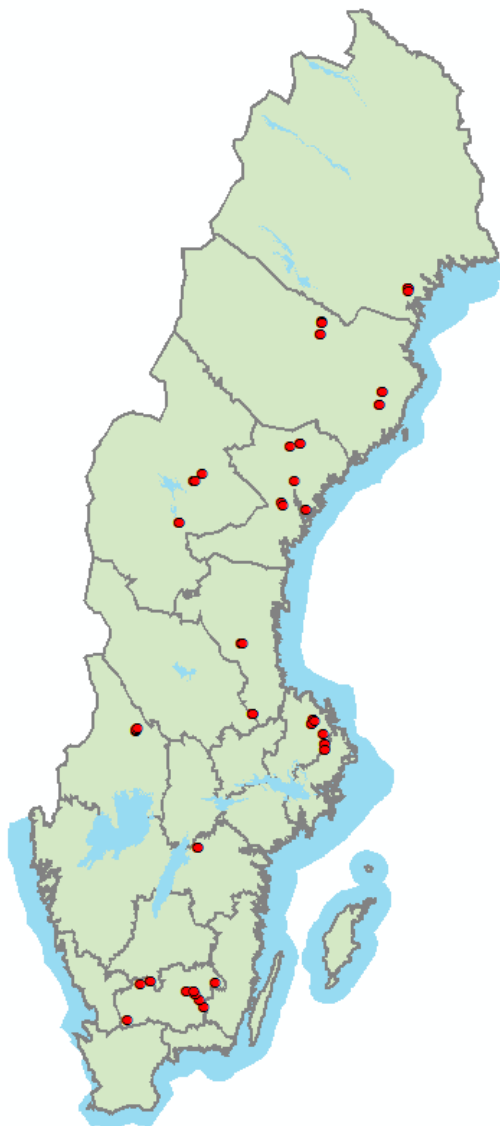
DATAINSAMLING PÅ PROVYTORNA

I studien samlades data från totalt 60 provytor utlagda i gallringsobjekt belägna från södra Småland till Norrbotten (Figur 1). Provyteutläggning skedde före gallringsingreppen. Yttergränserna på provytorna markerades med snitselband. I en del fall utnyttjades naturliga avgränsningar (väg, hyggeskant o.dyl.) som gränsmarkering. Provytorna hade ingen fix storlek utan storleken anpassades efter de naturliga förutsättningarna på det aktuella gallringsobjektet. I genomsnitt var provytestorleken 0,93 ha med en variation från 0,29 till 1,4 ha.

Från provytorna inhämtades följande data:

1. Produktionsfiler från skördare då de utförde gallringsingreppen. Produktionsfilerna användes för att beräkna beståndsvariabler efter gallring enligt tidigare utvecklad metodik (Möller m. fl., 2011).
2. Manuella referensmätningar, vilka utfördes efter gallring. Beståndsvariabler genererade från de manuella referensmätningarna och som beskrev skogstillståndet efter gallring betraktades i studien som ”facit”.
3. Med hjälp av nyutvecklad teknik från skördartillverkande företag skedde en automatisk registrering av skördarnas kranvinkel vid fällning av samtliga stammar. Dessa data användes i studien för en förfinad positionsbestämning av enskilda träd samt som underlag för att utveckla metodik för automatisk identifiering av stickvägsträd. Kranvinkeldata samlades på totalt 26 av de 60 provytorna i studien.
4. Manuell registrering av stickvägsträd i skördarnas produktionsfiler. Detta gjordes av skördarförarna med hjälp av tidigare utvecklad metodik för trädvis registrering av grotanpassning (Möller m.fl., 2009). Dessa data betraktades i studien som ”facit” vid utvecklingen av metodik för automatisk bestämning av stickvägsträd. Den manuella registreringen av stickvägsträd genomfördes på de 26 provytorna där kranvinkeldata registrerades.

Drygt två tredjedelar av provytorna i studien låg på mark ägd av de medverkande skogsföretagen medan återstående provytor var belägna på mark ägd av mindre, privata skogsägare. En förteckning över de studerade provytornas lägen, arealer samt beståndsuppgifter finns redovisade i Bilaga 1.



Figur 1.
Lokalisering av de i studien ingående provytorna. Närliggande provytor är endast markerade med en symbol.

Insamlingen av det rikstäckande datamaterialet utfördes av de medverkande skogsföretagen utifrån riktlinjer utarbetade av Skogforsk. Arbetet organiserades av företagens representanter i projektgruppen och detta inkluderade val av skördarlag, val av gallringsobjekt, uppmärkning av provytor före gallring, insamling av skördarnas produktionsfiler från provytorna samt organisering av referensmätningar på provytorna efter gallring.

De viktigaste kriterierna från studiens riktlinjer för val av gallringsobjekt vid provyteutläggningen var följande:

- Data skulle samlas från förstagallringar och senare gallringar. Målet var att 60–70 % av provytorna skulle hämtas från förstagallringar och resterande del från senare gallringar.
- Åtta av de tio bestånden per företag borde vara ”normal” produktionskog som är dominerad av barr. Två av de tio bestånden kunde vara avvikande bestånd, t.ex. så kallade konfliktbestånd.

PRODUKTIONSFILER FRÅN SKÖRDARNA

I studien samlades produktionsfiler från 14 gallringsskördare, se förteckning i Bilaga 2. De produktionsfiler som samlades var huvudsakligen så kallade pri-filer vilka bl.a. innehåller trädvis information om geografisk position, trädslag, brösthöjdsinformation samt uppgifter över de ingående stockarnas dimensioner och kvaliteter (se Arlinger m.fl., (2003) för en beskrivning av informationsinnehållet i pri-filer). Några av skördarna samlade enbart hpr-filer, det vill säga den filtyp som ersätter pri-filer i den nya versionen av skogsstandarden, StanForD 2010. För att kunna registrera kranvinkeldata så krävdes hpr-filer.

Innan datainsamlingen inleddes gjordes följande kontroller/installationer på skördarna:

- Maskinernas mätning av diameter och längd följdes upp enligt den metodik som används i kvalitetssäkringssystemet för skördarnas mätning av längd och diameter (Arlinger & Möller, 2006). Speciellt fokus låg på förekomsten av eventuella systematiska avvikelser i skördarnas diametermätning. Detta eftersom sådana mätfel skulle kunna påverka beräknade nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring.
- För några av skördarna installerades programvara i form av en virtuell splitter så att skördarnas apteringsdator kunde lagra ned geografisk position för varje uppställningsplats i produktionsfilerna. I många skördare används informationen från GPS-mottagaren enbart i GIS-programvaran (kart-programmet). Den virtuella splittern delade upp signalerna från GPS-mottagaren så att dessa kunde användas både av skördarnas kart-program och av apteringsdatorn.
- Kontroll att funktionen för trädvis registrering av grotanpassning var aktiverad.
- För en delmängd av skördarna installerades av skördartillverkarna nyutvecklad programvara som medgav att skördarnas kranvinkel registrerades automatiskt vid fällning av samtliga stammar. Den metodik som användes för registrering av kranvinkel finns beskriven av Bhuiyan m.fl. (2015).

I övrigt gjordes inga anpassningar av skördarna. Sammanfattningsvis är de produktionsdata som samlades in i studien sådana som efter mindre anpassningar är möjliga att erhålla från merparten av skördare som används i svenskt skogsbruk.

MANUELLA REFERENSMÄTNINGAR PÅ PROVYTORNA

Samtliga mätningar på provytorna utfördes efter gallring. På provytorna utfördes följande mätningar/registreringar:

- Koordinaterna för provytans yttergränser registrerades med GPS.
- För delområden inom provyta som inte avverkats registrerades koordinaterna för delområdenas yttergränser med GPS.
- För samtliga träd på provytorna registrerades trädslag och brösthöjdsdiameter (totalklavning).
- Inom provytorna lades cirkelprovytor med radien 10 m ut för mätning av övre höjd och trädålder på två träd per yta. För varje provyta gjordes mätningar på två cirkelprovytor. Koordinaterna för cirkelprovytorernas centrum registrerades.

BERÄKNING AV BESTÅNDSVARIABLER UTIFRÅN SKÖRDARNAS PRODUKTIONSfiler

Utifrån informationen i skördarnas produktionsfiler beräknades beståndsvariabler som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring. Beräkningarna gjordes i två steg. I ett första steg gjordes beräkningarna enligt tidigare framtagen metodik. I ett andra steg vidareutvecklades beräkningsmetodik baserat på antagandet att produktionsfilerna innehåller information som möjliggör att stickvägsträden kan särskiljas. Resultaten av de två sätten att beräkna beståndsvariabler efter gallring jämfördes därefter med motsvarande beståndsvariabler genererade från de manuella referensmätningarna.

Beräkning med befintlig metodik

Jämfört med tidigare använd metodik (Möller m.fl., 2011; Hannrup m.fl., 2011) gjordes följande modifieringar:

1. I algoritmen för beräkning av beståndsvariabler efter gallring utnyttjas sammanställda uppgifter från företagsvis gallringsuppföljning som styrdata. De variabler som utnyttjas är gallringsstyrka, gallringskvot och sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring. I vår studie kompletterades tidigare använda gallringsuppföljningsdata från Bergvik Skog och Södra Skog med motsvarande information från Holmen Skog, SCA Skog och Sveaskog. De styrdata som slutligen användes redovisas i Bilaga 3.
2. Vid utvärdering med hprAnalys så har inga defaultvärden för gallringsstyrkan använts. I tidigare studie användes 30 procent som startvärde. I stället användes funktioner som beräknar grundyta efter gallring baserat på företagets interna gallringsuppföljningar, för beräkning av startvärde (Bilaga 3). Om villkoren enligt modellen (Möller m.fl., 2011) var uppfyllda så accepterades aktuell grundyta efter gallring, annars beräknades en ny grundyta. En ytterligare korrigerig jämfört med 2011 års modell var att uttaget per diameterklass begränsades till max 90 procent av stammarna. Se vidare modelldokument för beskrivning av ett system för automatisk gallringsuppföljning (Möller m.fl., 2011).

Metodiken för beräkning av beståndsvariabler efter gallring finns implementerad i Skogforsks prototypprogram hprAnalys. Samtliga beräkningar utfördes med hjälp av denna programvara.

Beräkningar med vidareutvecklad metodik

Gallringskvot

I vår studie gjordes framför allt ansträngningar för att vidareutveckla metodiken som används för beräkning av gallringskvot. Kvoten definierades här som grundtyevägd medeldiameter i uttaget dividerat med grundtyevägd medeldiameter efter gallring. Den grundtyevägda medeldiametern i uttaget erhålls med hög precision utifrån skördarnas diametermätning. Den grundtyevägda medeldiametern efter gallring kan *teoretiskt* beräknas genom att man utgår från de tre trädpopulationerna:

- Träd mellan stickvägarna före gallring.
- Träd efter gallring, det vill säga de kvarstående träden mellan stickvägarna.
- Träd som gallrats bort mellan stickvägarna.

De två senare trädpopulationerna utgör delmängder av den första och relationen mellan medeldiametrarna för de tre populationerna kan i ekvationsform uttryckas enligt följande:

$$[\text{Ekv. 1a}] \quad D_{gv_{före_ms}} = D_{gv_{efter}} * (1 - U_{ms}) + (D_{gv_{uttag_ms}} * U_{ms})$$

där $D_{gv_{före_ms}}$ är grundtyevägd medeldiameter före gallring för träden mellan stickvägarna, $D_{gv_{efter}}$ är grundtyevägd medeldiameter efter gallring, $D_{gv_{uttag_ms}}$ är grundtyevägd medeldiameter för gallringsuttaget mellan stickvägarna och U_{ms} är uttagsandelen mellan stickvägarna, uttryckt som andelen av den totala grundytan före gallring som avverkas mellan stickvägarna. Den sökta grundtyevägda medeldiametern efter gallring kan alltså beräknas som:

$$[\text{Ekv. 1b}] \quad D_{gv_{efter}} = \frac{(D_{gv_{före_ms}} - D_{gv_{uttag_ms}} * U_{ms})}{(1 - U_{ms})}$$

I ett automatiserat system för gallringsuppföljning finns inte direkt information tillgänglig om målvariablerna i Ekv. 1b. I stället måste indirekta variabler användas. Kopplingen mellan målvariablerna och de indirekta variabler som användes i vår studie för beräkning av grundtyevägd medeldiameter efter gallring i förstagallringar finns beskriven i Tabell 1, för förklaring av de indirekta variablerna se Tabell 2. Centralt för samtliga indirekta variabler är att stickvägs-träden kan identifieras utifrån kranvinkeldata.

I denna rapport redovisas resultat från jämförelser mellan referensmätt och beräknad grundtevägd medeldiameter efter gallring samt mellan referensmätt och beräknad gallringskvot. I en separat studie (Bhuiyan m.fl., 2015) beskrivs hur, och med vilken precision, stickvägsträden kan identifieras utifrån kranvinkeldata. I samma rapport görs också en utvärdering av sambanden mellan de teoretiska målvariablerna och de indirekta variablerna.

Tabell 1.

De målvariabler som används vid en teoretisk beräkning av grundtevägd medeldiameter efter gallring samt motsvarande indirekta variabler som utnyttjades i studien.

Målvariabel	Indirekt variabel
$D_{gv_{före_ms}}$	$D_{gv_{kvi_{15}}} * k$
$D_{gv_{uttag_ms}}$	$D_{gv_{kvi_{50}}}$
U_{ms}	$(1 - \frac{GU_{kvi_{30}}}{GU_{tot}}) * \frac{GU_{tot}}{G_{tot_före}}$

Tabell 2.

Förklaring av de indirekta variabler som användes i studien för beräkning av grundtevägd medeldiameter efter gallring.

Indirekt variabel ¹⁾	Förklaring
$D_{gv_{kvi_{15}}}$	Grundtevägd medeldiameter för träd avverkade inom kranvinkelintervallet +/-15 grader (mm).
k	Korrektionsfaktor som kompenserar för selektiviteten vid stickvägsutläggningen. Ett värde på 0,926 användes i studien vilket är empiriskt framtaget, se närmare Bhuiyan m.fl. (2015).
$D_{gv_{kvi_{50}}}$	Grundtevägd medeldiameter för träd avverkade utanför kranvinkelintervallet +/- 50 grader (mm).
$GU_{kvi_{30}}$	Grundteuttag i stickväg (m ²) utifrån identifiering av stickvägsträd med hjälp av kranvinkelintervallet +/- 30 grader.
GU_{tot}	Totalt grundteuttag (m ²).
$G_{tot_före}$	Total grundteyta före gallring (m ²).
$\frac{GU_{tot}}{G_{tot_före}}$	Denna kvot är liktydig med den totala gallringsstyrkan och denna erhöles i vår studie från beräkningsprogrammet.

Den ovan beskrivna metodiken för beräkning av gallringskvot användes för objekt där en hög andel av det totala gallringsuttaget gjordes i stickvägarna, det vill säga företrädesvis förstagallringar. För objekt där en mindre del av uttaget gjordes i stickvägarna (merparten av de senare gallringarna) är denna metodik inte lämplig eftersom de fåtal stickvägsträd som avverkades inte kan förväntas ge en representativ bild av beståndet före gallring. För sådana objekt beräknades gallringskvoten utifrån andelen stickvägsträd i gallringsuttaget och utifrån en antagen gallringskvot mellan stickvägarna, se (Bhuiyan m.fl., 2015) för en detaljerad beskrivning.

Stamantal

I metodiken från 2011 beräknas stamantal efter gallring genom att information om stamantal för varje diameterklass i gallringsuttaget läggs samman med information om den beräknade uttagsandelen för respektive diameterklass (Bhuiyan m.fl., 2011). Tidigare utvärdering (Hannrup m.fl., 2011) har visat att stamantal är den beståndsvariabel som skattas med lägst precision i systemet för automatiserad gallringsuppföljning och i vår studie gjordes en ansats för att använda alternativ metodik för att beräkna stamantal.

Den alternativa metodiken hämtades från de beräkningar av stamantal som används i vissa företagssystem då inventering sker med hjälp av laserscanning (Personlig kommunikation; Lars Sängstuvall, Bergvik skog). Vid beräkningarna utnyttjas det matematiska sambandet mellan stamantal och kvoten mellan total grundyta och grundytamedelstammens grundyta. Eftersom grundytamedelstammens diameter inte kan skattas från data beräknas denna indirekt genom att empiriska erfarenhetstal utnyttjas för relationen med grundytavägd medeldiameter. Stamantalet beräknas därigenom som:

$$[\text{Ekv. 2}] \quad N_{\text{stam}} = \frac{Gy}{((D_{gv} * a)^2 * \frac{\pi}{4}) / 10000}$$

där Gy är grundytan i m^2 , D_{gv} är den grundytavägda medeldiametern i cm och a är kvoten mellan grundytamedelstammens diameter och den grundytavägda medeldiametern.

Vid beräkningarna användes trädslagsvisa värden för kvoten mellan grundytamedelstammens diameter och den grundytavägda medeldiametern (Tabell 3). Värdena för tall, gran och löv hämtades från Bergviks inventeringar (Lars Sängstuvall, pers. komm.) medan contorta åsattes samma värde som för tall.

Tabell 3.

Trädslagsvisa värden för kvoten mellan grundytamedelstammens diameter och den grundytavägda medeldiametern (a -värde).

Trädslag	a -värde
Tall	0,928
Gran	0,884
Löv	0,920
Contorta	0,928

Beräkning av stamantal efter gallring gjordes utifrån grundytavägd medeldiameter skattad med modellen från 2011 samt utifrån grundytavägd medeldiameter skattad med modellen från 2014. I båda fallen användes grundyta skattad med modellen från 2011.

UTVÄRDERINGSSCHEMA

Vid beräkning av beståndsvariabler efter gallring med den vidareutvecklade metodiken användes för vissa beståndsvariabler samma algoritmer som då beräkning skedde med den befintliga metodiken. Detta innebar att det var tillräckligt att utvärdera den vidareutvecklade metodiken för en delmängd av beståndsvariablerna och en närmare specificering av vilka redovisas i Tabell 4. I den fortsatta resultatredovisningen är beräkningarna utförda med befintlig metodik benämnd ”Skördarprognos 2011” medan beräkningar med vidareutvecklad metodik är benämnd ”Skördarprognos 2014”.

Tabell 4.

Översikt av vilka beståndsvariabler/gallringsparametrar som användes vid utvärderingen av den befintliga metodiken från 2011, respektive den utvecklade metodiken från 2014.

Beståndsvariabel/ gallringsparameter	Befintlig metodik ”Skördarprognos 2011”	Vidareutvecklad metodik ”Skördarprognos 2014”
Gallringsstyrka	X	
Gallringskvot	X	X
Grundyta	X	
Volym	X	
Grundytevägd medeldiameter	X	X
Trädslagsfördelning	X	
Stamantal	X	X
Övre höjd	X	
Ståndortsindex	X	

Resultat och Diskussion

MATERIALÖVERSIKT

Medelvärden och spridningsmått för några av de referensmätta beståndsvariablerna på de 60 provytorna redovisas i Tabell 5. Totalåldern var i genomsnitt 47 år med huvuddelen av provytorna inom intervallet 28 till 70 år. För en av provytorna var åldern markant högre (138 år). För två av provytorna saknades åldersuppgifter.

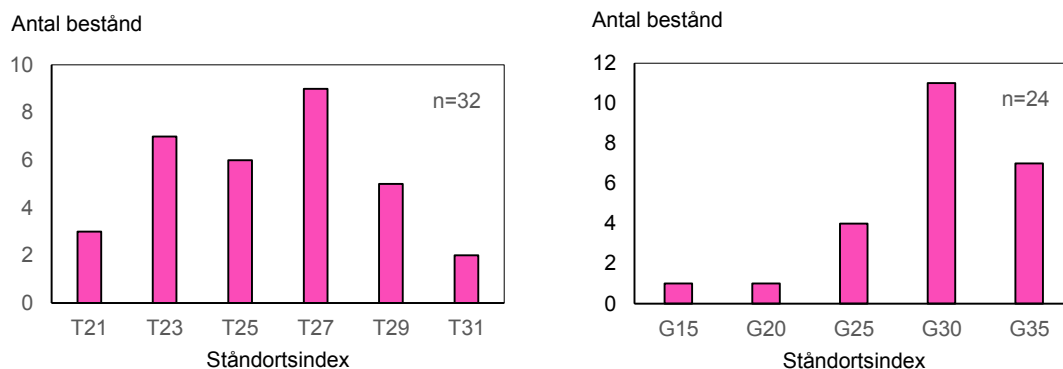
Tabell 5.

Mätenhet, antal inmätta provytor, medelvärden med standardavvikelse samt min- och maxvärden för några av de referensmätta beståndsvariablerna på provytorna.

