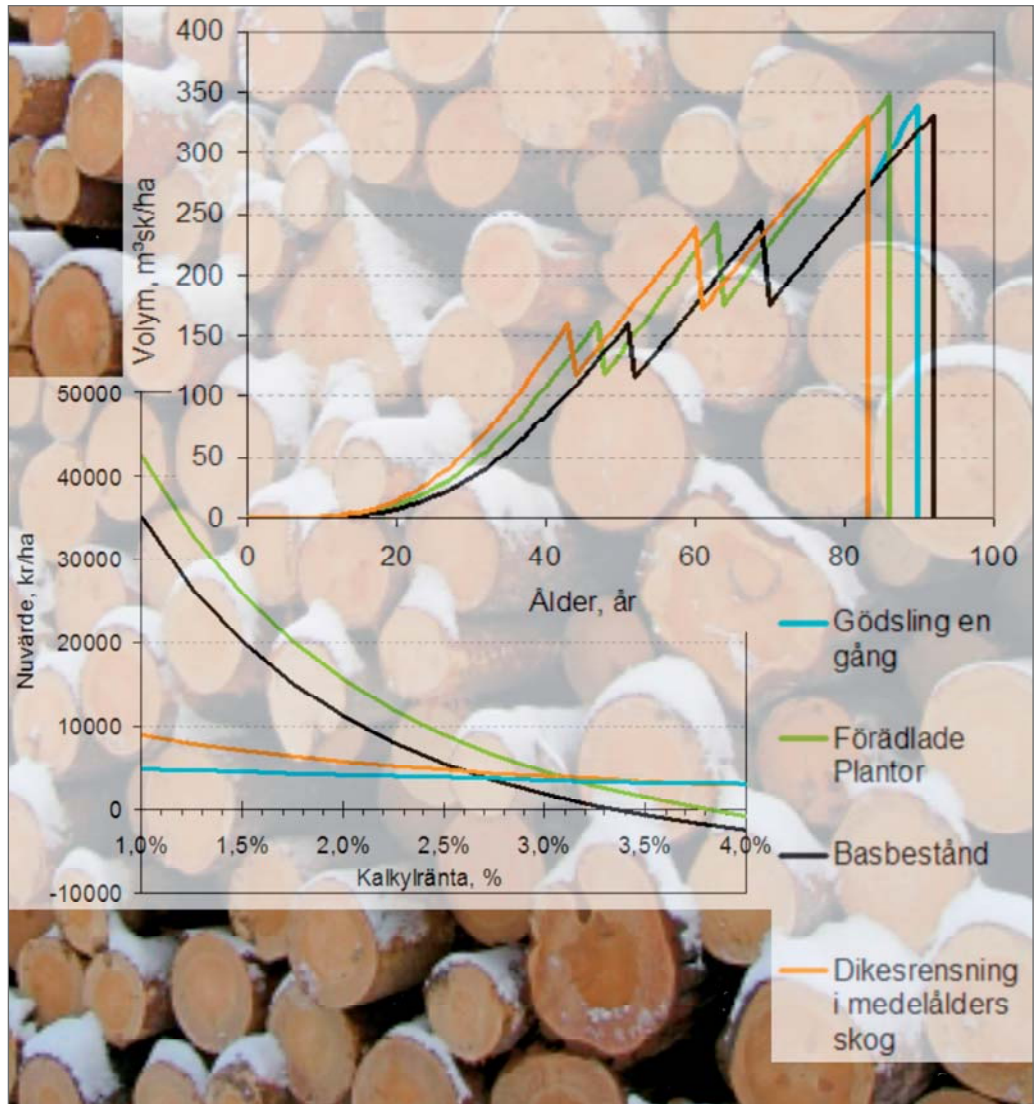


ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 640 2007



Tillväxthöjande skogsskötselåtgärder i privatskogsbruket

– UNDERLAG FÖR LÖNSAMHETSBERÄKNINGAR

Ola Rosvall, Rune Simonsen, Lars Rytter & Staffan Jacobson Skogforsk; Björn Elfving, SLU

Ämnesord: Dikesrensning, ekonomi, föryngring, förädling, gödsling, kalkylverktyg, lönsamhet, röjning, skogsskötsel, tillväxt.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

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

Förord

LRF-skogsägarna och samtliga skogsägareföreningar har inlett en kampanj för att öka skogsproduktionen hos sina medlemmar. Ett led i målsättningen är att öka tillväxten med 20 % genom att tillämpa lönsamma tillväxthöjande åtgärder. Varje skogsägareförening har anställt en s.k. produktionsrådgivare som tillsammans med en centralt placerad projektledare skall driva arbetet. Holmen Skog AB, planerar också en kampanj för att öka intensiteten i skogsskötseln bland sina leverantörer. De samverkade företagen gav Skogforsk i uppdrag att genomföra projektet: ”Produktionshöjande åtgärder i privatskogsbruket – underlag för lönsamhetsberäkningar”.

Dan Glöde Mellanskog, representant för LRF skogsägarnas skötselgrupp och Jan Orke region Norrköping, representant för Holmen Skog AB bildade en styrgrupp och förmedlade företagens önskemål. Från Skogforsk medverkade Staffan Jacobson, Ola Rosvall (projektledare), Rune Simonsen och Lars Rytter. Från SLU, Björn Elfving.

Rune Simonsen har producerat kalkylverktyget. Lars Rytter har skrivit avsnittet om trädslag och Staffan Jacobson avsnittet om tillväxteffekter vid biomassa-uttag. Björn Elfving har bidragit med sin kunskap och ställt flera nyutvecklade prognoshjälpmedel till projektets förfogande.

Projekttiden har varit kort och det kalkylverktyg som utvecklats riktar sig till en snäv expertgrupp, nämligen företagets personal med ansvar för information och marknadsföring. De skall med kalkylhjälpmedlet som grund kunna utforma pedagogiska medel för att nå skogsägarna med sitt budskap. Om kalkylverktyget uppfyller uppställda önskemål skall det vidareutvecklas och göras mer tillämpligt i ett senare skede.

Innehåll

Förord.....	1
Inledning.....	3
Syfte.....	3
1. Verktyg för analys av ekonomin hos tillväxthöjande skogsskötselåtgärder.....	5
Analysverktygets konstruktion.....	5
Produktionsmodell.....	6
Lönsamhetsberäkningar.....	9
Manual till analysprogrammet.....	10
Steg 1. Priser.....	11
Steg 2. Kostnader.....	12
Steg 3. Basbestånd.....	12
Steg 4. Simulering av olika åtgärders produktion och ekonomi.....	14
Tillväxtökning med olika förnygringsprogram.....	14
Tillväxtökning genom åtgärder i befintlig skog.....	21
Steg 5. Åtgärdsjämförelse och känslighetsanalys.....	23
Möjligheter och begränsningar med analysverktyget.....	23
Referenser.....	26
2. Produktionspotential hos inhemska och introducerade trädslag.....	29
Inledning.....	29
Trädslag.....	30
Hybridasp.....	30
Björk.....	31
Lärk.....	31
Douglasgran.....	33
Sitkagran.....	34
Contortatall.....	34
Produktionsnivåer och skötselrekommendationer.....	36
Något om ekonomi.....	37
Litteratur.....	38
3. Intensivare skörd – uttag av energisortiment.....	41
Inledning.....	41
Uttag av avverkningsrester.....	41
Stubbar.....	43
Kompensationsgödsling.....	43
Askåterföring.....	43
Ekonomi.....	44
Litteratur.....	45
Bilaga 1 Produktionsmodellens egenskaper.....	47
Bilaga 2 Installation av Exelprogrammet.....	59

Inledning

Tillväxten i ett skogsbestånd kan ökas med en lång rad skogsskötselåtgärder. Skogforsk har tillsammans med SLU i tre olika utredningar beräknat möjligheterna till ökad tillväxt och avverkning. Den första utredningen avsåg ökad intensitet med traditionella metoder: föryngring, förädlade plantor, contortatall och gödning. Ökad intensitet i skogsskötseln jämfördes med 1990-talets skogsskötsel och naturvårdsnivå för Västernorrlands och Jönköpings län (Rosvall m.fl., 2004a; 2004b). Den andra utredningen avsåg privatskogsbruket och omfattade i tillägg en rad skadeförebyggande åtgärder mot snytbagge, älg och rot-röta (Rosvall m.fl., 2004c).

