ARBETSRAPPORT 1228-2024

hprYield

– beräkningsmodul för generering av geografiskt uppdelade nyckeltal baserade på skördardata

Johan J Möller, Nazmul Bhuiyan, John Arlinger, Ingemar Eriksson, Jon Söderberg, Björn Hannrup

Bild över en avverkning illustrerad med data registrerad av skördaren och bearbetad i beräkningsmodulen hprYield. I bilden illustreras hur grundytan varierar över objektet. Objektet är indelat i delområden, så kallade beräkningsytor. I det högra flödesschemat beskrivs hprYields huvudprocedur *RunHprYield.* Modulen läser in skördardata och beräknar areal och olika skogliga nyckeltal.

Innehåll

Förord **5**

Summary **6**

Sammanfattning **7**

Begrepp **9**

Bakgrund **12**

Syfte **15**

Schematisk beskrivning av beräkningsmodulen hprYield **16**

Allmänt 16

Inställningsdokument 16

Arbetsgång 17

1. Bearbetning och inläsning av data 18
2. Arealberäkning och indelning i beräkningsytor 19
3. Beräkning av nyckeltal 20
4. Skrivning av resultatfiler 24

Begränsningar 24

Vidare arbete 25

Referenser **25**

Bilagor **27**

Bilaga 1. Inställningsdokument för hprYield **28**

Result – resultat 28

Speciesgroupclasses – trädslagsklasser 28

Productclasses – produktklasser 29

Loggingforms – avverkningstyper och gallringsinställningar 31

Area – areal 33

Stickvägsinställning 33

Bilaga 2. Biometrias redovisningskoder för trädslag och sortiment/produkter **34**

Trädslagskoder 34

Produkt-/ sortimentskoder 35

Bilaga 3. Filtrering av stammar inför beräkning av nyckeltal för utbytesberäkningar – hprYieldResults **37**

Fällda stammar 37

DBH 37

Formkvot 37

Rotavkap 38

Saknade koordinater 38

Bilaga 4. Beräkning av nyckeltal 39

Temperatursumma 39

Avverkningstyp 39

HGV 39

DGV 39

Formkvot 39

H15 och H25 39

Stamfelsvedvolym 39

Manuella kap 39

Bilaga 5. Arbetsgång och algoritmer i hprYield 40

Huvudprocedur 40

Förteckning över algoritmer 42

Algoritm för kontroll av koordinater 44

Algoritm för att skriva nyckeltal för utbytesberäkningar 46

Algoritm för att skriva nyckeltal för gallringsuppföljning 50

Bilaga 6. Anrop för in- och utdata 52

Bilaga 7. hprYieldResults XML-schema 54

Resultat per objekt och per beräkningsyta 54

Resultat per stam och stock 57

Bilaga 8. Forestand XML-schema 58

Bestämningar per beräkningsyta 60

Övriga nyckeltal registrerade för Objective-uttaget (E18) 61

Övriga nyckeltal registrerade för Objective efter gallring (E20) 64

Bestämningar per ruta (E18) 65

Bestämningar för Objective totalt uttag för samtliga beräkningsytor (E18) 67

Sammanfattning alla bestämningar 68

Bilaga 9. Ogi XML-schema 70

Bilaga 10. Arealberäkning 78

Arealberäkning – rutnätbaserat 2016 (Bhuyian m.fl. 2016) 78

Arealberäkning 2018 81

Bilaga 11. Gallringsprognos 2021 82

Huvudalgoritm 82

2 Beräkning av gallringskvot (2021) 82

3. Beräkning av gallringsstyrka (2021) 86

4. Prognos på kvarvarande skog 88

Korrigering av trädslagsfördelning efter gallring för maskiner med stickvägsdata 92

Prognos på kvarvarande bestånd 92

Bilaga 12. Stickvägsberäkning 94

Stickvägslängd 94

Stickvägsandel 95

Täthet och stamantal per 500 meter samt trädslagsandel 96

Bilaga 13. Algoritmer för beräkning av ålder och ståndortsindex baserat på skördardata som underlag för val av gallringsmallar vid automatisk gallringsuppföljning 97

Data från huvudalgoritmen på beräkningsytenivå 97

Flöde gallringsmall 97

Funktioner för skattning av ståndortsindex 99

Beräkning av ålder och ståndortsindex 99

Steg A – Initial beräkning av SI 100

Steg B – Beräkning av ålder 100

Exempel som illustrerar steg A och B 103

Bilaga 14. Inställningar gallringsmallar och presentation av resultat 105

Inställningar enligt gallringsmallen Ingvar 106

Inställningar enligt gallringsmallen Bergvik 108

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts i augusti 2024 av Kari Hyll, forskare Skogforsk. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 18 december 2024.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se
©Skogforsk 2024 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport har utarbetats inom ramen för flera projekt med start i projektet ”Beräkningsmodul för skapande av stambanker och direkt utbytesprognos baserat på skogs- och skördardata på objektsnivå” (hprYield).

Metodik och programvara för beräkningsmodulen (hprYield) har sedan vidareutvecklats successivt i en serie projekt. Projektens syfte har varit att ta det sista steget mot ett system/en modell för att automatiskt kunna göra utbytesberäkningar, beskriva avverkad areal och göra gallringsuppföljning baserat på standarddata från skördare. Modulen har dessutom kommit att användas för att uppdatera skogliga register och planer i samband med avverkning. Modulen används idag också i skogliga GIS-system direkt i skördare eller skogsföretagssystem. För olika AI-modeller har också skördardata och bearbetade skördardata enligt hprYield-modellen börjat användas som träningsdata, till exempel för modeller baserade på olika fjärranalysdata.

Utvecklingen av hprYield-modulen initierades och finansierades vid starten år 2015 av SCA Skog AB, Sveaskog Förvaltning AB, Södra Skogsägarna ek. för. och Skogforsk. Senare har även följande företag bidragit med delfinansiering: Bergvik Skog AB, Billerud Skog AB, Holmen Skog AB, och Stora Enso Skog AB. Därtill har bidrag från Norrskogs forskningsstiftelse, Skogssällskapets forskningsstiftelse och Södras forskningsstiftelse varit avgörande för att finansiera utveckling av den metodik som implementerats i hprYield.

Ett stort tack till samtliga som bidragit till projektets genomförande! Och ett speciellt tack till Sveaskog som genomfört mycket av de första testerna av modulen och sedan fem år har den implementerad i sina system. Idag har även Södra skogsägarna, SCA, Billerud, Stora Enso och Holmen modulen implementerad i sina system. Modulen används idag, förutom som underlag för utbytesberäkningar, även i system för gallringsuppföljning för att ge feedback till skördarförare och uppdatering av registersystem. Modulen används även i skördarapplikationer som CGIs ROM, Forest Links FLMaps och Sveaskogs Stina. I Stina arbetar man med en molnlösning där alla beräkningar sker i en central databas. När den används i de olika GIS-programvarorna är det främst för gallringsuppföljning och feedback till maskinförarna som kör skördare. CGI har modifierat modulen i egen regi och den kallas då ForestYield. Ett speciellt tack vill vi också rikta till vår tidigare kollega Nazmul Bhuiyan som byggde den grundläggande plattformen och strukturen.

Uppsala december 2024

Johan J. Möller

Summary

Yield prognoses (pre-harvest assessments) enable forest companies to plan their harvesting so that industry and other customers receive the right assortment at the right time. Skogforsk has developed and tested various models for processing harvester data to use as a basis for yield estimations prior to harvesting, to follow up thinning, including a prognosis regarding the remaining forest, and to describe the harvested area and volume for updating of forest register data.

In this report, the hprYield software tool is described. The tool has built-in models and is now implemented in Skogforsk's harvester database. It is used in research studies for calculating harvested areas, yield prognoses, for following up thinning, and also for other projects involving harvester data and remote sensing. The software is also implemented in several company systems, where it is used to generate information for estimating yield and following up thinnings. The software is also used in several harvester controllers, for operator feedback and control during thinning, and also for presentation of stem codes used in following up conservation measures.

Forests that are harvested today are measured, and standard information is recorded about the harvested trees in the harvester production message (hpr), according to StanForD 2010. For every log produced, information is recorded about tree species, assortment, quality, dimensions, and the GPS coordinates of the harvester. Every harvested tree can be reconstructed by merging the logs together, this information is used to estimate the total height and stem shape of each tree. A database is then built from the harvester information, where data is collected from all logging sites.

The hprYield software recreates the forest on the basis of the information on the harvested trees. First, a tree map is created for a harvesting site based on the stems included in the hpr-files. At a second stage, the trees are segmented into areas of 0.5-2 ha. These are called calculation areas, and the segmentation is based on the height variation of the trees. A number of key figures are then calculated for each calculation area, such as logging type, area, volume, basal area, and species distribution. Height, damage, and assortment distribution per DBH class are also calculated. Determination of logging type is based on tree size and extracted volume or basal area per hectare.

If the harvesting type is a thinning, a prognosis is made regarding the remaining forest after the harvesting. Together with data from the extraction, this prognosis can also be used for estimating key figures for the stand before harvesting.

The key figures generated per calculation area are exported, with the data divided into tree species and aggregation levels for the entire harvesting site, calculation areas, and DBH classes. In addition, all key figures linked to 13 x 13-m squares in a grid are exported.

Three xml-based file types are used in the basic version of the calculation module to return the result. One follows the Forestand standard and contains geometries and key figures for extraction and status before and after thinning, while another (hprYieldResult) is mainly to give a detailed description of the harvested trees and logs. In addition, the module has a file type through which a thinning prognosis can be generated according to the standardized ogi format (version 4.1 of the StanForD standard).

Data from hprYield is used today in various system solutions for yield calculations, thinning follow-up, and updating of forestry registers/plans. The tool is available as dll (including source code) and is written in the Pascal programming language with the Delphi development tool.

Over time, hprYield has become a central component in many company systems' infrastructure for translating standardised machine data according to StanForD to the Forestand standard. Calculated and harvester-measured data can then be entered in the forest register databas and also directly into a harvester GIS-application.

Sammanfattning

Prognoser av utbyte (på engelska: *yield prognosis*) möjliggör för skogsföretag att planera sina avverkningar så att industrier och andra kunder får rätt sortiment vid rätt tidpunkt. Skogforsk har utvecklat och testat olika modeller för att bearbeta skördardata som underlag för utbytesberäkning, göra gallringsuppföljning inklusive en prognos på kvarvarande skog och beskriva avverkad areal och volym för uppdatering av registerdata.

I denna rapport beskrivs verktyget hprYield, där modellerna är inbyggda. Verktyget är implementerat i Skogforsks skördardatabas och används vid forskningsstudier för arealberäkning av avverkade områden, utbytesprognoser, gallringsuppföljning och även andra projekt kopplade till skördardata och fjärranalys. Vidare är modulen implementerad i flera företagssystem där den används för att skapa underlag för utbytesberäkningar och till gallringsuppföljning. Modulen används idag även i flera system direkt i skördare för återkoppling och styrning vid gallring samt för presentation av stamkoder som används vid naturvårdsuppföljning. För olika AI-modeller har också skördardata och bearbetade skördardata enligt hprYield-modellen börjat användas som träningsdata, till exempel för modeller baserade på olika fjärranalysdata.

För de skogar som avverkas i dag mäts och registreras standardmässigt information om de avverkade träden i hpr-meddelande (harvester production) enligt StanForD 2010. För varje stock som produceras registreras bland annat trädslag, sortiment, kvalitet, dimensioner och skördarens GNSS-koordinater. Varje avverkat träd kan på så sätt rekonstrueras genom att lägga ihop stockarna och utifrån detta kan trädets totalhöjd och stamform skattas. Med skördarinformationen byggs sedan en databas där man samlar data från alla avverkningar.

Med hprYield återskapas skogar utifrån de avverkade träden. För de stammar inom ett avverkningsobjekt som skickas in i modulen skapas först en trädkarta. I steg två segmenteras eller delas sedan träden in i ytor med en storlek mellan 0,5–2 ha. Dessa ytor kallas beräkningsytor och indelningen görs baserat på trädens höjdvariation. Efter indelningen beräknas en mängd nyckeltal för varje beräkningsyta, till exempel avverkningstyp, areal, volym, grundyta och trädslagfördelning. Höjd-, skade- och sortimentsfördelning per DBH-klass beräknas också. Bestämning av avverkningstyp bygger på trädens storlek och uttagen volym eller grundyta per hektar.

Om avverkningstypen är gallring görs en prognos av hur den kvarvarande skogen ser ut efter avverkning. Denna prognos kan tillsammans med uttaget även användas för att skatta nyckeltal för beståndet före avverkning.

Nyckeltalen som genereras per beräkningsyta exporteras med data uppdelade per trädslag och aggregeringsnivåer för hela objektet, beräkningsytor och DBH-klasser. Dessutom exporteras alla nyckeltal kopplade till rutor i en grid på 13 x 13 meter.

Tre xml-baserade filtyper används i beräkningsmodulens grundutförande för att returnera resultaten. Den ena följer Forestand-standarden och innehåller geometrier och nyckeltal för uttag samt tillstånd före och efter gallring, medan den andra filtypen (hprYieldResult) främst är till för att ge en detaljerad beskrivning av uttaget. Dessutom

har modulen en filtyp där en gallringsprognos kan genereras enligt det standardiserade ogi-formatet (version 4.0 av StanForD2010-standarden).

Data från hprYield används idag i olika systemlösningar för utbytesberäkningar, gallringsuppföljning och uppdatering av skogsbruksregister/-planer. Modulen finns tillgänglig som dll och som källkod skriven i programmeringsspråket Pascal med utvecklingsverktyget Delphi.

Med tiden har hprYield blivit en central komponent i många företags digitala infrastruktur för att översätta standardiserade maskindata enligt StanForD till skogliga registerstandarden Forestand, för att sedan läsa in beräknade och skördarmätta data i skogliga registersystem men även direkt i skördarnas gis-programvaror.

Begrepp

Nedan beskrivs begrepp som används i dokumentet.

Beräkningsyta – En beräkningsyta skapas från skördarens avverkningsdata. Ytorna som är 0,5–2 ha stora bildas av områden med liknande övre höjd. Skogforsks verktyg hprYield beräknar ytorna utifrån definierade regler och räknar sedan ut en mängd nyckeltal för varje yta (Möller m.fl. 2016A).

Formkvot – Ett mått som används för att beskriva stammars avsmalning och används i bland annat Edgren-Nylinders formfunktioner. Definieras som relationen mellan diametern på 60 procent av trädhöjden (D60) och diametern på 20 procent av trädhöjden (D20).

Forestand (standard för data om skog och brukande av skog) – En informationsstandard för skoglig information om bestånd, ståndort, åtgärder och hänsyn. Används till exempel för överföring av beståndsregisterinformation mellan olika system (Arlinger m.fl. 2017).

Forest Core – Nästa generation av Skogforsks skördardatasystem för forskning med en databas och APIer som genomför motsvarande beräkningar som hprYield gör. I Forest Core används även data som skoglig grunddata (laserdata), nationell vägdatabas och väderdatabas för olika typer av beräkningar.

ForestPrognosis – Modul (Win32/64 dll) för generering av stambank baserad på information från hprYield (Arlinger m.fl. 2017).

hprCM – Beräkningsmodul (.Net dll) framtagen för att skatta skogsbränslekvantiteter, men som också bland annat beräknar trädhöjder (Siljebo m.fl. 2017).

hprDemo – Skogforsks demonstrationssystem för utbytesprognoser baserat på imputering. hprDemo är kopplat till Skogforsks skördardatabas med rådata från maskiner, beräknade data från hprCM och hprYield samt skogliga grunddata. Skogliga registerdata kan importeras och används för test av imputering och apteringssimulering.

hpr-fil – Produktionsfil från skördare genererad enligt StanForD 2010. Hpr står för **h**arvested **pr**oduction och är en nyare motsvarighet till det äldre pri-formatet enligt StanForD Classic. I filen lagras information om varje enskild stock och träd.

hprGallring – En applikation med ett grafiskt användargränssnitt som baserat på skördardata (hpr-filer) gör en prognos på hur skogen ser ut efter gallring (Bhuiyan m.fl. 2016, Möller m.fl. 2011, 2015, Hannrup m.fl. 2011, 2015, 2021). En stor del av funktionaliteten är gemensam för hprGallring och hprYield.

hprYield – En beräkningsmodul (Win32/64 dll) som analyserar skördardata och delar in avverkad areal i beräkningsytor. Beräkningsresultatet returneras i tre olika typer av xml-meddelanden.

hprImputation – En instruktion (R-script) för att skapa datamodeller och anropa imputeringsfunktioner i statistikpaketet R.

Imputering – Överföring av provytedata, i detta fall avverkade objekt med skördare, från avverkning med liknande skogliga egenskaper som de objekt man vill göra prognoser för.

Imputerat utbyte – En sammanställning av de valda beräkningsytornas produkt-/ sortimentsutfall, det vill säga utan att göra någon apteringssimulering.

Manuella kap – Kapning av stammen till stockar vid skördaravverkning, där kapen bestäms av föraren. I normala fall är kapen automatiska och beräknas av en dator, apteringsdatorn.

Objekt – Enhet (avdelning) som ska avverkas för vilken en utbytesprognos ska göras. För olika företag kan andra begrepp användas, som *ståndort, trakt, drivning* eller *avverkningsuppdrag*. Ofta kan det vara synonymt med virkesordernummer, vilket är den virkesadministrativa termen som normalt används och tilldelas av Biometria.

Objektsbank – Register eller databas med objekt som planeras att avverkas och därför ska prognostiseras. Andra synonyma begrepp är *traktbank* eller *drivningsplan*.

Oin-fil Object instruction – standardiserat meddelande enligt StanForD2010 för att skicka objektinstruktioner med vilka sortiment eller produkter som ska produceras på ett avverkningsobjekt. I oin-file så refereras till sortiment i en eller flera pin-filer Product instruction.

ogi-fil – Object geoghrafic instruction, standardiserat meddelande enligt StanForD2010 för att skicka gis-data mellan olika gis-applikationer främst för skördare och skotare.

Oklass – stock som producerats trots att den inte finns definierad som en produkt i en pin-fil (product instruction) som styr vilka stockar en skördare får tillverka, det vill säga har längd, diameter, kvalitet och värde. Oklass är i princip manuellt tillverkade icke godkända stockar, exempelvis lumpbitar och för klena eller för långa stockar.

Produkt – Begrepp inom StanForD 2010 som är synonymt med sortiment.

Prognosobjekt – Planerat avverkningsobjekt för vilken en utbytesberäkning ska göras. Kan bestå av en eller flera prognosytor. Kallas olika hos olika företag till exempel trakt, drivningsuppdrag eller avverkningsuppdrag.

Prognosyta – Homogen (avseende skogens egenskaper) yta för vilken utbyte ska skattas med hjälp av imputering (och eventuellt apteringssimulering). Ett prognosobjekt kan bestå av en till flera prognosytor.

R-script – Det programmeringsspråk som används i hprImputation. Detta skript-språk används i statistikpaketet R.

Stambank – Modellering av stammar som används vid apteringssimulering. Stambanken kan genereras utifrån nyckeltal som till exempel DBH, höjd, form, toppdiametrar och registrerade skador. Stambanken kan genereras med hjälp av verktyget ForestPrognosis och lagras enligt hpr-formatet.

StanForD 2010 – StanForD står för **Stan**dard for **For**est machine **D**ata and communication och är en standard för datakommunikation till/från/mellan skogsmaskiner. StanForD 2010 är en nydaning av den äldre standarden StanForD Classic som har funnits sedan slutet på 1980-talet (Arlinger m.fl. 2012).

Skogliga data – Med skogliga data menas i detta dokument parametrar som beskriver den stående skogen. Exempelvis Dgv, Hgv, grundyta/ha och trädslagsblandning.

Skogforsks skördardatabas – Innehåller rådata från maskiner (hpr), beräknade data från hprCM och hprYield samt skogliga grunddata. Observera att skogliga grunddata

(SGD) baseras på nationell flygburen laserskanning. Idag, 2024, utvecklar Skogforsk en ny version av skördardatabas som kallas Forest Core, se ovan.

Stamfelsved – Ved i timmerdimensioner som inte kommer att apteras som timmer på grund av skador som röta eller krökar (Möller m.fl. 2015).

Utbytesberäkning eller utbytesprognos – Med utbytesberäkningar menar vi beräkning av vilka stockar och sortiment per trädslag som man kan förvänta sig vid avverkning av en specifik skog. En sammanställning av dessa stockar blir en utbytesprognos.

Utbytessimulering – Ett sätt att beräkna virkesutbyte från avverkning genom att genomföra en teoretisk aptering av en stambank mot en apteringsinstruktion (jämför med imputerat utbyte som endast sammanställer data från imputerade beräkningsytor).

Virkesordernummer – VO som står för virkesorder, vilket är det administrativa begrepp som idag används vid virkesaffärer i Sverige. Virkesordernummer tilldelas av Biometria. Inom StanForD lagras virkesordernummer under elementet ”ContractNumber” i maskinfilerna (till exempel hpr och fpr).

Bakgrund

Utbytesprognoser, det vill säga en förutsägelse om vilka produkter som kommer att apteras vid kommande avverkningar, är central information för att kunna planera verksamheten inom ett skogsföretag. Två förutsättningar för bra utbytesprognoser är att aktuella avverkningsobjekt är rätt avgränsade och att de träd som ska avverkas är rätt beskrivna i planeringssystemet. I ett perfekt system är alla träd beskrivna med trädslag, diameter, höjd, form, ålder, andra egenskaper och koordinater för växtplatsen. Vidare finns en rättvisande uppskattning av andelar och fördelning av stamfelsved, det vill säga ved i timmerdimensioner som inte kommer att apteras som timmer på grund av skador som röta eller krökar.

Ett sådant planeringssystem klarar då av att göra utbytesberäkningar så att en prognos ges på vilka stockar som kan apteras för varje enskilt träd färdigt för avverkning. De förväntade stockarna tilldelas dimensioner (längd och diameter), volym, egenskaper (exempelvis kviststorlek och rötförekomst) samt en produktklass (sortiment).

Förutom beskrivningar av träd och prognoser om produkter från träden bör det även finnas information i systemet om drivnings- (markfuktighet, stenighet) och vägförhållanden (vinterväg etc.) för att kunna planera avverkningen till en passande tidpunkt under året (Möller m.fl. 2015b). Tyvärr är situationen hos de flesta skogliga organisationer långt ifrån den ovan beskrivna (Möller m.fl. 2015b).

Utvecklad användning av ny inventeringsteknik (flygburen laserskanning) i kombination med nyckeltal baserade på analys av detaljerade skördarproduktionsfiler från redan avverkade objekt, ger förutsättningar att effektivisera och förbättra avverkningsplaneringen samt skapa bättre underlag för träffsäkra utbytesprognoser (Söderberg 2015).

För att kunna göra en bra utbytesprognos är det nödvändigt att träden som ska avverkas kan beskrivas relativt väl. De viktigaste uppgifterna i indata är trädslag, DBH och trädhöjd, eftersom dessa starkt påverkar volymutbytet (Möller m.fl. 2015b). Då utbytet i form av produkter/sortiment även påverkas av andra faktorer är det viktigt att specificera dem (Möller & Moberg 2007a & b). Exempel på variabler som påverkar resultatet specificeras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Variabler och deras påverkan på en utbytesprognos.

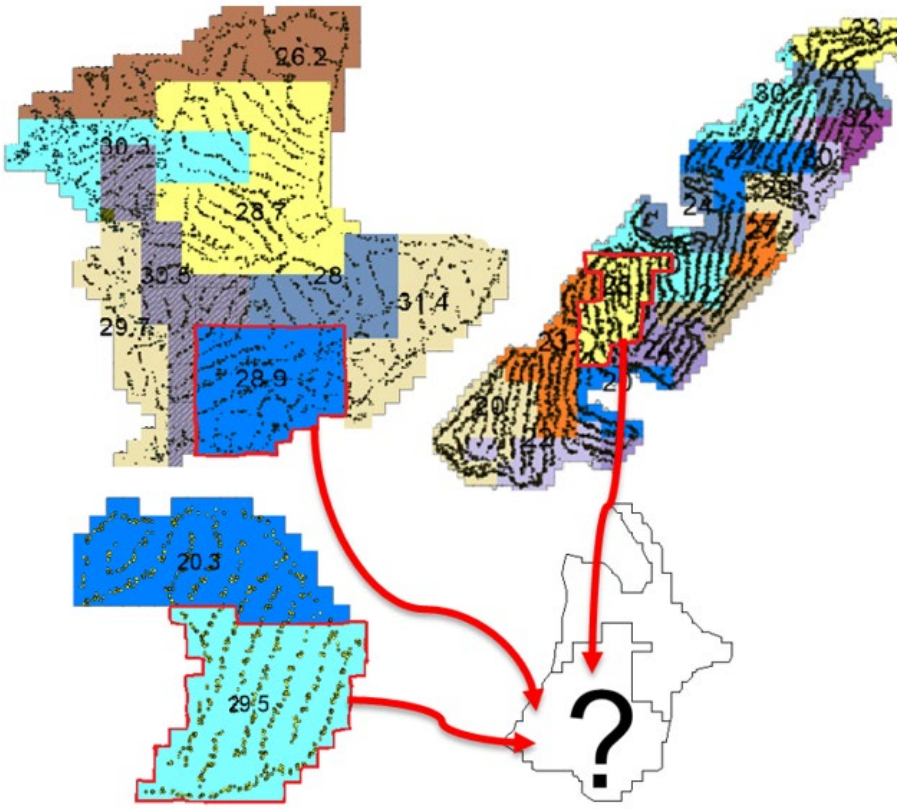
Variabel	Påverkan på utbytet
DBH	Stamvolym och sortimentsutfall. Stor DBH ger normalt mer timmer och mer volym än liten DBH
Formkvot	Stamvolym, sortimentsutfall och längdutfall (bra form/hög formkvot ger mer timmer och längre timmer)
Medelhöjd	Stamvolym, sortimentsutfall och längdutfall (hög skog ger högre timmerandel och längre virke)
Stamfelsved	Sortimentsutfall (hög andel stamfelsved ger lägre timmerandel)
Stamfel rotstock gran (röta)	Påverkar sortimentsutfall (hög andel stamfel ger mer massa- och rötved)
Manuell kapfrekvens timmer	Längdfördelning (mer manuella kap/skador ger kortare timmer)
Toppdiameter sista kap/sista timmerkap	Volymutfall/sortimentsutfall (grova toppar ger lägre volymutfall)

Utifrån skördardata kan en lång rad av ovan specificerade nyckeltal beräknas, vilka kan användas för att göra grova skattningar av genomsnittligt utbyte i olika regioner/områden eller enskilda objekt. Nyckeltalen kan även användas som underlag vid generering av stamfiler (objektsbeskrivning) för simuleringar.

I det nu utvecklade systemet för utbytesprognoser baseras prognoserna på att historiska skördardata ger erfarenhetstal från områden/objekt. För att göra en prognos så eftersöks historiska data som liknar de som gäller för det område som ska avverkas i framtiden. För att kunna använda skördardata för att skapa bättre utbytesprognoser måste historiska data kopplas till data från planerade avverkningsobjekt genom så kallad imputering, se illustration i Figur 1 nedan. De indelningsfaktorer som främst används för koppling idag beskrivs i Tabell 2.

Tabell 2. Exempel på indelningsfaktorer för koppling till objekt som planeras för avverkning (prognos-objekt).

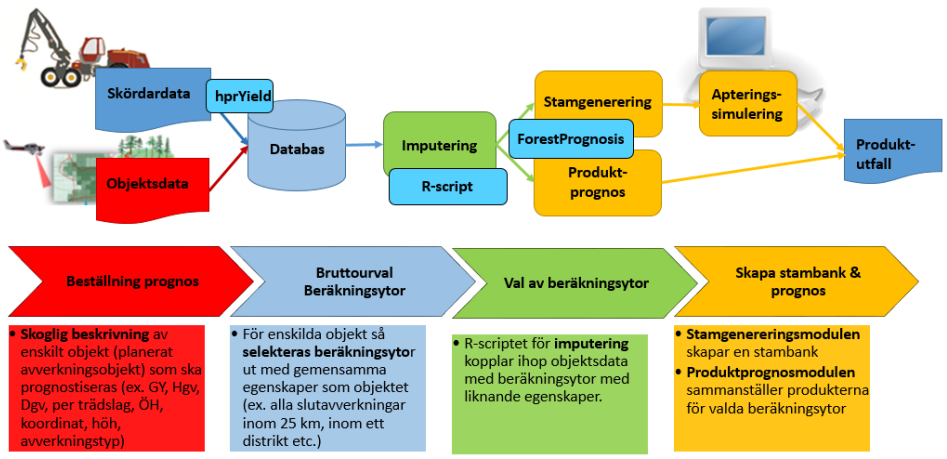
Indelningsfaktor	Kommentar
Läge i landet	Koordinat och höjd över havet.
HGV	Grundytevägd medelhöjd för objektet och trädslag.
ÖH	Övre höjd per beräkningsyta.
Avverkningstyp	Exempel: medelstam över 0,3 m^3fub ger slutavverkning, medelstam 0,15–0,3 m^3fub och uttag på mer än 125/150 m^3sk/ha ger slutavverkning, medelstam under 0,12 m^3fub ger förstagallring.
Grundyta	Grundytan totalt och per trädslag beskriver tätheten och kan översättas till volym. Även trädslagsfördelningen beskrivs.
DGV	Grundytevägd DBH för objektet och per trädslag är en viktig ingång för att beskriva trädstorleken som starkt påverkar sortimentsutfallet.



Figur 1. Schematisk bild som beskriver imputering av skördardata från tre beräkningsytor (avverkningar) med liknande skogliga egenskaper som för objekt där en utbytesprognos ska göras före avverkning.

Vid imputering för utbytesprognoser enligt Söderberg (2015, 2017) jämförs den skogliga beskrivningen för en prognosyta (område som ska avverkas) med beräkningsytor (områden som skördaren har avverkat och hprYield har beräknat nyckeltal för). Ett antal av de mest liknande beräkningsytorna kopplas ihop med varje prognosyta. Utvalda beräkningsytor skickas sedan vidare till prognosmodulen för att göra en slutlig utbytesprognos och skapa en stambank för objektet som ska avverkas. När prognoser ska göras för gallringar används prognos före gallring vid jämförelsen mellan prognosyta och beräkningsytor (Hannrup m.fl. 2021, Möller m.fl. 2011, 2015).

I ett sista steg ska resultaten från de utvalda beräkningsytorna medelvärdesbildas. Resultatet från denna analys skapar en utbytesprognos. Förutom en direkt utbytesprognos ska nyckeltalen beräknade i hprYield också kunna användas som underlag för att skapa en stambank för prognosobjektet (se schematisk beskrivning i figur 2 nedan). Den skapade stambanken kan sedan användas för apteringssimulering med olika styrning (prislistor).



Figur 2. Schematisk bild över ett system där skördardata används för att göra utbytesprognoser för skogliga objekt (prognosobjekt), och där skogen är beskriven med skogliga parametrar som höjd, grundyta och trädslag.

Försök att använda skördardata vid utbytesberäkningar gjordes redan i slutet av 1990-talet. Dessa studier föll dock inte så bra ut då skördardata vid den tidpunkten bara samlades på objektsnivå utan koppling till något koordinatsystem. Systemet med hprYield bygger på enskilda träd som är koordinatsatta, vilket är viktigt, eftersom flera av nyckeltalen är arealberoende. Utnyttjande av koordinatsatta data kopplade till enskilda träd började att testas i Sverige i större skala 2009 med prognoser på skogsbränslevolymer (Hannrup m.fl. 2009), gallringsuppföljning (Möller m.fl. 2011, Hannrup m.fl. 2015, Hannrup m.fl. 2021) och under senare år även prognoser på virkesegenskaper (Nordström m.fl. 2020). Till att börja med användes pri-filer och från 2014 i stor utsträckning hpr-filer (Arlinger m.fl. 2012), det vill säga filtyper där varje avverkad stock och stam lagras.

Fram till 2018 var Sverige i princip ensamt om att skicka in och utnyttja denna typ av data. Från 2019 har data i hpr-format även börjat att användas i större utsträckning i Finland och Lettland. Övriga världen som använder denna typ av skogsmaskiner börjar även under 2020-talet att gå över till hpr-data vid rapportering från skördare.

Syfte

Syftet med projekten kring hprYield har varit att ta fram en beräkningsmodul för generering av skogliga nyckeltal som underlag för utbytesberäkningar baserade på skördardata. Ett andra syfte har varit att modulen också ska kunna genomföra en gallringsuppföljning baserad på skördardata, dels för att generera nyckeltal vid utbytesprognoser för gallring, dels för planuppdatering.

Modulen skulle också kunna implementeras i företagens systemlösningar för att kontinuerligt analysera skördardata och spara ner resultaten av analyserna. Den färdiga beräkningsmodulen skulle preliminärt innehålla följande delar:

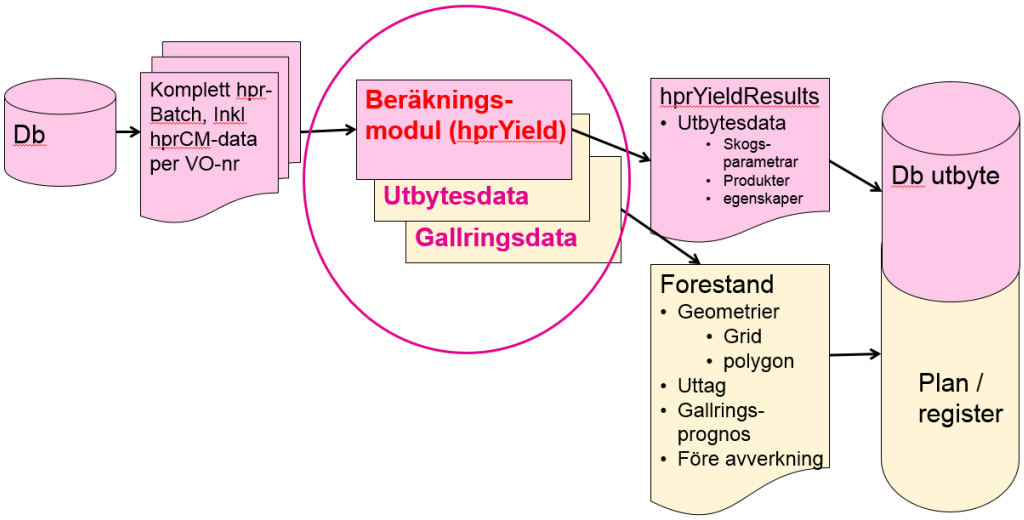
- Automatisk uppdelning eller segmentering av stora objekt i mindre beräkningsytor med liknande övre höjd.
- Funktion för beräkning av nyckeltal per objekt/beräkningsyta.
- Möjlighet att lagra ner resultatet i format anpassade för företagssystem.

Schematisk beskrivning av beräkningsmodulen hprYield

Allmänt

Beräkningsmodulen hprYield är utvecklad i verktyget Delphi med programmeringsspråket Pascal, både som en Win32- och som en Win64-dll.

Modulen baseras på standardiserade produktionsdata (hpr-filer) enligt StanForD 2010 version 2.0 eller högre. Pri-filer enligt StanForD Classic som konverteras till hpr-filer kan också användas. hprYield kräver att hpr-filerna är bearbetade av beräkningsmodulen hprCM, beskriven i Siljebo m.fl. (2017) innan hpr-filerna skickas till modulen. In- och utdata i hprYield beskrivs i Bilaga 6.



