

ARBETSRAPPORT



FRÅN SKOGFORSK NR 757 2011

Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem

Evaluation of a system for calculation and feedback of harvester based information to forestry planning systems

Björn Hannrup, Nazmul Bhuiyan & Johan J. Möller

Ämnesord: Beståndsvariabler, gallringsuppföljning, StanForD.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftens 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.

Förord

Denna rapport är utarbetad inom ramen för projektet ” Effektivare informationsåterföring baserat på skördardata”. Projektet har finansierats av medel från Stiftelsen Skogssällskapet tillsammans med medel från Skogforsks ramanslag och har syftat till att ta fram ett system för att beräkna och presentera värdeskapande information till skogsägare baserat på skördardata. Avrapporteringen från projektet består av två delar: en separat systembeskrivning (Möller m.fl., 2011) samt den föreliggande rapporten där resultat från utvärderingen av det i projektet framtagna systemet presenteras.

Projektet har varit organiserat med styrgrupp och projektgrupp. Styrgruppen har bestått av representanter från Skogssällskapet Förvaltning AB: Ingemar Eriksson, Magnus Juntikka, Staffan Mattsson och Sverker Johansson (inledande delen av projektet). Projektgruppen bestod av Ingemar Gillgren, Bergvik Skog AB samt Hans Andersson, Erik Dahl, Geir Eriksen och Staffan Mattsson samtliga Skogssällskapet Förvaltning AB. Gruppen har fungerat som operativt bollplank under projektiden och utarbetade inledningsvis en kravspecifikation som varit vägledande vid framtagningen av systemet för återföring av information till skogsägare baserat på skördardata.

En mycket viktig del av projektet har varit insamlingen av skördardata, vilket skett i nära samarbete med skördarförare. För skördarna i Västergötland och Södermanland koordinerades insamlingen av Hans Andersson och Geir Eriksen medan Lars Ohlin Korsnäs Skog AB koordinerade insamlingen från skördarna i Uppland.

En central komponent vid beräkningen av information som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring är utnyttjande av statistikuppgifter från utförda gallringar. Åke Granqvist, Bergvik Skog AB och Magnus Lindén, Södra Skogsägarna ek. för., har här bidragit med värdefulla uppgifter från företagens gallringsuppföljningar.

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

Ett stort tack till samtliga som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2011

Johan J Möller (Projektledare)

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning	3
Inledning	5
Syfte och avgränsningar	5
Material och metoder	6
Geografisk avgränsning av studiematerialet	6
Produktionsfiler från skördare	9
Manuella referensmätningar på gallringsobjekten	10
Manuella referensmätningar på slutavverkningsobjekten	10
Beskrivande variabler beräknade utifrån skördarnas produktionsfiler	10
Algoritm för arealberäkning	11
Principiell uppbyggnad av algoritm för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring	13
Resultat och diskussion	14
Arealberäkning	14
Styrparametrar – gallringsstyrka, gallringskvot och sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring	21
Variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring	24
Grundyta	25
Volym	26
Grundtytvägd diameter i brösthöjd	27
Trädslagsfördelning	29
Stamantal	32
Övre höjd och ståndortsindex	33
Övergripande diskussion	35
Utvecklingsmöjligheter	36
Slutsatser	38
Utvecklingsbehov	38
Referenser	39
Bilaga 1 Detaljerad redovisning och analys av avvikelser mellan areal beräknad utifrån skördardata respektive manuell mätning	41
Bilaga 2 Nyckeltal som beskriver kvarvarande bestånd efter åtgärd	67
Bilaga 3 Nyckeltal för kvarvarande bestånd manuellt mätt och prognostiserat med skördardata	69

Sammanfattning

Vid avverkning med skördare genereras data över stockdimensioner, trädslags- och kvalitetsuppgifter samt geografisk positionsinformation. Dessa data har huvudsakligen använts för produktionsrapportering och styrning av virkesflödet. Men skördardata skulle också kunna användas för att generera information som beskriver det *kvarvarande* beståndet efter gallring respektive slutavverkning. Inom ramen för projektet ”Effektivare informationsåterföring” har Skogforsk nyligen utarbetat ett förslag på ett system för återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem (Möller m.fl., 2011). Den här avrapporterade studien syftade till att utvärdera de centrala komponenterna i detta system.

Indata i systemet utgörs av skördarnas mätningar av enskilda träd. Utifrån dessa data beräknas arealuppgifter och beståndsvariabler som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring till exempel grundyta, volym, trädslagsfördelning och ståndortsindex. Samtliga variabler beräknas direkt eller indirekt med hjälp av två nyutvecklade algoritmer – för arealuppgifter respektive beståndsvariabler – vilka implementerats i ett prototypprogram. Algoritmen för beräkning av beståndsvariabler har ett iterativt arbetssätt där skördarinformationen om uttaget utnyttjas i kombination med tre styrparametrar framtagna utifrån företagsvisa gallringsuppföljningar. De tre styrparametrar är gallringsstyrka, gallringskvot och sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring.

För utvärdering samlades skördardata in från totalt 16 gallrings- och 9 slutavverkningsobjekt i Västergötland, Södermanland och Uppland. I dessa objekt gjordes manuella referensmätningar och för 12 av de 16 gallringsobjekten klavades samtliga kvarvarande stammar efter gallring. Sju av de 12 gallringsobjekten var förstagallring, fyra var andragallringar och ett objekt en tredje-gallring. Variationsvidden för totalålder, ståndortsindex och grundyta före gallring i de 12 gallringsobjekten var 42–68 år, T24–G35 och 15–43 m²/ha. Utvärdering skedde genom jämförelse mellan areal och beståndsvariabler beräknade från skördardata och motsvarande uppgifter inhämtade från manuell referensmätning.

Resultaten från jämförelsen mellan åtgärdad areal beräknad från skördardata och areal från manuell referensmätning skiljde sig åt mellan de större och de mindre objekten. För de större objekten var det hög överensstämmelse mellan de två metoderna med ett försumbart systematiskt fel och en standardavvikelse på 3,4 procent för arealavvikelsen mellan de två metoderna. För de mindre objekten noterades systematiska avvikelser vilka kunde vara betydande. En objektsvis analys avslöjade att dessa avvikelser företrädesvis orsakades av kanteffekter från algoritmen för arealberäkning. En simulering utifrån en delmängd av det insamlade datamaterialet visade att det vore möjligt att erhålla en mycket noggrann arealbestämning oberoende av arealstorlek ifall GPS-positionen för enskilda träd också kunde inkluderas i skördarnas produktionsfiler. Detta till skillnad från i dag då enbart positionen för skördarnas uppställningsplatser registreras.

För beståndsvariablerna grundyta, volym, grundytvägd brösthöjdsdiameter, stamantal, övre höjd och ståndortsindex var det små systematiska avvikelser då de beräknade värdena från skördardata jämfördes med motsvarande värden från den manuella referensmätningen. De systematiska avvikelser som noterades bedömdes som möjliga att kalibrera bort vid en eventuell vidareutveckling av det föreslagna systemet. För grundyta och volym var standardavvikelse cirka 12 procent för avvikelserna mellan beräknade och manuellt uppmätta värden. Motsvarande standardavvikelse för grundytvägd brösthöjdsdiameter, övre höjd och ståndortsindex var cirka 5 procent. Den variabel som var svårast att skatta med skördardata var stamantalet efter gallring och här var standardavvikelsen högre (21 procent).

Den precision som noterades för de skördarbaserade skattningarna av de ovan redovisade beståndsvariablerna ligger i nivå med den precision som noterats för inventering med hjälp av laserscanning och den så kallade arealmetoden (Naesset, 2007). Därtill visar vår studie att trädslagssammansättning i det kvarvarande beståndet kan beräknas med en hög precision utifrån skördardata. Sammanfattningsvis indikerar våra resultat att det utvärderade systemet har potential att bidra med mycket värdefull information som kan användas för flera tillämpningar inom skogsbruket. Automatiserad gallringsuppföljning och uppdatering av beståndsregister är två sådana exempel.

Avslutningsvis bör det framhållas att våra resultat är baserade på ett begränsat datamaterial och det vore därför angeläget att det föreslagna systemet utvärderas på ett material av mer rikstäckande karaktär. En systematisk insamling av ett sådant material skulle också ge möjligheter att testa och implementera en del av de förslag på förbättringsmöjligheter av systemet som redovisas i den här avrapporterade studien.

Inledning

Vid avverkning med skördare genereras data över stockdimensioner, trädslags- och kvalitetsuppgifter samt geografisk positionsinformation i de fall skördarna är utrustade med GPS. Registrering och lagring av dessa data följer den skogliga informationsstandard för skogsmaskiner (StanForD) och dessa data har huvudsakligen använts för produktionsrapportering och styrning av virkesflödet. Men skördardata kan också användas för att generera information som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring respektive slutavverkning (Thor m.fl. 1996; Stendahl & Dahlin 2002). Att systematiskt återföra sådan information till skogliga register och planeringssystem har potential att öka kvaliteten på registeruppgifterna samt minska kostnaderna för datainsamling och planering av återväxtåtgärder.

Skördardata har vanligen lagrats och använts som aggregerade data per objekt och sortiment. I nyare skördare finns dock möjligheten att lagra information om enskilda träd. Information om de enskilda träden och deras position har möjliggjort utveckling av nya användningsområden för skördardata t.ex. som kartstöd vid rundvirkeskotning där skotarföraren får information om avverkade sortiment och kvantiteter inom olika delområden av ett objekt (John Deere, 2010). Vidare har den trädvisa informationen använts för att förfinas styrningen av virkesflödet (SDC, 2010) samt för att utveckla ett system för positionsbestämning och prognos av avverkade kvantiteter skogsbränsle (Möller m.fl., 2009; Hannrup m.fl., 2009).

Inom ramen för projektet ”Effektivare informationsåterföring baserat på skördardata” har Skogforsk nyligen tagit fram ett förslag på system för återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem (Möller m.fl., 2011). Systemet har ännu inte utvärderats. Speciellt angeläget är det att utvärdera två nyutvecklade algoritmer; för arealbestämning respektive för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring. Att utvärdera med vilken precision algoritmerna kan förutsäga areal respektive beståndsuppgifter är nödvändigt för att kunna bedöma den praktiska användbarheten av ett sådant system.

Syfte och avgränsningar

Det övergripande syftet med den här avrapporterade projektdelen har varit att utvärdera det föreslagna systemet för återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Projektdelen har haft följande projektmål:

- Att utvärdera den framtagna algoritmen för arealberäkning genom att jämföra objektsareal från manuell referensmätning med motsvarande areal beräknad utifrån skördardata.
- Att utvärdera algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring genom att jämföra beståndsp parametrar från manuell referensmätning med motsvarande beståndsp parametrar beräknade utifrån skördardata. De parametrar som ska utvärderas är grundyta, grundytavägd diameter, trädslagsfördelning, stamantal, övre höjd samt ståndortsindex.

Ett värdefullt hjälpmedel vid utvärderingen utgörs av det prototypprogram som tagits fram i projektet (Möller m.fl., 2011). Med programmet möjliggörs automatisk inläsning och filtrering av skördardata, arealberäkning, beräkning av beståndsparametrar samt presentation, visualisering och export av resultat.

En komplett utvärdering av det föreslagna systemet skulle kräva ett stort material av rikstäckande karaktär. Materialet i studien är avgränsat till tre geografiskt skilda områden i södra delen av landet. Vår studie kan därför betraktas som ett första steg i en eventuell fullständig utvärdering och ett tillfälle att utarbeta och testa utvärderingsmetodik. Visar sig dock resultaten lovande är det logiskt att utvidga materialet till fler områden i landet.

Material och metoder

GEOGRAFISK AVGRÄNSNING AV STUDIEMATERIALET

För att utvärdera systemet för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem användes två huvudsakliga datakällor:

1. Produktionsfiler från skördare insamlade från gallrings- respektive slutavverkningsobjekt.
2. Manuella referensmätningar i samma objekt.

Datainsamling skedde från totalt 16 gallringsobjekt och 9 slutavverkningsobjekt belägna inom tre områden (Figur 1). Inom två av områdena samlades data från fastigheter förvaltade av Skogssällskapet; Remningstorp i Västergötland respektive Selesjö i Södermanland. I det tredje området samlades data från Bergvik Skogs markinnehav som förvaltas av Korsnäs Skog. En förteckning över de studerade objektens lägen, arealer samt beståndsuppgifter finns redovisade i Tabell 1 och 2.



Figur 1.
Karta över de tre områden inom vilka data samlades in för studien.

Gallrings- och slutavverkningsobjekten som ingick i studien valdes ut för att representera normala objekt inom de i studien ingående skördarnas verksamhetsområden. Vid urvalet av gallringsobjekt togs viss hänsyn till objektens yttre avgränsning (bäckar, vägar etc.) och framför allt i Remningstorp valdes företrädesvis objekt som var relativt små och hade en tydlig yttre avgränsning. På Bergviks Skogs mark var gallringsobjekten större och för att arbetsinsatsen vid den manuella referensmätningen skulle vara rimlig avgränsades minde delområden med snitselband. För dessa delområden sparades separata produktionsfiler från skördarna.

Tabell 1.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt beståndsuppgifter för de i studien ingående gallringsobjekten. Grundyta per hektar avser objektens grundyta före gallring. Objekt markerade med kursiv stil användes enbart för uppföljning av areal och för dessa gjordes inga manuella referensmätningar utöver arealsregistrering.

Avverkande Företag	Område	Objektsid	Figur-id	Åtgärd	Area (ha)	Ålder (år)	SI (m)	T	G	L	ÖH (m)	GY/ha (m ² /ha)
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432	GV1	1:a	0,96	42	G35	0	9	1	22,0	39,8
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_1	GV2	1:a	0,59	41	G33	0	9	1	19,2	32,0
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_2	GV3	1:a	0,62	44	G36	0	8	2	23,8	37,6
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4631	GV4	2:a	0,58	47	G33	0	10	0	21,6	35,2
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4695	GV5	3:e	0,44	68	G32	0	10	0	27,0	42,7
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 5096	GV6	2:a	0,86	46	G34	0	10	0	23,0	37,3
<i>Skogssällskapet</i>	V-götland	<i>Remningstorp 4430</i>	<i>GV7</i>		2,23							
<i>Skogssällskapet</i>	V-götland	<i>Remningstorp 4433</i>	<i>GV8</i>		2,02							
<i>Skogssällskapet</i>	V-götland	<i>Remningstorp 4631_1</i>	<i>GV9</i>		2,45							
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_1	GU1	1:a	0,90	38	T28	7	2	1	17,4	26,6
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_2	GU2	1:a	0,91	37	T26	8	1	1	15,4	23,1
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_3	GU3	2:a	0,96	60	T28	8	2	0	22,3	27,7
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_4	GU4	1:a	1,56	42	G30	5	5	0	15,5	21,3
Korsnäs	Uppland	Aslygruvan 155426	GU5	1:a	1,35	49	T24	10	0	0	15,6	15,4
Korsnäs	Uppland	Brännfallet 155366	GU6	2:a	0,91	48	T31	8	2	0	21,9	31,0
<i>Korsnäs</i>	<i>Uppland</i>	<i>Brännfallet 155366_1</i>	<i>GU7</i>		13,74							

Tabell 2.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt areal för de i studien ingående slutavverkningsobjekten.

Avverkande företag	Område	Objektsid	Figur-id	Area (ha)
Skogssällskapet	Södermanland	Selesjö mosse	SS1	13,25
Skogssällskapet	Södermanland	Selesjö krokvägen	SS2	5,61
Korsnäs	Uppland	Askmyrvägen 110802	SU1	3,45
Korsnäs	Uppland	Klotvreten 113460	SU2	10,24
Korsnäs	Uppland	Bro 115952	SU3	11,79
Korsnäs	Uppland	Norrbyvägen_1 116839_1	SU4	12,21
Korsnäs	Uppland	Norrbyvägen_2 116839_2	SU5	4,34
Korsnäs	Uppland	Norrbyvägen_3 116839_3	SU6	2,12
Korsnäs	Uppland	Kakeläng 116805	SU7	5,33

PRODUKTIONSfiler FRÅN SKÖRDARE

I studien samlades produktionsfiler från två slutavverkningskördare och två gallringsskördare (Tabell 3). De produktionsfiler som samlades var så kallade pri-filer vilka bl.a. innehåller trädvis information om geografisk position, trädslag, brösthöjdsdiameter samt uppgifter över de ingående stockarnas dimensioner och kvaliteter (se Arlinger m.fl., 2003 för en beskrivning av informationsinnehållet i pri-filer). Innan datainsamlingen inleddes gjordes följande kontroller/installationer på maskinerna:

- Maskinernas mätning av diameter och längd följdes upp enligt den metodik som används i kvalitetssäkringssystemet för skördarnas mätning av längd och diameter. Speciellt fokus låg på förekomsten av eventuella systematiska avvikelser i gallringsskördarnas dimensionsmätning. Detta eftersom sådana mätfel skulle kunna påverka beräknade nyckeltal som beskriver de kvarvarande bestånden efter gallring.
- För skördarna från EcoLog installerades programvara i form av en virtuell splitter så att skördarnas apteringsdatorer 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 skördarens kart-program och av apteringsdatorn.

Tabell 3.

Förteckning över de skördare som användes för datainsamling i studien.

Område	Avverkningsform	Bas-maskin	Aggregat	Apteringsdator
Västergötland	Gallring	Eco Log 570C	LogMax 5000	Dasa 4
Uppland	Gallring	Eco Log 560B	Log Max 4000 B	Dasa 4
Uppland	Slutavv.	John Deere 1270E	H480	Timbermatic H09-1.12.7
Södermanland	Slutavv.	John Deere 1470	H480	Timbermatic 300

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

MANUELLA REFERENSMÄTNINGAR PÅ GALLRINGSOBJEKTEN

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

- Koordinaterna för objektets yttergränser registrerades med GPS.
- För delområden inom objekt som inte avverkats registrerades koordinaterna för delområdenas yttergränser med GPS.
- Övre höjd och trädålder i brösthöjd mättes på två träd per provyta på tre provytor (radie 10 m) per objekt. Koordinaterna för centrum av provytorna registrerades.
- För samtliga träd registrerades trädslag och brösthöjdsdiameter (totalklavning).
- På 10 utslumpade cirkelprovytor med radien 5,64 m räknades antalet stammar per trädslag.

På cirkelprovytorna mättes stubbhöjden för samtliga gallringsstubbar.

MANUELLA REFERENSMÄTNINGAR PÅ SLUTAVVERKNINGSOBJEKTEN

På två av slutavverkningsobjekten mättes övre höjd och trädålder i brösthöjd. Mätningarna gjordes på två träd per provyta på tre provytor (radie 10 m) per objekt. Koordinaterna för centrum av provytorna registrerades.

Efter avverkning gjordes följande objektsvisa registreringar på samtliga slutavverkningsobjekt:

- Koordinaterna för objektets yttergränser registrerades med GPS.
- För delområden inom objekt som inte avverkats registrerades koordinaterna för delområdenas yttergränser med GPS.

BESKRIVANDE VARIABLER BERÄKNADE UTIFRÅN SKÖRDARNAS PRODUKTIONSfiler

Utifrån informationen i skördarnas produktionsfiler beräknades ett antal variabler, nedan benämnda nyckeltal, som beskriver det kvarvarande beståndet efter åtgärd (se förteckning över nyckeltal i Bilaga 2). Att utarbeta metodik för beräkning av dessa nyckeltal har varit en väsentlig del av projektet och de valda lösningförslagen finns utförligt redovisade i en separat rapport tillsammans med en övergripande systembeskrivning (Möller m.fl., 2011). Merparten av de redovisade nyckeltalen beräknades direkt eller indirekt via två beräkningsalgoritmer vilka kan sägas utgöra beräkningsystemets ”motorer”. Nedan beskrivs den principiella uppbyggnaden av dessa två algoritmer.

Algoritm för arealberäkning

För beräkning av objektets areal utvecklades en algoritm som utnyttjade koordinaterna i produktionsfilerna (Möller m.fl., 2011). I dagens skördare är GPS-mottagaren normalt monterad på förarhytten, vilket innebär att det är koordinaterna för skördarens uppställningsplats som registreras då respektive träd avverkas. Trädets verkliga position (exklusive eventuella mätfel från GPS-systemet) kan därmed avvika från det registrerade med upp till ett maximalt avstånd motsvarande kranens räckvidd (cirka 12 meter).

Algoritmen för arealberäkning byggde på fyra delsteg:

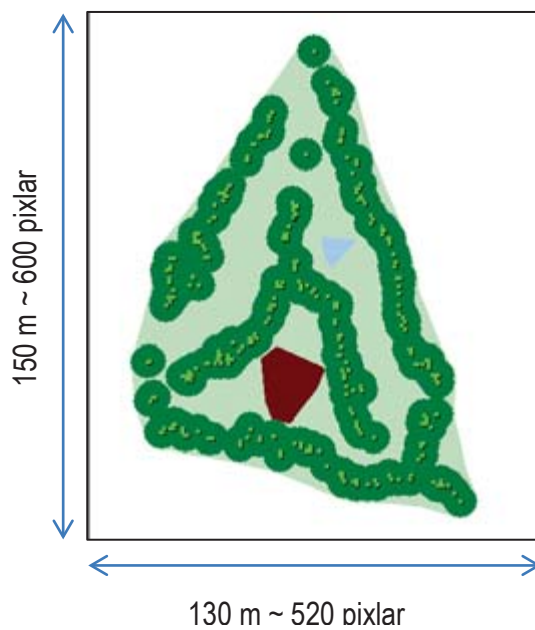
1. För att i algoritmen fånga förhållandet att träden i verkligheten är positionerade inom skördarens arbetsområde runt de registrerade uppställningsplatserna lades buffertzoner i form av cirklar med 5 meters radie ut runt positionerna för skördarens uppställningsplatser. Lösningen med cirkelformade buffertzoner valdes efter omfattande prövning där alternativ form och storlek på buffertzonen testats. Buffertzonerna kan sägas representera skördarens ”genomsnittliga” arbetsområde. Det är dock uppenbart att storleken på denna arbetsyta varierar t.ex. i närhet av objektsgränser. Detta kan komma att orsaka systematiska fel vid skattningen av areal och att kvantifiera storleken på sådana eventuella skattningsfel var därför en viktig del av projektets utvärderingsdel.
2. Mellan avverkningspositioner med ett inbördes avstånd som understeg 24 meter drogs rektangulära band med bredden 10 meter. Arealen som täcks av de rektangulära banden motsvarar arealen mellan stickvägarna.
3. Efter att de två första delstegen genomförts kan håligheter inom objektet kvarstå (Figur 2). Arealen för dessa delar kan med hjälp av användaren delas upp i *i*) areal som inte ingår i objektet, *ii*) behandlad areal där avverkning skett men som inte fångats av algoritmen för arealberäkning *iii*) areal som inte behandlats av naturvårdsskäl samt *iv*) impediment.

Med behandlad areal avses areal som borde höra till avverkad areal men som inte har fångats av algoritmen för arealberäkning till exempel då ett parti av ett gallringsobjekt varit så glest att inga träd avverkats och därmed inga koordinater för uppställningsplatser finns registrerade.

4. Då objektet blivit indelat i de olika arealtyperna beräknades arealerna i en stegvis process där objektet inledningsvis lades på en rektangulär yta med känd area (Figur 3). Arealerna för de olika arealtyperna i objektet bestämdes därefter genom att programmet först räknade andelen pixlar för respektive arealtyp i förhållande till rektangelns totala pixelantal och sedan omvandlade andelen pixlar till areal genom kändedom om förhållandet mellan rektangelns totala pixelantal och area.



Figur 2.
 Figur hämtad från prototypprogrammet och som illustrerar delstegen i algoritmen för arealberäkning. Ljust gröna små cirklar symboliserar koordinaterna för skördarnas uppställningsplatser vilka registrerats i pri-filen. De mörkt gröna cirkarna motsvarar buffertzonerna d.v.s. de cirklar med fem meters radie som i algoritmens första steg läggs runt positionerna för skördarnas uppställningsplatser. Den ljusa gröna färgen symboliserar de band som i algoritmens andra steg knyter samman uppställningsplatser med ett inbördes avstånd som inte överstiger 24 meter. Blå områden utgör behandlad areal där avverkning skett men som inte fångats av algoritmen för arealberäkning. Röda och gula områden är områden som avgränsats av algoritmen för arealberäkning men manuellt klassificerats som impediment respektive områden som inte avverkats av naturvårdsskäl.