Den tredje utredningen avsåg Holmen Skog AB och inkluderade många fler åtgärder än i de andra utredningarna, t.ex. dikesrensning och SE-plantor (somatic embryogenes), samt enskilda moment inom ett visst skötselkomplex, t.ex. plantstorlek vid föryngring (Rosvall & Normark, 2006). Effekten beräknades också av ett klimatscenario.

I en därpå följande rapport gjordes en övergripande analys av tillväxtmöjligheterna på landsnivå med de tidigare utredningarna som underlag (Rosvall, 2007). I den översikten inkluderades ytterligare tillväxtmöjligheter genom metoder som föreslagits av Oljekommissionen, som nämnts i Skogsutredningen, samt metoder som ofta diskuterats på senare tid (Anon, 2006; SOU, 2006:81), t.ex. näringsoptimering av gran, plantering av åkermark, askgödning av dikad torvmark samt nydikning av våt skogsmark och ägoslaget myrmarker. Nydikningsberäkningarna baserades på den omfattning som föreslogs i 1973 års skogsutredning (SOU, 1978:6).

De här utredningarna redovisar vad som är möjligt och diskuterar utifrån tekniska, ekonomiska och naturvårdsmässiga utgångspunkter vad som kan vara realistiskt eller rimligt. I Holmenutredningen togs ett ytterligare steg genom att kostnader och intäkter till följd av åtgärderna redovisades. För att prioritera rätt mellan åtgärder när målsättningen är att öka tillväxten är det nödvändigt att inkludera ekonomiska analyser i investeringsbesluten. Nu pågår därför på uppdrag av Holmen Skog AB en fördjupad lönsamhetsanalys av åtgärderna i Holmenutredningen (Simonsen, Rosvall & Gong, Redogörelse från Skogforsk, manuskript).

Syfte

Syftet med det här uppdraget från LRF Skogsägarna och Holmen Skog AB till Skogforsk var att 1.) Utveckla ett kalkylhjälpmedel så att de tillväxthöjande åtgärdernas lönsamhet kan analyseras på beståndsnivå. Effekten av olika åtgärder på produktion, kassaflöde och lönsamhet skall enkelt kunna beräknas för bestånd av tall, gran och contortatall (norra Sverige) på olika boniteter i hela landet. Dessutom omfattade uppdraget att 2.) Sammanfatta viktig information om tillväxtmöjligheterna hos ytterligare ett antal trädslag, inklusive introducerade arter samt att 3.) Ge en enkel översikt av effekterna på tillväxten i nuvarande eller framtida skog vid uttag av virke, träddeklar, grot, etc.

Det bör understrykas att syftet är av skapa underlag för strategiska beslut där översikt och pedagogik är viktigt. Andra prognoshjälpmedel behövs för att beräkna effekter i specifika verkliga bestånd, t.ex. från beståndsregistret till en skogsbruksplan. Ytterst är målet alltså att möjliggöra en informationssatsning så att privata skogsägare förstår vilka möjligheter som finns för att öka skogsproduktionen.

Arbetet har resulterat i ett analysverktyg (utformat i Excel) samt den här arbetsrapporten som redovisar tillvägagångssätt och resultat. Skogsägarföreningarna respektive Holmen Skog AB har att i nästa steg utforma egna pedagogiska material. Skogforsk gör inga specifika konklusioner utan levererar endast detta analysverktyg.

1. Verktyg för analys av ekonomin hos tillväxthöjande skogsskötselåtgärder

Ola Rosvall, Rune Simonsen, Skogforsk & Björn Elfving, SLU

ANALYSVERKTYGETS KONSTRUKTION

Analysverktyget är utformat i Excel och utnyttjar en enkel produktionsmodell som bygger på anlagda förbandsförsök och representerar därmed välskötta framtidsskogar. Först skapas ett planterat (eller sått) Basbestånd av oförädlad tall eller gran med önskat ståndortsindex (H_{100}) och beståndstäthet (stammar per ha) före första gallring. Skötselåtgärder för föryngring och gallring specificeras, men har i programmet ingen direkt koppling till utgångsläget före 1a gallring. Samtliga skötsel- och avverkningskostnader anges tillsammans med önskad virkesprislista. Analysverktyget beräknar sedan med ledning av specificerad kalkylränta den optimala omloppstiden samt redovisar virkesuttag, beståndsdata, utgifter och intäkter samt lönsamhetsparametrar tillsammans med en figur som visar stående virkesförråd över tiden.

I nästa steg vidtas skogsskötselåtgärder i Basbeståndet för att i första hand öka tillväxten. Det finns även exempel på åtgärder som sänker tillväxten. Varje åtgärd analyseras på ett eget Excelark, där det åtgärdade beståndet jämförs med Basbeståndet. Basbeståndet ingår som referens för nästan alla beräkningar av åtgärdseffekter men det är inte alltid som det är den lämpligaste jämförelsen. På ett sammanfattande Excelark kan därför alla åtgärder jämföras i en tabell och en figur med förrådsutvecklingen. Där redovisas även en figur med känslighetsanalyser för kalkylräntor mellan 1–4 procent.

Följande huvudåtgärder kan analyseras:

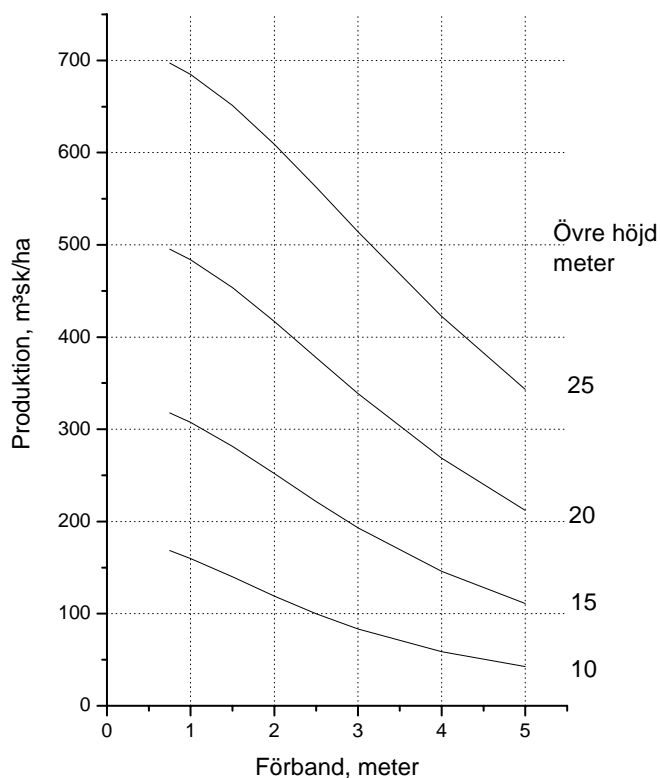
1. Plantering av förädlade plantor.
2. Plantering av contortatall.
3. Sådd av tall eller contortatall.
4. Försenad plantering.
5. Utan markberedning.
6. Naturlig föryngring med fröträd av tall.
7. Utan röjning.
8. Stamtäta bestånd.
9. Dikesrensning efter halva omloppstiden eller både år noll och efter halva omloppstiden.
10. Gödsling en eller två gånger före slutavverkning.