Figur 3. Schematisk bild där beräkningsmodulen hprYield används i ett företagssystem för att beräkna nyckeltal för avverkade stammar som underlag för utbytesberäkningar, gallringsuppföljning och/eller planuppdatering. I figuren visas även hur geometrier kan beskrivas för den avverkade skogen och hur modulen kan göra en gallringsprognos med samma indata och i samma beräkningssekvens. Db står för databas. Även ett ogi-meddelande kan genereras av modulen.

Inställningsdokument

För hprYield finns ett flertal inställningar samlade i ett inställningsdokument för att ge kontroll över vilka beräkningar som önskas för olika tillämpningar och hantering av bland annat trädslag och produkter. Följande grupper av inställningar har använts för att styra beräkningsmodulen:

- **Resultat**: Reglerar vilka resultat som ska beräknas enligt följande: a) nyckeltal för utbytesberäkningar, b) nyckeltal för uttag för kvadrater i ett rutnät lagt över avverkningsobjektet respektive c) nyckeltal för gallringsuppföljning. Denna inställning finns för att inte inkludera information som inte kommer att användas och för tidsbesparing, då hprYield endast räknar på de resultat som beställs.
- **Trädslagsklasser**: Styr hur resultatet ska delas upp på olika trädslag. Defaultinställning är uppdelning på trädslagen enligt bilaga 2. I många fall begränsas

antalet trädslag av vad som används i skördarna. I de flesta skördare används åtminstone trädslag enligt nedan: tall, gran, björk, contorta och övriga trädslag.

- **Produktklasser** : Används för att styra hur resultatet delas upp på olika produktklasser och hur dessa produktklasser definieras.
- **Areal**: Grupp med inställningar som avgör hur arealen beräknas.
- **Avverkningstyper**: Konfiguration för bestämning av vilka avverkningstyper som ska beräknas och vilka regler som gäller för respektive typ. Inställningarna är baserade på medelstam, övre höjd (ÖH), grundyta, tempratursumma med mera.

Det är möjligt att redigera inställningar och definiera egna klasser/typer, men utgångspunkten är ett inställningsdokument med förinställda värden. Förvalda inställningar och vilka inställningar som återfinns under respektive grupp redovisas i Bilaga 1.

Arbetsgång

Då beräkningsmodulen behöver ett anropande program för att få sin kod exekverad, togs ett testprogram fram för detta ändamål. Testprogrammets uppgift är att förbereda hpr-filer för det objekt som ska köras genom att låta beräkningsmodulen hprCM bearbeta filerna, anropa hprYield och därefter skriva resultat till disk som textfiler. I Figur 4 presenteras testprogrammets och beräkningsmodulens gemensamma arbetsgång i stora drag. En mer utförlig beskrivning av arbetsgången i hprYield finns i Bilaga 5.

Figur 4. Översiktlig bild av arbetsgången för hprYield med testprogram för anrop.

1. Bearbetning och inläsning av data

1.1 Bearbetning med hprCM

hprYield kräver att hpr-filerna är kompletterade med bland annat trädhöjder innan anrop, vilket uppfylls genom att låta beräkningsmodulen hprCM bearbeta varje hpr-fil som skickas in till hprYield.

1.2 Inläsning av data

hprYield går sedan igenom varje inkommen hpr-fil och läser in stam-, stock-, produkt- och trädslagsdata tillsammans med nödvändiga identiteter. Varje påträffat trädslag förs in i matchande trädslagsklass och varje påträffad produkt förs in i matchande produktklass från inställningsdokumentet. Om det finns upparbetade stammar och

andelen saknade koordinater underskrider det i inställningsdokumentet angivna gränsvärdet går algoritmen vidare med analys av objektet, annars avbryts processen.

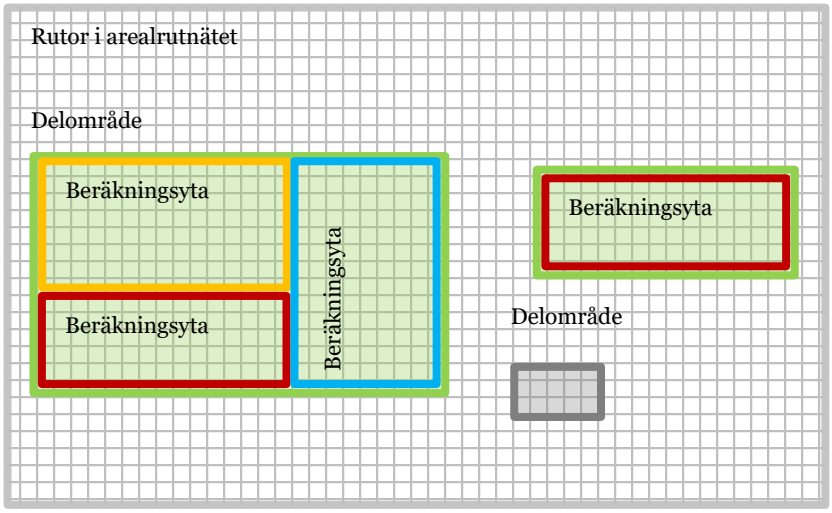
2. Arealberäkning och indelning i beräkningsytor

2.1 Arealberäkning

Efter inläsning av data från hpr-filerna beräknas avverkad areal. hprYield behöver dela upp objekt i mindre beräkningsytor och beräkna vissa arealberoende nyckeltal. Detta görs genom att ett rutnät med ställbar sidlängd för kvadraterna (grundinställning 13 m) läggs ut över aktuellt objekt och basmaskinens positioner vid avverkning av stammar läggs in i rutnätet. Därefter sker en genomgång av kvadrater som innehåller avverkade stammar eller grannrutor till dessa kvadrater för att uppskatta arealen för ytorna. En detaljerad beskrivning av algoritmen för arealberäkning finns i Möller m.fl. (2015a) & Bhuiyan m.fl. (2016). Kompletterande beräkningar vid avverkning av skärmställningar redovisas i Bilaga 10.

2.2 Skapande av beräkningsytor

Efter att arealen har beräknats, analyseras objektets geografiska utbredning där objektets olika delområden identifieras. Delområden som har tillräckligt stor areal samt stamantal markeras för vidare analys medan övriga utelämnas. Detta steg är nödvändigt, då vissa objekt kan bestå av större sammanhängande områden, medan andra kan ha ett mer fragmenterat utseende bestående av osammanhängande/utspridda delområden. De delområden som har markerats för vidare analys indelas först i mindre ytor innehållande ca 100 stammar för beräkning av övre höjd, och därefter i beräkningsytor genom att finna mönster i övre höjd bland de mindre ytorna.



Figur 5. Illustration av hur olika nivåer för geografisk uppdelning förhåller sig till varandra. Delområden består av en eller flera beräkningsytor som normalt utgörs av ett femtiotal rutor om 13 x 13 meter.

Objektet i Figur 6 är uppdelat i två delområden där endast det ena, högra området är aktuellt att dela in i beräkningsytor. En utförlig beskrivning av algoritmen för uppdelning av objekt i delområden och indelning av delområden i beräkningsytor finns i Möller m.fl. (2015a).

Figur 6. Ett avverkningsobjekt bestående av en beräkningsyta (den bruna ytan till höger) och en yta som underskrider 0,5 ha (den gråa ytan till vänster).

3. Beräkning av nyckeltal

3.1 Beräkning av nyckeltal

När beräkningsytorna är skapade är beräkningsmodulen redo att beräkna nyckeltal för de analyser som önskas. För att hålla exekveringstiden nere räknar hprYield endast på de delar som har beställts i inställningsdokumentet.

3.2 Identiteter

För att kunna koppla stammar till rätt skördare, objekt och beräkningsytor behöver identiteter följa med resultaten på varje nivå. Varje stam som skrivs ut bland resultaten behöver förses med en maskinnyckel, objektsnyckel, beräkningsytenyckel och stamnyckel för att koppla stammen till sin position i den ursprungliga produktionsfilen. Stammar avverkade på en avgränsad yta som underskrider 0,5 hektar kopplas inte till en beräkningsyta. Varje beräkningsyta behöver förses med en unik nyckel. Denna skapas under aktuell körning av modulen och varje objekt behöver även förses med sin objektsnyckel från produktionsfilerna. För att koppla ihop beräkningsytorna i Forestand-meddelandet med samma beräkningsytor i underlaget för utbytesberäkningar (hprYieldResult) måste beräkningsytornas nycklar finnas med i båda meddelandena.

3.3 Nyckeltal för utbytesberäkningar

Nedan följer tabeller med de nyckeltal som beräknas av hprYield baserade på avverkade stammar. Nyckeltalen är uppdelade på nyckeltal för objekt och beräkningsytor (Tabell 3) samt på nyckeltal för stammar och stockar (Tabell 4).

Tabell 3. Nyckeltal för objekt och beräkningsyta.

Nivå	Nyckeltal	Enhet
Totalt	Koordinater	x, y
	Areal	Ha
	Dominerande trädslag	Namn och kod
	Övre höjd	M
	Andel stammar utan koordinater	%
	Temperatursumma	Grader
	Beräknad avverkningstyp	Typkod
	Beräknad ålder	År
	Beräknat ståndortsindex H100	Trädslag & höjd
Per trädslagsklass	Identitet	
	Antal upparbetade stammar	Styck
	Antal fällda stammar	Styck
	Volym	m^3fub, m^3fpb & m^3sk
	Hgv	Cm
	Dgv	Mm
	Grundyta	m^2
	Formkvot	%
	H15 & H25	Cm
	Medelstamvolym	m^3fub
Per DBH- och trädslagsklass	Antal stammar	Styck
	Hgv	Cm
	Formkvot	%
	Stamfelsvedvolym rot/topp/övriga stockar	%
	Stamfelsvedvolym rot/topp/övriga stockar	m^3fub
	Min. toppdiameter, komplett stam (ub/pb)	Mm
	Genomsnittlig min. toppdiameter, komplett stam (ub/pb)	Mm
	Min. toppdiameter, stam utan topp (ub/pb)	Mm
	Genomsnittlig min. toppdiameter, stam utan topp (ub/pb)	Mm
	Manuella kap timmer rot/topp/övriga stockar	Styck
	Volym	m^3sk
Per produkt-, DBH- och trädslagsklass	Identitet	Fritext
	Kategori	Timmer eller stamfel
	Volym	m^3fub, m^3fpb
	Antal stockar	Styck
	Minsta toppdiameter för sista stocken per stam	mm (ub) & (pb)

	Genomsnittlig toppdiameter för sista stocken per stam	mm (ub) & (pb)
	Största toppdiameter för första stocken per stam	mm (ub) & (pb)
	Genomsnittlig toppdiameter för första stocken per stam (ub)	Mm
	Medeltoppdiameter (ub/pb)	Mm
	Medellängd	Cm

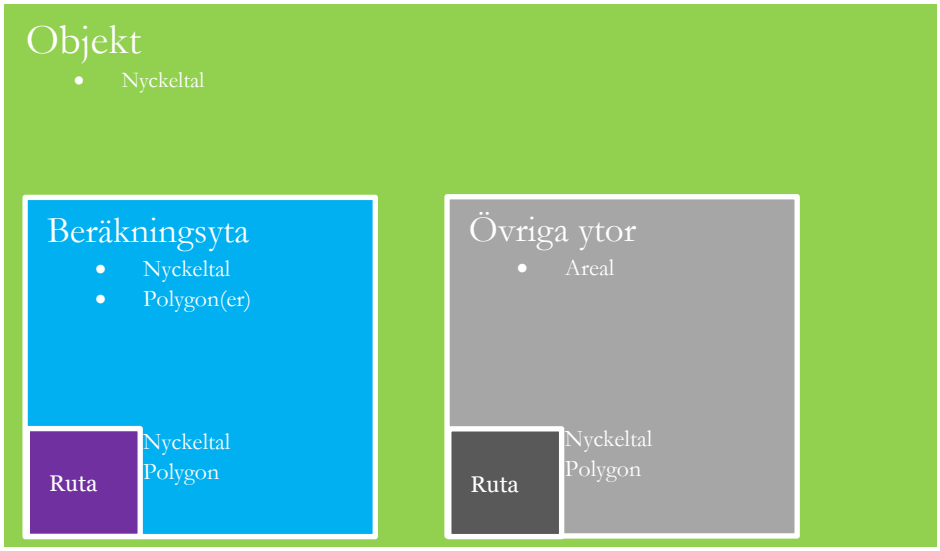
Tabell 4. Nyckeltal för stam och stock.

Nivå	Nyckeltal	Enhet
Stam	Nyckel för koppling till beräkningsyta	
	Minsta toppdiameter vid sista kap (ub)	mm
	D20	mm
	D60	mm
	Formkvot	%
Stock	Stamfelsved	sant/falskt

För flera av nyckeltalen görs filtreringar av data, då många stammar inte är lämpliga för statistikberäkning. Exempel på stammar som filtreras bort vid beräkning av höjd och form är avbrutna träd utan topp. Vilka stammar som filtreras bort inför beräkning av nyckeltal framgår av Bilaga 3. Metodik för beräkning av nyckeltal för utbytesberäkningar finns beskriven i Bilaga 4.

3.4 Geometrier inkluderande nyckeltal för uttaget

Utöver nyckeltal för utbytesberäkningar skapas även geometrier för beräkningsytor i separat Forestand-meddelande, se Bilaga 8 och Arlinger m.fl. (2017). Geometrierna består av polygoner för beräkningsytor och polygoner för de kvadrater som bygger upp det avverkade objektet inklusive beräkningsytor. För det objekt som kan ses i Figur 6 består geometrierna av polygoner för var och en av de två separata ytorna och en polygon för varje kvadrat (13 x 13 meter) som bygger upp den grå respektive bruna ytan. Se Figur 7 för beskrivning av vad som redovisas för det grå området samt för beräkningsytan (bruna området) i Figur 6.



Figur 7. Indelning av ett avverkningsobjekt i geometrier vid automatisk gallringsuppföljning (Bhuiyan m.fl. 2016) och vilka data som beräknas. För beräkningsytor görs en gallringsprognos, för grå (övriga, mindre än 0,5 hektar) ytor beskrivs endast uttaget.

För varje kvadrat på 13 x 13 meter redovisas uttaget enligt Tabell 5.

Tabell 5. Nyckeltal för uttag för varje kvadrat på 13 x 13 meter på avverkat objekt.

Nyckeltal	Enhet
Areal	Ha
Övre höjd	M
Grundyta	m^2/ha
Volym	m^3sk/ha och m^3fub/ha
Stamantal	st/ha

3.5 Prognos på beståndsuppgifter efter gallring

De nyckeltal för beståndet före avverkning som används vid imputering (se Figur 1) beräknas enligt Tabell 6. För slutavverkning är det relativt enkelt, eftersom uttagsdata i princip är att jämställa med en beskrivning av beståndet före avverkning. För att erhålla motsvarande uppgifter för gallring är en möjlighet att utnyttja hprYields prognos före gallring. Den åstadkoms i så fall med hjälp av den gallringsmodell som finns beskriven i Möller m.fl. (2011, 2015a) och Bilaga 11. Utöver geometrier, nyckeltal för uttag per kvadrat och nyckeltal för bestånd före avverkning per beräkningsyta, redovisas även samma nyckeltal för uttag och bestånd efter avverkning i Forestand-meddelandet, se Bilaga 8. Metodik för beräkning av dessa nyckeltal finns beskriven i Möller m.fl. (2011).

Tabell 6. Nyckeltal för uttag, prognos för bestånd före och bestånd efter avverkning per trädslag för varje beräkningsyta och totalt för alla beräkningsytor på avverkat objekt.

Nivå	Nyckeltal	Enhet
Totalt	Areal	ha
	Övre höjd	m
	Dominerande trädslag	trsl kod
Per trädslag*	Grundyta	m^2/ha
	Volym	m^3sk/ha och m^3fub/ha
	Medelstam	m^3sk och m^3fub
	Stamantal	st/ha
	DGV	mm
	HGV	m
Övrigt	Gallringsstyrka	% av grundytan
	Gallringskvot	Kvot (default om kranvinkel saknas)

* Nyckeltal per trädslag och totalt för alla trädslag.

4. Skrivning av resultatfiler

4.1 Scheman för resultat

Tre xml-scheman används för att lagra resultat i beräkningsmodulens grundutförande. Det ena liknar i viss utsträckning StanForD-scheman och används för att skriva nyckeltal för utbytesberäkningar (hprYieldResult), medan det andra används för att skriva nyckeltal för gallringsuppföljning enligt Forestand-standarden. Det tredje xml-schemat är ObjectGeographicalInstruction (ogi) enligt StanForD-version 4.0.

4.2 Resultat till disk

Att testprogrammet skriver resultatfiler till disk är endast i demonstrationssyfte, då inget visuellt gränssnitt har tagits fram för att presentera resultaten. Program som hanterar XML-filer kan användas för att titta på resultaten, men i en företagslösning går utdata i normala fall direkt till anropande program i datorns arbetsminne.

Begränsningar

För att kunna hantera maskiner, objekt och virkesordernummer så flexibelt som möjligt, behövde beräkningsmodulen kunna hantera en fri blandning av dessa, inom en viss geografisk utbredning. Då beräkningsmodulen gör geografiskt uppdelade analyser, är en förutsättning att arealen kan beräknas. Arealberäkningen, enligt Möller m.fl. (2015), Bhuiyan m.fl. (2016) samt Bilaga 10, är beroende av att ett virtuellt rutnät läggs över objektet. Storleken hos detta behöver begränsas för att inte orimligt mycket arbetsminne ska allokeras. Det kan annars ske till exempel vid fel i skördardata eller fel i hantering av objekt. Därför är största avstånd mellan avverkade delar satt till fem kilometer för varje körning av beräkningsmodulen, och en algoritm för kontroll av koordinater har utvecklats för detta syfte (Bilaga 5).

Vidare arbete

hprYield och implementerade beräkningar har testats i ett antal publicerade studier, se referenser nedan. Delar som testas är exempelvis arealberäkning, gallringsuppföljning, imputering av beräkningsytor för utbytesberäkningar, men även för olika analyser för förekomst av exempelvis stamfelsved, röta och form på olika skogar. Utvecklingen av ny funktionalitet kommer efter 2024 främst ske inom ramen för Skogforsks plattform ”Forest Core”. I de utvecklingsprojekt som genomförs idag kombineras skördardata i hög utsträckning med andra datakällor.

Referenser

Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation med skogsmaskiner. – StanForD 2010 – Modern communication with forest machines. Arbetsrapport 784. Skogforsk. 16 s.

Arlinger, J., Eriksson, I., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2017. For Forestand – Skördardata Standardisering av: Skördardatabaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring. Arbetsrapport 929, Skogforsk. 20 s.

Bhuiyan, N., Möller, J. J., Hannrup B & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning - Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot. Arbetsrapport 899, Skogforsk. 47 s.

Elfving, B. & Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for Pinus sylvestris L. using permanent plot data in Sweden. For. Ecol. Man. 98:125–124.

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. 41 s.

Hannrup, B. Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757, Skogforsk. 39 s.

Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. Arbetsrapport 857, Skogforsk. 48 s,

Hannrup, B. Möller, J. J., Arlinger, J. & Eriksson, I. 2021. Förbättrad styrning av gallringsarbetet för ökad tillväxt i yngre och medelålders skog. Arbetsrapport Skogforsk 1085. 33 s.

Köppler, L. 2017. Automatisk gallringsuppföljning - utvärdering av stickvägslängd beräknad från skördarnas produktionsdata. Examensarbete, SLU Umeå. 34 s.

Morén, A-S., Perttu, K. L. 1994. Regional temperature and radiation indices and their adjustment to horizontal and inclined forest land. Studia Forestalia Suecica 194. Uppsala. 19 s.

Möller, J. J., Arlinger, J. Barth, A. Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 756, Skogforsk. 56 s.

Möller, J. J., Bhuiyan, N. & Hannrup B. 2015a. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. Arbetsrapport 862, Skogforsk. 38 s.

Möller, J.J., Nordström, M. & Arlinger, J., 2015b. Förbättrade utbytesprognoser – en förstudie av gemensamma utvecklingsbehov hos SCA, Sveaskog och Södra skogsägarna. Improved yield forecassts – a pilot study by SCA, Sveaskog and Södra. Arbetsrapport 880, Skogforsk. 14 s.

Möller, J.J., Moberg, L. 2007. Stambank VMF Qbera. Arbetsrapport nr 641 2007. Skogforsk. 14 s (A).

Möller, J.J., Moberg, L. 2007. Stambank VMF Qbera VMR 1-07. Arbetsrapport nr 645 2007. Skogforsk. 20 s (B).

Nordström, M., Arlinger J., Grahn, T., Hägg, L., Jägbrant, S., Lycken, S., Möller, J.J., Ohlström, A., Runosson, D., Wallbäcks, L., Wilhelmsson, L., & Willén E. 2020. Ökad integration skog-industri med digitala egenskapsdeklarationer av rundved och flis. Arbetsrapport 1057. Uppsala: Skogforsk. 55 s.

Siljebo, W., Möller, J.J., Hannrup., B. & Bhuiyan., N. 2017. hprCM – modul för beräkning av trädegenskaper och skogsbränslekvantiteter baserat på skördardata. Arbetsrapport 944, Skogforsk. 66 s.

Söderberg, J. 2015. A method for using harvester data in airborne laser prediction of forest variables in mature coniferous stands. Master thesis in Forest Management. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Resource Management. Place of publication: Umeå, Sweden. Year of publication: 2015.

Söderberg, J., Willén, E., Möller, J. J., Arlinger, J. & Bhuiyan, N. 2017. Utvärdering av utbytesprognoser med skogliga laserskattningar och skördardata. Arbetsrapport 937. Uppsala: Skogforsk. 58 s.

Söderberg, J., Möller, J. J. & Willén, E. 2018. Utvärdering av utbytesprognoser med skördardata. Arbetsrapport 981. Uppsala: Skogforsk. 28 s.

Willén, E., Söderberg, J., Lindgren, N., Olsson, H. & Bohlin, J. 2020. Skogliga fjärranalysskattningar. Utvärdering av fotogrammetrimetoder samt laser- och skördardata i gallringsskogar. Arbetsrapport 1067. Uppsala: Skogforsk. 22 s.

Ågren, K., Arlinger, J., Bhuiyan, B., Hannrup, B., Möller, J.J. & Wilhelmsson, L. 2021. Formkvot för tall och gran – en kartläggning med skördardata. Arbetsrapport 1100 Uppsala: Skogforsk. 36 s.

Bilagor

Introduktion

Nedan följer rapportens fjorton bilagor. Bilaga 1 till 2 beskriver inställningar och standardiserade koder som används för olika parametrar i skördardata, hprYield och i resultaten. Koderna är viktiga, då mycket av algoritmer och nyckeltalsberäkningar styrs av exempelvis trädslag, avverkningstyp och produkter.

Bilaga 3–4 beskriver hur data filtreras och refererar till hur nyckeltal ska beräknas. Många av beräkningarna är dokumenterade i tidigare arbeten. I bilaga 5 beskrivs vilka huvudberäkningskomponenter som programmet är uppbyggd runt och huvudberäkningsalgoritmer. Bilaga 6 beskriver dataanrop för att skicka data till och från dllen när hprYield används som en komponent. Bilaga 7–9 beskriver hur resultatet från beräkningar skrivs ut i olika filer.

Bilaga 10–13 innehåller modifierad algoritm för arealberäkning, algoritmer för gallringsprognoser, stickvägsberäkning och beräkning av ålder och SI. Även hur gallringsmallar kan användas beskrivs i bilaga 14.

- **Bilaga 1. Inställningsdokument för hprYield**
- **Bilaga 2. Biometrias redovisningskoder för trädslag och sortiment/ produkter**
- **Bilaga 3. Filtrering av stammar inför beräkning av nyckeltal för utbytesberäkningar - hprYieldResults**
- **Bilaga 4. Beräkning av nyckeltal**
- **Bilaga 5. Arbetsgång och algoritmer i hprYield**
- **Bilaga 6. Anrop för in- och utdata**
- **Bilaga 7. hprYieldResults XML-schema**
- **Bilaga 8. Forestand XML-schema**
- **Bilaga 9. Ogi XML-schema**
- **Bilaga 10. Arealberäkning**
- **Bilaga 11. Gallringsprognos 2021**
- **Bilaga 12. Stickvägsberäkning**
- **Bilaga 13. Algoritmer för beräkning av ålder och ståndortsindex baserat på skördardata som underlag för val av gallringsmallar vid automatisk gallringsuppföljning**
- **Bilaga 14. Inställningar gallringsmallar och presentation av resultat**

Bilaga 1. Inställningsdokument för hprYield

Skogforsks rekommenderade inställningsdokument är: ”H191129 Inställningsdokument för HprYield.xml”. Dokumentet är senast reviderat 21-12-27.

Result – resultat

Följande resultat är möjliga att beställa från hprYield via inställningsdokumentet:

- **hprYieldResult** – Nyckeltal för utbytesberäkningar – Nyckeltal som beskriver uttag per ytenhet, trädslag och DBH-klass per trädslag. Uttaget beskrivs även per definierade produktgrupper (sortiment).
- **Forestand** – Forestand-meddelande innehållande geometrier.
- **GridData** – Nyckeltal för uttag i rutnät.
- **FollowUp** – Nyckeltal för gallringsuppföljning/prognos efter gallring. Nyckeltal för gallringsuppföljning och nyckeltal för uttag i rutnät kan inte beställas om inte Forestand-meddelande innehållande geometrier har beställts.
- **IgnoreLoggingForm** – Inställningen ”ignorera avverkningstyp” innebär att alltid genomföra gallringsprognos för de beräkningsytor där det är möjligt utan hänsyn till vilken avverkningstyp de har åsatts. Funktionen är inaktiverad i Skogforsks grundinställning för hprYield. I defaultläget görs gallringsuppföljning för de beräkningsytor där den automatiskt beräknade avverkningstypen blir gallring enligt Forestandklasserna: ABB, ABA eller ABZ, se inställning avverkningstyper längre ned. Även för Forestand-koden klen_slutavverkning görs en gallringsprognos då det i många fall är svårt att avgöra automatiskt om det är gallring eller slutavverkning.

Samtliga ovanstående funktioner utom **IgnoreLoggingForm** är aktiverade (det vill säga att värdet är ”true”för dessa) i det rekommenderade inställningsdokumentet.

Speciesgroupclasses – trädslagsklasser

Det är möjligt att definiera egna trädslagsklasser genom att ange StanForD 2010-identiteten **SpeciesGroupInfo** för de trädslag som ska ingå i varje trädslagsklass. I analysen kan sedan en stam endast bidra till nyckeltalen för en trädslagsklass enligt principen första träff. **SpeciesGroupClassID** håller namnet för trädslagsklassen. Grundinställningen för trädslagsklasser ser ut enligt Tabell A1.1.

Tabell A1.1. Förinställda trädslagsklasser i grundinställning från Skogforsk enligt *"H191129 Inställningsdokument för HprYield.xml"*. Trädslagsklassen "övrigt"/"missing" är inte inkluderad i inställningsdokumentet utan skapas automatiskt vid körning där okänt trädslag existerar i hpr-filen.

Species-Group-Info	SpeciesGroup-ClassID	Forestand kod	Gallrings-Funktion
1	Tall	E1_1_1	Tall
2	Gran	E1_2_1	Gran
4	Bjork	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskBjork	Löv
3	OvrLov	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemsktTrivialLovExklBjork	Löv
M	Contorta	E1_1_2	Tall
C	Barkborre	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/BarkborreGran	Gran
5	Asp	E2_10_1	Löv
6	Bok	E2_4_1	Löv
7	Al	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskAl	Löv
8	Ek	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskEk	Löv
A	Lärk	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskLark	Tall
D	Alm	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskAlm	Löv
E	Ask	E2_2_1	Löv
F	Lind	E2_7_1	Löv
G	Lönn	E2_8_1	Löv
Hårdkodad trädslagsklass för okända trädslag (ingår inte i inställningsdokument):			
	Övrigt	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/Missing	Löv

Productclasses – produktklasser

Produktklasser skapas för att kunna följa vissa nyckeltal som timmerandel eller som underlag för att göra utbytesprognoser på ett standardiserat sätt. Det är möjligt att definiera egna produktklasser genom att ange början på StanForD 2010-identiteten ProductInfo i **ProductInfoStartingWith** för de produkter som ska ingå i varje produktklass. **ProductClassID** håller namnet för produktklassen. I analysen kan sedan en stock endast bidra till nyckeltalen för en produktklass enligt principen första träff för början på ProductInfo. **Present** bestämmer om produktklassen ska redovisas bland resultaten eller slås ihop med produktklassen övrigt som skapas av hprYield. **Category** anger om produktklassen ska anses vara timmer, stamfelsved eller ingetdera. **TreatUndefinedProductsAsStemDefect** avgör om produkter som inte får någon träff bland produktklasserna ska räknas som stamfelsved; aktiverad i grundinställningen. **TimberDimensionDiameterLimit** är klenaste diametern för timmerdimensioner, det vill säga stockar med toppdiameter överskridande den diametern testas för stamfelsved; satt till 150 mm i grundinställningen. Grundinställningen för produktklasser ser ut enligt Tabell A1.2.

Tabell A1.2. Förinställda produktklasser i grundinställning från Skogforsk. Klassen övrigt är inte inkluderad i inställningsdokumentet utan skapas automatiskt vid körning. Inställningen baseras på Biometrias SSTE-koder.

ProductClassID	Category	Present	ProductInfoStartingWith
Normaltimmer	Timber	True	01, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 09, 30, 31, 35, 39
Vänerblock/-slipers	Timber	True	06, 20
Kubb/klentimmer	Timber	True	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 34
Massaved	Stem defect	True	102, 103, 104, 105, 106, 107, 10M, 122, 123, 124, 125, 126, 12M, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 13M, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 15M
Barrmassaved	Stem defect	True	100, 101, 110, 120, 130, 140, 150, 16, 17, 18
Energi	Stem defect	True	41, 50
Hårdkodad produktklass för okända produkter (ingår inte i inställningsdokument):			
Övrigt	Stem defect	True	Alla andra koder eller saknar kod

Loggingforms – avverkningstyper och gallringsinställningar

Det är möjligt att definiera egna avverkningstyper för hprYield genom att ange gränser (**Min/Max**) för **TemperatureSum** – temperatursumma, **MeanStemVolumeSub** – medelstam ub, **VolumeSubPerHectare** – volym ub per hektar, **BasalArea** – grundyta och **DominantHeight** – övre höjd. Det är inte nödvändigt att ange alla dessa villkor, och det är även möjligt att endast sätta en av gränserna. Även gallringskvoten går att styra utifrån beräknad avverkningstyp. För maskiner med kranvinkelregistrering används beräknad gallringskvot. Default gallringskvot är 0.81 om gallringskvot saknas i dokumentet. Grundinställningarna visas i Tabell A1.3. Avverkningsformen är alltså indata i gallringsprognosen och också vid beräkning av beståndsålder.

Tabell A1.3. Grundinställning av avverkningstyp för olika nyckeltalsberäkningar.

	LoggingFormID	ForestandClass*	ForestandCode**	ThinningPrognosis	MinTemperatureSum	MaxTemperatureSum	MinMeanStemVolumeSub	MaxMeanStemVolumeSub	MinVolumeSubPerHectare	MinBasalArea	MaxBasalArea	MinDominantHeight	MaxDominantHeight	ThinningQuotient	MaxVolumeSubPerHectare
					(Dygn˚C)	(Dygn ˚C)	(m^3fub)	(m^3fub)	(m^3fub/ha)	(m^2/ha)	(m^2/ha)	(m)	(m)	(Kvot)	(m^3fub/ha)
1	Senaregallring	_Thinning_AB	senare_gallring	True	1100		0.2	0.37	20	3	12	18	25	0.76	
2	Senaregallring	_Thinning_AB	senare_gallring	True	1100		0.2	0.3	20	3	18	18	23	0.76	
3	Dimensionsavverkning	_OtherCutting_AC	Frotradsavverkning	True			0.3			2	14	18		0.76	
4	Dimensionsavverkning	_OtherCutting_AC	Frotradsavverkning	True		1000	0.2	0.3		2	8	16	20	0.76	
5	Dimensionsavverkning	_OtherCutting_AC	Frotradsavverkning	True		1000	0.17	0.3		2	5	16	20	0.76	
6	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		700	0.07	0.3	60	8	16	14	16	0.76	100
7	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		700	0.10	0.3	60	8	16	14	18	0.76	100
8	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		700	0.14	0.3	60	8	16	14	19	0.76	100
9	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.15	0.3	70	8	16	15	17	0.76	100
10	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.16	0.3	70	8	16	15	18	0.76	100

11	Slutavverkning	_Felling_AA	Foryngringsavverkning	false	100	750	0.2			12		15			
12	Slutavverkning	_Felling_AA	Foryngringsavverkning	false		1000	0.2		90	15		15			
13	Slutavverkning	_Felling_AA	Foryngringsavverkning	false		1000	0.2		100	13		18			
14	Slutavverkning	_Felling_AA	Foryngringsavverkning	false		1000	0.22		85	12		18			
15	Slutavverkning	_Felling_AA	Foryngringsavverkning	false	1000		0.2		110	14		17			
16	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True	100	700	0.07		100	12		14	17	0.76	
17	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True	100	750	0.08		100	12		15	18	0.76	
18	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True	100	750	0.15		100	13		15	20	0.76	
19	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True	100	900	0.07		100	12		14	17	0.76	
20	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True	100	1000	0.10		100	13		15	16	0.76	
21	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.11		100	13		15	18	0.76	
22	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.15		100	15		15	20	0.76	
23	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.15		130	17		15	21	0.76	
24	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.14		90	12		16	18	0.76	
25	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.17	0.30	90	12		16	17	0.76	
26	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True		1000	0.17	0.30	90	14		16	20	0.76	
27	Senaregallring	_Thinning_AB	senare_gallring	True			0.06	0.11	20		7	17		0.76	
28	Förstagallring	_Thinning_AB	Forstagallring	True				0.11	10		22			0.82	
29	Sen förstagallring	_Thinning_AB	sen_forstagallring	True				0.2	20	6	22		18	0.77	
30	Sen förstagallring	_Thinning_AB	sen_forstagallring	True				0.2	20	10	22		20	0.77	
31	Senaregallring	_Thinning_AB	senare_gallring	True			0.11	0.3	20		22	15		0.76	
32	Övrig gallring	_Thinning_AB	ovrig_gallring	True				0.25							30
33	Klen slutavverkning	_Felling_AA	klen_foryngringsavverkning	True			0.05			22				0.76	

*Prefix ”Activity_”
** Prefix http://forestand.skogforsk.se/hpryield_atgtyp/

Vid utbytesprognoser kommer utfallet att variera beroende på avverkningstyp. Ovan specificeras villkor för att automatiskt bestämma avverkningstyp baserat på skördardata. Enligt beskrivningen ovan kommer alla beräkningsytor med medelstam över 0,2 m^3fub och avverkad grundyta på mer än 15 m^2/ha, uttagen volym på mer än 90 m^3fub och som har en ÖH över 15 m att definieras som slutavverkning vid temperatursumma över 1000 grader. På samma sätt kommer avverkningar med medelstam mindre än 0,11 m^3fub och avverkad volym på mer än 20 m^3fub/ha och grundyteuttag på mindre än 22m^2/ha att definieras som en första gallring, under förutsättningar att inte någon av villkorsraderna ovanför är uppfyllda.

