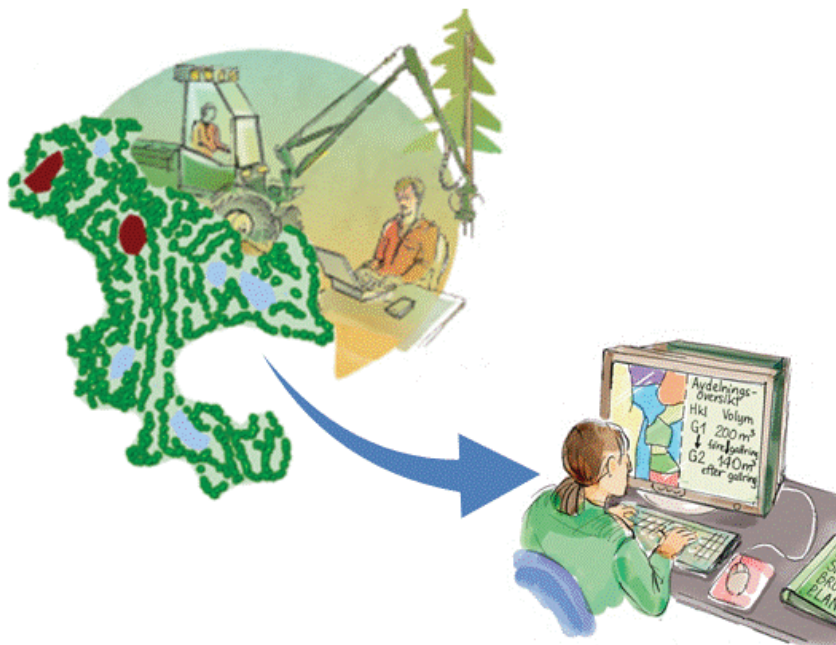


ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 756 2011



Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register- och planeringssystem

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

Johan J Möller, John Arlinger, Andreas Barth,
Nazmul Bhuiyan och Björn Hannrup

Ämnesord: Gallringsuppföljning, beståndsvariabler, skördardata.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport är utarbetad inom ramen för projektet ” Effektivare informationsåterföring baserat på skördardata”. Projektet har finansierats av medel från Stiftelsen Skogssällskapet och medel från Skogforsks ramanslag. Projektet 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 utvärdering av det framtagna systemet (Hannrup m.fl., 2011) samt den föreliggande rapporten, där ett system för beräkning och återföring av skördardata beskrivs.

Projektet har varit organiserat med både 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, Hans Andersson, Erik Dahl, Geir Eriksen och Staffan Mattsson samtliga från Skogssällskapet Förvaltning AB.

Gruppen har fungerat som ett operativt bollplank under projekttiden, och gruppen utarbetade inledningsvis en kravspecifikation som varit vägledande vid framtagningen av systemet för återföring av information till skogsägare baserat på skördardata.

En central komponent vid beräkning 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.

Framtagning av systembeskrivning och lösningsförslag för nyckeltal har skett av en arbetsgrupp vid Skogforsk bestående av Nazmul Bhuiyan, Björn Hannrup och Johan J. Möller.

Ett stort tack till samtliga som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2011

Johan J Möller (Projektledare)

Innehåll

Förord	1
Inledning.....	3
Syfte.....	3
Systemöversikt – dataflöde och nyckelkomponenter	4
1. Datainsamling i skördare	7
2A. Inläsning av skördardata i beräkningsmodul.....	8
Allmänt	8
Rekonstruktion och filtrering av stammar i beräkningsmodulen.....	9
2B och 2C. Inläsning av styrdata från företagssystem i beräkningsmodul och beräkning av träddata	10
Allmänt	10
Grot- och stubberäkning.....	10
Träddata.....	11
2D. Redovisning i HPR-meddelande.....	12
3A. Inläsning av bearbetade skördar- och registerdata	13
3B. Manuell inställning av objektsavgränsning och styrdata	13
Objektsavgränsningar	13
Manuell inställning av styrdata	16
4A. Beräkning av nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet.....	17
Beräkningsalgoritmer för areal och beskrivning av det kvarvarande beståndet.....	19
Detaljerad nyckeltalsbeskrivning.....	27
4B. Redovisning av Resultat.....	35
Allmänt om resultat från skördardata	35
Krav på utdata till företagssystem för beskrivning av det kvarvarade beståndet.....	35
Diskussion	37
Datainsamling och objektsavgränsning.....	37
Beräkningsmodeller.....	38
Utvecklingsbehov	38
Referenser.....	39
Personligt meddelande.....	39
Bilaga 1 Beräkningssteg vid beräkning av kvarvarande objekt efter gallring....	41
Bilaga 2 Gallringsdata	43
Bilaga 3 Volymsuttag	45
Bilaga 4 Skattning av grundyta efter gallring.....	47
Bilaga 5 Skattning av grundytavägd brösthöjdsdiameter (Dgv)	49
Bilaga 6 Skattning av grundytavägd medelhöjd (Hgv).....	51
Bilaga 7 Skattning av ståndortsindex.....	53
Bilaga 8 Höjdkurva	55

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 standarden 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. Att systematiskt återföra sådan information till skogliga register och planeringssystem har potential att öka kvaliteten på registeruppgifterna samt att 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 samt för att utveckla ett system för positionsbestämning och prognos av avverkade kvantiteter skogsbränsle (Möller m.fl., 2009; Hannrup m.fl., 2009).

I ett potentiellt system för återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem krävs information om enskilda träd. I dagsläget är det relativt få skördare som lagrar information om de enskilda träden, men i den nya versionen av StanForD (Arlinger m.fl., 2011), kommer lagring av enskilda träd att bli tvingande. Den nya versionen av standarden beslutades 2011. Detta innebär att inom en ganska snar framtid, kommer indata från skördare inte längre att utgöra en begränsning för ett system där skördarinformation återförs till skogliga register- och planeringssystem.

Syfte

Den här avrapporterade projektdelen syftar till att utforma och föreslå ett system för automatisk återföring av skördarinformation till skogliga register- och planeringssystem. Förslaget ska innehålla lösningsförslag för nyckelkomponenterna i systemet, och tjäna som underlag för en efterföljande implementering av systemet.

En central del av systemförslaget är att tillsammans med användare upprätta en specificering över vilken information som systemet ska kunna generera samt lösningar för hur denna information ska beräknas.

För att testa lösningsförslag kring datainsamling, beräkning av skördarbaserad information och återföring av information till skogliga register ska ett prototypprogram upprättas. Prototypprogrammet ska därmed rymma merparten av den funktionalitet som ska vara inbyggd i ett praktiskt fungerande system för återföring av skördarinformation till skogliga register och planeringssystem. Programmet ska bygga på de program som tidigare utvecklats vid Skogforsk bland annat för beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle.

Projektdelen är avgränsad till att omfatta upprättande av ett systemförslag. I en efterföljande studie kommer systemet att utvärderas. Vid utvärderingen ska skördarbaserad information som beskriver kvarvarande bestånd efter slutavverkning och gallring jämföras med motsvarande beskrivande information, framtagen utifrån manuella mätningar.

Systemöversikt – dataflöde och nyckelkomponenter

Nedan beskrivs ett förslag på system för automatisk återföring av skördarinformation till skogliga register och planeringssystem. Systemet ska kunna generera information som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring och slutavverkning d.v.s. information som t.ex. kan användas för automatiserad gallringsuppföljning, för planering av återväxtåtgärder samt för automatiserad registrering av utförd naturvårdshänsyn.

Det föreslagna systemet kan betraktas som en vidareutveckling av det system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle, som tidigare utvecklats inom ramen för programmet ”Effektivare skogsbränslesystem” vid Skogforsk (Möller m.fl., 2009; Hannrup m.fl., 2009). En implementering av de centrala delarna i skogsbränslesystemet har därefter gjorts och SDC kommer under 2012 att tillhandahålla en tjänst som levererar beräknade kvantiteter skogsbränsle utifrån skördardata. I det nu föreslagna systemet används samma metodik och plattform för datainsamling och beräkning, men beräkningssteget utökas för att kunna generera information om det kvarvarande beståndet. Basen i systemet är den beräkningsmodul som tagits fram för skogsbränsleberäkning, kallad hprCM (**h**arvester **p**roduction **C**alculation **M**odul) (Larsson m.fl., 2012).

En översikt över det föreslagna systemet för återföring av skördarinformation till skogliga register och planeringssystem redovisas i Figur 1. Systemet är uppbyggt av fyra huvudkomponenter:

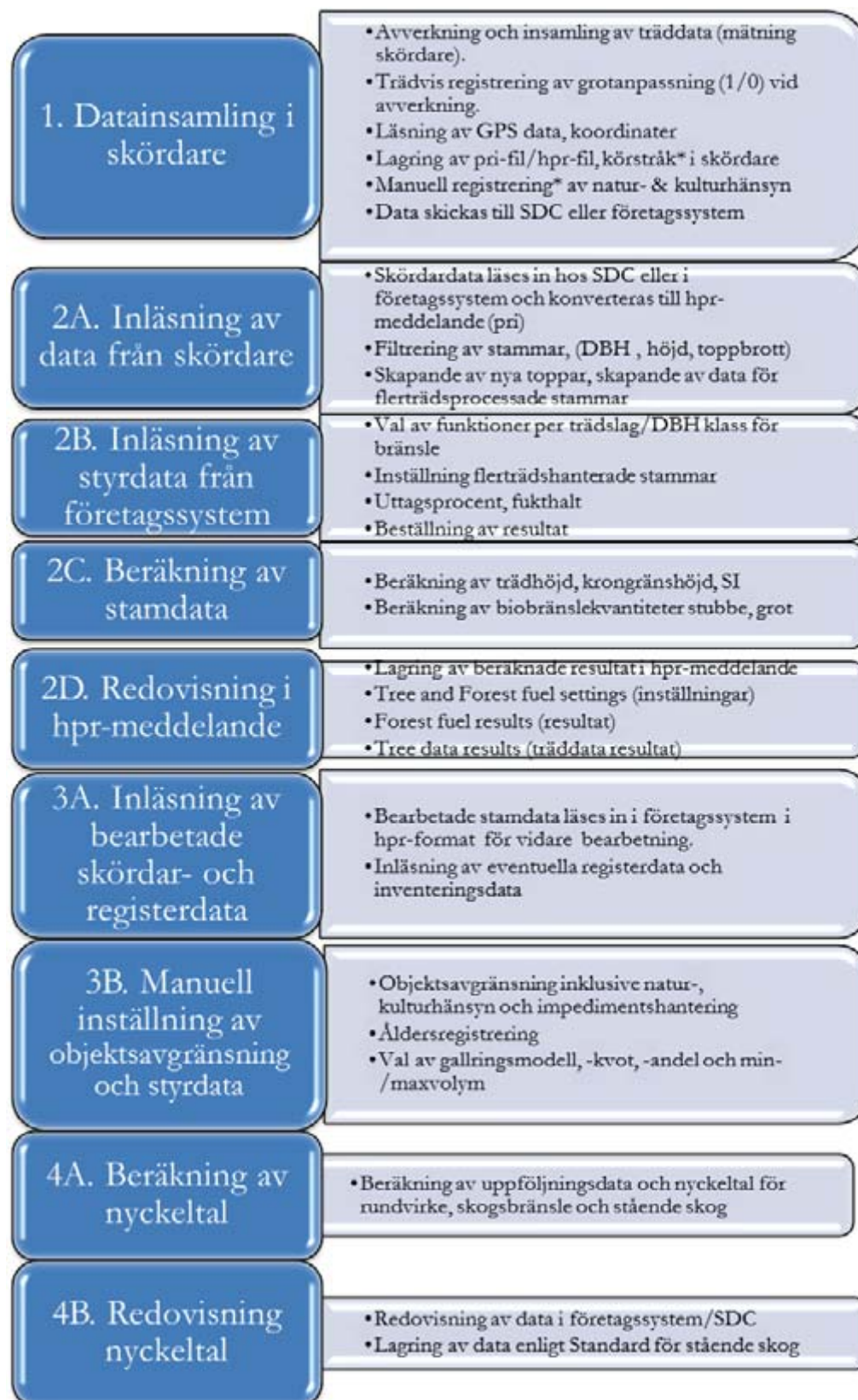
- 1) Insamling av standardiserade skördardata.
- 2) Inläsning av standardiserade skördardata i beräkningsmodul (hprCM – hpr calculation module) och beräkning av stamdata.
- 3) Inläsning av skördar- och registerdata samt manuell avgränsning av objekt.
- 4) Beräkning, redovisning och lagring av nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet efter åtgärd.

I de två första huvudkomponenterna av det föreslagna systemet utnyttjas i grunden, samma metodik och plattform som i skogsbränslesystemet. Dessa komponenter beskrivs i detalj nedan. I den tredje huvudkomponenten utnyttjas de beräknade stamdatauppgifterna tillsammans med befintlig registerinformation. Exempel på registerinformation kan vara volym- och trädslagsuppgifter framtagna utifrån laserskanning eller från manuella mätningar d.v.s. information som beskriver beståndet före avverkning. Systemet bör vara anpassat för att hantera såväl fall där mycket högkvalitativ beståndsinformation finns tillgänglig, som för fall där ingen registerinformation finns att tillgå. Under den tredje huvudkomponenten görs också en manuell objektsavgränsning d.v.s. ett

steg där man manuellt skiljer ut vilka bestånd man vill ha information om i det kvarvarande beståndet. Vi tror att detta kommer att vara nödvändigt eftersom det i skördarfilerna oftast lagras information om flera närliggande bestånd som åtgärdsats.

I den fjärde huvudkomponenten utnyttjas de ursprungliga skördardata tillsammans med beräknade träddata och eventuell tillgänglig registerinformation, för att beräkna nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet efter en åtgärd. Dessa nyckeltal är framtagna i samarbete med potentiella användare av systemet och finns specificerade i ett eget avsnitt, ”Specificering av nyckeltal”. En utgångspunkt i framtagandet av systemförslaget har varit att det ska bygga på befintliga data i största möjliga utsträckning. För generering av några av de specificerade nyckeltalen kommer det dock att vara nödvändigt att nya data samlas in i skördarna, framför allt kring lämnad naturvårdshänsyn. Detta kommer att kräva maskin Anpassningar samt tillhörande Anpassningar av skogsstandarderna.

Under sektion 4A redovisas metodik för beräkning av de specificerade nyckeltalen. Dessa beräkningar görs huvudsakligen i det framtagna prototypprogrammet. En del av dessa beräkningar är nya och att utveckla- och utvärdera denna metodik utgör en väsentlig del av projektet. Resultaten från utvärderingen, där beräknad skördarinformation som beskriver det kvarvarande beståndet har jämförts med utfallet av manuella mätningar rapporteras separat (Hannrup m.fl., 2011).



Figur 1.

Arbetsgång för att beräkna och återföra skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Schematisk bild som beskriver flödet av data från skördare, via inläsning av data hos SDC eller i företagssystem, beräkning och sedan redovisning i utdatafiler. * Dessa data samlas inte in standardmässigt i dag.

1. DATAINSAMLING I SKÖRDARE

Data i skördarna samlas med hjälp av maskinernas mätutrustning för diameter- och längd respektive GPS-utrustning för koordinatsättning. Uppgifter om trädslag och kvaliteter anges av föraren. I pri-filen (hpr-meddelande enligt StanForD, 2010) registreras data individuellt för varje stock och träd som avverkas av skördaren. Detta i motsats till dagens dominerande produktionsfiler (prd), där data normalt endast registreras klassvis per sortiment. För aktuellt projekt används följande data för varje träd: Trädslag, trädens brösthöjdsdiameter ovan bark (DBH), trädens koordinater samt uppgifter om trädet är bio-bränsleanpassat eller ej. De koordinater som registreras motsvarar positionerna för skördarnas uppställningsplatser vid upparbetning av de träd som nås från uppställningsplatserna. Detta innebär att trädens verkliga positioner kan avvika cirka 10–12 meter från de registrerade. För stockarna i varje träd samlas data om sortiment, rotdiameter, mittdiameter, toppdiameter, längd och volym bland annat.

I tabellen nedan specificeras en del av de data som registreras i skördarna. I många skördare kan också koordinater för körstråken lagras ner.

Tabell 1.

Träddata som registreras i en pri-fil eller hpr-meddelande enligt StanForD och som kan användas i systemet för återföring av skördarinformation till skogliga register och planeringssystem.

Data	Insamlingsmetod	Enhet
Trädslag	Förare	Nummer
Trädnummer	Automatiskt	Nummer
DBH	Automatisk	mm pb
DBH höjd	Inställning, företag	Cm
Biobränsleanpassning	Förare	1 true, 0 false
Latitud	Automatisk	0,00001 degrees
Longitud	Automatisk	0,00001 degrees
Höjd över havet	Automatisk	M
Förare	Inställning/ skiftbyte	Nummer

Tabell 2.

Exempel på stockdata som registreras i en pri-fil eller hpr-meddelande enligt StanForD och som kan användas i systemet för återföring av skördarinformation till skogliga register och planeringssystem.