De olika alternativa skötselåtgärderna genereras genom att styra produktionsmodellen på något av följande sätt:

1. Ändra produktionspotentialen genom att ändra ståndortsindex $SI H_{100}$
2. Skapa en tidsförlust till följd av långsam initial utveckling.
3. Skapa en tidsförlust till följd av att en åtgärd försenas.
4. Skapa extra luckighet genom att stamantalet sänks till hälften och en fjärdedel i delar av beståndet.

Produktionsmodell

Vi använde en produktionsmodell som bygger på att produktionen (totalproduktion av stamved) är proportionell mot övre höjdens utveckling (oavsett bonitet) och antalet stammar per ha (figur 1). Den är framtagen ur förbandsförsök med rena bestånd av tall och gran, Elfving (2004). Granförsöken är planterade bestånd, medan tallförsöken både är planterade och självföryngrade bestånd med tidig röjning. Försöken har successivt gallrats med låggallring. Vi reducerade modellens produktion med 10 % för att bättre kunna representera vad som kan uppnås vid praktisk skogsskötsel. För tall modifierade vi också tillväxtens utvecklingsförlopp över tiden för att de produktionsoptimala omloppstiderna skall likna dem i andra nya tillväxtmodeller. Vi valde att använda de nya höjduitvecklingskurvorna för beståndets övre höjd som är framtagna ur data från planterade produktionsförsök (Elfving & Kiviste, 1997). Grundytan beräknas med hjälp av formhöjdsfunktioner och grundytamedelstammen med hjälp av grundyta och stamantal. Medeltillväxten beräknas som totalproduktionen dividerad med tiden i år. Produktionsoptimal omloppstid uppnås när medeltillväxten kulminerar. Brandels mindre volymfunktioner för tall och gran används för att omvandla m^3sk till m^3fub (Brandel, 1994). Den naturliga avgången beräknades som en årlig sänkning av stamantal och volym enligt Elfving (pers.komm.) och ingår inte i redovisade virkesuttag. Detaljer om produktionsmodellens och kalkylverktygets funktioner samt exempel på produktionsmodellens egenskaper redovisas nedan och i bilaga 1.



Figur 1.
Produktionsmodell baserad på förbandsförsök med tall (Elfving, 2004). Produktionen är bestämd av övre höjdens utveckling och stamantalet.

Förbanden är skötta med återkommande ”normala” låggallringar, vilket också måste tillämpas när produktionsmodellen används. Modellen kan därför endast i begränsad omfattning användas för att studera olika gallringsstyrkor och gallringsformer. Det finns t.ex. inga separata funktioner för gallringsreaktion. Effekten av gallring inom ramen för låggallring finns inbyggd i tillväxtmodellen. Det finns inte heller någon effekt av ökad självgallring när man anger höga stamantal utöver den genomsnittliga självgallring som alltid förekommer. Därför skall rimliga stamantal, gallringsstyrkor och gallringskvoter specificeras vid tillämpningen.

Gallringen föreslås ske standardmässigt och vid produktionsoptimala tidpunkter. Styrkan är lämpligen mellan 25–35 % på grundytan i 1a gallring inklusive stickvägar (som behandlas separat) och 25–30 % i följande gallringar. Uttaget i stickvägar beräknas som stickvägsareal reducerad med 25 %, eftersom man i praktiken slingrar sig fram genom beståndet och därmed tar ut en något lägre andel av grundytan än av arealen. Vi har utarbetat lämpliga initiala stamantal och gallringsprogram för olika SI H_{100} av tall, gran och contortatall. Grundalternativet är två gallringar vid ca 14 och 19 meter övre höjd för tall och contortatall, samt vid ca 14 och 18,5 meter övre höjd för gran. En förenkling är att samma gallringsprogram används för de åtgärdade bestånden som för basbeståndet. Denna förenkling måste beaktas när man gör riktigt stora produktionsvinster, som t.ex. vid jämförelse av väl röjd tallskog på svag mark som planeras för en gallring, eller med plantering av contortatall med högre stamantal som planeras för två gallringar. Det går alltså inte att jämföra ett Basbestånd

med en gallring och ett behandlat bestånd med två gallringar. Här måste man välja antingen en eller två gallringar.

Beståndets täthet definieras med stamantalet vid tidpunkten för första gallring. Det finns emellertid ingen direkt koppling i kalkylverktyget mellan effekt av åtgärder vid beståndsanläggningen och stamantalet vid 1a gallringen. Användaren får skapa ett lämpligt förnygringsprogram genom att ange antal plantor och beakta effekt av naturlig förnygring och naturlig avgång så att önskat stamantal vid första gallring uppnås. Røjningstidpunkten specificeras genom att ange beståndets övre höjd vid røjning. Eftersom produktionsmodellen är baserad på förbandsförsök passar det att tillämpa tidig røjning, d.v.s. vid 3–4 m övre höjd.

Modellen är utarbetad med underlag från trädslagsrena bestånd av tall och gran. Produktionseffekter av lövinblandning är måttlig. Ofta ersätter de saknade huvudstammar och gallras bort. Man kan därför tänka sig att naturförnygrade lövplantor ersätter en del av barrplantorna. (Produktionsskillnader mellan barrbestånd och rena lövbestånd är däremot stora).

I tabellen nedan anges vårt val av lämpliga stamantal vid första gallring för tall, gran och contortatall på olika boniteter, SI H_{100} . Användaren får själv ”föreställa sig” det plantantal och røjningsförband som för aktuell ståndort, trädslag, avgång och inväxning leder till detta stamantal vid 1a gallring.

Tabell 1.

Vårt förslag till antal stammar per ha vid 1a gallring (d.v.s. det stamantal som produktionsmodellen räknar med), antal stammar per ha efter røjning om mortaliteten är 0,5 – 0,6 % per år (10–15 % totalt) och lämpligt antal plantor per ha vid 75 % överlevnad och 15 % utfyllnad av naturligt förnygrade barr- eller lövträd.

Tall och contortatall				Gran			
SI H_{100}	Lämpligt antal plantor per ha	Antal stammar per ha efter røjning	Specificerat antal stammar per ha vid 1a gallring	SI H_{100}	Lämpligt antal plantor per ha	Antal stammar per ha efter røjning	Specificerat antal stammar per ha vid 1a gallring
T16	1 900	1 700	1 300	G16	2 000	1 800	1 300
T20	2 200	1 900	1 600	G20	2 300	2 100	1 600
T24	2 300	2 100	1 800	G24	2 500	2 200	1 800
T28	2 500	2 200	2 000	G28	2 700	2 400	2 000
				G32	2 600	2 300	2 000
				G36	2 700	2 400	2 200

Contortatallens tillväxt simuleras med hjälp av produktionsmodellen för tall. Contortatallens högre produktion skapas genom att höja tallens ståndortsindex SI H_{100} så mycket att den optimala medelproduktionen ökar med 35–45 %, beroende på plantornas förädlingsgrad, vilket användaren specificerar (Elfving & Norgren 1993; Rosvall m.fl., 2001). Det motsvarar en höjning av SI H_{100} med upp till 4 m. Genom att använda granens barkfunktioner uppnås det för contortatallen i jämförelse med tall högre utbytet mätt i m^3 fub. Den valda ökningen av medelproduktionen inkluderar en tillväxtförlust om 5 %, genom högre avgång än i tall, och 2 % högre tillväxt till följd av ökad överlevnad, eftersom vi inte förändrar stamantalet i contortasimuleringarna. Den vanligtvis något lägre densiteten hos contortatall ingår inte i beräkningarna.