Area – areal

Vid beräkning av nyckeltal i hprYield är det första steget att beräkna arealen för objektet. **GridSize** anger sidlängd för kvadrater i det virtuella rutnät som läggs över objektet. **MinClusterArea** anger minsta areal för att ett delområde ska markeras för indelning i beräkningsytor och vidare analys, och **MinCalculationArea** anger minsta areal för en beräkningsyta. Detta innebär att en beräkningsyta kan skapas från 0,5 ha, men vid delning gör modulen inga ytor mindre än 0,7 ha. **JoinEqualDominantHeight** anger om liknande övre höjd ska hållas ihop för att skapa större beräkningsytor, och **SplitOnSpeciesDifferences** anger om indelningen av beräkningsytor ska försöka indela nya beräkningsytor då skillnader i dominerande trädslag upptäcks. **MaxMissingCoordinatesPercent** anger största andel koordinater som får saknas för att ett objekt ska analyseras, och **MaxEqualCoordinatesInSequenceCount** anger hur många stammars koordinater som får upprepas innan dessa anses sakna koordinater. Om denna nivå överskrids betraktas koordinaterna som ”null”. Hårdkodat finns även en begränsning som avbryter analyser om antalet upprepade stamkoordinater överstiger 50 i följd. Inställningar för arealberäkningen och hur stora beräkningsytor som används kan ställas enligt Tabell A1.4 nedan.

Tabell A1.4. Grundinställning för arealberäkning och beräkningsytor.

GridSize	13 meter
MinClusterArea	0,5 ha
MinCalculationArea	0,7 ha
JoinEqualDominantHeight	False
SplitOnSpeciesDifferences	False
MaxMissingCoordinatesPercent	5
MaxEqualCoordinatesInSequenceCount	10

Stickvägsinställning

Förinställd stickvägsbredd är 4,3 meter enligt **DefaultStripRoadWidth**.

Bilaga 2. Biometrias redovisningskoder för trädslag och sortiment/produkter

Trädslagskoder

I Tabell A2.1 listas redovisningskoder för de trädslag som hanteras i hprYield. Koderna i kolumn 1 är Biometrias trädslagskoder som används i hpr-filer enligt StanForD 2010 i svenska skogsmaskiner. Koden lagras i elementet SpeciesGroupInfo i hpr-filen. Koden C används av flera företag för barkborreangripna granar. I hprYield kan alla trädslag enligt nedan hanteras om de finns med i inställningsdokumentet. Sedan 2019-12-02 (version 0.0.46) gäller denna del av inställningsdokumentet även för gallringsuppföljningen. I originalversionen av hprYield hanterades bara Tall, Gran, Björk, Contorta och övrigt vid gallringsuppföljning.

Tabell A2.1. Kolumn 1, Biometrias trädslagskoder som stöds i hprYield. Även Forestandkoden som används redovisas samt vilka funktioner som används vid gallringsprognoser. Tall, gran, björk och Contorta särredovisas vid en gallringsprognos. Andra trädslag hamnar i gruppen övrigt i progosresultatet.

Kod	Benämning	Forestand kod (ForestandSpeciesCode)	Gallrings-Funktion	Trädslag Gallrings-Prognos
1	Tall	E1_1_1	Tall	Tall
2	Gran	E1_2_1	Gran	Gran
4	Björk	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskBjork	Löv	Björk
3	Lövträd	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemsktTrivialLovExklBjork	Löv	Övrigt
M	Contorta	E1_1_2	Tall	Contorta
C	Barkborre (Vitgran)	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/BarkborreGran	Gran	Gran
5	Asp	E2_10_1	Löv	Övrigt
6	Bok	E2_4_1	Löv	Övrigt
7	Al	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskAl	Löv	Övrigt
8	Ek	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskEk	Löv	Övrigt
A	Lärk	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskLark	Tall	Övrigt
D	Alm	http://forestand.skogforsk.se/SpeciesGroups/InhemskAlm	Löv	Övrigt
E	Ask	E2_2_1	Löv	Övrigt
F	Lind -+6	E2_7_1	Löv	Övrigt
G	Lönn	E2_8_1	Löv	Övrigt

Produkt-/ sortimentskoder

Produkt-/sortimentskoden som anges i svenska maskiners pin- eller apt-fil kan bestå av 3–5 tecken, se Tabell A2.2 för detaljer. De lagras i hpr-filerna i variabeln ProductInfo. De tolkas enligt följande:

SST (3 tecken)

SSTE (4 tecken)

SSTEK (5 tecken)

där

SS = Sortimentskod enligt förteckning i Tabell 2

T = Trädslagskod

E = Egenskapskod

K = Kvalitet

Tabell A2 2. Biometrias redovisningskoder för sortiment/produkt.

Kod	Benämning	Förkortning
Sågbara sortiment		
01	Sågtimmer	SÅGT
02	Sågtimmer 02	SÅGT 02
03	Sågtimmer 03	SÅGT 03
04	Sågtimmer 04	SÅGT 04
05	Svarvtimmer	SVARVT
06	Plywoodtimmer	PLYW
07	Stamblock	STAMBL
08	Rotstockar/grovtimmer	ROTST
09	Knivfanértimmer	KNIVFT
Massaved		
10	Massaved	MAV
11	Massaved, lagr rötad	MAVLR
12	Massaved, stdl 2 m	MAVM
13	Massaved, stdl	MAVSTL
14	Mav ej färsk	MAVF
15	Massaved frisk färsk	MAVF
16	Massaved, felsorterad	MAVS
17	Fiberskiveved	FIBSKV
18	Massaved	MAV
19	Massaved, nedklassad	MAVNKL
Övriga sågbara sortiment		
20	Sliperstimmer	SLIPT
21	--	
22	Sparrtimmer	SPARRT
23	--	
24	--	
25	Klentimmer 2	KLENT2
26	Sågbar kubb 2	SÅGBK2
27	Sågbar kubb	SÅGBK
28	Klentimmer	KLENT
29	Pallkubb	PALLK

Kod	Benämning	Förkortning
Specialsortiment		
30	Stolpar	STOLP
31	Stolpar	STOLP
32	Stegslan	SSLAN
33	--	
34	Stängselstolpar	STÄST
35	Tändsticksvirke	TÄNDV
36	Rökerived	RÖKVED
37	--	
38	--	
39	Stolpar STOLP	
Träd och stammar		
40	--	
41	Träddelar	TRDEL
42	Helstammar	HELST
43	Stamdelar	STAMD
44	--	
Bränsleråvaror		
45	Olja	OLJA
46	Gas	GAS
47	Kol	KOL
48	Blandsortiment	BLANDS
49	Returträ	RETTRÄ
Bränsleråvaror		
50	Bränsleved	BRVED
51	Grot	GROT
52	Renserirester	RREST
53	Justerrester	JREST
54	Övrigt spill	ÖVR SPILL
55	Energigrödor *	EGRÖD
56	Energitorv **	ENERGITORV
57	Blandbränsle	BLANDB
58	Växttorv	VÄXTTORV
59	Övrig energi	ÖVR ENERGI
60	Energiskog *	ESKOG
61	Animalisk energiråvara	ANIM ENRÅV
62	Sopor och avfall	SOPOR
63	Stamvedsflis	STAMVFLIS
64	Grotflis	GROTFLIS
65	Träddelsflis	TRÄDFLIS
66	Rivningsflis *	RIFLIS
67	Träpulver	TRPULV
68	Briketter	BRIKETTER
69	Pellets	PELLES

Bilaga 3. Filtrering av stammar inför beräkning av nyckeltal för utbytesberäkningar – hprYieldResults

Fällda stammar

Fällda stammar som inte upparbetats bidrar endast till nyckeltalet antal fällda stammar. De exkluderas från alla andra beräkningar.

DBH

Vid beräkning av nyckeltal per DBH-klass ska korrigerad DBH beräknad av hprCM användas om denna finns med (Siljebo 2017). Korrigerad DBH (DBHCorrected) ersätter av skördaren beräknad DBH.

Dessutom görs en kontroll där DBH jämförs med referenceDiameter. Om DBH är större än referenceDiameter sätts DBH till värdet registrerat i referenceDiameter.

Formkvot

Följande stammar får ingen formkvot utskriven bland resultaten:

- flerträdsupparbetade stammar.
- topplösa stammar (där toppdiameter för sista stocken är grövre än 200 mm).
- sammanslagna stammar.
- stammar med för grov toppdiameter i förhållande till DBH:
  - för stammar med DBH under 300 mm får toppdiameter inte överskrida 100 mm.
  - för stammar med DBH 300–399 mm får toppdiameter inte överskrida 150 mm.
  - för stammar med DBH grövre än 399 mm får toppdiameter inte överskrida 200 mm (det vill säga kravet för topplösa stammar ovan).
- stammar med höjd för D60 (diameter på 60 procent av trädhöjd) ovanför sista toppkap.
- stammar innehållande minst en stock som är oklass om oklass-stock kapats över 500 cm samt är kortare än 300 cm eller längre än 500 cm.
- stammar med avsmalning som överskrider 3 cm/m ovanför DBH.
- stammar med formkvot under 0,5 eller över 0,85.
- stammar utan utskriven formkvot får inte bidra till HGV och formkvot totalt för objektet, per beräkningsyta och per DBH-klass, och inte heller till H15 samt H25. H15 och H25 är höjder för träd med DBH 15 cm respektive 25 cm.
- stammar utan utskriven formkvot får heller inte D20 och D60 utskrivna. D20 respektive D60 är trädets diameter på 20 procent respektive 60 procent av trädhöjden.

Rotavkap

Alla stockar där rotkap gjorts under brösthöjd räknas som rotstockar. Om stockarna är så korta att de dessutom har sitt toppkap under brösthöjd, räknas de som rotavkap. Vid beräkning av volym stamfelsved för rotstockar ingår alla rotstockar inklusive rotavkap, men vid beräkning av frekvensen stamfelsved ingår inte rotavkap.

Saknade koordinater

Stammar med saknade koordinater, eller med koordinater som filtreras bort i algoritmen för kontroll av koordinater, bidrar till nyckeltalet antal saknade koordinater totalt för objektet. De exkluderas från alla andra beräkningar.

Bilaga 4. Beräkning av nyckeltal

Temperatursumma

Temperatursumma har beräknats enligt Morén & Perttu (1994). Höjden 200 meter över havet används i de fall uppgift om höjd över havet saknas i koordinatregistreringen.

Avverkningstyp

Avverkningstyp bestäms utifrån aktuellt inställningsdokument, se bilaga 1.

HGV

Finns beskriven i Möller m.fl. (2011).

DGV

Finns beskriven i Möller m.fl. (2011).

Formkvot

Formkvoten är definierad som kvoten mellan trädets diameter vid 20 procent av trädhöjden och diametern vid 60 procent av trädhöjden (Ågren m.fl. 2021).

H15 och H25

Finns beskriven i Möller m.fl. (2011).

Stamfelsvedvolym

Stamfelsved definieras som stockar som apteras i timmerdimensionen av trädet men inte apteras som timmer, normalt massaved eller bränsleved, (SSTE koder 1*** och 5***). Dessutom ingår oklasstockar (SSTE-kod saknas). Se vidare Tabell 2 i Bilaga 1, under category. Här ställs också minsta topp-mindiameter på stamfelsved, default 150 mm.

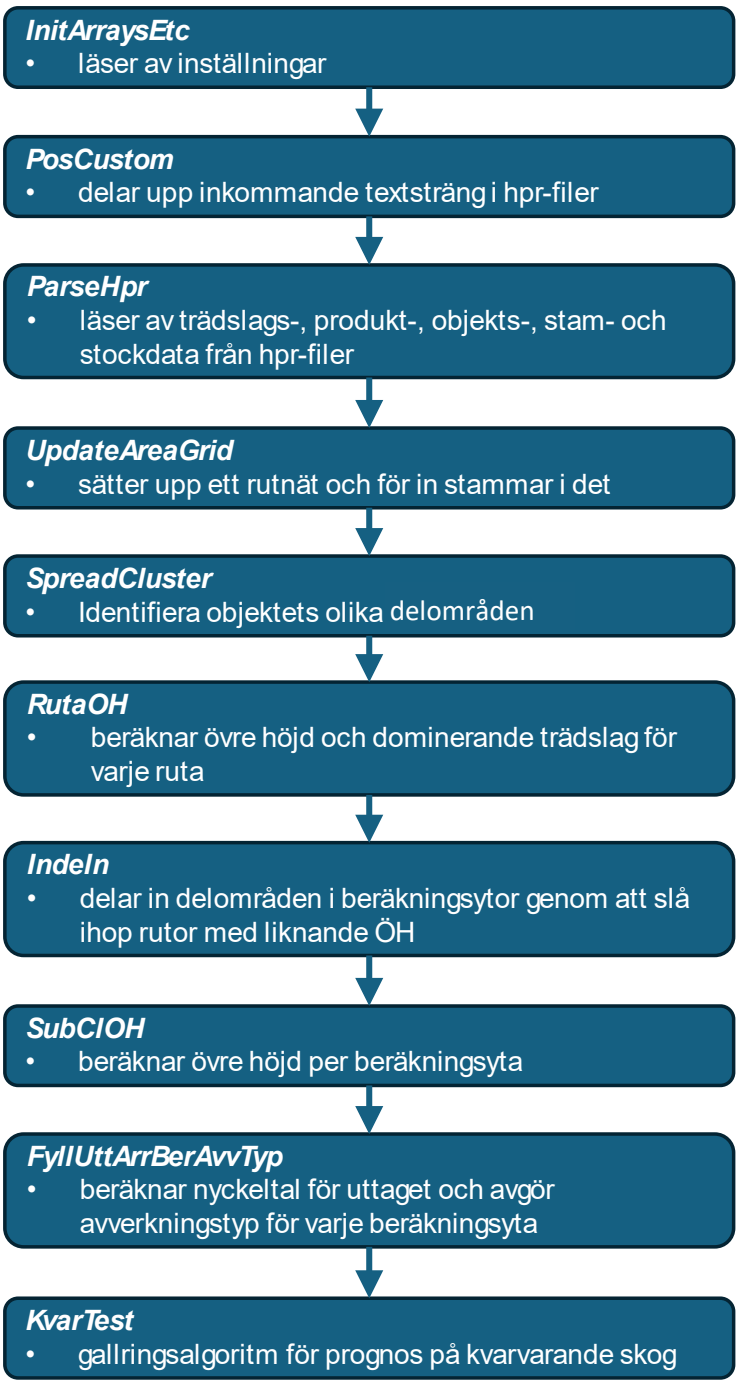
Manuella kap

Manuella kap registreras av skördaren i elementet CuttingCategory, normalt som ”Automatic” eller ”Manual”.

Bilaga 5. Arbetsgång och algoritmer i hprYield

Huvudprocedur

I Figur A5.1 finns en översikt av arbetsgången i huvudproceduren *RunHprYield*.



Figur A5. 1. Översikt av arbetsgången i huvudproceduren RunHprYield.

Nedan följer en beskrivning av de moment som utförs i hprYield i den ordning de utförs i huvudproceduren *RunHprYield*:

* *InitArraysEtc* läser in följande från inkommande **inställningsdokument** (enligt Bilaga 1):

- beställda resultat
- trädslagsklasser (lägg till en extra klass för totalen och en extra klass för övrigt)
- produktklasser inklusive information om vilka klasser som kan anses vara timmer eller grund för stamfelsved (lägg till en extra klass för övrigt och en extra klass för oklass)
- avverkningstyper
- arealrelaterade inställningar

* *PosCustom* delar upp inkommande textsträng i hpr-filer och *ParseHpr* läser in följande från **varje hpr-fil**:

- maskinnyckel
- **trädslag** som kopplas till respektive trädslagsklass enligt principen första träff
- **produkter** som kopplas till respektive produktklass enligt principen första träff
- virkesordernummer och objektsnyckel:
  - Gå igenom alla påträffade maskiner:
    - Vid träff, kontrollera om även objektsnyckel matchar och skriv då virkesordernummer förutsatt att fältet är tomt.
    - Om ingen matchning av kombinationen maskin- och objektsnyckel har lyckats, skriv maskinnyckel, objektsnyckel och virkesordernummer i ny position.
- startdatum för objektet
- **stamdata** (förutsatt att stammen inte har påträffats i tidigare fil och att föregående stam inte har flaggan saknad topp):
  - stamnyckel
  - objektsnyckel
  - trädslagsnyckel kopplad till trädslagsklass
  - kategori (fälld/upparbetad och enkel-/flerträdshanterad)
  - koordinater för basmaskin (inklusive algoritm för kontroll av koordinater som beskrivs under separat rubrik nedan)
  - data beräknade av hprCM: trädhöjd, sammanslagna stammar, saknad topp, toppvolym och korrigerad DBH
  - DBH
- **stockdata**: produktnyckel kopplad till produktklass, volym pb/ub, manuellt kapade stockar, toppdiameter pb/ub och stocklängd

* Stoppa vidare analys om upparbetade stammar saknas.

* Stoppa vidare analys om andelen upparbetade stammar för ett objekt utan koordinater, med upprepade koordinater eller med koordinater som ligger alltför geografiskt utspridda är högre än gränsvärdet från inställningsdokument (default 5 procent i inställningsdokumentet). Analysen stoppas även om mer än 50 stammar i rad har exakt samma koordinat.

* Om analys inte är avbruten:

- *UpdateAreaGrid* sätter upp ett **rutnät** som täcker objektet (med sidlängd för kvadrater enligt inställningsdokument) och för in stamantal, grundyta och volym ub/sk i respektive kvadrat med ledning av stammarnas koordinater. Finns beskriven i Bhuiyan (2016).
- *UpdateArea* beräknar objektets **areal**. Finns beskriven i Bhuiyan (2016 och bilaga 10).
- *ClusterPrognosis* skapar **beräkningsytor** samt förbereder för och genomför prognos på kvarvarande skog:
    - *SpreadCluster* identifierar objektets olika delområden.
    - *RutaOH* beräknar övre höjd och dominerande trädslag för varje ruta på varje delområde som ska ha beskrivningar av uttag.
    - *Indeln* delar in delområden i beräkningsytor genom att slå ihop rutor med liknande ÖH och skapa beräkningsytor om minst 0,5 ha och 100 stammar (50 stammar för glesa avverkningar som fröträdsavvecklingar).
    - *SubClOH* beräknar övre höjd per beräkningsyta.
    - *FyllUttArrBerAvvTyp* beräknar nyckeltal för uttaget och avgör avverkningstyp för varje beräkningsyta.
    - *KvarTest* innehåller gallringsalgoritmen för prognos på kvarvarande skog.

  Uppdelning av objektet samt indelning i beräkningsytor finns beskrivna i Möller (2015 A), och algoritm för gallringsprognos finns beskriven i Möller m.fl. (2011) och Bilaga 1.
- Om geometrier har beställts och koordinater finns:
    - Skriv geometrier/nyckeltal för gallringsuppföljning (beskrivs under separat rubrik nedan).
- Om nyckeltal för utbytesberäkningar har beställts:
    - Skriv nyckeltal för utbytesberäkningar (beskrivs under separat rubrik nedan).

Förteckning över algoritmer

Nedan listas den hierarki av algoritmer som finns i hprYield:

1. **RunHprYield** – ingång/huvudprocedur
    a. **ParseHpr** – tolkar hpr och läser in till egna typer; anropas för varje hpr-fil
    b. **UpdateAreaGrid** – skapar ett rutnät och för in stamdata per ruta

c. **UpdateArea** – arealberäkning utifrån ifyllnad av tomma rutor respektive uppräkning av rutor med stammar i

   i. *CountStemNeighbours* – räknar grannar som innehåller stammar

   ii. *CountAreaNeighbours* – räknar grannar som innehåller stammar eller som har tilldelats arealbidrag

d. **Clusterprognosis** – samlingsprocedur

   i. *SpreadCluster* – skapar delområden

   ii. *RutaOH* – beräknar övre höjd och dominerande trädslag för varje ruta på varje delområde som ska ha beskrivningar av uttag

      1. ExploreNeighbours – anropar AddNeighbour för närmaste grannarna

      2. AddNeighbour – lägger till ÖH från grannruta; varje ruta som påträffas blir tilldelad en egen beräkningsyta och en förteckning över närmaste grannar görs

   iii. *Indeln* – slår ihop beräkningsytor genom att successivt öka toleransen för diff. i ÖH tills alla har passerat min.areal och min.stamantal

      1. JoinSubCl – anropas för varje ofullständig beräkningsyta (repeat)

         a. CheckNeighbour – undersöker om två beräkningsytor får klartecken att slås ihop

         b. JoinNeighbours – slår ihop två beräkningsytor och identifierar kvarvarande/unika grannar

   iv. *SubClOH* – beräknar ÖH per beräkningsyta

   v. *FyllUttArrBerAvvForm* – fyller i stamantal, grundyta, volym, HGV, DGV per DBH-klass och trädslag som underlag för bland annat gallringsalgoritmen

   vi. *KvarTest* – samlingsprocedur för prognos på kvarvarande skog

      1. Ber2021gKvot – beräknar gallringskvot enligt 2021 års modell (se Bilaga 10)

      2. GStyrkaFrMalgrundyta – sätter målgrundyta enligt 2021 års eller 2014 års modell (om inte kranvinkel finns eller uppsatta villkor inte möts)

a. RitaStickvagar – skapar stickvägar utifrån avverkningspositioner

b. Tathetsmatt – beräknar täthet i och mellan stickvägar

3. KvarPrognos – gallringsalgoritmen

a. GetUttProc – beräknar klassvis gallringsstyrka utifrån satt gallringsstyrka och -kvot

b. BerGKvotGStyrka – beräknar gallringskvot och -styrka

c. MinDiffGKvotExceeded – uppdaterar gallringskvot alternativt återställer till bästa tidigare matchning; justerar även in bästa träff på gallringsstyrkan efter varje ändring av gallringskvoten

i. MinDiffGStyrkaExceeded – uppdaterar gallringsstyrka alternativt återställer till bästa tidigare matchning

e. **GeomUppfoljningNyckeltal** – skriver Forestand-fil

f. **UtbyteNyckeltal** – skriver hprYieldResults-fil

Algoritm för kontroll av koordinater

hprYield kan inte hantera att koordinater saknas helt för ett objekt, men ibland kan koordinater saknas för en del av stammarna i ett objekt. Det kan även hända att felaktiga koordinater, i form av koordinater som hamnar långt utanför objektet eller koordinater som upprepas trots att maskinen flyttar på sig, sparas i produktionsfilerna. En algoritm för kontroll av koordinater har därför visat sig vara nödvändig. Den är även viktig för att kontrollera att det virtuella rutnät som läggs över objektet inte tillåts allokera orimligt mycket minne.

Algoritmen arbetar med en så kallad accepterad grupp av stamkoordinater som nya koordinater förs in i om inte ett gränsvärde för avstånd överskrids. Är det längre än 5 km mellan aktuell stams koordinater och accepterad grupps senaste koordinater, kan gruppen komma att överges och ny grupp av stammar påbörjas beroende på stamantalet i accepterad grupp. Algoritmen körs allteftersom stammar läses in, varför totala stamantalet inte är känt på förhand. Totala stamantalet skulle annars kunna användas till att få en uppfattning om hur stor andel av objektet som ligger i accepterad grupp. I brist på bättre information överges accepterad grupp när avståndet 5 km överskrids och det är mindre än 100 stammar i gruppen; annars accepteras inte nya koordinater förrän de är inom 5 km från accepterad grupp. Gränsvärdet 5 km är hårdkodat och styrs inte av inställningsdokumentet.

Koordinater med longitud under 1 grad och latitud under 1 grad betraktas som null, det vill säga som saknade koordinater.

Algoritmen för kontroll av koordinater arbetar enligt följande steg:

* Nollställ räknare för saknade koordinater.

* Nollställ räknare för upprepade koordinater.

* Sätt koordinater för accepterad grupps senaste koordinater till -1.

* Om koordinater finns för aktuell stam:

- Öka räknare för upprepade koordinater om aktuell stams koordinater sammanfaller med senast påträffade koordinaterna. Koordinaterna som används vid denna kontroll avrundas alltid till hela cm.
    - Om stammarna tillhör samma stambunt (identisk StemBunchKey) vid flerträdsupparbetning ökas inte räknaren för upprepade koordinater det vill säga att föregående uppräkning nollställs).
- Annars:
    - Om antalet upprepade koordinater överstiger satt gräns (från inställningsdokumentet, default 10 st) gör följande för varje stam med upprepade koordinater:
        - Minska räknare för antalet koordinater i accepterad grupp.
        - Om de upprepade koordinaterna är desamma som accepterad grupps senaste koordinater, sätts de senare till de koordinater som föregick de upprepade koordinaterna.
        - Nollställ upprepade koordinater.
        - Öka räknare för saknade koordinater.
    - Nollställ räknare för upprepade koordinater.
    - Uppdatera de senaste koordinaterna som kan komma innan en eventuell upprepning av koordinater.
    - Uppdatera senast inlästa koordinater.
- Om accepterad grupps koordinater är positiva:
    - Om avståndet från aktuell stam till accepterad grupps senaste koordinater överstiger 5 km:
        - Om antalet koordinater i accepterad grupp underskrider 100:
            - Nollställ koordinaterna för alla stammar i accepterad grupp och öka räknare för saknade koordinater med samma antal.
            - Sätt koordinater för accepterad grupps senaste koordinater till -1.
        - Nollställ annars aktuell stams koordinater och öka räknare för saknade koordinater
    - Sätt annars accepterad grupps senaste koordinater till aktuell stams koordinater, och öka räknare för antalet koordinater i accepterad grupp.

- Om accepterad grupps senaste koordinater är lika med -1:
    - Sätt accepterad grupps senaste koordinater till aktuell stams koordinater, och sätt räknare för antalet koordinater i accepterad grupp till 1.
    - Uppdatera index för första stam i accepterad grupp.
    - Sätt objektets gränser till aktuell stams koordinater.
- Uppdatera objektets gränser utifrån jämförelse med accepterad grupps senaste koordinater.

* Annars:

- Öka räknare för saknade koordinater.

Algoritm för att skriva nyckeltal för utbytesberäkningar

Totalen för objektet behandlas som ytterligare en beräkningsyta av hprYield för att kunna hantera nyckeltalen för totalen i samma kod som används för beräkningsytorna.

Algoritmen för att skriva nyckeltal för utbytesberäkningar (hprYieldResult) arbetar enligt följande steg:

* Skapa nytt XML-dokument och skriv basinformation: tidpunkt för generering, att meddelandet har genererats i hprYield samt alla maskiner, objekt och virkesordernummer som har påträffats.

* Skapa en beräkningsyta som ska hålla resultat för hela objektet om det inte har blivit några beräkningsytor för objektet (objekt under 0,5 ha eller objekt med spridda delar som understiger 0,5 ha var).

* Initiera, dimensionera och nollställ datastrukturer som ska hålla resultat för varje beräkningsyta.

* För varje stam:

- Bestäm höjd för D20 respektive D60 och nollställ stamvisa resultat.
- För varje stock som tillhör aktuell stam:
    - Om produktklassen är oklass, markeras stammen som innehåller minst en stock som är oklass.
    - Öka totala stockhöjden (som börjar med 10 cm stubbe).
    - Räkna ut avsmalning:
        - Mellan DBH och topp om DBH ligger på aktuell stock.
        - Mellan topp och föregående stocks topp om DBH har passerats.
        - Sätt till noll annars (för att indikera att avsmalning inte är aktuell att studera under DBH).
    - Om avsmalningen överskrider 3 cm/m, sätts en flagga att gräns för största avsmalning har överskridits.
    - Om D20 inte har beräknats och höjd för D20 har passerats:

        - Om DBH ligger på aktuell stock, beräknas D20 som den diameter som fås om avståndet från DBH till höjd för D20 multipliceras med avsmalningen och läggs till DBH.
        - Annars beräknas D20 som den diameter som fås om avståndet från föregående topp till höjd för D20 multipliceras med avsmalningen och läggs till föregående toppdiameter.
    - Beräkna D60 på samma sätt som beräkningen av D20, men med D60 och höjd för D60 som utgångspunkt.
    - Sätt variabel för föregående stocks toppdiameter som aktuell stocks toppdiameter.
- Om D60 inte är beräknad (då den diametern har hamnat ovanför sista toppkap), beräknas D60 som den diameter som fås om avståndet från sista toppkap till höjd för D60 multipliceras med avsmalningen för en kon från sista toppkap till beräknad trädhöjd.
- Om D20 är beräknad, beräknas formkvoten som kvoten av D60 genom D20.
- Skriv kommentar om stammen har minst en stock som är oklass, för hög avsmalning, formkvot under 0,5 eller formkvot över 0,85.
- Sätt formkvoten till -1 om kommentar finns för stammen.
- Beräkna stammens grundyta och bestäm dess DBH-klass.
- Totalt för objektet och för den beräkningsyta stammen tillhör:
    - Om totalen ska beskrivas styrs skrivningen av resultat till sista beräkningsytan.
    - Annars om stammen har koordinater:
        - Bestäm vilken beräkningsyta stammen tillhör genom att läsa av vilken beräkningsyta som den kvadrat stammen är avverkad i tillhör.
        - Om stammen tillhör ett delområde som inte har markerats för vidare analys, hoppas stammen över (efter att den har bidragit till totalen).
    - Om stammen saknar koordinater, hoppas stammen över (efter att den har bidragit till totalen).
    - Öka antal stammar, antal stammar per DBH-klass, volym (pb, ub och sk), grundyta och DBH multiplicerad med grundyta – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag.
    - Om stammen inte är flerträdsupparbetad:
        - Om stammen inte är markerad som topplös (sista toppkap grövre än 200 mm):
            - Öka antal stammar och toppdiameter (pb och ub) samt uppdatera minsta toppdiameter (pb resp. ub) – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.
            - Om stammen inte är markerad som sammanslagen, om formkvoten inte är -1, om DBH är minst 400 mm, DBH är 300–399 mm och toppdiameter är under 150 mm

eller om DBH är under 300 mm och toppdiameter är under 100 mm samt om D60 är grövre än diametern vid sista toppkap:

    - Öka grundyta, trädhöjd multiplicerad med grundyta och formkvot multiplicerad med grundyta – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, även per DBH-klass.
    - Om DBH och trädhöjd är större än noll, förs trädhöjd och naturliga logaritmen av DBH in som underlag i struktur för beräkning av H15 och H25 – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag.

  - Sätt annars stammens formkvot till -1 och skriv någon av följande kommentarer för stammen: topplös, sammanslagen, för grovt sista kap i förhållande till DBH eller D60 ovanför sista kap. Om stammen saknar topp ökas antal stammar och toppdiameter (pb och ub) samt uppdateras minsta toppdiameter (pb respektive ub) – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.

- Nollställ total stocklängd.
- För varje stock som tillhör aktuell stam:
  - Om toppdiametern överskrider gräns för stamfelsved (från inställningsdokumentet) och aktuell produktklass har markerats som grund för stamfelsved:
    - Markera stocken som stamfelsved.
    - Om stocken har påbörjats under DBH ökas stamfelsvedvolym för rotstockar, och om stocken har avslutats ovanför DBH ökas även frekvensen stamfelsved för rotstockar – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.
    - Om stocken är sista stock för aktuell stam som håller mindiametern för stamfelsved ökas volym och frekvens stamfelsved för sista stockar – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.
    - Likt ovanstående punkter ökas volym och frekvens stamfelsved för övriga stockar.
  - Om stocken har kapats manuellt och aktuell produktklass har markerats som timmer:
    - Om stocken har påbörjats under DBH ökas frekvensen manuella kap bland timmer för rotstockar – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.
    - Om stocken är sista stock för aktuell stam ökas frekvensen manuella kap bland timmer för sista

stockar – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.

- Likt ovanstående punkter ökas frekvensen manuella kap bland timmer för övriga stockar.
- Öka totala stocklängden.

- Skriv annars kommentaren flerträdsupparbetad och sätt formkvoten till -1 för stammen.
- Nollställ struktur som håller första respektive sista stock per produktklass för varje stam.
- För varje stock som tillhör aktuell stam:
  - Om inte den produktklass stocken tillhör ska presenteras bland resultaten (regleras genom inställningsdokumentet), omdirigeras stocken till klassen övrigt.
  - Öka antal stockar, volym (pb och ub), toppdiameter (pb och ub) och stocklängd för aktuell produkt – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.
  - Sätt första stock för produktklass om den inte är satt och uppdatera sista stock för aktuell produktklass.
- För varje produktklass:
  - Om första stock finns ifylld för produktklassen:
    - Öka antal första (lika med sista) stockar och toppdiameter (ub) samt uppdatera max. respektive min. toppdiameter (ub) för första respektive sista stock – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag, per DBH-klass.

- Skriv stamvisa resultat inklusive stockdata och nyckel till beräkningsyta från interna strukturer till utdata. Skriv endast ut D20, D60 och formkvot om formkvoten inte är satt till -1.

* För varje fälld stam:

- Öka antalet fällda stammar totalt för objektet och, om koordinater finns, även för den beräkningsyta aktuell stam tillhör – totalt för alla trädslag och för stammens trädslag.

* Summera alla kvadraters areal till objektets totala areal.

* Totalt för objektet och för varje beräkningsyta:

- Skriv areal och koordinater för mittpunkt (hörnpunkt för totalen). Skriv antal saknade koordinater totalt för objektet och för beräkningsytor skrivs en nyckel för identifiering.
- Bestäm dominerande trädslag och skriv de tillsammans med övre höjd till resultaten.
- Om koordinater och höjd över havet finns, beräkna temperatursumma och skriv till resultaten.

- Räkna klart DGV, HGV och formkvot genom att dividera vart och ett av dem med grundytan.
- Beräkna H15 och H25 enligt Möller m.fl. (2011) – totalt och per trädslag.
- Skriv nyckeltal per trädslags-, DBH- och produktklass. Nyckeltal som förväntas vara nollskilda skrivs endast ut om stammar eller stockar har funnits som underlag för dem.

* Allokera minne för den tomma sträng som har mottagits för nyckeltal för utbytesberäkningar och skriv resultaten till den.

Algoritm för att skriva nyckeltal för gallringsuppföljning

Likt algoritmen för att skriva nyckeltal för utbytesberäkningar behandlas totalen för alla beräkningsytorna som ytterligare en beräkningsyta av hprYield för att kunna hantera nyckeltalen för totalen i samma kod som används för beräkningsytorna.

Algoritmen för att skriva nyckeltal för gallringsuppföljning arbetar enligt följande steg:

* Beräkna utjämnade nyckeltal enligt metodik beskriven i Möller m.fl. (2015a) om nyckeltal för uttag i rutnät har beställts.

* Väg ihop nyckeltal till en total för alla beräkningsytor enligt metodik beskriven i Möller m.fl. (2015a) om nyckeltal för gallringsuppföljning har beställts.

* Skapa en ny instans av Forestand-XML och sätt gränserna till objektets gränser.