Variabel	Enhet	N	Medel	Std. avv.	Min.	Max
Areal	ha	60	0,93	0,27	0,29	1,40
Totalålder	år	58	47,6	16,3	28	138
Övre höjd ¹⁾	m	56	16,5	2,3	13,0	22,5
Ståndortsindex ¹⁾	m	56	27,3	4,2	15,2	35,5
Grundyta före gallring	m ² /ha	60	26,6	4,5	17,5	38,1
Grundyta efter gallring	m ² /ha	60	17,9	3,1	12,1	25,3
Stamantal	st/ha	60	860	218	410	1 388

¹⁾ Baseras enbart på tall- och grandominerade provytor.

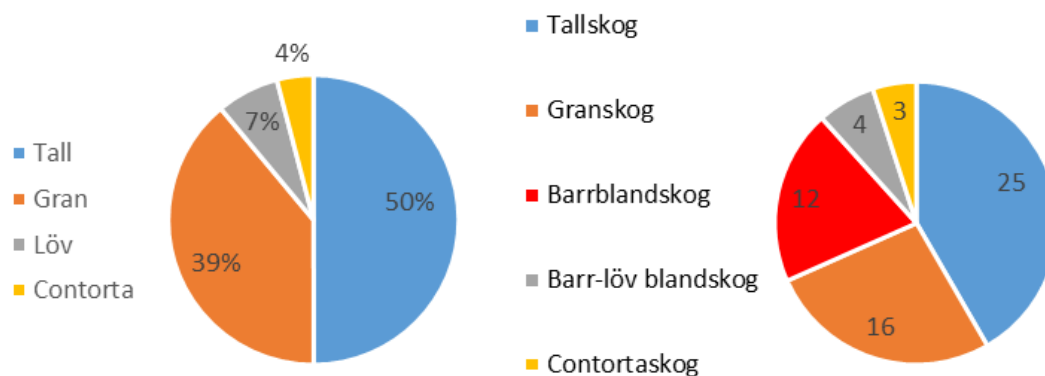
Ståndortsindex varierade mellan T20 och T32 för de talldominerade provytorna och G15 till G36 för de grandominerade provytorna (Figur 2). Variationen i ståndortsindex för provytorna täcker därmed in merparten av den variation i ståndortsindex som förekommer på svensk skogsmark.



Figur 2.

Fördelning av provytornas ståndortsindex uppdelat på talldominerade (vänster) och grandominerade (höger) provytor.

Bestånden efter gallring dominerades av tall och gran och de två trädslagen utgjorde tillsammans 89 % av den totala volymen på samtliga provytor (Figur 3). Motsvarande trädslagsandel för björk och contorta var sju respektive fyra procent.



Figur 3. Total trädslagsammansättning utifrån referensmätning på de 60 provytorerna (vänster) och provytorernas fördelning på beståndstyp utifrån deras trädslagsammansättning (höger).

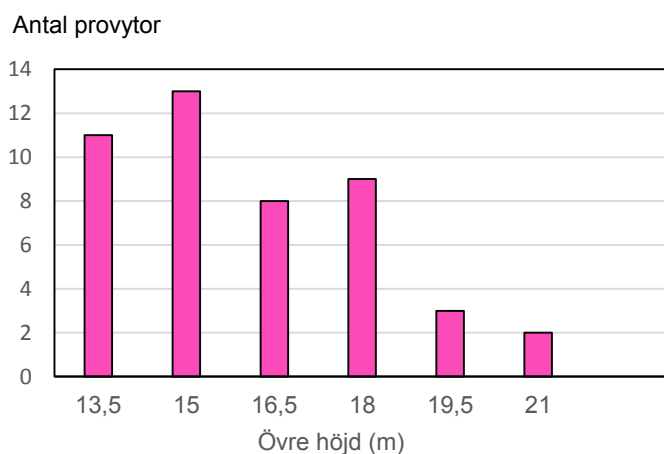
I Figur 3 redovisas även hur provytorerna fördelade sig på olika beståndstyper. Riksskogstaxeringens beståndstyper användes (Anon, 2013) och som grund för klassificeringen användes ett tröskelvärde på 65 % det vill säga minst 65 % av volymen på provytan skulle tillhöra det klassificerade trädslaget/trädslagsgruppen. Fyra av de 60 provytorerna tillhörde beståndstypen barr-löv blandskog. På dessa provytor fanns en hög lövandel (cirka 50 %), vilket gjorde att dessa provytor i trädslagshänseende avvek markant från övriga provytor. För de övriga 56 provytorerna var beståndstypen sådan att skogen kunde betraktas som barrdominerad produktionskog. I riktlinjerna inför datainsamlingen var målsättningen att åtta av de tio bestånden per företag borde vara normal produktionskog dominerad av barr medan två av de tio bestånden kunde vara avvikande bestånd t.ex. så kallade konfliktbestånd. Andelen barrdominerad produktionskog var alltså högre i det insamlade materialet jämfört med målsättningen inför datainsamlingen.

83 procent av provytorerna var första gallringar medan resterande andel utgjordes av senare gallringar (Tabell 6). I jämförelse med den ursprungliga målsättningen inför datainsamlingen (60–70 %) var detta en något högre andel första-gallring. Data från Riksskogstaxeringen indikerar att andelen förstagallring ökar i Sverige och har under de senare åren utgjort cirka 60 % av den totala gallringsarealen (Näslund m.fl., 2014).

Tabell 6. Provytorernas fördelning på åtgärdstyp.

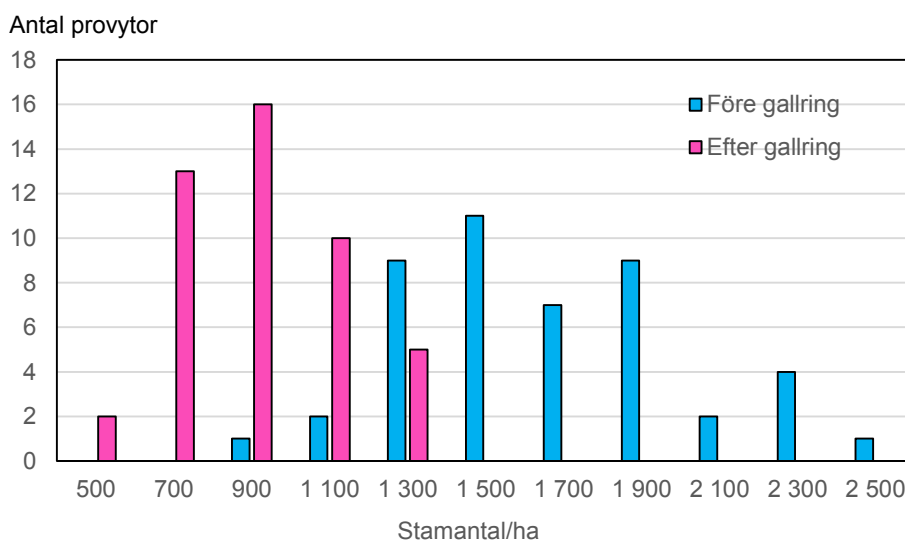
Åtgärdstyp	Antal provytor
1:a gallring	50
2:a gallring	9
3:e gallring	1

För tall- och grandominerade provytor med förstagallring var övre höjden i genomsnitt 16,2 meter (Figur 4), vilket är i linje med genomsnittlig höjd vid förstagallring utifrån data från Riksskogstaxeringen (Näslund, 2014). Detta indikerar att förstagallring i svenskt skogsbruk generellt utförs vid en högre höjd än det övre höjdsintervallet om 12–14 m som rekommenderas för förstagallring i gallringsmallarna (Agestam, 2009).



Figur 4.
Fördelning av övre höjd för tall- och grandominerade provytor med förstagallring.

Stamantalet före och efter gallring för tall- och grandominerade provytor med förstagallring redovisas i Figur 5. I genomsnitt reducerades stamantalet vid förstagallring från 1 650 till 901 stammar/ha. Motsvarande värde för gruppen av senare gallringar var en reduktion från 1 074 till 655 stammar/ha.



Figur 5
Stamantal före och efter gallring för tall- och grandominerade provytor med förstagallring, (n=46).

Det insamlade materialet har en god geografisk spridning och jämförelse av provytamedelvärden med sammanställningar av data från Riksskogstaxeringen indikerar sammanfattningsvis att det insamlade materialet är representativt för svensk gallringsskog. Vi drar utifrån detta slutsatsen att materialet är väl lämpat för att ge generella svar kring hur metodiken för automatiserad gallringsuppföljning kan komma att fungera under svenska förhållanden. Därutöver ger materialet en god bild av tillståndet i svensk gallringsskog vid tidpunkten för studiens genomförande.

GALLRINGSSTYRKA

Den manuellt uppmätta gallringsstyrkan, uttryckt som grundytan i uttaget i relation till grundytan före gallring, varierade mellan 18 och 45 procent på de 60 provytorna (Tabell 7). I genomsnitt uppgick gallringsstyrkan för förstagallringar till 33,7 % medan motsvarande medelvärde för senare gallring var 25,9 % (Tabell 7). För förstagallringar var gallringsstyrkan i vår studie cirka sex procentenheter högre än den genomsnittliga gallringsstyrka som uppmättes i de riksomfattande gallringsundersökningar som Skogsvårdsstyrelsen utförde under 1990-talet (Anon, 1998). Att gallringsstyrkan var högre i vår studie är i linje med den trend mot ökande gallringsstyrka som förekommit i förstagallringar i svenskt skogsbruk sedan början av 1990-talet (Näslund m.fl., 2014).

Tabell 7.

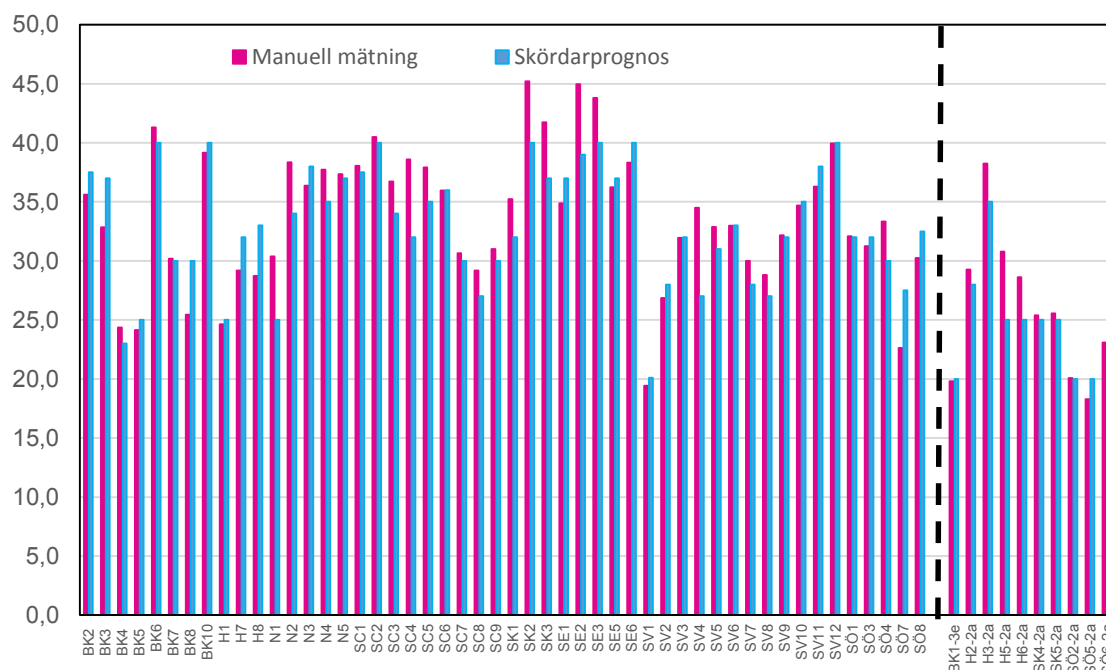
Gallringsstyrka. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelsen mellan gallringsstyrka från manuell referensmätning och gallringsstyrka beräknad från skördardata för samtliga provytor samt uppdelat på förstagallringar och senare gallringar.

	N (antal)	Medel (%)	Min (%)	Max (%)	Standardavvikelse (%-enheter)
Referensmätning. Alla objekt.	60	32,4	18,3	45,2	
Skördarprognos. Alla objekt.	60	31,7	20,0	40,0	2,8
Referensmätning. 1:a gallring.	50	33,7	19,4	45,2	
Skördarprognos. 1:a gallring.	50	33,0	20,1	40,0	2,9
Referensmätning. Senare gallring.	10	25,9	18,3	38,2	
Skördarprognos. Senare gallring.	10	25,0	20,0	35,0	2,8

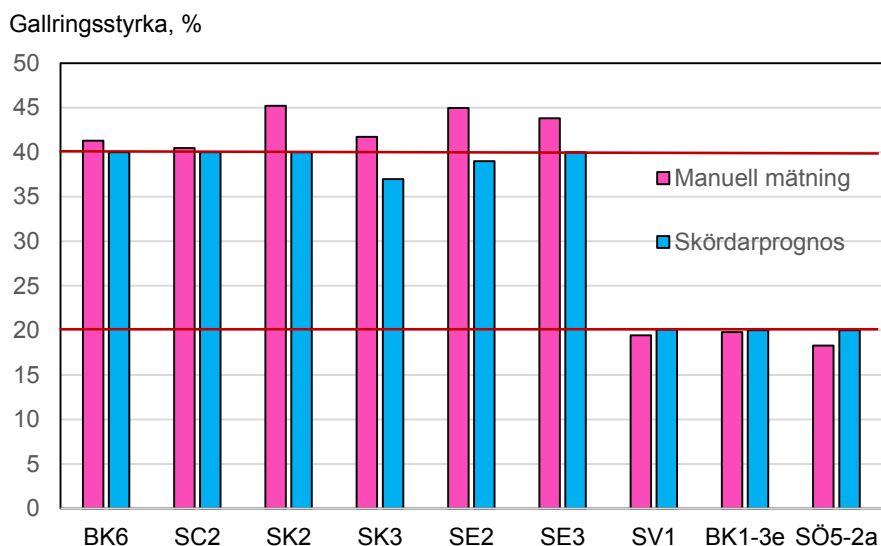
Den beräknade gallringsstyrkan från skördardata visade god överensstämmelse med den manuellt uppmätta gallringsstyrkan (Figur 6). För samtliga provytor uppgick avvikelsen i genomsnitt till 0,7 procentenheter (Tabell 7) medan standardavvikelsen för avvikelsen mellan mätt och beräknad gallringsstyrka var 2,8 procentenheter. Motsvarande standardavvikelse var 2,5 procentenheter i den inledande studie som gjordes då metodiken för beräkning av gallringsstyrka utifrån skördardata utvecklades (Hannrup m.fl., 2011). Det tillfälliga felet var alltså likartat i den inledande studien som i vår studie då ett oberoende, rikstäckande material användes som underlag. Utifrån detta resultat drar vi slutsatsen att den utvecklade metodiken för beräkning av gallringsstyrka utifrån skördardata är generell och förmår hantera den variation som förekommer i svensk gallringsskog.

I algoritmen för beräkning av variabler som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring tilläts gallringsstyrkan variera inom intervallet 20 till 40 % (Möller m.fl., 2011). För nio av de 60 provytorna var den referensmätta gallringsstyrkan utanför detta intervall; sex av provytorna var över 40 % och tre under 20 % (Figur 7). I samtliga dessa fall hamnade den beräknade gallringsstyrkan på eller just intill ändpunkterna i det tillåtna intervallet (Figur 7). Med nuvarande styrning av algoritmen kan alltså gallringsstyrkan förväntas bli underskattad och överskattad för objekt med extremt hög respektive låg gallringsstyrka. Dock indikerar våra resultat att det kommer att vara möjligt att identifiera objekt med extrem gallringsstyrka i ett system för automatiserad gallringsuppföljning eftersom den beräknade gallringsstyrkan tenderar att hamna på det tillåtna gallringsstyrkeintervallets övre- respektive undre gräns.

Gallringsstyrka, %



Figur 6. Jämförelse mellan gallringsstyrka från manuell referensmätning och gallringsstyrka beräknad från skördardata. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytorna till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.



Figur 7. Gallringsstyrkor från provvytor med extremt hög och låg gallringsstyrka. Röda horisontella linjer indikerar det intervall som den beräknade gallringsstyrkan tillåts variera inom. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

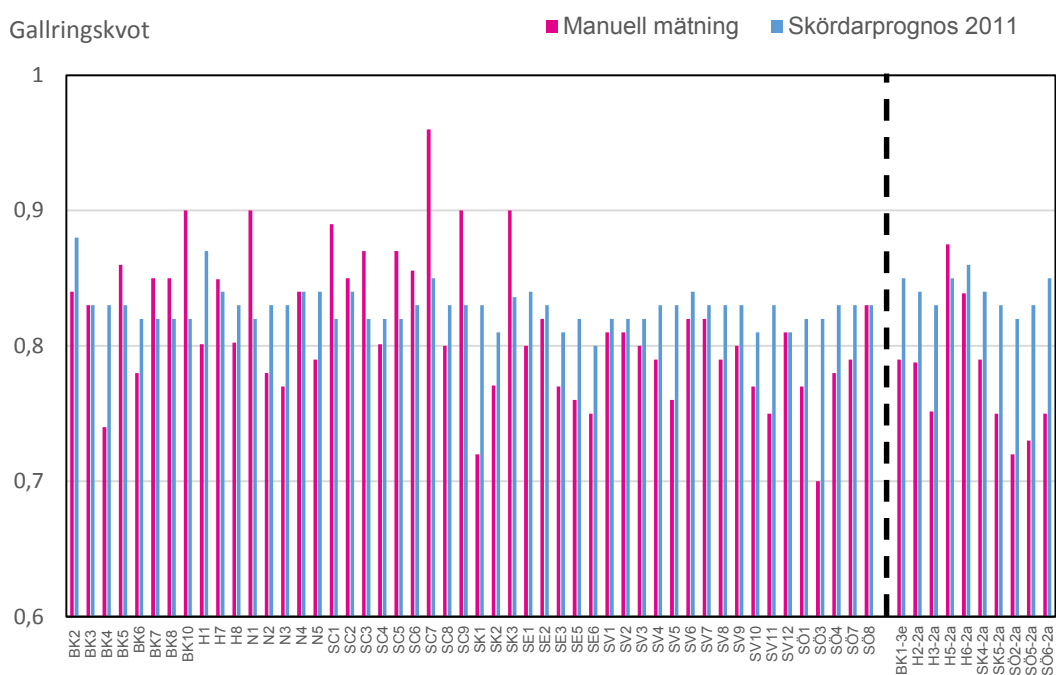
GALLRINGSKVOT

Den manuellt uppmätta gallringskvoten, uttryckt som grundtyvägd medeldiameter i uttaget genom grundtyvägd medeldiameter efter gallring, varierade mellan 0,70 och 0,96 på de 60 provvytorna (Tabell 8). I genomsnitt uppgick gallringskvoten till 0,81 och det fanns en tendens till att gallringskvoten var högre på provvytorna med förstagallring än på provvytorna med senare gallring (Tabell 8). För 45 av de 60 provvytorna var gallringsformen att betrakta som låggallring (gallringskvot <0,85) medan likformig gallring (gallringskvot: 0,85 – 1,0) utfördes på resterande provvytor.

Tabell 8. Gallringskvot. Antal provvytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelsen mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011.