Figur 3.
 Illustration av hur arealen definieras som en andel av en rektangulär yta med känd area.

Principiell uppbyggnad av algoritm för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring

Vid gallring avverkas vanligtvis mellan 20 och 60 procent av träden per bestånd, vilket innebär att det i skördarnas produktionsfiler finns detaljerad information om en väsentlig andel av det totala antalet stammar. Att till fullo utnyttja denna informationsmängd var en utgångspunkt vid utformningen av algoritmen för beräkning av variabler som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring. Som ingångsdata i algoritmen användes huvudsakligen de avverkade stammarnas diameterfördelning (i brösthöjd) nedbrutet per trädslag.

Som en andra utgångspunkt vid utformningen av algoritmen antog vi att man inom företag eller region utför gallringarna på ett likartat sätt. I studien utnyttjades statistikuppgifter från gallringsundersökningar av Bergvik Skog och Södra Skog i vilka ett stort antal gallringar förekommer. De uppgifter vi utnyttjade var medelvärden för gallringsstyrka och gallringskvot i olika beståndstyper. Därutöver utnyttjade vi information om hur grundytan efter gallring varierar med övre höjden i beståndet. Den senare informationen är mycket verkningsfull, dels eftersom sambandet mellan de två variablerna är starkt och dels eftersom övre höjden kan bestämmas med hög precision utifrån skördardata.

Statistikuppgifterna över gallringsstyrka, gallringskvot och samband mellan grundyta efter gallring och övre höjd användes som styrdata i algoritmen och med utgångspunkt i uttagets diameterfördelning söktes i en iterativ process ett gallringsscenario som var sannolikt utifrån de tre styrparametrarna. De tre styrparametrarna tilläts variera inom givna intervall och i iterationerna söktes en sannolik lösning genom att utseendet på den klassvisa uttagskurvan varierades. För en fullständig beskrivning av uppbyggnaden av algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring, se Möller m.fl., 2011.

Resultatet från den framtagna algoritmen är en skattning av hur grundytan och stamantalet för kvarvarande stammar efter gallring är fördelat i olika diameterklasser. Denna diameterfördelning användes direkt eller indirekt för att beräkna nyckeltal som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring.

I syfte att belysa effekterna av styrparametrarna på beräkningsresultatet utfördes beräkningar med två varianter av algoritmen. Dels den kompletta algoritmen (Skördarprognos 1) som beskrivits ovan med de tre styrparametrarna gallringsstyrka, gallringskvot och sambandet mellan grundyta – övre höjd inkluderade. Dels en reducerad variant (Skördarprognos 2) där enbart gallringsstyrkan och gallringskvoten användes som styrparametrar och gallringsstyrkan låsts till ett snävt intervall. I resultatdelen redovisas beståndsparametrar beräknade utifrån båda dessa varianter av algoritmen.

För variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring gjordes en direkt jämförelse mellan måtten från manuell referensmätning och motsvarande mått beräknade utifrån skördardata. Detta gällde samtliga variabler förutom kvarvarande volym efter gallring för vilken ingen direkt manuell referensmätning gjordes. För att möjliggöra en rättvis jämförelse användes därför följande metodik vid utvärderingen av denna variabel.

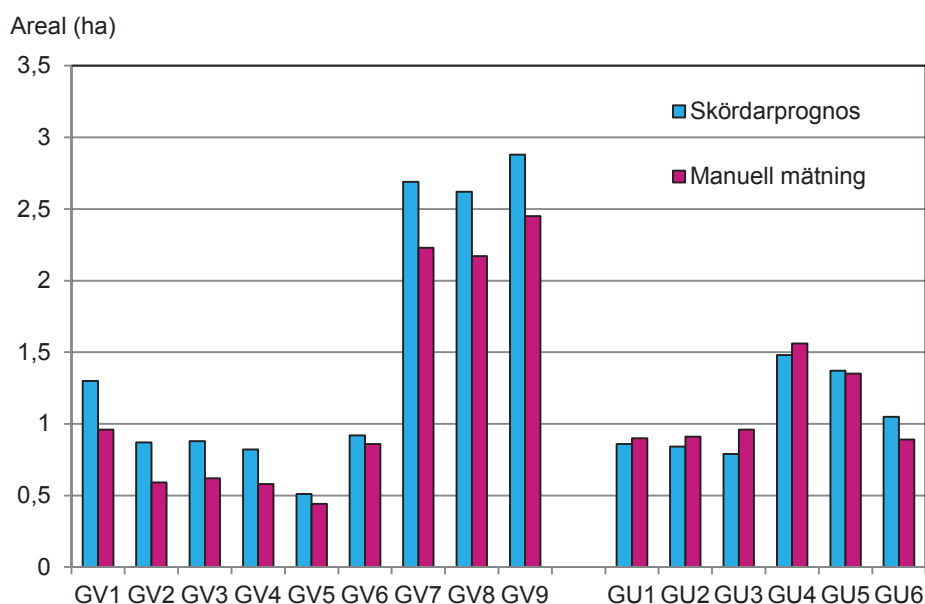
1. Utifrån skördarnas produktionsdata beräknades den trädvisa volymen per diameterklass.
2. Dessa volymsuppgifter per DBH-klass används sedan såväl vid beräkningen av det kvarvarande objektets volym utifrån skördardata som vid beräkningen av det kvarvarande beståndets volym utifrån manuell referensmätning. På detta sätt undveks eventuella stamformsdifferenser vid utvärderingen.

Resultat och diskussion

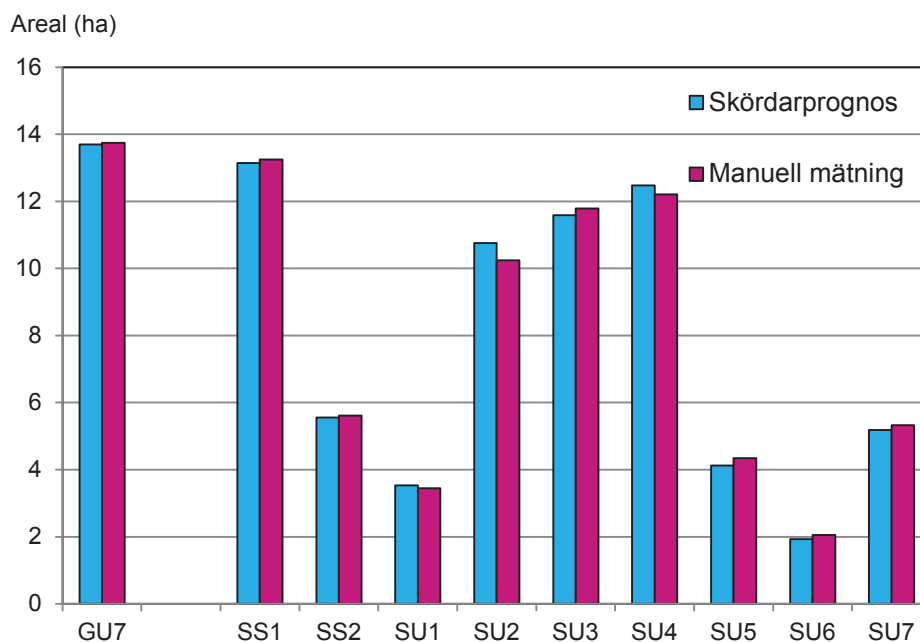
AREALBERÄKNING

I Figur 4 och 5 visas en jämförelse mellan total objektsareal beräknad från skördardata respektive manuell referensmätning för de i studien ingående gallrings- och slutavverkningsobjekten. Utifrån resultatet av jämförelsen kan de studerade objekten delas in i tre grupper:

1. Gallringsobjekten i Västergötland.
2. De mindre gallringsobjekten i Uppland.
3. Det större gallringsobjektet i Uppland samt slutavverkningsobjekten.



Figur 4. Jämförelse mellan total objektsareal beräknad från skördardata och från manuell referensmätning för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV9) och Uppland (GU1–GU6).



Figur 5. Jämförelse mellan total objektsareal beräknad från skördardata och från manuell referensmätning för det större gallringsobjektet i Uppland (GU7) och för slutavverkningsobjekten i Södermanland (SS1–SS2) och Uppland (SU1–SU2).

För gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV9) överskattades arealen genomgående då den beräknades utifrån skördardata. Sett till objektens storlek var överskattningen kraftig och uppgick i medeltal till 28 procent (Tabell 4, Figur 4). För de mindre gallringsobjekten i Uppland (GU1–GU6) var mönstret närmast det omvända med en viss trend till att arealen underskattades då den beräknades utifrån skördardata. I genomsnitt var underskattningen dock marginell och uppgick till 3 procent (Tabell 4, Figur 4). För de större gallringsobjekten (GU7) och slutavverkningsobjekten (SS1–SS2 samt SU1–SU7) fanns ingen tendens till över- eller underskattning av arealen utifrån skördardata. I genomsnitt uppgick avvikelserna gentemot areal från manuell referensmätning till 0,8 procent för dessa objekt (Tabell 4).

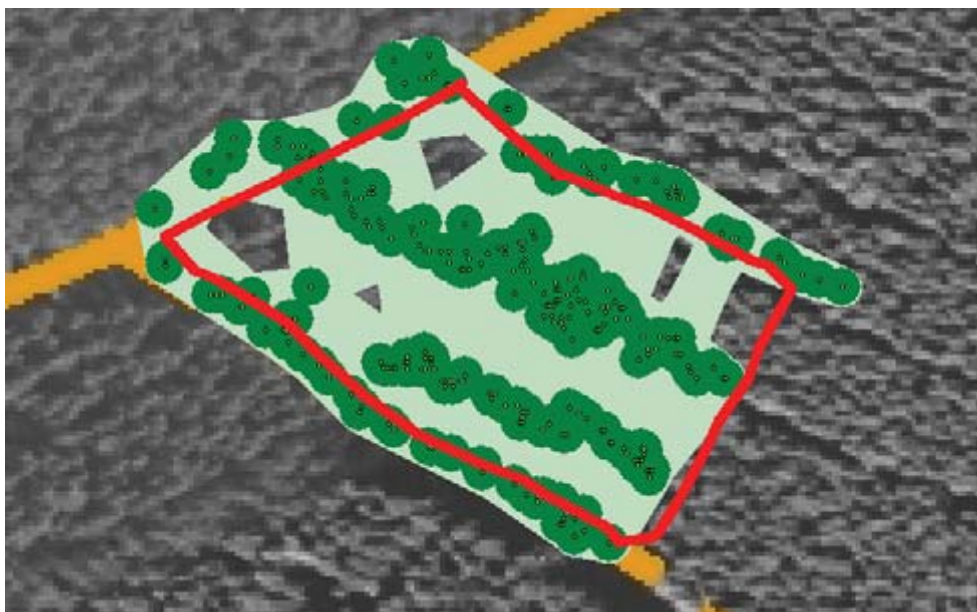
Spridningen vid arealskattningen, uttryckt som standardavvikelsen för avvikelserna mellan areal beräknad från skördardata respektive manuell referensmätning, var likartad (0,15 respektive 0,11 ha) för de två grupperna av gallringsobjekt (Tabell 4). För gruppen av slutavverkningsobjekt var spridningen något högre i absoluta tal (0,23 ha) men betydligt lägre i relativa tal då arealen för slutavverkningsobjekten var betydligt större (Tabell 4).

Tabell 4.

Genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelserna mellan areal beräknad utifrån manuell referensmätning och areal beräknad utifrån skördardata. Avvikelse anges i mått skala (ha) samt i procentskala och beräknades som manuellt beräknad areal minus areal beräknad från skördardata.

Grupp av objekt	Genomsnittlig avvikelse		Standardavvikelse	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Gallringsobjekt Västergötland (GV1–GV9)	-0,29	-27,6	0,15	14,2
Gallringsobjekt Uppland (GU1–GU6)	0,03	2,6	0,11	11,8
Slutavverkningsobjekt Södermanland (SS1–SS2), Uppland (SU1–SU7), gallringsobjekt Uppland GU7	0,003	0,8	0,23	3,4

I syfte att klargöra vad som orsakar avvikelser mellan areal beräknad från skördardata respektive manuell referensmätning gjordes en detaljerad analys av varje objekt. För detta ändamål utarbetades ett datorprogram som möjliggjorde att objektsytan som genereras av den framtagna algoritmen för arealberäkning utifrån skördardata kunde överlagras av objektets ytterkontur utifrån den manuella referensmätningen med handburen GPS, se exempel på kartbild i Figur 6. Kartbilder för samtliga objekt med dessa två skikt inkluderade finns redovisade i Bilaga 1.



Figur 6.
Exempel på kartbild som användes för att analysera avvikelser mellan areal beräknad utifrån skördardata respektive manuell referensmätning. Röd linje motsvarar objektets yttre avgränsning utifrån manuell referensmätning medan de gröna nyanserna motsvarar den yta som genererats av algoritmen för arealberäkning utifrån skördardata, se vidare Bilaga 1. Observera att skalan är låg, cirka 1: 1000, det vill säga en avvikelse på 1 cm i kartbilden motsvarar 10 meters avvikelse i verkligheten.

För gallringsobjekten i Västergötland och Uppland identifierade den detaljerade objektsvisa analysen två huvudsakliga orsaker till de observerade avvikelserna mellan areal beräknad från skördardata respektive manuell referensmätning:

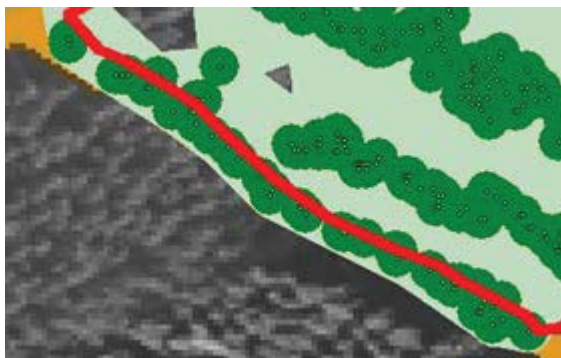
1. *Kanteffekter från algoritmen för arealberäkning.* Beroende på hur skördaren hade kört i förhållande till objektets ytterkant kunde kanteffekter generera såväl över- som underskattning av arealen.
2. *Det slumpvisa mätfelet i positionsbestämningen med GPS utrustningen i kombination med algoritmen för arealberäkning.* Detta genererade konsekvent en överskattning av arealen.

Nedan diskuteras dessa orsaker och hur de påverkar arealskattningarna för gallringsobjekten i Västergötland och Uppland.

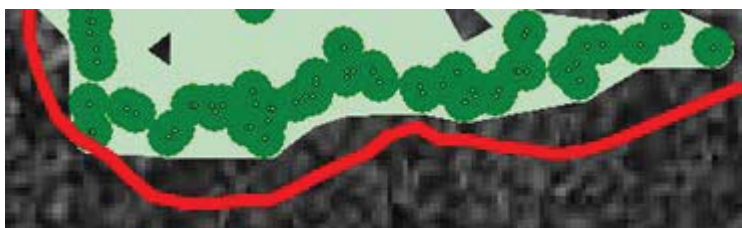
Kanteffekter från arealberäkningsalgoritmen. Med algoritmen för arealberäkning läggs buffertzoner i form av cirklar med fem meters radie ut runt de registrerade positionerna för skördarnas uppställningsplatser. Den valda lösningen med cirkelformade buffertzoner valdes för att generera en yta som efterliknar skördarens ”genomsnittliga” arbetsbredd kring uppställningsplatsen. Detta är en

förenkling av verkligheten som beroende på objektets avgränsning genererar såväl över- som underskattningar av objektsarealen (Bilaga 1).

Då skördaren kört längs objektets ytterkant och enbart avverkat träd inåt i objektet genereras en överskattning av arealen eftersom buffertzoner felaktigt kommer att läggas ut över den verkliga objektsgränsen, se exempel i Figur 7. Det motsatta inträffar då skördaren kört inne i objektet och avverkat inom kranens fulla räckvidd ut mot objektets yttergräns, se exempel i Figur 8. Underskattningen uppkommer eftersom ytan inom vilken kranen når är större än ytan som uppkommer från de cirkelformade buffertzoner.



Figur 7.
Del av objekt som illustrerar den *överskattning* av arealen som uppkommer med algoritmen för arealberäkning då skördaren kört i objektets yttergräns. Vid den manuella referensmätningen med handburen GPS har objektet avgränsats korrekt vid vägen. Skördaren har kört längs vägen och algoritmen för arealberäkning har lagt ut cirkelformade buffertzoner vilka sträcker sig över vägen och något in i angränsande objekt. Överskattningen av arealen för denna del av objektet uppgår till cirka halva arealen för buffertzonen.

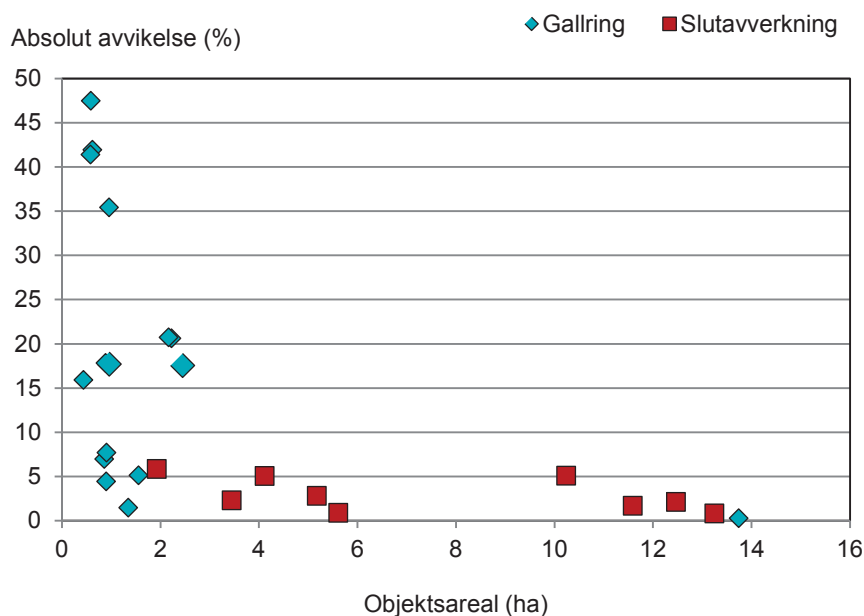


Figur 8.
Del av objekt som illustrerar den *underskattning* av arealen som uppkommer med algoritmen för arealberäkning då skördaren kört inne i objektet parallellt med yttergränsen. Vid den manuella referensmätningen med handburen GPS har objektet avgränsats vid ett dike mellan två stickvägar. Underskattningen av arealen för denna del av objektet uppgår till mellanskillnaden mellan utsträckningen av buffertzonen och området för kranens maximala räckvidd.

På grund av kanteffekter från algoritmen för arealberäkning kommer det objektsvisa felet vid arealbestämning med skördardata att vara starkt beroende av hur objektet är avgränsat. I Västergötland var objekten företrädesvis avgränsade med väg, hygge eller dike det vill säga skördaren körde oftast i objektets yttergräns (Bilaga 1). I Uppland var gallringsobjekten ofta avgränsade mellan stickvägar det vill säga skördaren körde parallellt med yttergränsen inne i objektet (Bilaga 1). Att objekten inom de två områdena var avgränsade på dessa sätt ser vi som den primära förklaringen till den konsekventa överskattning respektive tendens till underskattning av arealen som noterades för gallringsobjekten i Västergötland respektive Uppland.

Inverkan av arealbestämningsfel orsakade av kanteffekter kan antas avta med ökande objektsstorlek. Större objekt bör ha en högre sannolikhet att ha sådana sammansättningar av objektsavgränsningar där algoritmen för arealberäkning genererar såväl över- som underskattningar av arealen. Men också eftersom kanteffekter vid arealbestämningen av geometriska skäl får en relativt lägre på-

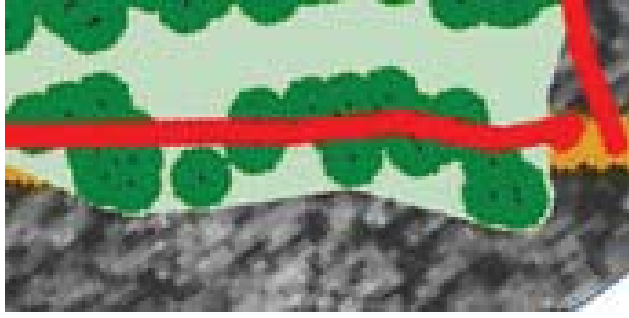
verkan för större objekt. Dessa antaganden stöds av våra data där den genomsnittliga avvikelsen för det större gallringsobjektet och slutavverkningsobjekten var nära noll samt att spridningen vid arealbestämningen med skördardata för denna grupp av objekt i relativa tal var betydligt lägre än för de två grupperna med gallringsobjekt (Tabell 4, Figur 9).



Figur 9. Absolut avvikelse i procentskala mellan areal beräknad från skördardata respektive manuell referensmätning för de i studien ingående gallrings- och slutavverkningsobjekten.

Det slumpvisa mätfelet vid positionsbestämningen med GPS utrustningen i kombination med algoritmen för arealberäkning.

Positionsbestämningarna med GPS utrustningen av skördarens uppställningsplatser är behäftade med ett mätfel. I vår studie har vi antagit att detta mätfel är slumpmässigt fördelat i alla riktningar. Detta innebär till exempel att i situationer då skördaren kört exakt i objektsgränsen så kommer en del av positionerna för uppställningsplatserna i själva verket att registreras på ömse sidor om den verkliga objektsgränsen. I algoritmen för arealberäkning knyts uppställningsplatser med ett inbördes avstånd under 24 meter samman (oavsett riktning). Eftersom uppställningsplatserna ligger nära varande tenderar uppställningsplatser som av slumpskäl är registrerade utanför den verkliga objektsgränsen att knyts samman, se exempel i Figur 10. Effekten blir en överskattning av arealen.

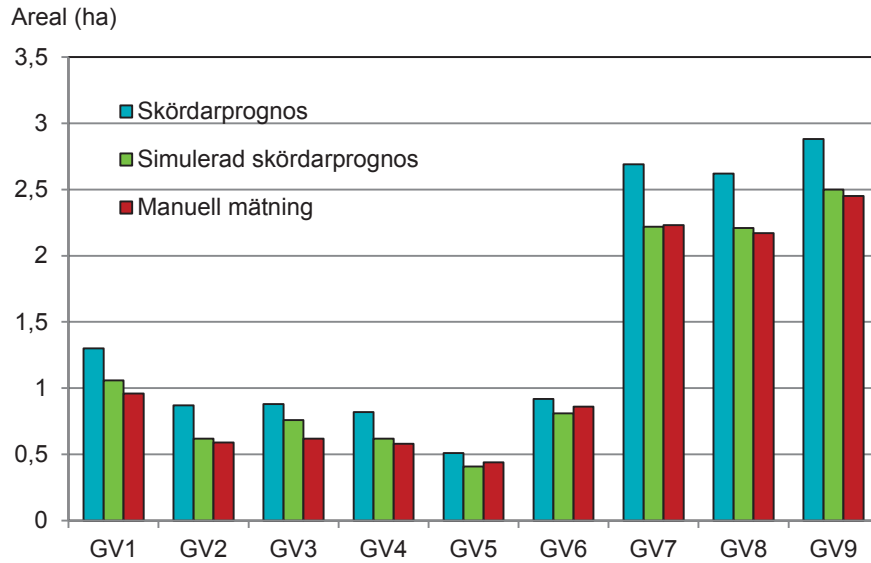


Figur 10.
Del av objekt som illustrerar den *överskattning* av arealen som orsakas av det slumpvisa mätfelet vid positionsbestämning med GPS utrustningen i kombination med algoritmen för arealberäkning. Uppställningsplatser som felaktigt registrerats ligga utanför den verkliga objektgränsen tenderar att knytas samman av algoritmen för arealberäkning, vilket leder till en överskattning av arealen.