* För uttag (som alltid beskrivs) eller för kvarvarande bestånd respektive bestånd för avverkning om nyckeltal för gallringsuppföljning har beställts och resultat finns för total:

- Skapa objektsnod med virkesordernummer, inventeringsmetod, skördarmätning och det tillstånd som beskrivs (uttag, kvarvarande eller bestånd före).
- För varje beräkningsyta på delområden som har markerats för analys:
    - Bestäm om arealen ska tas för en beräkningsyta eller från hopvägning av total för alla beräkningsytor.
    - Om uttaget ska beskrivas eller om aktuell beräkningsyta har lyckad gallringsprognos och nyckeltal ska skrivas ut för beräknad avverkningstyp (beskriven under föregående rubrik):
        - Om inte totalen ska beskrivas:
            - Skapa en beräkningsyta och skriv areal samt en nyckel som stammar kan koppla till.
            - Gå igenom rutnätet och samla upp hörnkoordinater för alla kvadrater som tillhör aktuell beräkningsyta.
            - Om uttaget ska beskrivas, skrivs alla tillhörande kvadrater ut med nyckeltal för uttag.
        - Skriv annars ut arealen för totalen och geometrier för de eventuella delar av objektet som inte har markerats för vidare analys (genom att skriva ut de kvadrater som inte tillhör någon beräkningsyta).
        - Kopiera nyckeltal för aktuellt tillstånd för aktuell beräkningsyta (som också kan vara totalen för alla beräkningsytor), och bestäm

samtidigt dominerande trädslag genom att leta efter det trädslag som har mest volym.

- Om inte totalen för alla beräkningsytor ska beskrivas för beståndet före avverkning:
    - Skriv ut övre höjd, dominerande trädslag, grundyta, volym/ha, stamantal/ha, DGV och HGV för aktuellt tillstånd direkt under objektet för totalen för alla beräkningsytor.
    - Skriv ut trädslag, grundyta, volym/ha, stamantal/ha, DGV och HGV för aktuellt tillstånd för aktuell beräkningsyta.
- Skriv annars ut övre höjd och dominerande trädslag.
- Skriv ut gallringsstyrka och gallringskvot om uttaget ska beskrivas, nyckeltal för gallringsuppföljning har beställts och lyckad gallringsprognos finns för aktuell beräkningsyta.

- Skriv polygon för aktuell beräkningsyta om koordinater för kvadrater har förts in (totalen för alla beräkningsytor kommer inte att ha några polygoner).

* Allokera minne för den tomma sträng som har mottagits för Forestand-meddelande och skriv resultaten till den.

Bilaga 6. Anrop för in- och utdata

Anropet av hprYield ser ut enligt följande med in- och utparametrar i kursiv stil:

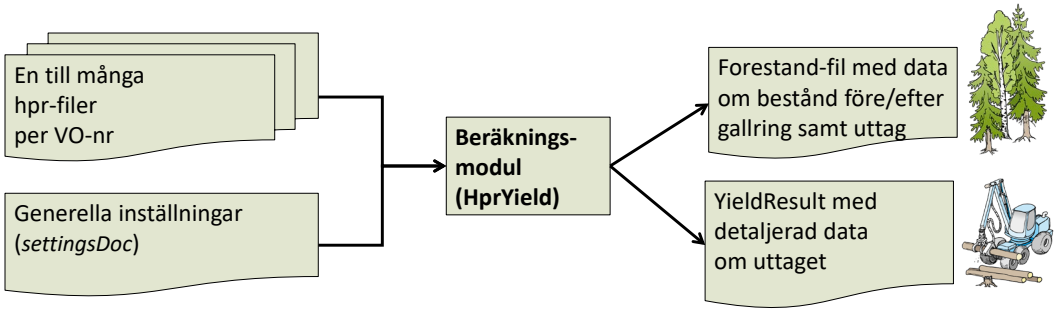
procedure RunHprYield(*hprTextArray: PWideChar;*

settingsDoc: PWideChar;

out hprYieldResult: PWideChar; out forestandResult: PWideChar;

out errorText: PWideChar; out warningText: PWideChar); stdcall;

Detta anrop illustreras i figur A6. 1.



Figur A6. 1. Figuren illustrerar att en eller flera hpr-filer läses in per objekt till beräkningsmodulen hprYield. För varje objekt kan flera resultat skapas i form av en geografisk beskrivning av beståndet före uttag, uttaget och en prognos på efter uttaget i en Forestand-fil. I en XML-baserad fil, hprYieldResult, beskrivs uttaget per objekt och beräkningsyta. För varje yta beskrivs uttagna träd inklusive nyckeltal och sortiment eller produktutfall.

Inparametrarna som återfinns på de två översta raderna utgörs av en textsträng bestående av alla ingående hpr-filer och en textsträng innehållande ett inställningsdokument för styrning av modulen. Hpr-filerna i den första textsträngen avgränsas med ASCII-tecknet 28 – file separator mellan varje hpr-fils innehåll. Om den första textsträngen endast består av en fil ska ASCII-tecknet 28 inte inkluderas.

Utparametrarna utgörs av en tom textsträng för ifyllnad av nyckeltal för utbytesberäkningar, en tom textsträng för ifyllnad av geometrier och nyckeltal för gallringsuppföljning samt två tomma textsträngar för att förmedla problem från en körning. Efter att resultaten från hprYield har blivit mottagna behöver följande metod anropas för var och en av textsträngarna i utdatasetet:

procedure FreeString(S: PChar); stdcall;

Dett anrop är nödvändigt för att frigöra det minne som beräkningsmodulen har allokerat för att skriva ut resultaten.

Förutom hprYieldResult och Forestand-filen kan modulen generera en ogi-fil enligt StanForD 2010. I detta meddelande lagras gallringsuppföljningsresultatet i ogi-formatet enligt StanForD 2010-version 4.0. Anropet infördes med version 1.1.23 av hprYield. Detta anrop ser ut enligt följande med de nya parametrarna understrukna:

procedure RunHprYield_Extended_Ogi(hprTextArray: PWideChar;

settingsDoc: PWideChar;

TotalTreeAge: PWideChar; settingsthinningScheduleDoc: PWideChar;

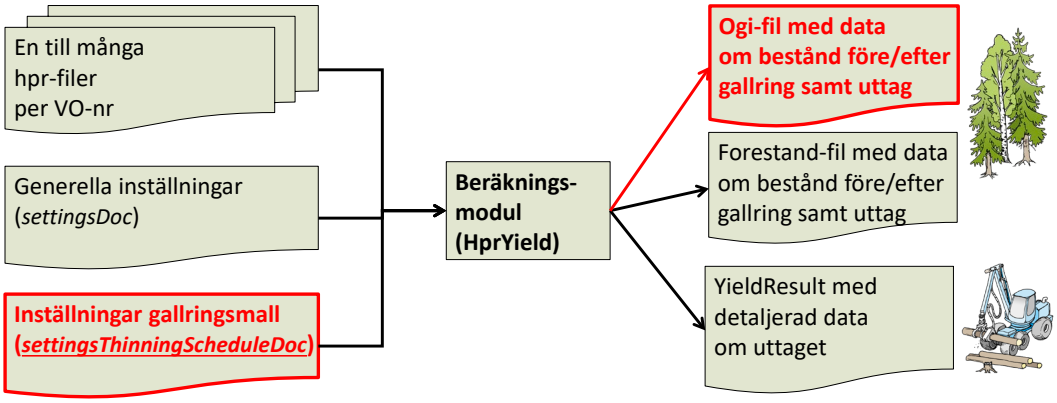
out modHprResult: PWideChar; out forestandResult: PWideChar;

out ogiResult: PWideChar;

out errorText: PWideChar; out warningText: PWideChar); stdcall;

Observera att om totalåldern för avverkningen tillförs ska den vara i form av ett heltal större än 15 år och mindre än 300 år. Om åldersparametern (TotalAge) är utanför detta intervall eller saknar värde kommer åldern att beräknas utifrån en statistisk funktion beskriven i bilaga 13.

Detta anrop illustreras i figur A6. 2.



Figur A6. 2. Schematisk bild som beskriver in- och utdata till hprYield-modulen. Indata i form av en eller flera hpr-filer, generella inställningar och inställningar för gallring-mallen. Utdata enligt tre olika alternativ: en StanForD Ogi-fil, en Forestand-fil och en YieldResult-fil (xml). Tillkommande parametrar för det nya utökade anropet är markerade med röd färg.

Skillnaderna mot det ursprungliga anropet är alltså följande:

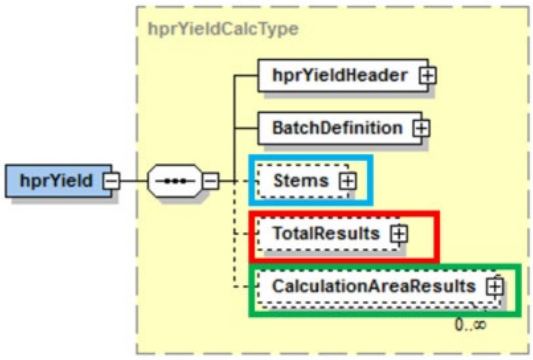
- ett separat inställningsdokument som innehåller aktuell gallringsmall
- en parameter för totalålder
- en ny text-sträng som returnerar ett komplett ogi-meddelande.

Se bilaga 9 för en mer detaljerad beskrivning av in- och utdata vid generering av ogi-formatet.

Bilaga 7. hprYieldResults XML-schema

I hprYieldResults lagras data per objekt (röd rektangel), per beräkningsyta (grön rektangel) och per stam (blå rektangel), se Figur A7.1 nedan.

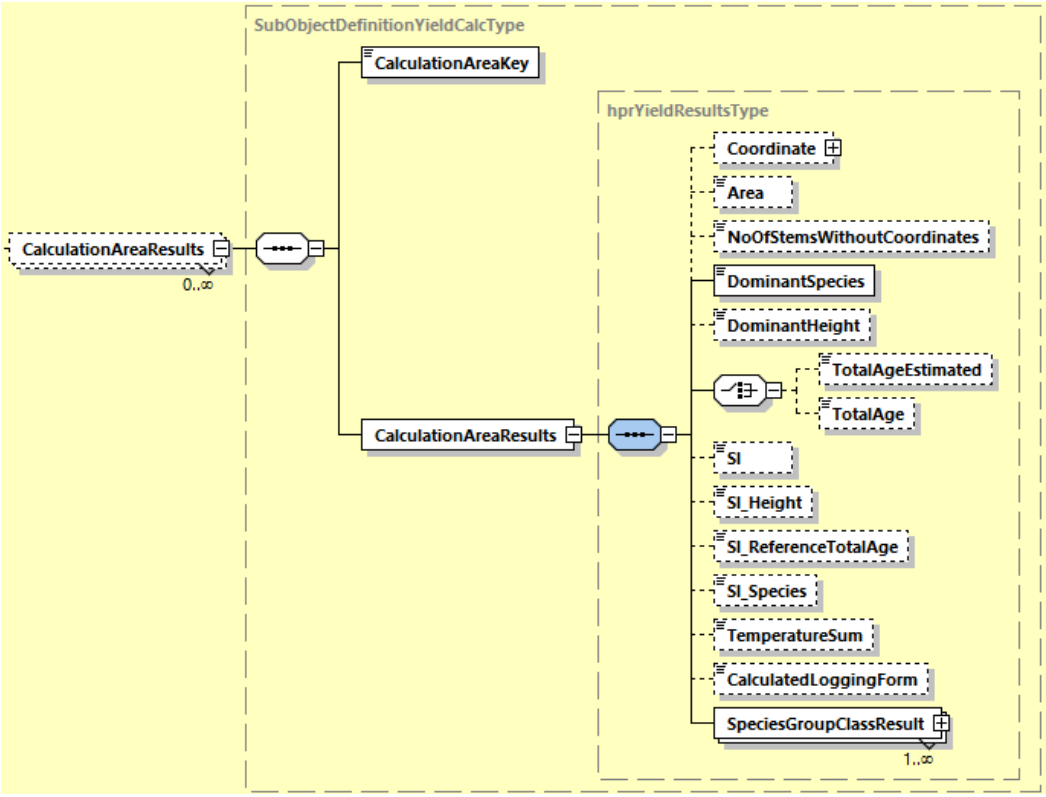
Figurerna nedan baseras på schemat hprYield_Results_V0p11.xsd.



Figur A7.1. XML-schema, övergripande struktur för hprYieldResults.

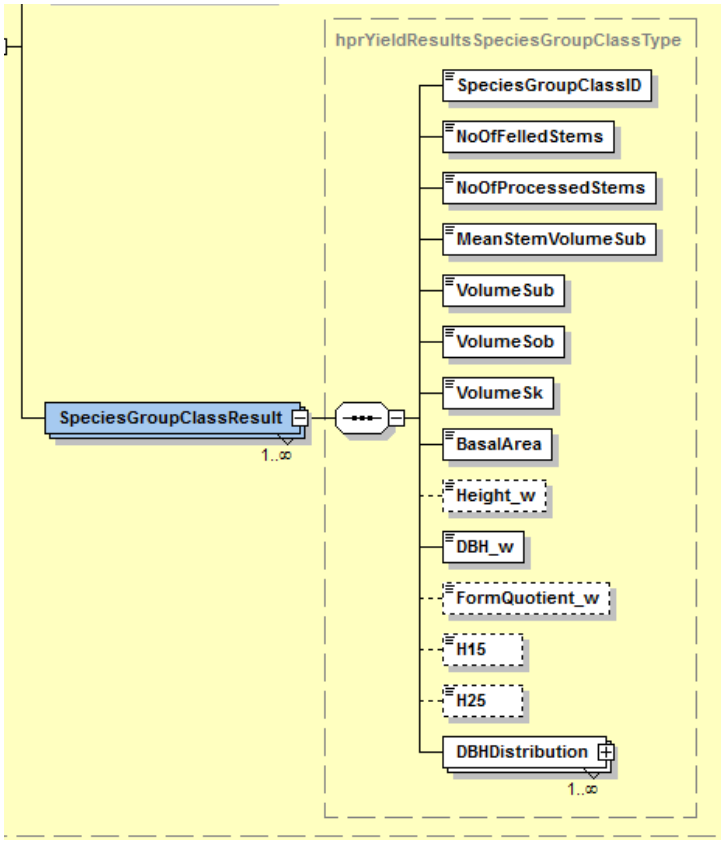
Resultat per objekt och per beräkningsyta

För hela objektet och per beräkningsyta sparas data enligt figurerna nedan. Data motsvarar CalculationAreaResults enligt grön rektangel i Figur A7.1 ovan.



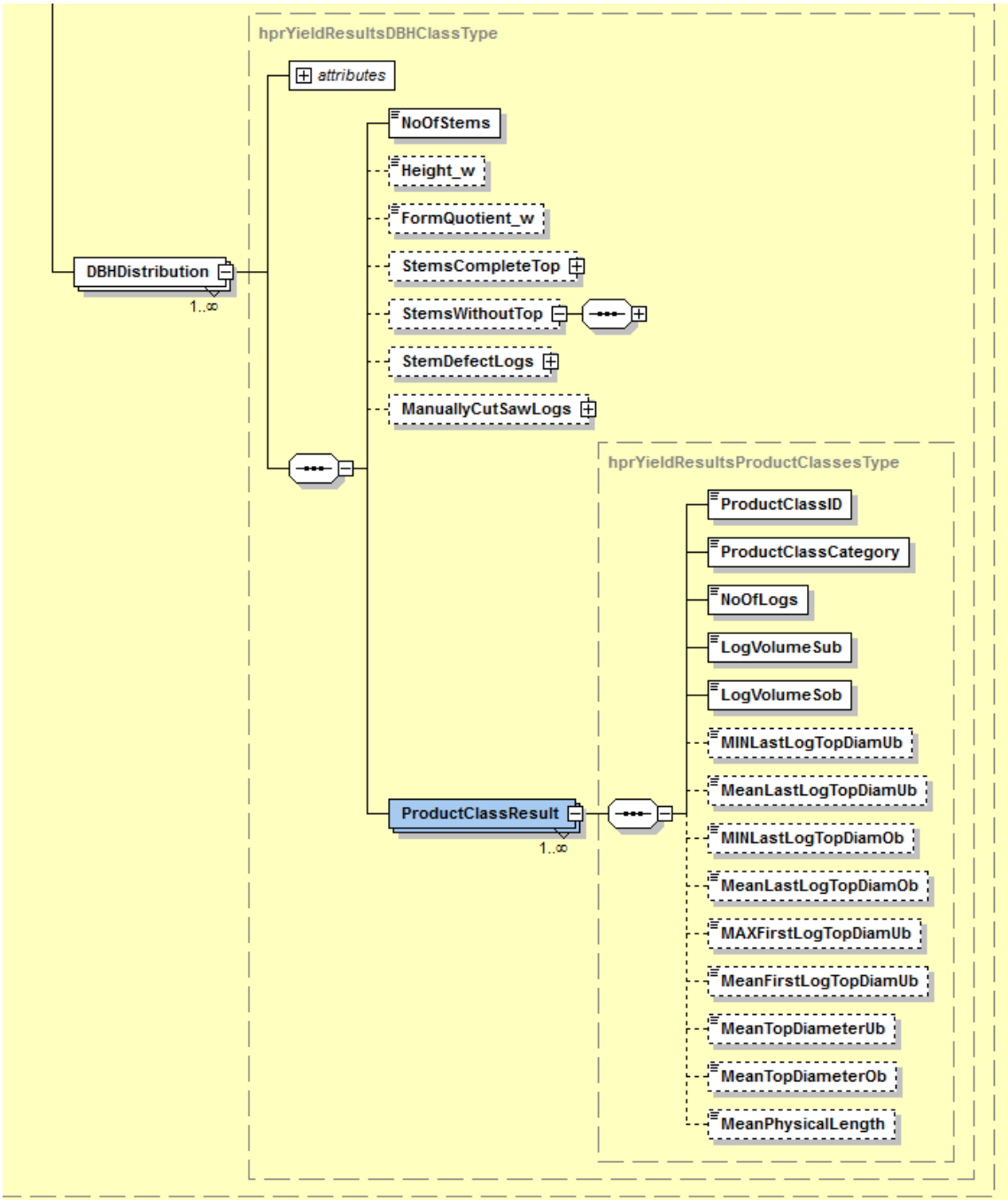
Figur A7.2. XML-schema, övergripande struktur för resultat per beräkningsyta (CalculationArea) i hprYieldResults. Observera att elementet TotalAge (totalålder) enbart genereras vid användande av ogi-anropet om faktisk ålder skickas med, se bilaga 6.

För respektive trädslagsklass lagras nyckeltal sedan enligt Figur A7.3 nedan.



Figur A7.3. XML-schema, övergripande struktur för resultat per trädslag (SpeciesGroup i hprYieldResults. Observera att resultaten är totalt för objektet eller beräkningsytan. För att få nyckeltal per ha måste resultatet divideras med arealen.

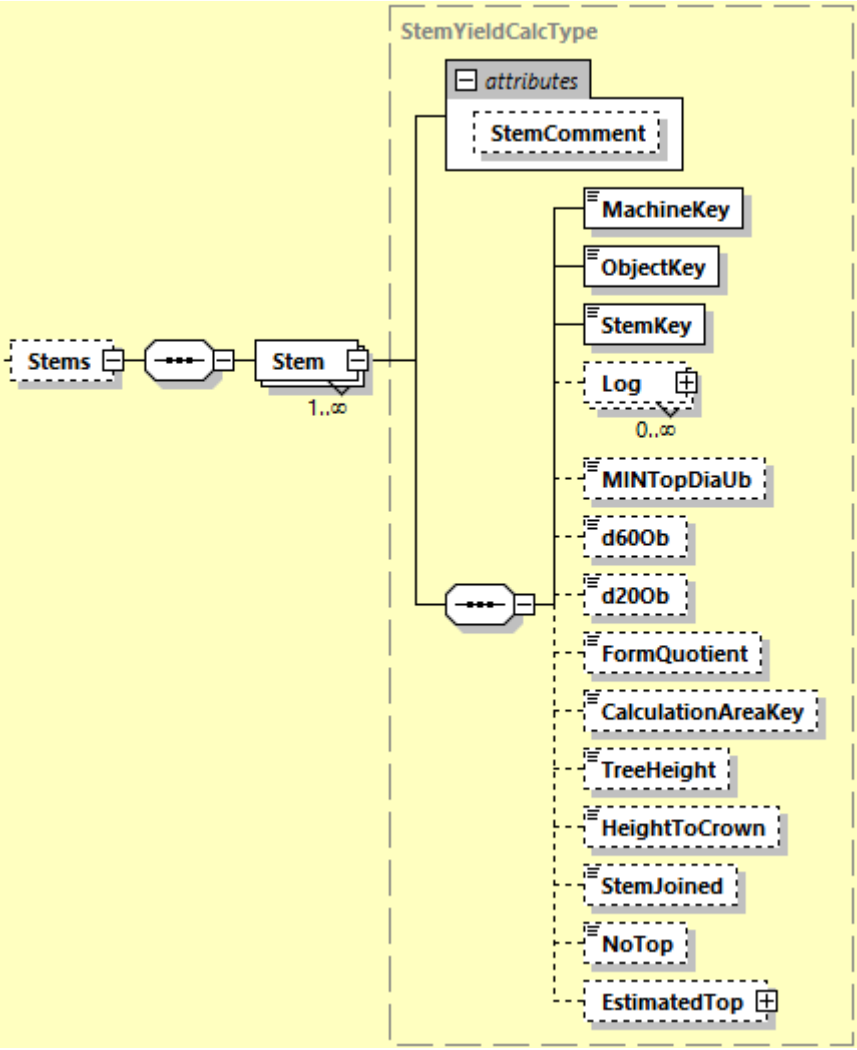
För varje 2 cm DBH-klass och per produktklass beräknas också en mängd nyckeltal enligt Figur A7.4 nedan.



Figur A7.4. XML-schema, övergripande struktur för resultat per sortiment eller produktgrupp (ProductClass) i hprYieldResults. Default är produktgrupperna: normaltimmer, kubb/ klentimmer, massaved, barrmassaved, energi och övrigt.

Resultat per stam och stock

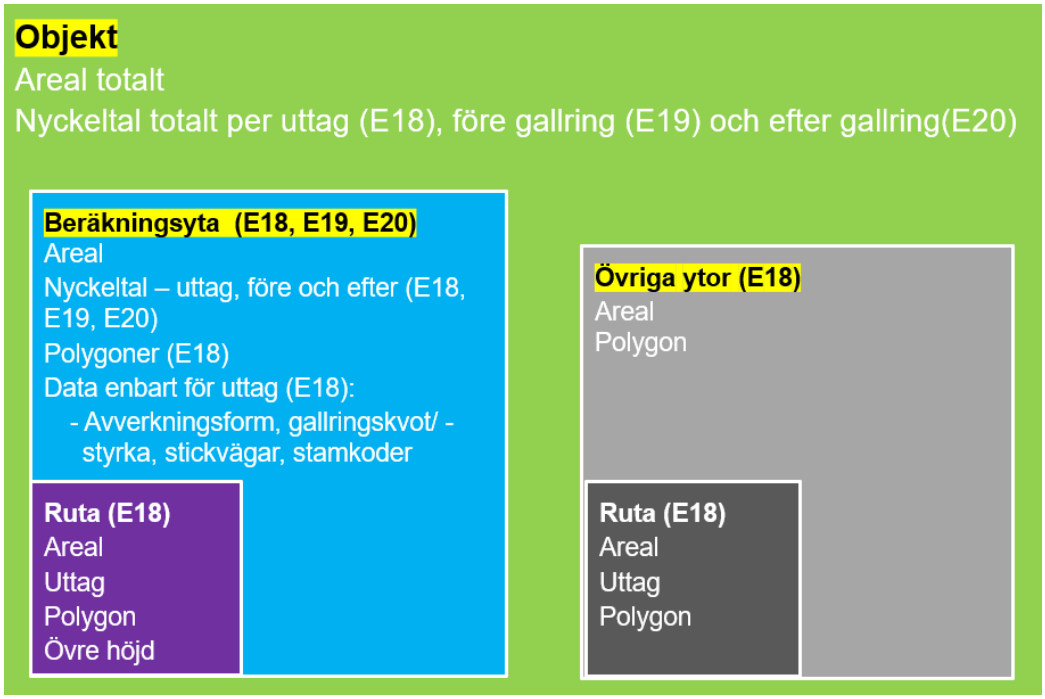
I figur 5 nedan redovisas schemat för vad som lagras per stam och stock. På stocknivå klassas om stocken är stamfelsved eller inte och på stamnivå beräknas minsta kapade toppdiameter, diameter vid 20 procent av trädhöjden och diameter vid 60 procent av trädhöjden. Dessutom lagras trädets formkvot som är kvoten mellan diameter vid 60 procents trädhöjd och diameter vid 20 procents trädhöjd. Vilken beräkningsyta en stam tillhör lagras också per stam enligt Figur A7.5 nedan.



Figur A7.5. XML-schema som visar övergripande struktur för resultat per stam (Stems) i hprYieldResults.

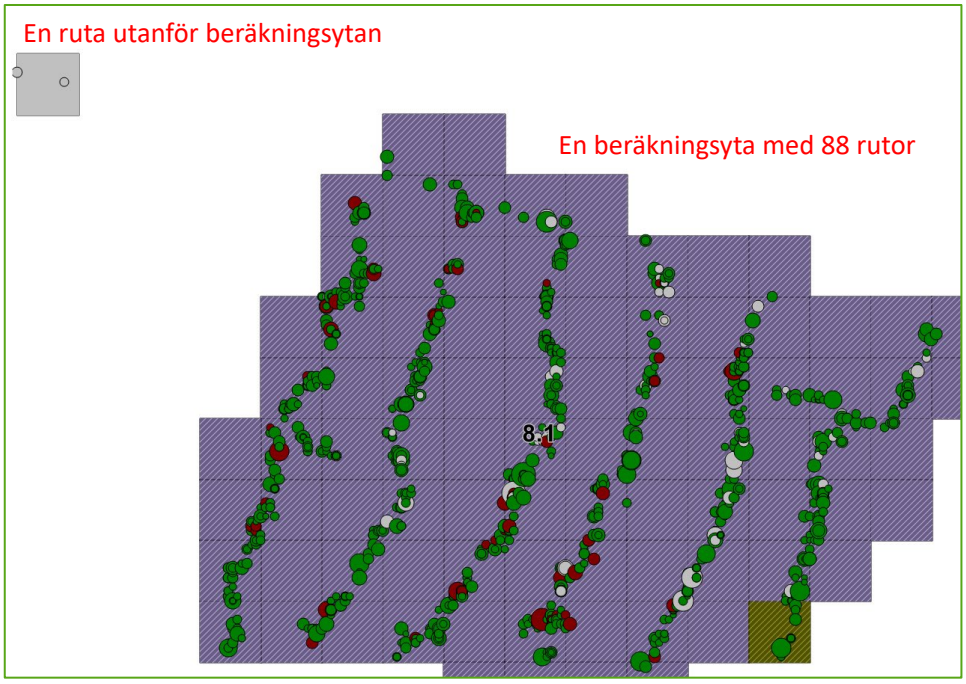
Bilaga 8. Forestand XML-schema

I Forestand-meddelandet från hprYield genereras data som beskriver uttaget (Objective-värde E18), beståndet före gallring (Objective-värde E19) och kvarvarande bestånd efter gallring (Objective-värde E20). Den principiella strukturen beskrivs i Figur A8.1. Dels beskrivs resultatet för det totala objektet, dels för alla beräkningsytor, dels för rutor med storleken 13 x 13 meter. Även för ytor respektive rutor som inte kommer att ingå i någon beräkningsyta beskrivs uttaget (E18). En term som förekommer är bestämningar. Detta begrepp kan ses som en synonym till egenskaper. Bestämningar är typiskt mätvärden och nyckeltal som beskriver en företeelse som till exempel grundyta, trädhöjd eller areal.

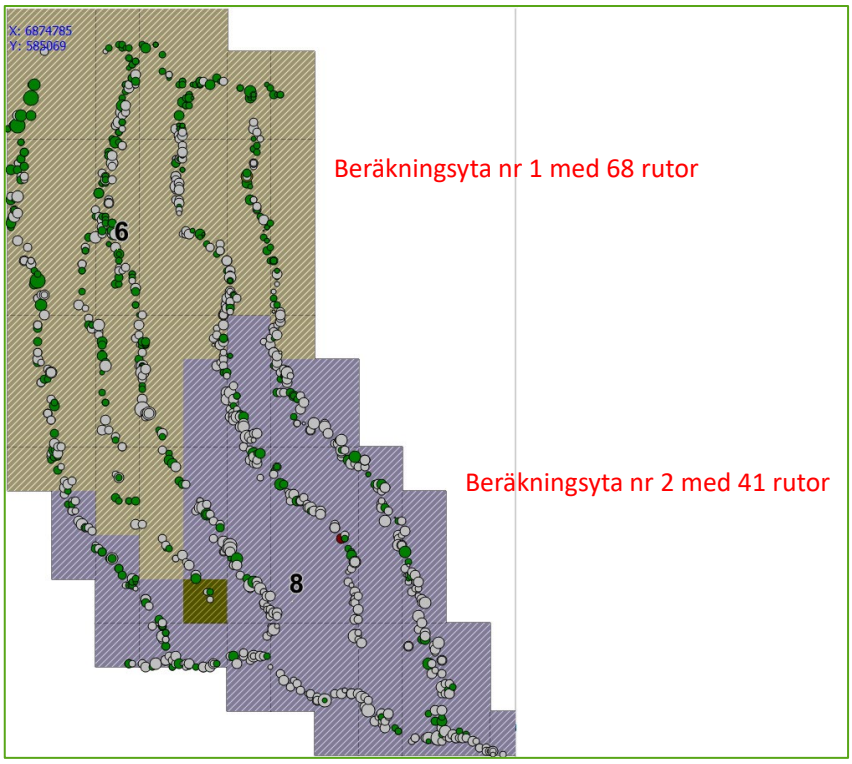


Figur A8.1. Indelning av ett avverkningsobjekts struktur för geometrier och nyckeltal för Forestand-meddelande genererat av hprYield.

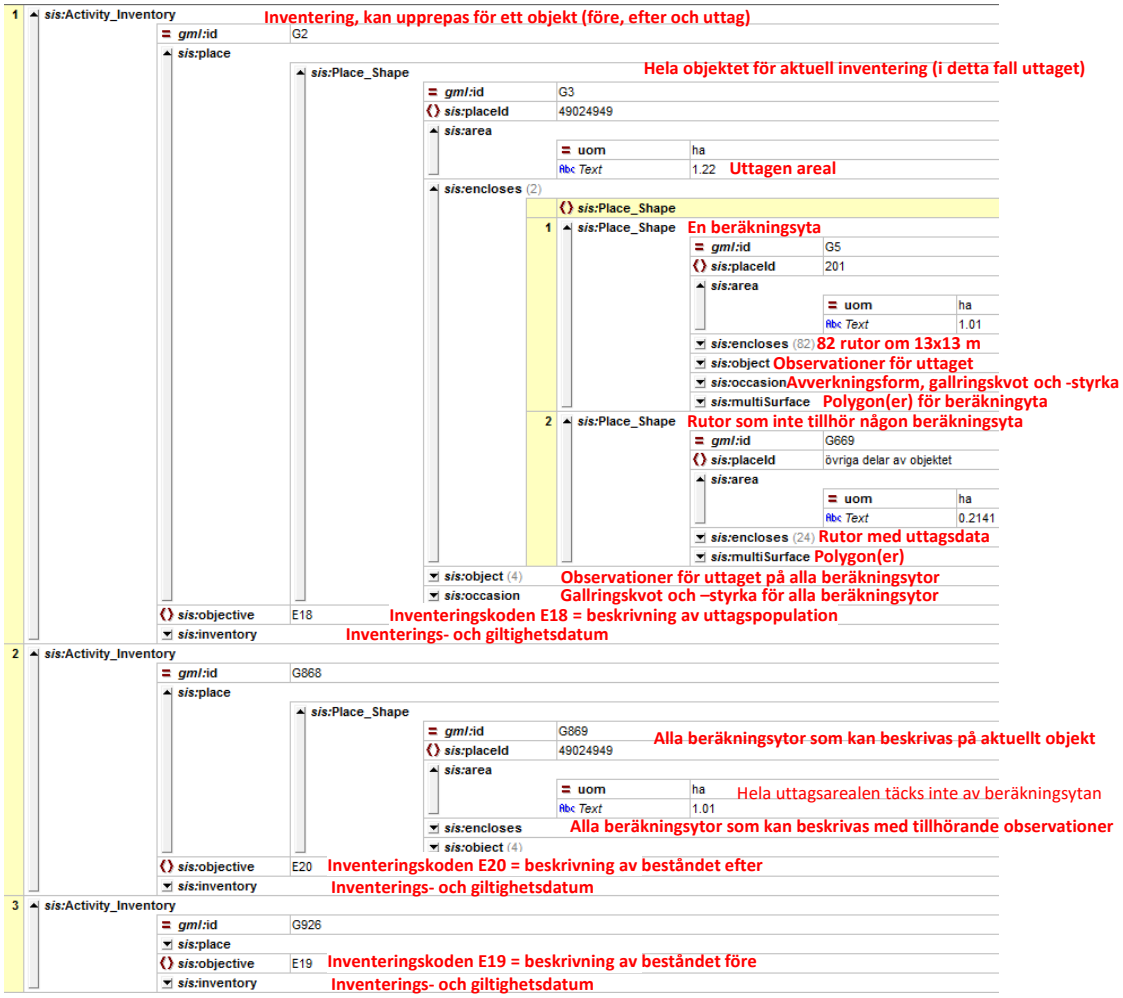
För beräkningsytorna beskrivs uttaget och för gallring även en prognos på beståndet före och efter avverkning. Övriga ytor är normalt små områden, mindre än 0,5 hektar, som inte kan bilda en egen beräkningsyta (Figur A8.2). För dessa ytor beskrivs endast uttaget då ingen prognos på kvarstående skog görs. Ytorna är uppbyggda av en grid med smårutor med storleken 13 x 13 meter eller en andel från 1/9 till en hel ruta. I Forestand-meddelandet måste man därför kontrollera smårutornas areal för att få rätt areal. En hel ruta är 0,0169 ha medan exempelvis en ruta som endast är 1/9 endast är 0,0019 ha. *Polygonen för rutan är dock alltid 13 x 13 meter även om arealen är mindre*. Därför kan man inte använda rutorna för att beräkna arealen, då det leder till överskattning av ytornas areal i många fall. Ett exempel med två beräkningsytor visas i Figur A8.3.



Figur A8. 2. Exempel på avverkning med en *beräkningsyta* och en ruta utanför beräkningsytan; *övrig yta*. I exemplet illustreras en beräkningsyta med avverkade träd (punkter), där gröna punkter är granar, röda punkter är tallar och vita punkter lövträd.



Figur A8.3. Exempel på avverkning med *två beräkningsytor,* en beige färg och en violett färg.



Figur A8.4. Forestand-meddelande som illustrerar indelning i olika Inventory (E18/E19/E20) och hur beräkningsytorna lagras under Activity_Inventory i en Place_Shape per Inventory. I exemplet visas Inventory E18, E19 och E20.