I produktionsmodellen kan vi enkelt variera SI H_{100} (tillväxtpotential) och stamantal per ha. Vi kan även manipulera luckigheten genom att beräkna summor och medeltal för delbestånd med olika stamantal samt skapa olika tidsförluster och på så vis simulera olika skötselmetoders effekt. För att simulera effekter av att inte röja har vi emellertid endast ”konstruerat” ett exempel med stöd i experimentresultat och annan kunskap.

Det är viktigt att förstå att de här använda produktionsmodellerna representerar framtidens välskötta kulturskogar och att de inte bygger på tillväxtfunktioner. De skiljer sig därför från produktionsmodeller som använder tillväxtfunktioner och som är framtagna med hjälp av t.ex. Rikskogstaxeringens provtyper. Våra produktionsmodeller är således inte gjorda för att skriva fram ett bestånd med data ur en skogsbruksplan.

Lönsamhetsberäkningar

Föryngrings- och skötselkostnader specificeras för varje åtgärd av användaren. Röjningskostnaden kan t.ex. varieras beroende på föryngringsmetod. Analysverktyget innehåller exempel på genomsnittsvärden från känd statistik. Tidpunkten för olika åtgärder bestäms av användaren eller utlöses av produktionsmodellen vid visst utvecklingsstadium hos beståndet, t.ex. röjning vid en given övre höjd (lämpligen ca 3–4 m).

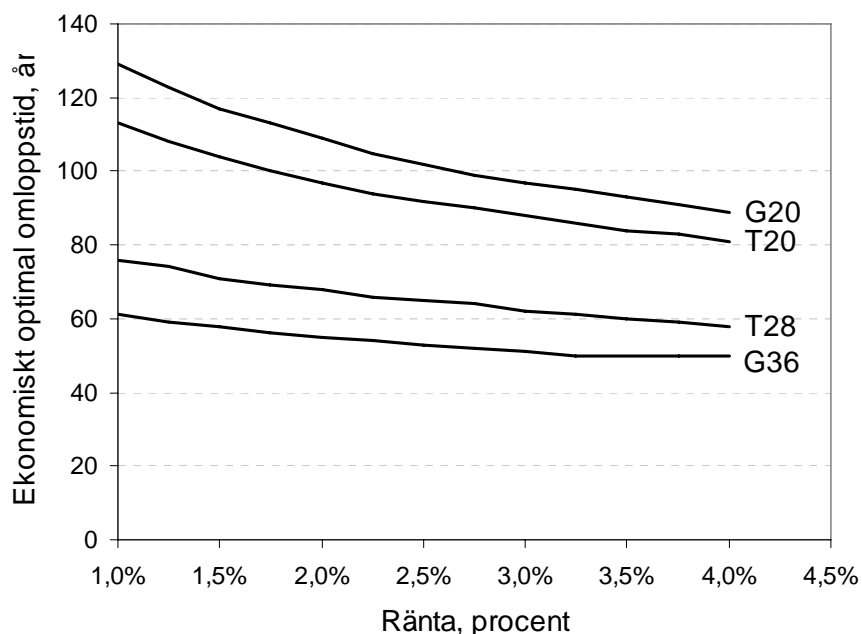
Vid avverkning prissätts grundytamedelstammen med en stamprislista som anger priset per m^3 fub för träd med olika volym. Stamprislistan konstrueras i kalkylverktyget med hjälp av en sortimentsprislista som användaren matar in och en simulerad aptering enligt tillgänglig statistik Möller, 2005; Rosvall & Normark, 2006. I analysverktyget finns underlag för att beräkna stampriser för tre olika regioner: en för Götaland, en för Norra Norrland samt en för södra Norrland och Mellansverige. Sistnämnda är en interpolation mellan de två första (träden har i genomsnitt olika längd i olika landsändar och sortimentsutfallet blir därför olika). Genom att skriva in aktuell prislista beräknas nya stampriser med en funktion för gallringsstammar och en för slutavverkningsstammar. Träden apteras på det för regionen genomsnittliga sättet.

Det skall observeras att samma stamprislistor används för Basbeståndet och de åtgärdade bestånden och att det således inte tas hänsyn till om åtgärden förändrar verkets inre kvalitet (annat än den bakomliggande statistik för kvalitet som ger ökat pris i prislistan vid ökad yttre dimension).

Avverkningskostnaden beräknas med de funktionssamband som tillämpas av Holmen Skog AB. Ingångsdata är grundytamedelstammens volym (m^3 fub), totaluttagets storlek (m^3 fub), skotningsavstånd och maskinkostnad (kostnad per G_{15} -timme för olika maskinstorlekar) samt landsända. Olika funktioner används för gallring och slutavverkning.

Lönsamheten beräknas som nuvärdet vid tidpunkten när en åtgärd påbörjas. Nuvärdet beror på intäkter, kostnader och på den kalkylränta som användaren specificerar. Kalkylräntan skall i princip avse användarens önskemål om real avkastning på investerat kapital. Alla kostnader och intäkter fram till- och inklusive slutavverkning diskonteras tillbaka till det år åtgärden påbörjas. Analysverktyget beräknar ekonomiskt optimal omloppstid för bestånd skötta med olika åtgärder. Optimal omloppstid bestäms genom att maximera markvärdet.

För att den ekonomiskt optimala omloppstiden skall uppfattas som rimlig krävs en måttligt hög kalkylränta. Redan vid 3 % börjar omloppstiderna att bli så korta att de kan uppfattas som olämpliga eller att de strider mot skogsvårdslagens lägsta slutavverkningsåldrar (figur 2). Kalkylräntan bör därför hållas inom 0–3 %. Användaren kan också välja omloppstid, varvid kalkylverktygets optimeringsfunktion kopplas ur.



Figur 2. Samband mellan ekonomiskt optimal omloppstid och kalkylränta för tall- och granbestånd med högt respektive lågt SI H_{100} . (T20, 1 600 st/ha, 1a gallring vid 13 m öh, 35 % av grundytan, T28, 2 000 st/ha, 1a gallring vid 13 m öh, 35 % av grundytan, 2a gallring vid 18 m öh, 25 % av grundytan, G20, 1 600 st/ha, 1a gallring vid 14 m öh, 35 % av grundytan, G36, 2 200 st/ha, 1a gallring vid 16 m öh, 30 % av grundytan, 2a gallring vid 21 m öh, 25 % av grundytan).

MANUAL TILL ANALYSPROGRAMMET

Grundtanken med analysprogrammet är att man börjar med att skapa ett ”Basbestånd” som skall representera det bestånd man önskar tillämpa olika skötselåtgärder i. Alla åtgärdsscenarioer utgår sedan från detta Basbestånd och lönsamheten av en åtgärd kan betraktas som skillnaden mellan Basbeståndets lönsamhet och det åtgärdade beståndets lönsamhet.

Analysverktyget är gjort i Excel med en flik för varje åtgärd och en flik för att jämföra alla åtgärder sinsemellan. Virkespriser matas in på en flik i Excelarket som underlag för en stampriskurva och kostnaderna matas in på en annan flik.

Inmatning av data i Excelprogrammet

En manual för att installera excelprogrammet redovisas i bilaga 2.

Celler där användaren själv kan mata in data är **gula med röd skrift**.

OBS! Ändringar i andra celler (med innehåll) kan förstöra programmet. Det finns också känsliga data i de svarta områdena. Undvik att flytta runt på eller ändra namn på existerande blad eller skapa nya blad i verktyget. Det går bra att redigera i tomma celler. Kommentarer och hjälp finns i celler med en röd triangel i översta högra hörnet.

Beräkningarna sker oftast automatisk (som normalt i Excel), men en del beräkningar måste ske manuellt genom att trycka på knappar som aktiverar makron. Knapparna är **gula med röd text**.