Data	Insamlingsmetod	Enhet
Stocknummer	Automatisk	Nummer
Stamnummer	Automatisk	Nummer
Sortiments-/ produkt kod	Automatik eller förare	Nummer
Diameter (topp, mellan, rot)	Automatisk	mm ub & pb
Längd	Automatisk	Cm
Volym (en mängd olika enheter)	Automatisk	(dm ³ , fub, fpb, to)
Tvångskapskod	Automatisk	Nummer

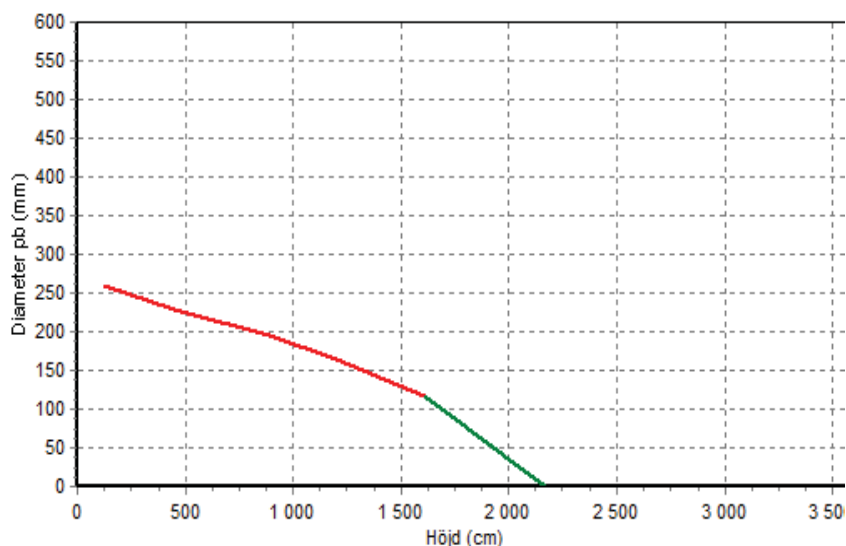
För att beräkna vissa av de nyckeltal som redovisas nedan så finns det ett behov av att även kunna samla in uppgifter om trädens ålder. Detta görs normalt inte i dag.

2A. INLÄSNING AV SKÖRDARDATA I BERÄKNINGSMODUL

Allmänt

För att kunna återskapa den avverkade skogen och beräkna egenskaper för träd och för avverkade stockar, rekonstrueras skördade stockar till stammar (ej stubbe, topp eller grenar), se Figur 2 nedan. Rekonstruktionen och egenskapsberäkningen görs med hjälp av hprCM (hpr calculation module) (Larsson m.fl., 2012). Denna modul importerar skördardata i form av hpr-filer och återskapar stammar, beräknar egenskaper och genererar resultat för varje bearbetat träd (stam inklusive stubbe, topp och grenar). I Figur 2 illustreras ett träd som består av 4 stockar som skördaren har upparbetat, och en topp som beräkningsmodulen har genererat från en topphöjdsfunktion. I figuren redovisas hprCM-beräknade data för: Skattad höjd, krongräns och övre höjd. Modulen beräknar också t.ex. grott- och stubbkvantiteter. Dessa data lagras i modulen tillsammans med trädets övriga data.

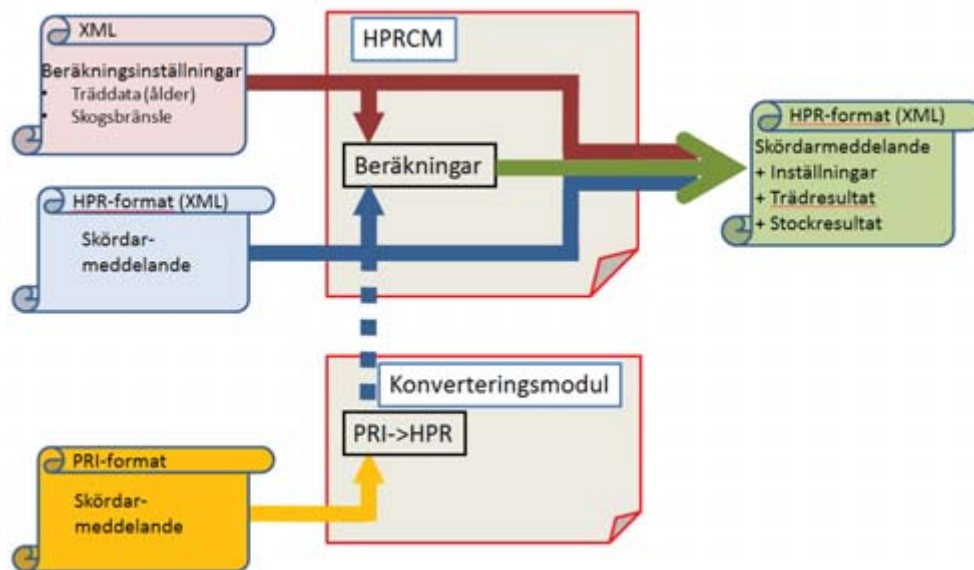
Stamnummer (4564)	37
Flerträdshanterad	Nej
Trädslag	Tall
Brösthöjd (cm)	120
DBH (mm)	259
Toppkapsdiam. (mm)	117
Toppkaphöjd (cm)	1614
Skattad höjd (cm)	2170
Krongräns (cm)	1133
Övre höjd (m)	G26
Volym (m3fpb)	0.529
Volym (m3fub)	0.488
Volym m. topp (m3fub)	0.509
Bränsleanpassad	Nej
Topplös	Nej
Sammanlagan	Nej



Stock	1	2	3	4
Produkt	Kv1 Kabenning	Kv2-3 Kabenning	Krylbo	BM
Indikator tvångskap	Other manual			
Längd (cm)	452	435	314	413
Toppdiameter (mm)	228	196	164	117

Figur 2.

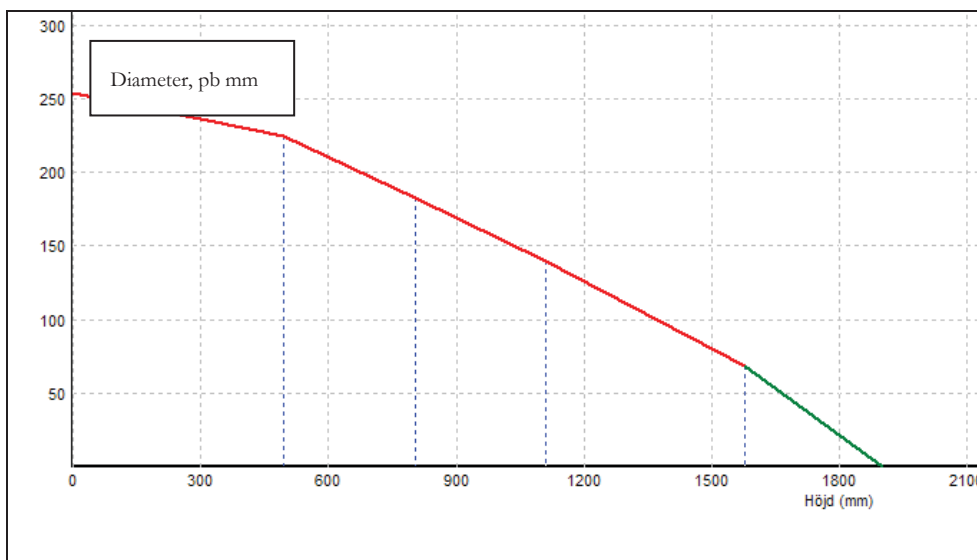
Exempel på stockdata som återskapats till ett träd i HPRCM. Beräkningsmodulen hprCM är anpassad till hpr-filer enligt StanForD 2010. När maskinerna följer den gamla standarden så används istället pri-filer. I detta fall så konverteras pri-filer till hpr-filer, se konverteringsmodul i Figur 3 nedan. Till beräkningsmodulen skickas förutom hpr-filer även ett XML-baserat beräkningsinställningsmeddelande där användaren kan beställa vilka resultat som ska beräknas.



Figur 3.
Principiell skiss över dataflöden för hprCM för beräkning av träd- och stockdata baserat på skördardata (hpr-meddelanden).

Rekonstruktion och filtrering av stammar i beräkningsmodulen

Med hjälp av hpr-filernas stam- och stockdata rekonstrueras de avverkade stammarna. Trädhöjd beräknas genom att längden för en stams stockar först summeras. Därefter adderas toppens längd från sista kap i stammen (Figur 4). I modulen används en finsk funktion (Kiljunen, 2002), vilken huvudsakligen baseras på olika diametermått längs stammen för att skatta toppens längd.



Figur 4.
Exempel på diameterprofil för stam rekonstruerad från hpr-meddelande och toppberäkning med hjälp av Kiljunens toppfunktion baserad på skördardata (Kiljunen, 2002). Toppdelen är markerad med grön färg. De vertikala, streckade blå linjerna indikerar kapställen.

För fortsatt bearbetning görs även rimlighetskontroller enligt följande: Kontroll och summering av brutna stammar, regler för maximal höjd, kontroll av DBH och kontroll av toppdiameter för eventuell skarvning/sammanslagning av två efter varandra avverkade stammar. De rimlighetskontroller och filtreringsalgoritmer som används för att korrigera felaktiga data finns närmare beskrivna av Möller m.fl. (2009).

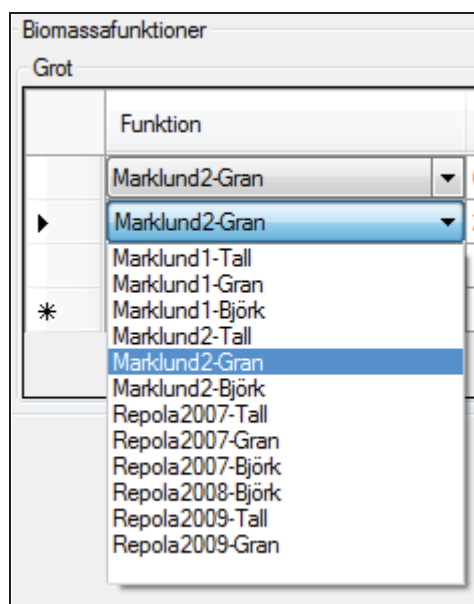
2B OCH 2C. INLÄSNING AV STYRDATA FRÅN FÖRETAGSSYSTEM I BERÄKNINGSMODUL OCH BERÄKNING AV TRÄDDATA

Allmänt

I inställningsfilerna för hprCM kan inställningar göras för olika geografiska områden och för olika trädslag.

Grot- och stubberäkning

För beräkning av kvantiteten grot och stubbar finns flera biomassafunktioner tillgängliga (Marklund, 1988; Kiljunen, 2002; Petersson & Ståhl, 2006; Repola, 2009). Resultat från en nyligen genomförd studie visade att olika funktioner gav bäst skattningar i olika delar av Sverige och för olika trädslag (Hannrup m.fl., 2009). Resultaten visade även att för olika DBH-fraktioner är olika funktioner bäst lämpade. För att erhålla bästa möjliga skattningar av kvantiteten grot och stubbar bör olika funktionsschema kunna skapas för olika trädslag och DBH-fraktioner. För att kunna göra regionala anpassningar är det även möjligt att korrigera olika funktionsvärden med ställbara kvoter.



Figur 5.
Exempel på inställning av olika biomassafunktioner för gren- och barrberäkning.

Torrådensitet (kgTS/m ³)						
	Barr	Grenar	Toppstam	Stam	Stubbe	Rötter
Detaljerat	350.0	465.0	400.0	385.0	420.0	420.0

Figur 6.

Exempel på inställning av torr-rådensitet för olika granfraktioner.

Följande variabler kan ställas per trädslag och geografiskt område:

- 1) Biomassafunktioner.
- 2) Uttagsprocenter (andel som körs till bilväg).
- 3) Innehållande stamdelar (barr, grenar, toppar, stamdelar, stubbar).
- 4) Energifunktion.
- 5) Fukthalt (%), per fraktion.
- 6) Densiteter (kg/m³fub), per fraktion.
- 7) Fastmasseprocenter för flisade fraktioner (%).
- 8) Resultat för en stor mängd fraktioner och enheter kan beställas enligt ovan för grot, stubbar och fukthalter per träd. Resultaten kan ställas i enheterna kg torrsvikt, kg råsvikt, m³fub, m³s, MWh.

Titel	Resultatyp	Delmängd	Grotkomponenter	Kvantitet	Enhet
Grot Solid volume	Grot	Harvested	<input checked="" type="checkbox"/> Barr <input checked="" type="checkbox"/> Grenar <input checked="" type="checkbox"/> Topp <50 mm <input checked="" type="checkbox"/> Topp >50 mm <input checked="" type="checkbox"/> Inkluderade produkter	Dry weight	kgDM

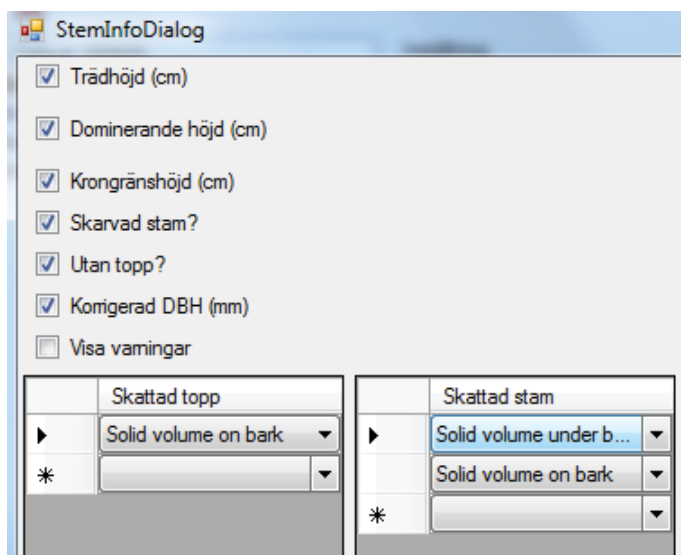
Figur 7.

Exempel på resultatbeställning i beräkningsmodul för skogsbränsle.

Träddata

För beräkning av variabler på trädnivå finns möjlighet att ställa defaultvärden för volym, trädhöjd och kaphöjder för flerträdsupparbetade och flerträdsfälda träd. För träd kan följande resultat beräknas och lagras:

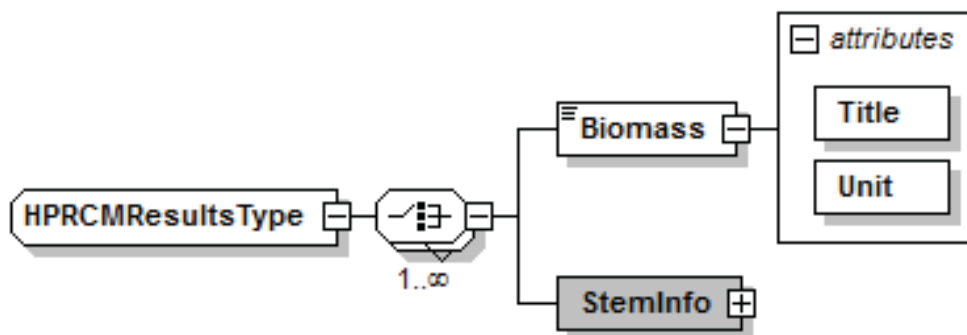
1. Trädhöjd, toppvolym, krongränshöjd, övre höjd (för området där trädet står och dominerande trädslag för området. Även om trädet är skarvat eller saknar topp kan presenteras. Dessutom kan en korrigerad DBH baserat på första stockens övriga diametrar beställas och redovisas om den avviker mot maskinens DBH.
2. För flerträdshanterade träd kan också följande data beställas förutom skogsbränsle även prognostiserade gagnvirkesvolym, trädhöjd, höjd till sista kap, sista kapdiameter och prognostiserad DBH om den saknas.



Figur 8.
Exempel på resultatbeställning i beräkningsmodul för träddata. Även data för prognos på flerträdsupparbetade träd (enligt defaultinställningar) kan beställas nederst i figuren.

2D. REDOVISNING I HPR-MEDDELANDE

Resultatet från beräkningsmodulen lagras i samma hpr-fil som skickas in i modulen. För varje fil lagras inställningar för respektive träslag, vad som beräknas och hur. För varje träd lagras sedan begärt resultat, se Figur 9 (Larsson, 2012). Efter beräkning går hpr-meddelandet vidare in i företags-system/SDC-system eller Skogforsk prototypprogram (hpr-analys) där summeringar görs och nyckeltal beräknas.



Figur 9.
Schema hprCMResultsType.

Tabell 3.
Exempel på träd- och skogsbränsledata i hpr-fil efter beräkningar gjorda i hprCM.

Resultat typ	Bestäld egenskap	Svenskt namn	Enhet	Resultat
Biomass	BranchAndTopHarvested	Grot total	m ³ s	1,320
Biomass	BranchAndTopHaulable	Grot skotat	m ³ s	0,951
Biomass	BranchAndTopHaulable	Fukthalt grot	%	48.2
Biomass	StumpHarvested	Stubbar totalt	m ³ s	0.86
Biomass	StumpHarvested	Fukthalt grot	%	40.3
StemInfo	DominantHeight	Övre höjd	m	G28
StemInfo	TreeHeight	Trädhöjd	m	31
StemInfo	NoTop	Topplös	1/0	0
StemInfo	StemJoined	Skarvad	1/0	0
StemInfo	EstimatedTop	Toppvolym	estm ³ fub	0

3A. INLÄSNING AV BEARBETADE SKÖRDAR- OCH REGISTERDATA

Beräkningsmodulen för att beräkna träddata och avverkade kvantiteter skogsbränsle är en egen modul som fyller på hpr-filen med data. Efter bearbetning läses data för varje träd antingen in i ett företagssystem (databas) eller som i projektets fall, görs en beräkning med hpr-filen i ett prototypprogram (hpr-analys).

För att kunna göra beräkningar av nyckeltal på olika nivåer kan även andra data än skördardata behövas. Dessa data kan vara kompletterande inventeringar eller registerdata som t.ex. beskrivning av avdelningar före avverkning i olika nivåer.