Bestämningar per beräkningsyta

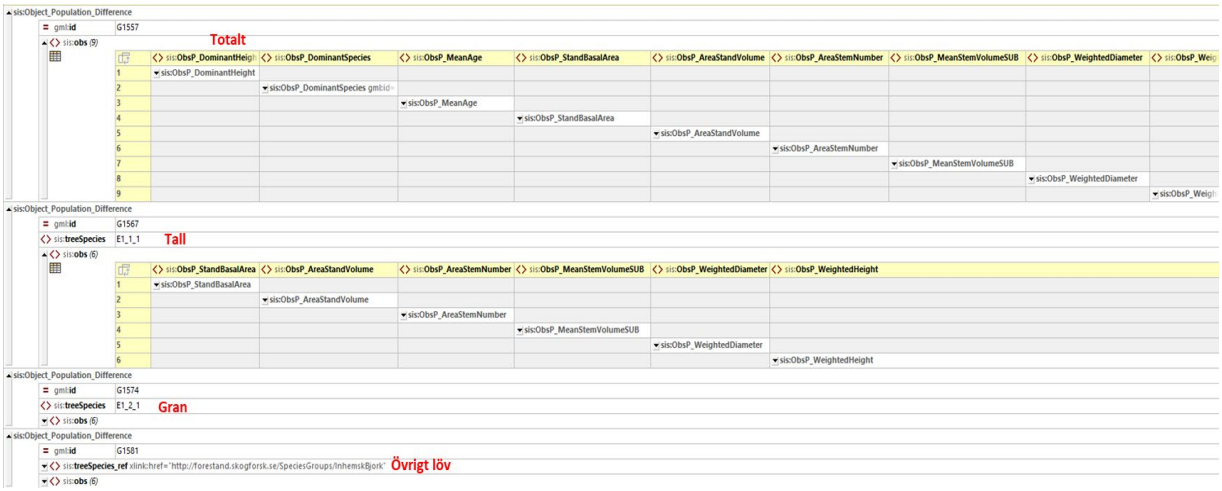
Beräkningsytorna lagras i tre olika Inventory-strukturer (se även Figur A8.4):

- Uttag vid avverkning med värdet E18 i elementet objective
- Prognos före gallring med värdet E19 i elementet objective
- Prognos efter gallring med värdet E20 i elementet objective

Observera att huruvida en gallringsprognos görs beror på inställningsdokumentet där avverkningsformerna definieras (Bilaga 1, Tabell A1.1). För varje beräkningsyta inkluderas ett antal nyckeltal som beskrivs i Tabell A8.1 och Figur A8.5, totalt och per trädslag.

Tabell A8.1. Bestämningar (egenskaper) per beräkningsyta och inventering (uttag/före/efter) som registreras under elementen Object_Population_Difference (uttag) respektive Object_Population (före och efter). Generellt är nyckeltalen per ha i Forestand-meddelandet.

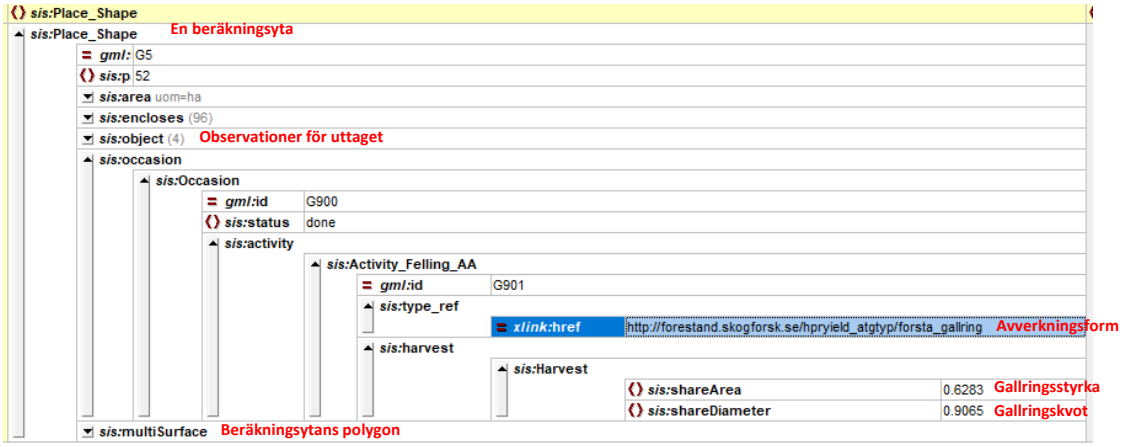
Element	Beskrivning	Enhet	Totalt	Per trädslag
ObsP_DominantHeight	Övre trädhöjd	m	X	
ObsP_DominantSpecies	Dominerande trädslag	Forestand-kod	X	
ObsP_MeanAge	Totalålder beräknad eller faktisk se hprYieldResult	År	X	
ObsP_StandBasalArea	Grundyta	m^2/ha	X	X
ObsP_AreaStandVolume	Beståndsvolym	m^3sk/ha	X	X
ObsP_AreaStemNumber	Stamantal	st/ ha	X	X
ObsP_MeanStemVolumeSUB	Medelstamvolym	m^3fub	X	X
ObsP_WeightedDiameter	Grundytavägd DBH	mm	X	X
ObsP_WeightedHeigh	Grundytevägd trädhöjd	m	X	X



Figur A8.5. XML-meddelande som illustrerar hur bestämningar per beräkningsyta lagras under object.Object_Population/_Difference.

Övriga nyckeltal registrerade för Objective-uttaget (E18)

Avverkningsform, gallringstyrka (relativ andel) och gallringskvot (kvot) finns registrerade per beräkningsyta, dock lagras dessa enbart under uttag (E18) enligt Figur A8.6 och Tabell A8.2 nedan.



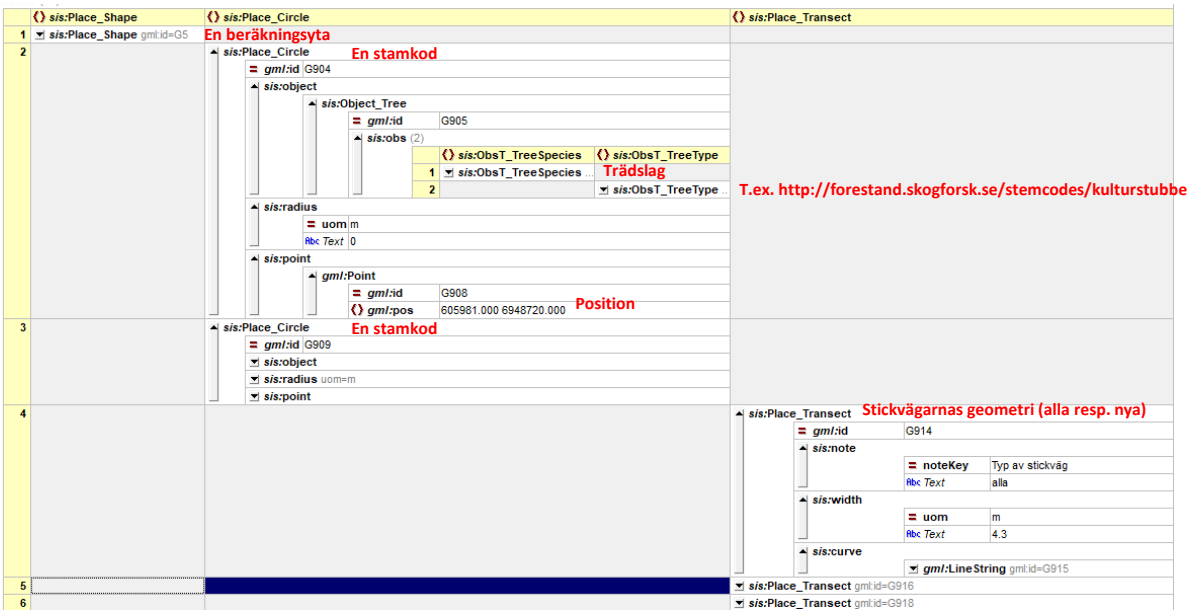
Figur A8.6. XML-meddelande som illustrerar hur avverkningsform, gallringsstyrka och gallringskvot lagras under element Activity. Gallringsstyrka och gallringskvot lagras enbart om en gallringsprognos beräknas.

Tabell A8. 2. Aktuella avverkningsformer enligt inställningsdokument. Om beräkningsytan inte klassas som någon av de i tabellen inkluderade avverkningsformerna anses den vara en ”Okänd avverkningsform”. Se även Bilaga 1, tabell A1.3.

LoggingFormID	ForestandCode	ThinningPrognosis	Forestand-kod*
Dimensionsavverkning	AC	True	Frotradsavverkning
Slutavverkning	AAZ	False	Foryngringsavverkning
Klen slutavverkning	AAZ	True	klen_foryngringsavverkning
Senaregallring	ABB	True	senare_gallring
Förstagallring	ABA	True	Forstagallring
Sen förstagallring	ABA	True	sen_forstagallring
Övrig gallring	ABZ	True	ovrig_gallring
Okänd avverkningsform**	ACZ	False	ovrig_avverkning

* Prefixet http://forestand.skogforsk.se/hpryield_atgtyp/ anges alltid
** Hårdkodad kod

Stickvägarnas geometrier och stamkoder lagras gemensamt för hela avverkningsobjektet under uttag (E18), se Figur A8.7. Stickvägarna delas in i nya stickvägar, då träd avverkats i stickvägen inom kranvinkel +/- 30 grader (-28/+24 (Komatsu) respektive +/- 32 grader (Rottne, JD) och alla stickvägar, vilket även inkluderar delar där maskinen avverkat träd men inte fällt träd i stickvägen.



Figur A8.7. XML-meddelande som illustrerar hur stamkoder och stickvägsgeometrier lagras under uttag (E18).

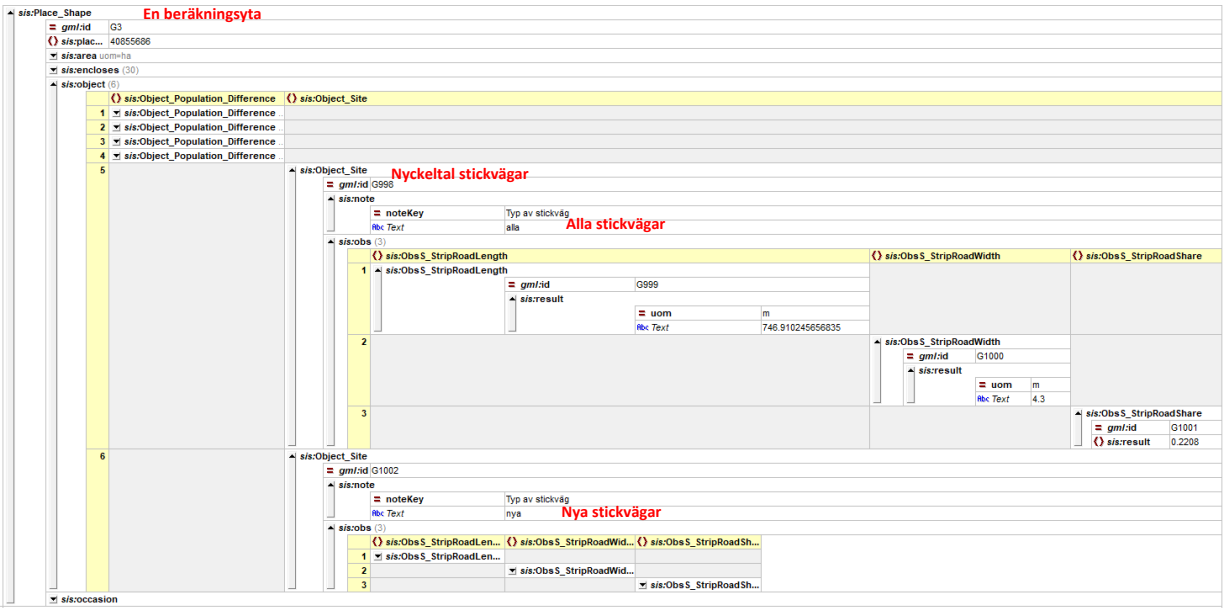
I Tabell A8.3 nedan visas de stamkoder som hprYield i defaultläge läser och lagrar i Forestand-meddelandet. Koderna lagras i elementet Obst_TreeType med formen: 'http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/XXX'. Stamkoder är ett element i skördarnas hpr-filer som förarna kan registrera kopplat till enskilda stammar. De används idag främst för registrering av naturvårdshänsyn.

Tabell A8.3. Stamkoder som hprYield version 1.1.29.0 stöder och lagrar i Forestand-meddelandet.

	ForestandCode*	Stamkod enligt hpr- och spi-fil
1	/stemcodes/hogstubbe	Högstubbe
2	/stemcodes/kulturstubbe	Kulturstubbe
3	/stemcodes/naturvardestrad	Evighetsträd
4	/stemcodes/tradgrupp	Trädgrupp
5	/stemcodes/plockhuggning	Plockhuggning
6	/stemcodes/veteranisering	Veteranisering
7	/stemcodes/grovtopp	Grovtopp
8	/stemcodes/grovtopp_hogstubbe	Grovtopp_Högstubbe
9	/stemcodes/overfart	Överfart
10	/stemcodes/vindfalle	Vindfälle
11	/stemcodes/insektsskada	Insektsskada
12	/stemcodes/toppbrott	Toppbrott
13	/stemcodes/brandskada	Brandskada
	/stemcodes/ospecificerad	**

*Prefixet http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/ anges alltid
**Okänd stamkod (stamkod som har okänt värde)

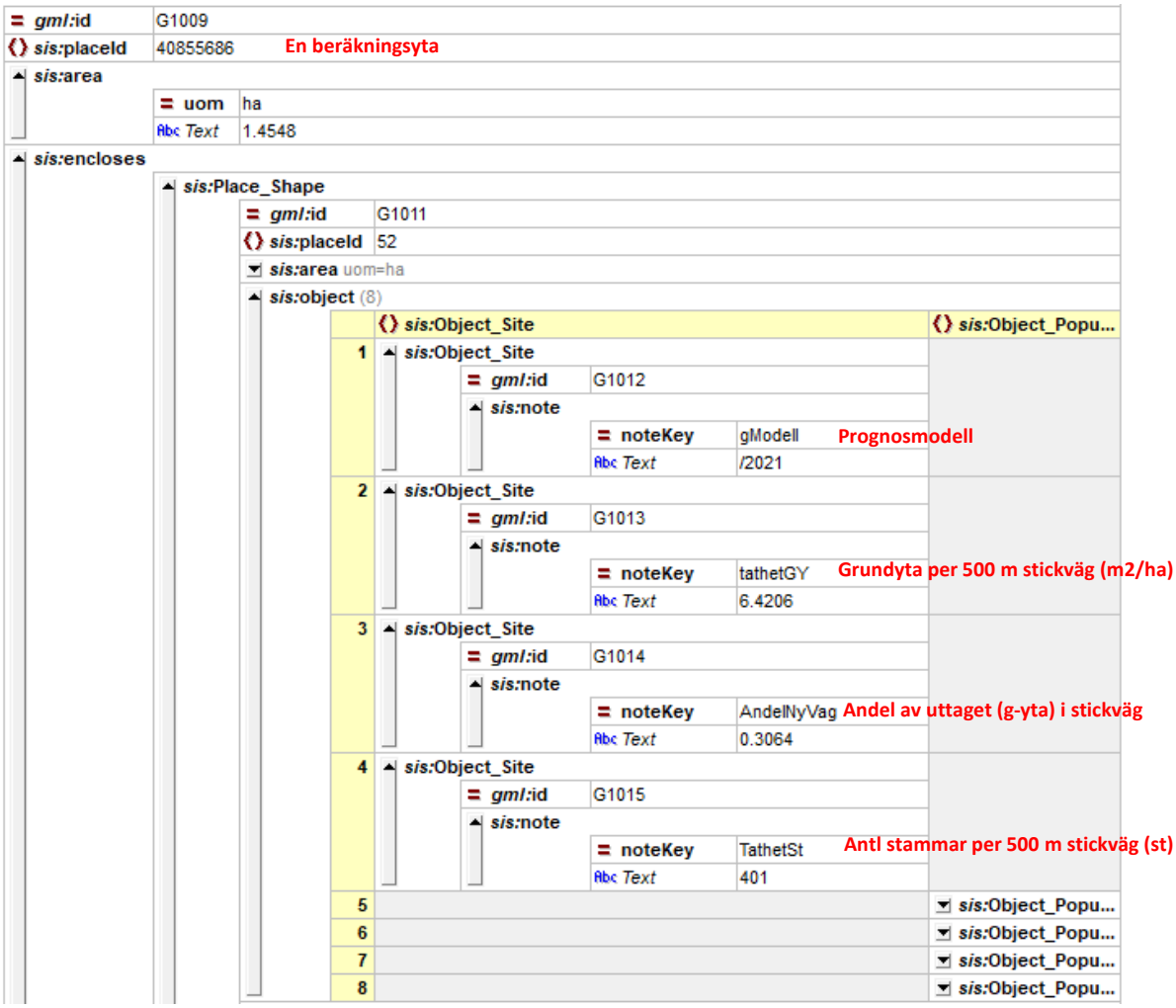
Nyckeltalen stickvägsbredd, stickvägslängd och stickvägsandel lagras totalt för alla beräkningsytor under den Object Site som hör till uttaget (E18), se Figur A8.8. Observera att nyckeltalen för stickvägar beräknats dels för samtliga stickvägar, dels för enbart nya stickvägar. Med nya stickvägar menas de vägar där träd avverkats i stickvägen, och alla stickvägar är nya stickvägar och äldre stickvägar där inga nya träd avverkas. Nyckeltalen för nya stickvägar beräknas enbart om skördaren registrerar kranvinkel.



Figur A8.8. XML-meddelande som illustrerar hur nyckeltal för stickvägar lagras under uttag (E18).

Övriga nyckeltal registrerade för Objective efter gallring (E20)

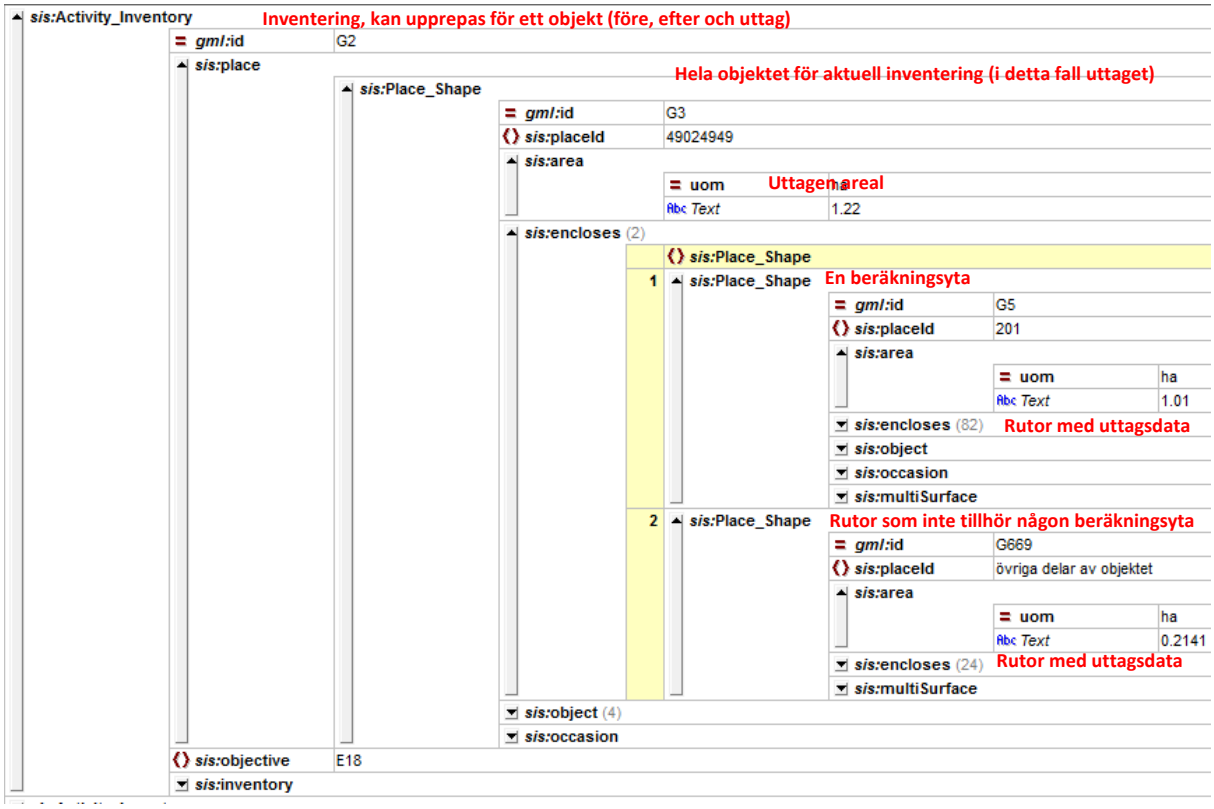
Övriga nyckeltal anger prognosmodell, andel ny väg med mera, se Figur A8.9. Följande modeller för gallringsprognos finns i den nuvarande versionen av hprYield: /2011, /2014 och /2021. /2011 års modell innebär att prognosen baseras på avverkningstyp och övre höjd, /2014 innebär att gallringskvoten beräknas med stickvägsdata och /2021 innebär att stickvägsdata används för att beräkna gallringsstyrka (tätheten i beståndet), gallringskvot (trädstorlek i stickväg) och trädslagsfördelning med hjälp av urvalet stickvägsträd.



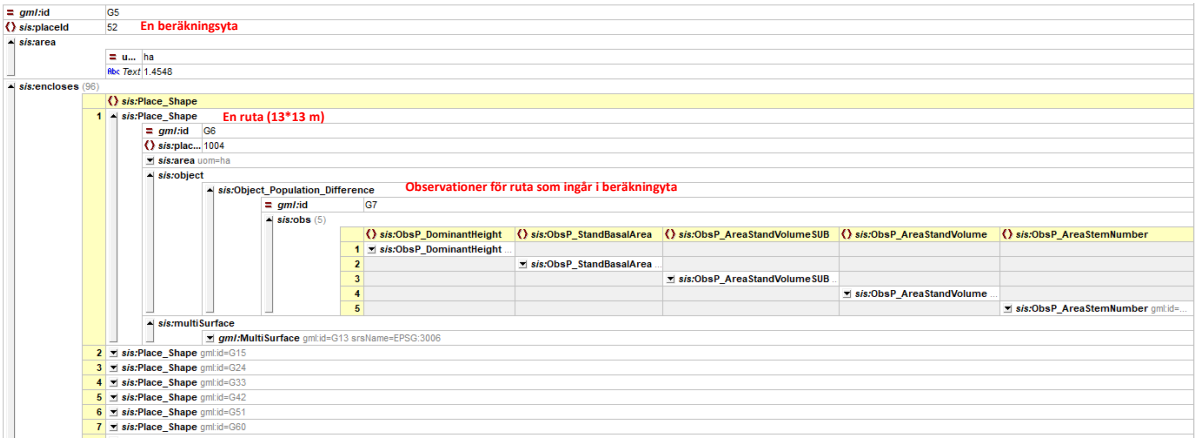
Figur A8.9. XML-meddelande som illustrerar hur gallringsuppföljningsnyckeltal och prognosmodellens variant som används vid prognos av beståndsdata efter gallring lagras.

Bestämningar per ruta (E18)

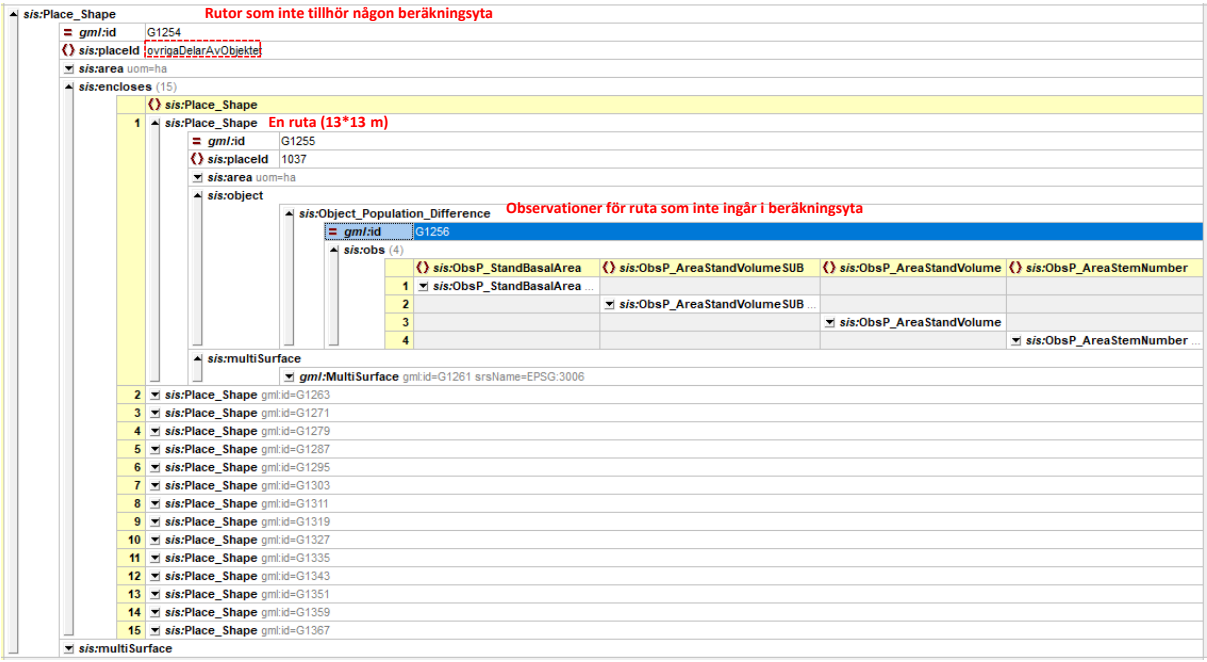
Hela det avverkade objektet delas in i ett rutnät om 13 x 13 m. Data som beskriver de individuella rutorna registreras i Forestand-meddelandet, se Figur A8.10. Rutor som tillhör en beräkningsyta lagras under respektive yta medan rutor som inte ingår i någon beräkningsyta lagras separat, se Figur A8.11–12 och Tabell A8.4.



Figur A8.10. XML-meddelande som illustrerar hur rutor inom respektive utanför beräkningsytor lagras i uttaget (E18). Observera att värdet för sis:placeId ska vara ”ovrigaDelarAvObjektet” för rutor som inte tillhör någon beräkningsyta.



Figur A8.11. XML-meddelande som illustrerar hur en ruta inom en beräkningsyta lagras i uttaget (E18).



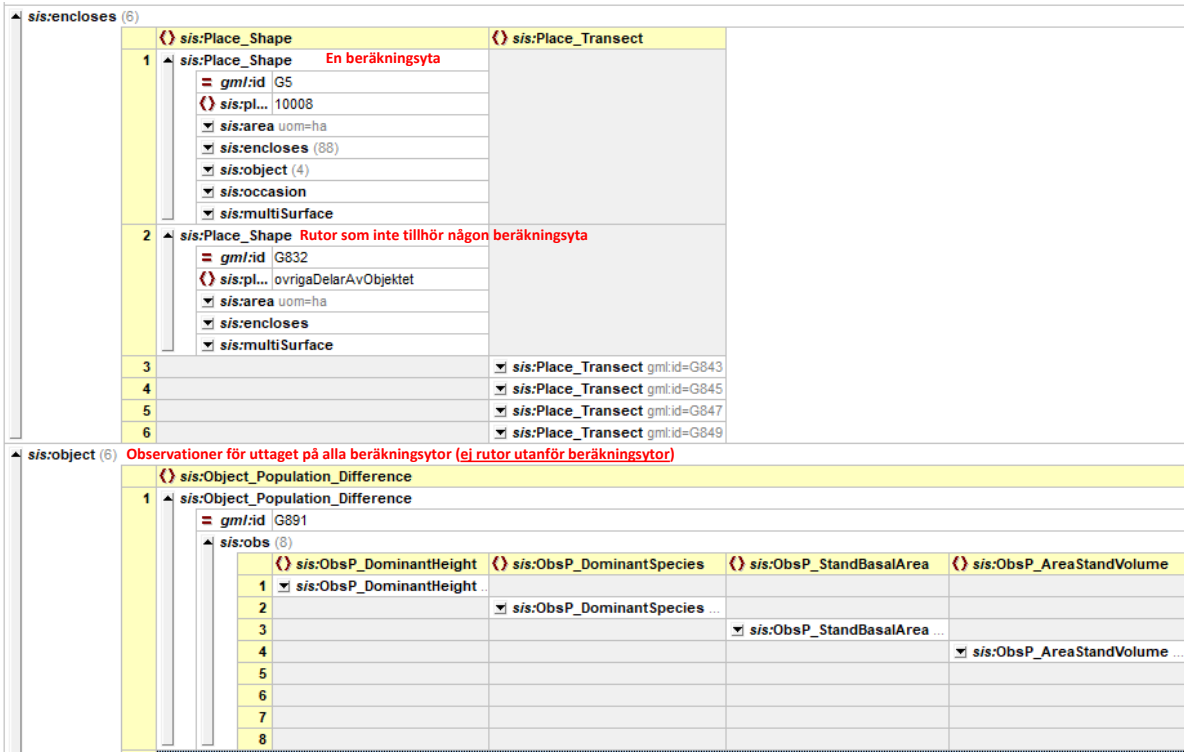
Figur A8.12. XML-meddelande som illustrerar hur en ruta utanför beräkningsytorna lagras i uttaget (E18).

Tabell A8.4. Bestämningar (egenskaper) per ruta inom förinventering (uttag) som registreras under elementen Object_Population_Difference (uttag).

Element	Beskrivning	Enhet	Inom beräkningsyta	Utanför beräkningsyta
ObsP_DominantHeight	Övre trädhöjd	m	X	
ObsP_StandBasalArea	Grundyta	m^2/ha	X	X
ObsP_AreaStandVolumeSUB	Beståndsvolym	m^3fub/ha	X	X
ObsP_AreaStandVolume	Beståndsvolym	m^3sk/ha	X	X
ObsP_AreaStemNumber	Stamantal	St	X	X

Bestämningar för Objective totalt uttag för samtliga beräkningsytor (E18)

Observera att bestämningarna under Inventory för uttaget (E18), se Figur A8.13, enbart baseras på aktuella beräkningsytor. Eventuella rutor utanför beräkningsytorna ingår inte.



Figur A8.13. XML-meddelande som illustrerar bestämningarna för det totala uttaget (E18).

Sammanfattning alla bestämningar

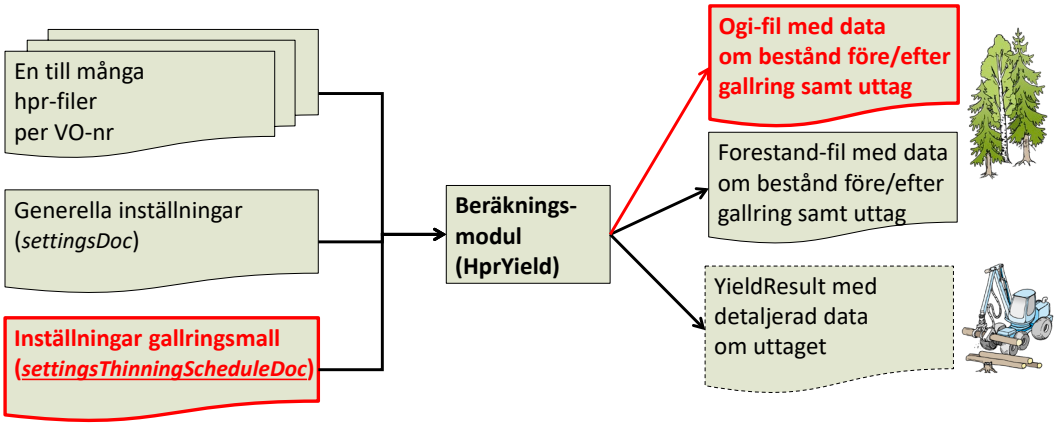
En sammanfattning av alla bestämningar visas i Tabell A8.5.

Tabell A8.5. Bestämningar (egenskaper) per beräkningsyta (BYta) och inventering (uttag (U) /före (F) /efter (E)) som registreras under elementen Object_Population_Difference (uttag) respektive Object_Population (före och efter).

Beskrivning	Element	Enhet	Totalt	Totalt alla BYta	Totalt alla BYta per trsl	BYta	BYta per trsl	Ruta inom BYta	Rutor utanför BYta
Areal	Area	ha	UFE			UFE		U	U
Övre trädhöjd	ObsP_DominantHeight	m		UFE		UFE		U	
Dominerande trädslag	ObsP_DominantSpecies	Forestand-kod		UFE		UFE			
Grundyta	ObsP_StandBasalArea	m^2/ha		UF	UF	UFE	UFE	U	U
Beståndsvolym	ObsP_AreaStandVolume	m^3sk/ha		UF	UF	UFE	UFE	U	U
Beståndsvolym	ObsP_AreaStandVolumeSUB	m^3fub/ha						U	U
Stamantal	ObsP_AreaStemNumber	st/ha		UF	UF	UFE	UFE	U	U
Medelstamvolym	ObsP_MeanStemVolumeSUB	m^3fub		UF	UF	UFE	UFE		
Grundytevägd DBH	ObsP_WeightedDiameter	cm		UF	UF	UFE	UFE		
Grundytevägd trädhöjd	ObsP_WeightedHeigh	m		UF	UF	UFE	UFE		
Avverkningsform	activity/../typeRef	Forestand-kod		U		U			
Gallringskvot	activity/../shareDiameter	Andel		U		U			
Gallringsstyrka	activity/../shareArea	Andel		U		U			
Stickvägars geometrier (nya och alla)	Place_Transect	Koordinater X,Y	U						
Stamkoder	Object_Tree	Forestand-kod	U						
Stickvägslängd (nya och alla)	ObjS_StripRoadLength	m		U					
Stickvägsbredd (nya och alla)	ObjS_StripRoadWidth	m		U					
Stickvägsandel (nya och alla)	ObjS_StripRoadShare	Andel		U					
Gallringsmodell	Object_Site.note	2011/2014/2021				E			
Andel uttag i stickväg	Object_Site.note	Andel				E			
Grundyteuttag per 500 m stickväg	Object_Site.note	m^2				E			
Antal stammar per 500 m stickväg	Object_Site.note	st				E			

Bilaga 9. Ogi XML-schema

Från version 1.1.23 utökades hprYield med ett nytt anrop som möjliggör att i retur även få gallringsuppföljningsresultatet i ogi-formatet enligt StanForD-version 4.0 (Figur A9.1). Alla beräknade nyckeltal per beräkningsyta är identiska med de nyckeltal som återfinns i Forestand-meddelandet beskrivet i bilaga 8. Ogi-datat är dock utökat med hjälp av så kallade extension-element, vilket möjligör presentation av gallringsresultatet i relation till en gallringsmall. Det nya utökade anropet beskrivs i detalj i denna bilaga.



Figur A9.1. Översikt av in- och utdata i nytt anrop för att generera ogi. Tillkommande parametrar är markerade med röd färg.