Innan en hel serie indata matas in kan det vara en fördel att **avaktivera** automatisk cellberäkning i Excel. Detta görs i fliken Basbestånd i cell A24. Då sker inte beräkningarna, som kan ta viss tid, för varje inmatning. Kom ihåg att **aktivera** automatisk cellberäkning när data har matats in! Då sker beräkningarna.

OBS! Vissa funktioner kan ta upp till en minut att beräkna. Undvik därför att klicka på annat medan datorn räknar, då tar den ännu längre. Framtida versioner skall snabbas upp.

Steg 1. Priser

- Ändra eller använd redan angivna sortimentspriser i de gula fälten med röd text.
- Välj det område i landet som passar bäst med det önskade Basbeståndets läge.
- Tryck på knappen ”Beräkna Priskurva”. Då genereras en ny stampriskurva.

Alternativ:

- Tryck på knappen ”Använd standardpriser”.
- Välj eventuellt ny region och tryck på knappen ”OK”.

Alternativ:

- Mata in egna standardpriser i fliken ”Egna standarder”.
- Tryck på knappen ”Importerera egna standardpriser” för att hämta dessa.
- Välj eventuellt ny region och tryck på knappen ”OK”.

Det finns tre regioner: 1) Norra Norrland, 2) Södra Norrland och Mellansverige samt 3) Götaland.

Stampriskurvorna för gallring och slutavverkning kan granskas i figurerna, där punkterna anger prismodellens data och linjen den aktuella prisfunktionen som används i lönsamhetsberäkningarna.

Steg 2. Kostnader

- Ändra eller använd redan angivna kostnader.

Alternativ:

- Tryck på knappen ”Återställ alla till standardkostnader”.

Alternativ:

- Mata egna standardkostnader i fliken ”Egna standarder”.
- Tryck på knappen ”Importerera egna standardkostnader” för att hämta dessa.

Lägg märke till att man för ”skötselåtgärden” Contortatall kan ange ett annat antal plantor än för de andra trädslagen som när de åtgärdas med olika skötsel behåller samma antal plantor som Basbeståndet. Observera också att kostnaden för hjälpplantering avser arealen som hjälpplanteras. Kostnaden bör alltså viktas med det genomsnittliga hjälpplanteringsbehovet för beståndet.

Steg 3. Basbestånd

Tabell 1. Indata för Basbestånd

Ange följande:

- Kalkylränta, %.
- Altitud, meter över havet (För gödslingsfunktionen).
- Latitud, °N breddgrad (För gödslingsfunktionen och stampriserna).
- Trädslag. Gran eller Tall (Val av Contortatall är en åtgärd).
- Ståndortsindex, meter (SI H_{100}).
- Beståndsanläggning: Plantering eller Sådd (Basbeståndet kan vara planterat eller sått).
- Stamantal före 1:a gallring, Stamar/ha.
- Plantantal vid plantering.
- Alternativ.
- Ange önskad omloppstid.

Därefter beräknas och redovisas t.ex. högsta medeltillväxt, $m^3sk/ha/år$ och produktions-optimal omloppstid, d.v.s. den tidpunkt där medelproduktionen är störst och medelproduktionen = löpande tillväxten. Observera att om omloppstiden anges manuellt sker ingen optimering av omloppstiden.

Tabell 2: Gallringsprogram

Ange följande:

- Stickvägsbredd, m.
- Stickvägsavstånd, m.
- Övre höjd vid 1a gallring.
- Uttag av grundytan vid 1a gallring.
- Gallringskvot vid 1a gallring
 - Ställ övre höjd, uttag av grundytan och gallringskvot till 0 för 2a och 3e gallring om endast 1 gallring önskas.
- Uttag av grundytan vid 2a gallring.
- Gallringskvot vid 2a gallring.
- Uttag av grundytan vid 2a gallring.
 - Ställ övre höjd, uttag av grundytan och gallringskvot till 0 för 3e gallring om endast 2 gallringar önskas.

- Uttag av grundytan vid 3e gallring.
- Gallringskvot vid 3e gallring.
- Uttag av grundytan vid 3e gallring.

Man måste gallra åtminstone en gång. Uttaget anges i procent av grundytan, dock max 35 % för att vara inom ramarna för produktionsmodellen.

Gallringskvoten d.v.s.: $dg_{\text{uttag}}/dg_{\text{skvarvarande}}$ skall vara en låggallring, d.v.s. gallringskvoten < 1 Se till att gallringskvoten inte blir för låg, gallringsuttaget bör inte överskrida 45 % av stammantalet i varje gallring.

Stickvägsuttaget i procent av grundytan beräknas som: $\text{bredd/avstånd} \times 100 \times 0,75$.

Reduktionen med 25 % beror på att man i praktiken slingrar sig fram genom beståndet och därmed tar ut en något lägre andel av grundytan.

Observera: Beståndets övre höjd när gallringarna sker måste, även vid inmatning, öka från 1a till 2a till 3e gallring: $\text{ÖH}_{\text{gallring 1}} < \text{ÖH}_{\text{gallring 2}} < \text{ÖH}_{\text{gallring 3}}$, annars uppstår felet: "Circular Reference" Detta gäller dock inte för när Höjden sätts till 0, som betyder att gallringen inte utförs. Om man råkar få felmeddelandet "Circular Reference", stäng dialogrutan och ändra övre höjden.

Alternativ:

- Välj ett standardgallringsprogram i rullmenyn
- Tryck på knappen "OK". Då importeras data till cellerna.

Välj ett program som stämmer så bra som möjligt med valt trädslag, ståndortindex och stamantal före 1a gallring.

Resultat visas i Tabell 3 och 4 samt i figuren

Tabell 3 redovisar beståndets ekonomi.

Tabell 4 är en produktionstabell som redovisar tillstånd före och efter varje gallring samt innan slutavverkning.

Figuren visar utvecklingen av den stående volymen från beståndsanläggning till slutavverkning.

Basalternativet representerar ett standardiserat, tämligen intensivt skötselprogram för skogen med normal kalmarktid, markberedning, plantering med oförädlade plantor av lämplig proveniens eller sådd med oförädlad frö, följt av röjning i tid till tämligen lågt stamantal och gallring i tid enligt gallringsmallen.

Det är lämpligt att göra exempel för att studera åtgärders effekt med bestånd i det centrala bonitetsregistret, i intervallet SI H_{100} 20–32. I vissa sammanhang kan bestånd med riktigt låg bonitet vara olämpliga att åtgärda. Men det viktigaste skälet är att planterade skogar får högre bonitet än vad som uppskattas med hjälp av den gamla skogen eller med ståndortsbonitering och låga boniteter är därmed mindre vanliga. Till exempel kommer ett nyligt avverkad bestånd med ståndortindex T16 därför sannolikt att växa som en T20 efter modern beståndsanläggning. Väljer man de allra högsta granboniteterna som exempel skall man vara noga med att studera att resultatet blir realistiskt.

Steg 4. Simulering av olika åtgärders produktion och ekonomi

Följande steg som avser de olika skötselåtgärderna kan tas i vilken ordning som helst. Varje flik beskriver en skötselåtgärd i Basbeståndet och resultatet av åtgärden i jämförelse med Basbeståndets enligt dess ursprungliga skötsel. Resultaten redovisas i huvudsaken på samma sätt.

Det finns ett undantag: Dikesrensning i medelålder skog ”*Dikesrensning 1*”. Här är ”Basbeståndet” ett medelålders bestånd som dikesrensades vid beståndsanläggning och man står nu i det medelålders beståndet inför valet att dikesrensa eller ej. Man jämför alltså sitt åtgärdsbestånd som skall dikesrensas en andra gång (totalt 2 ggr) med ett bestånd som dikesrensats vid anläggningen men där man inte genomför en andra rensning.

Tillväxtökning med olika föryngningsprogram

Förädlade plantor

(Förädlad)

- Välj önskad tillväxtökning i rullmenyn.
- Tryck på knappen ”Beräkna produktion”.