3B. MANUELL INSTÄLLNING AV OBJEKTSAVGRÄNSNING OCH STYRDATA

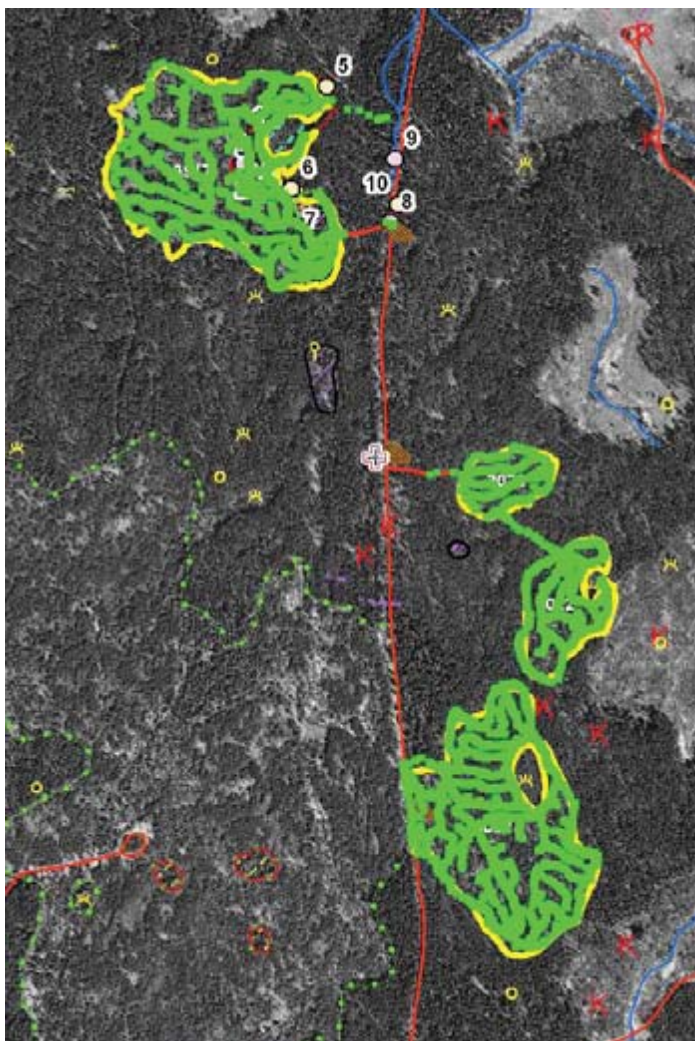
Objektsavgränsningar

I många fall skickas för ett avverkningsobjekt/bestånd flera olika skördarfiler, i andra fall skickas flera objekt i samma fil. För att en återföring ska ske på ett korrekt sätt till ett objektsregister måste det finnas en möjlighet att dela och slå ihop objekt och justera gränser. Nedan följer några alternativ:

- 1) Systemet bygger på enskilda träd och om objekten/bestånden finns definierade med gränser (polygoner) sedan tidigare, kan skördarens stammar automatiskt återföras till rätt objekt och nyckeltal kan därefter beräknas för aktuellt objekt. Problemen är flera för att klara detta i dag bl.a. att gränserna inte är helt korrekta, att GPS:en har ett fel, att GPS saknas på skördaren och att GPS:en endast registrerar skördarens position. I framtiden är dock visionen att detta ska kunna fungera automatiskt.
- 2) En manuell hantering för att slå ihop filer eller dela upp dem till avdelningar i GIS-programvara. Detta är nog systemet som ska användas till att börja med. Därefter kan nyckeltal beräknas.

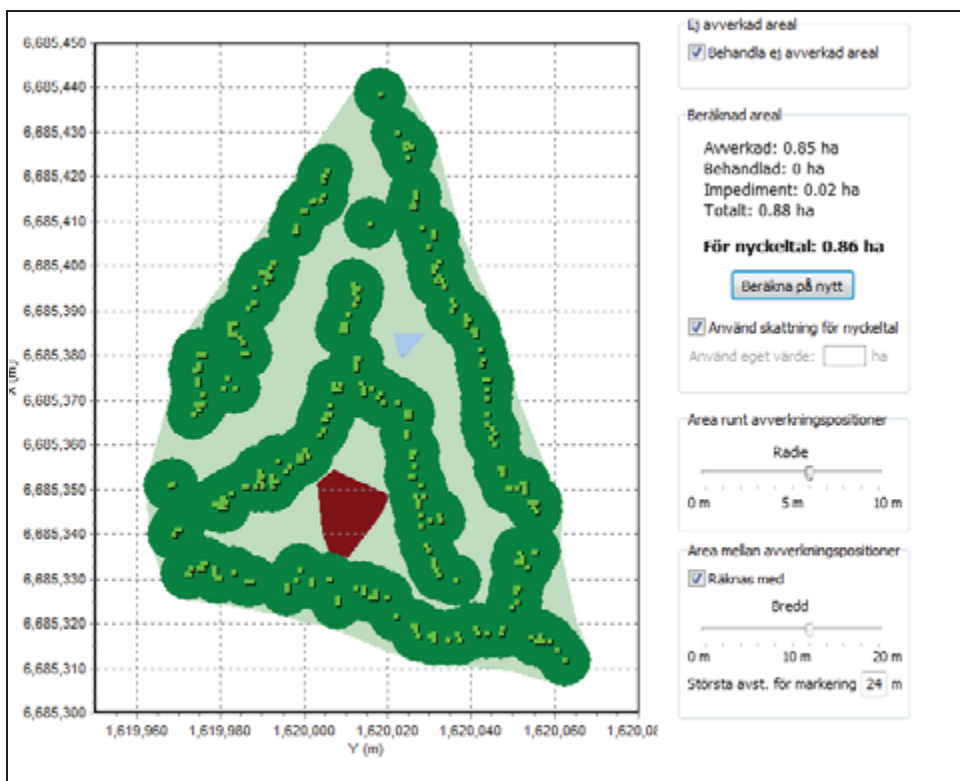
Grundinfo	Trädslag	Produkter
<p>Filinformation</p> <p>Filnamn: gpx114-SDCGPX2099-0c23cd23_a50e_4d6c_bee7_5ba18177d90e-03.02-Selesjomosse_3_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-6e9fc3c2_9c12_4328_9ba7_3d3abd65d16d-03.02-Selesjomosse_2_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-19c2e8fd_f542_4a5e_931b_d2f0568c18fe-03.02-Selesjomosse_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-69449326_4502_48d9_a3c8_b86489636c00-03.02-Selesjomosse_6_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-b99bfd53_5d0c_4431_87a1_32b1e4f49dfa-03.02-Selesjomosse_4_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-bc7bd7e7_4dfb_4929_a6c1_0cd48867d626-03.02-Selesjomosse_1_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-eb565931_21b0_4e6f_9d36_3cc3615458dc-03.02-Selesjomosse_8_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-ef26ccb1_3ee9_4c9b_ba99_e0070242afcb-03.02-Selesjomosse_7_1.hpr, gpx114-SDCGPX2099-f41f66ef_3f9d_4427_ae5d_b10ccd1e30d1-03.02-Selesjomosse_5_1.hpr</p> <p>Skapad: 2011-05-25T14:40:41+02:00</p> <p>Modifierad: 2011-06-14T10:56:53.308+02:00</p> <p>Skapad med: Timbermatic,CDM2.9,Silvia5.0</p>		

Figur 10.
Exempel på nio sammanslagna skördarfiler till ett objekt på totalt 5 725 stammar.



Figur 11.
Exempel på en skördarfil som innehåller fyra olika objekt och därför bör delas upp.

Förutom att skapa objekt från flera filer eller flera objekt av en fil så bör ett mellansteg vara att kunna definiera arealen inom ett område där avverkning ej skett som exempelvis impediment, naturvårdshänsyn och övriga gläntor, se vidare Figur 12.



Figur 12.

Ljusgröna prickar är skördarens position då ett träd avverkats, den mörkgröna cirkeln utgör i exemplet en radi på 6 meter. Den ljusgröna färgen är områden mindre än 24 meter mellan olika uppställningsplatser där träd avverkats. I exemplet ovan är två områden med små impediment insprängda i avdelningen. I exemplet ingår den blå ytan i avdelningen och den röda ytan är klassad som impediment.

Inställningar för prognos Uttag Prognos kvarvarande skog

Avverkningstyp
 Gallring Slutavverkning Ålder: 100

Gallringskvot: 0.85
 Gallringsstyrka: 20
 Grundyta efter, max: 24 m2/ha
 Grundyta efter, min: 19 m2/ha

Formel för grundyta efter
 2.48 + 0.092 • ÖH ± 2.5

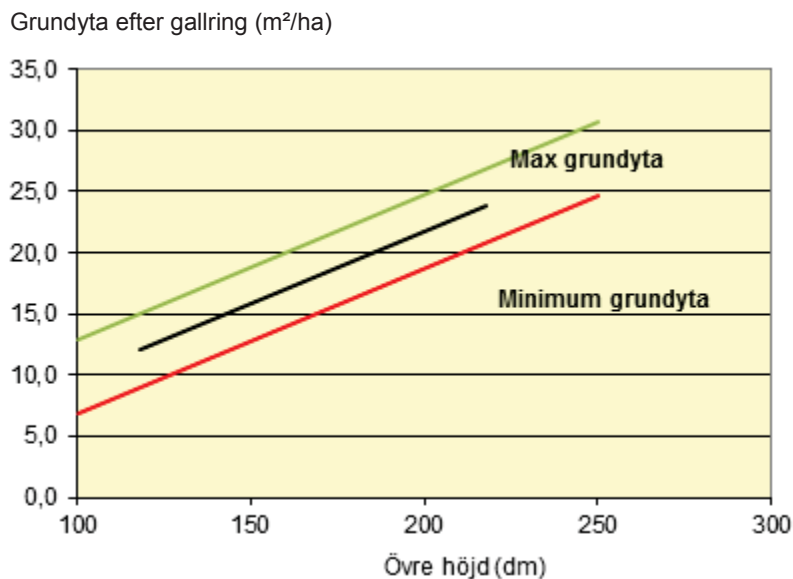
Figur 13.

Exempel på inställningsmöjligheter för nyckeltalsberäkning. För gallring går det att ställa gallringskvot (default 0,85), gallringsstyrka (default 30 procent) och min- och maxnivåer efter gallring. Som default regleras min-maxnivån av en linjär funktion med ett tillåtet intervall.

Manuell inställning av styrdata

För att kunna beräkna nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring, även om inventeringsdata efter eller före gallring saknas, måste en del förutsättningar ställas in. Dessa är:

- 1) Gallringskvot uttryckt som Dgv (grundytavvägd diameter) för avverkade träd i relation till de kvarvarande trädens Dgv. I prototypprogrammet innebär denna inställning att gallringskvoten skall ligga nära en av användaren angiven kvot. Gallringskvoten går att ställa från 0,7 till 1,1 i steg om 0,05 enheter. Default sätts den till 0,85 (Figur 13).
- 2) Gallringsstyrka uttryckt som uttagen grundyta i relation till grundyta före gallring i procent. Denna inställning är en schablonmässig gallringsprocent som går att ställa mellan 20 och 40, och sätts som default till 30 procent. Även vid slutavverkning kan en viss andel av träden lämnas genom att låta uttaget/gallringsstyrkan variera mellan 70 och 100 procent.
- 3) Maximal/minimal grundyta efter gallring. Nivåerna har i prototypprogrammet kopplats till objektets övre höjd. Prognosintervallet är en linjär funktion som väljs utifrån objektets dominerande trädslag med övre höjd som oberoende variabel. För prognosintervallet lät vi sedan grundytan efter gallring variera inom 2,5 meter från framtagna funktion. Exempel på inställning kan ses i Figur 13 och prognosintervall i Figur 14. Funktionen för min-max uttag är framtagna på gallringsstatistik från Bergvik och Södra Skogsägarna, se vidare Bilaga 2.
- 4) Övriga data som i dag behöver tillföras systemet är trädålder. Trädåldern används för att beräkna objektets SI.



Figur 14.
Exempel på grundyteintervall efter gallring som bygger på gallringsstatistik. I figuren utgör den gröna linjen maximal grunddyta efter gallring och den röda minimal grunddyta efter gallring. Nivåerna kopplas till objektets övre höjd som beräknas ifrån avverkade stammar.

4A. BERÄKNING AV NYCKELTAL SOM BESKIVER DET KVARVARANDE BESTÅNDET

I systemet för återföring av skördarinformation till skogliga register och planeringssystem ska ett antal nyckeltal beräknas som beskriver det kvarvarande beståndet efter åtgärd. Därutöver ska ett fåtal nyckeltal beräknas som beskriver uttaget vid slutavverkning. Dessa nyckeltal har specificerats efter diskussion i projektgruppen, vilken har bestått av representanter från Skogssällskapet och Bergvik.

Nedan redovisas i tabellform de nyckeltal som ska kunna beräknas. I systemet ska samtliga nyckeltal kunna redovisas för valbart geografiskt område. Vidare ska redovisning kunna ske uppdelat på trädslagen tall, gran och björk. En fullständig beskrivning av hur de olika nyckeltalen beräknas, finns nedan.

Tabell 4.

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
Areal	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, shape-fil
Hänsynsyta ¹⁾	shape-fil
Stubbehandling ¹⁾	ja/nej

¹⁾ För att kunna beräkna dessa nyckeltal krävs maskinanpassningar samt att tillhörande anpassningar görs i skogsstandarden (StanForD).

Tabell 5.

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
Fröträäd ¹⁾	antal, shape-fil
Högstubbar ¹⁾	antal, shape-fil
Hänsynsyta ¹⁾	shape-fil
Körskador ¹⁾	shape-fil
Stubbehandling ¹⁾	ja/nej

¹⁾ För att kunna beräkna dessa nyckeltal krävs maskinanpassningar samt att tillhörande anpassningar görs i skogsstandarden (StanForD).

Tabell 6.

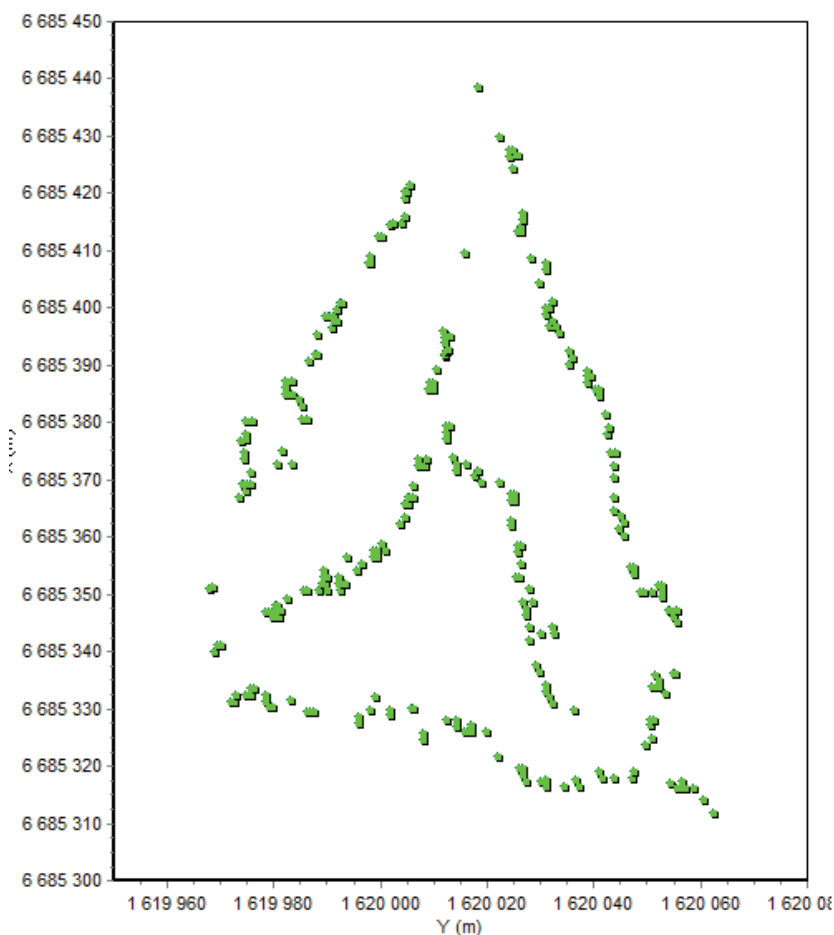
Sammanställning av de nyckeltal som beskriver uttaget **vid slutavverkning**. Samtliga nyckeltal ska kunna beräknas för valbart geografiskt avgränsat område samt för trädslagen tall, gran och björk.