I dagens skördare sparas enbart positionerna för uppställningsplatserna i produktionsfilerna. Utifrån de ovanstående diskuterade orsakerna till avvikelser mellan areal beräknad från skördardata respektive manuell referensmätning är det uppenbart att detta är en begränsning för att kunna åstadkomma en mycket noggrann arealbestämning. Framför allt gäller detta mindre objekt. Skulle även positionen för de avverkade träden sparas i produktionsfilerna skulle möjligheterna till noggrann arealbestämning med skördardata utökas. Kommersiellt tillgänglig teknik för att med hjälp av sensorer i de olika krandelarna kunna registrera positionen för kranpetsen i förhållande till basmaskinen har nyligen presenterats (Anon, 2011). I kombination med GPS monterat på basmaskinen förefaller ett sådant system lovande för att medge en registrering av position för de enskilda träden.

I syfte att kvantifiera en del av den förbättring av arealberäkningen med skördardata som skulle vara möjlig att åstadkomma ifall informationen i produktionsfilerna utökades genomfördes en simulering för gallringsobjekten i Västergötland. Simuleringen baserades på antagandet att produktionsfilerna innehöll information om kranens position relativt basmaskinen d.v.s. det vore möjligt att skilja ut fall då skördaren kört längs objektets yttergräns och enbart avverkat inåt i objektet. Därigenom skulle objektets yttergräns i dessa fall kunna dras längs skördarens uppställningsplatser. Ett datorprogram utarbetades där denna funktionalitet byggdes in och ny arealberäkning utfördes.

Resultat av simuleringen presenteras i Figur 11. I jämförelse med arealberäkningen från de ursprungliga skördardata visade arealberäkningen från de simulerade data högre överensstämmelse med arealberäkningen från den manuella referensmätningen. Den genomsnittliga avvikelsen var reducerad till $-0,03$ ha ($-4,0\%$) och standardavvikelsen till $0,06$ ha ($8,9\%$).



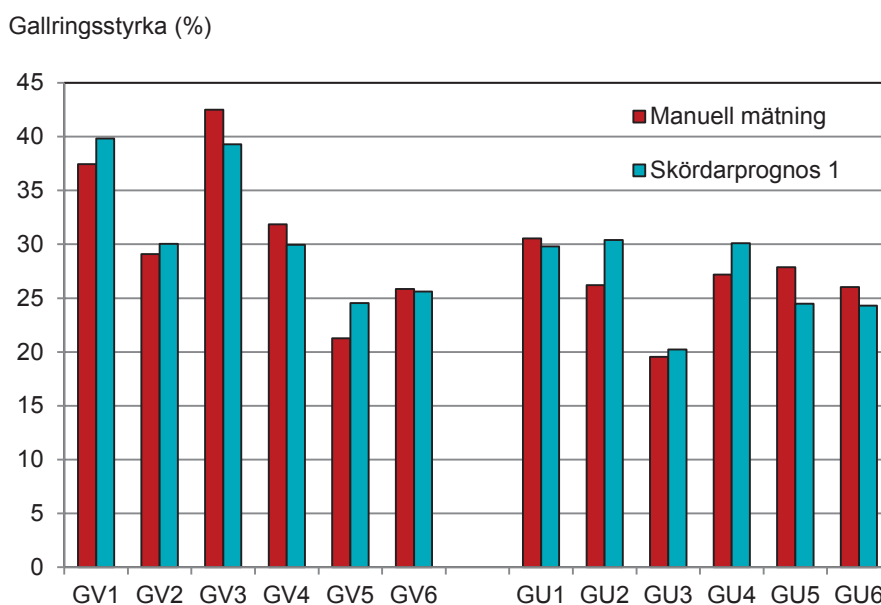
Figur 11. Jämförelse mellan total objektsareal beräknad från skördardata och från manuell referensmätning för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV9). För areal beräknad från skördardata användes dels ursprungliga skördardata (skördarprognos) och dels ett simulerat alternativ där skördardata antogs innehålla information om kranens position relativt basmaskinen.

Vilket fel i arealbestämningen skulle man då kunna förvänta sig att få ifall metodiken för arealbestämning utifrån skördardata användes i praktisk drift? Denna fråga kan inte fullt ut besvaras av vår studie, därtill är materialet för begränsat och för de mindre objekten troligtvis också påverkat av den objektsavgräsning som utfördes. Men, de befintliga data indikerar dock att fränsett de mindre objekten så är det möjligt att nå en hög noggrannhet vid arealbestämningen utifrån skördardata och för gruppen av större objekt var det systematiska felet nära noll (0,8 %) med en standardavvikelse på 0,2 ha (Tabell 4). Det är dock angeläget att ytterligare data samlas in, framför allt från gallringsobjekt av varierande storlek.

Våra data visar också att en väsentlig förbättring av arealskattningen med skördardata skulle vara möjlig att nå ifall skördarna kunde registrera information om positionerna för de avverkade träden. Detta gäller framför allt de mindre objekten och denna tilläggsinformation är troligtvis nödvändig att inhämta för att metodiken med arealbestämning utifrån skördardata ska vara praktiskt användbar för mindre objekt.

STYRPARAMETRAR – GALLRINGSSTYRKA, GALLRINGSKVOT OCH SAMBANDET MELLAN ÖVRE HÖJD OCH GRUNDYTA EFTER GALLRING

Bland de tolv gallringsobjekten varierade den manuellt uppmätta gallringsstyrkan, uttryckt som grundytan i uttaget i relation till grundytan före gallring, mellan 19 och 42 procent. Sju av gallringsobjekten var 1:a gallringar och dessa hade högre gallringsstyrka än de övriga objekten vilka utgjordes av 4 stycken 2:a gallringar och en 3:e gallring (Tabell 5). Objekten i Västergötland hade generellt högre gallringsstyrka än objekten i Uppland, vilket återspeglar den högre grundytan före gallring i den förra gruppen av gallringsobjekt (Figur 12).



Figur 12. Jämförelse mellan gallringsstyrka från manuell referensmätning och gallringsstyrka beräknad från skördardata för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6). Gallringsstyrkan var uttryckt som grundytan i uttaget i relation till grundytan före gallring.

Den beräknade gallringsstyrkan utifrån skördardata visade en hög överensstämmelse med gallringsstyrkan från den manuella referensmätningen (Figur 12). För gallringsobjekten i Västergötland var gallringsstyrkan i genomsnitt 31,3 procent enligt den manuella uppföljningen och 31,5 procent enligt skördarprognos 1. För objekten i Uppland var gallringsstyrkan 26,2 procent enligt den manuella uppföljningen och 26,6 procent enligt skördarprognos 1. Gallringsstyrkan utgjorde en av de tre styrparametrarna i algoritmen för beräkning av variabler som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring och i den kompletta algoritmen tilläts gallringsstyrkan variera mellan 20 och 40 procent d.v.s. det intervall som omfattar den absoluta majoriteten av gallringarna enligt Södra och Bergviks gallringsuppföljningar. I beräkningarna ”utnyttjades” hela detta intervall (Figur 12).

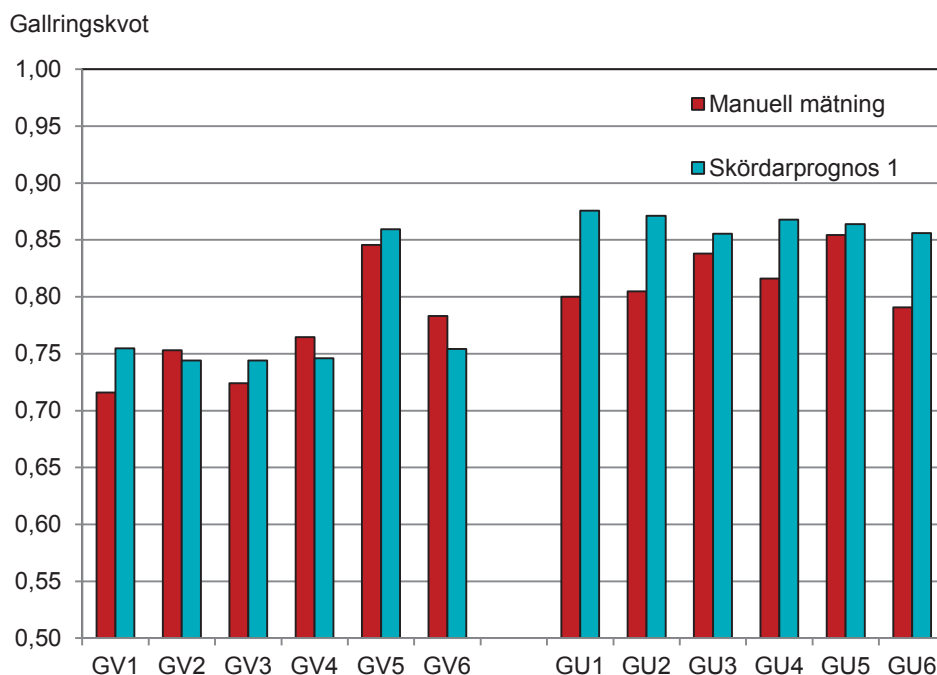
Tabell 5.

Gallringsstyrka för samtliga objekt samt uppdelat på 1:a gallring (7 stycken) respektive senare gallring (5 stycken). Gallringsstyrkan var uttryckt som grundytan i uttaget i relation till grundytan före gallring.

	Medel	1a gallring	2a gallring
Manuell mätning	28,8	31,5	24,9
Skördarprognos 1	29,0	32,0	24,9

Gallringskvoten, uttryckt som grundytavägd brösthöjdsdiameter i uttaget genom grundytavägd brösthöjdsdiameter efter gallring, utgör den andra av de tre styrparametrarna i algoritmen för beräkning av kvarvarande bestånd efter gallring. För gallringsobjekten i Västergötland var överrensstämningen god mellan gallringskvot beräknad utifrån skördardata och gallringskvot utifrån manuell referensmätning (Figur 13). Medeltalet för gallringskvoten för dessa objekt var 0,76 för den manuella referensmätningen medan motsvarande medeltal för gallringskvoten beräknad från skördardata var 0,77. För objekten i Uppland fanns en tendens till att de beräknade gallringskvoterna från skördardata (medeltal=0,86) systematiskt överskattade den faktiska gallringskvoten (medeltal för manuella mätningarna = 0,82).

I algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring används ett startvärde för gallringskvoten. Värdet kan anges inom ett tillåtet intervall som sträcker sig mellan 0,7 och 1,1. I vår studie användes startvärden baserade på gallringsuppföljningar utförda av Södra och Bergvik och för objekten i Västergötland och Uppland användes värdena 0,75 respektive 0,85 (Möller m.fl. 2011, Bilaga 2). Som algoritmen i nuvarande utförande är konstruerad kan den beräknade gallringskvoten för flertalet objekt förväntas hamna mycket nära startvärdet. Detta styrks av våra resultat (Figur 13) där den beräknade gallringskvoten för 5 av de sex objekten i Västergötland hamnade i intervallet 0,73 – 0,77 och för samtliga objekt i Uppland hamnade i intervallet 0,86 – 0,88. Den systematiska överskattning av den beräknade gallringskvoten för objekten i Uppland orsakas alltså av den kombinerade effekten av att den faktiska gallringskvoten var lägre än det angivna startvärdet och att utfallsrymden för algoritmen i sitt nuvarande utförande är alltför ”begränsad” i förhållande till angivet startvärde.

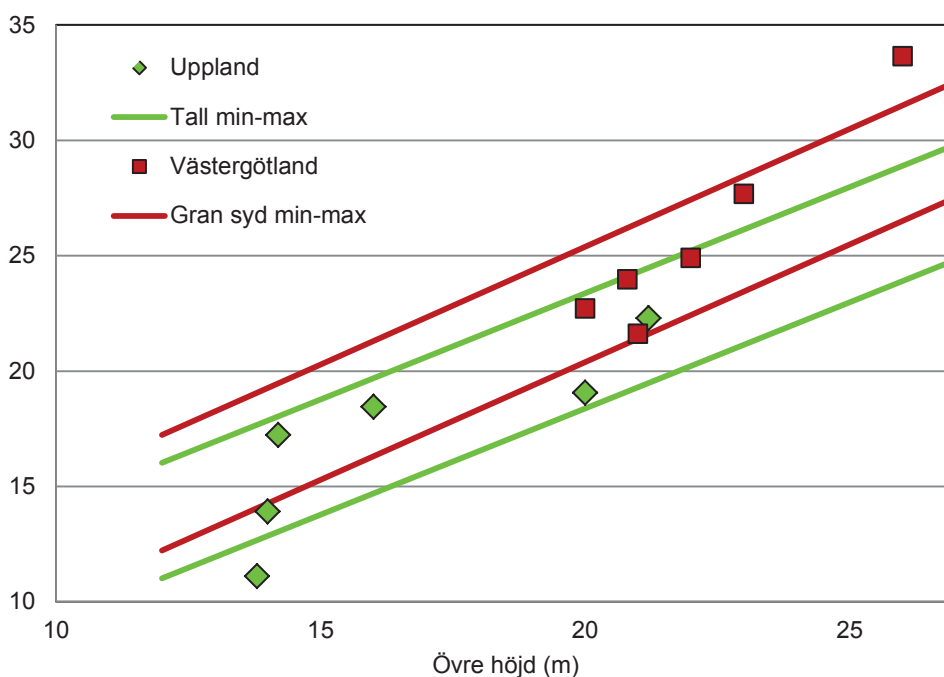


Figur 13. Jämförelse mellan gallringskvot från manuell referensmätning och gallringskvot beräknad från skördardata för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6). Gallringskvoten var uttryckt som grundtytvägd medeldiameter i brösthöjd i uttaget genom grundtytvägd medeldiameter i brösthöjd efter gallring.

Sambandet mellan övre höjd och grundytan efter gallring som konstaterats utifrån Bergviks och Södras gallringsuppföljningar utgör den tredje styrparametern i algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring. Sambandet utnyttjades för att utforma begränsningsintervall inom vilka den beräknade grundytan efter gallring tilläts variera. Separata begränsningsintervall upprättades för tall och för gran uppdelat på syd (Västergötland) och norr (Uppland).

I Figur 14 redovisas sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring för de grandominerade gallringsobjekten i Västergötland och de talldominerade gallringsobjekten i Uppland. För tio av de tolv gallringsobjekten låg grundytan efter gallring inom begränsningsintervallen. Detta styrker det antagande som gjordes i samband med upprättande av begränsningsintervallen då vi utifrån gallringsuppföljningarna antog att 80 procent av gallringsobjekten skulle hamna inom intervallen (Möller m.fl. 2011, Bilaga 2). Detta indikerar vidare att de samband och begränsningsintervall som tagits fram utifrån gallringsuppföljningarna är generella inom respektive område och kan användas som en kraftfull styrparameter vid beräkningen av grundytan efter gallring.

Grunddyta efter gallring (m²/ha)



Figur 14.

Illustration av sambandet mellan övre höjd och grunddyta efter gallring för de grandominerade gallringsobjekten i Västergötland och de talldominerade gallringsobjekten i Uppland. I figuren finns också de begränsningsintervall inlagda inom vilken grunddytan efter gallring tilläts variera,

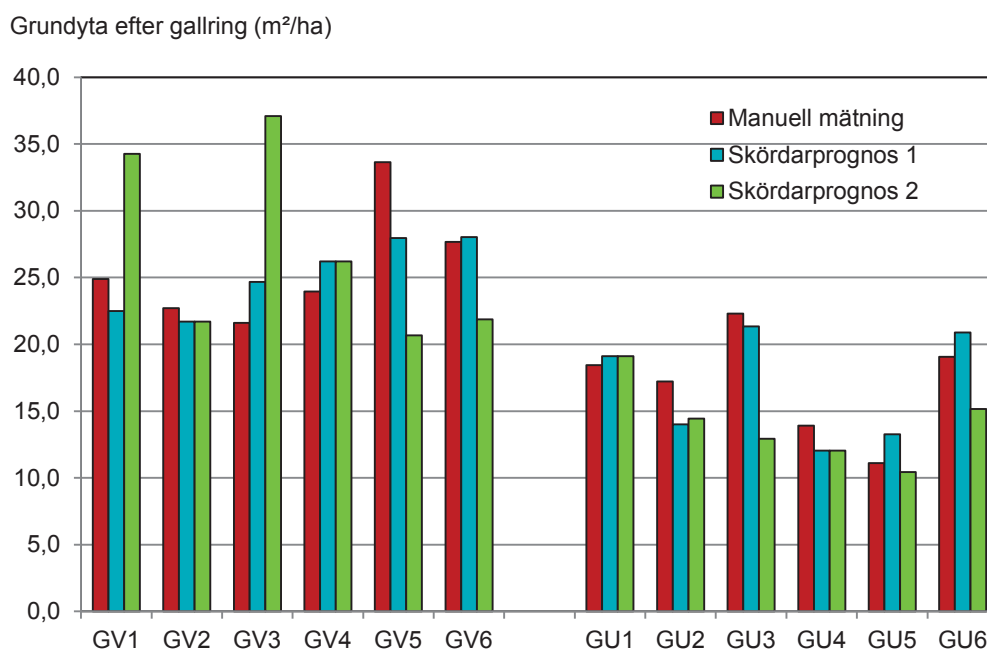
VARIABLER SOM BESKRIVER KVARVARANDE BESTÅND EFTER GALLRING

Nedan redovisas jämförelser mellan beståndsuppgifter framtagna från manuella referensmätningar och motsvarande uppgifter beräknade utifrån skördardata. För arealberoende uppgifter har arealen från den manuella referensmätningen genomgående använts också vid beräkningen av beståndsuppgifter utifrån skördardata. Anledningen till detta var att vi i analysen ville exkludera eventuella avvikelser som orsakas av algoritmen för arealbestämning för att därmed kunna renodla med vilken precision beståndsuppgifterna kan skattas utifrån den framtagna algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring.

I resultaten redovisas beståndsparametrar beräknade utifrån två varianter av algoritmen. Dels den kompletta algoritmen (Skördarprognos 1) med de tre styrparametrarna gallringsstyrka, gallringskvot och sambandet mellan grunddyta – övre höjd inkluderade. Dels en reducerad variant (Skördarprognos 2) där enbart gallringsstyrkan och gallringskvoten användes som styrparametrar och där gallringsstyrkan var låst till 30 procent.

Grundyta

I Figur 15 visas en objektsvis jämförelse mellan grundytan efter gallring från den manuella referensmätningen och grundytan beräknad utifrån skördardata med de två algoritmvaryanterna. Grundytan beräknad utifrån den kompletta algoritmen (skördarprognos 1) visade generellt en god överensstämmelse med grundytan från den manuella referensmätningen. Detta gällde såväl de grandominerade gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) med höga grundytor efter gallring som de talldominerade gallringsobjekten i Uppland (GU1–GU6) med lägre grundytor efter gallring. Sett över samtliga gallringsobjekt var den systematiska avvikelsen mellan grundyta från manuell referensmätning och grundyta beräknad med den kompletta algoritmen $0,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ medan standardavvikelsen för motsvarande avvikelse var $2,6 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Tabell 6). Resultatet indikerar att det är möjligt att utifrån skördardata prediktera grundytan efter gallring med hög noggrannhet och där den beräknade grundytan per hektar för merparten av gallringsobjekten kommer att ligga inom $\pm 2,6 \text{ m}^2$ från den verkliga grundytan.



Figur 15.

Jämförelse mellan grundyta efter gallring från manuell referensmätning och grundyta beräknad från skördardata med två algoritmvaryanter för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6).

I jämförelse med grundyta beräknad med den reducerade varianten av algoritmen (Skördarprognos 2) visade grundytan beräknad med den kompletta algoritmen en betydligt högre överensstämmelse med grundytan från manuell referensmätning. Grundytan beräknad med den reducerade varianten av algoritmen gav i enskilda objekt kraftiga avvikelser upp mot $15 \text{ m}^2/\text{ha}$ medan grundytan beräknad från den kompletta algoritmen var mer stabil och gav en maximal avvikelse på $6 \text{ m}^2/\text{ha}$. Detta belyser den positiva effekten av att också inkludera det generella sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring som en styrparameter samt effekten av att låta gallringsstyrkan variera inom ett visst intervall i stället för att fixera den till ett visst värde.

Tabell 6.

Medelvärden samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelsen mellan grundyta efter gallring från manuell referensmätning och grundyta beräknad från skördardata med två algoritmvarianter för de 12 gallringsobjekten.

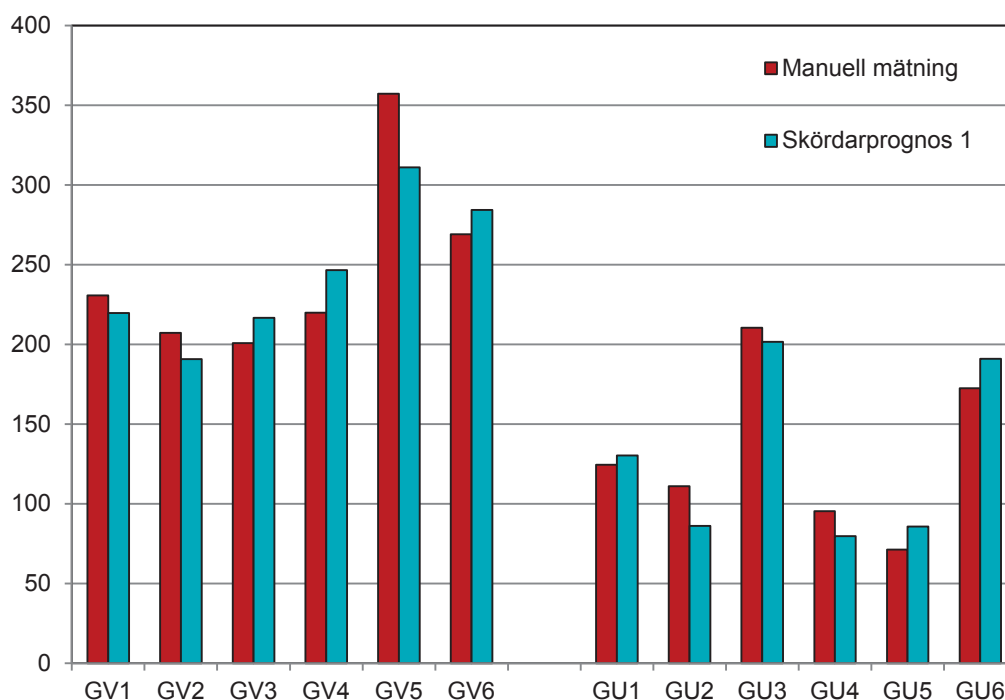
	Medel (m ² /ha)	Genomsnittlig avvikelse		Standardavvikelse	
		m ² /ha	%	m ² /ha	%
Manuell referensmätning	21,4				
Skördarprognos 1	21,0	0,4	1,9	2,6	12,2
Skördarprognos 2	20,5	0,9	4,3	7,6	35,7

Det bör poängteras att i algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring så beräknas grundytan efter gallring enbart utifrån skördarens uppgift över uttagen grundyta och den beräknade gallringsstyrkan. Felet i skördarens bestämning av uttagen grundyta kan betraktas som försumbart, dvs mätningen av de avverkade trädens brösthöjdsdiameter. Därmed är precisionen i bestämningen av grundyta efter gallring direkt beroende av hur väl gallringsstyrkan kan beräknas. Detta kan illustreras i en jämförelse av Figur 12 och 15 i vilken det framgår att avvikelserna mellan grundyta efter gallring från manuell referensmätning och skördardata direkt återspeglar de avvikelser som noterats mellan gallringsstyrka från manuell referensmätning och skördardata.

Volym

Jämförelsen mellan volymen efter gallring från manuell referensmätning och volym beräknad från skördardata visade ett liknande mönster som motsvarande jämförelse för grundytan efter gallring (Figur 16). Den genomsnittliga avvikelsen för de 12 gallringsobjekten var 2,2 m³sk/ha eller 1,1 procent. Standardavvikelsen var 11 procent (Tabell 7). Den kvarvarande volymen för gallringsobjekten i Västergötland var 247,5 m³sk/ha enligt den manuella referensmätningen och 244,9 m³sk/ha enligt skördarprognos 1. För gallringsobjekten i Uppland var volymen 130,9 m³sk/ha enligt den manuella referensmätningen och 129,1 m³sk/ha enligt skördarprognos 1. Standardavvikelsen var liknande, 11–12 procent, för objekten i Västergötland respektive Uppland.