Alternativ:

- Ange tillväxtökningen i % i den gula cellen och välj ”Ange själv önskad mertillväxt...” längst ner i rullmenyn.
- Tryck på knappen ”Beräkna produktion”.

Överst redovisas de viktigaste nyckeltalen för Basbeståndet och det förädlade beståndet samt skillnader mellan dessa. Ekonomi och produktionstabeller presenteras nedanför i tabell 2 till 4.

Ökad tillväxt genom plantering av förädlade plantor simuleras genom att H_{100} ökas så mycket att vald ökning av medeltillväxten vid produktionsoptimum i procent uppnås. I figur 3 exemplifieras hur tillväxtökningen fördelas över tiden. Följande tillväxtökningar kan vara realistiska med dagens utbud på plantor:

1. Normal skörd i äldre nuvarande fröplantager (+10 %).
2. Särplockning så att frö från de mest högförädlade plantageträden används till plantproduktion (och resten till skogssådd) (+14 %).
3. Nya fröplantager (ca +20 %).

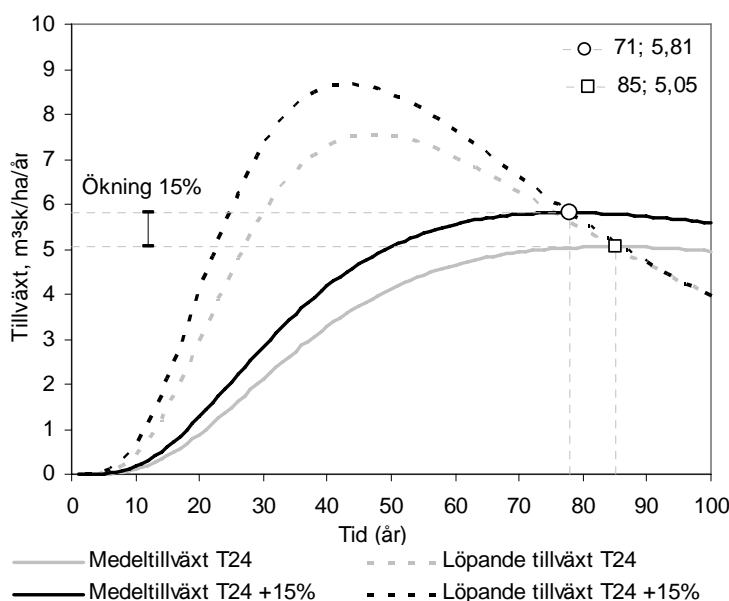
Vinstsiffrorna ovan är reducerade med hänsyn till bakgrundspollinering i fröplantagerna. De inkluderar inte den provenienseffekt som också finns hos de förädlade plantorna eftersom den även finns hos oförädlade plantor vid plantering. Provenienseffekten (tabell 2) måste därför inkluderas vid jämförelse med självföryngning (Vid sådd förutsätts bästa proveniens). Vinstsiffrorna är även reducerade med 20 % med hänsyn till inväxning av naturligt föryngrade barr- och lövplantor i de planterade bestånden.

Tabell 2.

Provenienseffekter som adderas till förädlingseffekten vid jämförelse mellan plantering eller sådd och självföryngring med fröträd. Observera att dessa vinstsiffror för provenienseffekten hos plantagefrö är lägre än vid användning av beståndsfrö enligt Rosvall m.fl. (2001). Hänsyn är tagen till inkorsning etc., på samma sätt som för förädlingsvinsten. De högre siffrorna för tall i norra Sverige avser kalla klimatlagen men där är självföryngring inte en lämplig metod.

	Norra Sverige	Södra Sverige
Tall	+2–5 %	±0 %
Gran	+4 %	+6 %

Kostnadsbilden för investeringen påverkas av ökat pris för plantorna och ändrade tidpunkter för föryngringsåtgärder vid snabbare beståndsutveckling.



Figur 3.

Ökad tillväxt med förädlade plantor leder till högre tillväxt och tidigare tillväxtkulmination. Exemplet avser en ökning av medeltillväxten med 15 %. Motsvarande men större effekt uppkommer vid plantering av contortatall i stället för vanlig tall.

Planterad contortatall

(Contortatall)

- Ange tillväxtökningen i procent.
- Tryck på knappen "Beräkna Produktion".

För att simulera sådd Contortatall hänvisas till åtgärden "Sådd".

Ökad tillväxt genom plantering av contortatall simuleras genom att tillväxten ökas med ca 35–45 %, beroende på frökälla, jämfört med Basbeståndet, och att granens barkfunktion tillämpas. Om contortatallen kommer från plantagefrö specificerar användaren en tillväxtökning som varierar mellan 8–10 %, beroende på fröplantage. En förteckning finns i Rosvall m.fl. (2001). Ympade fröplantager som ägs av SCA har en vinst på +10 %, övriga +8–10 %.

En ökning av tillväxten med ca 40 % motsvarar att SI H_{100} ökar med ca 4 m beror dock på stamantalet (Elfving & Norgren, 1998).

Kostnadsbilden för investeringen påverkas av ett annat pris för contortaplantorna, eventuellt av att färre plantor behöver planteras för att nå önskat stamantal, eventuellt ändrad röjningskostnad vid snabbare tillväxt, och ändrade tider för föryngringsåtgärder vid snabbare beståndsutveckling.

Skogssådd

(Sådd)

- Ange tidsförlusten för sådden jämfört med planteringen.
- Ange eventuell förädlingsvinst för fröet.
- Tryck på knappen ”Beräkna Produktion”.

Alternativ:

- Bocka av för Contortatall och ställ in förädlingsvinsten till 35 % för beståndsfrö.
- Tryck på knappen ”Beräkna Produktion”.

Effekten av frösådd direkt vid markberedning simuleras genom att det uppkommer en tidsförlust jämfört med att använda plantor som specificeras av användaren (lämpligen ca 3 år). Tidsförlusten beror på att det tar tid för frön att utvecklas till plantor som är lika stora som planterade plantor och att åtgärden kan ske vid annan tidpunkt. Man har också möjlighet att specificera en förädlingsvinst för sådd, vilken simuleras på samma sätt som vid plantering av förädlade plantor (en ökning av medelproduktionen i procent).

Uppföljningar av skogssådder hos Holmen Skog AB och av experimentella sådder vid Skogforsk och SLU i norra Sverige visar att tidsförlusten jämfört med samtidigt planterade plantor är 4 år. Eftersom plantering sker ett år efter markberedning minskar tidsförlusten till 3 år (Rosvall & Normark, 2006).

Sådd har en potential att skapa riktigt täta plantuppslag som kan utnyttjas för speciell kvalitetsproduktion. Vi har emellertid förutsatt samma skötsel som för planterade bestånd med tidig röjning vid ca 2,5 m övre höjd till normala produktionsförband. Jämfört med plantering ger lyckade sådder också möjlighet till selektiv röjning bland ett överskott av barrplantor och därmed också en större andel barrhuvudstammar. Sådd innebär emellertid också ökad risk för extra luckighet. Vårt resonemang var att låta urvalseffekten kvittas mot risken för ökad luckighet.