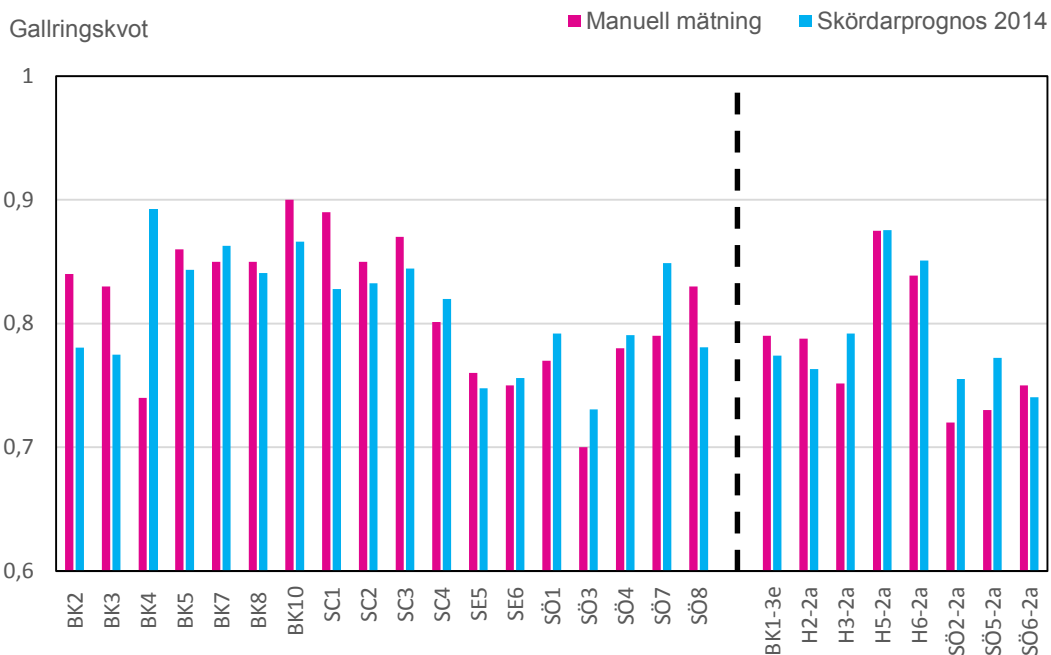
	N (antal)	Medel (%)	Min (%)	Max (%)	Standardavvikelse
Referensmätning. Alla objekt.	60	0,81	0,70	0,96	
Skördarprognos 2011. Alla objekt.	60	0,83	0,80	0,88	0,05
Referensmätning. 1:a gallring.	50	0,81	0,70	0,96	
Skördarprognos 2011. 1:a gallring.	50	0,83	0,80	0,88	0,05
Referensmätning. Senare gallring.	10	0,78	0,72	0,88	
Skördarprognos 2011. Senare gallring	10	0,84	0,82	0,86	0,04

Den manuellt uppmätta gallringskvoten jämfördes inledningsvis med gallringskvoten beräknad från skördardata enligt tidigare utvecklad modell från 2011. I genomsnitt var gallringskvoten beräknad med 2011 års modell likartad som den referensmätta gallringskvoten (Tabell 8). Närmare granskning av jämförelsen mellan referensmätt och beräknad gallringskvot visade dock att den beräknade gallringskvoten tenderade att hamna i ett snävt intervall och att den variation som förekom för den manuellt uppmätta gallringskvoten inte återspeglades i den beräknade gallringskvoten (Figur 8). Liknande resultat har konstaterats i tidigare utvärdering (Hannrup m.fl., 2011). Sammantaget indikerar detta att det är angeläget att ny metodik tas fram för beräkning av gallringskvot för att detaljerad uppföljning av denna parameter ska kunna göras i ett automatiserat system.

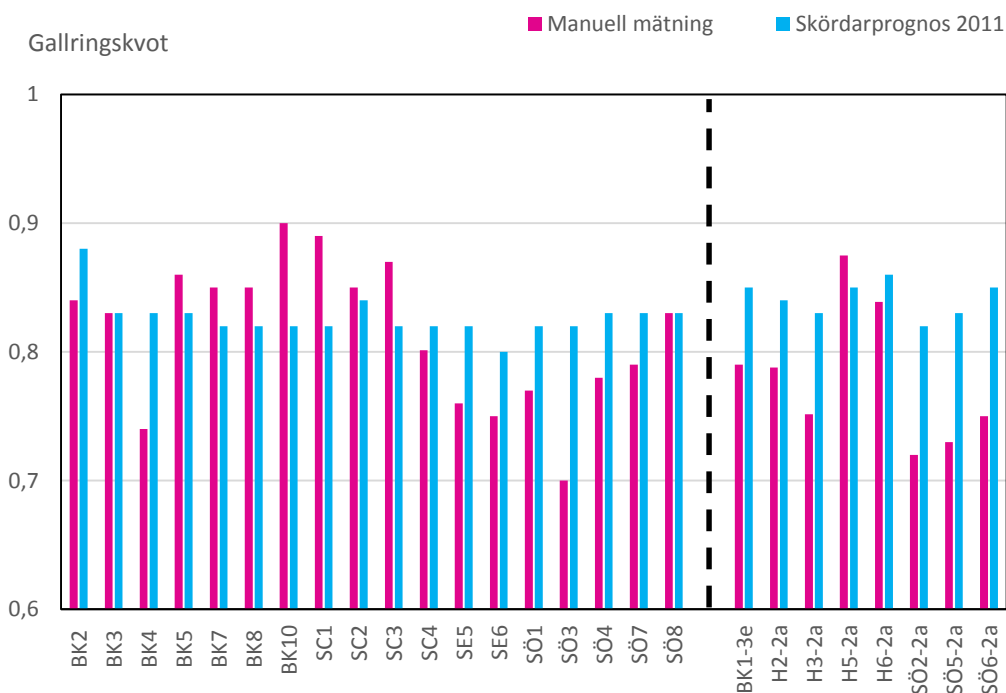


Figur 8. Jämförelse mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från skördardata enligt modell från 2011. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

Den nya metodik för beräkning av gallringskvot som utvecklades i vår studie baseras på att kranvinkeldata finns tillgängligt, vilket möjliggör att stickvägs-träden kan särskiljas från de träd som gallras ut mellan stickvägarna (se Bhuiyan m.fl., 2015 för en detaljerad beskrivning av metodiken och en utvärdering av dess komponenter). Den nya metodiken utvärderades på totalt 26 provytor där kranvinkeldata registrerats. Jämförelse av manuellt uppmätt gallringskvot och gallringskvot beräknad med den nya metodiken visade god överensstämmelse (Figur 9a). I jämförelse mellan gallringskvoterna beräknade med modellerna från 2011 respektive 2014 så återspeglade gallringskvoten beräknad med modellen från 2014 i betydligt högre grad den manuellt uppmätta gallringskvoten (Figur 9a och 9b).



Figur 9a.
Jämförelse mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från skördardata enligt modell från 2014 för provytor där kranvinkeldata registrerats. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.



Figur 9b.
Jämförelse mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från skördardata enligt modell från 2011 för provytor där kranvinkeldata registrerats. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

I genomsnitt på de 26 provytorna var gallringskvoten 0,80 för den manuella referensmätningen medan motsvarande medelvärde var 0,81 då gallringskvoten beräknades från skördardata med modellen från 2014 (Tabell 9). Gallringskvoten från gruppen av förstagallringar var i genomsnitt 0,81 både från manuell referensmätning och då den beräknades med modell från 2014. Motsvarande medelvärden för gruppen av senare gallring var 0,78 och 0,79. Detta indikerar att gallringskvoten kan beräknas med försumbara systematiska fel då modellen från 2014 används.

Tabell 9.

Gallringskvot. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelserna mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011 samt enligt ny modell från 2014.

	N (antal)	Medel (%)	Min (%)	Max (%)	Standardavvikelse
Referensmätning. Alla objekt.	26	0,80	0,70	0,90	
Skördarprognos 2011. Alla objekt.	26	0,83	0,80	0,88	0,06
Skördarprognos 2014. Alla objekt.	26	0,81	0,73	0,89	0,04
Referensmätning. 1:a gallring.	18	0,81	0,70	0,90	
Skördarprognos 2011. 1:a gallring.	18	0,83	0,80	0,88	0,06
Skördarprognos 2014. 1:a gallring.	18	0,81	0,73	0,89	0,05
Referensmätning. Senare gallring.	8	0,78	0,72	0,88	
Skördarprognos 2011. Senare gallring	8	0,84	0,82	0,86	0,04
Skördarprognos 2014. Senare gallring	8	0,79	0,74	0,88	0,03

För samtliga provytor uppgick standardavvikelsen mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från modellen 2014 till 0,04 (Tabell 9). För 25 av de 26 provytorna var den beräknade gallringskvoten inom +/-0,06 från den manuellt referensmätta. För en provyta (BK 4) noterades en större avvikelse (Figur 9a). Som en komponent i modellen för beräkning av gallringskvot används ett genomsnittligt värde för relationen mellan stickvägsträdens grundtyvägda medeldiameter och den grundtyvägda medeldiametern mellan stickvägarna före gallring (Bhuiyan m.fl., 2015). För provytan BK4 var värdet på denna relation väsentligt lägre (0,78) än det genomsnittliga värde som används (0,91) och det var detta lägre värde som orsakade den större avvikelserna i gallringskvot.

Utifrån ovanstående resonemang och den genomförda utvärderingen av modellens komponenter (Bhuiyan m.fl., 2015) drar vi slutsatsen att: *i*) den nya modellen för beräkning av gallringskvot har kapacitet att skatta denna variabel med mycket hög precision och *ii*) den ”känsliga” komponenten i den nya modellen är relationen mellan stickvägsträdens diameter och diametern mellan stickvägarna före gallring. Då denna relation avviker kraftigt kan det för enskilda bestånd ge upphov till större avvikelse för den beräknade gallringskvoten.

Vilken precision kan då den nya modellen för beräkning av gallringskvot ge upphov till då den används praktiskt i ett automatiserat system för gallringsuppföljning?

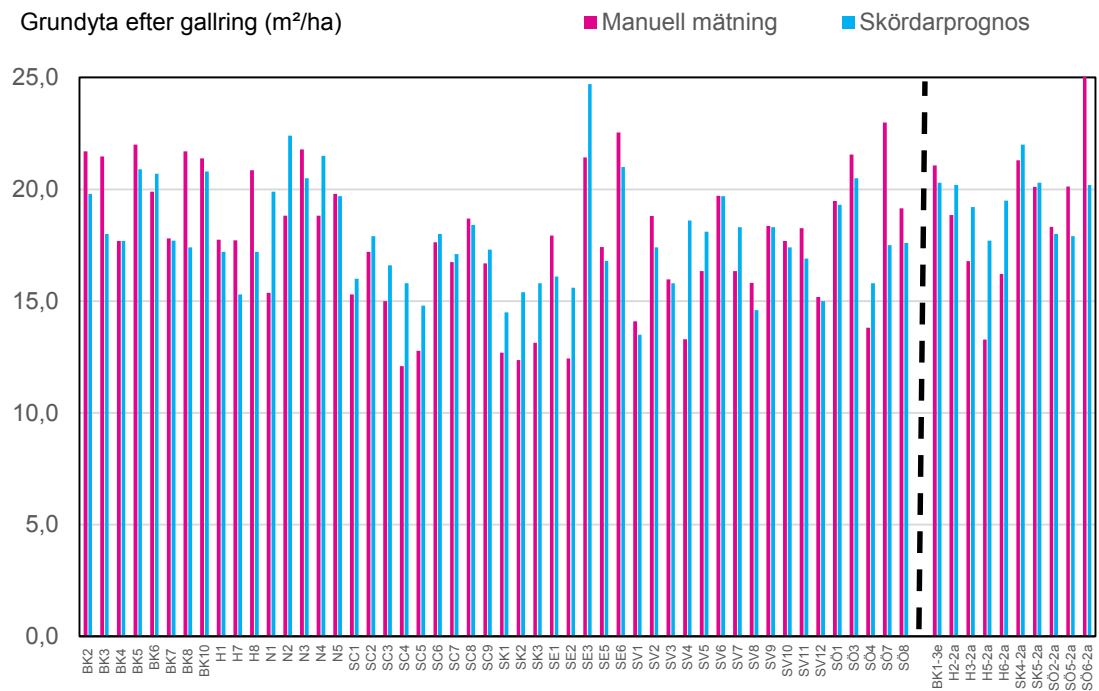
Vår studie kan inte fullt ut besvara den frågan eftersom modellen delvis utvecklades på material från de 26 provytor som användes för utvärdering. För sju av provytorna (där manuell registrering av stickvägsträd inte utförts) användes dock inte materialet för utveckling. Närmare granskning av data från dessa provytor visade att avvikelserna mellan referensmätt och beräknad gallringskvot inte var annorlunda än för de övriga provytorna.

Vår samlade bedömning utifrån ovan återgivna resultat, intern kännedom om modellens uppbyggnad och de indata som används är att den nya modellen är robust och bör i praktisk tillämpning ge skattningar som med hög precision återger den sanna gallringskvoten. Den bör därför vara lämplig för inbyggnad i ett automatiserat system och därmed möjliggöra löpande uppföljning av gallringskvoten på ett sätt som tidigare inte varit möjligt inom skogsbruket.

GRUNDYTA EFTER GALLRING

Jämförelse mellan referensmätt och beräknad grundyta

Grundytan efter gallring beräknad från skördardata visade generellt god överensstämmelse med grundytan efter gallring från manuell referensmätning (Figur 10). För samtliga provytor var den systematiska avvikelsen mellan referensmätt och beräknad grundyta $0,2 \text{ m}^2/\text{ha}$ medan den uppgick till $0,1$ och $0,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ för provytorna med förstagallring respektive senare gallring (Tabell 10). Standardavvikelsen för avvikelsen mellan referensmätt och beräknad grundyta efter gallring var $2,3 \text{ m}^2/\text{ha}$ för samtliga provytor (Tabell 10). Det systematiska och tillfälliga felet i vår studie var därmed mycket likartade som de som uppmättes i en tidigare utvärdering av systemet för automatiserad gallringsuppföljning (Hannrup m.fl., 2011) utförd på ett begränsat material. Att systematisk avvikelse och standardavvikelsen från dessa två studier var likartade indikerar att den framtagna modellen är generell och förmår hantera den större variation som fanns i det rikstäckande materialet i vår studie. Utifrån detta drar vi slutsatsen att det är möjligt att i ett automatiserat system skatta grundytan efter gallring med hög noggrannhet och där den beräknade grundytan/ha efter gallring för merparten av gallringsobjekten i svensk gallringsskog kommer att ligga inom $\pm 2,3 \text{ m}^2$ från den verkliga grundytan.

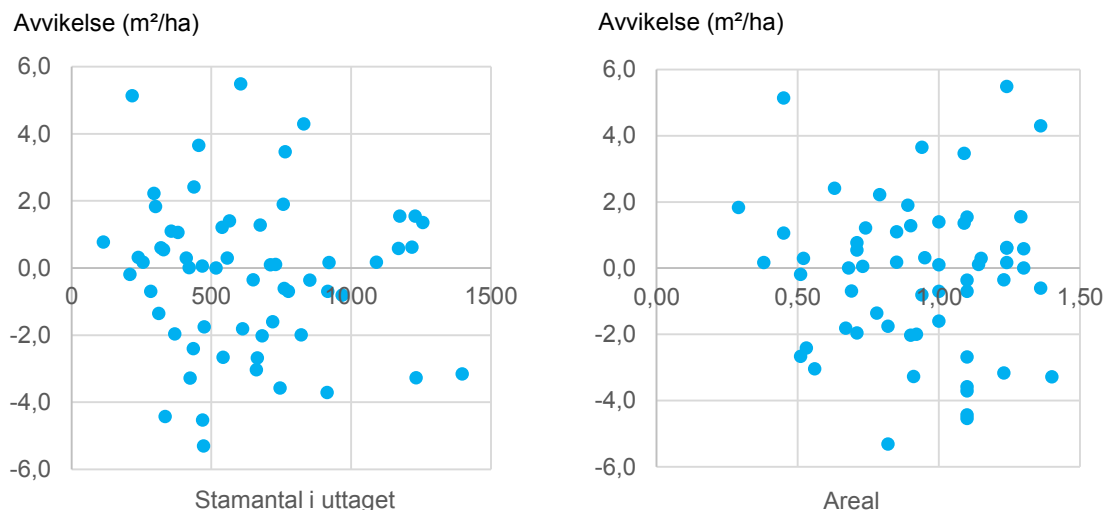


Figur 10. Jämförelse mellan grundyta efter gallring från manuell referensmätning och grundyta efter gallring beräknad från skördardata. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

För att utforska modellens begränsningar och identifiera eventuella förbättringsmöjligheter i metodiken för beräkning av grundyta efter gallring gjordes en närmare analys av avvikelserna, vilka var uttryckta som referensmått grundyta minus beräknad grundyta efter gallring. Plottar av avvikelsernas storlek visade att det inte fanns något samband med provytornas areal eller antalet stammar som tagits ut (Figur 11). Detta indikerar att materialstorleken på provytorna varit tillräckligt stor för att ge tillförlitliga skattningar.

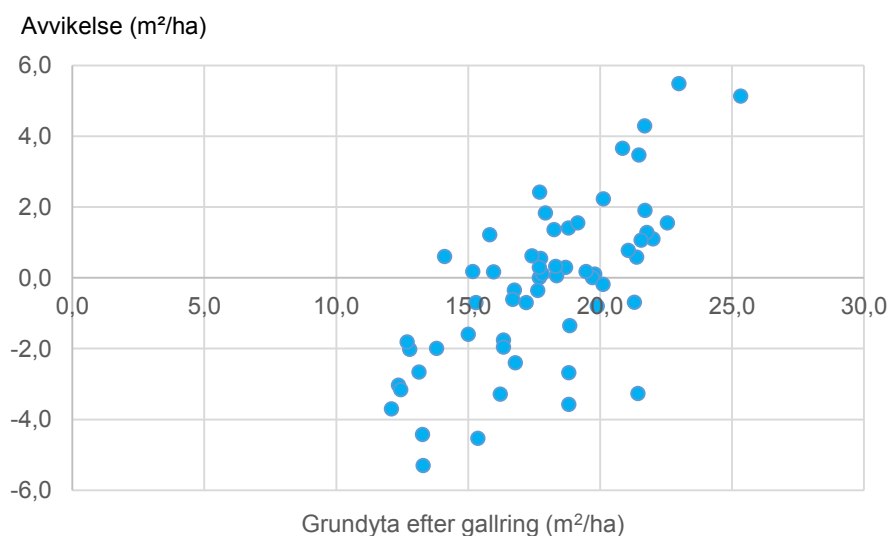
Tabell 10. Grundyta efter gallring. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelserna mellan grundyta efter gallring från manuell referensmätning och grundyta beräknad från skördardata för samtliga provytor samt uppdelat på förstagallringar och senare gallringar. Standardavvikelsen är uttryckt som m²/ha och som procentuell andel av medelvärdet.

	N (antal)	Medel (m²/ha)	Min (m²/ha)	Max (m²/ha)	Standardavvikelse	
					(m²/ha)	(%)
Referensmätning. Alla objekt.	60	17,9	12,1	25,3		
Skördarprognos. Alla objekt.	60	18,1	13,5	24,7	2,3	12,8
Referensmätning. 1:a gallring.	50	17,7	12,1	23,0		
Skördarprognos. 1:a gallring.	50	17,9	13,5	24,7	2,2	12,6
Referensmätning. Senare gallring.	10	19,1	13,3	25,3		
Skördarprognos. Senare gallring.	10	19,5	17,7	22,0	2,8	14,5



Figur 11.
Samband mellan avvikelsernas storlek (referensmätt grundyta efter gallring minus beräknad grundyta efter gallring) och stamantal i uttaget respektive provytornas areal för de 60 provytorna i studien.

Det fanns ett positivt samband mellan avvikelsernas storlek och den referensmätta grundytan efter gallring (Figur 12) där provytorna med lägst referensmätt grundyta efter gallring tenderade att ha negativa avvikelser (grundyta beräknad från skördardata gav överskattning) medan provytorna med högst referensmätt grundyta efter gallring tenderade att ha positiva avvikelser (grundyta beräknad från skördardata gav underskattning). Det positiva sambandet mellan avvikelsernas storlek och den referensmätta grundytan efter gallring hade en nära koppling till gallringsstyrkan. Provytorna med lägst grundyta efter gallring och negativa avvikelser hade en hög gallringsstyrka (medeltal 37 %) och i samtliga fall var den beräknade gallringsstyrkan lägre än den referensmätta. För objektet med högst grundyta efter gallring var gallringsstyrkan låg (medeltal 26 %) och i samtliga fall var den beräknade gallringsstyrkan högre än den referensmätta.



Figur 12.
Samband mellan avvikelsernas storlek (referensmätt grundyta efter gallring minus beräknad grundyta efter gallring) och referensmätt grundyta efter gallring för de 60 provytorna i studien.