Volym efter gallring (m³sk/ha)



Figur 16.

Jämförelse mellan volym efter gallring från manuell referensmätning och volym beräknad från skördardata för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6).

Tabell 7.

Medelvärden samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelsen mellan volym efter gallring från manuell referensmätning och volym beräknad från skördardata med två algoritmvianter för de 12 gallringsobjekten.

	Medel (m ³ sk/ha)	Genomsnittlig avvikelse		Standardavvikelse	
		m ³ sk/ha	%	m ³ sk/ha	%
Manuell referensmätning	189				
Skördarprognos 1	187	2,2	1,1	21,7	11,5
Skördarprognos 2	181	8	4,3	72,9	38,4

Grundtyevägd diameter i brösthöjd

För gallringsobjekten i Västergötland var det mycket hög överensstämmelse mellan den grundtyevägda medeldiametern i brösthöjd (Dgv) efter gallring från den manuella referensmätningen och motsvarande diametermått beräknad från skördardata (Figur 17). Den systematiska avvikelsen för dessa objekt var försumbar (1 mm) och standardavvikelsen uppgick till 3,4 procent (Tabell 8). För gallringsobjekten i Uppland noterades en systematisk underskattning av Dgv med 12 mm (5,4 procent) då den beräknades utifrån skördardata. Standardavvikelsen för dessa objekt var dock densamma (3,4 procent) som för objekten i Västergötland (Tabell 8).

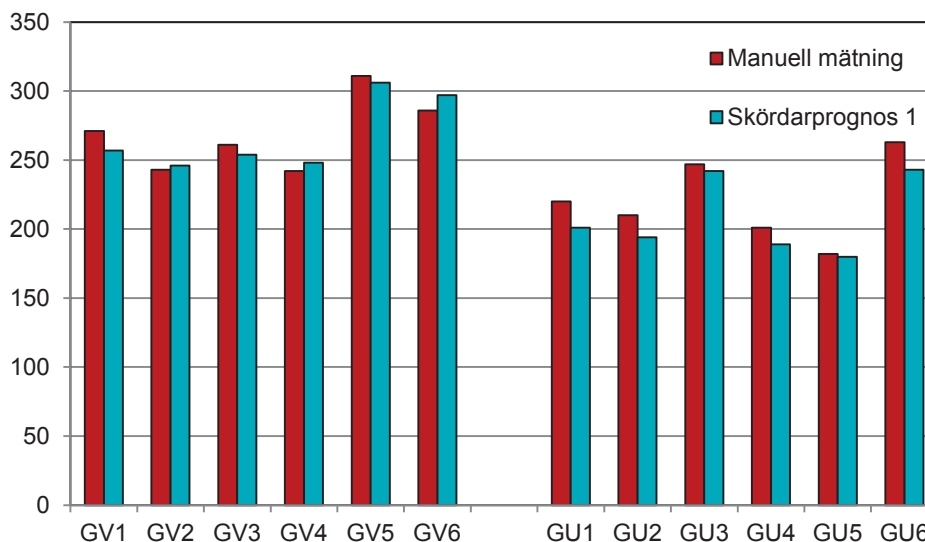
Dessa resultat är direkt kopplade till de beräknade gallringskvoterna och åter- speglar med vilken noggrannhet denna parameter kan beräknas av algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring. För gallringsobjekten i Västergötland var den genomsnittliga avvikelsen mellan gallringskvoten från den manuella mätningen och gallringskvoten beräknad från skördardata på samma sätt som ovan försumbar med en standardavvikelse för avvikelsen på 3,4 procent. För gallringsobjekten i Uppland var motsvarande siffror för den systematiska avvikelsen och standardavvikelsen 5,8 procent och 3,4 procent. Detta belyser förhållandet att de avvikelser som noterats för Dgv beräknat utifrån skördardata är direkt omvänt proportionella mot de avvikelser som noterats för den beräknade gallringskvoten.

Tabell 8.

Medelvärden samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelsen mellan grundtyvägd diameter i brösthöjd från manuell referensmätning och motsvarande diameter beräknad från skördardata för de 12 gallringsobjekten i Västergötland och Uppland.

	Genomsnittlig avvikelse			Standardavvikelse	
	Medel (mm)	mm	%	mm	%
Manuell mätning. Totalt	245				
Skördarprognos 1. Totalt	238	7	2,7	10,0	4,1
Manuell mätning. Västergötland	269				
Skördarprognos 1. Västergötland	268	1	0,3	9,3	3,4
Manuell mätning. Uppland	220				
Skördarprognos 1. Uppland	208	12	5,4	7,4	3,4

Grundtyvägd diameter (mm)

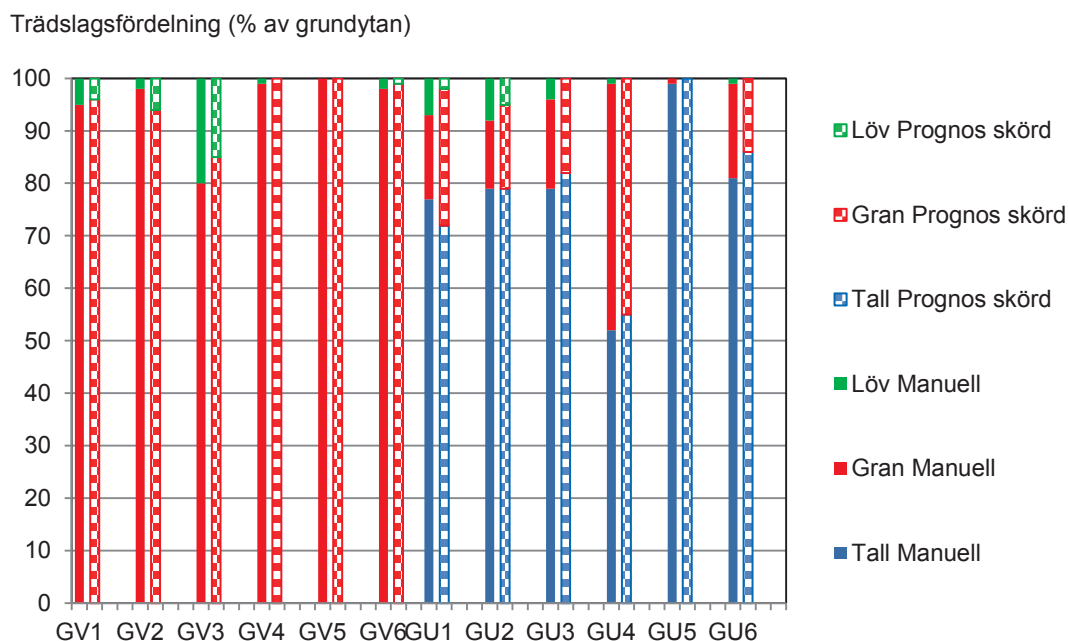


Figur 17.

Jämförelse mellan grundtyvägd diameter i brösthöjd efter gallring från manuell referensmätning och motsvarande diameter beräknad från skördardata för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6).

Trädslagsfördelning

I Figur 18 visas en objektsvis jämförelse mellan trädslagsfördelningen efter gallring från den manuella referensmätningen och motsvarande trädslagsfördelning beräknad utifrån skördardata. Flertalet objekt var dominerade av ett trädslag (gran i Västergötland och tall i Uppland). Jämförelsen visade att trädslagsfördelningen efter gallring beräknad utifrån skördardata följde trädslagsblandningen från den manuella referensmätningen väl i samtliga objekt. Detta gällde såväl objekt dominerade av ett trädslag som objekt med större variation i trädslagssammansättning (t.ex. GU4).



Figur 18.

Jämförelse mellan trädslagsfördelning efter gallring från manuell referensmätning och motsvarande trädslagsfördelning beräknad från skördardata för de tolv gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6). Trädslagsfördelningen redovisas som procentuell andel av grundytan.

I Tabell 9 och 10 utökas jämförelsen av trädslagsfördelning med två datakällor: värden från skogsbruksplan samt mätningar på 10 cirkelprovytor (radie 5,64 m) per objekt. I tabellerna redovisas genomsnittlig trädslagssammansättning för de sex objekten i Västergötland (Tabell 9), respektive de sex gallringsobjekten i Uppland (Tabell 10). I likhet med trädslagssammansättningen beräknad från skördardata så visade den genomsnittliga trädslagssammansättningen från mätningarna på cirkelprovytorna god överensstämmelse med den manuella referensmätningen. I en analys av enskilda objekt var dock avvikelserna gentemot den manuella referensmätningen större från mätningarna på cirkelprovytorna då de jämfördes med beräkningarna från skördardata.

Trädslagsfördelningen utifrån uppgifterna i skogsbruksplanerna visade större genomsnittlig avvikelse än de övriga två datakällorna. Det bör dock betonas att denna jämförelse inte var helt rättvisande eftersom uppgifterna i skogsbruksplanerna hänförde sig till hela objekt medan mätningarna i vår studie i en del fall enbart utfördes på mindre avgränsade delar av gallringsobjekten.

Tabell 9.

Trädslagfördelningen från fyra olika datakällor: manuell referensmätning (total klavning), beräknat värde utifrån skördardata, uppgifter från skogsbruksplan samt mätningar på 10 cirkelytor per objekt. Värdena anger genomsnittlig trädslagssammansättning för de sex gallringsobjekten i Västergötland. Trädslagssammansättningen från cirkelytor anges som andel av totala antalet stammar medan trädslagssammansättningen för övriga datakällor anges som andel av grundytan.

	Tallandel	Granandel	Lövandel
	(%)	(%)	(%)
Manuell mätning	0	95	5
Skördarprognos 1	0	96	4
Skogsbruksplan	10	80	10
Manuella cirkelytor	0	95	5

Tabell 10.

Trädslagfördelningen från fyra olika datakällor: manuell referensmätning (total klavning), beräknat värde utifrån skördardata, uppgifter från skogsbruksplan samt mätningar på 10 cirkelytor per objekt. Värdena anger genomsnittlig trädslagssammansättning för de sex gallringsobjekten i Uppland. Trädslagssammansättningen från cirkelytor anges som andel av totala antalet stammar medan trädslagssammansättningen för övriga datakällor anges som andel av grundytan.

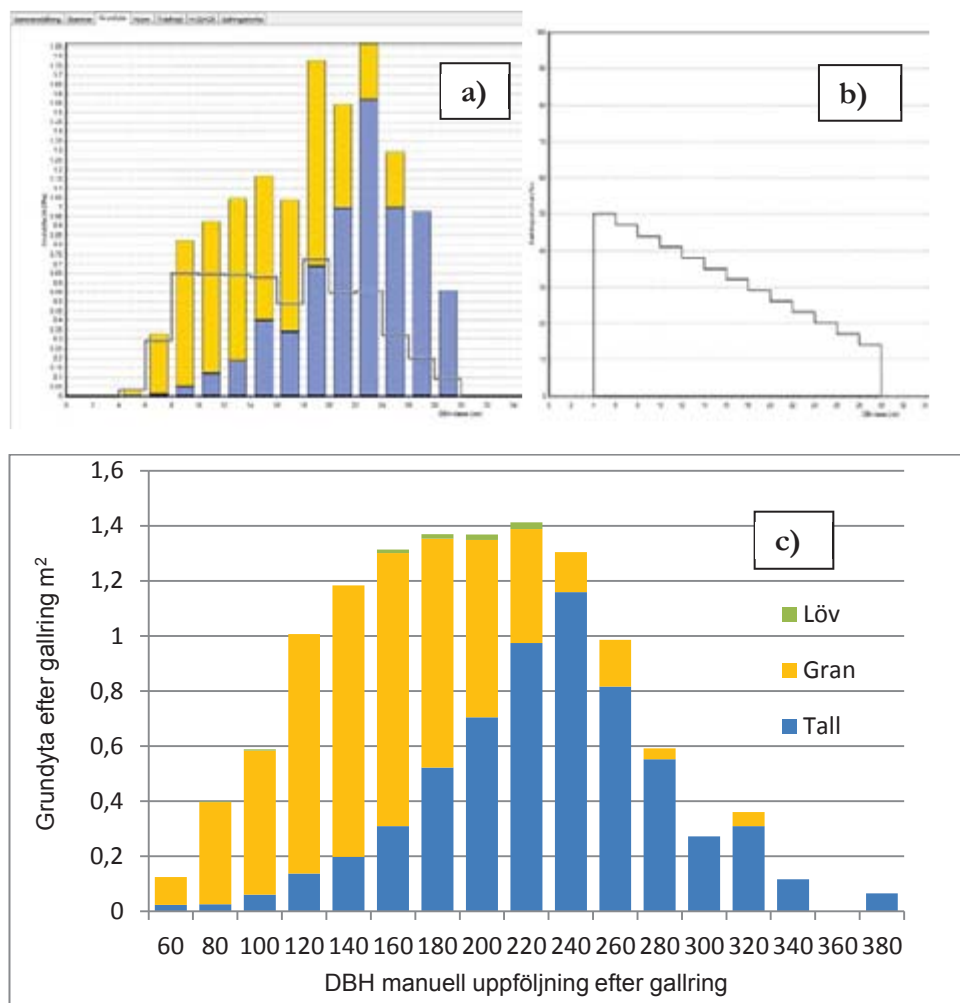
	Tallandel	Granandel	Lövandel
	(%)	(%)	(%)
Manuell mätning	78	19	4
Skördarprognos 1	79	20	1
Skogsbruksplan	92	8	0
Manuella cirkelytor (10 st)	77	20	3

I ett av gallringsobjekten i Uppland (GU4) fanns en mer varierad trädslagssammansättning och enligt den manuella referensmätningen utgjorde tall, gran och löv 52, 47 och 1 procent av grundytan efter gallring. Motsvarande uppgifter för trädslagssammansättningen beräknad från skördardata var 55, 45 och 0 procent. Detta objekt valdes som exempel för att mer i detalj illustrera beräkningarna av trädslagssammansättningen i algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring.

I Figur 19a visas den beräknade trädslagssammansättningen från algoritmen i objektet GU4. Trädslagssammansättningen är uttryckt som den totala grundytans fördelning på DBH-klasser nedbruten på tall (blå färg) och gran (gul färg). I Figur 19a redovisas också gallringsuttagets fördelning på DBH-klasser (grått streck) enligt skördarens produktionsfil. I Figur 19b redovisas den beräknade uttagskurvan d.v.s. hur gallringsstyrkan beräknats variera per DBH-klass. I algoritmen används uttagskurvan tillsammans med skördarens uppgifter över uttaget för att generera den beräknade trädslagssammansättningen efter gallring. Vid denna beräkning antas trädslagssammansättningen per DBH-klass att vara lika som den trädslagssammansättning som förekommer i uttaget.

Som framgår av en jämförelse med Figur 19c, där trädslagssammansättningen från den manuella referensmätningen redovisas, överensstämde den beräknade trädslagssammansättningen på en övergripande nivå mycket väl med den verkliga trädslagssammansättningen. Förhållandet, att gran dominerade de klenare diameterklasserna och tall de grövre fanns väl fångat i den beräknade trädslagssammansättningen. De avvikelser som kan noteras är att den beräknade grundytans fördelning på DBH-klasser var mera "hackig" i jämförelse med den verkliga fördelningen samt att algoritmen inte redovisat någon grundyta för de allra grövsta DBH-klasserna (DBH-klass 30 cm är överrepresenterad på bekostnad av klasser upp till 38 cm). Den senare avvikelserna var orsakad av att träd i dessa DBH-klasser inte fanns representerade i uttaget.

Ovanstående resonemang och figurer illustrerar det förhållandet att algoritmen kan förväntas ge bra beskrivningar av trädslagssammansättningen efter gallring så länge trädslagssammansättningen per DBH-klass i gallringsuttaget någorlunda väl representerar trädslagssammansättningen i beståndet före gallring. Vi antar att så är fallet för den absoluta merparten av gallringsobjekt i Sverige men för att verifiera detta vore det angeläget att ett större material, företrädesvis av rikstäckande karaktär, samlades in.



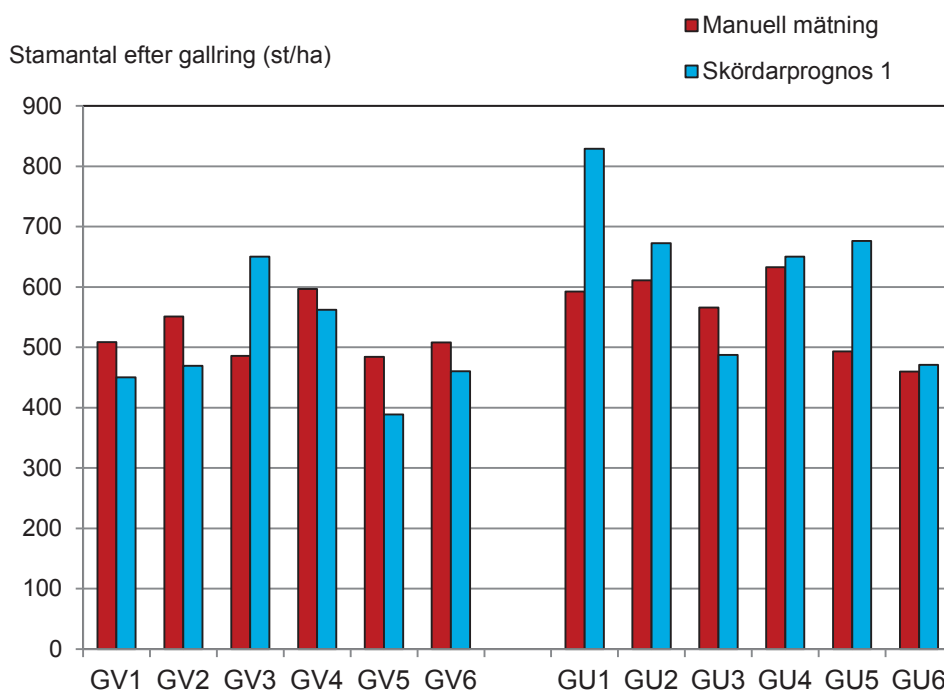
Figur 19.

Figur som illustrerar beräkningarna av trädslagssammansättning i algoritmen utifrån gallringsobjekt GU4. I delfigur a) redovisas den totala grundytans fördelning på DBH-klasser nedbruten per trädslag (tall = blått, gran = gult). Gallringsuttaget enligt skördarens produktionsfil redovisas som heldragen grå linje. Delfigur 19b redovisar den beräknade gallringsstyrkan per DBH-klass medan delfigur 19c visar den totala grundytans fördelning på DBH-klasser nedbruten per trädslag enligt den manuella referensmätningen.

Stamantal

I algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring bestäms antalet stammar efter gallring utifrån den beräknade gallringsstyrkan och gallringskvoten. För samtliga de tolv gallringsobjekten så överskattades det faktiska stamantalet såväl då det beräknades utifrån skördardata som då stamantalet mättes på 10 cirkelprovytor (Tabell 11). I jämförelse med stamantalet från den manuella referensmätningen var den genomsnittliga avvikelsen för beräkningen av stamantalet med skördare 23 stammar eller 4 procent. Motsvarande genomsnittliga avvikelse för mätningen av stamantal med de 10 cirkelprovytorna var 71 stammar (13 procent).

Standardavvikelsen för avvikelsen mellan stamantal beräknat från skördardata och stamantal från manuell referensmätning uppgick till 21 procent och för enskilda objekt förekom större avvikelser över 200 stammar/ha (Figur 20). Sammanfattningsvis indikerar detta att stamantal efter gallring var den av de studerade variablerna som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring som var svårast att beräkna med hög precision utifrån skördardata. Överensstämmelsen i Uppland var lägre än i Västergötland främst beroende på att gallringskvoten var överskattad i Uppland.



Figur 20.

Jämförelse mellan antal stammar per hektar efter gallring från manuell referensmätning och motsvarande stamantal beräknat från skördardata för gallringsobjekten i Västergötland (GV1–GV6) och Uppland (GU1–GU6).

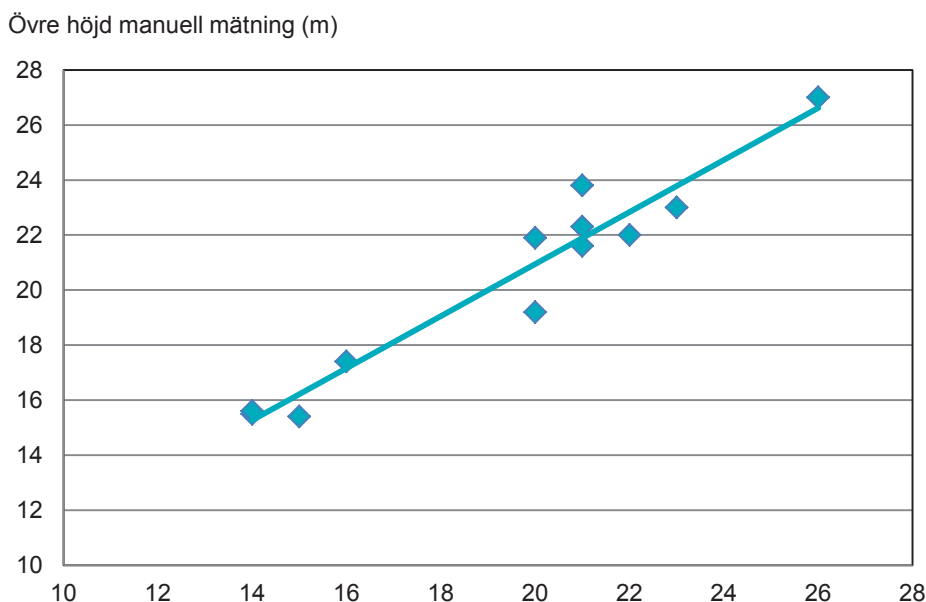
Tabell 11.

Medelvärden samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelsen mellan stamantal efter gallring från manuell referensmätning och motsvarande stamantal beräknat från skördardata för de 12 gallringsobjekten i Västergötland och Uppland.

	Medel (antal/ha)	Genomsnittlig avvikelse		Standardavvikelse	
		antal/ha	%	antal/ha	%
Manuell referensmätning	541				
Skördarprognos 1	564	-23	-4	114	21
10 cirkelprovytor	612	-71	-13	69	13

Övre höjd och ståndortsindex

Sambandet mellan övre höjd från manuell referensmätning och övre höjd beräknad utifrån skördardata redovisas i Figur 21. I genomsnitt var övre höjd beräknad utifrån skördardata 1,0 meter lägre än övre höjd från den manuella referensmätningen (Tabell 12) med en standardavvikelse för avvikelserna på 1,0 meter.



Figur 21.

Samband mellan övre höjd beräknad utifrån skördardata och övre höjd från manuell referensmätning för de tolv gallringsobjekten i Västergötland och Uppland.

Tabell 12.

Medelvärden samt genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för avvikelserna mellan övre höjd från manuell referensmätning och övre höjd beräknad från skördardata för de 12 gallringsobjekten i Västergötland och Uppland.

	Medel (m)	Genomsnittlig avvikelse		Standardavvikelse	
		m	%	m	%
Övre höjd. Manuell mätning.	20,4				
Övre höjd. Skördarprognos 1.	19,4	1,0	4,9	1,0	4,9
Ståndortsindex. Manuell mätning.	30,8				
Ståndortsindex. Skördarprognos 1.	30,1	0,8	2,6	1,4	4,5
Ståndortsindex. Skogsbruksplan.	28,5	2,3	7,5	1,8	5,8

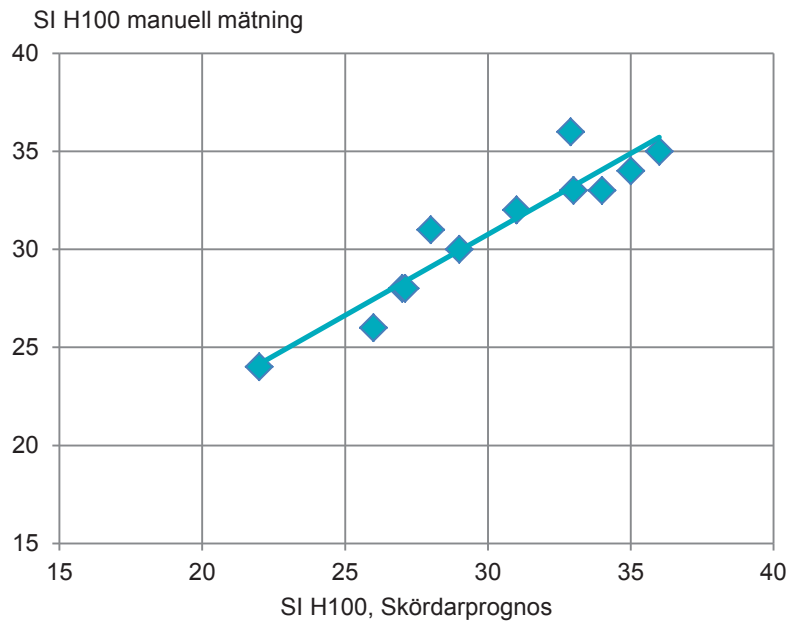
Övre höjd kan förväntas bestämmas med en hög grad av noggrannhet utifrån skördardata. Detta eftersom skördarna mäter huvuddelen av stammens längd och trädhöjden beräknas för samtliga utgallrade stammar. Nedan diskuteras tre möjliga orsaker till de avvikelser som noterats mellan övre höjd från manuell referensmätning och övre höjd beräknad utifrån skördardata.