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

Beräkningsalgoritmer för areal och beskrivning av det kvarvarande beståndet

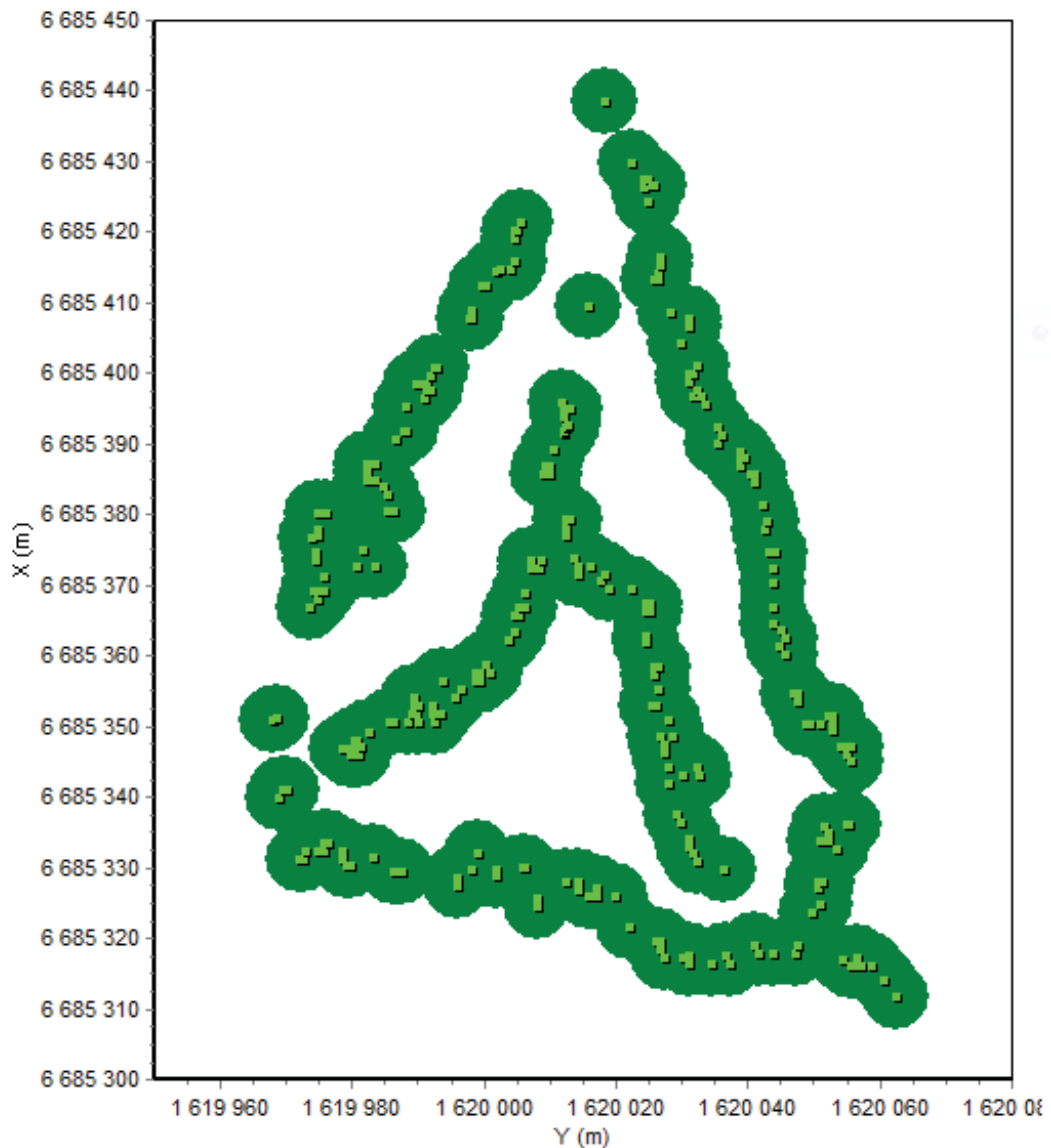
Areal

I skördarnas produktionsfiler (pri- eller hpr-filer) lagras koordinaterna för skördarens uppställningsplats varje gång en stam upparbetas. Eftersom GPS:en sitter på förarhytten är det just maskinens position som lagras vid varje upp-arbetningstillfälle och inte den enskilda stammens position, se Figur 15.



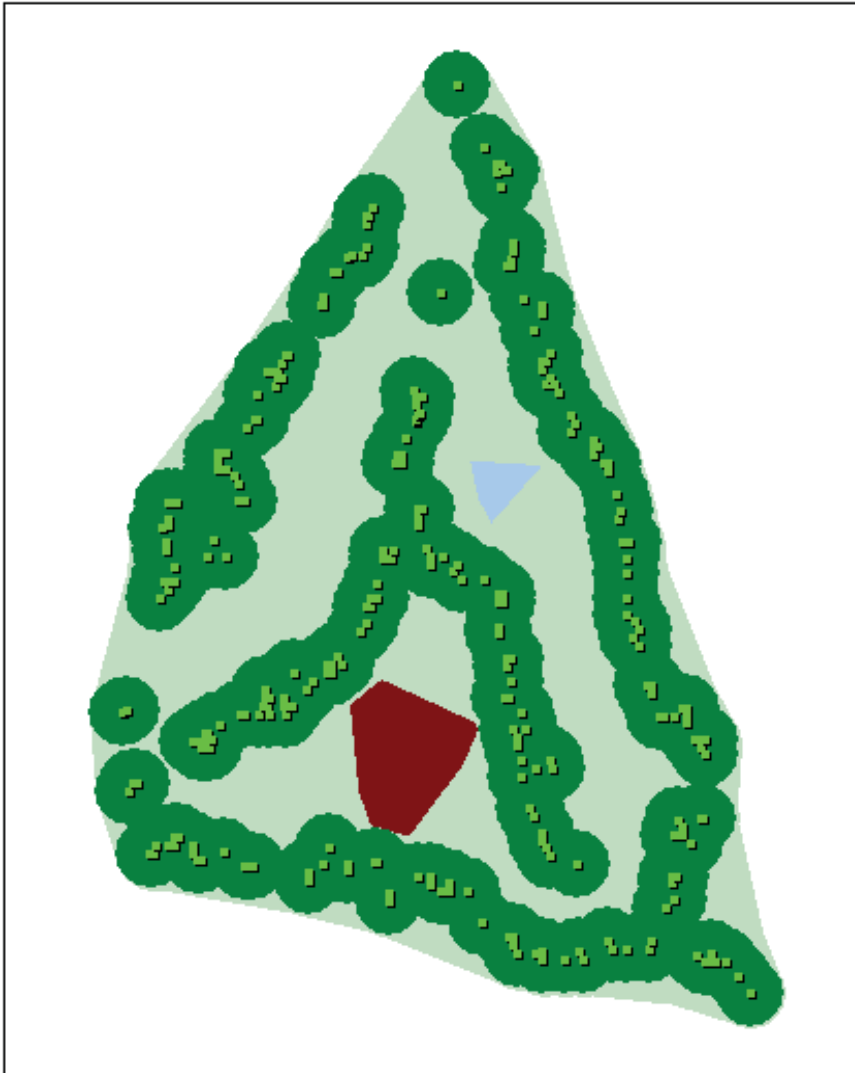
Figur 15.
Maskinens position illustreras med en grön punkt när respektive stam har avverkats.

Då stammens verkliga position kan skilja runt tio meter från maskinens position, finns det ett behov av att ”smeta ut” uppställningsplatsens koordinat. Att lägga ut buffertzoner runt avverkningspositionerna kan även vara motiverat med hänsyn till osäkerheten i GPS:ens koordinatbestämning. I den modell för arealbestämning som implementerats i prototypprogrammet läggs dessa buffertzoner ut som cirklar (Figur 16) med en radie som användaren tillåts justera. Eftersom maskinens arbetsriktning är okänd används just cirklar som buffertzoner. Det fördefinierade värdet är fem meters arbetsradie även om kranen kan nå betydligt längre. Anledningen till detta är att föraren i genomsnitt inte har kranen fullt utmatad, samt att arbetet sker framåt och åt sidorna, d.v.s. inte 360 grader runt om maskinen, vilket motiverar mindre radie då cirklar används som buffertzoner.



Figur 16.
Maskinens position illustreras med en ljusgrön punkt, kompletterad med en cirkel på 5 meters radie när respektive stam har avverkats.

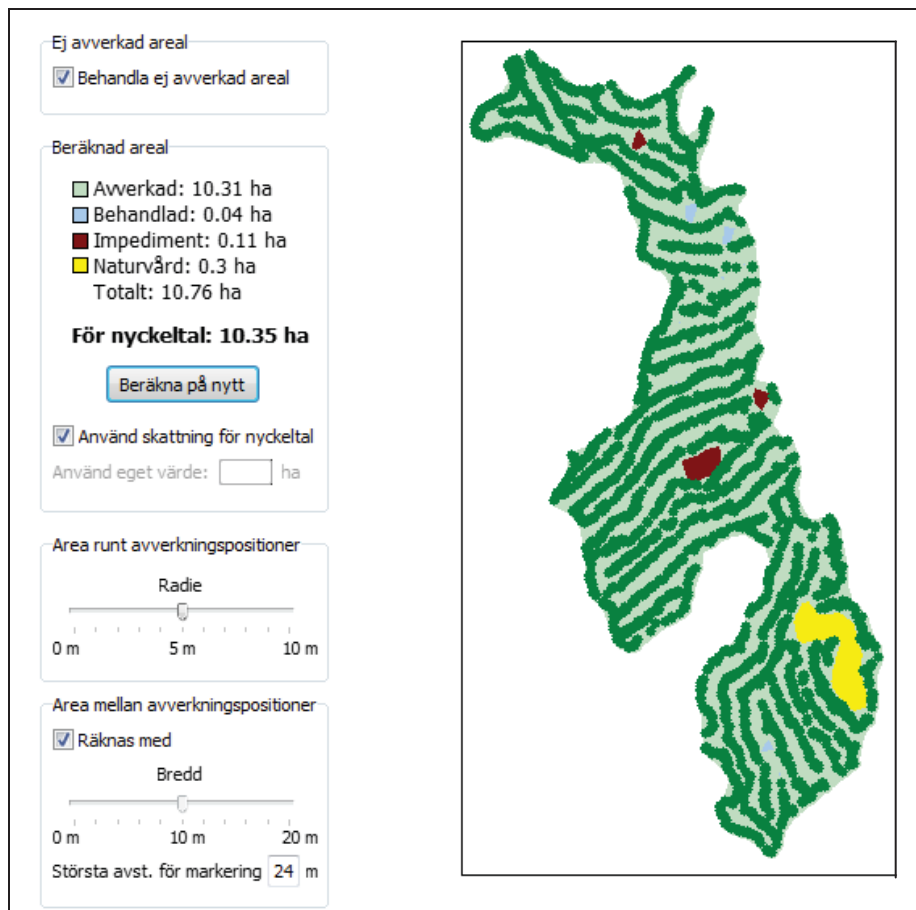
I och med att nuvarande modell utgår från maskinens position, krävs ytterligare arealbidrag för att täcka upp för areal mellan stickvägar. Detta har lösts genom att dra band mellan avverkningspositioner inom ett visst avstånd från varandra. Detta avstånd har satts som dubbla kranlängden på tolv meter (för vanligt förekommande kranar), d.v.s. 24 meter men kan justeras av användaren som får visuell återkoppling på inställningen. Banden har samma bredd som diameter på cirkel runt avverkningspositioner, d.v.s. tio meter brett band för cirkel med radie fem meter.



Figur 17.

Maskinens position illustreras med en ljusgrön punkt, kompletterad med en cirkel på 5 meters radie och band om 24 meters längd mellan de ljusgröna punkterna. Blåa och röda ytor där avståndet mellan två uppställningsplatser är mer än 24 meter i exemplet. Röd färg markerar manuellt angivna impediment och blå färg definieras för att ingår i aktuellt objekt.

Efter ovanstående steg i modellen kan håligheter fortfarande finnas kvar i objektet. Dessa kan då delas upp i del som ej ingår i objektet, behandlad areal, naturvårdsytor och impediment. Med behandlad areal menas areal som borde höra till avverkad areal men som inte har kommit med till exempel p.g.a. att skogen har varit för gles för gallring eller att GPS-registreringen har haft avbrott, vilket medför att ytan inte har täckts av banden mellan avverkningspositioner. Till impediment räknas oavverkade ytor som berg, mossar, branter, etc. medan lämnade ytor för naturvårdsändamål ofta är små träddungar. Med användarens hjälp kan dessa fyra arealtyper behandlas i prototypprogrammet. Områden som inte ingår i objektet lämnas vita, behandlad areal markeras med blå färg och räknas med i den areal som används för att räkna ut vissa nyckeltal per hektar, impediment markeras med röd färg av och naturvårdsområden markeras med gul färg (exempel i Figur 17 och i Figur 18).

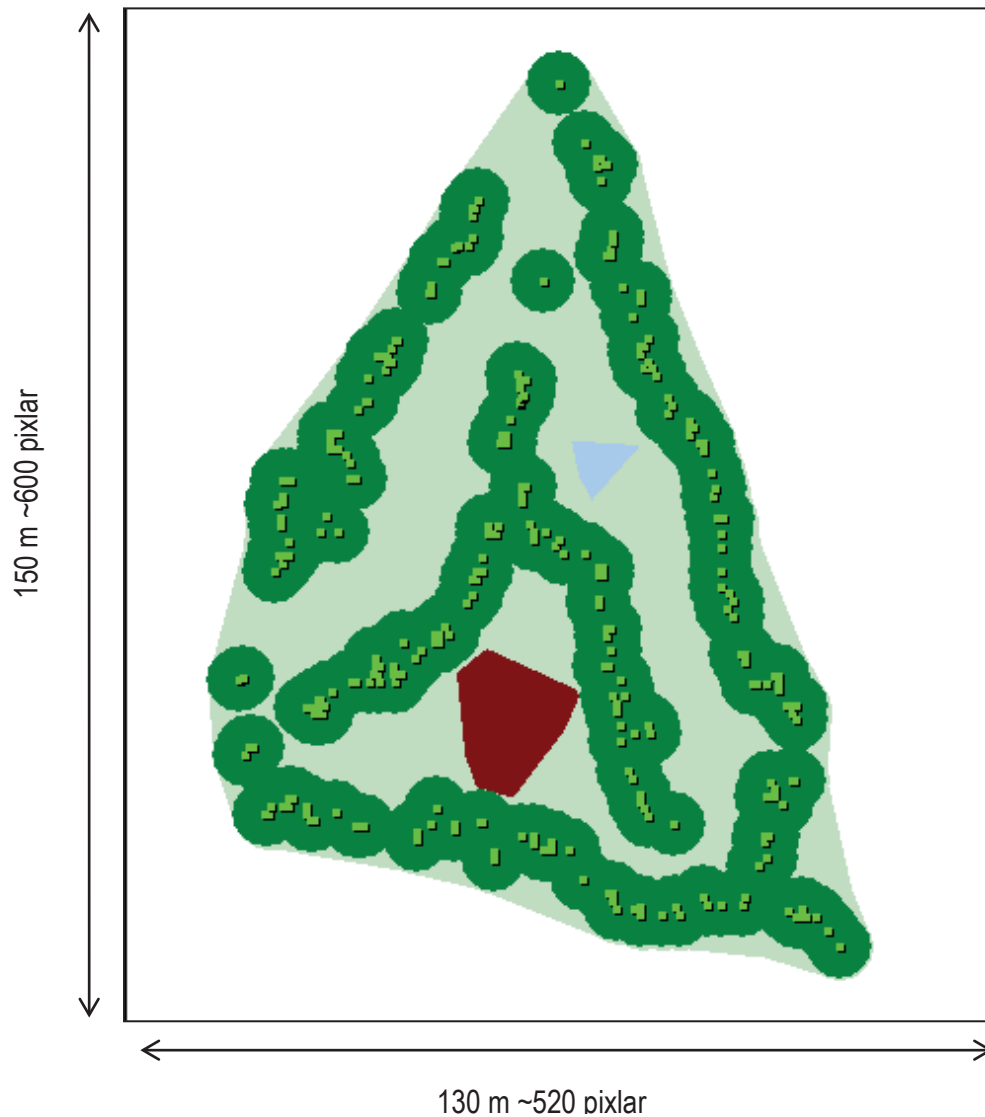


Figur 18.

Exempel på arealberäkning i prototypprogrammet av ett slutavverkningsobjekt. I exemplet har några små områden inte täckts av 24 meters banden, de med blå färg har definierats att ingå i avverkad areal, de gula indikerar naturvårdsområden och de med röd färg visar impediment där ingen avverkning skett.

Då arealen blivit indelad i de olika arealtyperna avverkad, behandlad, impediment samt naturvård, kvarstår själva arealberäkningen som går till på följande vis:

- 1) Arealen för en rektangulär yta som täcker in aktuellt objekt bestäms. För objektet i Figur 19 blir denna areal knappt 2 hektar.
- 2) Denna yta motsvarar ett visst antal pixlar då den ritas upp i prototypprogrammet. Detta pixelantal fås som kartans höjd i pixlar multiplicerat med kartans bredd i pixlar. För kartan i Figur 19 motsvarar 150 meter i 600 pixlars höjd för kartbilden i prototypprogrammet.
- 3) De olika arealtypernas andelar av ovan nämnda rektangel räknas ut som det pixelantal, respektive kategori tar upp i figur i prototypprogrammet dividerat med pixelantalet för hela rektangeln. I Figur 19 upptas knappt hälften av ytan av objektets olika arealtyper; avverkad areal blev i det aktuella fallet strax över 0,8 hektar.
- 4) De olika arealtypernas andelar i hektar fås slutligen som respektive pixelandel multiplicerat med rektangelns areal från steg 1.



Figur 19.
Illustration av hur arealen definieras som en andel av en rektangulär yta med känd areal.

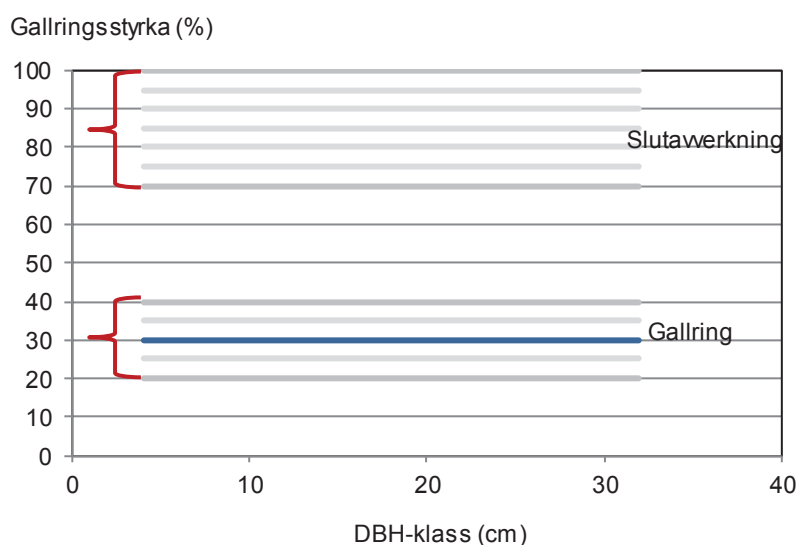
Efter arealberäkning redovisas de olika arealtyperna, och areal som används för nyckeltal särredovisas. Om det är så att användaren vill mata in egen arealuppgift att användas för nyckeltal, går även det bra i prototypprogrammet (Figur 18).