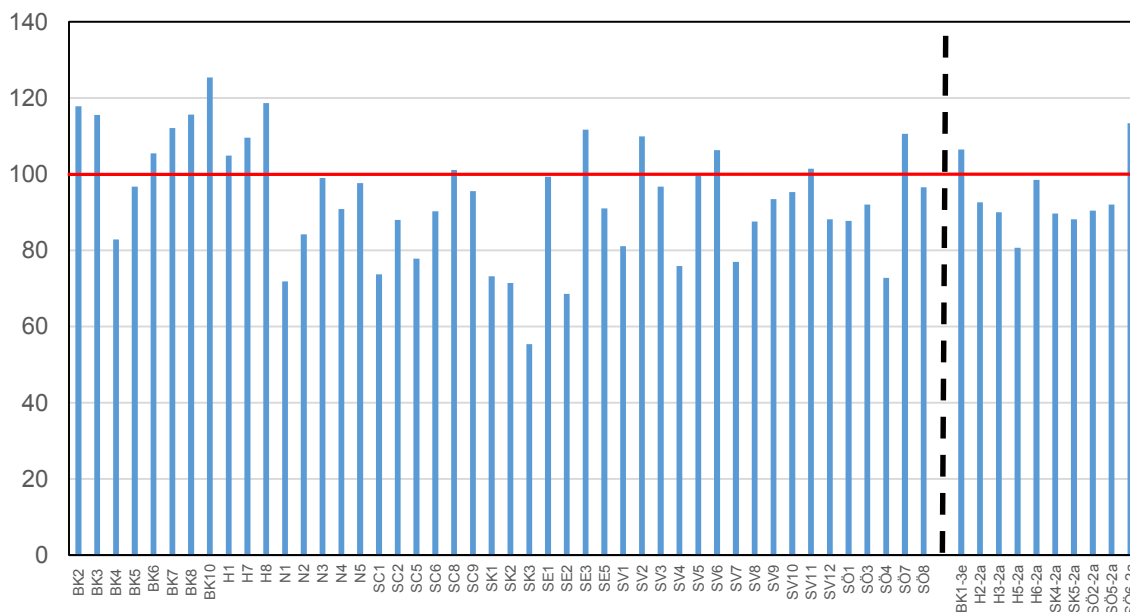
Sammanfattningsvis innebär det positiva sambandet mellan avvikelsernas storlek och den referensmätta grundytan efter gallring att den beräknade grundytan efter gallring tenderar att få en dragning mot medelvärdet. En konsekvens av detta är att de gallringsobjekt som har lägst grundytan efter gallring inte fullt ut kommer att vara möjliga att identifiera i ett automatiserat system med nuvarande beräkningsmodell. Detta indikerar att någon typ av kvalitetssäkring bör kopplas till systemet. Exempelvis så kan skördarlag som systematiskt har en avvikande hög eller låg gallringsstyrka följas upp manuellt.

Jämförelse med gallringsmallarnas rekommendationer

Den referensmätta grundytan efter gallring var i genomsnitt 17,9 m²/ha med en variation från 12,1 till 25,3 m²/ha bland de 60 provytorna (Tabell 10). För 39 av de 56 tall- och grandominerade provytorna var grundytan efter gallring lägre än den nedre begränsningslinjen i gallringsmallarna i Ingvar-programmet (Anon, 2010) för aktuell övre höjd och ståndortsindex (Figur 13). Att flertalet av provytorna i vår studie hade en grundytan efter gallring som var lägre än den rekommenderade lägstanivån enligt gallringsmallarna bör vara en skötselmässig varningsklocka eftersom låga grundytor efter gallring kan leda till betydande tillväxtförluster (Agestam, 2009).

Ingen fullständig analys gjordes i vår studie varför grundytan efter gallring på provytorna generellt var låg i förhållande till gallringsmallarnas rekommendationer. Det fanns dock en svag koppling mellan relativ grundytan efter gallring och gallringsstyrkan respektive grundytan före gallring (se figurer i Bilaga 4). Detta indikerar att såväl grundytan i utgångsbeståndet som gallringens genomförande har betydelse för hur grundytan efter gallring kommer att hamna i förhållande till gallringsmallarnas rekommendationer.

Andel av grundytan enligt nedre gräns i gallringsmallar (%)

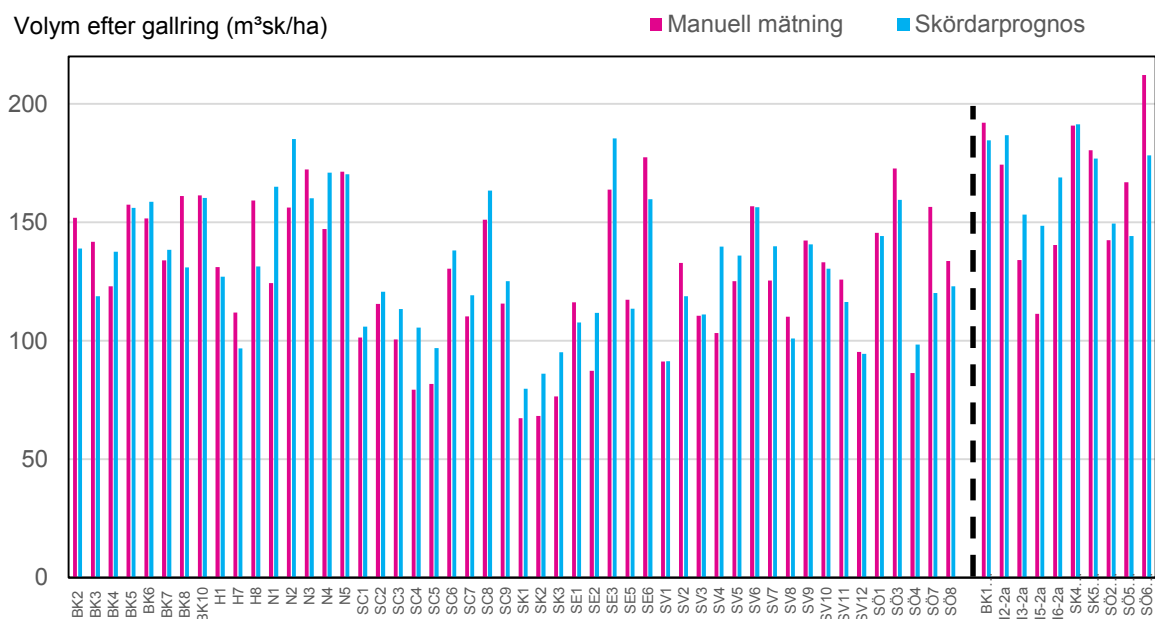


Figur 13.

Grundytan efter gallring i förhållande till grundytan för den nedre begränsningslinjen i gallringsmallarna för tall- och grandominerade provytor. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

VOLYM

Volymen efter gallring beräknad från skördardata återspeglade generellt väl den referensmätta volymen efter gallring (Figur 14). Standardavvikelsen för avvikel- sen mellan de två sätten att bestämma volym efter gallring uppgick till 17 m³sk/ha eller 13,0 % (Tabell 11). Den referensmätta volymen efter gallring var i genomsnitt 133,4 m³sk/ha för de 60 provytorna medan motsvarande volym beräknad från skördardata var 136,3 m³sk/ha det vill säga en genom- snittlig systematisk avvikelse på 2,2 % (Tabell 11). Både det systematiska och det tillfälliga felet var storleksmässigt likartade mellan grupperna av provytor med förstagallring och senare gallring.



Figur 14.

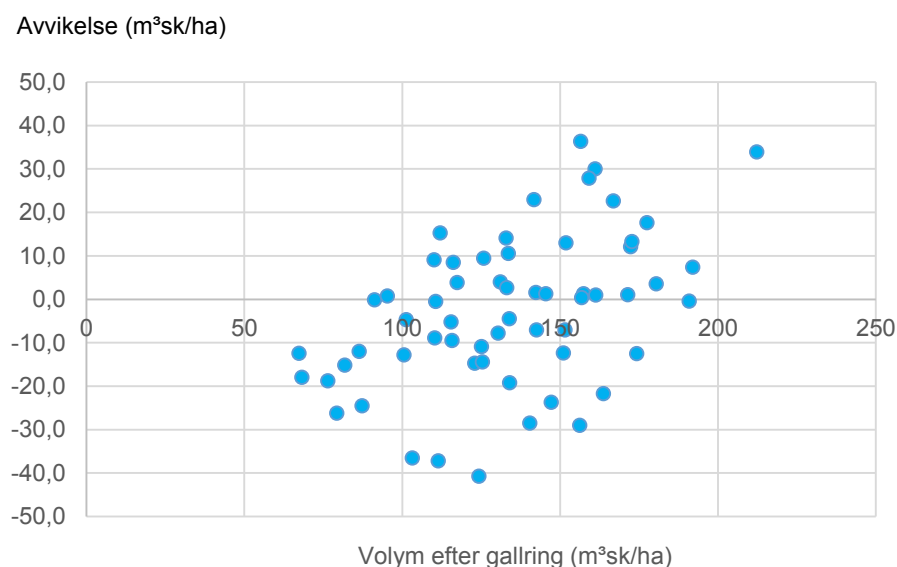
Jämförelse mellan volym efter gallring från manuell referensmätning och volym efter gallring beräknad från skördardata. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

Tabell 11.

Volym efter gallring. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikel- sen mellan volym efter gallring från manuell referensmätning och volym efter gallring beräknad från skördardata för samtliga provytor samt uppdelat på förstagallringar och senare gallringar. Standardavvikelsen är uttryckt som m³ sk/ha och som procentuell andel av medelvärdet.

	N (antal)	Medel (m ³ sk/ha)	Min (m ³ sk/ha)	Max (m ³ sk/ha)	Standardavvikelse	
					(m ³ sk/ha)	(%)
Referensmätning. Alla objekt.	60	133,4	67	212		
Skördarprognos. Alla objekt.	60	136,3	80	191	17,3	13,0
Referensmätning. 1:a gallring.	50	127,2	67	178		
Skördarprognos. 1:a gallring.	50	129,9	80	185	16,5	13,0
Referensmätning. Senare gallring.	10	164,5	111	212		
Skördarprognos. Senare gallring.	10	168,2	144	191	22,0	13,4

Närmare undersökning av avvikelserna mellan referensmätt volym och volym beräknad från skördardata (Figur 15) visade att det fanns en tendens till negativa avvikelserna för provtytor med låg volym efter gallring ($<90 \text{ m}^3\text{sk/ha}$). Detta innebär att den skördarmätta volymen efter gallring tenderade att systematiskt generera överskattningar av volymen för sådana provtytor. Orsaken var att gallringsstyrkan konsekvent underskattades på dessa provtytor. Det bör dock observeras att volymen efter gallring på några av dessa ytor var extremt låg ($<70 \text{ m}^3\text{sk/ha}$).



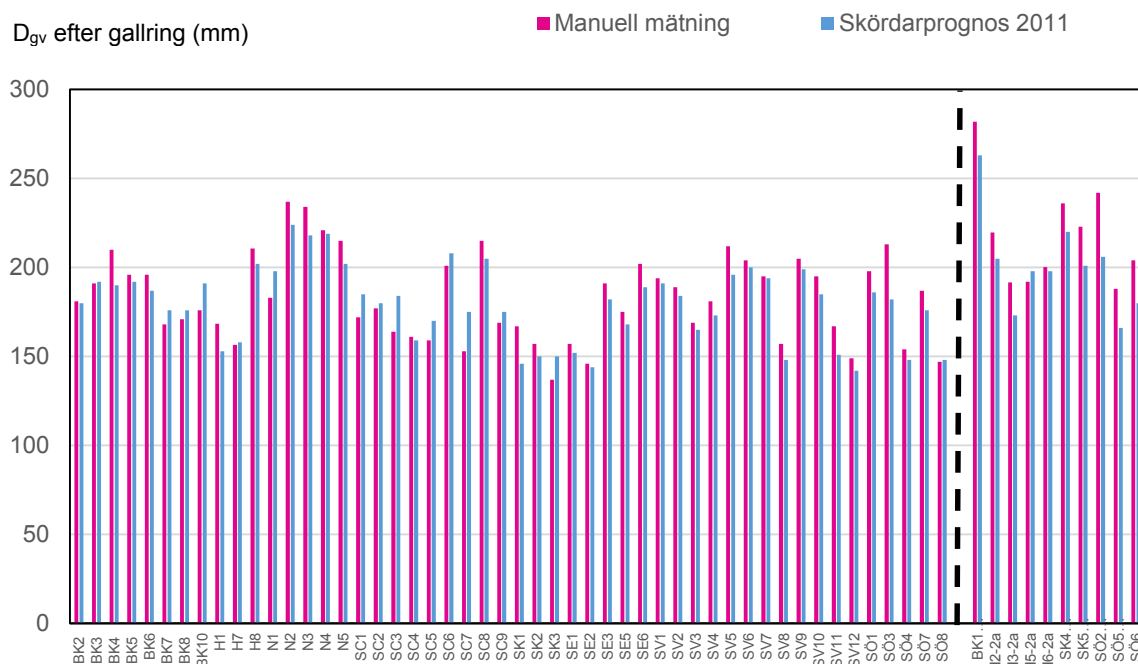
Figur 15. Samband mellan avvikelsernas storlek (referensmätt volym efter gallring minus beräknad volym efter gallring) och referensmätt volym efter gallring för de 60 provtytorna i studien.

I vår studie användes genomgående arealen från den manuella referensmätningen som bas både vid bestämning av beståndsuppgifter från manuell referensmätning och vid beräkning av beståndsuppgifter från skördardata. Vi anser detta tillvägagångssätt som mest korrekt. För vissa provtytor med större avvikelser för volym efter gallring var avvikelserna dock kopplade till arealbestämningen. Till exempel fanns några provtytor där en del av ytan inte gallrats, vilket ledde till att gallringsstyrkan underskattades och volymen efter gallring överskattades då den beräknades från skördardata. Vi har dock valt att inkludera dessa provtytor i utvärderingen eftersom denna problematik delvis också kommer att finnas vid praktisk användning av ett automatiserat system för gallringsuppföljning.

Utifrån ovanstående resultat och resonemang drar vi slutsatsen att det är möjligt att i ett automatiserat system skatta volymen efter gallring med små systematiska fel och där den beräknade volymen efter gallring för merparten av gallringsobjekten i svensk gallringsskog kommer att ligga inom $\pm 20 \text{ m}^3/\text{ha}$ från den verkliga volymen. Särskild uppmärksamhet bör riktas mot gallringsobjekt med låg volym efter gallring för vilka det finns risk att volymen efter gallring systematiskt överskattas.

GRUNDYTEVÄGD MEDELDIAMETER I BRÖSTHÖJD

För grundtyevägd medeldiameter i brösthöjd (D_{gv}) gjordes utvärdering med befintlig modell från 2011 och med den nyutvecklade modellen från 2014. Modellen från 2014 är beroende av kranvinkeldata för beräkning av D_{gv} och utvärderingen av denna modell var därför avgränsad till de 26 provytor där kranvinkeldata fanns tillgängliga. För modellen från 2011 skedde utvärderingen på samtliga 60 provytor.



Figur 16.

Jämförelse mellan grundtyevägd medeldiameter i brösthöjd (D_{gv}) från manuell referensmätning och D_{gv} beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

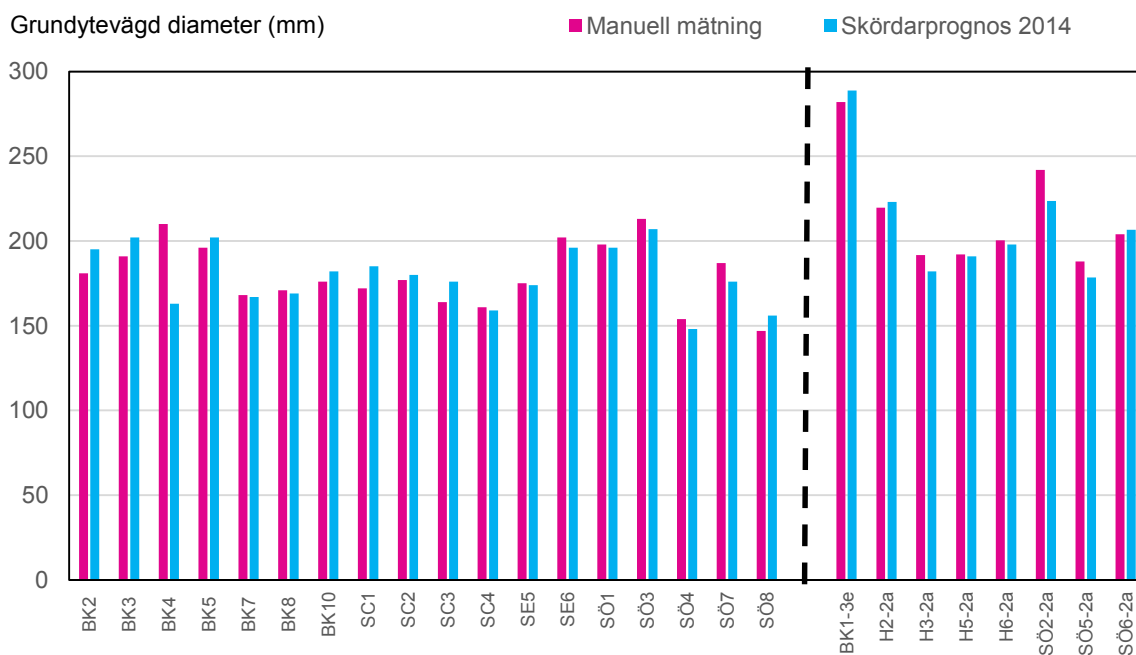
D_{gv} beräknad från skördardata med befintlig modell från 2011 visade generellt god överensstämmelse med referensmätt D_{gv} (Figur 16). Standardavvikelsen för avvikelsen mellan referensmätt D_{gv} och D_{gv} beräknad från skördardata uppgick till 6,3 % (12 mm) för samtliga bestånd (Tabell 12). Närmare granskning av jämförelsen mellan de två sätten att mäta, respektive beräkna D_{gv} , visade dock att för 9 av de 10 provytorerna med senare gallring så var D_{gv} beräknad från skördardata lägre än den referensmätta (Figur 16). I genomsnitt underskattade modellen från 2011 D_{gv} med 17 mm för de 10 provytorerna med senare gallring (Tabell 12). Denna tydliga tendens till systematisk underskattning av D_{gv} för provytor med senare gallring var orsakad av motsvarande systematiska över-skattning av gallringskvoten med den befintliga modellen från 2011 (jfr. Figur 8).

Tabell 12.

Grundtyevägd medeldiameter i brösthöjd (D_{gv}). Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelserna mellan D_{gv} från manuell referensmätning och D_{gv} beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011. Standardavvikelsen är uttryckt som mm och som procentuell andel av medelvärdet.

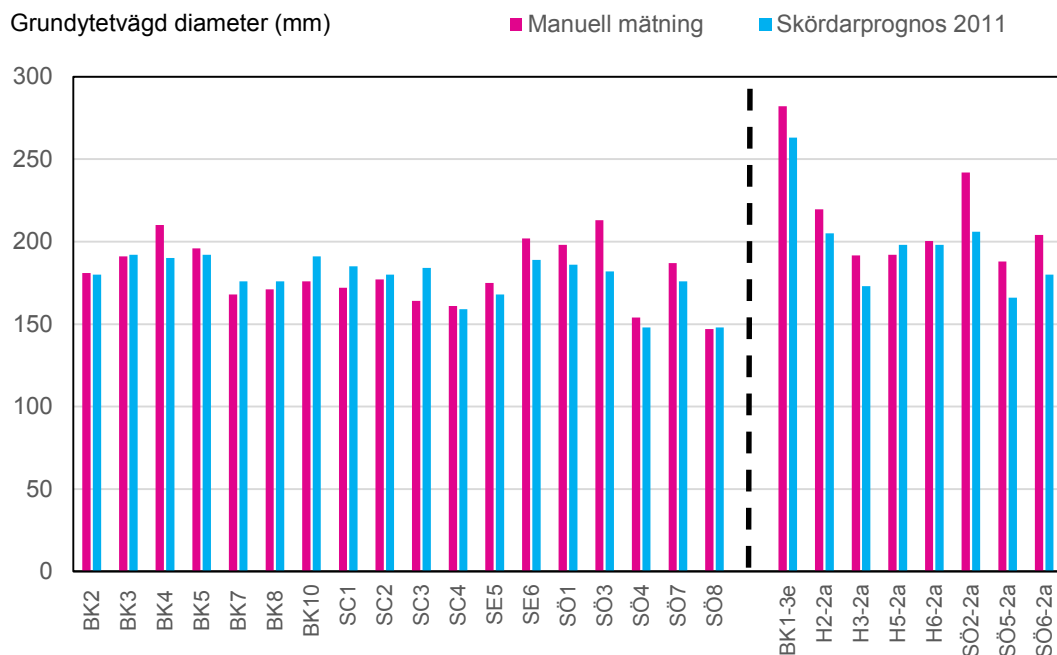
	N (antal)	Medel (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Standardavv.	
					(mm)	(%)
Referensmätning. Alla objekt.	60	189	137	282		
Skördarprognos 2011. Alla objekt.	60	183	142	263	12,0	6,3
Referensmätning. 1:a gallring.	50	183	137	237		
Skördarprognos 2011. 1:a gallring.	50	179	142	224	10,9	6,0
Referensmätning. Senare gallring.	10	218	188	282		
Skördarprognos 2011. Senare gallring.	10	201	166	263	11,6	4,1

I Figur 17a och 17b visas en jämförelse mellan referensmätt D_{gv} och D_{gv} beräknad från skördardata med modellerna från 2014 respektive 2011 för de 26 provytorna med kranvinkeldata. Visuellt granskning av jämförelserna visade att skattningarna från den utvecklade modellen från 2014 generellt gav bättre följsamhet med referensmätt D_{gv} än skattningarna från modellen från 2011 för gruppen av provytor med förstagallring. För gruppen av provytor med senare gallring noterades också en förbättring med modellen från 2014 på så vis att skattningarna från denna modell inte tenderade att ge systematisk underskattning av referensmätt D_{gv} .