1. I vår studie mättes övre höjd vid den manuella referensmätningen på tre cirkelprovytor (radie 10 meter) per objekt och medelvärde beräknades. Vid bestämningen av övre höjd utifrån skördardata utnyttjades informationen från samtliga utgallrade stammar och den genomsnittliga övre höjden per objekt beräknades. Att de två bestämningarna av övre höjd hänför sig till delvis olika områden kan ha bidragit till att öka spridningen för avvikelsen mellan de två bestämningarna. Dock är det inte sannolikt att det givit upphov till den systematiska avvikelse som noterats.
2. I vår studie utnyttjade vi en tidigare utvecklad metod för bestämning av övre höjd för skördardata (Hannrup m.fl., 2009). Med denna sorterades närliggande stammar (minst 100 stycken) efter trädhöjd och övre höjden sätts lika med trädhöjden för det 90 procent högsta trädet. Anledningen till att trädhöjden för de absolut högsta eller grövsta träden inte användes var att sortera bort eventuella ”överståndare” med avvikande ålder och att ta hänsyn till att skördardata kan innehålla träd som felaktigt registrerats med för hög trädhöjd t.ex. att en dubbeltopp adderats till den andra toppen. Metoden har visat sig fungera väl för övre höjds bestämning på slutavverkningsobjekt.

Vid gallring avverkas normalt inte de grövsta träden och därför bör metoden troligen modifieras så övre höjden sätts lika med trädhöjden för t.ex. medelvärdet av de 90-95 procent högsta träden. Att metoden för bestämning av övre höjd utifrån skördardata inte var anpassad för gallring ser vi som den troligaste förklaringen till den systematiska underskattning som noterats för övre höjden.

3. Vid bestämningen av trädhöjd bestäms längden av toppen (från toppkap till trädets toppskott) med en funktion som är anpassad för skördardata (Kiljunen, 2002). Denna funktion har inte validerats i något större material och den kan ha orsakat en del av de avvikelser som noterats mellan de två bestämningarna av övre höjd. För att utröna detta närmare vore det angeläget att ett material samlas in som möjliggör validering av funktionen för beräkning av toppens längd.

Den underskattning som noterats för övre höjd beräknad utifrån skördardata i jämförelse med övre höjd från manuell referensmätning fortplantade sig till en motsvarande underskattning av ståndortsindex beräknat från skördardata. I genomsnitt för de 12 gallringsobjekten uppgick underskattningen till 0,8 m med en standardavvikelse på 1,4 m (Tabell 12, Figur 22). Vid jämförelsen med ståndortsindex från manuell referensmätning användes samma trädålder. I ett system för återföring av skördardata till skogliga register och planeringssystem 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 ålder på träden.



Figur 22. Samband mellan ståndortsindex beräknad utifrån skördardata och ståndortsindex från manuell referensmätning för de tolv gallringsobjekten i Västergötland och Uppland.

Övergripande diskussion

I vår studie har vi försökt belysa med vilken precision variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring kan skattas utifrån skördardata. Detta som ett underlag för bedömningar kring den praktiska användbarheten av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. En central fråga att ställa vid en sådan bedömning är hur den erhållna precision från ett system baserat på skördardata ter sig i jämförelse med den precision som erhålls från andra inventeringsmetoder?

I Tabell 13 redovisas en jämförelse mellan den precision som erhållits för ett antal bestandsvariabler beräknade utifrån skördardata i vår studie och den precision som erhållits utifrån litteraturuppgifter för motsvarande variabler vid inventering med hjälp av laserscanning och den så kallade arealmetoden. Precisionen vid laserscanning är hämtad från en sammanställning av 11 studier utförda i gallrings- och slutavverkningsskog (Naesset, 2007) och de redovisade värdena utgör medelvärden för de 11 studierna. 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).

Tabell 13.

Jämförelse mellan genomsnittlig avvikelse och standardavvikelse för beståndsvariabler erhållna från laserscanning med arealmetoden respektive beräkning utifrån skördardata. Precisionen vid laserscanning är hämtat från en sammanställning av 11 studier utförda i gallrings- och slutavverkningsskog (Naasset, 2007). Samtliga värden anges i procentskalan.

Egenskap	Genomsnittlig avvikelse (%)		Standardavvikelse (%)	
	Laserscanning	Skördarprognos 1	Laserscanning	Skördarprognos 1
Grundyta	2,5	1,9	11,5	12,2
Volym	3,3	1,1	11,7	11,5
DBH	2,5	2,7	9,6	4,1
Stamantal	0,2	-4,0	19,1	21
Övre höjd	-1,9	4,9	4,3	4,9

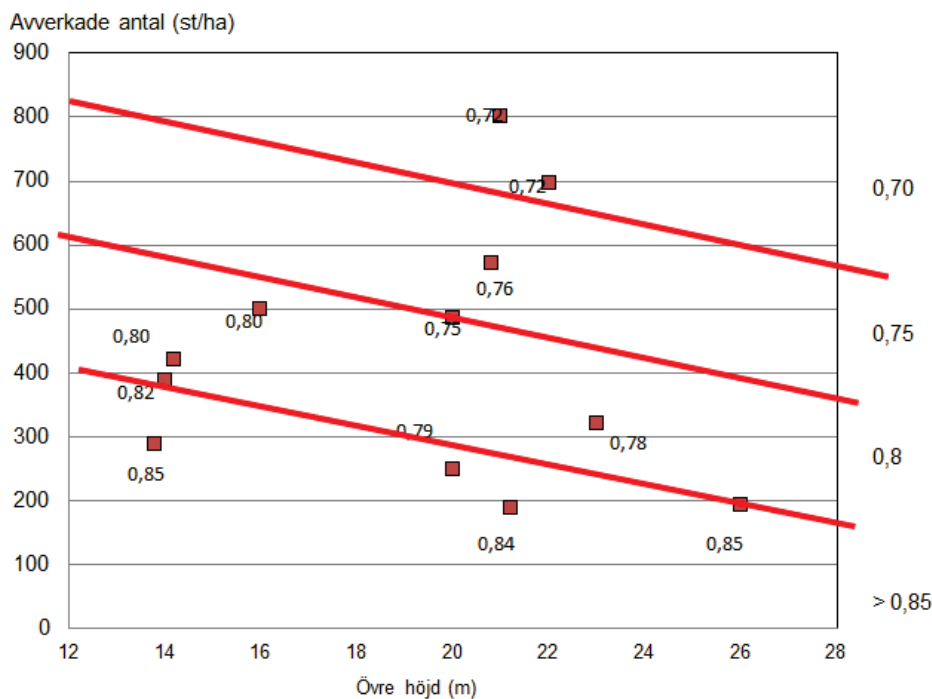
De systematiska felen vid skattning av beståndsvariabler var genomgående begränsade i storlek och likartade mellan de två metoderna (Tabell 13). Undantaget utgjordes av stamantal och övre höjd där de systematiska avvikelserna var högre då dessa variabler beräknades utifrån skördardata. På samma sätt som för de systematiska avvikelserna var standardavvikelserna likartade - närmast häpnadsväckande likartade - mellan de två metoderna (Tabell 13). Undantaget utgjordes av diameter i brösthöjd där standardavvikelsen för den skördarbase-rade skattningen var betydligt lägre än motsvarande standardavvikelse för skattningen från laserscanning.

Till ovanstående jämförelse av de två metoderna ska adderas förhållandet att i ett system baserat på skördarinformation tillkommer möjligheten att med mycket hög precision skatta trädslagssammansättningen (Figur 18). Detta till skillnad från inventering med hjälp av metodik baserad på laserscanning där precis skattning av trädslagssammansättningen i dagsläget inte är möjlig (t.ex. Barth m.fl., 2008). En precis skattning av trädslagssammansättningen är en central beståndsuppgift för att man i förlängningen ska kunna upprätta pålitliga utbytesberäkningar vid slutavverkning.

Sammanfattningsvis indikerar ovanstående jämförelse att ett system baserat på skördardata har potential att ge pålitliga skattningar av de viktigaste beståndsvariablerna och med en precision som ligger i nivå med den precision som erhålls från laserscanning med hjälp av arealmetoden.

UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

Resultatet visar att gallringsstyrkan kan prognostiseras väldigt bra när grund-yteuttaget är ”normalt”, d.v.s. när grundytan efter gallring ligger inom inter-vallet som gallringsstatistiken visar. Även objekt som har hög eller låg grundyta före gallring har med denna metod gått bra att prognostisera. Detta visar på att man kan identifiera objekt med hög eller låg grundyta före gallring genom att koppla uttag till objektets ÖH och statistikuppgifter. Förhoppningsvis kan liknande samband hittas mellan avverkningsuttag och gallringskvoter. Insamla-de data i studien visar att det vid en viss övre höjd finns samband mellan ut-taget stamantal och gallringskvot, se Figur 23 där detta illustreras. Detta kan sannolikt utvecklas vidaremen för att ta fram en sådan modell behövs dock mer data.



Figur 23. Avverkade antal stammar per objekt plottat mot objektets övre höjd. I figuren redovisas också faktisk gallringskvot för respektive objekt i studien.

För att utveckla modellen och utvärdera den på ett rikstäckande material bör test göras i olika typer av bestånd, med olika SI och hos flera olika företag. Även gallringsstatistik för olika företag bör inkluderas. Dessa delar är centrala för flertalet av nyckeltalen.

Sammanfattningsvis ser vi en potential i att utveckla följande delar av algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring:

- Tillåtet uttagsintervall kopplat till SI.
- Gallringskvotens samband med avverkningsstatistik (stamantal/ha, uttag stammar per/ha, trädslag, uttag grundyta/ha, övre höjd).
- Begränsa lutningen på uttagskurvan och lägga på grövre stammar än de avverkade, vilket inte görs i dag.

Slutsatser

- Arealuppgifterna är mycket viktiga för gallringsmodellen och grundyta/volymberäkning. För större objekt fungerar metodiken för arealbestämning utifrån skördardata väl men för mindre objekt blir avvikelserna oacceptabelt stora.
- För prognostisering av trädslagsblandning, höjdbestämning, medelstam/Dgv har dagens manuella metoder troligtvis svårt att nå skördarnas resultat.
- Då ÖH-mätningen verkar ge en viss underskattning p.g.a. stamval i gallring innebär detta att även ståndortsboniteringen ger en liten underskattning med aktuell metod.
- Grundyta per hektar och volym fungerar i studien mycket bra men areal, gallringsstyrka och gallringskvot är kritiska ingångsparametrar som kan variera och ge fel.
- Stamantal per hektar är troligtvis det svåraste nyckeltalet att beräkna.
- Väl kalibrerad och kvalitetssäkrade skördare är viktigt om modellen ska användas för återföring av data till skogliga register.
- Precisionen från skattningarna av beståndsvariabler utifrån skördardata ligger i nivå med den precision som erhålls från laserscanning med hjälp av arealmetoden.
- Vi rekommenderar att man kör igång användningen av nyckeltal baserat på skördardata för uppdatering av planer som arealer och en mängd nyckeltal. För att komma igång bör man starta upp med insändning av pri-filer, koppla GPS:en till apteringsprogramvaran och köra Skogforsks prototypprogram.

Utvecklingsbehov

- För bättre arealbestämning är trädens GPS-position vid avverkning att önska i pri/ hpr-filer. I dag registreras endast maskinens position vid avverkningstillfället.
- Definiera behandlad areal. Hur ska småimpediment och områden där ingen gallring görs hanteras och vem ska definiera vad obehandlade områden är (förarna, planläggare, annan).
- Vidareutveckling och validering av gallringsmodell. Utveckla modellen för tillåten gallringsstyrka i olika diameterintervall (gallringskvot). Flera objekt för att testa gallringsfunktionen över hela landet bör också samlas in. Exempelvis bör studier göras hos fler företag i olika landsdelar, även olika boniteter behöver testas. Även statistik från gallringsförsök kan användas. Med dessa data kan modellen utvecklas vad gäller gallringskvot och gallringsstyrka.
- En vidareutveckling av metoden för att använda skördardata för gallringsuppföljning bör vara någon form av kvalitetssäkringssystem för att säkerställa gallringskvot, gallringsprocent och arealsuppgifter.

- Skördardata behöver också succesiv utveckling. Exempel på ytterligare data att samla in: träddata egenskaper (högstubbe, stubbehandling), ”nära trädegenskaper” (kolbotten, evighetsträd, naturvårdsdunge, kulturvårdsdunge, fröträdsområde, impediment, etc). Skördarens GPS-position för trädet/aggregatet bör eftersträvas och testa arealberäkning med bättre kontroll på trädposition.
- Användning av gallringsmodell i kombination med laserdata eller annan inventeringsdata bör utvecklas.
- Sticksvägandel (kombinera med kranpositionering) bör utvecklas och nyckeltal lagras i standarden för stående skog.

Referenser

- Anon, A. 2011. Pressrelease Nolia mässan 2011.
<http://www.nolia.se/skogs/press/Cranab.pdf> (Tillgänglig 111108).
- Arlinger, J. Möller, J. J. & Sondell J. 2003. A description of pri-files. Background, structure and examples. Arbetsrapport Skogforsk 559: 12 s.
- Barth, A. Hannrup, B. Möller, J.J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. Arbetsrapport 666, Skogforsk.
- Hannrup, B., Möller, J.J. Larsson, W. Malm, J. & Wilhelmsson, L. 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Arbetsrapport 694, Skogforsk. 38 s.
- John Deere 2010. ”TimberNavitM. Intelligent geografiskt informationssystem i realtid för avverkning”.
http://www.deere.com/sv_SE/forestry/images/downloads/new_timberoffice_s_w_net.pdf. Tillgänglig 2010-12-06.
- Kiljunen, N. 2002. Estimating dry mass of logging residues from final cuttings using a harvester data management system. International Journal of Forest Engineering 13(1): 17–25.
- 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.
- Möller, J. J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. Arbetsrapport 677, Skogforsk. 19 s.
- Naeset, 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.
- SDC. 2010. ”Leveransuppföljning på stocknivå”.
<http://www.sdc.se/default.asp?id=1106>. Tillgänglig 2010-12-06.
- 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 kvaliteten i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder. Inst. för biometri och skogsindelning, SLU Umeå. Rapport 24. 127 s.
- Thor, M. Eriksson, I. & Mattsson, S. 1996. Automatisk datainsamling i maskinen – för förarstöd och uppföljning. Resultat från Skogforsk, nr 19. 4 s.

Detaljerad redovisning och analys av avvikelser mellan areal beräknad utifrån skördardata respektive manuell mätning

I bilagan redovisas objektsvisa kartbilder med tre skikt:

- Ortofoto.
- Objektsytan som genererats av den framtagna algoritmen för areal beräkning utifrån skördardata.
- Objektets ytterkontur utifrån den manuella referensmätningen med handburen GPS (röd linje).

För ytan som genererats av den framtagna algoritmen för areal beräkning symboliserar de små vita cirkarna koordinaterna för skördarnas uppställningsplatser vilka registrerats i pri-filerna. De mörkt gröna cirkarna är de cirklar med fem meters radie som i algoritmens första steg läggs runt positionerna för skördarnas uppställningsplatser. Den ljus gröna färgen symboliserar de band som i algoritmens andra steg knyter samman uppställningsplatser med ett inbördes avstånd som inte överstiger 24 meter.

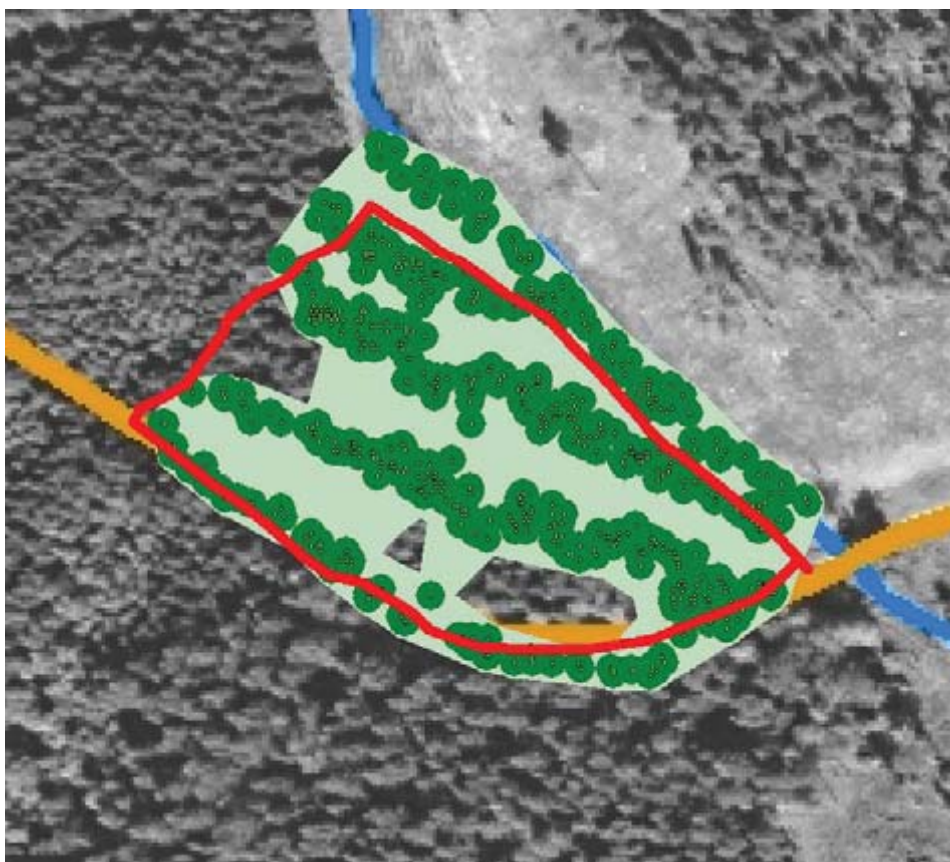
I bilagan redovisas i tabellform de objektsvisa beräkningarna av areal utifrån skördardata respektive manuell referensmätning. För varje objekt redovisas arealen för tre kategorier; *i*) den totala ytan av objektet, *ii*) obehandlad yta, vilket är en del av objektet där det inte skett något ingrepp t.ex. av naturvårdsskäl eller för att det är ett annat ägoslag. För ytan som genererats av den framtagna algoritmen för areal beräkning uppkommer genomgående mindre områden som klassats som obehandlade. I flertalet fall är dessa områden att betrakta som felklassificeringar av den använda algoritmen orsakade av att det inbördes avståndet mellan skördarnas uppställningsplatser överstiger 24 meter, *iii*) avverkad areal är den totala ytan minus den obehandlade ytan.

I bilagan redovisas vidare en objektsvis analys av vad som orsakar observerad avvikelse mellan ytan som genererats av den framtagna algoritmen för areal beräkning utifrån skördardata och objektets ytterkontur utifrån den manuella referensmätningen med handburen GPS.

Läsaren bör vara uppmärksam på att kartbilderna är stark uppförstorade. Skalan är för gallringsobjekten i flertalet fall cirka 1: 1000 det vill säga en avvikelse på 1 cm i kartbilden motsvarar 10 meters avvikelse i verkligheten. Det som uppfattas som stora avvikelser i bilderna kan i många fall alltså vara avvikelser som är mindre än 5 meter i verkligheten.

GALLRINGSOBJEKT VÄSTERGÖTLAND

Objekt 4432. Figuridentitet GV1.



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,96	1,30
Obehandlad yta	0,0	0,06
Avverkad yta	0,96	1,24

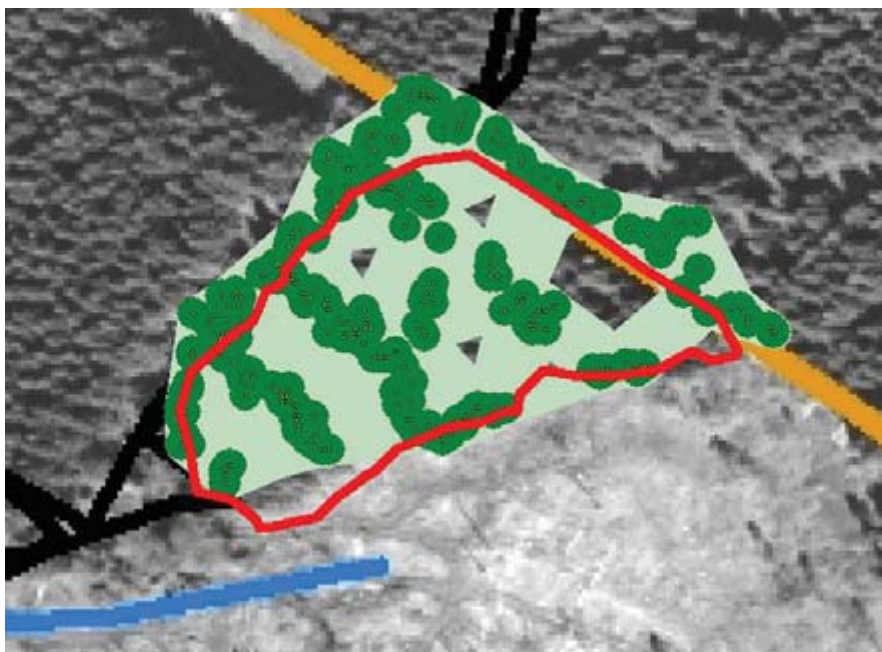
Kommentarer:

Längs södra kanten (längs vägen) och längs nordöstra kanten (längs diket) finns förskjutningar i skördarens GPS-signal, vilket ger överskattning av arealen beräknad utifrån skördardata.

Skördaren har kört utanför objektet runt **hela** objektet. Då skördaren kör utanför objektet genereras en överskattning av arealen orsakad av kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen.

Beräkningsalgoritmen har genererat ett område i västra kanten som felaktigt klassificeras som obehandlat. Eftersom detta ligger i kanten av objektet kommer det inte att ingå i beräkningen av den totala ytan, vilket ger underskattning av arealen.

Objekt 4432_1. Figuridentitet GV2.



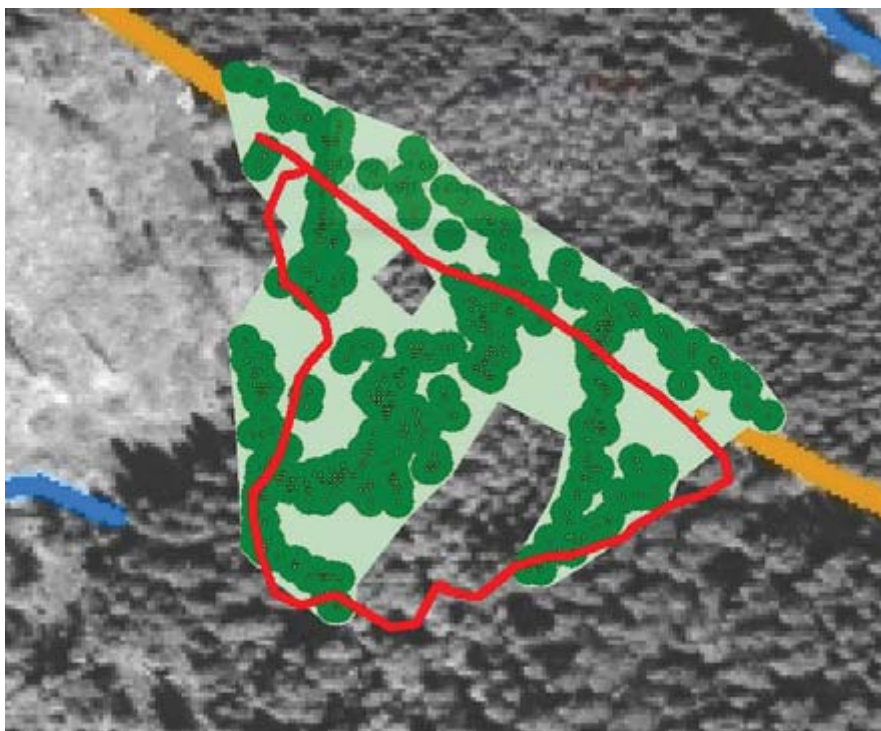
	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,59	0,87
Obehandlad yta	0,0	0,03
Avverkad yta	0,59	0,84

Kommentarer:

Längs nordöstra kanten (längs vägen) finns förskjutningar i skördarens GPS-signal, vilket ger överskattning av arealen beräknad utifrån skördardata.