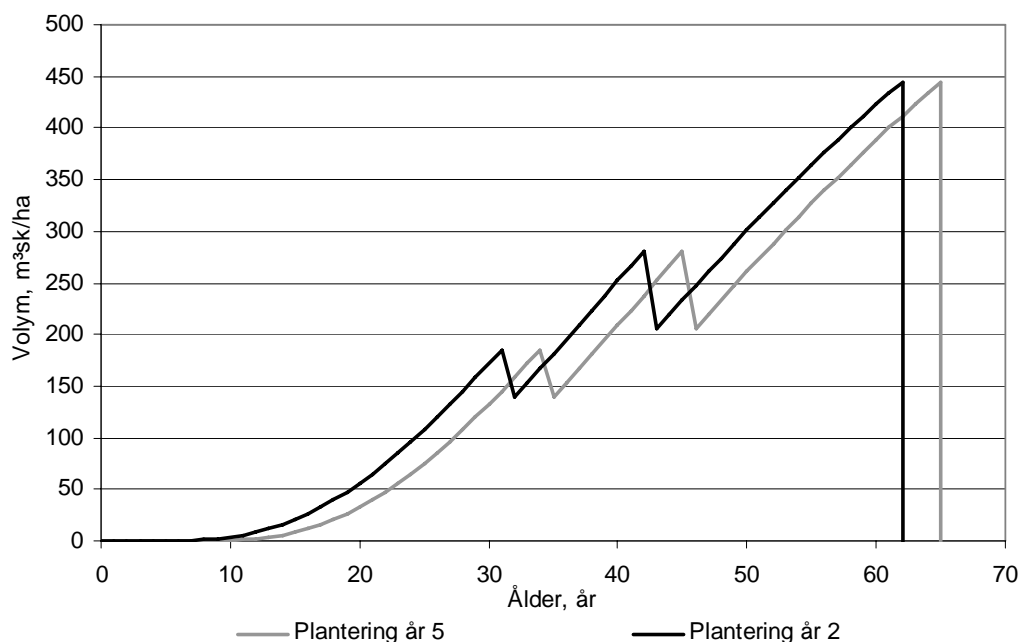
Kostnadsbilden för investeringen påverkas av priset för frö, högre röjningskostnad (eventuellt två röjningar simuleras med en extra hög röjningskostnad) och ändrade tidpunkter för föryngringsåtgärder vid långsammare beståndsutveckling.

Försenad plantering

(Försenad plantering)

- Ange hur många år planteringen skjuts upp efter år 2 som är standard för Basbeståndet.
- Tryck på knappen ”Beräkna intern ränta”

Försenad plantering innebär endast att förnygringsåtgärden utförs ett specificerat antal år senare än i Basbeståndet. Där sker plantering år 2. Scenariot är medtaget endast för att renodlat visa på effekten av tid för medeltillväxtens storlek och skötselns ekonomi. I verkligheten får man räkna med andra, främst negativa men även några positiva, effekter på förnygringsmöjligheterna. Hyggesvila är en aktiv åtgärd som försenar förnygringen. Ett exempel redovisas i figur 4.



Figur 4.

Exempel på tidsförlust där plantering av gran på SI H₁₀₀ G32 sker år 5 i stället för år 2, d.v.s. en försening med 3 år. Den enda effekten är att allting senareläggs med 3 år, vilket sänker medeltillväxten med 0,5 m³sk/ha, år (4,5 %) och nuvärdet med 1 890 kr/ha (7,1 %). (G32, 2 000 st/ha, 1a gallring vid 15 m öh, 30 % av grundytan, 2a gallring vid 19,5 m öh, 30 % av grundytan).

Utan markberedning

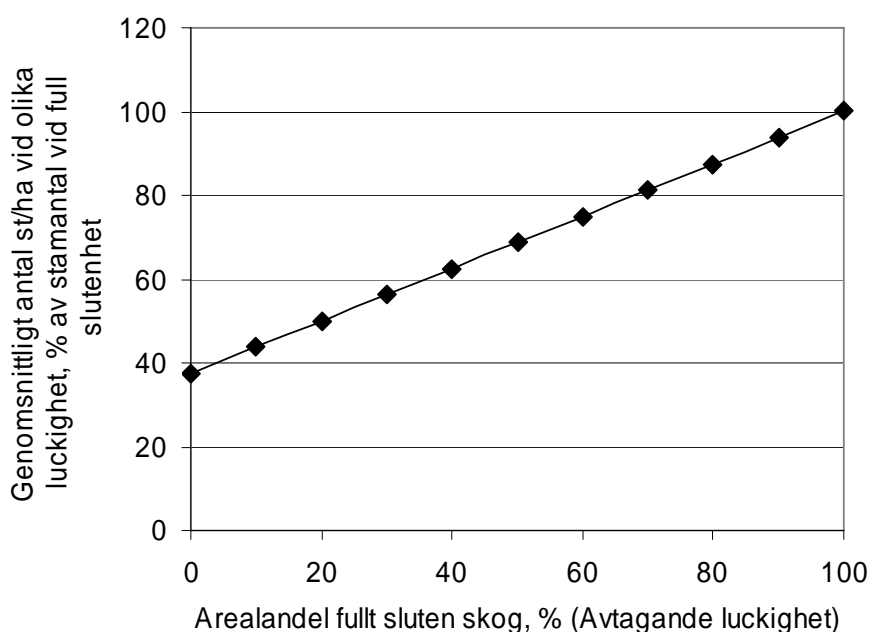
(Utan markb)

- Ange tidsförlusten p.g.a. långsam plantutveckling i antal år.
- Skapa ett extra luckigt bestånd genom att ange arealandelar för tre ”delbestånd”: ett med normal täthet, ett glest och ett mycket glest. Arealandelarna för de tre delarna anges så att de summerar till 100 %:
- Del 1: Med samma täthet som Basbeståndet.
- Del 2: Med 50 % så många stammar före 1a gallring som Basbeståndet.
- Del 3: Med 25 % så många stammar före 1a gallring som Basbeståndet.
- Tryck på knappen ”Beräkna intern ränta”.

Det finns inga prognosmetoder för att kvantifiera effekten av markberedning. Vi har därför konstruerat en simulering så att användaren anger en tidsförlust genom att plantorna utvecklas långsammare (t.ex. 2 år) och en extra luckighet genom att dödligheten ökar. Luckighet skall uppfattas som en provyteinventering där man grupperat provytorna i 3 klasser: oförändrat stamantal, 50 % lägre stamantal och 75 % lägre stamantal (t.ex. 60 % med fullt stamantal, 20 % med halverat stamantal och 20 % med 25 % av stamantalet). Det motsvarar att

stamantalet reduceras med 25 %). Effekten exemplifieras ytterligare i figur 5. Del 1 gallras som Basbeståndet, Del 2 enbart med stickväggsgallring i 1a gallring och till samma skick som Del 1 i 2a gallringen, Del 3 gallras bara med stickväggsgallring. Den mer långsiktiga produktionsökningen genom bra markberedning för gran i norra Sverige skulle ha kunnat simuleras med att en möjlig höjning av SI H_{100} uteblir utan markberedning. Underlaget är emellertid för osäkert. Användaren får i stället laborera med att en eventuell tidsvinst uteblir genom att t.ex. välja ett något högre SI H_{100} för gran i Basbeståndet och öka tidsförlusten vid simulering utan markberedning. En annan effekt av att inte markbereda kan vara att ökad avgång ändrar trädslagsblandningen genom naturlig förnyring i luckorna.

Det är viktigt att skapa ett väl avvägt ”luckighetsstraff” för att göra kalkylen trovärdig. För att enbart simulera extra luckighet på kort sikt till följd av snytbaggeangrepp i södra Sverige bör luckigheten sättas så att överlevnaden sjunker med ca 20 % (Urban Nilsson, pers. medd.). Det fås genom att en stamantalsreduktion med 0 %, 50 % och 75 % sätts för ca 75 %, 15 % respektive 15 % av arealen (figur 5). En del av luckorna kommer dock att fyllas ut av naturlig förnyring.



Figur 5. Genomsnittligt stamantalet per ha (% av full slutenhet) i "extra luckig" skog när arealandelen luckig skog minskar från 100 % till 0 %. Arealandelarna med 50 % av stamantalet (t.ex. 1 000 st/ha) och 25 % av stamantalet (500 st/ha) är lika stora och minskar från 50 % vardera till 0 % i exemplet. Samtidigt ökar andelen fullt sluten skog (2 000 st/ha) från 0 till 100 %.