Figur 17a.

Jämförelse mellan grundtyevägd medeldiameter i brösthöjd (D_{gv}) från manuell referensmätning och D_{gv} beräknad från skördardata enligt utvecklad modell från 2014 för provytor med kranvinkeldata. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.



Figur 17b.

Jämförelse mellan grundtytvägd medeldiameter i bröst höjd (D_{gv}) från manuell referensmätning och D_{gv} beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011 för provytor med kranvinkeldata. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

För de 18 provytorerna med förstagallring var D_{gv} i genomsnitt 180 mm både från den manuella referensmätningen och då den beräknades från skördardata utifrån modellen från 2014 (Tabell 13). För de åtta provytorerna med senare gallring var avvikelser i genomsnitt 4 mm eller 1,9 %. Spridningen, uttryckt som standardavvikelsen mellan referensmätt D_{gv} och D_{gv} beräknad från skördardata var väsentligt lägre för modellen från 2014 än för modellen från 2011 (Tabell 13). Det bör observeras att vid beräkningarna av standardavvikelsen uteslöts objekt BK4 (Figur 17a). Detta objekt hade en kraftig avvikelse (se diskussion av orsaken under avsnittet ”Gallringskvot”). Vi valde att utesluta detta objekt eftersom den beräknade standardavvikelsen annars skulle förmedlat en missvisande bild av spridningen i materialet.

Tabell 13.

Grundtytvägd medeldiameter i bröst höjd (D_{gv}). Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelser mellan D_{gv} från manuell referensmätning och D_{gv} beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011 samt enligt ny modell från 2014. Standardavvikelsen är uttryckt som mm och som procentuell andel av medelvärdet.

	N ¹⁾ (antal)	Medel (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Standardavv.	
					(mm)	(%)
Referensmätning. Alla objekt.	26	191	147	282		
Skördarprognos 2011. Alla objekt.	26	184	148	263	14,1	7,4
Skördarprognos 2014. Alla objekt.	26	189	148	289	8,2	4,3
Referensmätning. 1:a gallring.	18	180	147	213		
Skördarprognos 2011. 1:a gallring.	18	178	148	192	12,2	6,8
Skördarprognos 2014. 1:a gallring.	18	180	148	207	7,7	4,3
Referensmätning. Senare gallring.	8	215	188	282		
Skördarprognos 2011. Senare gallring.	8	199	166	263	13,0	6,0
Skördarprognos 2014. Senare gallring.	8	211	178	289	8,4	3,9

¹⁾ Vid beräkning av standardavvikelsen har objektet BK4 uteslutits, se vidare texten.

Utifrån ovanstående analys av jämförelsen mellan referensmätt D_{gv} och D_{gv} beräknad med modellerna från 2011 och 2014 drar vi följande slutsatser:

1. Då kranvinkeldata inte finns tillgängligt kan modellen från 2011 användas för beräkning av D_{gv} . Modellen kan förväntas ge skattningar av hög precision för objekt med förstagallringar. Medvetenhet bör dock finnas om att modellen kan ge skattningar som systematiskt underskattar D_{gv} i senare gallringar. Detta gäller speciellt för objekt med gallringskvoter under 0,80.
2. Då kranvinkeldata finns tillgängliga bör modellen från 2014 användas. Då denna modell delvis är utvecklad på utvärderingsmaterialet kan vår studie inte fullt ut besvara vilken precision som kan erhållas vid praktisk användning. Vår bedömning är dock att modellen är robust och bör ge skattningar med mycket hög precision och försumbara systematiska fel. För senare gallringar finns viss osäkerhet kring utfallet för modellen framför allt för senare gallringar med högre gallringskvoter (>0,85). För sådana gallringsobjekt kan modellen förväntas ge över-skattningar av D_{gv} .

TRÄDSLAGSFÖRDELNING

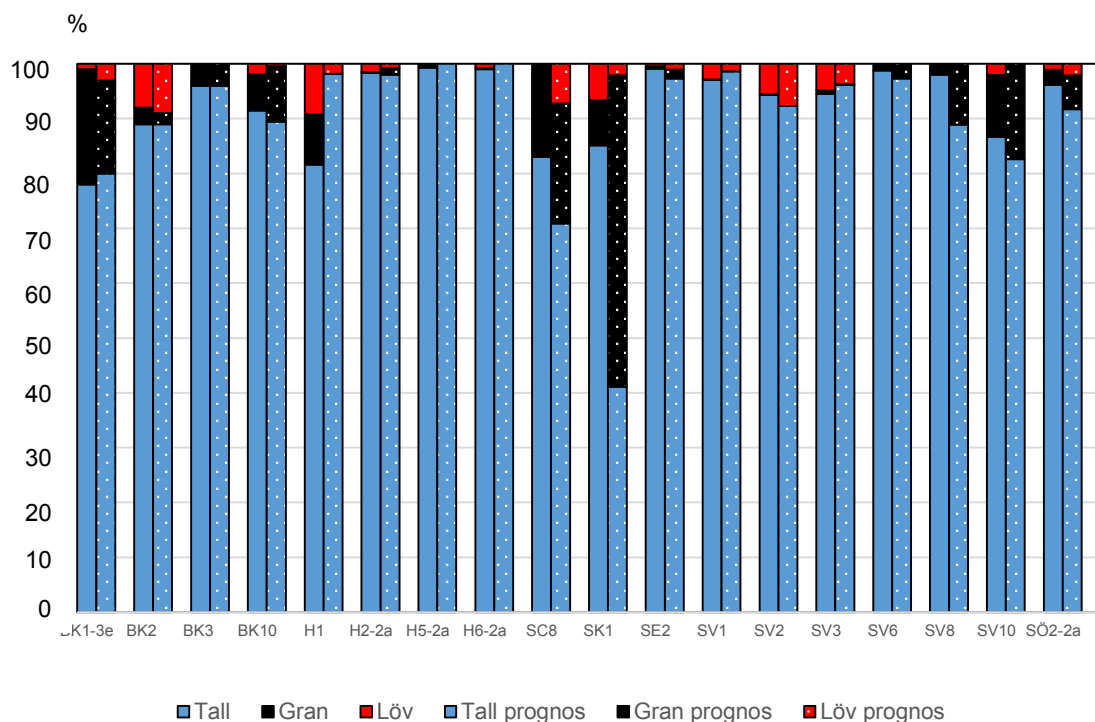
För fyra av provytorna var trädslagen inte korrekt registrerade i skördarnas produktionsfiler, vilket innebar att jämförelse av trädslagsfördelning från manuell referensmätning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata kunde göras för 56 av de 60 provytorna. Den genomsnittliga trädslagsfördelningen för dessa 56 provytor var likartad från manuell referensmätning och då den beräknades från skördardata (Tabell 14). Avvikelserna för de fyra redovisade trädslagen varierade från noll till tre procentenheter.

Tabell 14.

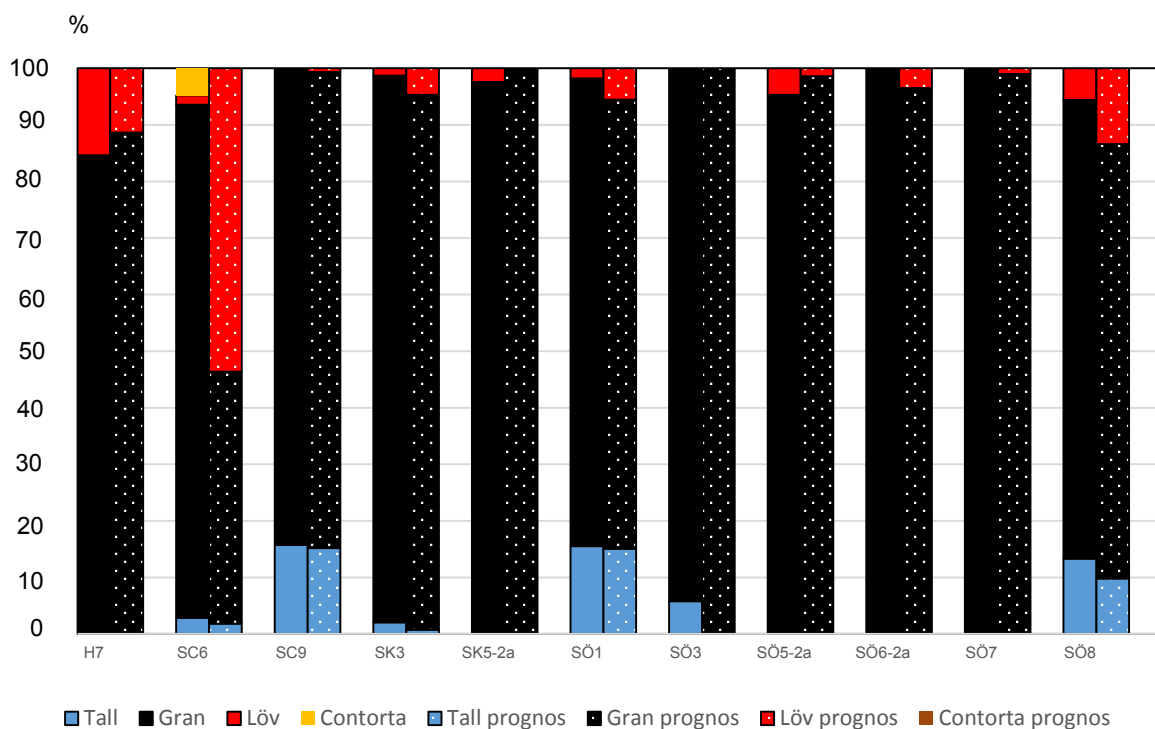
Trädslagsfördelning från manuell referensmätning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata. Trädslagsfördelningen är uttryckt som genomsnittlig procentuell andel av total volym på de 56 provytorna.

	Antal provytor	Tall (%)	Gran (%)	Löv (%)	Contorta (%)
Manuell referensmätning	56	50	39	8	4
Skördarprognos	56	47	41	9	4

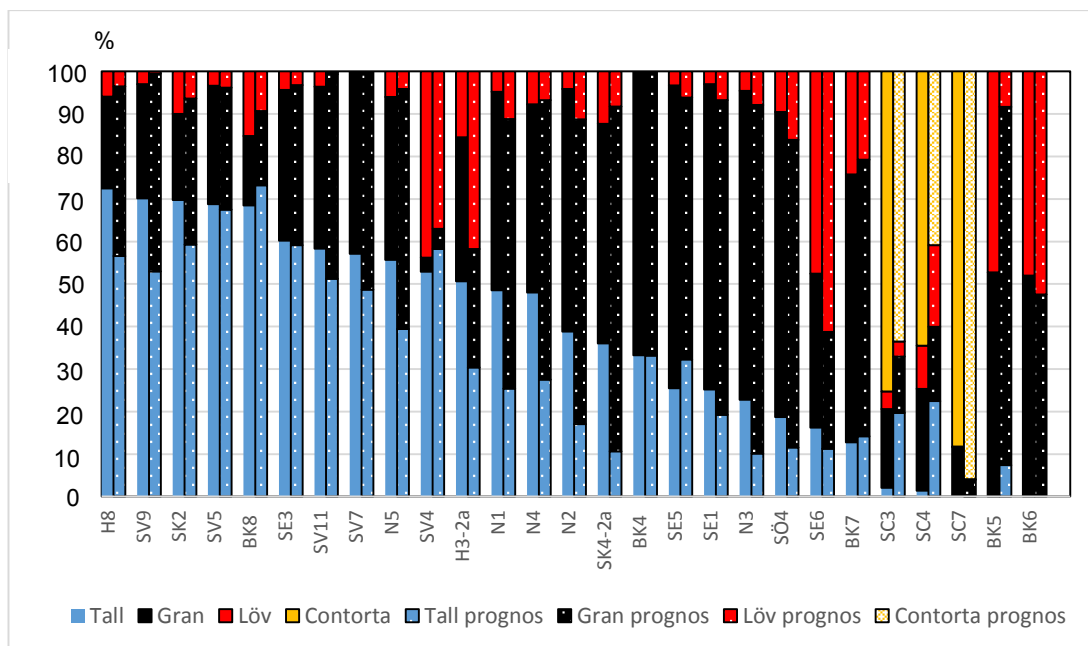
I Figur 18 till 20 redovisas provytorvis jämförelse mellan trädslagsfördelning från manuell referensmätning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata. Resultaten redovisas med provytorna indelade i tre kategorier: talldominerade provytor, grandominerade provytor respektive provytor med blandad trädslags sammansättning. För tall- och grandominerade provytor följde trädslagsfördelningen beräknad från skördardata väl trädslagsfördelningen från manuell referensmätning på 27 av de 29 provytorna som ingick i dessa två grupper (Figur 18, 19). För två provytor noterades kraftigare avvikelser (Figur 18: SK1, Figur 19: SC6). För provytan SK1 beräknades granandelen till cirka 50 % utifrån skördardata medan denna andel bestämdes till knappt 10 % vid den manuella referensmätningen. Den kraftiga överskattningen av granandelen på provytan SK1 orsakades av att gallringsuttaget var kraftigt inriktat mot gran det vill säga trädslagsfördelningen i uttaget avvek markant mot trädslagsfördelningen före gallring. På provytan SC6 var förhållandet det motsvarande med skillnaden att gallringsuttaget på denna provyta var inriktat mot löv.



Figur 18. Jämförelse mellan trädslagsfördelning efter gallring från manuell referensmätning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata för talldominerade provytor. Trädslagsfördelningen redovisas som procentuell andel av volymen. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.



Figur 19. Jämförelse mellan trädslagsfördelning efter gallring från manuell referensmätning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata för granddominerade provytor. Trädslagsfördelningen redovisas som procentuell andel av volymen. H7, SC6 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.



Figur 20.

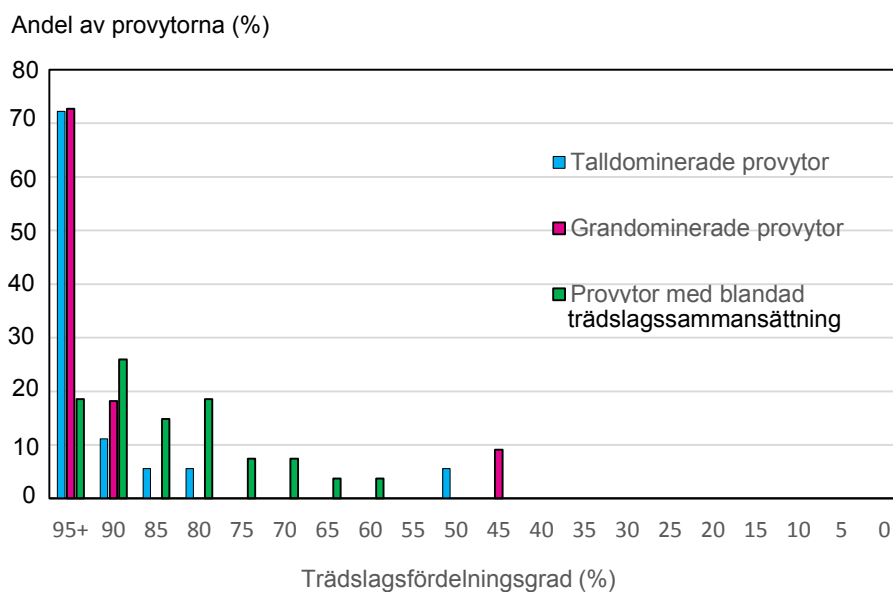
Jämförelse mellan trädslagsfördelning efter gallring från manuell referensmätning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata för provtytor med blandad trädslags sammansättning. Trädslagsfördelningen redovisas som procentuell andel av volymen. BK5, BK6 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar. Objekten är sorterade efter andel tall från den manuella referensmätningen.

För gruppen av provtytor med blandad trädslagsammansättning hade 6 provtytor (BK5, SC4, H3, N1, N2 och SK4) större avvikelser mellan referensmätt trädslagsfördelning och trädslagsfördelning beräknad från skördardata (Figur 20). För 21 av de 27 provtytorerna återspeglade dock trädslagsfördelningen beräknad från skördardata väl den referensmätta trädslagsfördelningen och avvikelserna för de enskilda trädslagen på dessa provtytor understeg i samtliga fall 20 procentenheter. På två tredjedelar av provtytorerna var trädslagsfördelningen likartad på så vis att det fanns en liten fraktion med löv (<15 %) medan resterande del utgjordes av tall och gran (Figur 20). På dessa provtytor fanns en tendens att tallandelen systematiskt underskattades och granandelen över-skattades då de beräknades från skördardata. Orsaken till detta var att gallrings-uttaget på dessa provtytor till övervägande varit inriktat mot gran och att trädslagsfördelning i uttaget därmed inte fullt ut representerade trädslagsfördelningen före gallring.

En tidigare utvärdering av systemet för automatiserad gallringsuppföljning indikerade att systemet kan förväntas ge bra beskrivningar av trädslagsfördelningen efter gallring så länge trädslagsfördelningen i gallringsuttaget någorlunda väl representerar trädslagsfördelningen i beståndet före gallring (Hannrup m.fl., 2011). Vidare antogs i den tidigare studien att detta förhållande gäller för den absoluta merparten av gallringsobjekt i Sverige. Vår studie, utförd på ett oberoende material med en material sammansättning som väl representerar svensk gallringsskog, verifierade dessa antagande. På 48 av de 56 provtytorerna i studien överensstämde den beräknade trädslagsfördelningen väl med den referensmätta och avvikelserna för de enskilda trädslagen låg på dessa ytor inom +/-20 procentenheter.

I syfte att numeriskt kvantifiera med vilken precision trädslagsfördelningen kunde beräknas från skördardata infördes ett nytt begrepp ”trädslagsfördelningsgrad”. I vår studie definierade vi detta begrepp som andelen av den totala volymen inom provyta där trädslagsfördelningen från skördardata överensstämde med trädslagsfördelningen från manuell referensmätning. Till exempel för provytan ”SK1” i Figur 18 där 41 % av den totala volymen på provytan var korrekt prognostiserad för tall, medan motsvarande värden för gran och löv var 8 och 2 %, vilket summerat innebär att för 51 % av den totala volymen på provytan var trädslagsfördelningen korrekt prognostiserad från skördardata.

I Figur 21 redovisas ett frekvensdiagram för trädslagsfördelningsgraden det vill säga ett diagram som visar hur andelen korrekt prognostiserad trädslagsfördelning varierade mellan provytorna. I figuren används samma kategoriindelning som användes i Figur 18–20 d.v.s. en uppdelning på talldominerade provytor, grandominerade provytor respektive provytor med blandad trädslagssammansättning. Som tidigare diskuterats var trädslagsfördelningsgraden mycket hög (>90 %) för den absoluta merparten av de tall- och grandominerade provytorna. I genomsnitt var trädslagsfördelningsgraden 94 % för talldominerade och 92 % för grandominerade provytor. För provytorna med blandad trädslags sammansättning var trädslagsfördelningsgraden generellt lägre och uppgick i medeltal till 86 %. I genomsnitt för samtliga provytor var trädslagsfördelningsgraden 90 %.



Figur 21. Frekvensdiagram för trädslagsfördelningsgraden uppdelat på talldominerade provytor, grandominerade provytor samt provytor med blandad trädslagssammansättning. Trädslagsfördelningsgraden var definierad som andelen av den totala volymen inom provyta där trädslagsfördelningen från skördardata överensstämde med trädslagsfördelningen från manuell referensmätning.