Skördaren har kört utanför objektet runt **hela** objektet. Då skördaren kör utanför objektet genereras en överskattning av arealen orsakad av kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen.

Objekt 4432_2. Figuridentitet GV3.



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,62	0,88
Obehandlad yta	0,0	0,01
Avverkad yta	0,62	0,87

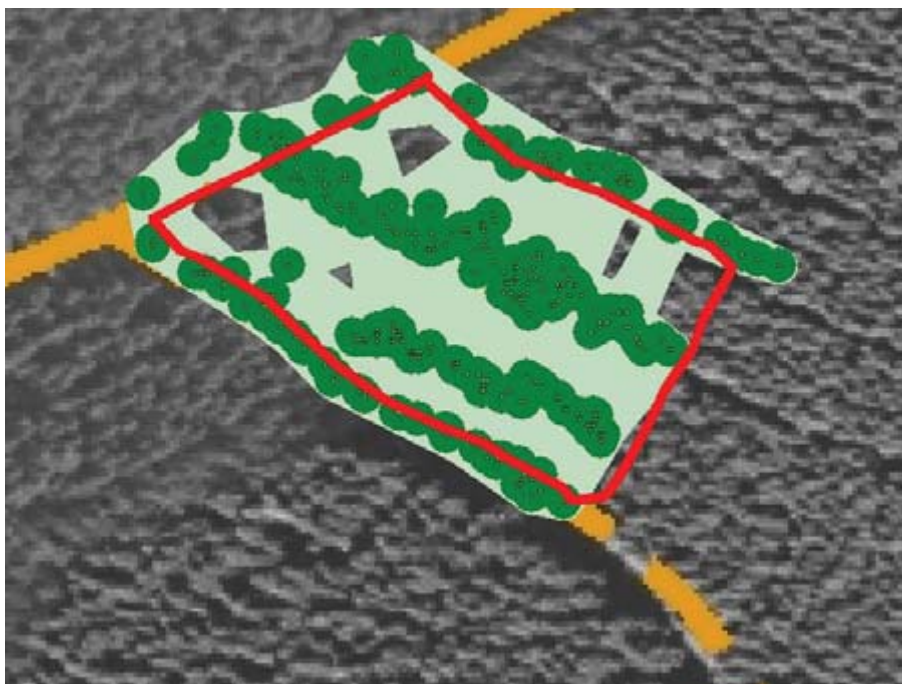
Kommentarer:

Längs nordöstra kanten (längs vägen) finns förskjutningar i skördarens GPS-signal, vilket ger överskattning av arealen beräknad utifrån skördardata.

I objektet finns insprängt två kärr med dålig bärighet. Skördaren körde inte i kärren utan tog de träd som nåddes från sidorna. För ett av kärren har beräkningsalgoritmen genererat ett område som felaktigt klassificeras som obehandlat. Eftersom detta är beläget i kanten leder det till en felaktig ytterkontur för objektet, vilket verkar i riktning mot en underskattning av arealen.

Skördaren har kört utanför objektet i västra och nordöstra kanten av objektet. Då skördaren kör utanför objektet genereras en överskattning av arealen orsakad av kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen.

Objekt 4631. Figuridentitet GV4.



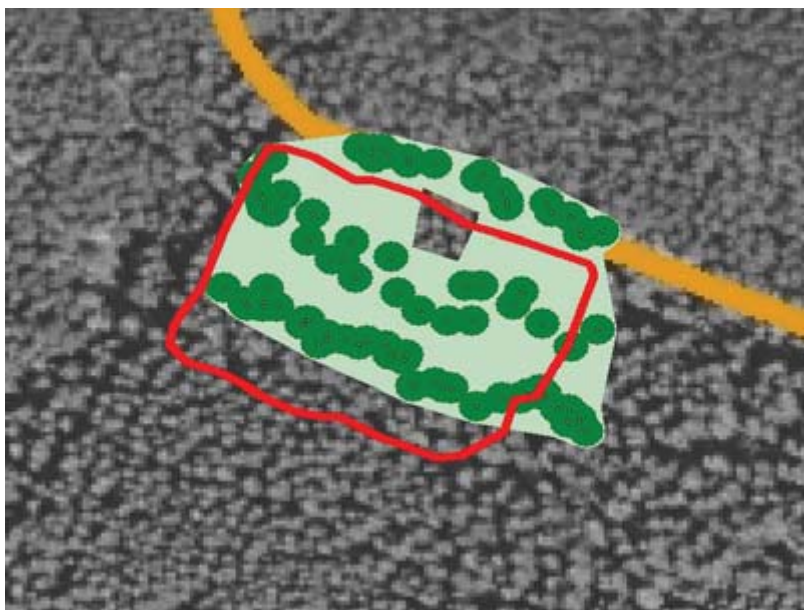
	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,58	0,82
Obehandlad yta	0,0	0,02
Avverkad yta	0,58	0,80

Kommentarer:

Kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen ger överskattning.

Längs nordvästra kanten finns förskjutning i skördarens GPS-signal, vilket ger överskattning av arealen beräknad utifrån skördardata.

Objekt 4695. Figuridentitet GV5.



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,44	0,51
Obehandlad yta	0,0	0,01
Avverkad yta	0,44	0,50

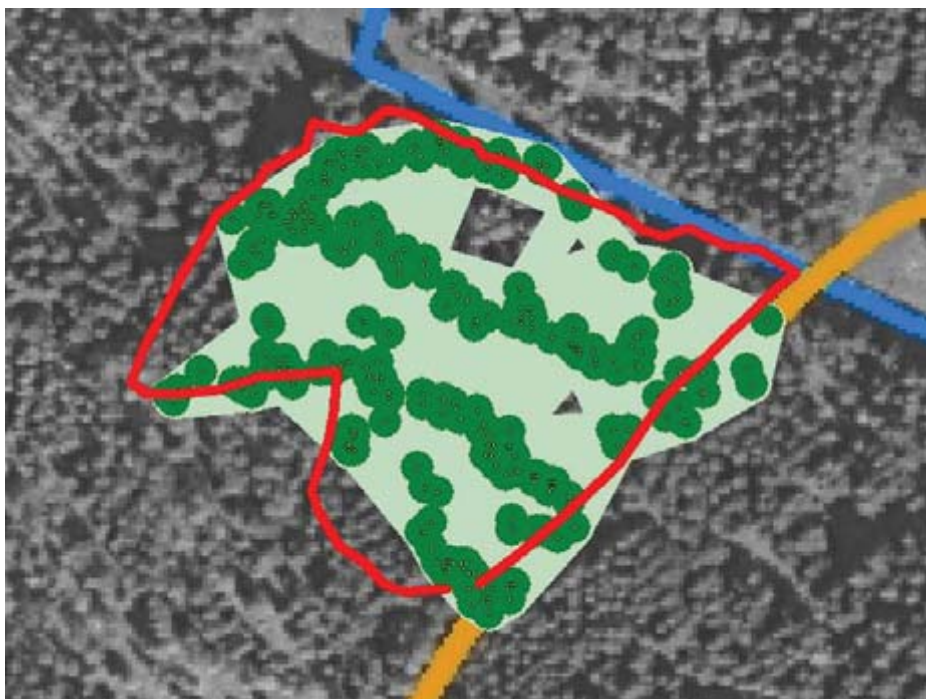
Kommentarer:

Längs södra kanten körde skördaren inne i beståndet och avverkade träd inom kranens räckvidd ut mot objektsgränsen. Areaberäkningsalgoritmen (med den aktuella inställningen) inkluderar endast area inom 5 meter från stickvägen vid objektets ytterkanter. Detta verkar i riktning mot en underskattning av arealen eftersom kranen haft en högre räckvidd (12 m).

Längs norra kanten har skördaren kört på vägen, vilket ger en överskattning av arean orsakat av kanteffekter från beräkningsalgoritmen.

I sydöstra hörnet finns förskjutning i signalen från skördarens GPS, vilket verkar i riktning mot överskattning av arealen.

Objekt 5096. Figuridentitet GV6.

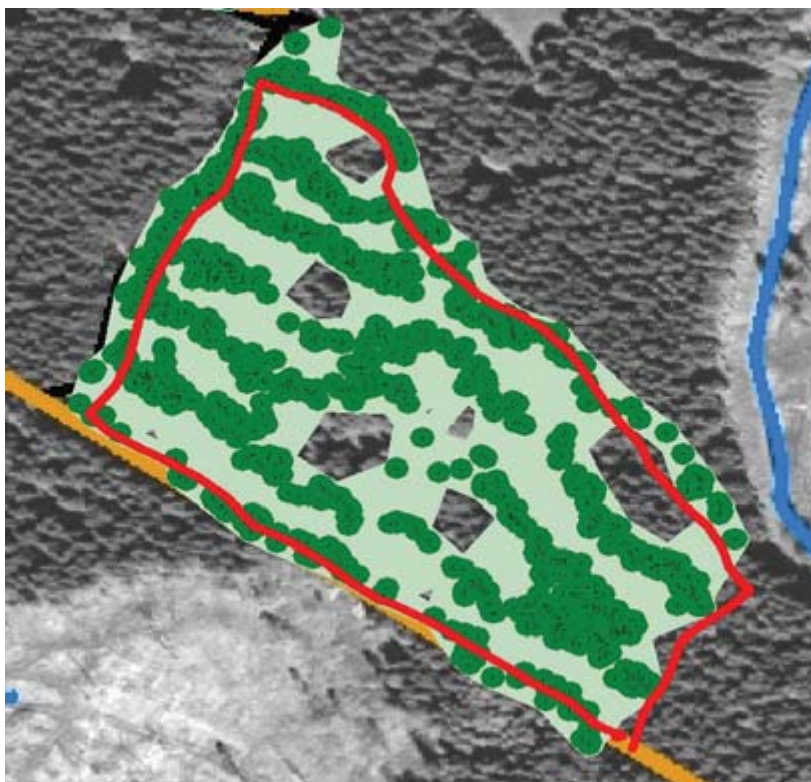


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,86	0,92
Obehandlad yta	0,0	0,02
Avverkad yta	0,86	0,90

Kommentarer:

Generellt god överensstämmelse mellan ytterkonturerna från den manuella mätningen och från skördardata. De avvikelser som förekommer mellan ytterkonturerna orsakas huvudsakligen av: i) att skördaren körde på vägen längs östra kanten, vilket genererar en kanteffekt från areaberäkningsalgoritmen och ii) att skördaren haft en längre räckvidd än som antages i beräkningsalgoritmen.

Objekt 4430. Figuridentitet GV7.



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	2,23	2,69
Obehandlad yta	0,0	0,16
Avverkad yta	2,23	2,53

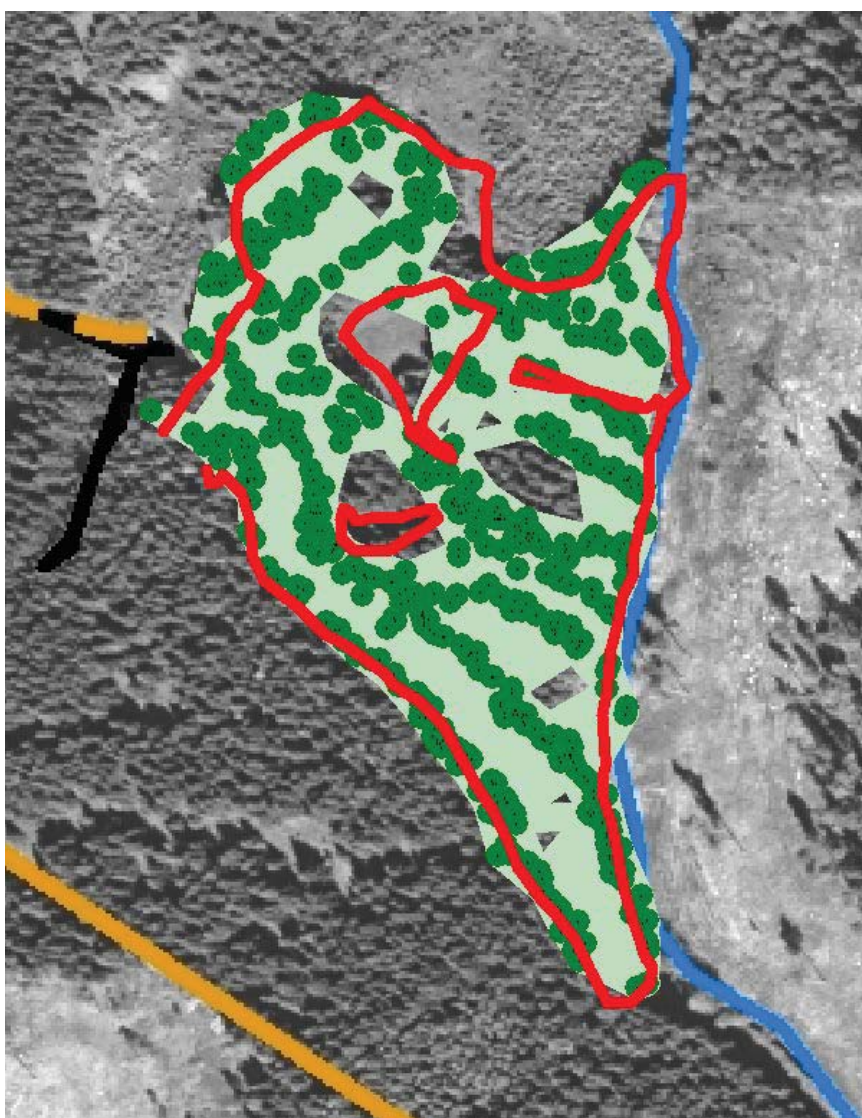
Kommentarer:

Generellt visar ytterkonturen från den handburna GPS:en god överensstämmelse med ortofotot för detta objekt.

I sydvästra kanten (på vägen)samt i delar av västra, och östra kanten finns mindre förskjutningar i skördarens GPS-signal, vilket ger överskattning av arealen beräknad utifrån skördardata.

Skördaren har kört utanför objektet förutom i sydöstligaste kanten. Då skördaren kör utanför objektet genereras en överskattning av arealen orsakat av kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen.

Objekt 4433. Figuridentitet GV8.



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	2,17	2,62
Obehandlad yta	0,15	0,20
Avverkad yta	2,02	2,42

Kommentarer:

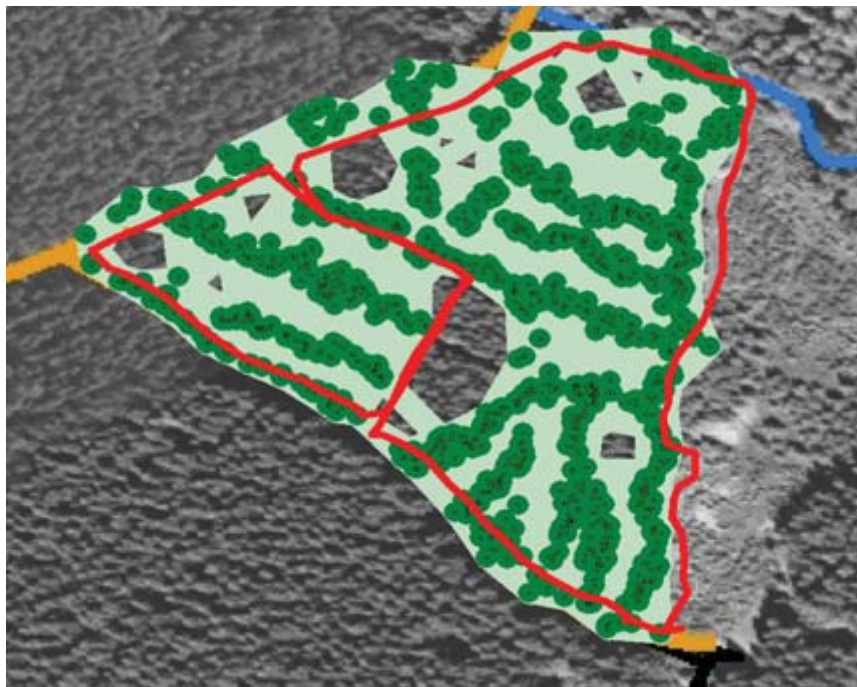
Generellt god överensstämmelse.

För den handburna GPS-signalen finns förskjutningar, vilket kan konstateras utifrån en jämförelse av polygonerna från den manuella mätningen och ortofotot. I nordvästra hörnet löper ytterkonturen från den manuella mätningen felaktigt en bit in i objektet och i nordöstra hörnet löper ytterkonturen bitvis på fel sida diket: skördardata visar här bättre överensstämmelse med ortofotot.

I objektet finns två inägor och ett brett dike vilka avgränsats manuellt. Signalen från den handburna GPS-en är förskjuten österut i jämförelse med ortofotot: skördardata visar också här bättre överensstämmelse.

Kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen förekommer längs sydvästra kanten och längs diket men dessa förefaller vara begränsade.

Objekt 4631_1. Figuridentitet GV9.



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	2,45	2,88
Obehandlad yta	0,0	0,20
Avverkad yta	2,45	2,68

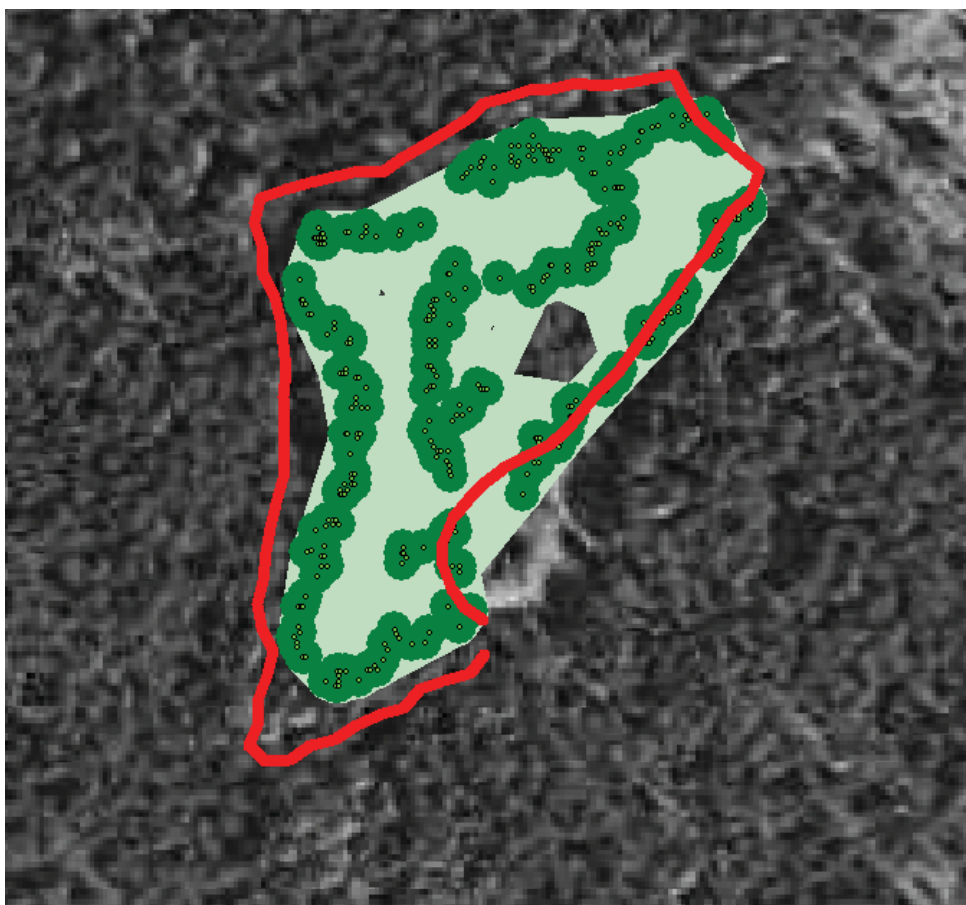
Kommentarer:

I kartbilden finns två områden från den manuella registreringen av GPS spår markerade. En mindre del i västra delen där manuell referensmätning gjordes av beståndsparametrar samt den östra delen som enbart användes för arealjämförelse. Vid beräkningen av areal utifrån den manuella mätningen användes den samlade ytterprofilen från de två GPS spåren.

Skördaren har kört på vägarna i sydvästra och nordvästra kanterna. Då skördaren kör utanför objektet genereras en överskattning av arealen orsakat av kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen. I norr, längs bäcken samt längs vägen i nordväst finns förskjutningar i signalen från skördarens GPS, vilket verkar i riktning mot överskattning av arealen.

GALLRINGSOBJEKT UPPLAND

Objekt Paradiset 114277_1. Figuridentitet GU1.

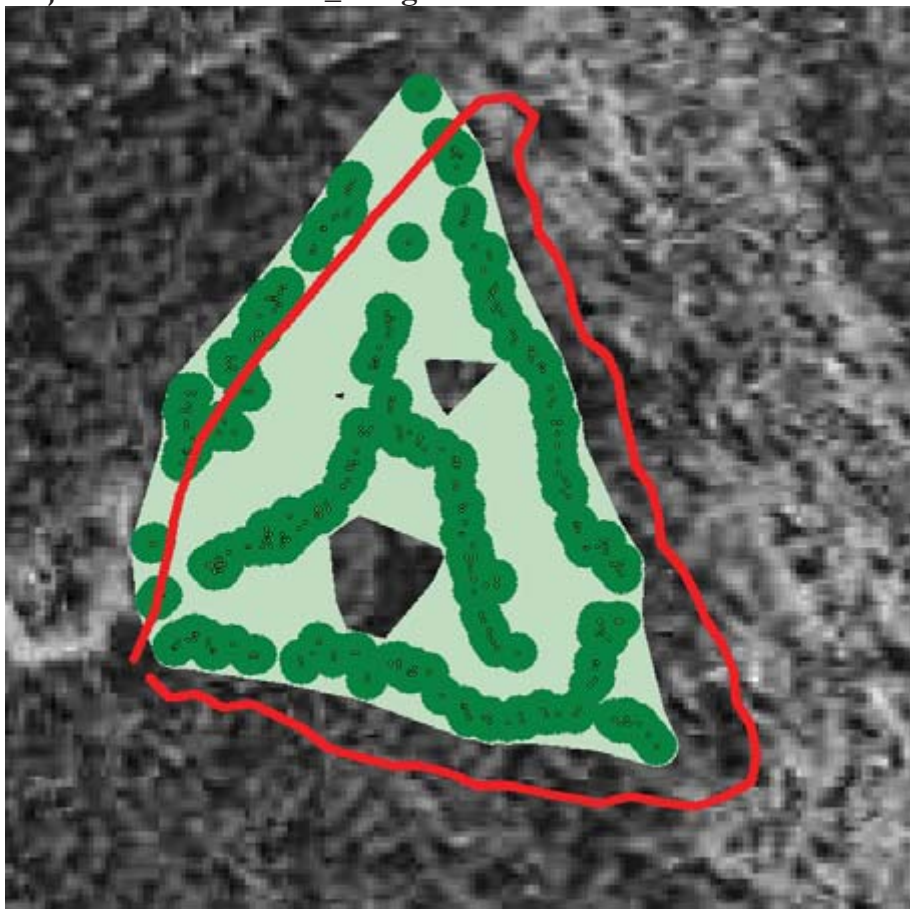


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,90	0,86
Obehandlad yta	0,0	0,02
Avverkad yta	0,90	0,84

Kommentarer:

Västra kanten av objektet är nere i ett dike, ca 10 meter från dikesbotten finns en gammal väg som skördare använde. Därför är avståndet till gränsen under-skattat. I östra sidan körde skördaren utanför objektet på en skogsbilsväg därför går gränsen en bit in på skördardataområdet. Dessa båda fel har i snitt tagit ut varandra.