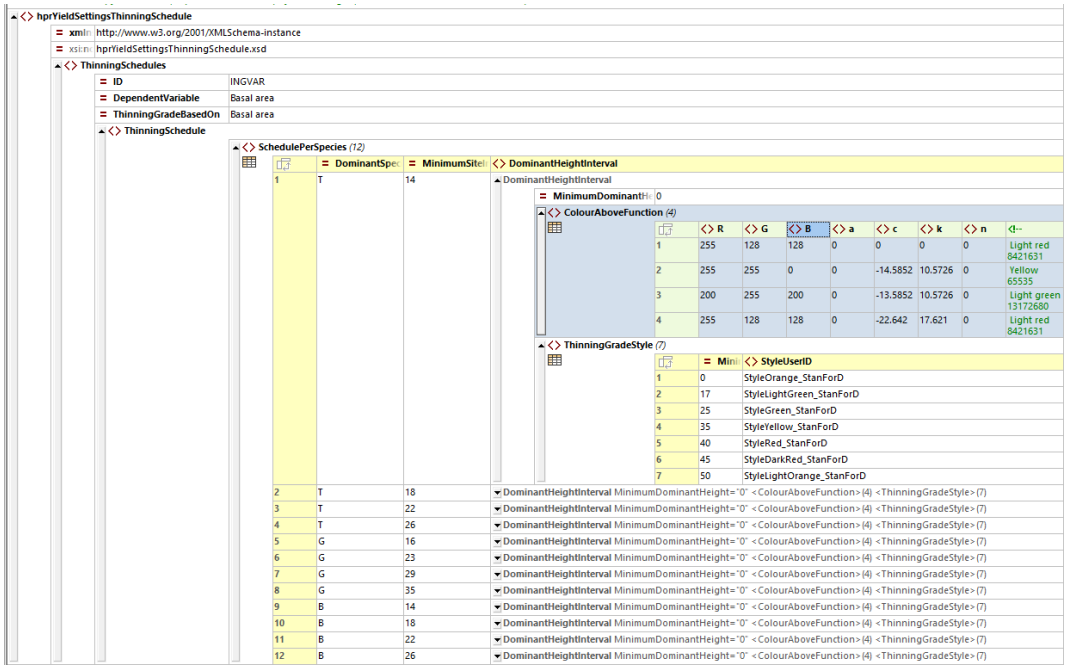
För att generera en ogi-fil från hprYield krävs ytterligare en inställningsfil (hprYieldSettingsthinningSchedule.xsd) som i sitt grundutförande illustreras i Figur A9.2. Inställningsfilen är mycket lik den som används i applikationen hprGallring. Denna inställningsfil innehåller gallringsmallar baserade på antingen grundyta eller stamantal (DependentVariable). Detsamma gäller gallringstyrkan (ThinningGradeBasedOn). Gallringsmallen (ColourAboveFunction) och gränsvärden för gallringstyrka (ThinningGradeStyle) specificeras per dominerande trädslag, SI och övre höjd.

Parametrarna R, G och B styr aktuella färger i gallringsmallen (Figur A9.3). Utseendet (till exempel färg) på polygonerna för beräkningsytorna baseras på gallringsstyrka (Figur A9.4). Parametrarna a, c, k och n är konstanter (Bilaga 14 Figur A14.1–2)

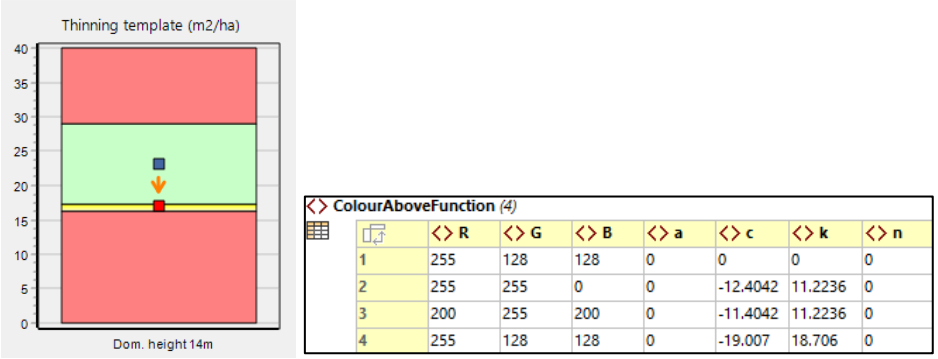
och styr gallringsmallens gränser enligt följande funktionsuttryck:

$$y = c + a \cdot OH^n + k \cdot \ln(OH)$$

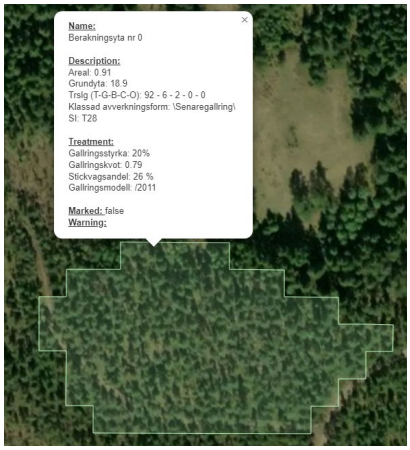
där y är antingen grundyta eller antal stammar per ha, OH är övre höjd (Figur A9.2–3).



Figur A9.2. Inställningsdokument för gallringsmall (ColourAboveFunction) och gräns för gallringsstyrka (ThinningGradeStyle).



Figur A9.3. Exempel på diagram med gallringsmall samt beräkningsytans grundyta före (blå ruta) och efter (röd ruta) gallring vid SI G27 och övre höjd 14 m.



ThinningGradeStyle (7)

	MinimumThinningGrade	StyleUserID	R	G	B
1	0	StyleOrange_StanForD	255	128	0
2	17	StyleLightGreen_StanForD	200	255	200
3	25	StyleGreen_StanForD	0	128	0
4	35	StyleYellow_StanForD	255	255	0
5	40	StyleRed_StanForD	255	0	0
6	45	StyleDarkRed_StanForD	197	58	62
7	50	StyleLightOrange_StanForD	255	172	132

Figur A9.4. Exempel på hur beräkningsytans utseende sätts utifrån gränsvärdena för gallringsstyrkan med hjälp av StyleUserID. Gallringsstyrka är 20 procent, vilket i detta exempel ger en ljus-grön färg.

För att ogi-filen ska fungera korrekt krävs följande stiler (StyleUserID) i din-filen (DesignInstruction), där rött används för avvikande värden och grönt för acceptabla värden i gallringsprognosen, medan StyleHarvested används för att beskriva uttaget. Valbara nyanser listas nedan och exemplifieras i en din-fil i Figur A9.5:

- StyleThinningLightRed
- StyleThinningRed
- StyleThinningDarkRed
- StyleThinningYellow
- StyleThinningLightGreen
- StyleThinningGreen
- StyleThinningLightOrange
- StyleThinningOrange
- StyleHarvested

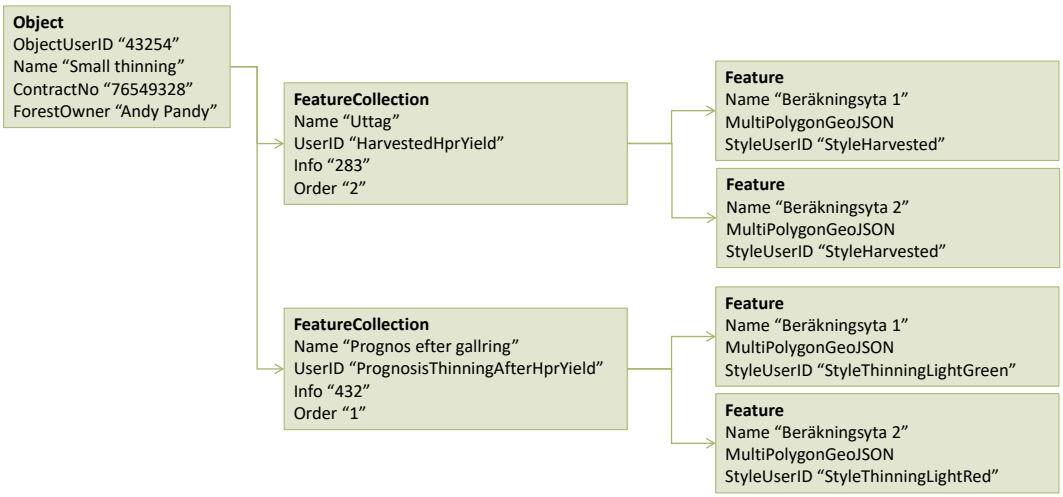
DesignDefinition

StyleDefinition (125)

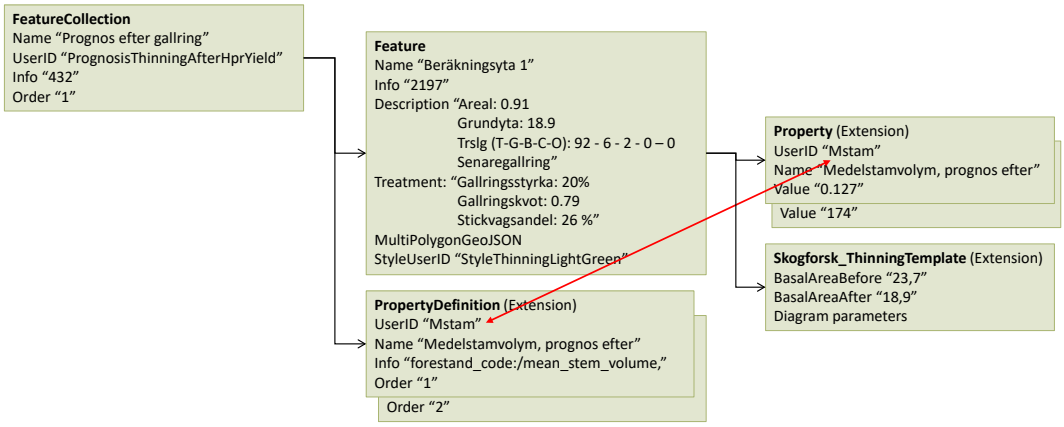
	StyleUserID	StyleName	StyleInfo	StyleGroup	ModificationDate	Color	LineStyle	LineThickness	FillStyle	FillOpacity
1	Default	Default	X		2021-04-08T23:59:00+02:00	255	Dash-Dot	4	CrossFill	50
2	StyleThinningLightGreen	Thinning good	TH3		2021-04-08T23:59:00+02:00	13172680	Solid	1	SolidFill	15
3	StyleThinningGreen	Thinning good	TH5		2021-04-08T23:59:00+02:00	65280	Solid	1	SolidFill	15
4	StyleThinningYellow	Thinning so-so	TH2		2021-04-08T23:59:00+02:00	65535	Solid	1	SolidFill	20
5	StyleThinningLightRed	Thinning bad	TH1		2021-04-08T23:59:00+02:00	8421631	Solid	1	SolidFill	25
6	StyleThinningRed	Thinning bad	TH4		2021-04-08T23:59:00+02:00	255	Solid	1	SolidFill	25
7	StyleThinningDarkRed	Thinning bad	TH6		2021-04-08T23:59:00+02:00	178	Solid	1	SolidFill	25
8	StyleThinningOrange	Thinning bad	TH7		2021-04-08T23:59:00+02:00	33023	Solid	1	SolidFill	25
9	StyleThinningLightOrange	Thinning bad	TH8		2021-04-08T23:59:00+02:00	892415	Solid	1	SolidFill	25
10	StyleHarvested	Harvested	FS10		2022-04-08T23:59:00+02:00	32896	Dash	4	TransparentFill	5

Figur A9.5. Exempel på din-fil med stiler för gallringsuppföljningsdata.

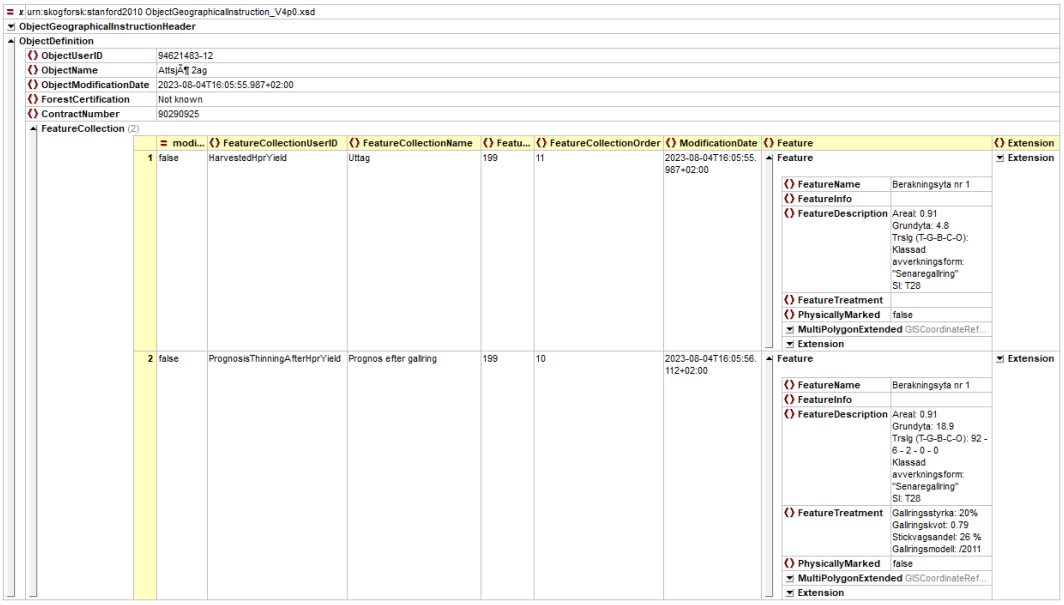
Ogi-filen som genereras av hprYield innehåller två separata FeatureCollections. Den ena innehåller en beskrivning av prognos efter gallring (FeatureCollectionsUserID = PrognosisthinningAfterHprYield) och den andra en beskrivning av uttaget (FeatureCollectionsUserID = HarvestedHprYield) vilket illustreras i Figur A9.6, Figur A9.7 och Figur A9.8. Uttaget har alltid samma stil (färg, linje m.m.) medan prognosens färg varierar beroende på gallringstyrkan. För att kunna inkludera ytterligare väldefinierade nyckeltal och data för att presentera en gallringsmall har extension-element använts enligt Figur A9.9 som inkluderar enbart en beräkningsyta med prognos-resultaten.



Figur A9.6. Grundläggande struktur i en ogi-fil med två beräkningsytor där gallringsprognos utförts. Om avverkningen till exempel klassas som slutavverkning görs normalt ingen gallringsprognos och enbart den första (Uttag) FeatureCollection inkluderas. Ibland inkluderas dock även en prognos vid slutavverkning, då bestämning av avverkningstyp ibland är svår.



Figur A9.7. Datastruktur för en enskild Feature inklusive extension-element.



Figur A9.8. Resultat från gallringsprognos lagrad i ogi-format med två separata FeatureCollection för en beskrivning av uttaget och för prognosen efter gallring. Observera att en signifikant mängd information finns lagrad i extensions.

För att kunna överföra information som gör det möjligt att presentera en gallringsmall (Figur A9.3) har en extension med namnet ”SkogForsk_ThinningTemplate” lagts till som styr hur ett diagram ska presenteras (Figur A9.9–10). Det finns även en extension ”SkogForsk_ThinningGradeTemplate” (Figur A9.11–12) som kan användas för att skapa ett diagram som illustrerar gallringsstyrkan. Ytterligare en extension i form av ”FeatureProperty” har lagts till. Värden i ”Property” (Figur A9.9) kan tillsammans med ”FeaturePropertyDefinition” (Figur A9.13) användas för att presentera väldefinierade nyckeltal (Figur A9.14), vilket illustreras i figur A9.15. Elementen FeatureProperty och FeaturePropertyDefinition kommer att inkluderas med version 4.1 av StanForD-standarden.

Feature

FeatureName	Berakningsyta nr 1
FeatureInfo	
FeatureDescrip	Areal: 0.70 Grundyta: 15.4 Trslg (T-G-B-C-O): 65 - 30 - 4 - 0 - 0 Klassad avverkningsform: "FÅlrstagallring" SI: T25
FeatureTreatm	Gallringsstyrka: 32% Gallringskvot: 0.81 Stickvagsandel: 586 % Gallringsmodell: /2021
PhysicallyMar	false
MultiPolygonExtended	GISCoordinateReferenceSystem="EPSG:4326" <MultiPolygonGeoJSON>{ "type": "Feature", "properties": { "gmlID": "G3856", "ResultMessage": "Thinning prognosis",

Extension

Property (6)

	PropertyUserID	PropertyValue
1	gyta	15.42
2	VolymHa	89.6
3	StamantalHa	1287
4	Mstam	0.054
5	D	135
6	H	1178

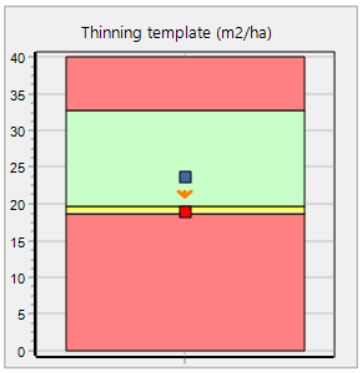
SkogForsk_ThinningTemplate

Category	BasalArea
BeforeThinning	22.516520865228
AfterThinning	15.4216230949586

Section (4)

	OrderFromBott	Minimum	Maximum	Color_RGB	Color_R	Color_G	Color_B
1	1	0	14.0264854431152	8421631	255	128	128
2	2	14.0264854431152	15.0264854431152	65535	255	255	0
3	3	15.0264854431152	25.0441417694092	13172680	200	255	200
4	4	25.0441417694092	40	8421631	255	128	128

Figur A9.9. Exempel på extension-data för beräkningsytans prognosdata.



Figur A9.10. Exempel på gallringsmall enligt data lagrat i elementet ”SkogForsk_ThinningTemplate” (Figur A9.8).

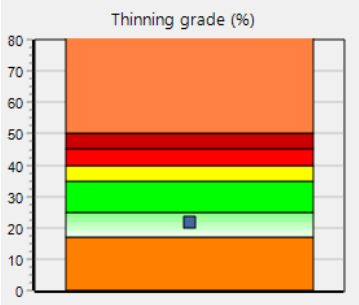
SkogForsk_ThinningGradeTemplate

Category	BasalArea
ThinningGrade	21.9321879634145

Section (7)

	OrderFromBottom	Minimum	Maximum	Color_RGB	Color_R	Color_G	Color_B
1	0	0	17	16744448	255	128	0
2	1	17	25	13172680	200	255	200
3	2	25	35	32768	0	128	0
4	3	35	40	16776960	255	255	0
5	4	40	45	16711680	255	0	0
6	5	45	50	12925502	197	58	62
7	6	50	100	16755844	255	172	132

Figur A9.11. Klartext-namn och koder för olika egenskaper (FeatureProperty) lagras i en FeaturePropertyDefinition för varje FeatureCollection.FeaturePropertyUserID används för att koppla samman varje FeatureProperty med FeaturePropertyDefinition.



Figur A9.112. Exempel på gallringsstyrka enligt data lagrat i elementet ”SkogForsk_ThinningGradeTemplate” (Figur A9.8).

Feature

Extension

PropertyDefinition (8)

	PropertyUserID	PropertyName	PropertyInfo	PresentationOrder
1	area	Avverkad areal	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/activity","forestand_uom": "http://www.sis.se/637009/uom/ha"}	1
2	OH	Ovre hojd uttag	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/dominant_height,"forestand_uom": http://forestand.skogforsk.se/uom/cm"population_filter": {"forestand_objective":"http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E18"}}	2
3	gyta	Grundyta, prognos efter	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/stand_basal_area","forestand_uom ": "http://www.sis.se/637009/uom/m2_per_ha","population_filter": {"forestand_objective":http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E20"}}	3
4	VolymHa	Volym per ha (m3sk), prognos efter	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/stand_volume,"forestand_uom": "http://forestand.skogforsk.se/uom/m3_sk_per_ha","population_filter": {"forestand_objective":"http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E20"}}	4
5	StamantalHa	Stamantal per ha, prognos efter	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/ stand_stem_count,"forestand_uom": "http://forestand.skogforsk.se/uom/per_ha","population_filter": {"forestand_objective":"http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E20"}}	5
6	Mstam	Medelstamvolym, prognos efter	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/mean_stem_volume,"forestand_uo m": "http://forestand.skogforsk.se/uom/m3_fub","population_filter": {"forestand_objective":"http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E20"}}	6
7	D	Dgv, prognos efter	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/weighted_diameter,"forestand_uom ": "http://forestand.skogforsk.se/uom/mm","population_filter": {"forestand_objective":"http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E20"}}	7
8	H	Hgv, prognos efter	{"forestand_code":"http://forestand.skogforsk.se/obs/weighted_height,"forestand_uom": "http://forestand.skogforsk.se/uom/cm","population_filter": {"forestand_objective":"http://www.sis.se/637009/code_inventory_objective/E20"}}	8

Figur A9.123. Klartext-namn och koder för olika egenskaper (Property) lagras i en PropertyDefinition för varje FeatureCollection. PropertyUserID används för att koppla samman varje Property med PropertyDefinition.

PropertyName	PropertyValue
Grundyta, prognos efter	18.94
Volym per ha (m3sk), progr	159.3
Stamantal per ha, prognos	524
Medelstamvolym, prognos	0.263
Dgv, prognos efter	221
Hgv, prognos efter	1853

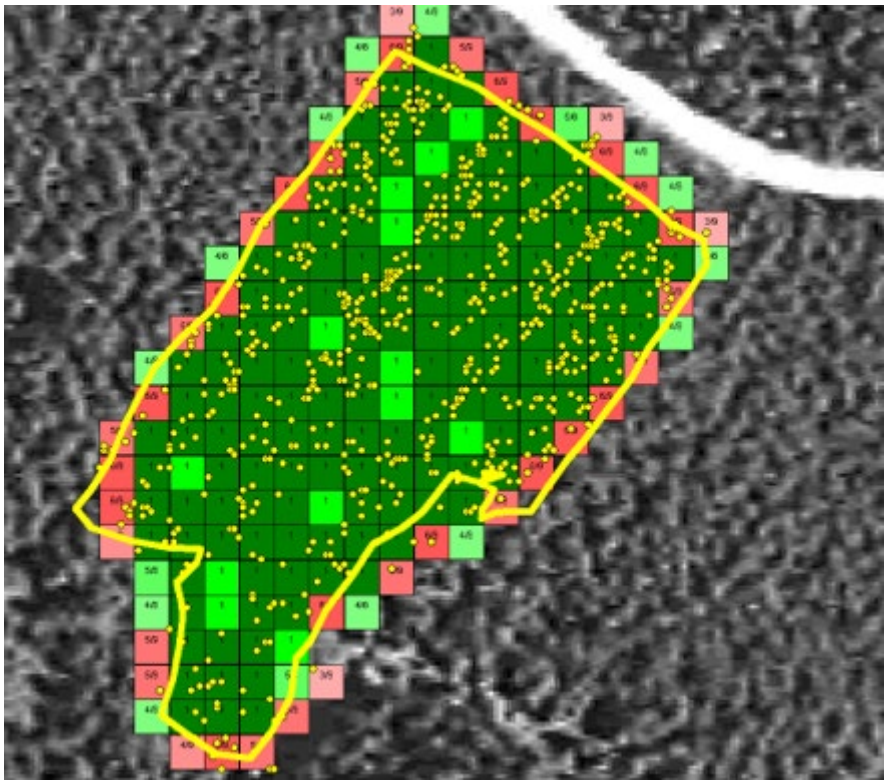
Figur A9.134. Exempel på resultattabell enligt data i Figur A9.8 (Property) och A9.10 (PropertyDefinition).

Figur A9.145. Komplett exempel på hur en gallringsprognos enligt ogi-formatet kan presenteras.

Bilaga 10. Arealberäkning

Arealberäkning – rutnätbaserat 2016 (Bhuyian m.fl. 2016)

Algoritmen för beräkning av areal arbetar med ett rutnät och är uppdelad i två steg. Varje ruta i rutnätet har kapacitet för att lagra antal avverkade träd, arealbidrag, grundyta och volym tillhörande rutan. I algoritmens första delsteg utökas rutnätet vid behov och i dess andra delsteg beräknas varje rutas arealbidrag eller arealreduktion. Arealberäkningen kan baseras på antingen basmaskinens koordinater kopplade till varje träd eller beräknade koordinater för aggregatet vid avverkningen av varje träd. Det första delsteget behöver anropas då rutnätet sätts upp för första gången, då rutnätet behöver utökas när nya träd avverkas utanför det, om rutstorleken ändras (till exempel om användaren tillåts ändra det) eller om användaren växlar mellan basmaskinens koordinater och aggregatets koordinater som grund för beräkningen.



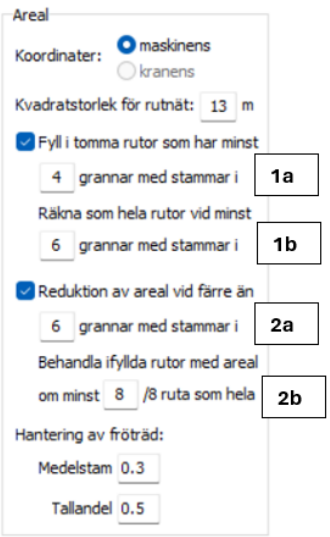
Figur A10.1. Exempel på avverkad yta med maskinpositioner (gul färg) och skapat rutnät för arealberäkning. Mörkgrön färg representerar ytor där maskinen stått och avverkat träd, ljusgröna ytor med en ”1a” där mer än sex grannrutor har avverkade träd och röda och gröna rutor med en siffra skilt från 1 där en andel av rutan inkluderas i arealen.

Det första delsteget arbetar enligt följande procedur:

- Finns ett rutnät definierat?
    - Om ja:
        - Undersök i vilka riktningar ny avverkning har skett genom att jämföra befintliga gränser mot de yttersta koordinaterna för de nyavverkade träden (preparerade från inläsning).
            - Räkna antal rutor som behöver utökas i respektive riktning.
        - Om rutnätet behöver utökas:
            - Utöka rutnät och initialisera nya element tillhörande nytillagda delar.
            - Uppdatera gränser.
            - Flytta tidigare inlagda träd till rätt ruta i den nya geometrin.
        - Räkna upp antal, grundyta och volym för de rutor där nya träd har avverkats.
    - Om nej:
        - Räkna antal rutor som behövs i respektive riktning och sätt upp ett rutnät.
        - Initialisera samtliga element.
        - Om rutnätets storlek är skilt från noll:
            - Börja från första stam, identifiera index för sista stam och gå endast igenom stammar som kan bidra geografiskt.
            - Räkna upp antal, grundyta och volym för de rutor där träd har avverkats.

För det andra delsteget finns ett antal parametrar som kan ställas:

1) Ifyllnad av tomma rutor där ingen avverkning har skett.
    a) Gräns för minsta antal grannar med avverkade träd i för att ifyllnad ska ske. **Default minst 4 grannar** (1a i figur A10.2) (ljusgrön yta enligt ovan med andelar mindre än 1 i Figur A10.1).
    b) Gräns för minsta antal grannar med avverkade träd i för att rutans arealbidrag ska bli hela rutans areal. **Default minst 6 grannar** (1b i figur A10.2) (ljusgrön yta med siffran 1 i Figur A10.1).
2) Reduktion av areal för rutor.
    a) Gräns för högsta antal grannar med avverkade träd i för att reduktion ska ske. **Default vid mindre än 6 grannar** (2a i figur A10.2) (röd yta med siffra i).
    b) Gräns för vilken arealandel en ifylld ruta (tom ruta) ska ha för att den ska räknas som en granne som innehåller träd. **Default 8 av 8 grannar** (2b i figur A10.2).



Figur A10.2. Inställningar för beräkning av rutor vid arealberäkning. Inställning när rutor eller andelar av rutor ska adderas och när rutstorlekar ska reduceras på grund av ytterkantsrutor. Illustrationen hämtad från hprGallring. Observera att dessa värden är hårdkodade i hprYield, det vill säga dessa kan inte justeras.

Det andra delsteget arbetar enligt följande procedur:

- Nollställ tidigare arealberäkning.
- Gå igenom rutnätet för rutor där inga träd har avverkats.
    - Om tomma rutor ska fyllas i och tom ruta påträffas:
        - Räkna antal grannar som innehåller träd.
        - Om antal grannar överskrider gränsen Figur A10.2 ”tomma rutor som har minst X grannar” (1a i figur A10.2):
            - Om antal grannar överskrider gränsen för ”räkna hel ruta” sätts arealbidraget till hel ruta (1b i figur A10.2).
            - Räkna ut arealbidraget som andel grannar med träd i mot totalt antal möjliga grannar (1a i figur A10.2).
- Gå igenom rutnätet för rutor där träd har avverkats.
    - Om rutor ska reduceras och ruta innehållande träd påträffas:
        - Räkna antal grannar som innehåller träd eller som har tilldelats ett arealbidrag som är lika med eller över gränsen ”reducera yta vid färre än X grannar (2a).
        - Om antal grannar överskrider gränsen i 2b (figur A10.2):
            - Sätt arealbidraget till hel ruta.
        - Om antalet grannar underskrider gränsen i 2a (figur A10.2):
            - Räkna ut arealbidraget som andel grannar med träd i mot totalt antal möjliga grannar.
    - Om rutor inte ska reduceras sätts arealbidraget till hel ruta.

Arealberäkning 2018

Kompletterande arealalgoritm för att hantera avverkning av skärmställningar. Ursprunglig arealalgoritm, se Möller m.fl. (2015) & Bhuiyan m.fl. (2016).

Huvudalgoritm

- Körs enligt 2015 och 2016 års modell ovan.

Räkna antal grannar som innehåller träd (tillägg för dimensionsavverkning/ fröträd enligt beräknad avverkingsform, se bilaga 1, Tabell A1.3)

- Om avverkning har skett i minst 3 grannrutor:
    - Om stamantalet är mellan 3 och 15:
        - Om färre än i genomsnitt antal stammar per ruta
            - Om medelstam är större än 0,3 m^3fub i norra Sverige, 0,4 m^3fub i mellersta Sverige och 0,5 m^3fub i södra Sverige
                - Om minst halva volymen utgörs av tall
                - Märk rutan som gles och sätt arealbidraget till 1 (hel ruta).
- Om avverkning har skett i minst 2 grannar:
    - Märk rutan ”som potentiell granne att återkomma till”.

Räkna antal grannar som innehåller träd eller som har tilldelats ett arealbidrag som är lika med eller över gränsen i 2b (Figur A10.2)

- Om angränsande rutor innehåller stammar, har arealbidrag överskridande 2b (Figur A10.2) eller är markerad som gles.
    - Räknar upp antal grannar, antal stammar och antal grannar med stammar i.
- Rutan testas för fröträd/gleshet endast om algoritmen hade tänkt reducera rutans arealbidrag.
    - Om rutan har minst 10 stammar
        - Rutan bidrar med hela sin areal om medelstam är över 0,3 m^3 och antal stammar i rutan är minst 20.
    - Annars om medelstam är större än 0,3 m^3fub i norr, 0,4 m^3fub i mitt och 0,5 m m^3fub i söder.
        - Om antal grannar överskrider 3 + antalet potentiella grannar
            - Om stamantalet är mellan 3 och 15
                - Om minst halva volymen utgörs av tall
                - Märk rutan som gles och sätt arealbidraget till 1.

Bilaga 11. Gallringsprognos 2021

Nedan beskrivs hur huvudmodellen för gallringsprognoser i hprGallring och hprYield fungerar. Respektive undermodell beskrivs ingående nedan och i tidigare arbetsrapporter (Möller m.fl. 2011, Bhuyian m.fl. 2015, Hannrup m.fl. 2015).

Huvudalgoritm

För alla beräkningsytor som kommer upp i minimiarealen 0,5 ha och har minst 100 stammar:

1. Kontrollerar att gallringsprognos ska göras för aktuell avverkningstyp enligt inställningsdokumentet (Bilaga 1). Prognos görs då avverkningstypen är gallring och klen slutavverkning. Klen slutavverkning gör hprYield prognos på, då det i en zon är okänt om det är slutavverkning eller gallring och för att prognos alltid ska finnas, även om den inte används. Innan gallringsalgoritmen körs på skördardata ska en areaberäkning ha gjorts, uttaget per beräkningsyta ha beskrivits och avverkningstypen vara bestämd (Möller m.fl. 2011, Hannrup m.fl. 2021)

2. Beräknar målgallringskvot (se separat beskrivning)

3. Beräknar målgallringsstyrka utifrån målgrundyta (se separat beskrivning)

4.

   Gör prognos på kvarvarande skog (se separat beskrivning)

2 Beräkning av gallringskvot (2021)

Gallringskvoten definieras som kvoten mellan Dgv (trädens grundytevägda brösthöjdsdiameter) för uttagna träd och Dgv för den kvarvarande skogen. Om klenare träd tas ut blir gallringskvoten under 1 och avverkas de grövre träden blir gallringskvoten över 1.

Beräkna målgallringskvot

Målgallringskvoten (gallringskvot som algoritmen försöker uppnå och startar med) används i hprGallring respektive hprYield för att ta fram ett startvärde för gallringsmodellen.

Målgallringskvoten bestäms antingen som ett defaultvärde baserat på avverkningsformen (modell 2011) eller baserat på stickvägsträdens relativa storlek (modell 2021). I modell 2021 används stickvägsträdens relativa storlek beräknat utifrån gallringsstyrka och uttagsstyrka mellan stickvägarna.

Stickvägsträd definieras för träd med kranvinkel +/- 30 grader. Definitionen av +/- 30 grader varierar beroende av skördarnas konfigurering av kranplacering. I modell 2021 används för John Deere och Rottne kranvinkeln (+/- 32) grader och för Komatsu (– 28 - + 24). Komatsu har sin kran längre bak på maskinen och även förskjuten åt höger jämfört med maskinens centrumlinje, därför skillnaden mellan tillverkarna. För både gallringskvot och gallringsstyrka används uttaget stamantal och uttagen grundyta per 500 meter stickväg för att bestämma om modellen ska användas eller inte. Nyckeltalet grundyta per 500 meter stickväg beräknas genom att en stickvägsalgoritm beräknar stickvägslängd per beräkningsyta. Algoritmen använder sedan träden inom +/- 30 för att bestämma grundyta och stamantal per 500 meter stickväg, se Bilaga 12.

a. Bestäm målgallringskvoten baserat på avverkningsform $Model_{GKAvverkningsform}$

- Avverkningstypen och default-gallringskvoter bestäms enligt inställningar för avverkningsform/loggingforms (benämns $Modell_{GK\ Avverkningsform}$), se vidare bilaga 1. Default-gallringskvoter används då kranvinkel saknas och som startvärde vid beräkning av gallringskvot baserat på kranvinkeldata. Default gallringskvot för första gallring är 0.82, för Sen förstagallring 0.77, för Senare gallring 0.76 och för klena slutavverkningar (är ibland gallring) 0.85.

- Om löv utgör minst 50 procent av grundytan i uttaget och övre höjd är över 14,5 meter används följande modell för att beräkna gallringskvoten även när kranvinkel finns för första gallring och sen förstagallring:

$$Modell\ GK_{Löv} = 1{,}2521 - 0.0311\ \cdot OH \qquad \text{Ekv. A11.1}$$

  där OH är beräkningsytans övre höjd.

b. Bestäm målgallringskvot om stickvägsdata (registrering av kranvinkeldata) finns tillgängligt $Modell_{GKStickväg}$.

Följande villkor ska vara uppfyllda:

a. Beräkningsytan ska uppfylla:
   i. Areal ska vara minst 0,7 ha
   ii. Uttag i stickvägen, kranvinkel +/- 30 grader, ska vara mer än 24 procent eller mindre än 85 procent av avverkad grundyta.
   iii. Övre höjd (ÖH) ska vara mindre än 24 m

b. Dessutom ska något av följande villkor vara uppfyllda:
   i. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 200 stammar och Gy-uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 1,6 m²/ha
   ii. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 125 stammar och Gy-uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 2,75 m²/ha och övre höjd ska vara mindre än 21 meter
   iii. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 150 stammar och Gy-uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 2,0 m²/ha och övre höjd ska vara mindre än 21 meter
   iv. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 175 stammar och Gy-uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 2,0 m²/ha
   v. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 125 stammar och Gy-uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 3,5 m²/ha

c. Om villkor för att utnyttja stickvägsdata uppfylls enligt ovan för beräkning av Gallringskvot används för $Modell_{GK\ stickväg}$ annars används $Modell_{GK\ Avverkningsform}$ även om stickvägsdata finns.