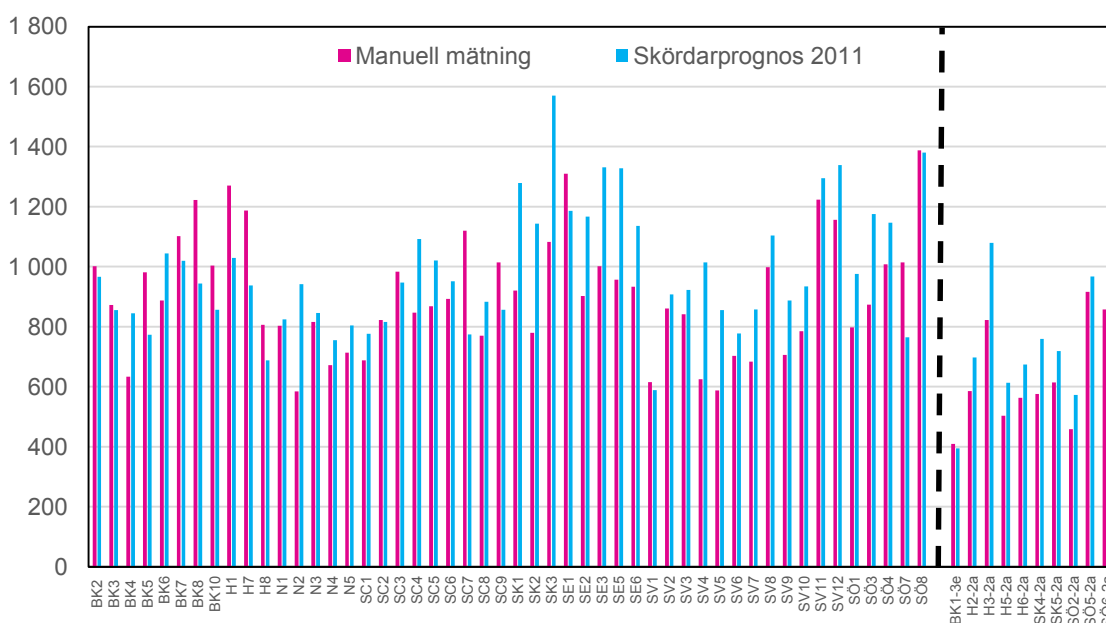
Sammanfattningsvis drar vi följande slutsatser från utvärderingen av trädslagsfördelning efter gallring:

1. I ett automatiserat system kan trädslagsfördelningen beräknas utifrån skördardata med hög precision för huvuddelen (>85 %) av objekten i svensk gallringsskog.
2. Med nuvarande modell för beräkning av trädslagsfördelning kommer större avvikelser att förekomma för enskilda objekt. Större avvikelser uppkommer när trädslagsfördelningen i uttaget avviker kraftigt från trädslagsfördelningen före gallring. Exempel på sådana fall är när gallringsuttaget kraftigt inriktas mot något av trädslagen i beståndet till exempel utgallring av gran i tallbestånd eller utgallring av förväxande löv i barrbestånd.

STAMANTAL

I Figur 22 redovisas en jämförelse mellan stamantal per hektar från manuell referensmätning och stamantal per hektar beräknat från skördardata med den befintliga modellen från 2011. Det fanns såväl för första gallringar som senare gallringar en tendens att stamantalet systematiskt överskattades då det beräknades från skördardata. Överskattningen uppgick till 81 stammar/ha för första gallringar och 96 stammar/ha för senare gallringar (Tabell 15). Tendensen att stamantalet överskattades då det beräknades från skördardata med modellen från 2011 konstaterades även i en tidigare utvärdering (Hannrup m.fl., 2011) men överskattningen i vår studie var kraftigare.

Stamantal efter gallring (st/ha)



Figur 22.

Jämförelse mellan stamantal/ha från manuell referensmätning och stamantal/ha beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

Standardavvikelsen för avvikelser mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad från skördardata uppgick för samtliga provytor till 182 stammar eller 21 %. Dock var skillnaden mellan första gallringar och senare gallringar stor där standardavvikelsen för senare gallringar var betydligt lägre (14 %) än för första gallringar (21 %). För enskilda objekt noterades mycket kraftiga avvikelser (>400 stammar/ha).

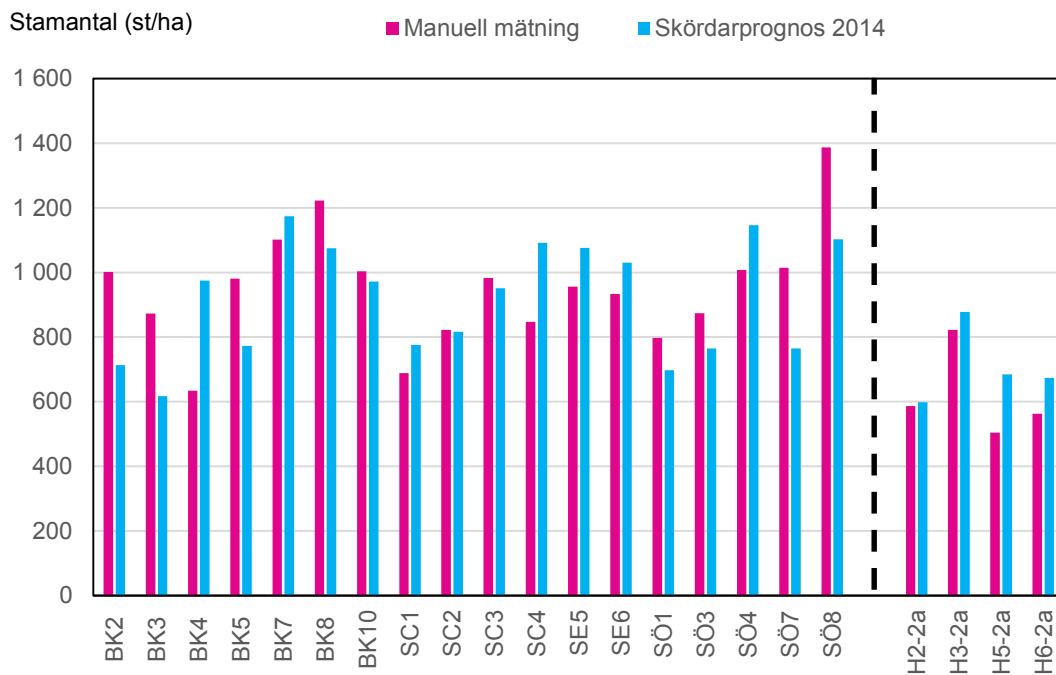
Tabell 15.

Stamantal per hektar. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelser mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011.

	N (antal)	Medel (st/ha)	Min (st/ha)	Max (st/ha)	Standardavv.	
					(st/ha)	(%)
Referensmätning. Alla objekt.	60	860	410	1388		
Skördarprognos 2011. Alla objekt.	60	943	394	1571	182	21,2
Referensmätning. 1:a gallring.	50	906	585	1388		
Skördarprognos 2011. 1:a gallring.	50	986	589	1571	196	21,6
Referensmätning. Senare gallring.	10	631	410	916		
Skördarprognos 2011. Senare gallring.	10	727	394	1079	91	14,4

Den systematiska överskattningen av stamantalet minskade då det beräknades med den utvecklade modellen från 2014 (Figur 23). I genomsnitt var skillnaden mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknat från skördardata 11 stammar (1,2 %). Dock påverkades inte spridningen nämnvärt då den utvecklade modellen från 2014 användes. Standardavvikelsen mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad från skördardata med modellen från 2014 uppgick till 20 % för de 22 provytor för vilka kranvinkeldata fanns registrerat.

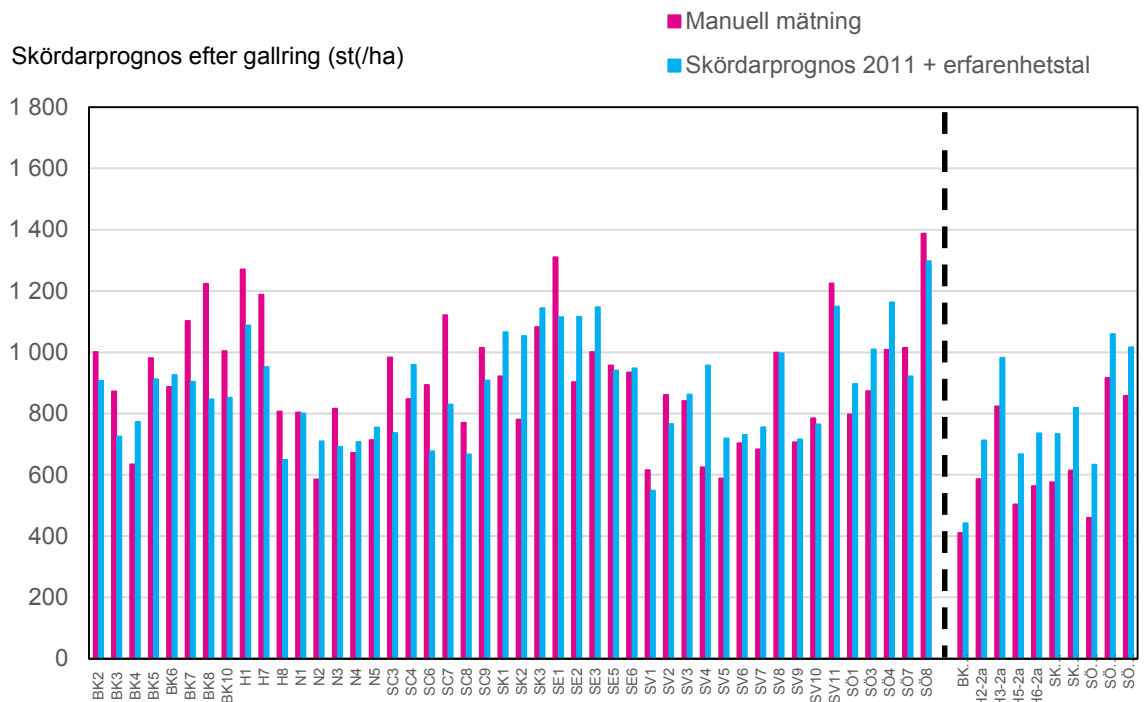
I jämförelse mellan modellerna från 2011 och 2014 ger den senare modellen precisare skattningar av gallringskvot och grundtyevägd medeldiameter i brösthöjd. Det är sannolikt att det är den förbättrade skattningen av gallringskvot med modellen från 2014 som medför att stamantalet i genomsnitt beräknas mer korrekt med denna modell. Den förbättrade skattningen av gallringskvoten med modellen från 2014 har dock ingen uppenbar påverkan på spridningen för avvikelserna, vilket indikerar att denna spridning är kopplad till någon annan mekanism. En hypotes är att de stora avvikelserna för stamantal kan vara kopplat till felaktiga skattningar av stamantal i de klenare diameterklasserna. En djupgående analys av detta har dock inte genomförts inom ramen för vår studie.



Figur 23.

Jämförelse mellan stamantal/ha från manuell referensmätning och stamantal/ha beräknad från skördardata enligt utvecklad modell från 2014. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

I Figur 24 redovisas en jämförelse mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad med den alternativa metodiken. Med den alternativa metodiken utnyttjades grundyta och grundtytvägd medeldiameter skattad med modellen från 2011 i kombination med erfarenhetstal för kvoten mellan grundytamedelstammens diameter och grundtytvägd medeldiameter. Med den alternativa metodiken minskade standardavvikelsen för avvikelserna mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad från skördardata till 154 stammar/ha (Tabell 16). Detta i jämförelse med motsvarande standardavvikelse på 182 stammar/ha då stamantalet beräknades direkt från modellen 2011 (Tabell 15). Med den alternativa metodiken var den systematiska avvikelserna för provytorna med förstagallring 22 stammar/ha (Tabell 16), vilket var en betydligt lägre systematisk avvikelse i jämförelse med motsvarande avvikelse (86 stammar/ha) då stamantalet beräknades direkt från modellen 2011 (Tabell 15). För senare gallringar däremot innebar den alternativa metodiken för beräkning av stamantal att den systematiska avvikelserna ökade kraftigt från 96 till 149 stammar/ha.



Figur 24.

Jämförelse mellan stamantal/ha från manuell referensmätning och stamantal/ha beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011 i kombination med erfarenhetstal för kvoten mellan grundytmedelstammens diameter och grundytvägd medeldiameter. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

Tabell 16.

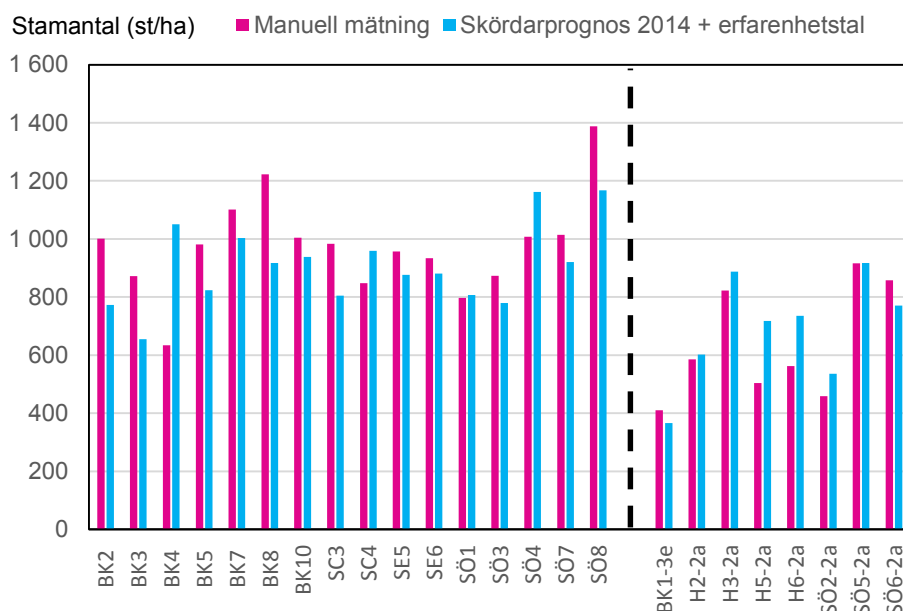
Stamantal per hektar. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelserna mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad från skördardata enligt befintlig modell från 2011 i kombination med erfarenhetstal för kvoten mellan grundytmedelstammens diameter och grundytvägd medeldiameter.

	N ¹⁾ (antal)	Medel (st/ha)	Min (st/ha)	Max (st/ha)	Standardavv.	
					(st/ha)	(%)
Referensmätning. Alla objekt.	56	859	410	1 388		
Skördarprognos 2011 + erfarenhetstal. Alla objekt.	56	867	441	1 297	154	18,0
Referensmätning. 1:a gallring.	46	908	585	1 388		
Skördarprognos 2011 + erfarenhetstal. 1:a gallring.	46	886	548	1 297	152	16,7
Referensmätning. Senare gallring.	10	631	410	916		
Skördarprognos 2011 + erfarenhetstal. Senare gallring.	10	780	441	1 059	46	7,3

¹⁾ Beräkningarna gjordes enbart för de 56 provytorerna där det fanns data över trädslagsfördelningen.

I Figur 25 redovisas en jämförelse mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad utifrån grundyta och grundytvägd medeldiameter skattad med modellen från 2014 i kombination med erfarenhetstal för kvoten mellan grundytmedelstammens diameter och grundytvägd medeldiameter. För samtliga provytor var standardavvikelsen för avvikelserna mellan stamantal från manuell referensmätning och stamantal beräknad från skördardata 19 % d.v.s. en likartad storlek på det tillfälliga felet som då stamantalet beräknades direkt med modellen från 2014.

För en av provytorna (BK4) överskattades stamantalet kraftigt då det beräknades från skördardata. För denna provyta var gallringskvoten och den grundtytevägda medeldiametern kraftigt över- respektive underskattade då de beräknades från skördardata med modellen från 2014 (se tidigare diskussionsavsnitt). Utesluts denna provyta reduceras det tillfälliga felet för stamantal för gruppen av förstagallringar till 126 stammar (12,6 %) och totalt till 138 stammar (15,8 %).



Figur 25.

Jämförelse mellan stamantal/ha från manuell referensmätning och stamantal/ha beräknad från skördardata enligt utvecklad modell från 2014 i kombination med erfarenhetstal för kvoten mellan grundtytemedelstammens diameter och grundtytevågad medeldiameter. Provytor till vänster om streckade linjen indikerar förstagallringar medan provytor till höger om streckade linjen indikerar senare gallringar. BK2, BK3 o.s.v. anger objektsidentiteter, se Bilaga 1 för objektsbeskrivningar.

Sammanfattningsvis styrker resultaten från vår studie indikationen från tidigare utvärdering (Hannrup m.fl., 2011) att stamantalet är den variabel som är svårast att beräkna med hög precision i ett automatiserat system för gallringsuppföljning. Då stamantal beräknades direkt med modellen från 2011 erhöles systematisk överskattning av stamantalet och en spridning på cirka 20 % för avvikelserna. Med modellen från 2014 var den systematiska avvikelserna försumbar men spridningen för avvikelserna likartad. Fördjupade analyser av vad som orsakar avvikelserna vid direkt beräkning av stamantal med modellerna från 2011 och 2014 är nödvändiga för att modellerna ska kunna förbättras.

Vår analys indikerar vidare att den alternativa metodiken då skattningarna från modellerna från 2011 och 2014 kombineras med trädslagsvisa erfarenhetstal för kvoten mellan grundtytemedelstammens diameter och grundtytevågad medeldiameter har potential att minska det tillfälliga felet vid skattningen av stamantal. För modellerna från 2011 och 2014 var spridningen för avvikelserna reducerad till 18 % respektive 15,6 % då denna metodik användes. Spridningen kan förmodligen minskas ytterligare genom att värden för kvoten mellan grundtytemedelstammens diameter och grundtytevågad medeldiameter beräknas

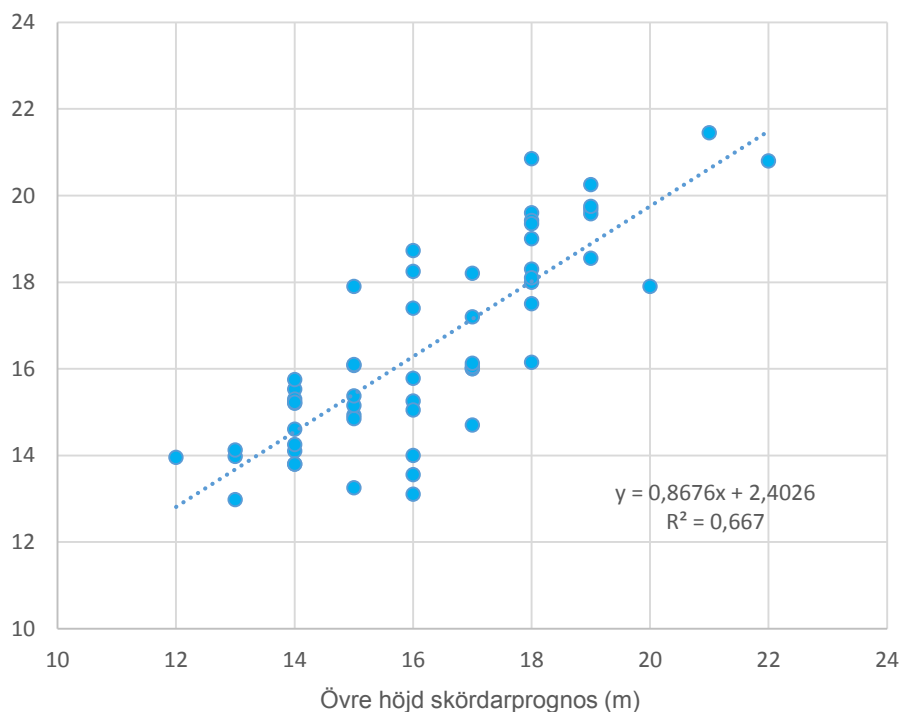
för de enskilda bestånden utifrån skördardata. Då kranvinkeldata finns tillgängliga görs detta lämpligen utifrån de träd som identifierats som stickvägsträd. En närmare analys av denna möjlighet har dock inte genomförts inom ramen för vår studie.

ÖVRE HÖJD OCH STÅNDORTSINDEX

Sambandet mellan övre höjd beräknad från skördardata och övre höjd från manuell referensmätning redovisas i Figur 26. I genomsnitt var det liten skillnad mellan de två metoderna för övre höjds bestämning; övre höjd beräknad från skördardata var 0,2 m lägre än övre höjd från den manuella referensmätningen (Tabell 17). Dock indikerade även en tidigare studie att övre höjd beräknad från skördardata tenderade att vara lägre än övre höjd från manuell referensmätning (Hannrup m.fl., 2011).

Standardavvikelsen för avvikelserna mellan övre höjd från manuell referensmätning och övre höjd beräknad från skördardata var 1,4 m (Tabell 17). I vår studie mättes övre höjd vid den manuella referensmätningen på två cirkelprovytor (radie 10 meter) per objekt och medelvärdet beräknades. Vid bestämningen av övre höjd utifrån skördardata utnyttjades informationen från samtliga utgallrade stammar och den genomsnittliga övre höjden beräknades. Att de två bestämningarna hänför sig till delvis olika områden kan ha bidragit till att öka spridningen för avvikelserna mellan de två bestämningarna och den redovisade standardavvikelsen är därför sannolikt en överskattning av den verkliga spridningen.

Övre höjd manuell mätning (m)



Figur 26.