Objekt Paradiset 114277_2. Figuridentitet GU2.

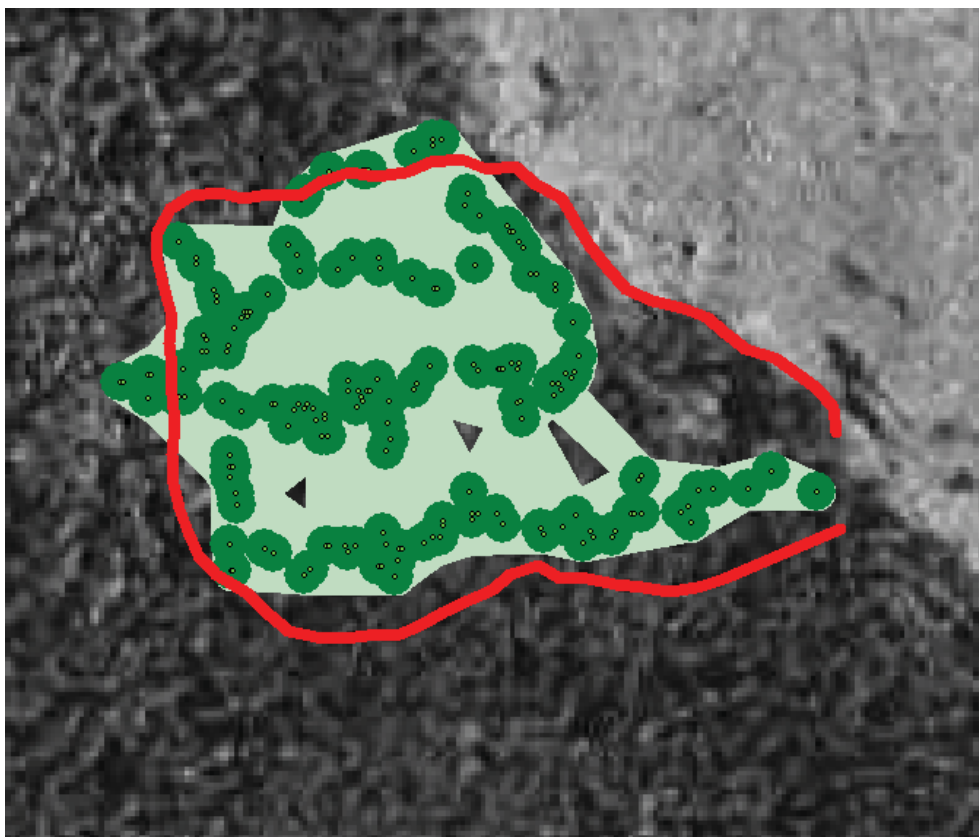


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,91	0,84
Obehandlad yta	0,0	0,03
Avverkad yta	0,91	0,81

Kommentarer:

I västra kanten av objektet så körde skördaren på en skogsbilväg och avverkade bara åt öster därför är den faktiska gränsen väster om körstråket. I öster går objektgränsen på ett berg där skogen var gles och det var nästan omöjligt att köra med skördaren. Enligt skogsplanen tillhör dock delen aktuellt objekt. I söder så snitslades mitt emellan två gamla vägar och därigenom blev det naturligt att maskinen jobbade på full kranlängd. Även dessa fel tog ut varandra.

Objekt Paradiset 114277_3. Figuridentitet GU3.

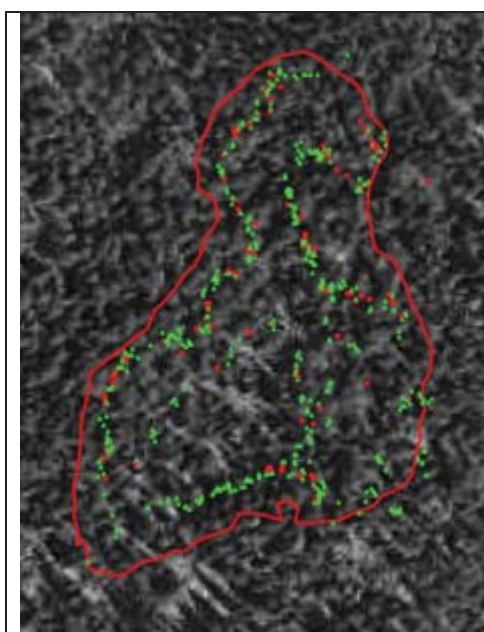
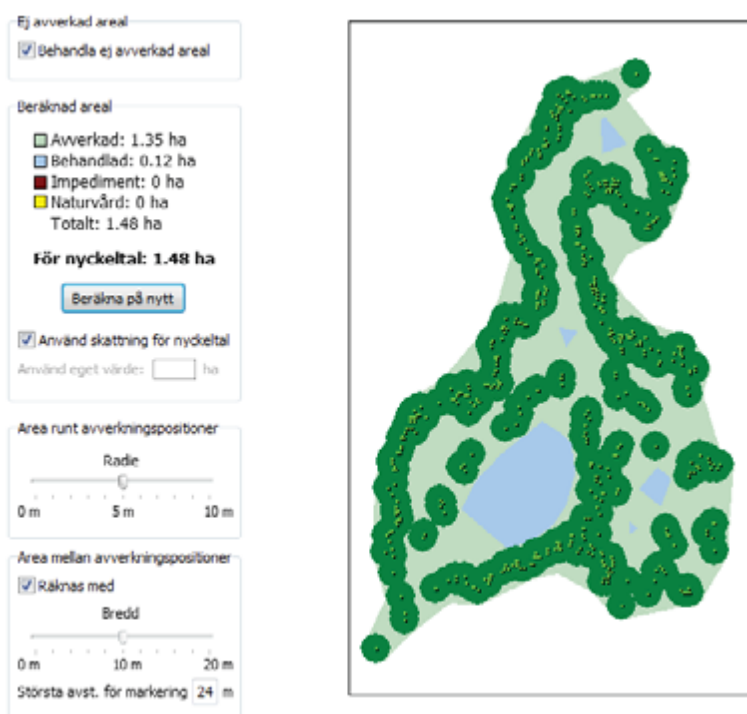


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,96	0,78
Obehandlad yta	0,0	0,0
Avverkad yta	0,96	0,78

Kommentarer:

Östra delen av objektet var glesst stående stora träd, till viss del sönderblåst, där ingen gallring behövde göras och därför har skördaren inte kört där, detta område tillhör dock objektet. I syd snitslades en gräns mitt emellan två gamla vägar där avståndet var ca 20 meter. I norr gick gränsen en bit i en befintlig gammal körväg.

Objekt Paradiset 114277_4. Figuridentitet GU4.

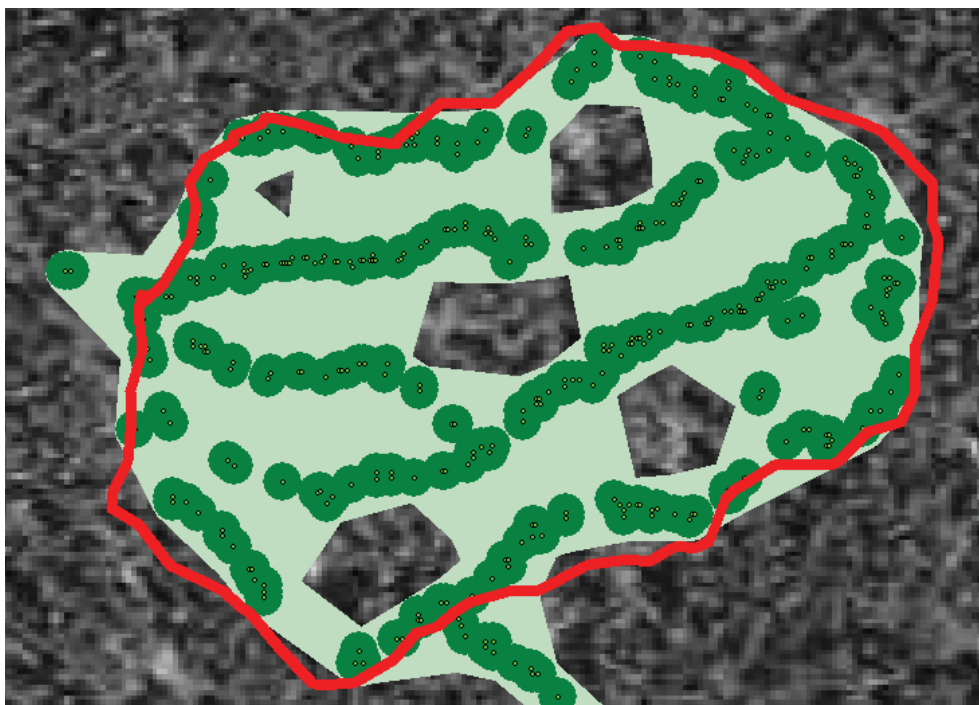


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	1,56	1,48
Obehandlad yta	0,0	0,12
Avverkad yta	1,56	1,36

Kommentarer:

I väster så utgjorde en bäck gränsen, vilket gav lite underskattning av ytan med skördardata. Centralt i objektet så var ett bergsområde med gles skog. Området kan definieras som skogsmark men behövde inte gallras då stammarna stod glest. I arealberäkning så ingår det området både i skördararealen som obehandlad yta och i den manuellt mätta ytan. I östra kanten finns ett kärr/ fuktigt område som skördaren inte kört i. Detta ingår dock i objekten då det röjts manuellt.

Objekt Alslygruvan 155426. Figuridentitet GU5.

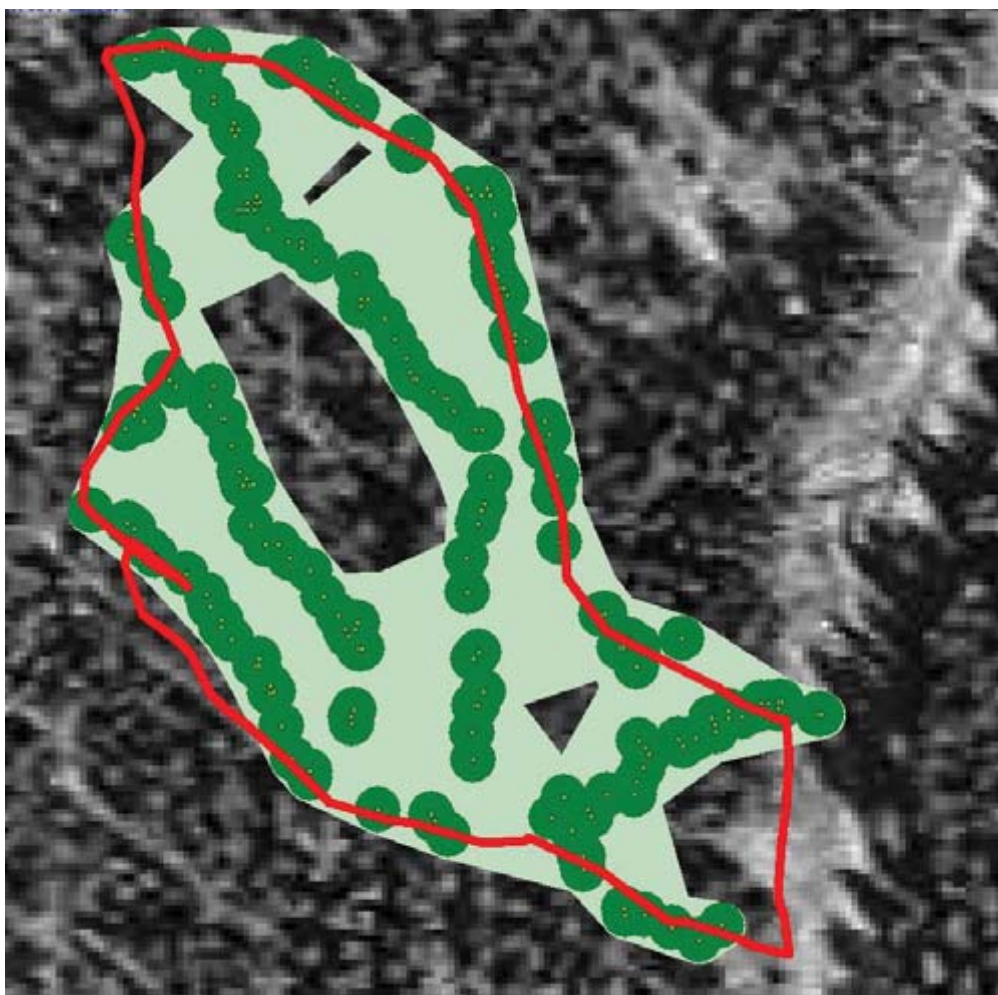


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	1,35	1,37
Obehandlad yta	0,0	0,15
Avverkad yta	1,35	1,22

Kommentarer:

Objektet är en gles tallskog med små bergsimpediment. Detta förklarar de tomma ytorna där ingen direkt gallring har skett pga få stammar.

Objekt Brännfallet 155366. Figuridentitet GU6.

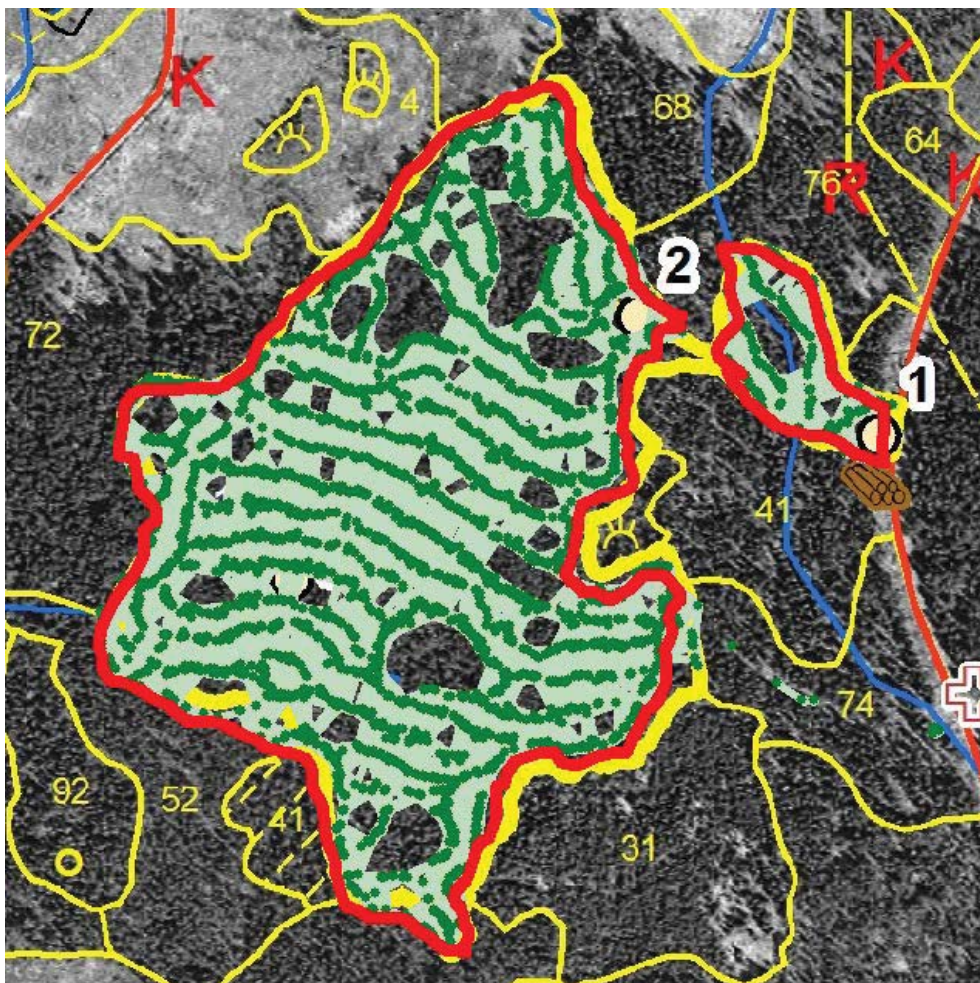


	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	0,90	1,05
Obehandlad yta	0,0	0,10
Avverkad yta	0,90	0,95

Kommentarer:

Skördaren har huvudsakligen kört i objektets ytterkant, vilket genererar en överskattning av arealen orsakat av kanteffekter från areaberäkningsalgoritmen. I sydost var avståndet mellan de två stickvägarna över 24 meter, vilket gjorde att denna del inte inräknades i arealen.

Objekt Brännfallet 155366_1



	Areal (ha) beräknad utifrån	
	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	13,74	13,70
Obehandlad yta	0,0	1,80
Avverkad yta	13,74	11,90

SLUTAVVERKNINGSOBJEKT SÖDERMANLAND

Objekt Selesjö mosse. Figuridentitet SS1.

Ej avverkad areal
 Behandla ej avverkad areal

Beräknad areal
 Avverkad: 11,84 ha
 Behandlad: 0,38 ha
 Impediment: 0,92 ha
 Totalt: 13,14 ha

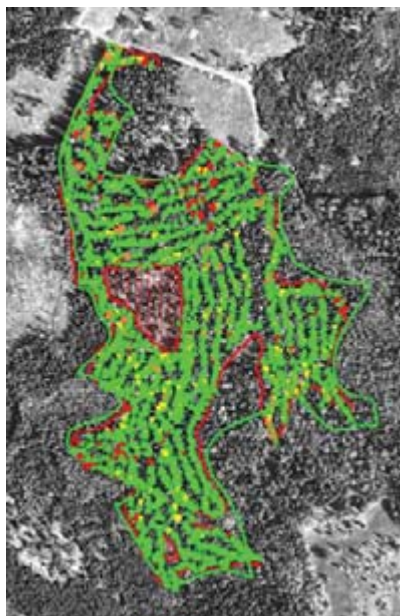
För nyckeltal: 12,22 ha

Använd skattning för nyckeltal
 Använd eget värde: ha

Area runt avverkningspositioner
 Radie
 0 m 5 m 10 m

Area mellan avverkningspositioner
 Räknas med
 Bredd
 0 m 10 m 20 m
 Största avst. för markering: 24 m

Blåa behandlad areal är två områden där gpsens kommunikation med apteringsdatorn inte fungerade vid avverkning, dvs stammarna saknar koordinater.



	Areal (ha)	Areal (ha) beräknad utifrån	
	enligt plan	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	15,1	13,25	13,14
Obehandlad yta	–	0,89	0,92
Avverkad yta	15,1	12,34	12,22

Objekt Selesjö krokvägen. Figuridentitet SS2.

Ej avverkad areal
 Behandla ej avverkad areal

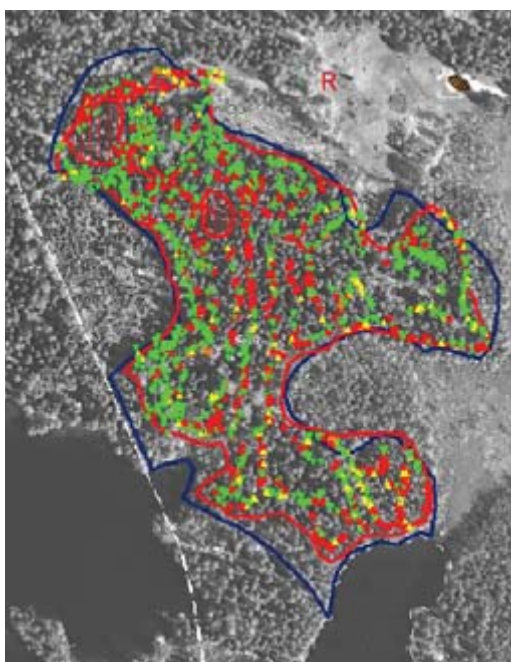
Beräknad areal
 Avverkad: 5.1 ha
 Behandlad: 0.29 ha
 Impediment: 0.18 ha
 Totalt: 5.56 ha

För nyckeltal: 5.39 ha

Använd skattning för nyckeltal
 Använd eget värde: ha

Area runt avverkningspositioner
 Radie
 0 m 5 m 10 m

Area mellan avverkningspositioner
 Räknas med
 Bredd
 0 m 10 m 20 m
 Största avst. för markering 24 m



	Areal (ha) enligt plan	Area (ha) beräknad utifrån	
		Manuell mätning	Skördardata
Total yta	Ca 7	5,56	5,61
Obehandlad yta	–	0,18	0,27
Avverkad yta		5,39	5,34

SLUTAVVERKNINGSOBJEKT UPPLAND

Objekt Askmyrvägen 110802. Figuridentitet SU1.

Ej avverkad areal
 Behandla ej avverkad areal

Beräknad areal

Avverkad: 3.5 ha
 Behandlad: 0 ha
 Impediment: 0.02 ha
 Totalt: 3.51 ha

För nyckeltal: 3.5 ha

Använd skattning för nyckeltal

Använd eget värde: ha

Area runt avverkningspositioner

Radie



Area mellan avverkningspositioner

Räknas med

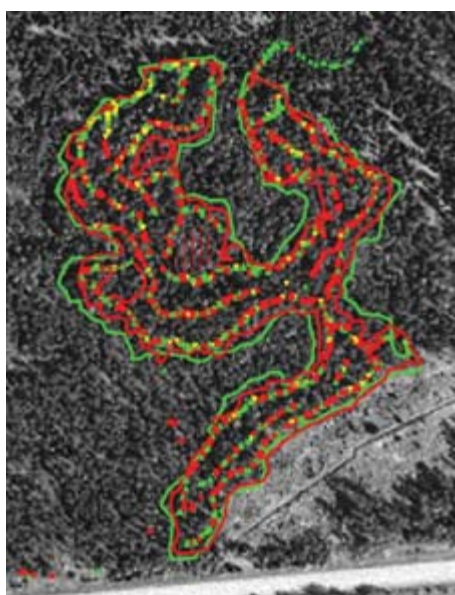
Bredd



Största avst. för markering m



Området blir lite för stort pga stickvägsträd i norr och söder, uppskattningsvis 0,2 ha.



	Areal (ha) enligt plan	Areal (ha) beräknad utifrån	
		Manuell mätning	Skördardata
Total yta	4,0	3,53	3,45
Obehandlad yta	–	0,02	0,1
Avverkad yta	4,0	3,51	3,35

Objekt Klotvreten 113460. Figuridentitet SU2.