Beräkning av kvarvarande objekt efter gallring

För att räkna på och beskriva det kvarvarande beståndet efter åtgärd används de styrdata som listas i avsnitt 3B: Gallringskvot, gallringsstyrka samt maximal/minimal grundyta efter åtgärd. Det är inte helt trivialt att möta dessa tre inställningar samtidigt då justering/optimering för en inställning rubbar övriga inställningar något. Därför behöver en prioriteringsordning sättas upp för styrdata till gallringsalgoritmen. Den gallringsmodell som har implementerats i prototypprogrammet strävar efter att matcha användarens satta gallringskvot och gallringsstyrka. Dessa två ges i princip samma prioritet då algoritmen först optimerar för att möta gallringskvoten och därefter fokuserar på gallringsstyrkan, för att slutligen återgå till optimering för gallringskvot fast med lägre precision för att inte rubba gallringsstyrkan alltför mycket. Max-min-intervallet för grundyta efter gallring kan däremot åsidosätta användarens inställning av gallringsstyrka, så denna inställning kan bli överordnad gallringsstyrkan i vissa fall.

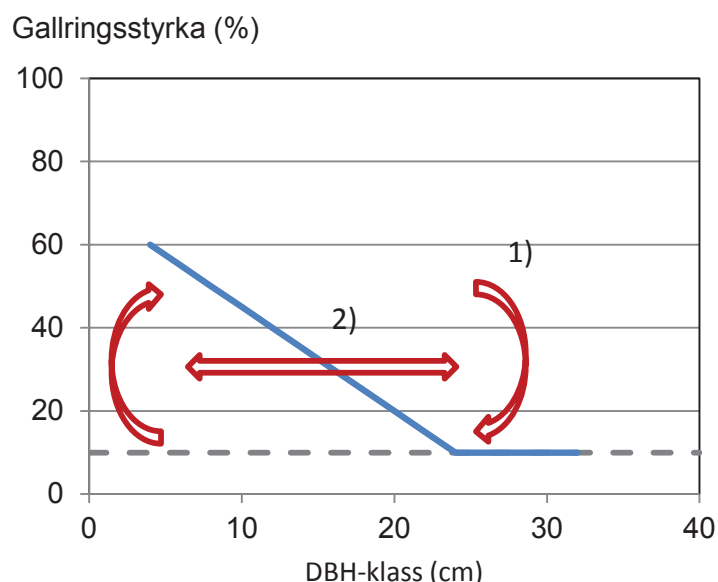
Såvida det inte rör sig om en likformig gallring behöver gallringskvot- och gallringsstyrka räknas fram på iterativ väg i prototypprogrammet, då olika stora andelar tas ut i olika diameterklasser. Principen är att klassvis räkna ut beståndet före gallring med ledning av uppskattad uttagsandel i respektive klass och därefter räkna ut det kvarvarande beståndet som differensen mellan beståndet före gallring och stammar i uttaget. Med ett antal steg sammanförs data klassvis i diameterklasser om 2 cm för att matcha önskad gallringskvot och gallringsstyrka, och slutligen också grundyta efter gallring:

- 1) Som utgångspunkt sätts uttagsandelen i varje DBH-klass till att vara densamma som den totala gallringsstyrkan som skall uppnås (Figur 20). Om gallringskvoten är 1 (likformig gallring) kommer det att förbli ett jämnt uttag över alla diameterklasser och de steg som följer nedan hoppas då över.



Figur 20. Utgångspunkten för gallringsmodellen är ett jämnt uttag över samtliga diameterklasser. För gallring kan gallringsstyrkan ställas mellan 20 och 40 procent, och för slutavverkning kan uttaget variera mellan 70 och 100 procent.

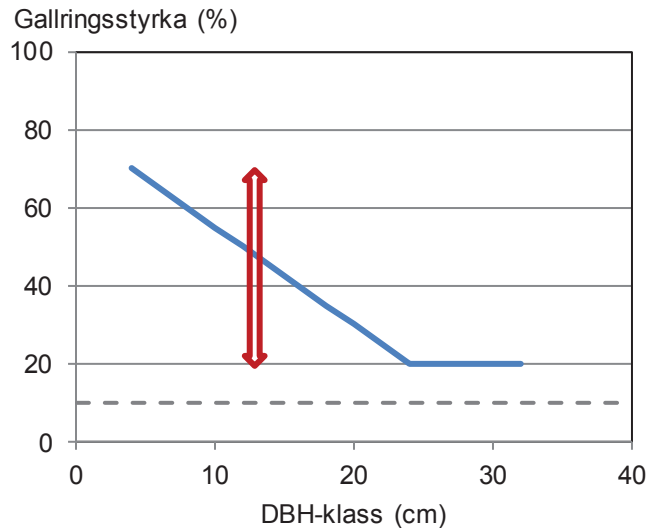
- 2) Om gallringskvoten är skild från 1 behöver uttagsandelen i varje diameterklass justeras upp eller ned för att möta den satta totala gallringskvoten som skall uppnås. Denna klassvisa justering av uttagsandelar görs genom att stegvis ändra lutning på och förskjuta en ”stel” linjär uttagskurva över de diameterklasser där uttagna stammar finns. I första hand ändras lutningen och vid behov förskjuts kurvan (Figur 21).



Figur 21. Klassvisa uttagsandelar roteras som en sammanhängande linjär kurva förutom brytning för en lägsta gallringsstyrka om 10 procent som sätter gräns för hur många gånger stammarna i uttaget får räknas upp för att beskriva diameterfördelningen före åtgärd.

Om gallringskvoten är mindre än 1 ändras kurvan till att ta ut större andelar i klenare diameterklasser än i grövre klasser och vice versa om gallringskvoten är större än 1. I klena klasser tillåts samtliga stammar tas ut i avverkningen. För att det inte ska bli stora skillnader mellan klasser i diameterfördelningen före avverkning, finns det en undre gräns för uttaget: stamantalet före avverkning räknas upp som mest med tio gånger, vilket ger en lägsta gallringsstyrka om 10 procent.

- 3) Både gallringskvot och gallringsstyrka ska matchas mot satta värden, men justering i diameterklasser för båda dessa kan inte göras samtidigt varför en avvägning måste göras angående precision. Då man optimerar för den ena rubbas noggrannheten för den andra. Efter försök att matcha gallringskvoten i föregående steg, fokuserar detta steg på att matcha den totala gallringsstyrkan. Detta görs genom att höja eller sänka den stela gallringskurvan i sin helhet (Figur 22).

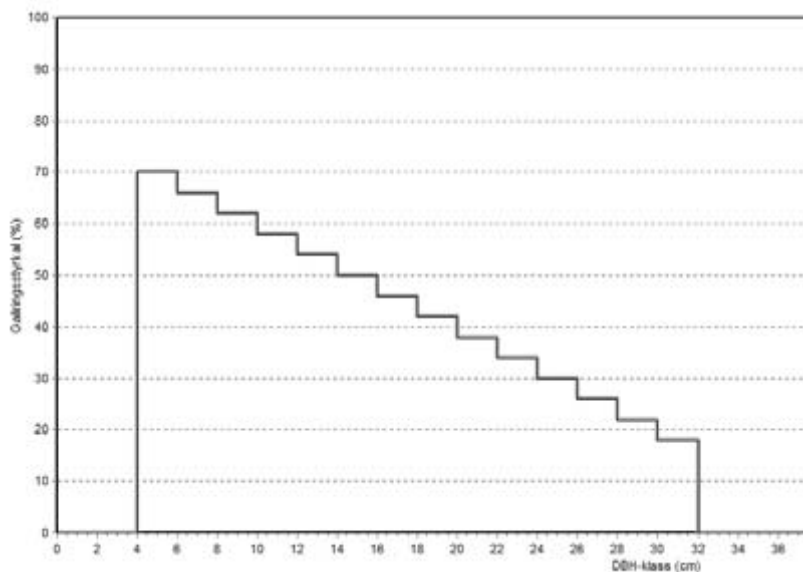


Figur 22.
Klassvisa uttagsandelar höjs/sänks som en sammanhängande linjär kurva förutom brytning för en lägsta gallringsstyrka om 10 procent.

- 4) Som beskrivits matchar gallringsalgoritmen först gallringskvoten och därefter gallringsstyrkan. I en tredje omgång görs en justering med lägre precision för gallringskvoten återigen för att den inte ska ha rubbats alltför mycket från föregående steg med höjning/sänkning av uttagskurvan.
- 5) Som ett sista steg görs en kontroll av att framräknad grundyta efter gallring ligger inom tillåtet min-max-intervall. Om så inte är fallet görs ytterligare en sekvens av samtliga ovanstående steg med en högre/lägre gallringsstyrka än den satta. Hur mycket lägre eller högre uppskattas med hjälp av min-max-intervallet. Total gallringsstyrka får dock inte vara högre än 40 procent eller lägre än 20 procent i dagens modell.

För en mer detaljerad beskrivning av uträkningen av gallringskvot/gallringsstyrka se Bilaga 1.

Figur 23 visar exempel på gallringsuttag i olika diameterklasser baserat på total gallringsstyrka på 30 procent och gallringskvot på 85 procent. Av Figur 23 framgår att systemet gallrar 70 procent av grundytan/stammarna i DBH-klass 4–6 cm och knappt 20 procent i DBH-klass 30–32 cm.

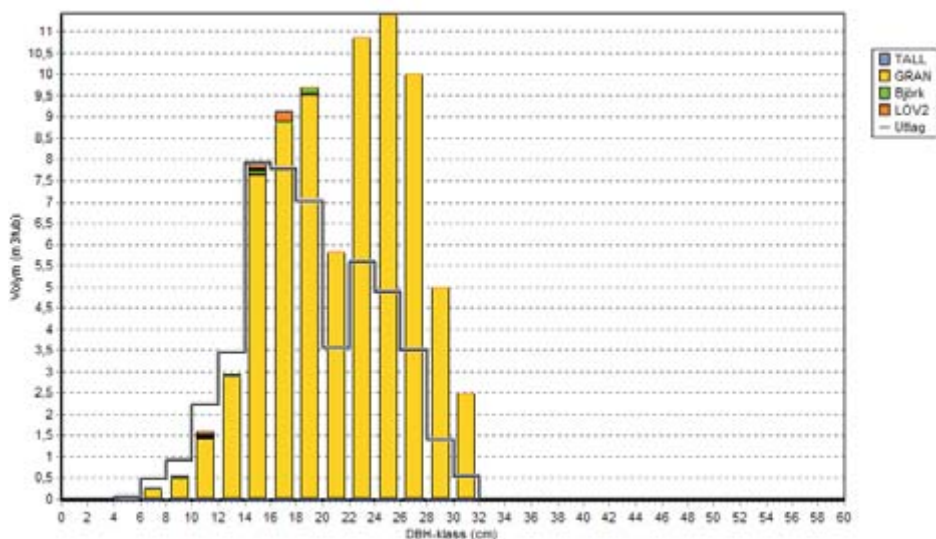


Figur 23.
Exempel på gallningsstyrka i procent för olika DBH-klasser ur prototypprogrammet.

Detaljerad nyckeltalsbeskrivning

Volym totalt

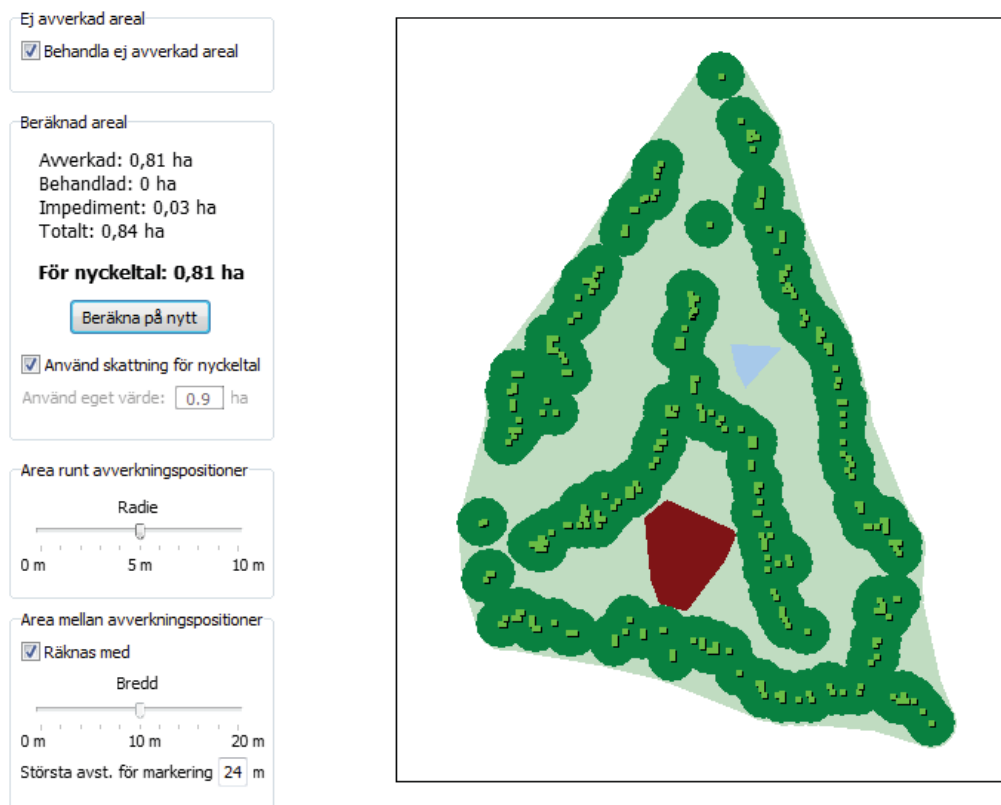
Den totala volymen efter gallring bestäms genom att klassvis räkna ut volym före gallring från uttagen volym och därefter ta differensen mellan volymen före och volymen i uttaget. Detta görs genom att stamvolymen för uttaget först summeras klassvis och därefter divideras med uttagsandelen för respektive klass för att erhålla klassvisa volymer innan uttag. Den klassvisa differensen mellan dessa två volymer ger för varje klass volymen efter uttag. Figur 24 visar fördelningen i diameterklasser av kvarvarande volym efter åtgärd. Se Bilaga 3 för en mer detaljerad beskrivning av hur kvarvarande volym efter gallring beräknas.



Figur 24.
Volymuttag totalt och per diameterklass baserat på gallningsuttaget enligt Figur 23. Figuren visar uttag enligt skördare (grå linje) och prognos på kvarvarande volym per DBH-klass (staplar uppdelade på trädslag).

Volym per hektar

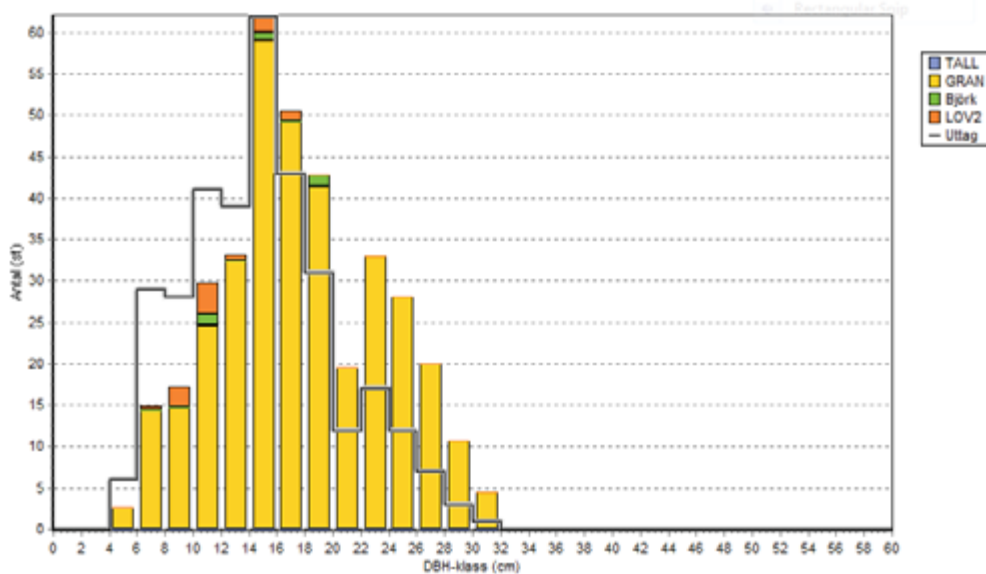
Kvarvarande volym per hektar bestäms genom att dividera totala volymen efter åtgärd med uppskattad areal för nyckeltal (eller areal satt av användaren). Enligt exemplet nedan i Figur 25 används 0,81 hektar som underlag för att beräkna volym per hektar. Impedimentsarealen ingår ej i arealen för nyckeltalsberäkning.



Figur 25.
Arealberäkning baserat på skördardata.

Stamantal och diameterfördelning i brösthöjd

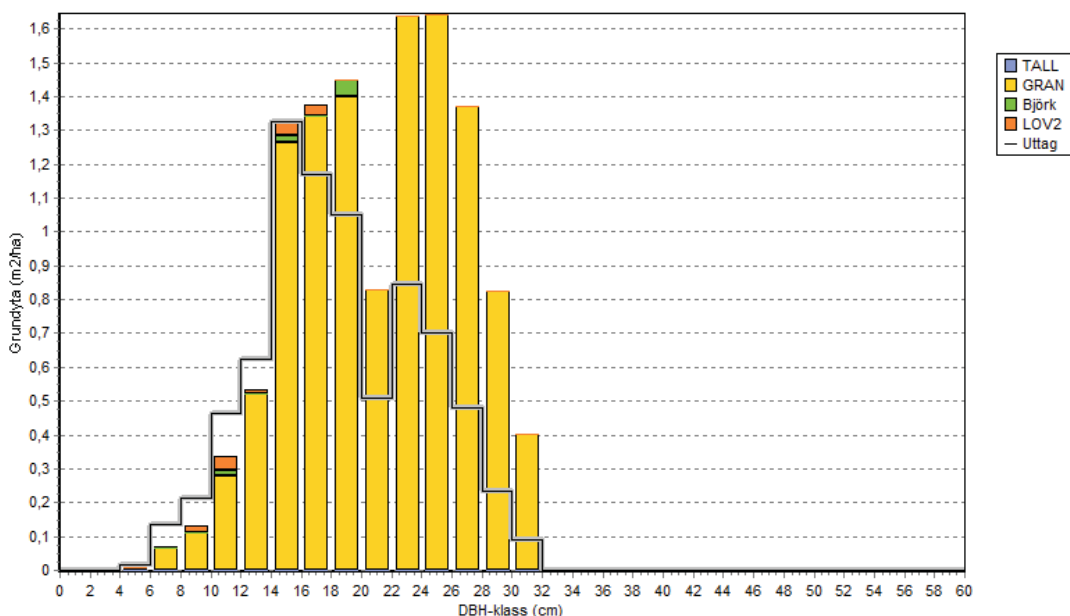
För stamantal efter gallring totalt och i diameterklasser är beräkningsgången analog med den för volym totalt. Efter att stamantalet för varje diameterklass i uttaget har bestämts används klassvis uttagsandel för beräkna stamantalet före uttag. Differensen mellan dessa ger fördelningen av stammarna efter uttag per DBH-klass. Figur 26 visar fördelningen i diameterklasser av kvarvarande stammar efter åtgärd.