Beräkning av gallringskvot $Modell_{GKStickväg}$, modifierad metodik enligt Hannrup m.fl. (2015) och Bhuyian m.fl. (2015)

När stickvägsdata finns och villkor enligt ovan är uppfyllda, beräkna gallringskvot (GK) vid första gallring enligt:

$$Modell_{GK\ Stickväg,1:a\ gallring} = \frac{Dgv_{uttag}}{Dgv_{efter}} \qquad \text{Ekv. A11.2}$$

Gallringskvoten definieras som grundytevägd medeldiameter i uttaget genom grundytevägd medeldiameter efter gallring. Den grundytevägda medeldiametern i uttaget erhålls med hög precision utifrån skördarnas diametermätning (Dgv_{uttag}). Den grundytevägda medeldiametern efter gallring (Dgv_{efter}) kan teoretiskt beräknas genom att man utgår från de tre trädpopulationerna:

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

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

$$Dgv_{före,ms} = Dgv_{efter} \cdot (1 - U_{ms}) + Dvg_{uttag,ms} \cdot U_{ms} \qquad \text{Ekv. A11.3}$$

där $Dgv_{\text{före,ms}}$ är grundytevägd medeldiameter före gallring för träden mellan stickvägarna (ms), Dgv_{efter} är grundytevägd medeldiameter efter gallring, $Dgv_{\text{uttag,ms}}$ är grundytevägd medeldiameter för gallringsuttaget mellan stickvägarna och U_{ms} är uttagsandelen (gallringsstyrka mellan stickväg) mellan stickvägarna, uttryckt som andelen av den totala grundytan före gallring som avverkats mellan stickvägarna. Den sökta grundytevägda medeldiametern efter gallring kan alltså beräknas som:

$$Dgv_{efter} = \frac{Dgv_{före,ms} - Dvg_{uttag,ms} \cdot U_{ms}}{1 - U_{ms}} \qquad \text{Ekv. A11.4}$$

I ett automatiserat system för gallringsuppföljning finns inte direkt information tillgänglig om målvariablerna i Ekvation A11.4. I stället måste indirekta variabler användas för beräkning av grundytevägd diameter efter gallring. Kopplingen mellan målvariablerna och de indirekta variablerna visas i Tabell A11.1. Centralt för samtliga indirekta variabler är att stickvägsträden kan identifieras utifrån kranvinkeldata. Jämfört med modell 2014 (Hannrup m.fl. och Bhuyian m.fl. 2015) så har små korrigeringar av beräkningsalgoritmen genomförts. Dessutom beräknas k-värde olika beroende på trädslag, gallringsstyrka och uttagsandel mellan stickvägarna.

Tabell A11.1. Förklaring av de indirekta variabler som används för beräkning av grundytevägd medeldiameter efter gallring. kvi står för kranvinkelintervall.

Målvariabel	Indirekt variabel
$Dgv_{kvi=20}$	Grundytevägd medeldiameter för träd avverkade inom kranvinkelintervallet +/- 20 grader (mm).
$Dgv_{kvi=40}$	Grundytevägd medeldiameter för träd avverkade utanför kranvinkelintervallet +/- 40 grader (mm).
$GU_{kvi=30}$	Grundyteuttag i stickväg (m^2) utifrån identifiering av stickvägsträd med hjälp av kranvinkelintervallet 30 grader. +/- 32 grader för Rottne och JD och (-28- + 24) grader för Komatsu.
GU_{tot}	Totalt grundyteuttag (m^2)
$G_{tot,före}$	Total grundyta före gallring (m^2)
$GS = \frac{GU_{tot}}{GU_{tot,före}}$	Denna kvot är liktydig med den totala gallringsstyrkan och denna erhölls i vår studie från beräkningsprogrammet.

Tabell A11.2. Beräkning av korrektionsfaktorn k för olika trädslag används vid en teoretisk beräkning av grundytevägd diameter (Dgv) före avverkning mellan stickvägar på grund av selektivitet vid styrning av stickvägsplacering.

Målvariabel	Indirekt variabel
k	Korrektionsfaktor som kompenserar för selektiviteten vid stickvägsutläggningen. Korrektionsfaktorn är empiriskt framtagen och default satt till 0.92, men beräknas baserat på gallringsstyrka och uttagsandel mellan stickväg. k min 0.8 och k max 1.03
k - om GS är över 50 %, och GSm är över 43 % och antal stamuttag per 500 meter stickväg är över 350	1.0
$k_{löv}$ - om lövandel större än 33 %	$0.58035 \cdot \mathrm{GS}_m + 0.15690 \cdot \mathrm{GS} + 0.606230$
$k_{löv}$ – om lövandel större än 67 %	$0.58035 \cdot GS_m + 0.15690 \cdot \mathrm{GS} + 0.606230 - 0.005 \cdot (\mathrm{lövAndel} - 0.66)$
k_{tall}	$0.36417 \cdot \mathrm{GS} + 0.81006 - 0.01$
k_{annars}	$-0.479 \cdot \mathrm{GS}_m + 0.91403 \cdot \mathrm{GS} + 0.69035 - 0.01$

Tabell A11.3. De målvariabler som används vid en teoretisk beräkning av grundytevägd medeldiameter (Dgv) efter gallring samt motsvarande indirekta variabler som utnyttjas. ms står för mellan stickvägar och GS_m är gallringsstyrkan mellan stickvägar.

Målvariabel	Indirekt variabel
$Dgv_{före,ms}$	$Dgv_{kvi=20}/k$
$Dgv_{uttag,ms}$	$Dgv_{kvi=40}$
U_{ms}	$\left(1 - \frac{GU_{kvi=30}}{GU_{tot}}\right) \cdot \frac{GU_{tot}}{GU_{tot,före}}$
GS_m	$\frac{GU_{tot} - GU_{kvi=30}}{GU_{tot,före} - GU_{kvi=30}}$

Senare gallring när stickvägsdata finns och villkor enligt ovan ej uppfylls, Modell$_{GK,senare\ gallring}$

I den metodik som används för beräkning av gallringskvot i förstagallringar är det centralt att en stor del av gallringsuttaget sker i stickvägarna och att dessa träd kan ge en representativ bild av objektet före gallring, normalt minst antal stammar per 500 meter stickväg eller en viss grundyta per 500 meter stickväg, se villkor ovan. För senare gallringar är stickvägsuttaget i normalfallet väsentligt lägre. De träd som tas ut i stickvägarna kan inte förväntas ge samma representativa bild av objektet före gallring. Detta resonemang indikerar att för objekt med låg andel av gallringsuttaget i stickväg, bör gallringskvoten beräknas med annan metodik än för objekt med hög andel av gallringsuttaget i stickväg. Detta har utgjort en utgångspunkt för beräkning av gallringskvot i senare gallringar. Beräkning av gallringskvot för senare gallringar (andra, tredje gallringar och så vidare) sker i två steg.

I ett första steg beräknas en gallringskvot (GK) baserat på stickvägsuttag respektive uttag mellan stickvägar ($GK_{stickvägsuttag}$). Denna gallringskvot vägs sedan ihop med default gallringskvot enligt $GK_{Avverkningsform}$.

Gallringskvoten beräknas enligt följande:

$$Modell_{GK,senare\ gallring} = \frac{2 \cdot GK_{stickvägsuttack} + GK_{avverkningsform}}{3} \qquad \text{Ekv. A11.5}$$

Beräkning av $GK_{stickvägsuttag}$ är uppbyggd av två delar där antagna gallringskvoter för uttaget i, respektive utanför, stickvägarna vägs samman. $GU_{sväg}$ representerar uttaget i stickvägarna och för denna del antas en gallringskvot på 0,90. Detta värde har valts utifrån den genomsnittliga relationen mellan grundytevägd diameter i uttaget och grundytevägd diameter före gallring för de senare gallringarna som studerats. Uttrycket (1 – $GU_{sväg}$) representerar gallringsuttaget mellan stickvägarna där en gallringskvot på 0,70 antas.

$$GK_{sväg,uttag} = GU_{sväg} \cdot 0{,}90 + (1 - GU_{sväg}) \cdot 0{,}70 \qquad \text{Ekv. A11.6}$$

I ekvation A11.6 är $GU_{sväg}$ den volymviktade andelen av det totala gallringsuttaget som görs i stickvägarna. I ett automatiserat system för gallringsuppföljning finns inte direkt information tillgänglig om andelen av det totala gallringsuttaget som görs i stickvägarna. I modellen beräknades därför denna variabel som:

$$GU_{sväg} = \frac{Vol_{kvi=30}}{Vol_{uttag,tot}} \qquad \text{Ekv. A11.7}$$

där $Vol_{kvi=30}$ är volymuttaget i stickväg (m^3fub) utifrån identifiering av stickvägsträd med hjälp av kranvinkelintervallet +/- 30 grader och $Vol_{uttag,tot}$ är volymen för det totala gallringsuttaget.

Gallringskvotens intervall i programmet är satt till max 1,1 och min 0,7.

3. Beräkning av gallringsstyrka (2021)

Gallringsstyrkan är andelen av grundytan före gallring eller volym före gallring som avverkas vid en gallring. I hprYield används andel av grundytan som mått på gallringsstyrka.

Beräkna målgrundytan

Målgrundytan används i hprGallring respektive hprYield för att ta fram ett startvärde för gallringsmodellen. Utifrån målgrundytan beräknas en målgallringsstyrka som sedan används i gallringstrappan (Möller m.fl. 2011) där gallringskvot och gallringsstyrka tillsammans ska ge en prognos på kvarvarande bestånd. Utifrån dessa beräkningar skapas en DBH-fördelning på kvarvarande träd som sedan används för nyckeltalsberäkningar.

1. Bestäm målgrundytan baserat på ÖvreHöjds (ÖH)-modell

- Om löv utgör minst 50 procent av grundytan i uttaget används $Modell_{ÖH,Löv}$ ($Modell_{ÖH,Tall}$ reducerat med 2.5 x lövandel i uttaget).
- Om gran är största trädslag förutom löv så används $Modell_{ÖH,Gran}$ för målgrundyta.
- Om övre höjd är lägre än 16,5 meter används $Modell_{ÖH,Gran}$ för målgrundyta även för tall.
- Annars används $Modell_{ÖH,Tall}$ för målgrundyta.

2. Bestäm målgrundytan om stickvägsdata (registrering av kranvinkeldata) finns tillgängligt - $Modell_{Stickväg}$.Följande villkor ska vara uppfyllda:

a. Beräkningsytans areal ska vara minst 0,7 ha

b. Uttag i stickvägen (kranvinkel +/- 30 grader ska vara mer än 24 procent eller mindre än 85 procent av avverkad grundyta.

c. Övre höjd ska vara mindre än 24 meter.

d. Dessutom ska något av följande villkor vara uppfyllda:

   i. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 200 stammar och Gy uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 1,6 m²/ha

   ii. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 125 stammar och Gy uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 2,75 m²/ha och övre höjd ska vara mindre än 21 meter

   iii. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 150 stammar och Gy uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 2,5m²/ha och övre höjd ska vara mindre än 21 meter

   iv. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 175 stammar och Gy uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 2,0 m²/ha

   v. Stamantal för 500 meter stickväg ska vara mer än 125 stammar och Gy uttagen på 500 meter stickväg ska vara större än 3,5 m²/ha

3. Om villkor för att utnyttja stickvägsdata uppfylls enligt ovan för beräkning av målgrundyta så viktas de båda modellerna ihop enligt följande till $Modell_{2021}$

$$Modell_{2021.Gran} = \frac{2 \cdot Modell_{sväg,Gran} + Modell_{ÖH,Gran}}{3} \qquad \text{Ekv. A11.8}$$

$$Modell_{2021.Tall} = \frac{2 \cdot Modell_{sväg,Tall} + Modell_{ÖH,Tall}}{3} \qquad \text{Ekv. A11.9}$$

$$Modell_{2021.Löv} = \frac{2 \cdot Modell_{sväg,Löv} + Modell_{ÖH,Löv}}{2} \qquad \text{Ekv. A11.10}$$

Stickvägsmodellerna för respektive trädslagskategori ges av:

$$Modell_{sväg.Gran} = 14{,}025 \cdot \ln\left(GY_{sväg=500m}\right) + 10{,}757 - (ÖH + 7{,}1 - 0{,}4431) - Vol_{utag,tot} \qquad \text{Ekv. A11.11}$$

$$Modell_{sväg.Tall} = 14{,}025 \cdot \ln\left(GY_{sväg=500m}\right) + 10{,}757 - (ÖH + 6{,}5 - 0{,}4431) - Vol_{utag,tot} \qquad \text{Ekv. A11.12}$$

$$Modell_{2021.Löv} = 11{,}144 \cdot \ln\left(GY_{sväg=500m}\right) + 13{,}321 - (ÖH + 3{,}16 - 0{,}2336) - Vol_{utag,tot} \qquad \text{Ekv. A11.13}$$

Om inte villkoren för $Modell_{2021}$ uppfylls används $Modell_{ÖH,Trsl}$, som ges av:

$$Modell_{ÖH.Gran} = 0{,}93604 + 1{,}095 \cdot ÖH \qquad \text{Ekv. A11.14}$$

$$Modell_{ÖH.Tall} = 4{,}60431 + 0{,}7955 \cdot ÖH \qquad \text{Ekv. A11.15}$$

$$Modell_{ÖH.Löv} = 4{,}60431 + 0{,}7955 \cdot ÖH - 2{,}5 \cdot LövAndel \qquad \text{Ekv. A11.16}$$

Därefter görs följande steg:

- Beräkna målgallringsstyrkan $GS_{mål}$ enligt följande, där GY_{uttag} är uttagen grundyta (m^2/ha) och $GY_{mål}$ är målgrundyta (m^2/ha):

$$GS_{mål} = \frac{GY_{uttag}}{GY_{mål} - GY_{yta}} \qquad \text{Ekv. A11.17}$$

- Om inte kranvinkel har nyttjats, hålls gallringsstyrka till max 50 procent för barr och max 65 procent för löv och minimum 12 procent. Minimum 12 procent gäller även när kranvinkeldata finns men inget maxtak. Om dessa villkor inte uppfylls görs ingen gallringsprognos.
- Beräknad grundyta ska ligga inom ±2,5 m^2/ha från framräknad målgrundyta.

4. Prognos på kvarvarande skog

För att räkna på och beskriva det kvarvarande beståndet efter åtgärd används följande styrdata: *målgallringskvot, målgallringsstyrka, maximal/minimal grundyta efter åtgärd samt maximala och minimala gallringskvoter och gallringsstyrkor totalt och per DBH-klass*, se Tabell A11.4. Det är inte 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. Gallringsmodellen som används strävar efter att matcha beräknad målgallringskvot och målgallringsstyrka. 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

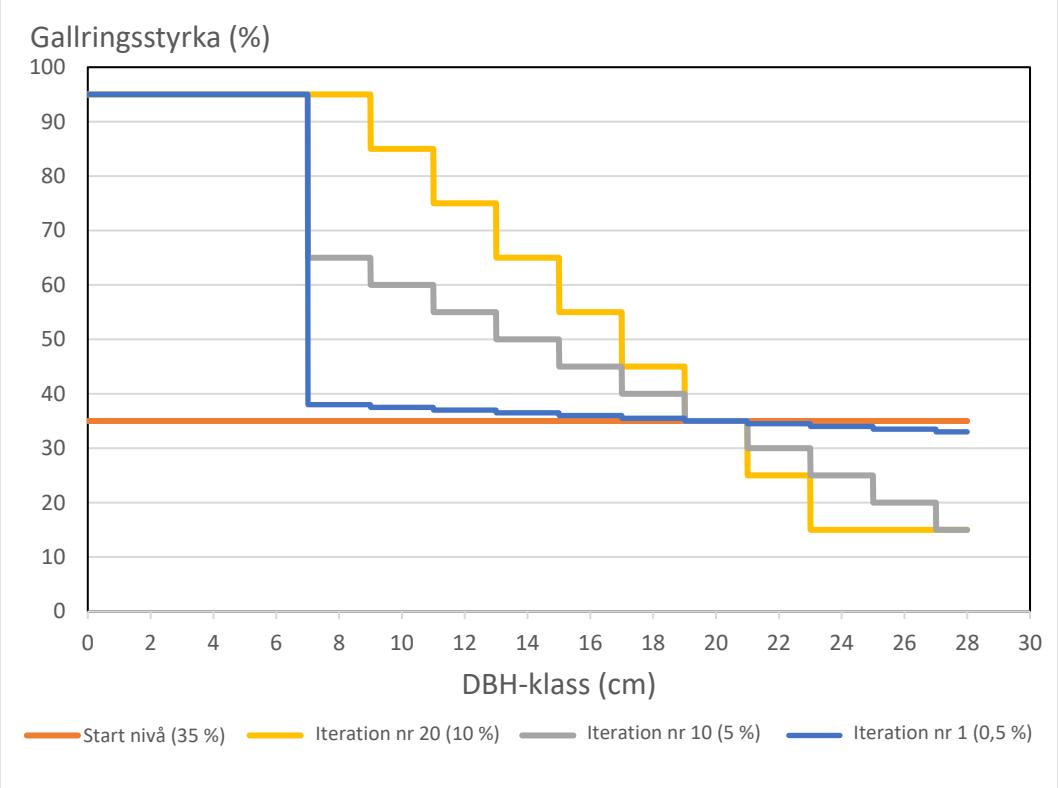
gallringsstyrkan alltför mycket. Max-min-intervallet för grundyta efter gallring, beräknad målgrundyta ±2,5 m²/ha, kan åsidosätta beräknad gallringsstyrka, så denna inställning kan bli överordnad gallringsstyrkan i vissa fall.

Tabell A11.4. Styrvillkor för minimala och maximala gallringsstyrkor (GS), totalt och för enskild DBH-klass. För gallring kan gallringsstyrkan vara mellan 12 och 50 procent för barr och upp till 65 procent för löv om kranvinkeldata inte används. Om kranvinkeldata används finns ingen övre nivå. För enskilda DBH-klasser är maxuttag 95 procent och minimumuttag 5 procent för senare gallring, 10 procent för sen första gallring och 15 procent för första gallring.

Modell och trädslag	Gallringsstyrka
	(%)
Min gallringsstyrka totalt	12
Max gallringsstyrka totalt barr o löv total, modell 2021	Ingen begränsning
Max gallringsstyrka löv total, modell 2014	65
Max gallringsstyrka barr total, modell 2014	50
Min gallringsstyrka för DBH-klass < 8 cm	95
Min gallringsstyrka per DBH-klasser om gallringskvoten understiger 0,77 (Senare gallring andra/tredje)	5
Min gallringsstyrka per DBH-klasser om gallringskvoten understiger 0,81 (Sen förstagallring)	10
Min gallringsstyrka per DBH-klasser om gallringskvot 0,81 eller högre (förstagallring)	15

Såvida det inte rör sig om en likformig gallring räknas gallringskvot- och gallringsstyrka fram på iterativ väg i modellen/programmet, 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. Beståndet före gallring beräknas genom att antalet uttagna träd per DBH-klass divideras med uttagsandelen för klassen. De uttagna trädens egenskaper kopieras till det kvarvarande trädens per DBH-klass.

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. Som utgångspunkt sätts uttagsandelen i varje DBH-klass till att vara densamma som den totala gallringsstyrkan som ska uppnås (Figur A11.1). I figuren nedan illustreras det med gallringskvoten 35 procent enligt orange linje. 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 A11.1. Utgångspunkten för gallringsmodellen är ett jämnt uttag över samtliga diameterklasser, orange linje representerar 35 procent målgallringsstyrka. Med utgångspunkt i målgallringsstyrka och målgallringskvot (i exemplet 0.82) justeras gallringstrappan med 0.5 procentenheter per iteration tills målgallringskvoten nås inom +/- 0.01. I exemplet låses gallringstrappan i DBH-klass 20 där uttagsandelen förblir 35 procent. I blått, grått och gult visas gallringstrapporna för iteration 1–0.5 procentenheter, iteration 10–5 procentenheter och iteration 20–10 procentenheter per DBH-klass (negativ lutning vid gallringskvot under 1). I exemplet visar det hur iteration 10 och 20 nått miniminivån 15 procent för förstagallring vid lite olika DBH-klasser.

Om gallringskvoten är skild från 1 behöver uttagsandelen i varje diameterklass justeras upp eller ned för att möta den satta totala gallringskvoten som ska uppnås. Denna klassvisa justering av uttagsandelar görs genom att stegvis ändra uttagsandelen i de olika klasserna likt en trappa eller egentligen ändra lutningen på och förskjuta en ”stel” linjär uttagskurva över de diameterklasser där uttagna stammar finns. I första hand ändras uttagsnivån i trappsteg (lutningen) och vid behov förskjuts trappan eller kurvan. Om gallringskvoten är under 1 används negativ lutning, det vill säga uttagsandelen i klena klasser justeras upp och i grova klasser justeras ned (klasser över och under mittpunkten) se klassen 18 cm i Figur A11.1. Nedan beskrivs modellen:

- Sök klassvis gallringsstyrka för DBH-klasser om 2 cm upp till 60 cm:
    - Hitta en bortre gräns för uttaget som den klenaste av de två klasser över klassen 12 cm, som var för sig utgör mindre än en procent av det totala stamantalet i uttaget. Innebär att algoritmen söker bland diameterklasser grövre än 12 cm tills dess att den hittar två diameterklasser i följd med lågt relativt stamantal inklusive klasser utan stammar.
    - Hitta mittklassen räknat från klass 12 cm och den bortre gränsen (klass 18 enligt Figur A11.1).

- Lås uttaget i DBH-klasserna upp till och med 6 cm till högsta tillåtna uttag som är 95 procent. Uttaget i resterande DBH-klasser sätts till den totala önskade gallringsstyrkan. Dock minsta och högsta uttag enligt punkten ovan.
- Beräkna aktuell gallringskvot utifrån klassvis gallringsstyrka. Målet är att algoritmen ska nå en gallringskvot inom +/- 0,01.
- Upprepa proceduren nedan så länge **test av beräknad gallringskvot** (se separat beskrivning) indikerar förbättring:
    - Om största tillåtna skillnad i gallringsstyrka (20 procent) mellan närliggande DBH-klasser inte har överskridits (uppstår vid 40 iterationer då lutning/gallringsstyrkan korrigerats 0,5 procent per gång).
        - Ökar eller minskar lutning (beroende på om gallringskvoten har över- eller underskattats) på klassvis gallringsstyrka. Vid för hög gallringskvot ökas gallringsstyrkan för DBH-klasser klenare än mittpunkten och minskas för grövre DBH-klasser motsvarande med 0,5 procent för varje klass man kommer bort från mittklassen, det vill säga första klassen ±0,5 %, andra ±1 %, 3:e ±1,5 % och så vidare för första iterationen. För andra iterationen ökas gallringsstyrkan med ytterligare ±0,5 % för varje, det vill säga första klassen ±1 %, andra ±2 %, 3:e ± 3 % och så vidare för andra iterationen. Max antal steg är 40 iterationer.
    - Om gallringskvoten inte nås förskjuts uttagskurvan i sidled genom att flytta hela kurvan stegvis (flytta mittpunkt till högre eller lägre DBH). Kurvan flyttas mot nästa grövre diameterklasser om den beräknade gallringskvoten är överskattad och mot nästa klenare diameterklasser om den beräknade gallringskvoten är underskattad jämfört med målgallringskvoten.
    - Beräkna aktuell gallringskvot och gallringsstyrka utifrån klassvis gallringsstyrka.

- Beräkna nyckeltal och skriv ut resultat förutsatt att prognosticerad kvarvarande grundyta har hamnat inom tillåtet intervall kring målgrundytan. 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 (default ±2,5 m^2/ha).

Korrigering av trädslagsfördelning efter gallring för maskiner med stickvägsdata

Skattning av trädslagsfördelningen efter gallring för en viss diameterklass görs som en spegelbild av trädslagsfördelningen för motsvarande diameterklass i gallringsuttaget enligt gallringstrappans princip.

Om stickvägsdata finns (kranvinkeldata i hpr-filen) antas att trädslagsfördelningen för stickvägsträden är densamma som den totala trädslagsfördelningen i beståndet före gallring. Utifrån detta antagande skattades trädslagsfördelningen efter gallring genom att reducera den beräknade grundytan per trädslag före gallring med uttagen grundyta per trädslag. Följande beräkningssteg användes:

1. Trädslagsfördelningen för stickvägsträden (träd avverkade inom kranvinkeln - 28/+24 eller ±32 grader) bestäms av respektive trädslags grundyteandel av total grundyta avverkad i stickvägen.

2. Trädslagsfördelningen för respektive beräkningsyta före avverkning bestäms utifrån antagandet att trädslagsfördelningen är densamma före avverkning som i grundyteuttaget i stickvägarna. Grundytan före avverkning erhålls genom att beräknad grundyta efter avverkning summeras med uttagen grundyta för beräkningsytan. Grundytan före avverkning tilldelas samma trädslagsfördelning som beräknats med hjälp av stickvägsträden.

3. Trädslagsfördelningen efter gallring beräknas genom att uttagen grundyta per trädslag subtraheras från beräknad grundyta per trädslag före avverkning. Trädslagsandelen beräknas på återstoden genom att grundyta per trädslag divideras med total återstående grundyta.

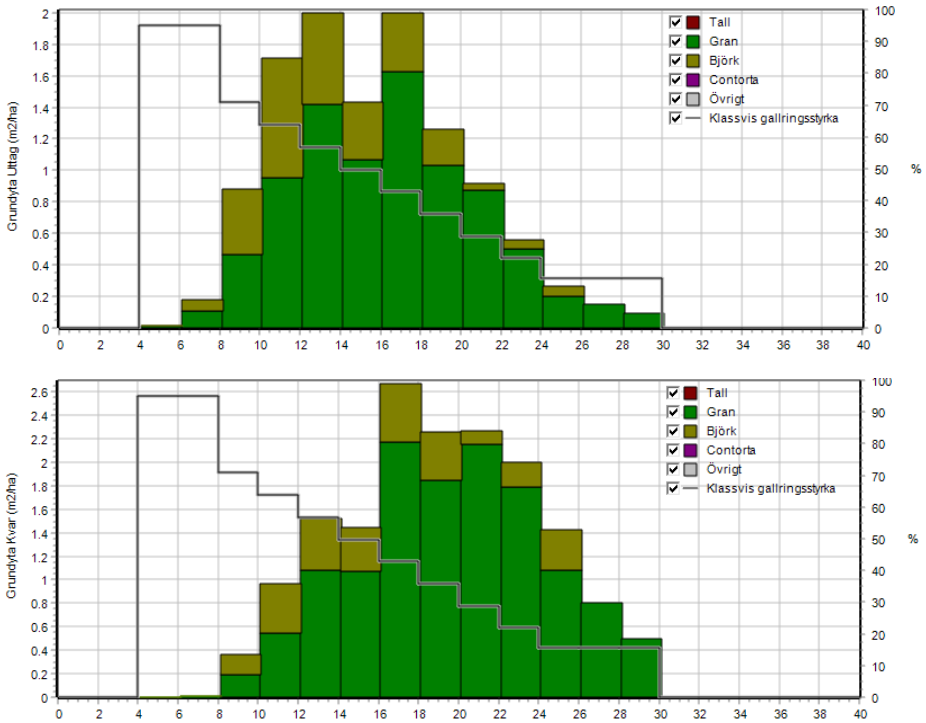
4.

Kvoten mellan den beräknade trädslagsfördelningen efter gallring och trädslagsfördelningen i gallringsuttaget beräknas. Kvoten används för att kalibrera trädslagsfördelningen inom respektive diameterklass efter gallring

Prognos på kvarvarande bestånd

När gallringtrappan är framräknad beräknas det kvarvarande beståndet genom att grundytan per diameterklass (se uttag i övre bilden i Figur A11.2 nedan) divideras med uttagsandel enligt klassvis gallringsstyrka. De avverkade stammarna i varje DBH-klass kopieras till den nya skogen. Alla egenskaper kopieras per DBH-klass, till exempel trädslagsfördelning, höjd och stamvolym. Eventuellt korrigeras trädslagsfördelningen per DBH-klass om stickvägsdata finns tillgängligt i tillräcklig grad. För ny skog se nedre bilden i Figur A11.2.

Prognosen för beräkningsytan beräknas av alla de nya träden genom att avverkningsdata kopieras för respektive DBH-klass och trädslag. Data som beräknas finns redovisade i Tabell 6 i kapitel 3.5 i huvudtexten. Prognos på beståndsuppgifter efter gallring.



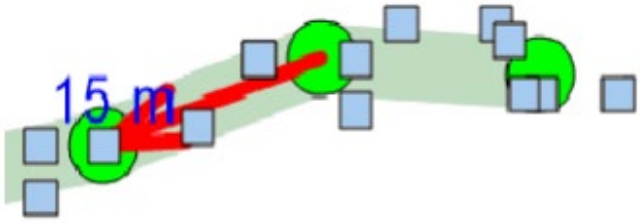
Figur A11.2. Övre bilden visar uttagen grundyta vid gallring per DBH-klass (x-axeln, DBH-klass i cm). Grå linje visar sedan beräknad gallringstrappa (uttagsandel per DBH-klass som algoritmen räknat fram). Uttagsandelen visar 95 procent för klassen 2, 4 och 6 cm (används alltid). I figuren visas sedan använd uttagsandel per DBH-klass. I grövsta klassen har uttaget 15 procent använts som är lägsta tillåtna uttag för första gallring. Sedan varierar uttagsandelen från klassen 8 cm till grövsta klassen enligt figuren ovan. Enligt beskrivningen ovan är det trappan ovan som modellen jobbar med för att komma fram till målgrundyta (trappan kombinerat med uttag per DBH-klass) och gallringskvotuttag kombinerat med kvarvarande bestånd enligt trappan och uttag.
I nedre bilden visas prognos på skogen efter avverkning framräknad med gallringstrappan. Den nedre bilden representerar en grundyta motsvarande andelarna ovanför gallringstrappan (1 minus uttagsandel per DBH-klass).

Bilaga 12. Stickvägsberäkning

Stickvägsberäkning av Bhuyian (2016). Modifierad beskrivning efter Köppler (2017).

Stickvägslängd

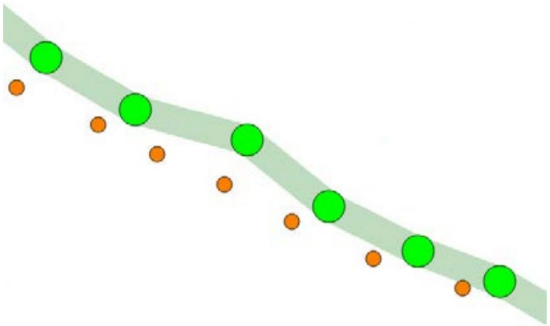
Som ingångsdata i algoritmen för beräkning av stickvägslängd används av skördare registrerade koordinater för basmaskinens position samt kranvinkel, vid varje avverkningstillfälle. Resultaten från algoritmen utgörs av skattningar av stickvägslängd och stickvägsandel där den senare parametern beräknas utifrån en antagen stickvägsbredd, default 4,3 meter enligt inställningsdokumentet. Som underlag för beräkningarna genererar algoritmen ett stickvägsnät i en tvåstegsprocess. I ett första steg skapas grupper av närliggande stammar, vilket exemplifieras i Figur A12.1. I exempelfiguren redovisas positionsinformation för de 13 först avverkade stammarna (blå kvadrater) i ett bestånd, vilka sedan har delats in i tre grupper (gröna cirklar). Algoritmen har delat in de fem först avverkade stammarna (sett från höger till vänster) i en grupp vars position utgörs av medelpositionen för de ingående stammarna. Indelningen i grupper styrs av en parameter som anger det största tillåtna avståndet (grundinställning 12 meter) mellan stammar inom grupp. Överskrids detta avstånd påbörjas indelningen i en ny grupp. I Figur A12.1 innebär detta att avståndet mellan stam ett och fem (högra stammarna i bilden) varit mindre än 12 meter, medan avståndet mellan stam ett och sex varit större än 12 meter. Det vill säga, en ny grupp (grön cirkel) påbörjas.



Figur A12.1. Illustration som visar hur positionerna för skördaren vid varje trädfällning (blå kvadrater) tillförs olika grupper (gröna cirklar) utifrån inställningarna i programmet. Den röda pilen visar skördarens färdriktning mellan grupperna och ”15 m” är avståndet mellan dessa.

I ett andra steg knyts grupperna samman till stickvägar. Sammanknytningen mellan grupper sker utifrån maskinens färdriktning emellan grupperna. Observera skillnaden mellan maskinens färdriktning och tidigare benämnd riktning för maskinens framdel (utgångsläget för kranvinkeln). Färdriktningen styrs av två parametrar: ”Minsta avstånd mellan grupper” (7 m) och ”Största avstånd mellan grupper” (20 m). Överskrider avståndet mellan två efterföljande grupper det avstånd som är angivet för ”Största avstånd mellan grupper” knyts inte grupperna samman med en stickväg. Denna parameter används till exempel för att inga fiktiva stickvägar ska skapas då exempelvis skördaren gallrat klart i en del av objektet och sedan förflyttat sig via det befintliga stickvägsnätet till en annan del där gallringsarbetet fortsätter. Ingen sammanknytning mellan grupper sker heller då avståndet mellan två efterföljande grupper underskrider det avstånd som är angivet för ”Minsta avstånd mellan grupper”. Denna parameter används för att undvika att fiktiva parallella vägar skapas. Detta kan annars uppkomma till exempel då skördaren först avverkat stickvägsträden och sedan kört tillbaka på samma stickväg för att gallra mellan stickvägarna, men där positionsinformationen inte

överlappar på grund av den osäkerhet som finns i GPS:ens positionsbestämning (Figur A12.2). Utan information om maskinriktningen och avstånd mellan avverkningspositionerna skulle inte programmet veta vilka koordinater som ska kopplas ihop till stickvägar, utan positioneringspunkterna skulle kopplas samman med alla punkter som lagrats. Det skulle leda till att stickvägssystemen i programmet inte skulle fylla någon funktion. Algoritmen måste därför ta hänsyn till dessa två parametrar väl avvägt för att skapa stickvägsnät som inte över- eller underskattar stickvägsandelen.



Figur A12.2. Illustration av hur styrparametern ”Minsta avstånd mellan grupper” fungerar. En stickväg har skapats utifrån ovanstående beskrivning, varpå skördaren återvänt vid ett senare tillfälle och avverkat nya träd längs stickvägen, vilket gett upphov till nya grupper. Dessa har blivit orangea och inte gröna, och det har dessutom inte dragits någon stickväg mellan dessa. Detta eftersom de nya grupperna ligger mindre än 7 meter från de äldre grupperna (gröna cirklarna).

Gröna cirklar i Figur A12.2 indikerar grupper som knutits samman med stickvägar och som uppkommit då skördaren avverkat stickvägsträden. Orangea grupper indikerar grupper som uppkommit då skördaren i ett efterföljande steg kört tillbaka och gallrat i mellanzonen. De orangea grupperna har inte accepterats av algoritmen på grund av att avståndet till de accepterade grupperna understeg det angivna avståndet ”Minsta avstånd mellan grupper”. Orsaken till att positionerna för de två grupperna inte överlappar är den osäkerhet som finns i GPS:ens positionsbestämning.