Sambandet mellan övre höjd beräknad från skördardata och övre höjd från manuell referensmätning för de 56 tall- och grandominerade provytorna.

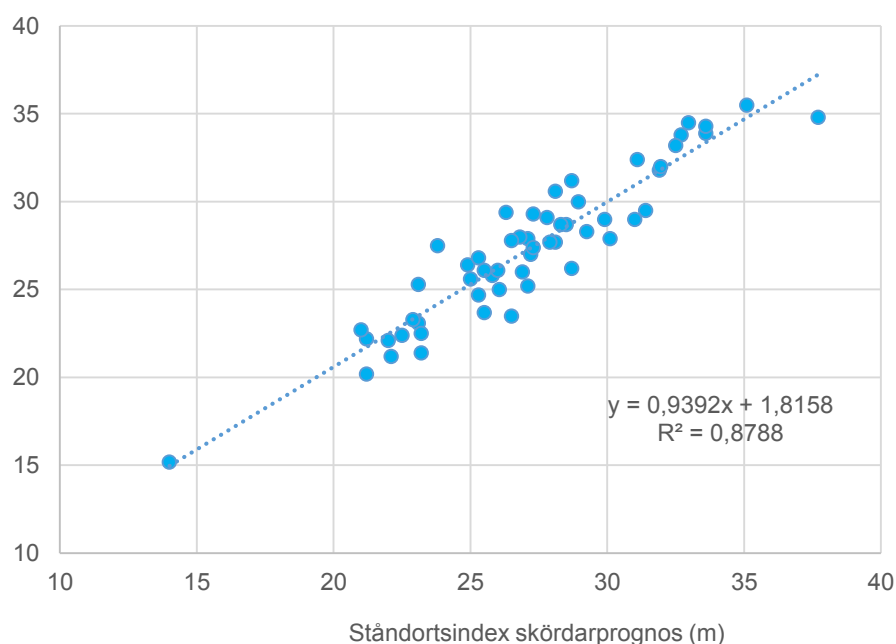
Tabell 17.

Övre höjd och ståndortsindex. Antal provytor, spridningsmått samt standardavvikelsen för avvikelserna mellan övre höjd och ståndortsindex från manuell referensmätning och övre höjd och ståndortsindex beräknad från skördardata för tall- och grandominerade provytor. Standardavvikelsen är uttryckt som m och som procentuell andel av medelvärdet.

	N (antal)	Medel (m)	Min (m)	Max (m)	Standardavv.	
					(m)	(%)
Övre höjd. Referensmätning.	56	16,5	13,0	22,5	1,4	8,2
Övre höjd. Skördarprognos.	56	16,3	12,0	22,0		
Ståndortsindex. Referensmätning.	56	27,3	15,2	35,5	1,5	5,6
Ståndortsindex. Skördarprognos.	56	27,2	14,0	37,7		

Den underskattning som noterades för övre höjd beräknad från skördardata i jämförelse med övre höjd från manuell referensmätning fortplantade sig till en motsvarande underskattning av ståndortsindex beräknad från skördardata. I genomsnitt uppgick underskattningen till 0,1 m för de 56 provytorerna med en standardavvikelse på 1,5 m (Tabell 17, Figur 27). Vid beräkningen av övre höjd användes samma trädålder som registrerats vid den manuella referensmätningen. I ett system för automatiserad gallringsuppföljning kommer det att krävas att åldersuppgiften registreras manuellt eller hämtas från registeruppgifter eftersom det i dagsläget inte finns någon teknik för att med hjälp av skördardata detektera åldern på träden.

Ståndortsindex manuell mätning (m)



Figur 27.

Sambandet mellan ståndortsindex beräknat från skördardata och ståndortsindex från manuell referensmätning för de 56 tall- och grandominerade provytorerna.

JÄMFÖRELSE MED ANDRA INVENTERINGSMETODER

För att sätta de samlade resultaten från vår studie i ett sammanhang är det viktigt att jämföra med resultat från andra studier. Det är framför allt två typer av jämförelse som vi betraktar som särskilt angelägna:

1. Jämförelse av resultat från vår studie med resultat från tidigare utvärdering av det automatiserade systemet för gallringsuppföljning (Hannrup m.fl., (2011)). Den tidigare studien utfördes på ett geografiskt begränsat material från 12 gallringsobjekt där materialet samtidigt utnyttjades för att utveckla metodiken. Eftersom vår studie genomfördes på ett betydligt mer omfattande material, som för flertalet beståndsvariabler inte utnyttjades för metodutveckling, bör en sådan jämförelse vara relevant för att dra slutsatser om hur generell den använda metodiken är.
2. Jämförelse med resultat från andra inventeringsmetoder. En sådan jämförelse ger information om hur de uppskattade precisionsmått och de systematiska avvikelserna från vår studie förhåller sig till motsvarande skattningar från andra inventeringsmetoder. I vår studie har vi valt att jämföra med resultat från laserscanning. Detta eftersom alternativa inventeringsmetoder, baserade på t.ex. subjektivt utlagda relaskopytor eller ett rimligt antal utslumpade cirkelprovytor, har en lägre precision än laserscanning (Ståhl, 1992; Barth m.fl., 2008).

I Tabell 18 redovisas en jämförelse mellan genomsnittlig avvikelse för ett antal beståndsvariabler beräknade utifrån skördardata och de genomsnittliga avvikelser som erhållits från litteraturuppgifter för motsvarande variabler vid inventering med hjälp av laserscanning och den så kallade arealmetoden. Uppgifterna för laserscanning är hämtade från en sammanställning av 11 studier utförda i gallrings- och slutavverkningskog (Naasset, 2007) och de redovisade värdena utgör medelvärden för de 11 studierna. För uppgifterna från Hannrup m.fl., (2014) är värdena för grundyta, volym och övre höjd hämtade från beräkning med tidigare utvecklad modell från 2011 medan värdena för grundytavägd medeldiameter och stamantal är hämtade från den utvecklade modellen från 2014.

I jämförelse mellan vår utvärdering och den tidigare utvärderingen från 2011 så var det generellt små skillnader mellan de genomsnittliga avvikelserna för de olika beståndsvariablerna. De förändringar som noterades var en större systematisk avvikelse för volym i vår studie och en lägre systematisk avvikelse för övre höjd.

I jämförelse mellan de genomsnittliga avvikelserna från vår studie och från studierna av laserscanning noterades inget uppenbart mönster. För båda metoderna var det små systematiska avvikelser vid bestämning av de olika beståndsvariablerna.

Tabell 18.

Jämförelse mellan genomsnittlig avvikelse för beståndsvariabler efter gallring erhållna från laserscanning respektive beräknade från skördardata på de 60 provytorna i denna studie ("Hannrup m.fl., 2014") samt på 12 provytor i en tidigare studie (Hannrup m.fl., 2011). De genomsnittliga avvikelserna för laserscanning är hämtade från en sammanställning av 11 studier utförda i gallrings- och slutavverkningsskog (Naeset, 2007). Samtliga värden anges i procentskalan. Positiva värden indikerar att värde från referensmätning varit högre än laserscanning/skördarprognos medan negativa värden indikerar det motsatta.

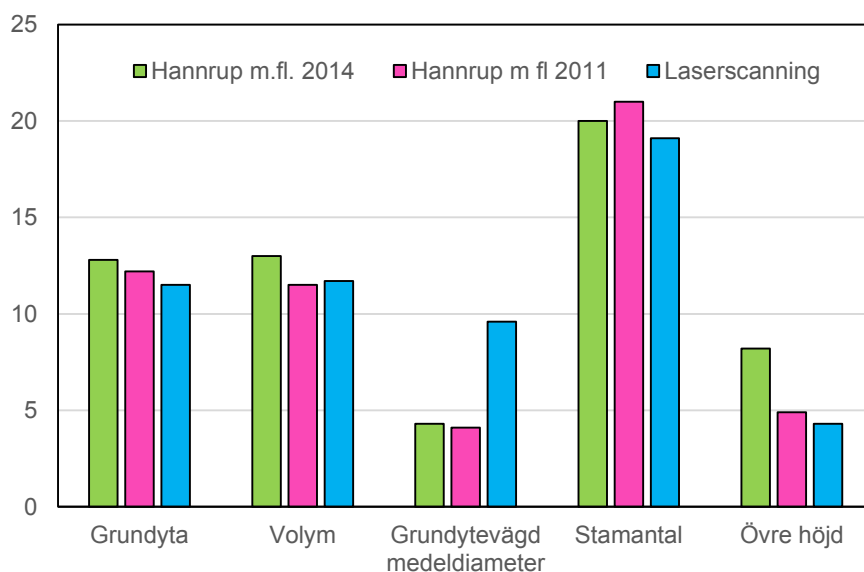
Beståndsvariabel	Genomsnittlig avvikelse		
	Skördarprognos (Hannrup m.fl., 2014)	Skördarprognos (Hannrup m.fl., 2011)	Laserscanning (Naeset, 2007)
Grundyta	-1,1	1,9	2,5
Volym	-2,2	1,1	3,3
D _{gv} ¹⁾	1,0	2,7	2,5
Stamantal	1,2	-4,0	0,2
Övre höjd	1,2	4,9	-1,9

¹⁾ D_{gv} – Grundtyevägd medeldiameter

I Figur 28 redovisas en jämförelse mellan den precision som erhållits för beståndsvariabler bestämda med hjälp av laserscanning samt beräknade utifrån skördardata i vår studie och i studien från 2011.

I jämförelse mellan vår utvärdering och den tidigare utvärderingen från 2011 så var precisionen generellt mycket likartad för de olika beståndsvariablerna. De skillnader som noterades var en något högre standardavvikelse för grundyta och volym i vår studie. Vidare var standardavvikelse för bestämningen av övre höjd lägre i studien från 2011, vilket kan ha berott på en större variation inom provytorna i vår studie (se närmare diskussion under avsnittet "Övre höjd och ståndortsindex"). Sammantaget indikerar dock de små skillnaderna i precision som förekom mellan studierna att metodiken för beräkning av beståndsvariabler är generell och förmådde hantera den variation som förekom i det rikstäckande materialet. I förlängningen innebär det att metodiken kan förväntas ge hög precision vid praktisk användning under merparten av de förhållanden som förekommer i svensk gallringsskog.

Standardavvikelse (%)



Figur 28.

Jämförelse mellan mätfelens standardavvikelse för beståndsvariabler efter gallring erhållna från laserscanning respektive beräknade från skördardata på de 60 provytorna i denna studie ("Hannrup m.fl., 2014") samt på 12 provytor i en tidigare studie (Hannrup m.fl., 2011). Precisionen vid laserscanning är hämtad från en sammanställning av 11 studier utförda i gallrings- och slutavverkningskog (Naasset, 2007). Samtliga värden anges i procentskalan.

I jämförelse mellan precisionsmått för de olika beståndsvariablerna från vår studie och från studierna av laserscanning var dessa sammantaget likartade. För grunddyta, volym och stamantal var standardavvikelsen något lägre för laserscanning. För övre höjd var skillnaden större men här är den högre standardavvikelsen i vår studie sannolikt påverkad av utvärderingsmetodiken eftersom trädhöjdsbestämningen baserat på skördardata kan förväntas vara mycket precis (se närmare diskussion under avsnittet "Övre höjd och ståndortsindex"). Störst skillnad i precision mellan de två metoderna förekommer sannolikt vid bestämning av grundtevägd medeldiameter (D_{gv}). Standardavvikelsen för skattning av D_{gv} från skördardata var här knappt hälften av motsvarande standardavvikelse för laserscanning.

Sammantaget visar jämförelsen av precisionsmått från vår studie och från studierna av laserscanning att de två metoderna kan förväntas ge likartad precision vid bestämning av beståndsvariabler. Till denna jämförelse av de två metoderna ska adderas förhållandet att det utifrån skördardata är möjligt att skatta trädslagsfördelningen med hög precision för merparten av gallringsobjekten (Figur 18–20). Detta till skillnad från inventering med hjälp av laserscanning där precis skattning av trädslagsfördelningen i dagsläget inte är möjlig (t.ex. Barth m.fl., 2008). En precis skattning av trädslagsfördelningen är en central beståndsuppgift för att man i förlängningen ska kunna upprätta pålitliga utbytesberäkningar vid slutavverkning.

Referenser

- Agestam E. 2009. Skogsskötselserien nr 7, Gallring. Skogsstyrelsen. 83 s.
- Anon, A. Skogsdata 2013. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna. från Riksskogstaxeringen. Rapport från Inst. för skogshushållning. 162 s.
- Anon, A. 2010. Användarmanual till Ingvar – Datoriserat hjälpmedel vid gallring. 20.
- Arlinger, J. Möller, J. J. & Sondell, J. 2003. A description of pri-files. Background, structure and examples. Arbetsrapport Skogforsk 559: 12 s.
- Arlinger, J. & Möller J.J. 2006. Kvalitetssäkring av skördarnas mätning. Resultat från Skogforsk, nr 20. 4 s.
- Barth, A., Hannrup, B., Möller, J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. Arbetsrapport 666, Skogforsk: 21 s.
- Bylund, A. 2008. En analys av SCA Skog AB's metod för egenuppföljning av gallring. Examensarbete vid Inst. för skogens ekologi och skötsel. SLU Umeå. 58 s.
- Bhuiyan, N. Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2015. Automatisk gallringsuppföljning – arealberäkning och identifiering av stickvägsträd utifrån registrering av skördarnas kranvinkel. Manuskript.
- Hannrup, B. Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757, Skogforsk. 39 s.
- Lindström, F. & Olbers, A. 2009. Analys av linjetaxering i samband med gallringsinventering med avseende på kvalitet. Examensarbete vid Skogsmästarprogrammet. SLU Skinnskatteberg. 41 s.
- 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. Arbetsrapport 756 Skogforsk. 39 s.
- Naesset, E. 2007. Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia. Scandinavian Journal of Forest Research (22): 433–442.
- Näslund, B-Å. 2014. Gallring. Rapport från Skogsstyrelsen. 25 s. *Opublicerat manuskript.*
- Skogsstyrelsen 2012. Skoglig statistikproduktion.
<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Amnesomraden/Avverkning-och-virkesmatning/Avverkning-och-virkesmatning/>. *Tillgänglig 120606.*
- Stendahl, J. & Dahlin, B. 2002. Possibilities for harvester-based forest inventory in thinnings. Scandinavian Journal of Forest Research (17): 548–555.
- Ståhl, G. 1992. En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlas med subjektiva inventeringsmetoder. Institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport 24. Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 127 s.
- Thor, M. Eriksson, I. & Mattsson, S. 1996. Automatisk datainsamling i maskinen – för förarstöd och uppföljning. Resultat från Skogforsk, nr 19. 4 s.

Personlig kommunikation

Sängstuvall, L. Bergvik skog.

Beståndsuppgifter för provytorna i studien

Tabell 1.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt beståndsuppgifter för de i studien ingående provytorna. Åldersuppgifterna avser totalålder. Uppgifterna för grundytta och stamantal avser tillståndet **före** gallring. Uppgifterna för träslagsfördelning avser tillståndet **efter** gallring.

Avverkande företag	Område	Objektsnamn	Figur Id	Åtgärd	Areal (ha)	Ålder (år) Tot	ÖH (m)	SI (m)	GY (m ² /ha)	Stamantal/ha	T	G	L	C
BillerudKorsnäs	Uppland	Sirömtorp	BK1	3.e	0,7	64	20,8	T26	25,2	569	78	21	1	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Kallesbotten 1	BK2	1.a	0,9	30	15,8	T32	32,4	1852	89	3	8	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Kallesbotten 2	BK3	1.a	1,1	34	16,1	T30	32,0	1573	96	4	0	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Skyttgårdarna	BK4	1.a	1,3	48	17,4	G29	23,4	1032	33	67	0	0
BillerudKorsnäs	Uppland	N. Svalsbol	BK5	1.a	0,9	47	19,7	G29	29,0	1400	0	51	49	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Hytbol	BK6	1.a	0,9	38	14,0	G30	33,9	1917	0	52	48	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Odlingen Ö.	BK7	1.a	1,1	43	13,3	T24	25,5	1742	13	63	24	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Odlingen V.	BK8	1.a	1,4	44	14,7	G28	29,1	1833	68	16	15	0
BillerudKorsnäs	Uppland	Eilestakilen 2	BK10	1.a	1,3	37	13,6	T26	35,2	1904	92	7	2	0
Holmen	Ångermanland	Storpengsjön 1	H1	1.a	0,7	51	14,9	T23	23,5	1734	82	9	9	0
Holmen	Ångermanland	Salmekjäm 1. V.	H2	2.a	0,8	57	19,6	T26	26,6	986	98	0	2	0
Holmen	Ångermanland	Salmekjäm 2. Ö	H3	2.a	0,5	55	18,3	T25	27,2	1643	51	34	15	0
Holmen	Västerbotten	Risbäck 1. N.	H5	2.a	1,1	65	16,1	T21	19,2	807	99	1	0	0
Holmen	Västerbotten	Risbäck 2. S.	H6	2.a	1,4	64	16,2	T21	22,7	866	99	0	1	0
Holmen	Västerbotten	Daiberget 2. Norra	H7	1.a	0,7	55	13,0	G22	25,0	1881	0	84	15	0
Holmen	Västerbotten	Daiberget 3. Södra	H8	1.a	0,9	60	16,1	T22	29,3	1290	73	22	6	0
Norrskog	Jämtland	Eilasson 1	N1	1.a	1,1	68	18,6	G25	22,1	1229	49	47	5	0
Norrskog	Jämtland	Eilasson 2	N2	1.a	1,1	139	20,2	G15	30,5	1263	39	57	4	0
Norrskog	Jämtland	Larsson	N3	1.a	0,9	65	19,6	G26	34,2	1566	23	73	5	0
Norrskog	Jämtland	Åggfors 1	N4	1.a	1,1	53	17,5	G28	30,2	1275	48	44	8	0
Norrskog	Jämtland	Åggfors 2	N5	1.a	1,0	61	19,4	T28	31,6	1424	56	38	6	0
SCA	Norbotten	Båstbacken V. 1	SC1	1.a	1,0	42	14,6	T26	24,7	1464	69	30	1	0
SCA	Norbotten	Båstbacken Ö.	SC2	1.a	1,1	41	17,9	T29	28,9	1655	58	41	1	0
SCA	Norbotten	Båstbacken Ö. Cont.	SC3	1.a	1,0	-	-	-	23,7	1702	0	20	0	80
SCA	Norbotten	Båstbacken V. 2	SC4	1.a	1,1	-	-	-	19,7	1678	0	24	0	76
SCA	Norbotten	Brännträsk	SC5	1.a	0,9	52	14,1	T22	20,6	1626	57	40	3	0
SCA	Ångermanland	Sjöström	SC6	1.a	1,1	35	14,9	G32	27,5	1667	8	91	2	0
SCA	Ångermanland	Stortannsjön	SC7	1.a	1,2	33	14,7	C15	24,1	1649	0	11	0	88
SCA	Ångermanland	Majaån	SC8	1.a	1,2	54	17,9	T25	26,4	1254	83	17	0	0
SCA	Ångermanland	Sandjärn	SC9	1.a	1,4	52	13,1	G24	24,2	1574	16	84	0	0

Fortsättning på tabell:

Tabell 1.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt beståndsuppgifter för de i studien ingående provytorna. Åldersuppgifterna avser totalålder. Uppgifterna för grundytta och stamantal avser tillståndet *före* gallning. Uppgifterna för träslagsfördelning avser tillståndet *efter* gallning.