Figur 26.
Stamtal totalt och per diameterklass baserat på gallringsuttaget enligt Figur 23. Figuren visar uttag enligt skördare (grå linje) och prognos på kvarvarande DBH-fördelning (staplar uppdelade på trädslag).

Grunddyta

För att bestämma grunddyta efter åtgärd görs följande: Först summeras grunddytorna för de uttagna stammarna i varje diameterklass. Grunddytan före åtgärd bestäms klassvis som grunddytan för varje klass dividerat med uttagsandelen för respektive klass. Grunddyta efter åtgärd erhålls därefter som differensen mellan grunddyta före och uttagen grunddyta. Figur 27 visar grunddyteuttag (grå linje) per DBH-klass och grunddyta efter gallring (staplar). Uttaget beror av resultatet enligt Figur 23, gallringskurvan. Se Bilaga 4 för en mer detaljerad beskrivning av hur kvarvarande grunddyta efter gallring beräknas.



Figur 27.
Grunddyta totalt och per diameterklass baserat på gallringsuttaget enligt Figur 23. Figuren visar uttag enligt skördare (grå linje) och prognos på kvarvarande grunddyta per DBH-klass (staplar uppdelade på trädslag).

Grundtevägd brösthöjdsdiameter (Dgv)

För att bestämma Dgv efter avverkning bestäms först Dgv klassvis för uttaget. Dgv för uttaget räknas ut som kvoten av summan av alla DBH-värden i kubik och summan av alla DBH-värden i kvadrat; denna uträkning görs klassvis.

Dgv före uttag bestäms genom att:

- 1) Summera över diameterklasser: summan av alla DBH-värden i kubik i varje klass dividerat med uttagsandelen för respektive klass.
- 2) Summera över diameterklasser: summan av alla DBH-värden i kvadrat i varje klass dividerat med uttagsandelen för respektive klass.
- 3) Dividera resultatet i punkt 1 med resultatet i punkt 2.

Dagsverk efter uttag görs på liknande vis som de tre stegen ovan, men med skillnaden att den kvarvarande andelen, 1-uttagsprocent för varje klass, multipliceras in klassvis under punkt 1 och punkt 2. Se Bilaga 5 för en mer detaljerad beskrivning av hur Dgv före och efter gallring beräknas.

Grundtevägd medelhöjd (Hgv)

Beräkningen av Hgv efter åtgärd liknar den för Dgv beskriven ovan. För att bestämma Hgv efter avverkning bestäms först Hgv klassvis för uttaget. Hgv för uttaget räknas ut klassvis genom att först ta summan av varje trädets höjd (beräknad med hprCM) multiplicerat med dess DBH-värde i kvadrat och därefter dividera med summan av alla DBH-värden i kvadrat. Hgv före uttag bestäms genom att:

- 1) Summera över diameterklasser: Summan av alla höjder multiplicerat med DBH-värden i kvadrat i varje klass dividerat med uttagsandelen för respektive klass.
- 2) Summera över diameterklasser: Summan av alla DBH-värden i kvadrat i varje klass dividerat med uttagsandelen för respektive klass.
- 3) Dividera resultatet i punkt 1 med resultatet i punkt 2.

Hgv efter uttag görs på liknande vis som de tre stegen ovan, men med skillnaden att den kvarvarande andelen används, 1-uttagsprocent för varje klass, multipliceras in klassvis under punkt 1 och punkt 2. Se Bilaga 6 för en mer detaljerad beskrivning av hur Hgv före och efter gallring beräknas.

Övre höjd

Övre höjd är en av de egenskaper som beräknas i Skogforsks beräkningsmodul och skrivs ut stamvis i produktionsfilen. Tilldelningen av övre höjd sker gruppvis enligt en metod som bygger på att objektet delas upp i delområden bestående av minst 100 träd. Den metod som beskrivs nedan tillämpas endast om koordinater finns för alla stammar. I annat fall används en liknande metod som beskrivs separat.

Först delas objektet in i kvadrater om 15×15 meter som samtliga stammar sedan ska delas in i. Genom att träd som befinner sig i samma kvadrat delar koordinatuppsättning förenklas koordinathanteringen. Modulen har strukturer för att lagra en lista med stammar för varje kvadratisk ruta som adresseras med de reducerade koordinater som landskapet har förminskats till. Algoritmen börjar därför just med att spara ner träden i sina respektive rutor. Därefter sker ytterligare indelning enligt följande iterativa process:

- Objektet splittras hela tiden i den ledd som aktuell delområden är längst i och längs hela 15×15 meters kvadrater.
- Vid varje delning eftersträvas lika stamantal på vardera sidan om delningen; det måste finnas minst 100 träd i varje del för att algoritmen ska fortsätta.
- När en delning har gjorts, anropas metoden återigen (rekursivt) för de två halvorna som i sin tur fortsätter delas till dess att villkoret minst 100 träd i varje delområde inte längre kan uppfyllas och indelningen avslutas.

Då algoritmen har nått punkten där hela objektet är indelat i områden enligt ovan skapas listor för varje delområde som sparar tillhörande träd längder för tall- och gran. För varje delområde summeras volymerna för tall och gran för att avgöra vilket trädslag som dominerar respektive område. Därefter sorteras träden tillhörande det dominerande trädslaget i höjdordning. Övre höjd sätts slutligen som höjden vid den 90:e percentilen av träden för att undvika orealistiska värden. Förutsättningen för sista steget är att det finns minst 30 stammar av trädslaget med störst volym; i annat fall bestäms övre höjd för det trädslag som dominerar i antalet stammar. Om inga volymer finns att räkna med används övre höjd för gran.

Övre höjd då koordinater saknas

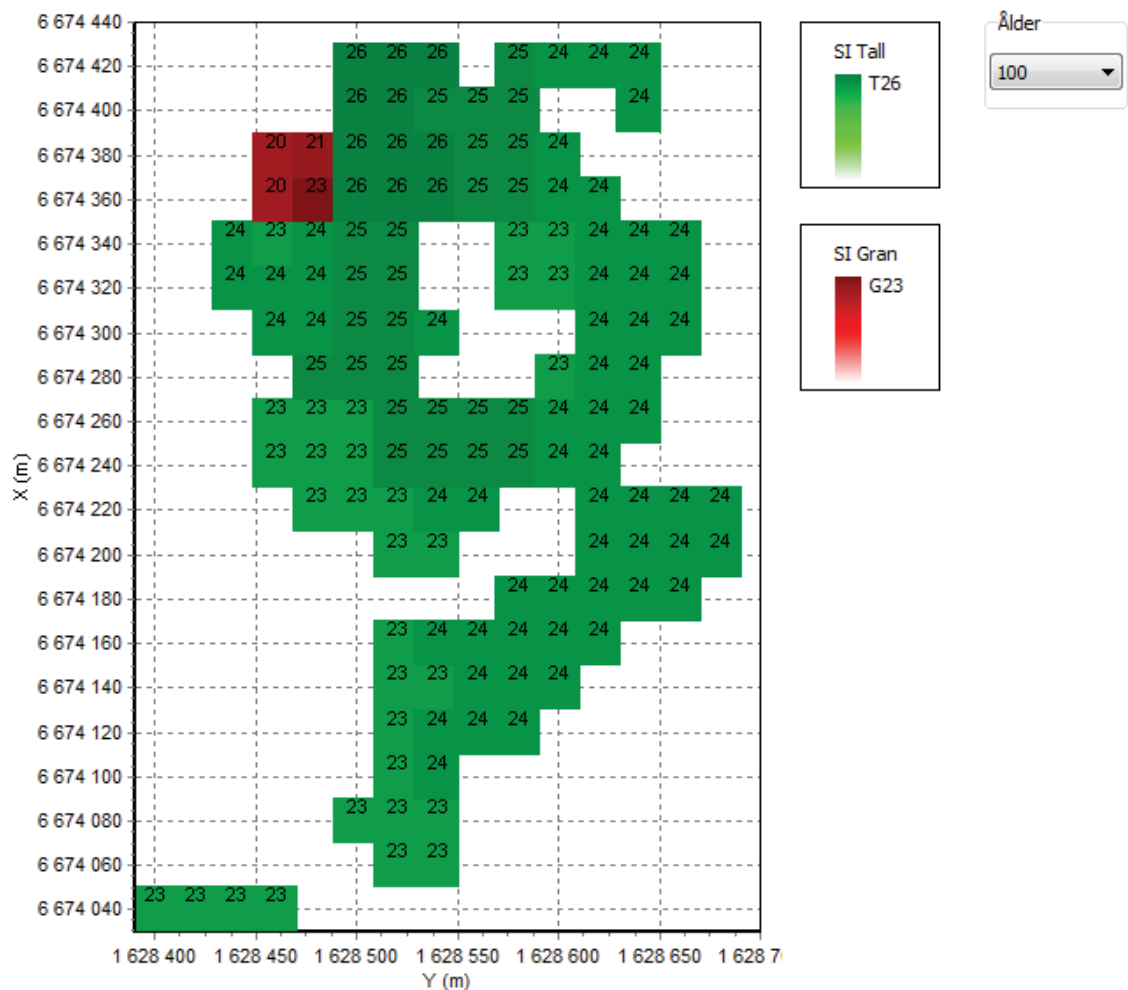
I de fall då inga koordinater finns att tillgå görs ingen geografisk indelning av träden. Istället delas träden upp i grupper om 100 stammar (i stamnummerordning) där trädhöjder samt volymer för tall och gran summeras. För varje sådan gruppering sätts övre höjd på samma sätt som i sista stycket ovan.

Ståndortsindex

För beräkning av ståndortsindex från övre höjd görs följande:

- 1) Objektet indelas först i kvadrater om 20×20 meter och stammar tillhörande varje kvadrat sparas ned trädslagsvis.
- 2) Efter att trädindelningen är klar identifieras dominerande trädslag för varje kvadrat.
- 3) För varje stam tillhörande en viss kvadrat konverteras tilldelad övre höjd (från beräkningsmodulen) med funktioner för att räkna om SI mellan tall och gran (Bilaga 7); ingående SI bestäms av övre höjden samt trädslaget för aktuell stam och utgående SI bestäms av det dominerande trädslaget för aktuell kvadrat.
- 4) Efter denna konvertering mellan trädslag behöver övre höjden ålderskorrigeras med beståndsålder som användaren förser programmet med. Funktioner för att beräkna SI från övre höjd för olika trädslag redovisas i Bilaga 7.
- 5) Då samtliga stammars SI-höjd i en kvadrat har summerats och en medelhöjd har bestämts för kvadraten, begränsas SI till maximalt T34 för tall och G40 för gran.
- 6) När en kvadrat har tilldelats SI räknas antalet kvadrater med SI av ett visst trädslag upp med ett. Vilket SI-trädslag som hela objektet kommer att få, bestäms av vilket trädslag som har tilldelats flest kvadrater.
- 7) Därefter går samtliga kvadrater igenom och SI för varje kvadrat konverteras med en funktion till det trädslags SI som har bestämts för hela objektet (funktioner i Bilaga 7).
- 8) Samtliga kvadraters SI-höjder (eventuellt konverterade mellan trädslag) summeras och objektet som helhet tilldelas slutligen medelhöjden från denna procedur.

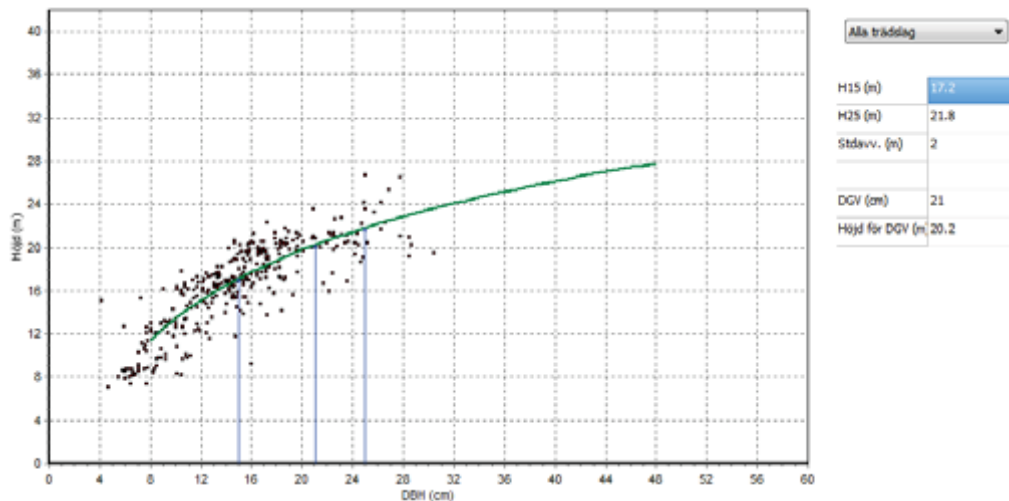
Figur 28 visar ett exempel ur Skogforsks prototypprogram där utfallet från en SI-tilldelning/indelning enligt ovan kan ses.



Figur 28.
Exempel på bestämning av SI i prototypprogrammet. Systemet beräknar också medel för SI. Exemplet är SI för grandominerade områden G21 och för talldominerade områden T24.

Höjdkurva H15/H25

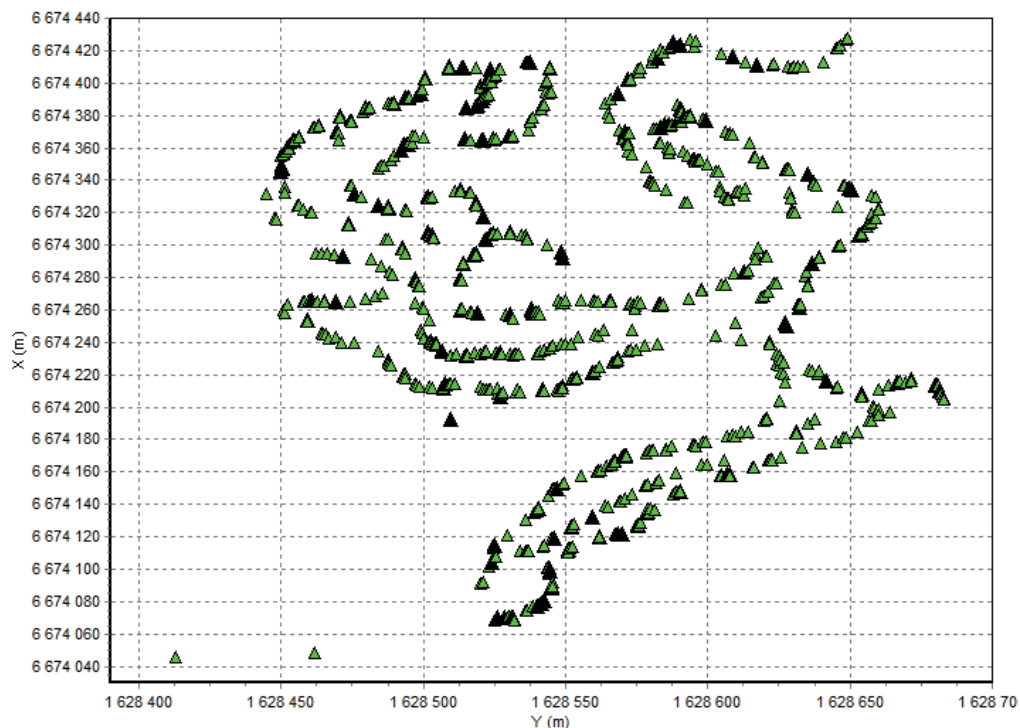
En höjdkurva kan ses i Figur 29 nedan. I höjdkurvan kan man följa höjden som funktion av brösthöjdsdiametern. I Figur 29 syns även tre vertikala streck. Två av dessa markerar H15 och H25 (höjd vid 15 respektive 25 centimeters diameter), medan det tredje strecket är beläget vid diametern för DGV och visar motsvarande höjd där. Se Bilaga 8 för en beskrivning av hur höjdkurvan tas fram.



Figur 29.
Alla avverkade träs höjder ritade mot trädens DBH. I figuren illustreras trädens H15 höjd, H25 höjd och höjd beräknad för trädens DGV.

Rötfrekvenskarta

För granstammar kontrolleras de första stockarnas toppdiameter på bark samt sortiment. Om minst en meter utmatad längd håller toppdiameter över 15 cm för varje stock, (vilket innebär att stockarna ur dimensionssynpunkt normalt skulle ha klassats som timmer), och sortimentet för dessa stockar är massaved eller rötved (fler sortiment kan läggas till av användaren), märks aktuell gran som rötskadad. Med hjälp av ett kartverktyg kan dessa träd sedan åskådliggöras grafiskt. I Figur 30 nedan är rötskadade granar utmärkta med svart färg.



Figur 30.
Utmärkning av rötad gran bland stammar av gran; friska granar är gröna och de som har klassats som rötskadade är svarta.