Ej avverkad areal

Behandla ej avverkad areal

Beräknad areal

Averkad: 10,31 ha
 Behandlad: 0,07 ha
 Impediment: 0,38 ha
 Totalt: 10,76 ha

För nyckeltal: 10,38 ha

Använd skattning för nyckeltal

Använd eget värde: ha

Area runt avverkningspositioner

Radie

0 m 5 m 10 m

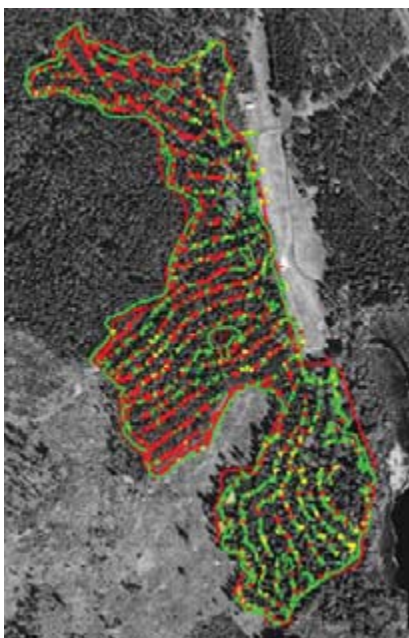
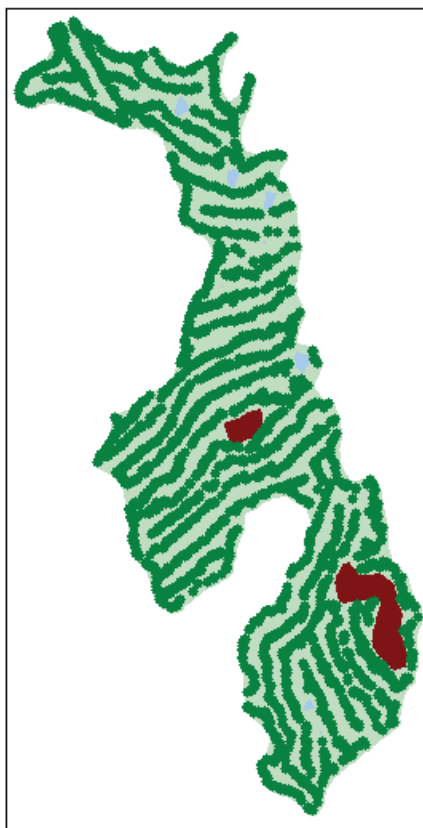
Area mellan avverkningspositioner

Räknas med

Bredd

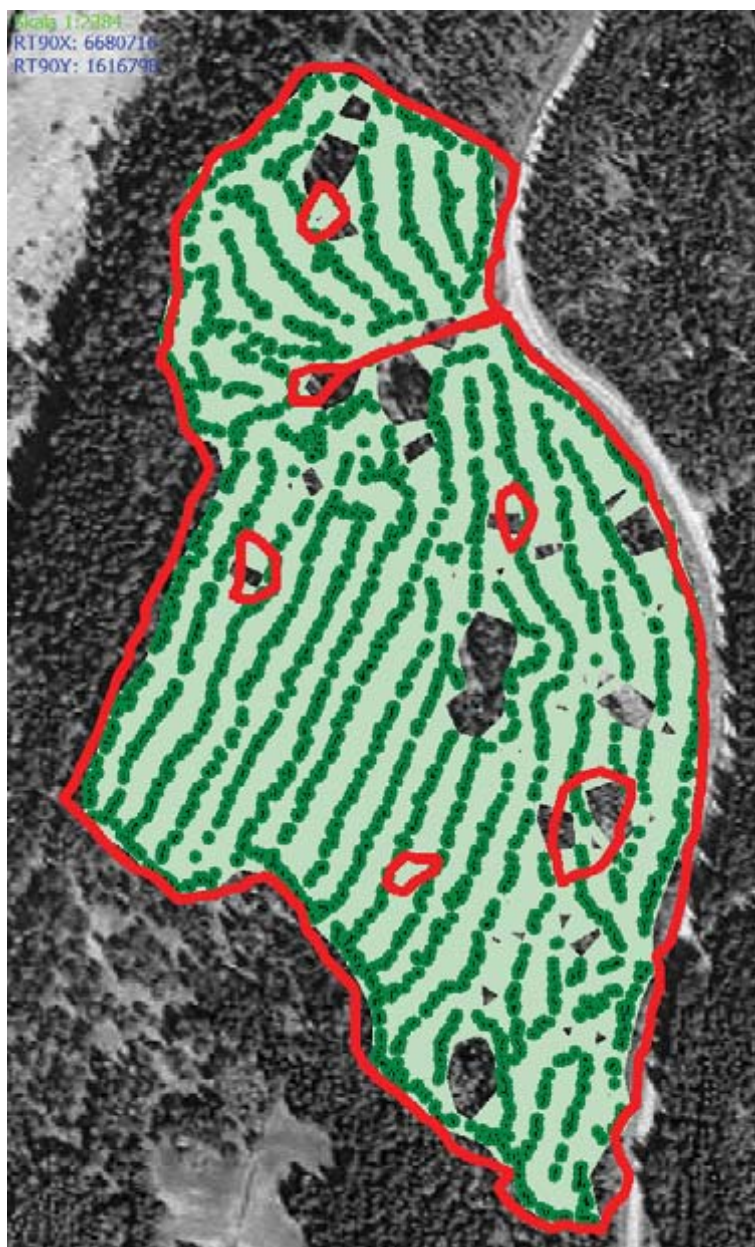
0 m 10 m 20 m

Största avst. för markering m



	Areal (ha)	Areal (ha) beräknad utifrån	
	enligt plan	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	10,5	10,76	10,24
Obehandlad yta	–	0,38	0,1
Avverkad yta	10,5	10,38	10,1

Objekt Bro 115952. Figuridentitet SU 3.



	Areal (ha) enligt plan	Areal (ha) beräknad utifrån	
		Manuell mätning	Skördardata
Total yta	11,60	11,79	11,59
Obehandlad yta	–	0,33	0,58
Avverkad yta	11,60	11,46	11,01

Objekt Norrbyvägen_1 116839_1. Figuridentitet SU4.

Ej avverkad areal
 Behandla ej avverkad areal

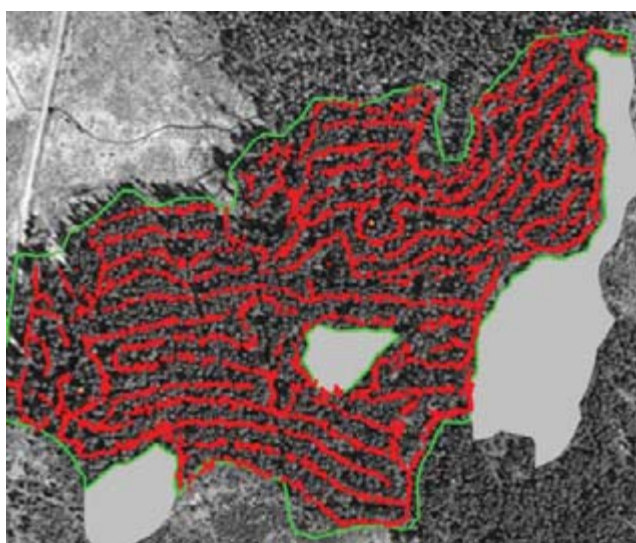
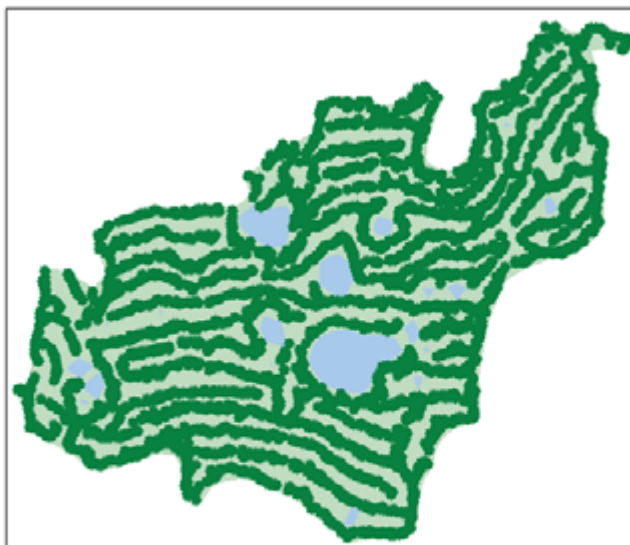
Beräknad areal
 Avverkad: 11,81 ha
 Behandlad: 0,67 ha
 Impediment: 0 ha
 Naturvård: 0 ha
 Totalt: 12,47 ha

För nyckeltal: 12,47 ha

Använd skattning för nyckeltal
 Använd eget värde: ha

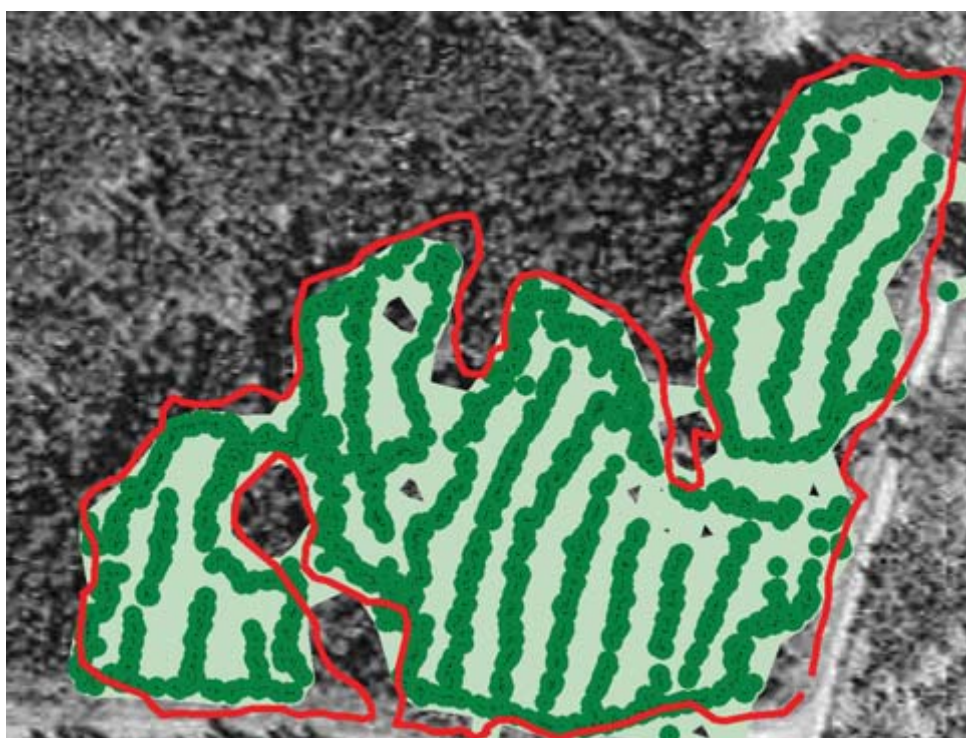
Area runt avverkningspositioner
 Radie
 0 m 5 m 10 m

Area mellan avverkningspositioner
 Räknas med
 Bredd
 0 m 10 m 20 m
 Största avst. för markering 24 m



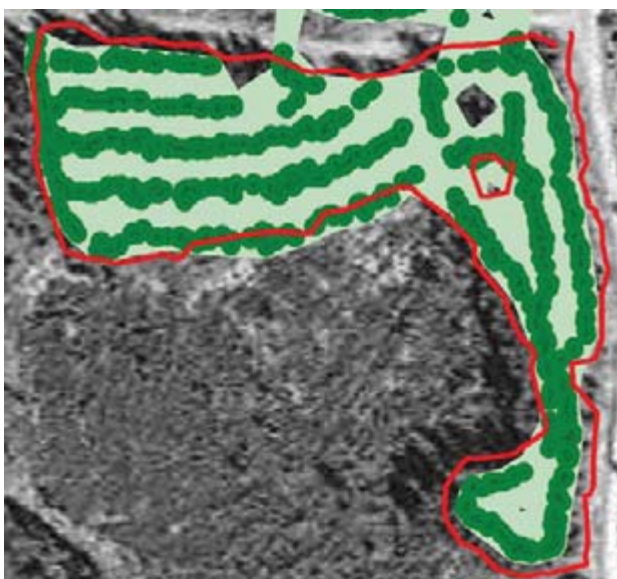
	Areal (ha) enligt plan	Areal (ha) beräknad utifrån	
		Manuell mätning	Skördardata
Total yta	–	12,21	12,47
Obehandlad yta	–	0,46	0,67
Avverkad yta	–	11,75	11,81

Objektsidentitet Norrbyvägen_2 116839_2. Figuridentitet SU5



	Areal (ha) enligt	Areal (ha) beräknad utifrån	
	plan	Manuell mätning	Skördardata
Total yta	–	4,34	4,12
Obehandlad yta	–	–	0,12
Avverkad yta	–	4,34	4,00

Objektsidentitet Norrbyvägen_3 116839_3. Figuridentitet SU6.



	Areal (ha) enligt plan	Areal (ha) beräknad utifrån	
		Manuell mätning	Skördardata
Total yta	2,05	2,05	1,93
Obehandlad yta	0,02	0,02	0,02
Avverkad yta	2,03	2,03	1,91

Objektsidentitet Kakeläng 116805. Figuridentitet SU 7.



	Areal (ha) enligt plan	Areal (ha) beräknad utifrån	
		Manuell mätning	Skördardata
Total yta	5,7	5,33	5,18
Obehandlad yta	–	0,23	0,22
Avverkad yta	5,7	5,10	4,96

Nyckeltal som beskriver kvarvarande bestånd efter åtgärd

Tabell 1.

Sammanställning av de nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring. Samtliga nyckeltal ska kunna beräknas för valbart geografiskt avgränsat område samt för trädslagen tall, gran och björk.

Nyckeltal	Enhet
Area	ha
Volym totalt	m ³ sk
Volym per ha	m ³ sk/ha
Stamantal	antal
Grundtevägd brösthöjdsdiameter	mm
Grundtevägd medelhöjd	m
Övre höjd	m
Ståndortsindex	m
Höjdkurva H15/H25	m
Diameterfördelning i brösthöjd.	mm
Grundyta	m ²
Rötfrekvenskarta	antal, shape-fil
Stickvägssystem	shape-fil
Högstubbar ¹⁾	antal
Hänsynsyta ¹⁾	shape-fil
Stubbehandling ¹⁾	ja/nej

¹⁾ För att kunna beräkna dessa nyckeltal krävs maskin Anpassningar samt att tillhörande Anpassningar görs i skogsstandard (StanForD).

Tabell 2.

Sammanställning av de nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet **efter slutavverkning**. Samtliga nyckeltal ska kunna beräknas för valbart geografiskt avgränsat område samt för trädslagen tall, gran och björk.

Nyckeltal	Enhet
Areal	ha
Ståndortsindex	m
Rötfrekvenskarta	shape-fil
Fröträ ¹⁾	antal, shape-fil
Högstubbar ¹⁾	antal, shape-fil
Hänsynsyta ¹⁾	shape-fil
Körskador ¹⁾	
Stubbehandling ¹⁾	

¹⁾ För att kunna beräkna dessa nyckeltal krävs maskin Anpassningar samt att tillhörande Anpassningar görs i skogsstandard (StanForD).

Tabell 6.

Sammanställning av de nyckeltal som beskriver uttaget vid slutavverkning. Samtliga nyckeltal ska kunna beräknas för valbart geografiskt avgränsat område samt för trädslagen tall, gran och björk.

Nyckeltal	Enhet
Uttagen mängd grot	ton TS
Uttagen andel grot	% av totala mängden på objektet
Grotanpassning	shape-fil

Nyckeltal för kvarvarade bestånd manuellt mätt och prognostiserat med skördardata

Tabell 1.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt beståndsuppgifter för de i studien ingående gallringsobjekten. Manuell mätning avser objektens nyckeltal manuellt kontrollerade efter gallring och skördarprognos 1 visar prognostisering av nyckeltal efter gallring baserat på skördardata.

Avverkande företag	Område	Objektsid	Figur-id	Åtgärd	GY/ha (m ² /ha)	GY/ha (m ² /ha)	Gallringsstyrka (%)	Gallringsstyrka (%)	Gallringskvot	Gallringskvot	Volym (m ³ sk/ha)	Volym (m ³ sk/ha)
					Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432	GV1	1:a	24,9	22,5	37,4	39,8	0,72	0,75	231	220
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_1	GV2	1:a	22,7	21,7	29,1	30,1	0,75	0,74	207	191
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_2	GV3	1:a	21,6	24,7	42,5	39,3	0,72	0,74	201	217
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4631	GV4	2:a	24,0	26,2	31,9	30,0	0,76	0,75	220	247
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4695	GV5	3:e	33,6	28,0	21,3	24,5	0,85	0,86	357	311
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 5096	GV6	2:a	27,7	28,0	25,9	25,6	0,78	0,75	269	284
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_1	GU1	1:a	18,4	19,1	30,5	29,8	0,80	0,88	124	130
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_2	GU2	1:a	17,2	14,0	26,2	30,4	0,80	0,87	111	86
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_3	GU3	2:a	22,3	21,4	19,5	20,2	0,84	0,86	210	202
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_4	GU4	1:a	13,9	12,1	27,2	30,1	0,82	0,87	96	80
Korsnäs	Uppland	Aslygruvan 155426	GU5	1:a	11,1	13,3	27,9	24,5	0,85	0,86	71	86
Korsnäs	Uppland	Brännfallet 155366	GU6	2:a	19,1	20,9	26,0	24,3	0,79	0,86	177	191

Tabell 2.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt beståndsuppgifter för de i studien ingående gallringsobjekten. Manuell mätning avser objektens nyckeltal manuellt kontrollerade efter gallring och skördarprognos 1 visar prognostisering av nyckeltal efter gallring baserat på skördardata.

Avverkande företag	Område	Objektsid	Figur-id	Åtgärd	Dgv (mm)	Dgv (mm)	Stamantal (st/ha)	Stamantal (st/ha)	ÖH	ÖH	SI	SI
					Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432	GV1	1:a	271	257	508	450	22	22	35	36
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_1	GV2	1:a	243	246	551	469	19,2	20	33	34
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_2	GV3	1:a	261	254	485	650	23,8	21	33	33
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4631	GV4	2:a	242	248	597	562	21,6	21	33	33
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4695	GV5	3:e	311	306	484	389	27	26	35	31
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 5096	GV6	2:a	286	297	508	460	23	23	35	35
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_1	GU1	1:a	220	201	592	829	17,4	16	28	27
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_2	GU2	1:a	210	194	611	673	15,4	15	26	26
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_3	GU3	2:a	247	242	566	488	22,3	21	28	27
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_4	GU4	1:a	201	189	633	650	15,5	14	30	29
Korsnäs	Uppland	Aslygruvan 155426	GU5	1:a	182	180	493	676	15,6	14	24	22
Korsnäs	Uppland	Brännfallet 155366	GU6	2:a	263	243	460	471	21,9	20	31	28

Tabell 3.

Avverkande företag, läge, objektsidentitet, identitet som används i resultatfigurer samt beståndsuppgifter för de i studien ingående gallringsobjekten. Manuell mätning avser objektens nyckeltal manuellt kontrollerade efter gallring och skördarprognos 1 visar prognostisering av nyckeltal efter gallring baserat på skördardata.

Avverkande företag	Område	Objektsid	Figur-id	Åtgärd	Tallandel (% av Gy)	Tallandel (% av Gy)	Granandel (% av Gy)	Granandel (% av Gy)	Lövandel (% av Gy)	Lövandel (% av Gy)
					Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1	Manuell mätning	Skördarprognos 1
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432	GV1	1:a	0	0	95	96	5	4
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_1	GV2	1:a	0	0	98	94	2	6
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4432_2	GV3	1:a	0	0	80	85	20	15
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4631	GV4	2:a	0	0	99	100	1	0
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 4695	GV5	3:e	0	0	100	100	0	0
Skogssällskapet	V-götland	Remningstorp 5096	GV6	2:a	0	0	98	99	2	1
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_1	GU1	1:a	77	72	16	26	7	2
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_2	GU2	1:a	79	79	13	16	8	6
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_3	GU3	2:a	79	82	17	18	4	0
Korsnäs	Uppland	Paradiset 114277_4	GU4	1:a	52	55	47	45	1	0
Korsnäs	Uppland	Aslygruvan 155426	GU5	1:a	99	100	1	0	0	0
Korsnäs	Uppland	Brännfallet 155366	GU6	2:a	81	86	18	14	1	0

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2010

2010	
Nr 700	Hannerz, M. & Cedergren, J. 2010. Attityder och kunskapsbehov – förädlad skogsodlingsmaterial. 56 s.
Nr 701	Rytter, R.M. 2010. Detektion av röta i bokved – resultat av mätthöjd, riktning och tidpunkt. 10 s.
NR 702	Rosvall, O. & Lundström, A. 2010. Förädlings effekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. 31 s.
Nr 703	von Hofsten, H. 2010. Skörd av stubbar – nuläge och utvecklingsbehov. 18 s.
Nr 704	Karlsson, O. & Nisserud, F. 2010. Utveckling av en dynamisk helfordonsmodell för skotare. 73 s.
Nr 705	Eliasson, L. & Johannesson, T. 2010. Förröjningens påverkan på grotskotning – En studie av produktivitet, ekonomi, grotkvalitet hos SCA skog. 9 s.
Nr 706	Rytter, L. & Stener L.G. 2010. Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2010 för Energimyndighetens projekt 30346. 23 s.
Nr 707	Bergkvist, I. 2010. Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982-1984. 16 s.
Nr 708	Hannrup, B. & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på uppkomsten av kapsprickor – en jämförande studie. 28 s.
Nr 709	Iwarsson Wide, M., Belbo, H. 2010. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag i mycket klen skog Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E och Log Max 4000, Mellanskog, Simeå 28 s.
Nr 710	Englund, M., Löfroth, C. & Jönsson, P. 2010. Inblandning av rött ljus i LED-lampor – Laboratoriestudier av hur människor uppfattar tre olika ljusblandningar. 7 s.
Nr 711	Mullin, T.J., Hallander, J., Rosvall, O. & Andersson, B. 2010. Using simulation to optimise tree breeding programmes in Europe: an introduction to POPSIM™. 28 s.
Nr 712	Jönsson, P. 2010. Hydrauliskt dämpad hytt – ett lyft för arbetsmiljön? 14 s.
Nr 713	Eriksson, B. & Sonesson, J. 2010. Tredje generationen skogsbruksplaner – Slutrapport DELproj 4 – Arbetsgång vid planläggning. 23 s.
Nr 714	Sonesson, J. 2010. Nya arbetssätt i skogsbruksplanläggning. 20 s.
Nr 715	Eliasson, L. 2010. Huggbilar med lastväxlarssystem. 13 s.
Nr 716	Eliasson, L. & Granlund P. 2010. Krossning av skogsbränsle med en stor kross – En studie av CBI 8400 hos Skellefteå Kraft. 6 s.
Nr 717	Stener, L.G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska försök. 46 s.
N 718	Palmquist, C. & Sandberg, J. & Vibrationskomfort och ergonomi på förarstolar i skotare. 100 s.
Nr 719	Thor, M. 2010. Avverkning och hantering av virke och avverkningsrester vid angrepp av tallvedsnematoder i svensk skog. 42 s.
Nr 720	Fogdestam, N. 2010. Studier av Biotassu Griptilt S35 i gallring. 11 s.
Nr 721	Brunberg, T. 2010. Bränsleförbrukningen i skogsbruket. 12 s.
Nr 722	Brunberg, T. 2010. Rätt begrepp. 25 s.
Nr 723	Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – modulsystem för skogstransporter – Delrapport för de två första åren. 130 s.
Nr 724	Rytter, L. & Lundmark, T. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens projekt 30658. Trädslagsförsök med inriktning på massaproduktion. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 24 s.
Nr 725	Rytter, R.M. & Högbom, L. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens Projekt 30659. Markkemi och fastläggning av C och N i produktionsinriktade bestånd med snabbväxande trädslag – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species. 64 s.
Nr 726	Brunberg, T., Eliasson, L. & Lundström, H. 2010. Skotning av färsk och hyggestorkad grot. 15 s.
Nr 727	Enström, J. 2010. Inlandsbanans potential i Sveriges skogsbränsleförsörjning. 34 s.

Nr 728	Häggström, C. & Thor, M. 2010. Human factors in forest harvester operation. 25 s.
Nr 729	Westlund, K. 2010. WP-5100 Alternative logistics concepts fitting different wood supply situations and markets. 50 s.
Nr 730	von Hofsten, H. Jämförelse mellan CeDe stubbrytare och Pallari 140. 9 s.
Nr 731	Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk 18 s.
Nr 732	Jönsson, P. 2010. Stolar och armstöd – Ergonomisk granskning enligt European ergonomic and safety guidelines for forest machines. 37 s.
2011	
Nr 733	Rytter, L., Johansson, T., Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.
Nr 734	Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.
Nr 735	Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.
Nr 736	Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.
Nr 737	Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.
Nr 738	Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. S.
Nr 739	Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.
Nr 740	Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.
Nr 741	Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.
Nr 742	Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J., Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s.
Nr 743	Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.
Nr 744	Cheng, C. 2011. Forwarder. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort of a Forwarder. 93 s.
Nr 745	Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.
Nr 746	Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.
Nr 747	Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. 34 s.
Nr 748	Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.
Nr 749	Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.
Nr 750	Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.
Nr 751	Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. 39 p.
Nr 752	Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridor. 26 s.
Nr 753	Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROTsporreprojektet.

Nr 754	Sjöström, L. 2011. Fuktighetsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar.
Nr 755	Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 11 s.
Nr 756	Möller, J.J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.
Nr 757	Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.