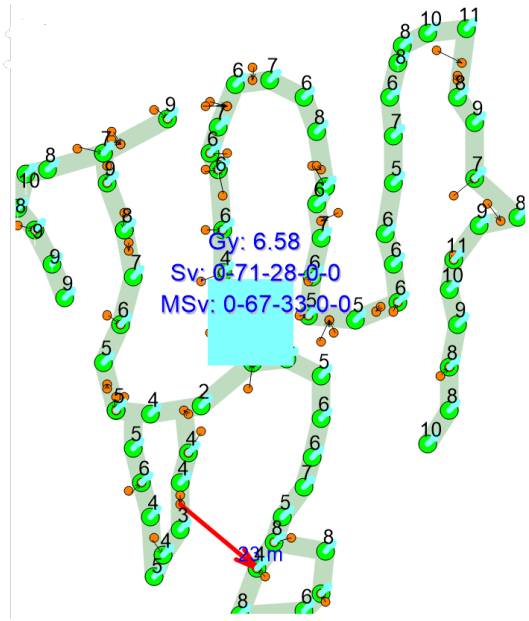
Algoritmen kan beräkna stickvägslängd och stickvägsandel för två typer av vägnät: *samtliga stickvägar*, respektive *nya stickvägar*. I det förra fallet utnyttjas positionsinformation för samtliga avverkade stammar och i det senare fallet utnyttjas positionsinformation för stickvägsträd, vilka identifierats med hjälp av kranvinkelinformation. I båda fallen är dock funktionsprincipen för algoritmen den som beskrivits ovan.

Stickvägsandel

För en exakt beräkning av ett bestånds stickvägsandel krävs data om både stickvägarnas längd och bredd samt det aktuella beståndets areal. I den nuvarande versionen av hprYield mäts stickvägslängd (längd mellan gröna prickar som är sammanbundna enligt Figur A12.3) utifrån skördarens positioner som lagras vid varje tillfälle ett träd avverkas. Dock saknas en metod för att automatiskt mäta stickvägsbredd. Av dessa orsaker är stickvägsbredden, som används för beräkning av stickvägsandel, satt till ett värde på 4,3 meter i inställningsdokumentet.

Täthet och stamantal per 500 meter samt trädslagsandel

I gallringsalgoritmen är tätheten i form av grundyta viktig för att beräkna skogens täthet (GY/ha) före gallring. Täthet för grundyta och stamantal för 500 meters stickväg används också för filtrering om prognosen för gallringsstyrka och gallringskvot ska användas vid beräkning. Vid beräkning av tätheten beräknas ett medelvärde för alla stickvägsträden (±32 eller +28/-24 grader) runt varje grupp (grön prick). Som default används 50 meter stickväg runt varje grupp som grund för medelvärdet för enskild grupp, se Figur A12.3 nedan. I nästa steg beräknas ett medelvärde för varje beräkningsyta baserat på alla gruppers enskilda värden. Beräkningen sker på liknande sätt för *grundyta per 500 meter stickväg* liksom för *stamantal per 500 meter stickväg*. I samband med denna beräkning beräknas också grundyteuttag per trädslag i stickväg respektive mellan stickvägar. Denna beräkning används för att skatta trädslagsfördelning efter gallring.



Figur A12.3. Stickvägsnät beräknat med hprYields algoritm för ett gallringsobjekt. Figuren visar täthet som avverkad grundyta per 500 meters stickväg per grupp och totalt för beräkningsytan. För beräkningsytan visas även uttagsandelen per trädslag i stickvägen (Sv) och mellan stickvägen (MSv) som andel av grundytan.

Bilaga 13. Algoritmer för beräkning av ålder och ståndortsindex baserat på skördardata som underlag för val av gallringsmallar vid automatisk gallringsuppföljning

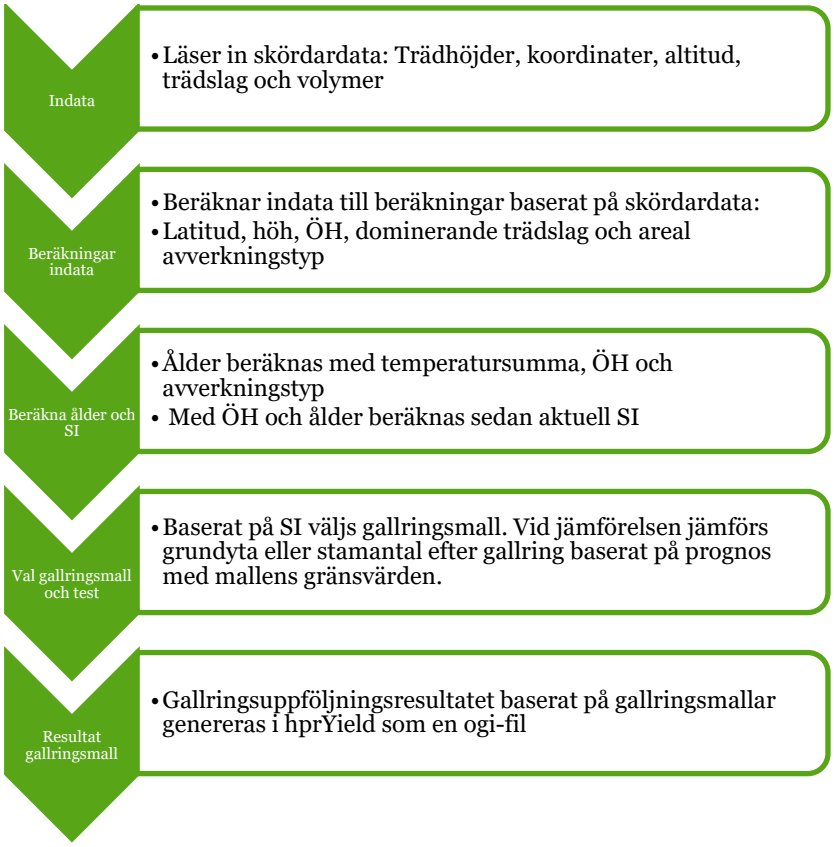
Data från huvudalgoritmen på beräkningsytenivå

Resultatet på prognos per beräkningsyta vid automatisk gallringsuppföljning kan jämföras med gallringsmallar. En gallringsmall är en rekommendation som beskriver när och hur en gallring ska utföras. Beroende av trädslag, ståndortsindex (SI) och trädens över höjd (ÖH) väljs aktuell gallringsmall.

Med skördardata kan dominerande trädslag och ÖH bestämmas. Dessutom samlar systemet in koordinater för var maskinen avverkar. Utifrån dessa data och beräknad ålder kan SI beräknas. Därefter väljs en gallringsmall. Syftet med algoritmen är alltså främst för ett stöd i skördaren för automatisk val av mall.

Flöde gallringsmall

I Figur A13.1 finns en översikt av arbetsgången för att bestämma SI, gallringsmall och jämförelseresultat. Flödet finns beskrivet i denna bilaga.



Figur A13.1. Procedur för hur systemet beräknar indata för att välja gallringsmall och hur sedan jämförelsen görs och kan generera utdata.

Resultatet av jämförelsen inkluderas i den ogi-fil som hprYield kan generera (se Bilaga 6 och 9). Jämförelsen genomförs i de fall en gallringsprognos beräknas. Typiskt görs prognoser för avverkningstyperna första gallring, sen första gallring och senare gallring. Det går även att ställa för andra avverkningstyper med hjälp av hprYields inställningsdokumentet.

Detaljer angående hur resultatet av jämförelsen med gallringsmallar lagras i ogi-filen beskrivs i Bilaga 9.

Följande data används: ÖH (m), dominerande trädslag (T, G, Övrigt), latitud (beräknas från koordinater), höjd över havet (m; 200 meter över havet om altitud saknas), avverkningstyp (första gallring, sen första gallring, senare gallring, klen slutavverkning – övriga ignoreras som default, det vill säga då ingen gallringsprognos görs) prognos grundyta efter gallring (m^2/ha), grundyta uttag (m^2/ha), prognos stamantal efter gallring (st/ha) och stamantal uttag (st/ha).

Funktioner för skattning av ståndortsindex

Följande funktioner har använts för att beräkna SI (Elfving och Kiviste, 1997) samt, efter vissa modifikationer, för att göra en skattning av trädåldern.

$$A = r + \text{ÖH} + a \qquad \text{Ekv. A13.1}$$

$$B = \frac{b}{t_{SI}^{c}} \qquad \text{Ekv. A13.2}$$

$$C = r + \text{ÖH} - a \qquad \text{Ekv. A13.3}$$

$$r = \sqrt{(\text{ÖH} - a)^2 + b * \frac{\text{ÖH}}{t_{\text{ÖH}}^{c}}} \qquad \text{Ekv. A13.4}$$

$$SI = \frac{A}{2 + \frac{B}{C}} \qquad \text{Ekv. A13.5}$$

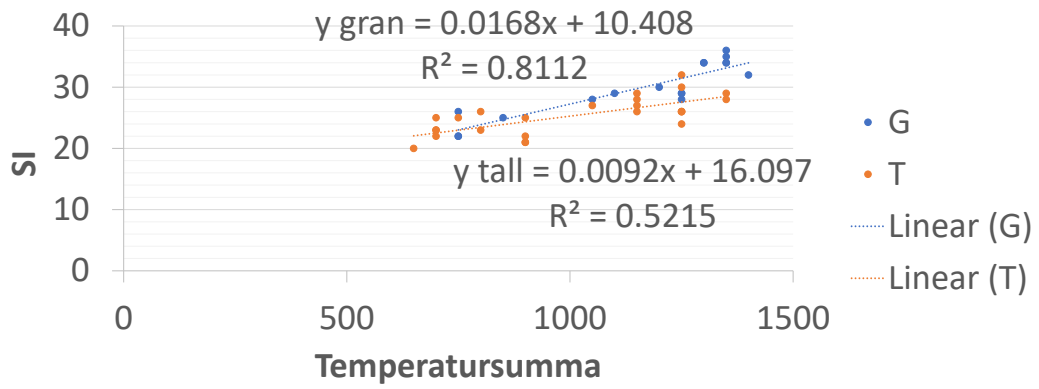
Som kan ses ovan är uttrycken A, B, C och r mellanräkningar för att beräkna ståndortsindex, medan a, b och c är trädslagsspecifika konstanter. ÖH är beståndets övre höjd i meter vid aktuell totalålder $t_{\text{ÖH}}$. Referensåldern t_{SI} är beståndsåldern från frö; för tall är t_{SI} 100 år medan t_{SI}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

Tabell A13.1. 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

Beräkning av ålder och ståndortsindex

För beräkning av ålder och SI med syfte att bestämma rätt gallringsmall har en funktion tagits fram som baseras på samband mellan temperatursumma och objektets SI. I Figur A13.2 nedan visas sambandet mellan SI för tall och temperatursumma, respektive SI för gran och temperatursumma.



Figur A13.2. Samband mellan temperatursumma och ståndortsindex (SI) för gran (G)- respektive tall (T)-gallringar insamlade från norra Skåne upp till södra Norrbotten (Hannrup m.fl. 2015). I snitt avtar temperatursumman med 90 grader per 100 meters ökad höjd och med 58 grader per nordlig breddgradsförflyttning.

Steg A – Initial beräkning av SI

Först görs en grov skattning av ståndortsindex (SI), enbart baserad på temperatursumma (tempSum) och trädslag. I dagsläget är bara tall och gran implementerade så val av funktion (nedan) bestäms utifrån dominerande trädslag (den av tall och gran som har störst stamvolym på beräkningsytan).

$$SI_{gran} = 0{,}0168 \cdot tempSum + 10{,}408 \qquad \text{Ekv. A13.6}$$

$$SI_{tall} = 0{,}0092 \cdot tempSum + 16{,}097 \qquad \text{Ekv. A13.7}$$

Temperatursumma

Temperatursumma är dygnsmedeltemperaturen över +5 grader under vegetationsperioden. Temperatursumman (*tempSum*) för beräkningsytor beräknas med hjälp av ytans latitud (*lat*) i grader, respektive höjd över havet (*hoh*) i meter (Morén & Perttu 1994).

$$tempSum = 4922.1 - 60.367 \cdot lat - 0.837 \cdot hoh \qquad \text{Ekv. A13.8}$$

Steg B – Beräkning av ålder

Användaren kan ange beståndsålder i ett dll-anrop. Om det inte gjorts beräknas i nästa steg åldern automatiskt. Detta görs baserat på beräkningsytans övre höjd (ÖH, beräknat från skördardata) och sambandet mellan SI, ÖH och ålder enligt Elving & Kiviste (1997), se ovan. Åldern ($Ålder_{a2}$) beräknas enligt nedanstående uttryck, där variablerna A och C ges av Ekvationerna A13.1–3 och de trädslagsspecifika konstanterna *a*, *b* och *c* ges av Tabell A13.1.

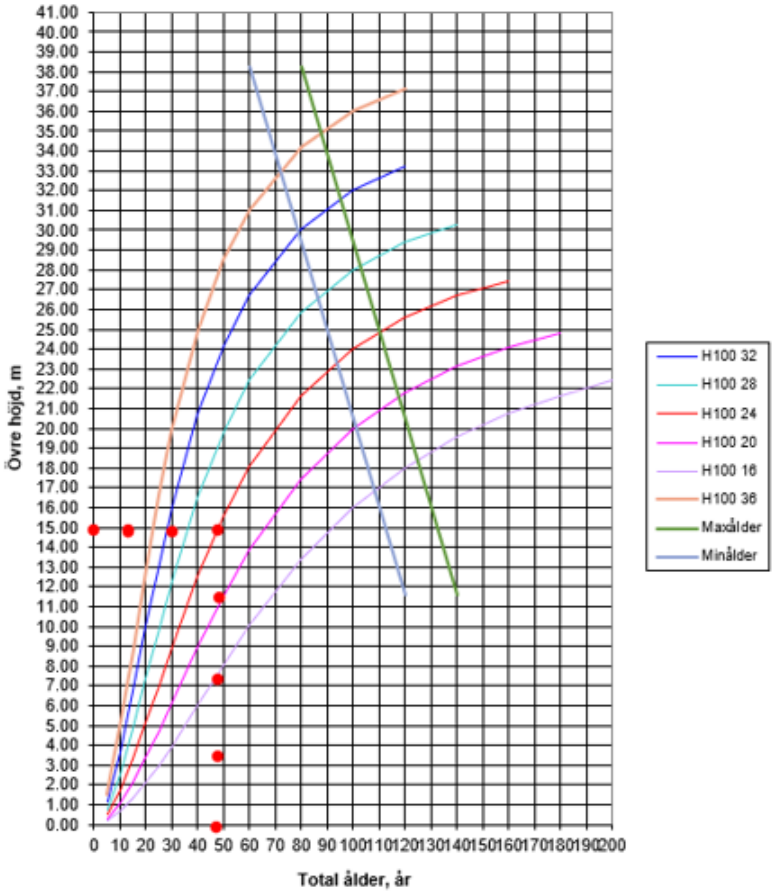
$$r = \sqrt{(\text{ÖH} - a)^2 + b \cdot \frac{\text{ÖH}}{t_{\text{ÖH}}^c}}$$ Ekv. A13.9

$$\text{Ålder}_{a2} = \left(\frac{b \cdot \text{ÖH}}{C \cdot (A - 2 \cdot \text{ÖH})}\right)^{\frac{1}{c}}$$ Ekv. A13.10

En ålderskorrektion görs för gran, funktionen drar av tre år från aktuell totalålder $t_{\text{ÖH}}$ (*a1*) om det dominerande trädslaget är gran. Till beräkningsytans uträknade ålder (Ålder$_{a2}$) adderas sedan tre år för grandominerande ytor.

Steg C – Ålderskorrektion för slutavverkning

För slutavverkning begränsas åldern av min- och maxnivåerna enligt begränsningslinjerna (blå och grön linje) i Figur A13.3 nedan. Om SI utifrån temperatursumman ger H10=28 används motsvarande kurva för att skatta åldern. Enligt figuren ovan kommer åldern vid ÖH=30 meter bli 135 år. Denna ålder ligger inte inom angiven min-maxålder.



Figur A13.3. Figuren visar höjdutvecklingskurvor för tall enligt (Elving & Kviste 1997). Figuren visar att vid övre höjd 15 och beräknad SI 24 för tall kommer åldern att skattas till ca 48 år. I skördaren beräknas ÖH per beräkningsyta (Möller 2014) och SI baserat på temperatursumma. Blå och grön linje visar min- och maxålder för slutavverkningsobjekt.

Max-ålder beräknas utifrån övre höjd enligt följande ekvation:

$$Ålder_{max} = 195 - \frac{55 \cdot ÖH}{18} \qquad \text{Ekv. A13.11}$$

Beräkningen ger en linjär funktion mellan ålder 85 år vid (T)G36 och ålder 140 år vid (T)G18 för tillåten slutavverkningsålder. För slutavverkning används även en lägsta ålder ($Ålder_{max}$ – 20).

Om åldern är högre än angiven begränsningslinje (max-ålder) sänks åldern till ($Ålder_{max}$ - 10) år oavsett avverkningsform. SI kommer då att höjas. I fallet ÖH=30 kommer det leda till att åldern sänks till 95 år och att SI då blir 31.

För slutavverkningar gäller att om åldern inte når lägsta ålder (min-ålder) enligt uppsatta begränsningar höjs åldern till min-ålder +10 år och motsvarande lägre SI beräknas.

Steg D Beräkning/korrektion av ståndortsindex

Beräkningsytans SI beräknas med originalformeln från Elving & Kiviste (1997) baserat på ÖH och beräknad ålder (se nedan), där funktionerna *A*, *B* och *C* definieras i Ekvationerna A13.1–3 ovan. Korrektionen görs även när åldersuppgiften tillförs direkt via dll-anropet.

$$SI = \frac{A}{2 + \left(\frac{B}{C}\right)} \qquad \text{Ekv. A13.12}$$

Exempel på beräknade ståndortsindex visas i Figur A13.4.

Temp.summa	Höjd över havet (m)					
Latitud	0	100	200	300	400	500
55	1602	1518	1435,00	1351		
56	1542	1458	1374	1290		
57	1481	1397	1314	1230	1146	
58	1421	1337	1253	1170	1086	
59	1360	1277	1193	1109	1026	
60	1300	1216	1133	1049	965	
61	1240	1156	1072	989	905	821
62,3	1179	1096	1012	907	845	761
63	1119	1035	952	868	784	700
64	1059	975	891	808	724	640
65	998	915	831	747	663	580
66	938	854	770	687	603	519
67	878	794	710	626	543	459
68	817	733	650	566	482	399

Gran SI	Höjd över havet (m)					
Latitud (grader)	0	100	200	300	400	500
55	37,3	35,9	34,5	33,1		
56	36,3	34,9	33,5	32,1		
57	35,3	33,9	32,5	31,1	29,7	
58	34,3	32,9	31,5	30,1	28,7	
59	33,3	31,9	30,5	29,0	27,6	
60	32,2	30,8	29,4	28,0	26,6	
61	31,2	29,8	28,4	27,0	25,6	24,2
62	30,2	28,8	27,4	25,7	24,6	23,2
63	29,2	27,8	26,4	25,0	23,6	22,2
64	28,2	26,8	25,4	24,0	22,6	21,2
65	27,2	25,8	24,4	23,0	21,6	20,1
66	26,2	24,8	23,4	21,9	20,5	19,1
67	25,2	23,7	22,3	20,9	19,5	18,1
68	24,1	22,7	21,3	19,9	18,5	17,1

Tall SI	Höjd över havet (m)					
Latitud (grader)	0	100	200	300	400	500
55	30,8	30,1	29,3	28,5		
56	30,3	29,5	28,7	28,0		
57	29,7	29,0	28,2	27,4	26,6	
58	29,2	28,4	27,6	26,9	26,1	
59	28,6	27,8	27,1	26,3	25,5	
60	28,1	27,3	26,5	25,7	25,0	
61	27,5	26,7	26,0	25,2	24,4	23,7
62	26,9	26,2	25,4	24,4	23,9	23,1
63	26,4	25,6	24,9	24,1	23,3	22,5
64	25,8	25,1	24,3	23,5	22,8	22,0
65	25,3	24,5	23,7	23,0	22,2	21,4
66	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9
67	24,2	23,4	22,6	21,9	21,1	20,3
68	23,6	22,8	22,1	21,3	20,5	19,8

Figur A13.4. I figuren visas samband mellan latitud och höjd över havet med temperatursumma och beräknad SI för gran respektive tall. Övre tabellen innehåller den beräknade temperatursumman, nedre vänstra tabellen default SI gran och nedre högra tabellen default SI tall.

Exempel som illustrerar steg A och B

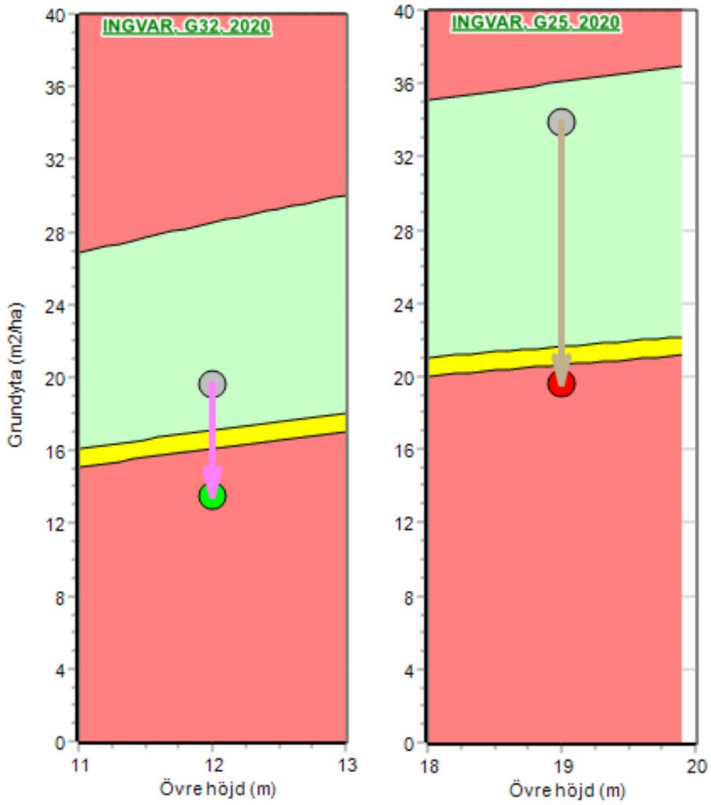
Nedan följer en förenklad källkod från hprYield som illustrerar hur steg A och B har implementerats:

```
If Gran then
  h1 := 0.0168 * tempSumma + 10.408; //beräknad SI vid ålder A1
If Tall then
  h1 := 0.0092 * tempSumma + 16.097; //beräknad SI vid ålder A1

a1 := 100;
h2 := OH; //övre höjd vid gallring, okänd ålder

//ålderskorrektion för gran
if GRAN then
  a1 := a1 - 3;

r := sqrt(sqr(h1 - a + b * h1 * power(a1, c));
A := r + h1 + a;
C := r + h1 - a;
```

```
a2 := b * h2/(C*(A-2*h2));
a2 := Power(a2,-1/c); //minustecken p.g.a. lilla c definierad negativ jmf med rapport

//ålderskorrektion för gran
if funkDomTrsl = 'G' then
  a2 := a2 + 3;
alder := Round(a2);
```

Bilaga 14. Inställningar gallringsmallar och presentation av resultat

En gallringsmall är en rekommendation som beskriver när och hur en gallring ska utföras. I exemplen nedan beskrivs hur gallringsmallarna rekommenderar hur och när skogen ska gallras beroende på skogens övre höjd, grundyta och bonitet. hprYield stödjer idag två typer av gallringsmallar, ”INGVAR” respektive ”Skogsstyrelsen”, som båda baseras på kombinationen av övre höjd och grundyta per hektar. Dessutom stöds Bergviks gallringsmallar som använder gränsvärden för minsta antal stammar per hektar efter gallring och även har nivåer för max uttagen andel av grundytan per hektar. I Figur A14.1 nedan illustreras Ingvars gallringsmallar baserat på grundyta. Enligt mallen ska alltid grundytan, både före och efter gallring, vara inom det gröna området. I exemplet nedan visar grå prick grundytan före gallring och röd eller grön prick grundytan efter gallring. Den nedre prickens färger beror i detta fall av gallringsstyrkan, i exemplet nedan illustrerar grön färg gallringsstyrka mellan 25–35 procent och röd färg gallringsstyrka över 40 procent.



Figur A14.1. Exempel på visuellt gränssnitt vid användning av gallringsmallen Ingvar. Figuren till vänster visar en avverkning med ÖH 12 meter med en grundyta före gallring på ca 20 m^2/ha (grå prick) och grundyta efter gallring på 13 m^2/ha (grön prick). Figuren till höger visar en avverkning med ÖH 19 meter med en grundyta före gallring på ca 34 m^2/ha och grundyta efter gallring på 19 m^2/ha. Mallens mål är att grundytan alltid ska ligga på grönt område både före och efter gallring, det vill säga gallring ska utföras innan grå prick når övre grön linje och avslutas inom det gröna fältet. Det gula fältet visar ca en halv standardavvikelse för gallringsprognosens precision, det vill säga ca 1 m^2/ha.

Inställningar enligt gallringsmallen Ingvar

Gallringsmallar baserade på övre höjd (x) i meter enligt INGVAR, föreslagen övre gräns för grundyta ($y_ö$) före utförd gallring beräknas med följande formel:

$$y_ö = c + k \cdot ln(x) \qquad \text{Ekv. A14.1}$$

där k och c varierar beroende på trädslag och SI enligt Tabell A14.1 och Tabell A14.2 för gran respektive tall. I aktuell version används bonitering för tall och mallar även för björk/övrigt löv. Den nedre gränsen (y_u) efter gallring definieras som 60 procent av den övre ($y_ö$), således:

$$y_ö = 0.6 \cdot (c + k \cdot ln(x)\ ) \qquad \text{Ekv. A14.2}$$

Tabell A14.1. Koefficienter i INGVARs gallringsmallar för granbestånd beroende på ståndortsindex. Koefficienterna varierar med objektets ståndortsindex.

Ståndortsindex	*C*	*k*
G16–G22	-21,11	18,747
G23–G28	-19,007	18,706
G29–G34	-18,812	19,041
G35–G40	-19,581	19,844

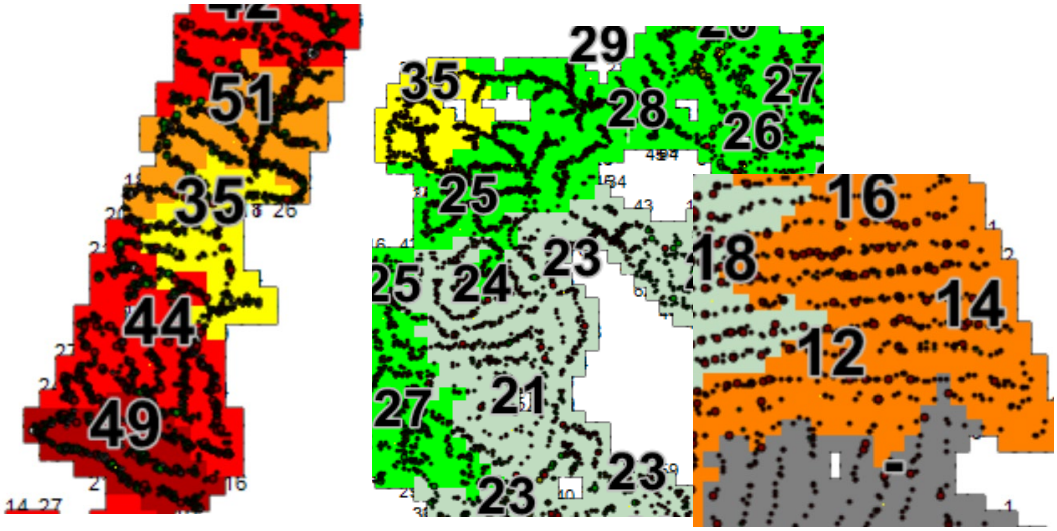
Tabell A14.2. Koefficienter för INGVARs gallringsmallar för tall och andra trädslag förutom gran (björk, övrigt löv, Contorta mm). Koefficienterna varierar med objektets ståndortsindex.

Ståndortsindex	*C*	*k*
T14–T17	-22,642	17,621
T18–T21	-8,4582	12,905
T22–T25	-10,823	14,434
T26–T30	-10,523	14,941

I default-inställningar av INGVARs gallringsmallar kommer beräkningsytornas polygoner som beskriver bland annat grundyta efter gallring att signalera olika färger beroende av gallringsstyrka, se Figur A14.2 nedan. I default-inställningen är färginställningen enligt Tabell A14.3 nedan.

Tabell A14.3. Defaultfärger för gallringsstyrkan i hprGallring vid användning av gallringsmall INGVAR.

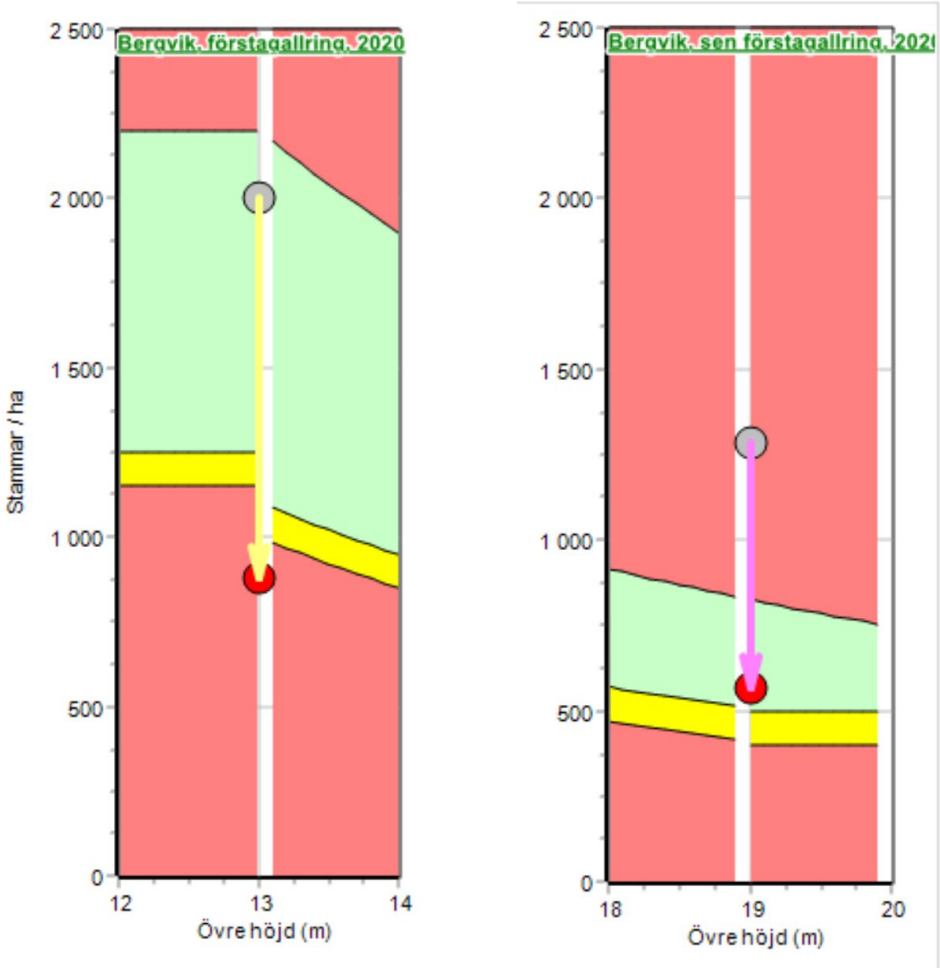
Ståndortsindex	*<16 %*	*16–24 %*	*25–34 %*	*35–39 %*	*40–49 %*	*45–49 %*	*>50 %*
Alla Tall	Orange	Ljusgrön	Grön	Gul	Röd	Mörkröd	Orange
Alla Gran	Orange	Ljusgrön	Grön	Gul	Röd	Mörkröd	Orange



Figur A14.2. Gallringsstyrka. Exempel på visuellt gränssnitt i hprGallring vid användning av gallringsmallen ”INGVAR”. Figuren visar olika färger för olika gallringsstyrka, röd illustrerar högre gallringsstyrka och grön lägre gallringsstyrka.

Inställningar enligt gallringsmallen Bergvik

Gränsvärdena för Bergviks gallringsmallar baseras på stamantal och max gallringsstyrka. Gallringsstyrkan beräknas baserat på grundyta. En första version togs fram 2014, men reviderades 2018 (Figur A14.3).



Figur A14.3. Exempel på visuellt gränssnitt i hprGallring vid användning av gallringsmallen ”Bergvik”. Figuren till vänster visar en avverkning med ÖH 13 meter och ett stamantal före gallring på ca 2000 st/ha (grå prick) och stamantal efter gallring på ca 900 stammar/ha (Röd prick). Figuren till höger visar en avverkning med ÖH 19 meter med ett stamantal före gallring på över 1350 stammar och stamantal efter gallring på 650 stammar/ha. Mallens mål är att stamantalet alltid ska ligga på grönt område.

Funktionen för stamantal är som följer:

$$\text{Stamantal} = a * \text{Ö}H^n + c$$

Där a, c och n är konstanter som varierar med övre höjd (*ÖH*) enligt tabell A14.4 för högsta tillåtna antal stammar och för lägsta tillåtna antal stammar i tabell A14.5.

Tabell A14.4. Konstanter för max stamantal efter gallring (första o senare) enligt Bergvik.

Övre höjd (*ÖH*)	*A*	*c*	*N*
<= 13	0	2200	0
13–15	383 080	0	-2,011
15–18	257 024	0	-1,95
> 18	257 024	0	-1,95

Tabell A14.5. Konstanter för lägsta stamantal efter gallring enligt Bergviks modell.

Övre höjd (*ÖH*)	*A*	*c*	*N*
<= 13	0	1250	0
13–19	199 720	0	-2,027
19 <	0	500	0

Skogforsk har lagt till ett gult fält under linjen för lägsta antal kvarvarande stammar, för att visa på osäkerheten i skattningen av kvarvarande stammar. Gränsen för detta fält ligger 100 stammar under linjen för lägsta antal stammar.

Bergvik har även nivåer för maxtillåtet uttag av grundytan per ÖH-klass enligt tabellerna nedan (Tabell 6 & 7). Låg nivå visar blå färg, önskad gallring grön färg och varningsnivå röd färg.

Tabell A14.6. Önskade nivåer på gallringsandelar efter första gallring enligt Bergvik.

Övre höjd (*ÖH*)	Låg nivå (%) – ”Blå nivå”	Önskad gallringsandel (%) ”Grön nivå”	Önskad gallringsandel (%) ”Gul nivå”	Varningsnivå (%) ”Röd nivå”
< 13	<29	29–40,9	41–42,9	>= 43
13–15,9	<29	29–40,9	41–42,9	>= 43
16–17,9	<29	29–40,9	41–42,9	>= 43
> 18	<26	26–33,9	34–38,9	>= 39

Tabell A14.7. Önskade nivåer på gallringsandelar för senare (andra och tredje) gallring enligt Bergvik.

Övre höjd (*ÖH*)	Låg nivå (%) ”Blå nivå”	Önskad gallringsandel (%) ”Grön nivå”	Önskad gallringsandel (%) ”Gul nivå”	Varningsnivå (%) ”Röd nivå”
< 13	<29	29–40,9	41–42,9	>= 43
13–15,9	<29	29–40,9	41–42,9	>= 43
16—17,9	<29	26–37,9	38–42,9	>= 43
> 18	<26	26–33,9	34–38,9	>= 39