En svaghet med systemet är att en viss andel av de granrotstockar som klassas som massaved gör det p.g.a. andra orsaker, t.ex. krök eller att trädet t.ex. är torrt. I slutavverkning är dock röta den helt dominerande orsaken.

4B. REDOVISNING AV RESULTAT

Allmänt om resultat från skördardata

Från skördardata genereras redan i dag en mängd resultat t.ex. produktionsrapportering av volym rundvirke per sortiment och t.ex. stocknotor. Dessa data kan genereras i t.ex. SDCs Viol-system, Logicas administrationsprogram Silvia, Dasas program Production report, Skogforsk program Aptan eller liknande programvara från maskintillverkarna. Alla dessa system bygger på att skördarnas produktionsdata lagras ner kontinuerligt enligt StanForD formatet i skördarnas produktionsfiler.

Under de senaste åren har Skogforsk tillsammans med skogsbruket också tagit fram krav på redovisning av beräknade skogsbränslekvantiteter. Kraven på dessa data finns beskrivna från ett tidigare projekt (Möller m.fl., 2009). Någon standard för skogsbränsleredovisning finns dock inte i dag. Skogsbränsledata kan dock lagras i StanForD 2010 meddelande som ett extension element (utökad data) för varje enskilt träd. På samma sätt kan beräknade träddata lagras som ett extension element för enskilda träd i ett hpr-filerna.

Nyckeltal för skogsbränsle och beskrivning av det kvarvarande beståndet kan i dag endast presenteras i Skogforsk prototypprogram hpr-analys. Resultat från prototypprogrammet kan lagra geografisk data i shape-filer, däremot lagras i dag inte nyckeltalen ner i något standardiserat format liknade StanForD.

Krav på utdata till företagssystem för beskrivning av det kvarvarade beståndet

För att kunna tillgodogöra sig resultaten i register och företagssystem bör resultatet lagras ner i standardformat. En sådan standard håller på att utvecklas med Skogforsk som samordnare inom projektet skoglig information eller data om skog och brukande av skog, SS637009 (Barth, 2011). Denna standard kommer i en första preliminär version hösten 2011 och kommer att användas för att lagra nyckeltal och geografisk information som beskriver den stående skogen. Vid avslutande av aktuellt projekt i december 2011 finns ännu ingen slutlig standard för test att lagra ner resultat av skogliga data beräknade på skördardata. Detta bör dock bli fullt möjligt under 2012. Möjligheter att lagra ner data i shapefiler har dock implementerats i projektets prototypprogramvara, se Figur 31.

Kraven är att resultat överensstämmer med de nyckeltal som specificeras i tabell 4–6. Kraven på resultatnivån för olika nyckeltal är olika, i Tabell 7 görs ett försök att specificera dagens och framtida önskemål för olika nyckeltal. Resultaten ska kunna redovisas enligt olika nivåer, se tabell 7 nedan:

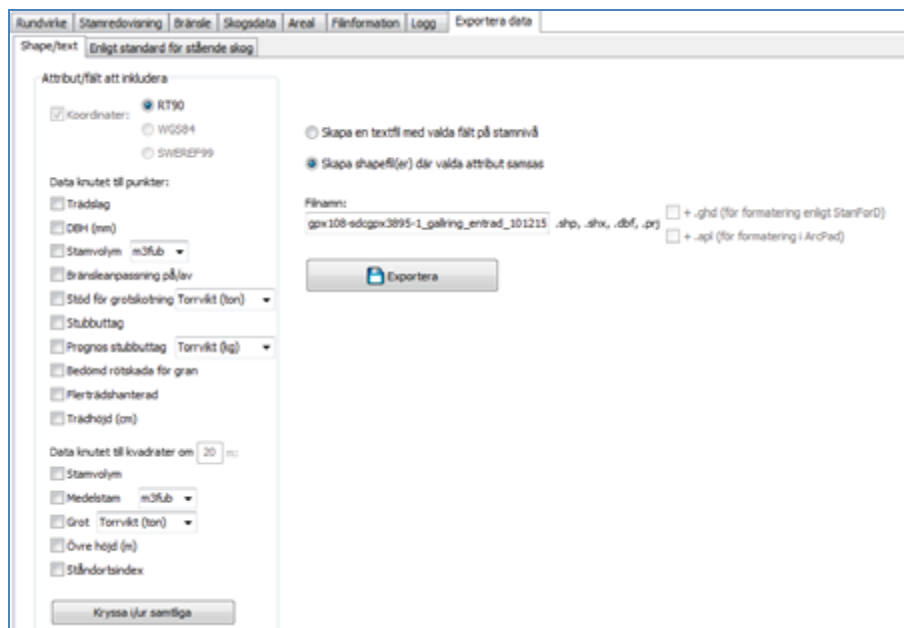
- 1) Objektsnivå. Avgränsat objekt definierat av användaren antingen via skördarfilerna, via bearbetningsprogram eller från ett befintligt register (polygon från register t.ex.).
- 2) Rutnät (kvadratiska områden). I dag har nya möjligheter skapats med t.ex. laserskannade data. Laserdata liksom skördardata med koordinater på varje träd gör det möjligt att lagra ner data i kvadratiska områden, se exempel i Figur 28, SI-variation.
- 3) Koordinater. En yta bör kunna avgränsas med en polygon (månghörning som knyts ihop av linjer), träd ska kunna lagras med koordinater om de har en viss egenskap och t.ex. stickvägar bör kunna lagras som linjer. Se exempel i Figur 30, rötade granar.

Tabell 7. Sammanställning av de nyckeltal som beskriver det kvarvarande beståndet efter avverkning. I tabellen redovisas vilken nivå de olika nyckeltalen ska kunna lagras på.

Nyckeltal	Enhet	Nivå	Geografisk data
Areal	ha	Objekt, obearbetade områden (ej avverkade inneslutna område). Eller ej avverkade inneslutna av objektpolygon.	Polygon med yttergräns samt ev. lämnade områden
Volym totalt	m ³ sk	Objekt	
Volym per ha	m ³ sk/ha	Objekt, kvadratindelning (x*x m)	Rutnät (x*x m)
Stamantal	Antal	Objekt	
Grundtyevägd brösthöjdsdiameter	mm	Objekt	
Grundtyevägd medelhöjd	m	Objekt	
Övre höjd	m	Objekt, kvadratindelning (x*x m)	Rutnät (x*x m)
Ståndortsindex	m	Objekt, kvadratindelning (x*x m)	Rutnät (x*x m)
Höjdkurva H15/H25	m	Objekt	
Diameterfördelning i brösthöjd.	mm	Objekt	
Grundyta	m ²	Objekt, kvadratindelning (x*x m)	Rutnät (x*x m)
Rötfrekvenskarta	Antal/ ha, ja/nej	Objekt, enskilda träd	Punktobjekt
Stickvägssystem ²⁾	m ² /ha, m	Objekt	Linjeobjekt
Högstubbar ¹⁾	antal, ja/nej	Objekt, enskilda träd	punktobjekt
Fröträd ¹⁾	Antal	Objekt	Polygon runt yta
Hänsynsyta ¹⁾	ha	Objekt	Polygon runt yta
Stubbehandling ¹⁾	ja/nej	Enskilda träd	Punktobjekt
Körskador ¹⁾			Punktobjekt/linje

¹⁾ För att kunna beräkna dessa nyckeltal krävs maskinanpassningar samt att tillhörande anpassningar görs i skogsstandarden (StanForD).

²⁾ Stickvägsandelen har ej beräknas i aktuellt projekt.



Figur 31. Exempel på utdata flikar i Skogforsk prototypprogram. I programmet går det i dag att exportera olika resultatskikt som koordinater eller som ett rutnät med medelvärden i kvadratiska förband om 20×20 meter. Exporten görs i form av shape-filer. Fliken standard för stående skog är ännu inte implementerad.

Diskussion

DATAINSAMLING OCH OBJEKTSAVGRÄNSNING

Skördardata för enskilda träd, pri-filer eller hpr-filer enligt StanForD 2010, och data beräknade utifrån dessa, används genomgående som indata i beräkningssystemet för återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Vi ser detta som en stor styrka framför allt av följande skäl:

- Beräkningsmodulen hprCM, främst framtagen för skogsbränsleberäkning, kan även användas för att beräkna trädegenskaper som trädhöjd, övre höjd, etc.
- Det medger att i princip ett helt automatiserat beräkningssystem kan byggas som kontinuerligt förser företagens register med uppgifter om uttag och prognos på kvarvarande objekt när hprCM finns integrerad.
- Indata i form av skördardata är en resurs som i huvudsak redan finns i systemet för produktionsrapportering av rundvirke d.v.s. inga betydande kostnader tillkommer för att generera indata.
- Vi anser att kvaliteten på skördardata generellt är hög, speciellt från skördare som är anslutna till systemet för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning.
- Skördardata följer en standard, StanForD, vilket gör det relativt enkelt att i ett och samma system hantera data från ett stort antal maskiner av olika skördarfabrikat.

- Objektsavgränsningen kan göras i efterhand eller korrigeras då enskildas träd avverkade med moderna skördare har avverkningspositionens koordinater lagrade (maskinens position).

Skördarnas möjligheter att lagra koordinater på alla avverkade träd är avgörande för en stor del av de nyckeltal som skogsbruket är intresserade av. Att GPS finns installerad och att koordinaterna lagras i skogsstandardfilerna är avgörande för systemet. Även att maskintillverkarna som standard jobbar med att koordinater ska lagras i skördarnas produktionsfiler är viktigt.

En annan kritisk punkt för systemets utveckling är att företagen börjar använda sig av pri-filer. I dag har SDC börjat ta emot pri-filer och under 2011 satte man upp målet att till 2013 ska alla maskiner som har möjlighet ha gått över till pri-filer eller hpr-filer enligt StanForD 2010 vid produktionsrapportering.

BERÄKNINGSMODELLER

Parallellt med den nu avrapporterade system-delen av projektet pågår en studie syftande till att testa framtagen arealberäkningsmodell och gallringsuttagsmodell som används för att beskriva objektet efter gallring.

Resultat från denna studie visar att den framtagna arealmodellen är känslig vid små objekt beroende av var maskinens position är vid avverkningen. Gallringsmodellen har i den första versionen gett väldigt bra utfall, dock behöver programmet för att utvärdera gallringsprocenter och gallringskvoter utvecklas och testas ytterligare.

UTVECKLINGSBEHOV

I stort fungerar systemet med hjälp av standarddata och de befintliga mätningar som kan göras i dagens moderna skördare. Nedan listas dock några viktiga steg som håller på att genomföras eller som bör genomföras för att utveckla systemet och resultaten därifrån:

1. Bygga upp infrastruktur för att rapportera pri-/hpr-data till företags-system/SDC (företagsbeslut).
2. Installation av GPS på alla maskiner och koppling av koordinater till apteringsdatorn. Viktigt att skogsbruket och maskintillverkarna ser detta som en standardkomponent.
3. Vidareutveckla Skogforsks prototypprogram för utveckling av areal- och gallringsmodell (gallringsprocent, gallringskvot och regler).
4. Ytterligare validering av gallrings- och arealalgoritm runt om i landet.
5. Anpassning för att lagra data i standarden för stående skog och liknande standarder.
6. Möjlighet att registrera ytterligare träd- och egenskapsdata i skördarna, t.ex. högstubbar, stubbehandling, etc.
7. Koppla ihop skördardata med laserdata (polygon med objektsgränser) och testa modellen.

8. Tillsammans med någon maskintillverkare testa att samla in trädens koordinater (eller aggregatet vid fällning, inte testa maskinens position som i dag).
9. Utveckla en modell för beräkning av stickvägsandel utifrån kör-logg, skördarproduktionsfiler och position för enskilda träd (stickvägsträd). Eventuellt manuell registrering.

Referenser

- Arlinger, J. Möller, J.J., Sorsa, J.A. & Räsänen, T. 2011. Introduction to StanForD2010 Structural descriptions and implementation recommendations. Opublicerad stencil. Skogforsk. 72 s.
- Hannrup, B., Bhuyian, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757 Skogforsk.
- Hannrup, B., Möller, J.J., Larsson, W., Malm, J. & Wilhelmsson, L. 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverjade kvantiteter skogsbränsle. Arbetsrapport 694, Skogforsk. 39 s.
- John Deere 2010. "TimberNavi™. 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.
- Larsson, W., Bhuyian, N. & Möller, J.J. 2012. Modul för beräkning av skogsbränsle baserat på skördardata. hprCM version 1.0 – harvester production Calculation Modul baserat på StanForD 2010 version 2.0. Opublicerad stencil. Skogforsk., Skogforsk .
- Marklund, L. 1988. Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden. The Swedish University for Agricultural Sciences, Department of Forest Survey. Report 45. 73 pp. ISBN 91-576-3524-2. (In Swedish with English summary.)
- Möller, J. J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverjade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. Arbetsrapport 677, Skogforsk. 19 s.
- Petersson, H. & Ståhl, G. 2006. Functions for below-ground biomass of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 21: 84–93.
- Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. Silvae Fennica 43 (4): 625–640.
- SDC 2010. "Leveransuppföljning på stocknivå".
<http://www.sdc.se/default.asp?id=1106>. Tillgänglig 2010-12-06.

Personligt meddelande

- Barth, A. personligt meddelande 2011. Data om skog och brukande av skog, SS637009, opublicerad. Skogforsk.

Beräkningssteg vid beräkning av kvarvarande objekt efter gallring

För att göra en prognos av det kvarvarande beståndet efter gallring behöver beräkningar på uttaget göras per diameterklass (tvåcentimetersklasser upp till 60 cm). Då gallringskvoten skiljer sig från 1 bestäms den klassvisa gallringsstyrkan på iterativ väg (ej jämnt uttag över alla klasser):

1. Initialt sätts uttagsandelen i varje DBH-klass till den totalt satta gallringsstyrkan.
2. Grövsta DBH-klassen som finns representerat i uttaget söks, d.v.s. den klenaste av de två klasser efter klassen 12 cm som var för sig utgör mindre än en procent av det totala stamantalet i uttaget.
3. Minsta tillåtna uttag sätts till 10 procent samt ”mittklassen” mellan klassen 12 cm och den bortre gränsen som hittades ovan bestäms.
4. I samtliga steg som följer beräknas grunddyta eller DGV före gallring som uttag genom uttagsandel för varje klass. Värdet efter gallring fås som differensen mellan värdet före gallring och värdet från själva gallringen.
5. En första loop försöker få till gallringskvoten med precisionen 0,02 genom att enbart ändra lutning på en linjär uttagskurva, d.v.s. den horisontella linjen från steg 1 ovan roteras runt mittklassen (max 100 försök).
6. Om inte gallringskvoten totalt har hamnat inom preciserade 0,02 från satt värde, körs en andra loop för att få till gallringskvoten med precisionen 0,02 genom att enbart förskjuta uttagskurvan i sidled (max 100 försök).
7. En tredje loop försöker denna gång få till gallringsstyrkan inom 0,4 procent från satt värde genom att höja/sänka uttagskurvan (max 100 försök).
8. En fjärde loop fokuserar återigen på att eventuellt justera tillbaka en rubbad gallringskvot från föregående steg. Denna loop försöker åter få till gallringskvoten med precisionen 0,02 genom att enbart ändra lutning på uttagskurvan (max 100 försök).
9. Som styrdata finns också ett intervall för minimal/maximal grunddyta efter gallring. Om inte framräknad grunddyta efter gallring ligger i detta intervall undersöks det om en giltig gallringsstyrka kan sättas för att uppfylla detta krav (20–40 procent). Ifall det är möjligt prioriteras det satta intervallet för grunddyta efter gallring och tidigare satt gallringsstyrka sätts om för att uppfylla kriteriet, och ännu en omgång av denna algoritm körs igenom.

Begränsningar i aktuell modell

Beräkningar baseras endast på de klasser som finns representerade i uttaget. Då den kvarvarande skogen normalt även har en del grövre träd, kan träd behövas läggas till i klasser grövre än den sista avverkade klassen.

Gallringsdata

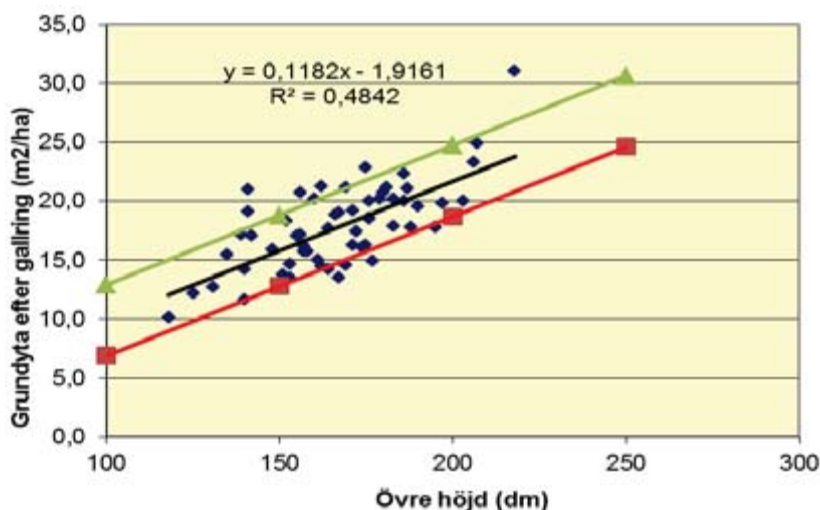
I projektet har vi tagit del av gallringsuppföljningar utförda av Södra Skog och Bergvik Skog och i tabell 8 visas genomsnittlig gallringskvot och gallringsstyrka för de två uppföljningarna. Baserat på resultat från uppföljningarna har defaultvärden plockats fram vilka användes som startvärden i algoritmen för beräkning av variabler som beskriver kvarvarande bestånd efter gallring (gallringsalgoritmen). Som startvärden för gallringskvoten användes värdena 0,75 och 0,85 för gallringsobjekten i Västergötland respektive Uppland. Som startvärde för gallringsstyrkan användes genomgående värdet 30 procent.