Avverkande företag	Område	Objektsnamn	Figur id	Åtgärd	Areal (ha)	Ålder (år) Tot	ÖH (m)	SI (m)	GY (m ² /ha)	Stamantal/ha	T	G	L	C
Skogsällskapet	Småland	Skruv	SK1	1:a	0,7	34	14,0	T28	19,6	1834	85	8	7	0
Skogsällskapet	Småland	Lessebo	SK2	1:a	0,6	31	14,0	T29	22,6	1960	70	20	10	0
Skogsällskapet	Småland	Årybruk	SK3	1:a	0,5	30	15,5	G35	22,5	2145	2	97	1	0
Skogsällskapet	Småland	Sunesson	SK4	2:a	0,7	44	21,5	G34	28,6	986	36	52	12	0
Skogsällskapet	Småland	Grönkeboda	SK5	2:a	0,9	42	19,8	G33	27,0	1023	0	97	2	0
Stora Enso	Värmland	Munkhult	SE1	1:a	0,3	44	13,8	G27	27,5	2345	25	72	3	0
Stora Enso	Värmland	Gräsberget 2	SE2	1:a	1,2	41	15,3	T27	22,6	2038	99	0	0	0
Stora Enso	Värmland	Gräsberget 3	SE3	1:a	0,9	40	17,2	T29	38,1	2356	60	35	4	0
Stora Enso	Hälsingland	Bellåsen 1	SE5	1:a	1,2	45	15,2	G28	27,3	1938	25	71	3	0
Stora Enso	Hälsingland	Bellåsen 2	SE6	1:a	1,1	40	19,1	B23	36,5	2051	16	36	48	0
Sveaskog	Västerbotten	Skogforsk 1	SV1	1:a	1,2	56	15,8	T23	17,5	873	97	0	3	0
Sveaskog	Västerbotten	Skogforsk 2	SV2	1:a	1,0	55	15,3	T22	25,7	1426	94	0	6	0
Sveaskog	Västerbotten	Skogforsk 3	SV3	1:a	1,2	49	14,3	T23	23,5	1584	95	1	5	0
Sveaskog	Västerbotten	Viterfiden 1	SV4	1:a	0,8	48	16,0	T25	20,3	1200	53	3	44	0
Sveaskog	Västerbotten	Viterfiden 2	SV5	1:a	0,8	70	16,0	T20	24,3	1166	69	28	3	0
Sveaskog	Dalarna	Byrstuvägen 1	SV6	1:a	0,7	52	18,0	T26	29,4	1321	99	1	0	0
Sveaskog	Dalarna	Byrstuvägen 2	SV7	1:a	0,7	53	18,3	G29	24,2	1203	57	43	0	0
Sveaskog	Dalarna	Byrstuvägen 3	SV8	1:a	0,7	38	15,2	T27	22,2	1726	98	2	0	0
Sveaskog	Dalarna	Byrstuvägen 4	SV9	1:a	0,7	51	18,1	T26	27,1	1345	70	27	3	0
Sveaskog	Dalarna	Byrstuvägen 5	SV10	1:a	0,5	38	16,1	T28	27,1	1573	87	11	2	0
Sveaskog	Östergötland	Tjällmo 2	SV11	1:a	1,1	34	15,1	T29	28,7	2377	58	38	4	0
Sveaskog	Östergötland	Tjällmo 1	SV12	1:a	0,9	34	13,8	T28	25,3	2440	62	14	4	0
Södra	Småland	Attsjö 498	SÖ1	1:a	0,4	45	18,7	G31	28,7	1471	16	83	2	0
Södra	Småland	Attsjö 612	SÖ2	2:a	1,0	49	19,4	T28	22,9	709	96	3	1	0
Södra	Småland	Attsjö 489	SÖ3	1:a	0,5	53	20,9	G31	31,4	1718	6	94	0	0
Södra	Småland	Danielsson	SÖ4	1:a	0,9	29	14,1	G34	20,7	1900	19	72	10	0
Södra	Småland	Yxkullisund 1	SÖ5	2:a	0,8	35	18,2	G34	25,4	1304	0	95	5	0
Södra	Småland	Yxkullisund 2	SÖ6	2:a	0,5	37	19,0	G34	32,9	1340	0	100	0	0
Södra	Småland	Vittaryd	SÖ7	1:a	1,2	28	15,4	G36	29,8	1502	0	100	0	0
Södra	Småland	Markaryd	SÖ8	1:a	1,3	34	15,2	G32	27,4	2298	13	81	6	0

Bilaga 2

Förteckning över de skördare som användes i datainsamlingen

Företag/Skördarid	Område	Basmaskin	Skördaraggregat	Apteringsdator
Bergvik 1 gpx108-SDCGPX 5195	Uppland/ Österbybruk	JD 1170E	H412	Timbermatic 1.16.11
Bergvik 2 gpx108-SDCGPX 3965	Uppland/ Knutby	Komatsu 911.4	Komatsu 350	MaxiXplorer3.0.3.18746
Holmen_T gpx103- Sdcgpx 6085	Västerbotten/ Umeå, Komatsu testmaskin	Komatsu 911.5	3.0.X.20179D	MaxiXplorer 3.0.X.20179D
Holmen 2 gpx103-sdcgpx4693	Ångermanland/ Bredbyn	JD 1070E	H754	TimbermaticH1.16.11
Norrskog gpx4832-SDCgpx0532	Jämtland/ Östersund	JD 1070-D	H745	Timbermatic,CDM2.9
SCA 1 SDCGPX2688	Norr-/ Västerbotten	JD 1070E	H412	TimbermaticH1.1.11
SCA 2 SDCGPX2602	Ångermanland	JD 1070E	H754	TimbermaticH1.15.11
Skogssällskapet gpx114- sdcgpx5447	Småland/ Växjö	Rottne H11	SP 451 LF Flerträd	d5Bucking1.4.4-Rottne
Stora Enso 1 ¹⁾	Hälsingland/ Bollnäs	Komatsu 911.5	Komatsu 340	MaxiXplorer 3.0.10.20587
Stora Enso 2 ¹⁾	Värmland/ Torsby	EcoLog 560D	LogMax 5000D	CabsWin1.8.3-1.34AP
Sveaskog 1 gpx106-sdcgpx5668	Dalarna/ Hedemora	Ecolog 560	Log Max 5000 (HH500) Flerträd	CabsWin1.8.3-1.34DP
Sveaskog 2 gpx111-sdcgpx0435	Västerbotten/ Malå	Ecolog 560	Log Max 5000 Flerträd	CabsWin1.8.3-1.5
Södra 1 gpx110-sdcgpx 4567	Småland/ Åseda	JD 1170E	H412 Flerträd	TimbermaticH1.16.11
Södra 2 gpx110-sdcgpx 3901	Småland/ Vislanda	Komatsu 901.4	Komatsu 350, Flerträd	MaxiXplorer3.0.3.18746

¹⁾ Dessa skördare skickar inte data via SDC och har därför inte något GPX nummer.

Företagsvis gallringsuppföljning

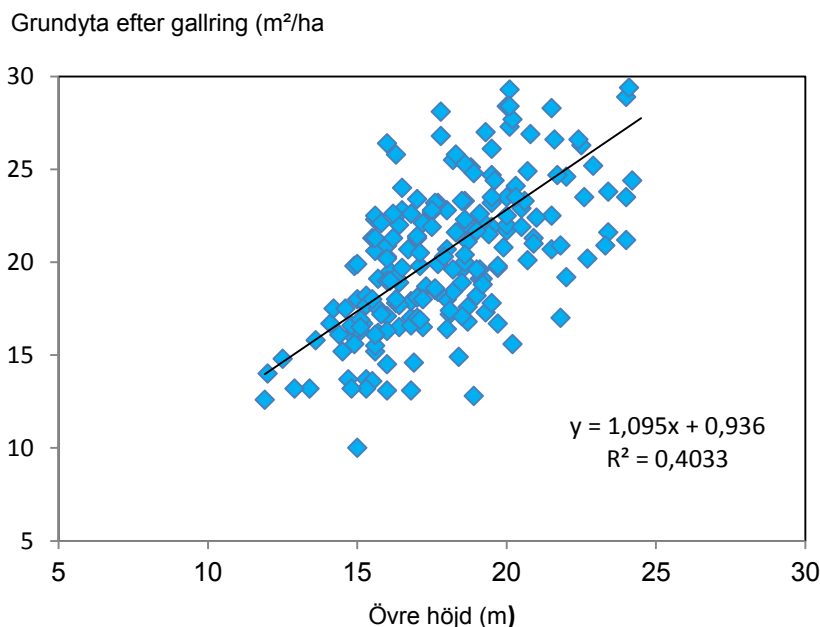
I Tabell 1 visas genomsnittlig gallringskvot och gallringsstyrka utifrån de medverkande företagens egna gallringsuppföljningar. Baserat på uppföljningarna togs defaultvärden fram och dessa användes som startvärde i algoritmen för beräkning av beståndsvariabler. Som startvärde för gallringsstyrkan och gallringskvoten användes 30 % respektive 0,82.

Tabell 1.

Åtgärd (1:a eller 2:a gallring), antal bestånd samt medelvärden för gallringskvot och gallringsstyrka för tall- och grandominerade bestånd utifrån gallringsuppföljningar från Bergvik, Södra, Sveaskog och Holmen.

Företag	Talldominerade bestånd			Grandominerade bestånd			
	Åtgärd	N	Kvot	Styrka, (%)	N	Kvot	Styrka, (%)
Bergvik	1:a	44	0,86	30,2	16	0,87	28,1
Holmen	1:a	75	0,80	29,7	12	0,80	31,6
Holmen	2:a	46	0,80	25,2	7	0,81	29,1
Sveaskog	1:a	116	0,71	31,8	38	0,68	33,5
Södra	1:a	30	0,75	31,0	63	0,74	27,7
Södra	2:a	19	0,76	24,4	35	0,7	25,0

I algoritmen för beräkning av beståndsvariabler efter gallring används sambandet mellan övre höjd och grundytan efter gallring som en styrparameter. I Figur 1 illustreras detta samband för 201 granbestånd där data hämtats från gallringsuppföljningar på Bergvik, Holmen, SCA, Sveaskog och Södra.



Figur 1.

Sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring för 201 granbestånd utifrån företagsvisa gallringsuppföljningar.

Ett antagande inför studien var att sambandet skulle skilja sig åt mellan trädslag och företag. En statistisk analys av regressionsparametrarna (intercept och lutning) visade att det fanns statistiskt säkerställda skillnader mellan trädslagen men att skillnader mellan företag inom trädslag inte var statistiskt säkerställda. I algoritmen för beräkning av beståndsvariabler efter gallring användes därför separata regressioner för trädslagen men dessa var gemensamma för samtliga företag. De använda regressionsuttrycken redovisas i Tabell 2.

Tabell 2.

Redovisning av de trädslagsvisa funktioner som användes för att beräkna grundyteintervall efter gallring med övre höjd som ingångsvariabel baserat på företagsvis gallringsstatistik.

Trädslag	Regressionskvation ¹⁾
Tall	$GY = 4,604 + 0,796 \times \text{ÖH}$
Gran	$GY = 0,936 + 1,095 \times \text{ÖH}$

¹⁾ Enheterna för grundytan efter gallring (GY) och övre höjd (ÖH) är m²/ha respektive meter.

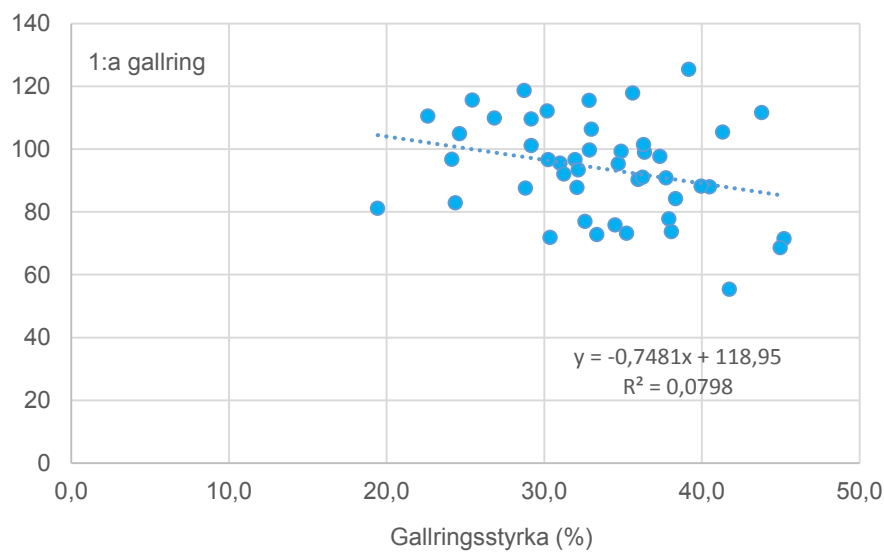
I algoritmen för beräkning av beståndsvariabler efter gallring används sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring för att avgränsa intervall inom vilka grundytan efter gallring tillåts variera. I studien användes ett intervall på 2,5 m² runt regressionslinjerna redovisade i Tabell 2.

Bilaga 4

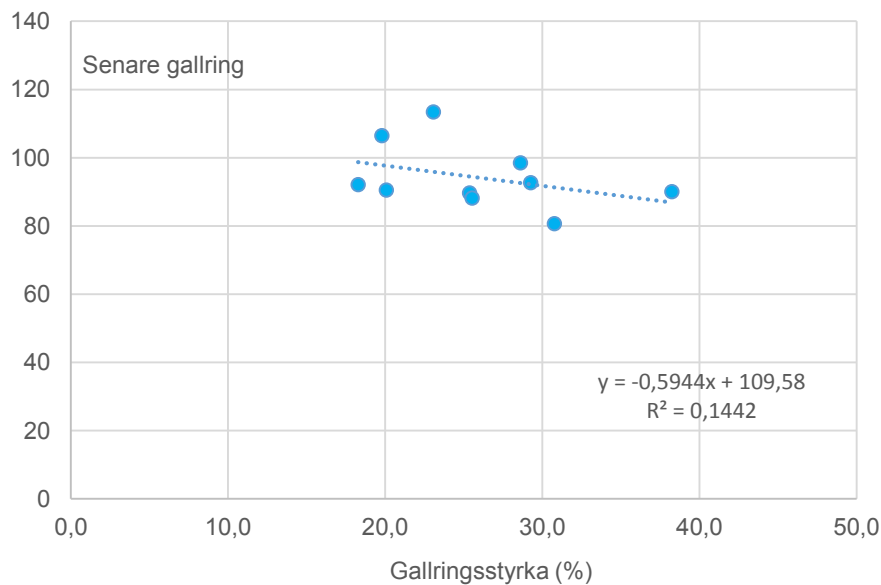
GRUNDYTA EFTER GALLRING

Nedan redovisas figurer över sambanden mellan relativ grundyta efter gallring och gallringsstyrkan, respektive grundytan före gallring, uppdelat på första-gallringar och senare gallringar. Den relativa grundyta var uttryckt som referensmätt grundyta efter gallring på provytorna i förhållande till grundyta efter gallring enligt nedre begränsningslinjen i gallringsmallarna för aktuell övre höjd och ståndortsindex.

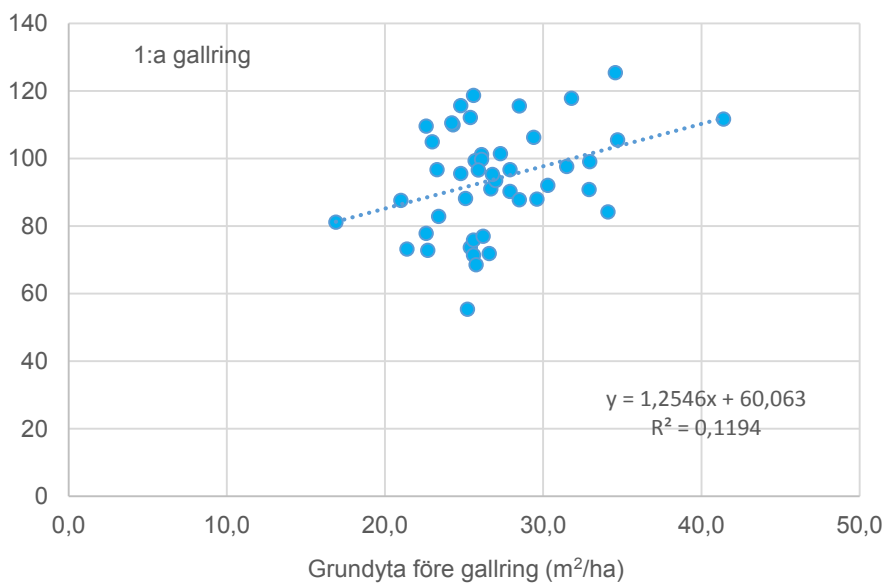
Andel av grundyta enligt nedre gräns i gallringsmallar



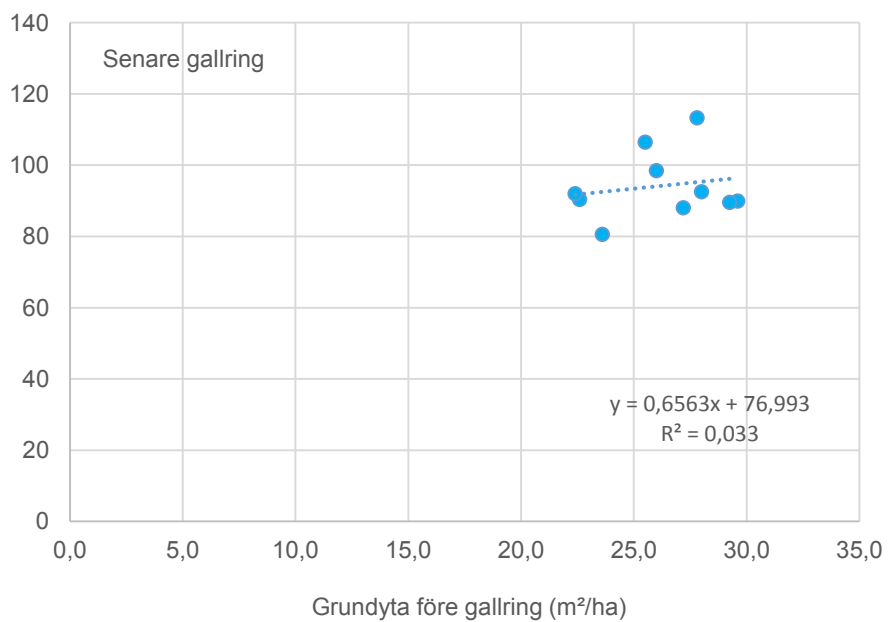
Andel av grundyta enligt nedre gräns i gallringsmallar



Andel av grunddyta enligt nedre gräns i gallringsmallar



Andel av grunddyta enligt nedre gräns i gallringsmallar



Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2014

2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010–2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensåll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Iwarsson-Wide, M. Grönlund, Ö. 2014. Lastindikatorer och lastbärrvågar. 15 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporter av skogsflis.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden.
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden.
- Nr 831 Widingshoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST-vehicles. 21 s.
- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. 8 s.
- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.

- Nr 834 Sonesson, J., Berg, S., Eliasson, L., Jacobson, S., Widenfalk, O., Wilhelmsson, L., Wallgren, M. & Lindhagen, A. SLU. Konsekvensanalyser av skogsbrukssystem. – Täta förband i tallungskogar. 105 s.
- Nr 835 Eliasson, L. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg-CBI6400.
- Nr 836 Johansson, F., Grönlund, Ö., von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
- Nr 837 Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
- Nr 838 Skutin, S.-G. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning.
- Nr 839 Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. s. 8.
- Nr 840 Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag.
- Nr 841 Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. s. 20.
- Nr 842 Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Projektrapport. Genotyp – Miljösamspel hos tall i norra Sverige. – Projektnummer 133. 12 s.
- Nr 843 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige – kunskapsläge och material. 55 s.
- Nr 844 Hofsten von, H., Nordström, M. & Hannrup, B. 2014. Kvarlämnade stubbar efter stubbskörd. – Stumps left in the ground after stump harvest 15 s.
- Nr 845 Pettersson, F. 2014. Röjnings- och gallringsförbandets samt gödslingsregimens (ogödslat/gödslat) effekter i tallskog på skogsproduktion och ekonomi. 69 s.
- Nr 846 Pettersson, F. 2014. Behovet av borttillsförel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. 32 s.
- Nr 847 Johannesson, T. 2014. Grövre bränsle en omöjlig uppgift? 13 s.
- Nr 848 Johannesson, T. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning Biomass Harvest and Drying Education Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. 13 s.
- Nr 849 Jönsson, P., Eliasson, L. & Björheden, R. 2014. Location barter may reduce forest fuel transportation cost. Destinerings- och lägesbyten för att effektivisera transportererna av skogsflis. s. 10.
- Nr 850 Englund, M., Häggström, C., Lundin, G. & Adolfsson, N. 2014. Information, struktur och beslut, – en studie av arbetet i gallringsskördare och skördetröska.
- Nr 851 Berlin, M., Ericsson, T. & Andersson-Gull, B. 2014. 57 s.
- Nr 852 Jansson, G. & Berlin, M. 2014. Genetiska korrelationer mellan tillväxt- och kvalitetsegenskaper – Genetic correlations between growth and quality traits. 26 s.
- Nr 853 Hofsten von, H. 2014. Utvärdering av TL-GROT AB's stubbaggregat. 10 s. – Evaluation of the TL-GROT AB stump harvest. 10 s.
- Nr 854 Iwarsson Wide, M., Nordström, M. & Backlund, B. 2014. Nya produkter från skogsråvara-En översikt av läget 2014. – New products from wood raw material-Status report 2014. 62 s.
- Nr 855 Willén, E. & Fridh, L. 2014. Mobilt mätsystem för insamling av träd- och beståndsdata. – Mobile measurement system for collecting tree and stand data. 33 s.

År 2015

- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av träddelar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning.

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. 857–2014



www.skogforsk.se