Tabell 8.

Antal bestånd, gallringskvot och gallringsstyrka för tall- och grandominerade bestånd i gallringsundersökningarna från Bergvik Skog och Södra Skog. I undersökningen från Södra Skog ingick både första och andragallringar. I båda undersökningarna är gallringskvoten beräknad som aritmetisk medeldiameter i uttaget i relation till aritmetisk medeldiameter i kvarvarande bestånd och gallringsstyrkan som uttagen grundyta i relation till ursprunglig grundyta.

Företag	Åtgärd	Talldominerade bestånd			Grandominerade bestånd		
		N	Kvot	Styrka (%)	N	Kvot	Styrka (%)
Bergvik	1:a	44	0,86	30,2	16	0,87	28,1
Södra	1:a	30	0,75	31,0	63	0,74	27,7
Södra	2:a	19	0,76	24,4	35	0,70	25,0

I Figur 32 illustreras sambandet mellan övre höjd och grundytan efter gallring för 60 gallringsobjekt som ingick i Bergvik Skogs gallringsuppföljning. Motsvarande samband är likartat för gallringsobjekten som ingick i Södra Skogs uppföljning. Den svarta linjen är en regressionslinje för regressionen av övre höjd på grundyta efter gallring och de röda och gröna linjerna avgränsar ett grundyteintervall på $\pm 2,5$ meter runt regressionslinjen. Detta intervall används som en begränsningsmatris i gallringsalgoritmen.



Figur 32.

Sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring för 60 gallringsobjekt ingående i Bergvik Skogs gallringsuppföljning.

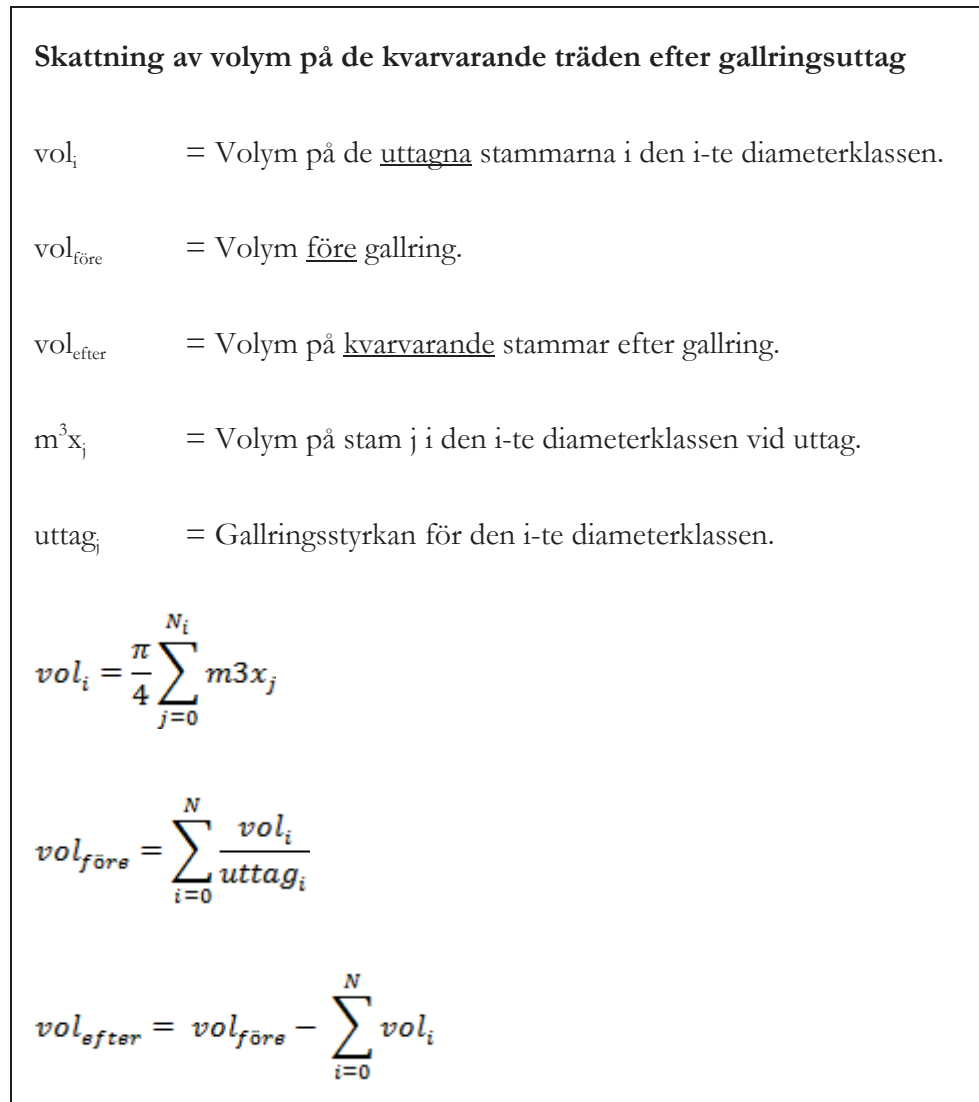
Följande funktioner har använts/rekommenderas för beräkning av min-max uttagsnivåer. Funktionerna är framtagna utifrån ovan nämnda gallringsuppföljningar.

Tabell 9.

Funktioner för att beräkna grundyteintervall efter gallring med övre höjd som ingångsvariabel baserat på gallringsstatistik.

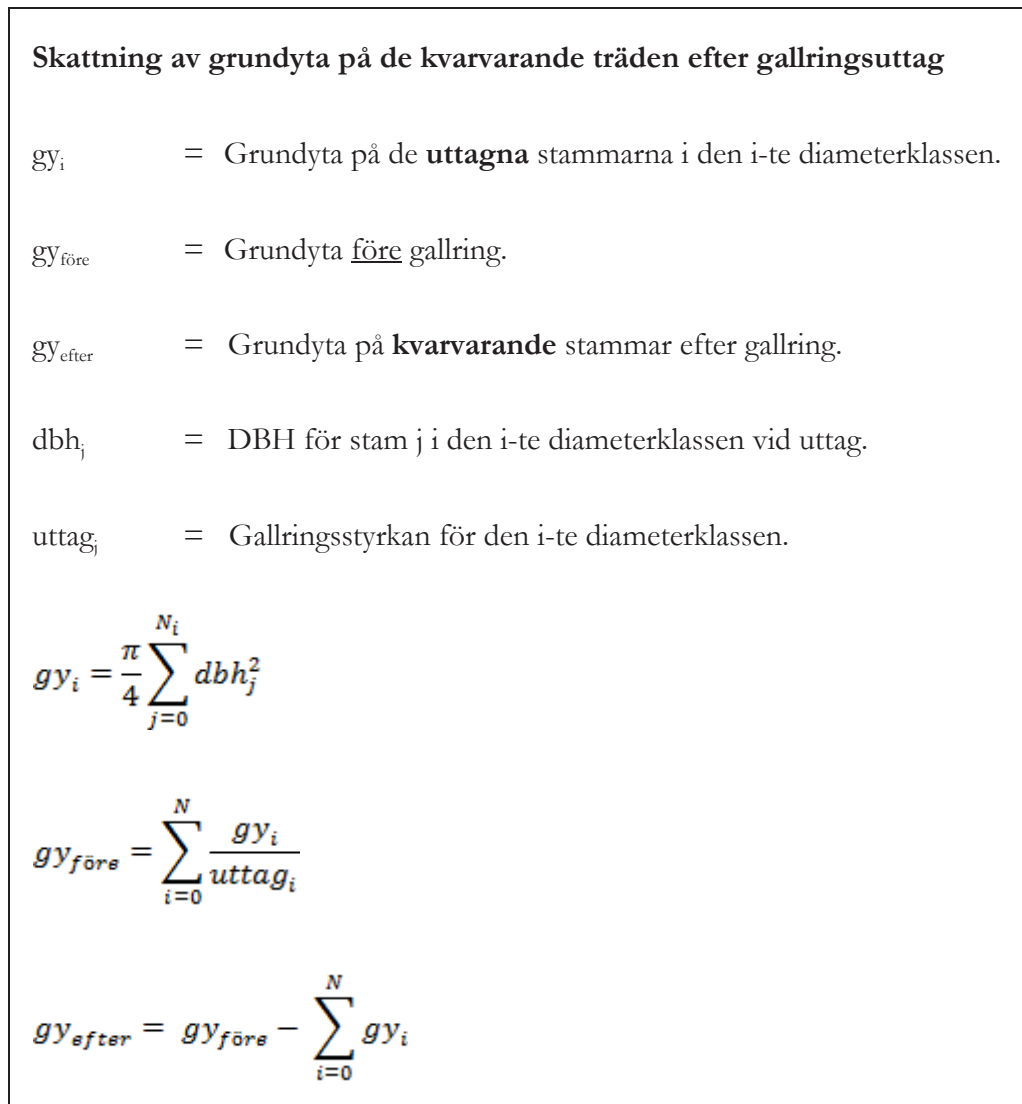
Gran dominerat norr = $-8,5 + 0,157 \times \ddot{O}H$	intervall $\pm 2,5 \text{ m}^2$
Tall dominerat = $2,48 + 0,092 \times \ddot{O}H$	intervall $\pm 2,5 \text{ m}^2$
Gran dominerat söder = $2,49 + 0,102 \times \ddot{O}H$	intervall $\pm 2,5 \text{ m}^2$

Volymsuttag



Figur 33.
Beräkning av volym på de kvarvarande träden. N_i är antalet stammar i den i-te diameterklassen och N är antalet diameterklasser.

Skattning av grundyta efter gallring



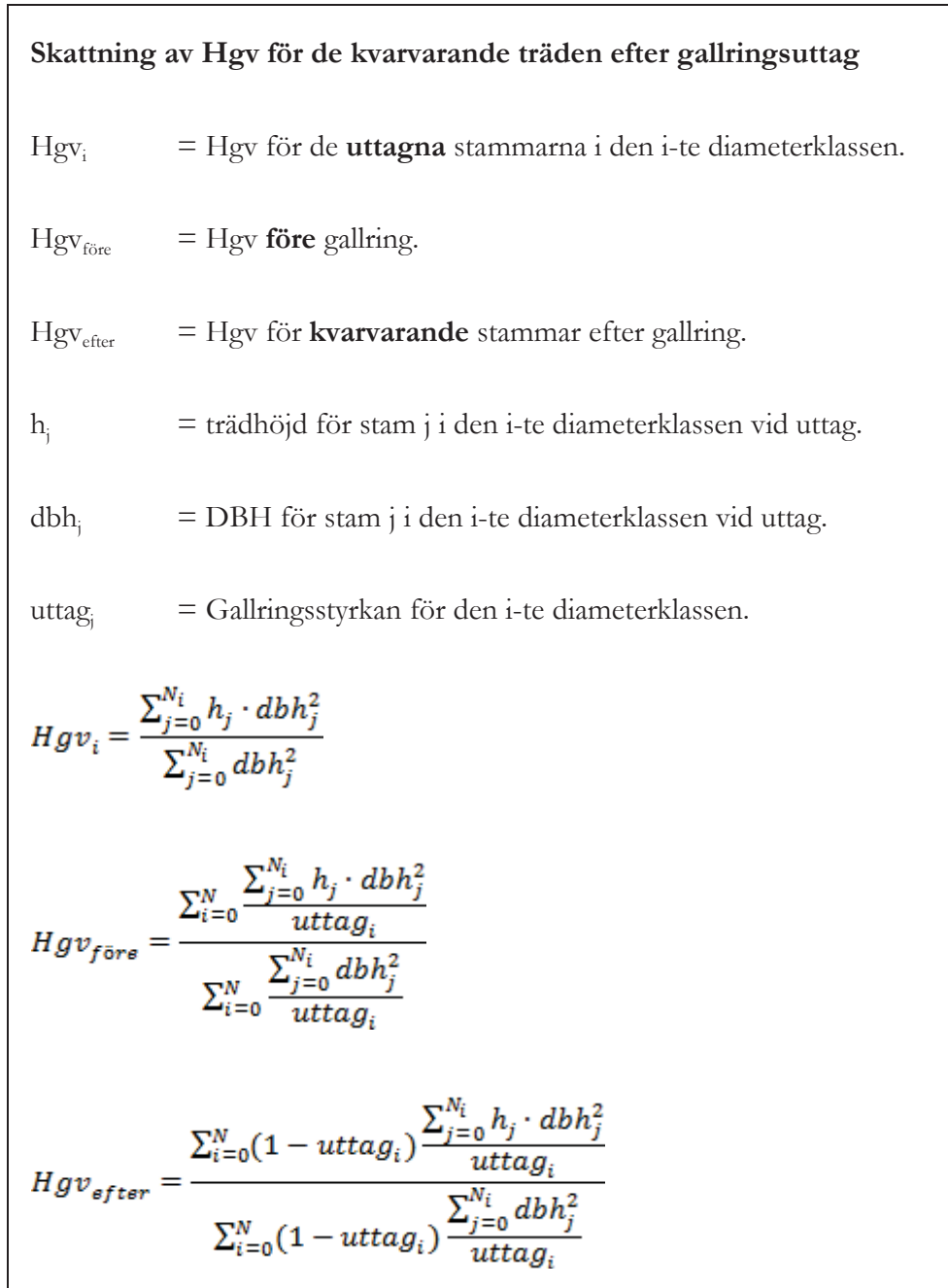
Figur 34.
Beräkning av grundyta på de kvarvarande träden. N_i är antalet stammar i den i-te diameterklassen och N är antalet diameterklasser.

Skattning av grundtyevägd brösthöjdsdiameter (Dgv)

Skattning av Dgv för de kvarvarande träden efter gallringsuttag	
Dgv_i	= Dgv för de uttagna stammarna i den i-te diameterklassen.
$Dgv_{före}$	= Dgv före gallring.
Dgv_{efter}	= Dgv för kvarvarande stammar efter gallring.
dbh_j	= DBH för stam j i den i-te diameterklassen vid uttag.
$uttag_i$	= Gallringsstyrkan för den i-te diameterklassen.
$Dgv_i = \frac{\sum_{j=0}^{N_i} dbh_j^3}{\sum_{j=0}^{N_i} dbh_j^2}$ $Dgv_{före} = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{\sum_{j=0}^{N_i} dbh_j^3}{uttag_i}}{\sum_{i=0}^N \frac{\sum_{j=0}^{N_i} dbh_j^2}{uttag_i}}$ $Dgv_{efter} = \frac{\sum_{i=0}^N (1 - uttag_i) \frac{\sum_{j=0}^{N_i} dbh_j^3}{uttag_i}}{\sum_{i=0}^N (1 - uttag_i) \frac{\sum_{j=0}^{N_i} dbh_j^2}{uttag_i}}$	

Figur 35.
Beräkning av Dgv för de kvarvarande träden. N_i är antalet stammar i den i-te diameterklassen och N är antalet diameterklasser.

Skattning av grundtyevägd medelhöjd (Hgv)



Figur 36.
Beräkning av Hgv för de kvarvarande träden. N_i är antalet stammar i den i-te diameterklassen och N är antalet diameterklasser.

Bilaga 7

Skattning av ståndortsindex

Omvandling av SI gran till SI tall. Bo Lejon opublicerad 1979.

$$H100_{Tall} = e^{-2,5397 + \text{LN}(H100_{Gran}) * 1,6967 - 0,005179 * H100_{Gran}}$$

Obs! Höjder i dm.

Omvandling av SI Tall till SI Gran. Bo Lejon opublicerad 1979.

$$H100_{Gran} = e^{7,9209 + \text{LN}(H100_{Tall}) * (-0,9596) + 0,01171 * H100_{Tall}}$$

Obs! Höjder i dm.

Funktioner för att beräkna SI från övre höjd. Björn Elfving och Andres Kiviste 1997.

$$SI = \frac{A}{2 + \frac{B}{C}}$$

$$A = r + \ddot{O}H + a$$

$$B = \frac{b}{t_{SI}^c}$$

$$C = r + \ddot{O}H - a$$

$$r = \sqrt{(\ddot{O}H - a)^2 + b * \frac{\ddot{O}H}{t_{\ddot{O}H}^c}}$$

Som kan ses ovan är uttrycken A, B, C och r mellanräkningar för att beräkna ståndortsindex medan a, b och c är trädslagsspecifika konstanter. $\ddot{O}H$ är övre höjden i meter vid tiden $t_{\ddot{O}H}$. t_{SI} är beståndsåldern från frö; för tall är t_{SI} 100 år medan t_{SI} och $t_{\ddot{O}H}$ reduceras med 3 år för gran och 5 år för björk. För björk justeras även $\ddot{O}H$ ned med 1,3 m och slutresultatet i SI upp med motsvarande 1,3 m.

Tabell 10.

Konstanter per trädslag att användas i funktioner för att beräkna SI från övre höjd.

Trädslag	a	b	c
Tall	23,8	29 582	1,7829
Gran	37,75	5 981,2	1,5978
Björk	26,51	1 576	1,387

Bilaga 8

Höjdkurva

Den matematiska formen för den typ av flexibel höjdkurva vi har använt är:

$$h = a + b * \ln(dbh)$$

där h är höjden i m och dbh är brösthöjdsdiametern i mm.

Koefficienterna a och b bestäms ur polynomet $y = a + bx$ som beskriver den linjära regression som görs på alla par $[x,y] = [\ln(dbh),h]$ enligt följande:

$$b = \frac{\sum_{i=0}^N h_i * \ln(dbh_i) - \frac{\sum_{i=0}^N h_i * \sum_{i=0}^N \ln(dbh_i)}{N}}{\sum_{i=0}^N \ln(dbh_i)^2 - \frac{(\sum_{i=0}^N \ln(dbh_i))^2}{N}}$$

$$a = \frac{\sum_{i=0}^N h_i}{N} - b * \frac{\sum_{i=0}^N \ln(dbh_i)}{N}$$

där N är antalet träd.

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. Spårddjup 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.