Vid åtgärden **utan** markberedning uppkommer det inte någon kostnad för markberedning men en ökad kostnad för plantering. Utan markberedning ökar också behovet av hjälpplantering. Kostnadsbilden påverkas också av att tidpunkterna ändras för förnygringsåtgärder vid långsammare beståndsutveckling.

Det är omöjligt att simulera ”Ingen åtgärd” men man uppskattar att ”sofflocks- metoden” ger 50 % av normal produktion (Örlander & Elfving 1997).

Självföryngring med fröträäd

(Självföryngring)

Här finns en mängd styrparametrar man måste ställa in:

- Tidsförlust p.g.a. långsam utveckling.
- Hur länge fröträden skall stå kvar.
- Antalet fröträäd.
- Tillväxtökning för fröträden.
- Merkostnaden för att avverka fröträden.
- Hur stor andel av fröträden som enbart kan säljas som massaved.
- Hur stor en andel av fröträden som inte går att ta till vara på.
- Tryck på knappen ”Beräkna intern ränta”.

Dessutom kan man eventuellt skapa ett extra luckigt bestånd på samma sätt som för utan markberedning.

Tillämpning av produktionsmodellen för att simulera naturlig föryngring förutsätter tidig röjning. Naturlig föryngring simuleras genom att ställa fröträäd (lämpligen 100 st) och genom att det uppkommer en tidsförlust jämfört med plantering. Tidsförlusten uppkommer genom att de naturligt föryngrade plantorna etableras senare och utvecklas långsammare. Tidsförlusten anges av användaren (i genomsnitt ca 6 år). Det går också att specificera extra ökad luckighet.

Den naturliga föryngring som simuleras här förutsätter att metoden tillämpas på lämplig mark, med rätt antal fröträäd och att markberedning sker vid lämplig tid efter avverkning. De naturföryngrade plantorna föds då i genomsnitt 5 år efter avverkning. Om de för jämförelseberäkningen ettåriga planterade plantorna i Basbeståndet sätts 2 år efter avverkning (men är stora som 3 år gamla naturföryngrade plantor) blir tidsförlusten 6 år för självföryngringen. En sammanställning av HUGINS ungskogsytor pekar på ett produktionsbortfall om ca 5–10 % vid självföryngring (Bengtson m. fl., 1989). Läs mer om självföryngring i Karlsson & Örlander, 2004.

Ändrade föryngringskostnader vid naturlig föryngring uppkommer genom återinvestering av fröträden från slutavverkningsbeståndet (Basbeståndet vid dess ekonomiskt optimala slutavverknings-tidpunkt). Det görs ingen analys av ändrad optimal slutavverknings-tidpunkt i det gamla beståndet när valet ändras från plantering till självföryngring. Omloppstiden för det självföryngrade beståndet optimeras men kan även anges av användaren. Fröträden växer i värde men några förloras varvid värdet sänks. Dessutom ändras röjningskostnaden, avverkningskostnaden och det blir andra tidpunkter för föryngringsåtgärder vid långsammare beståndsutveckling.

Användaren skall därför specificera hur länge fröträden skall stå kvar, förväntad tillväxtökning per år som genomsnitt för hela perioden, 5–8 år, lämpligen +20 %. Dessutom skall användaren specificera hur stor andel av fröträden som vindfälls eller dör, andel som lämnas i beståndet, andel som bara tas tillvara som massaved (summan av dessa två är lämpligen 20 %) och som avverkas som friska träd till fullt pris (t.ex. 80 %). Slutligen anges eventuellt ökade avverkningskostnader för fröträden (t.ex. +20 %).

Utan röjning

(Utan Röjning)

Här ges tillsvidare ett förinställt exempel på hur ett bestånd kan tänkas utvecklas när man låter bli att röja.

- Tryck på knappen ”Beräkna intern ränta”

Vår produktionsmodell är uppbyggd på förbandsförsök och kan inte simulera oröjda bestånd korrekt (ett sätt att utnyttja modellen är att studera skötseln av ett tätt men tidigt röjt bestånd). Vi har dock försökt att konstruera ett pedagogiskt exempel för ett oröjt tallbestånd med SI H₁₀₀, T24 med mycket stort stamantal.

Exemplet för alternativet utan röjning utgår från ett bestånd med 6 000 st/ha före röjning på SI H₁₀₀, T24, vars egenskaper studerats med hjälp av Skogforsks Röjningssnurra (Kunskap Direkt). Det jämförs med ett Basbestånd med 1 800 st/ha före 1a gallring vid 13 m övre höjd och 2a gallring vid 18 m övre höjd. Enligt Röjningssnurran ger 6 000 st/ha ungefär 4 500 till 5 000 st/ha före 1a gallring, varav 1 000–1 500 st/ha är klenare än 7,5 cm. Det oröjda beståndet sköts sedan med en kombinerad röjning och 1a gallring vid ca 13 m övre höjd, gallring vid ca 16 och 19 m övre höjd så att det i slutavverkningen finns ungefär samma stamantal som i Basbeståndet. Det höga stamantalet i det oröjda beståndet ger en något högre produktion än Basbeståndet, men i form av klena stammar med låga värden.

Kostnadsbilden påverkas av utebliven röjningskostnad, höga avverkningskostnader, särskilt för 1a röjningsgallringen, samt av en sämre diameterutveckling och lång omloppstid.

Stamtäta bestånd

(Tätt bestånd)

Ange följande styrparametrar:

- Stammantal före första gallring.
- Övre höjd vid 1a, 2a och 3e gallring, m.
- Gallringsuttag vid 1a, 2a och 3e gallring, % av grundytan.
- Gallringskvot vid 1a, 2a och 3e gallring.
- Röjningskostnader, kr/ha.
- Övre höjd vid röjningstidpunkt, m.
- Tryck på knappen: ”Beräkna intern ränta”.

Modellen för stamtäta bestånd avser ett bestånd som röjts till högt stammantal (lämpligen dubbla stammantal av basbeståndet). Det är alltså inte ett bestånd som fått högt stammantal genom att inte skötas alls. Då uppfylls produktionsmodellen alla krav och effekten på tillväxten och ekonomin kan studeras. Det antas att man har anlagt beståndet på samma sätt som Basbeståndet, men att det har tillkommit en del självföryngrade plantor, vilket innebär att man måste gallra tre gånger. Utöver möjligheten för att analysera täta bestånd kan detta användas som ett sätt att närma sig det oröjda beståndet inom modellens ramar. Eventuellt kan röjningen läggas precis före 1a gallring och vara dyr.

Eftersom det inte finns någon självgallringsfunktion kan 1a gallring inte läggas särskilt sent och stamantalet kan inte höjas hur mycket som helst. Det finns ej heller någon kvalitetseffekt. Gallringsprogram skapas av användaren med stöd i gallringsmallen. Högsta gallringsuttag är 35 % av grundytan i varje gallring. Justera gallringskvoten så att maximalt 45 % av stammantalet tas bort i varje gallring. Ett lämpligt stammantal efter sista gallring är 650 stammar/ha.

Observera att produktionsmodellen här kan manipuleras kraftigt utöver vad som ger rimliga resultat. Övre höjden vid första gallring bör inte överstiga 12 m för en T24 och stammantalet bör maximalt vara 4 000 stammar/ha före första gallring.

Tillväxtökning genom åtgärder i befintlig skog

Dikesrensning år 0 och efter halva omloppstiden:

(Dikesrensning 2) Dikesrensning två gånger under omloppstiden:

- Välj tillväxtökningen i procent (skall uppfattas motsvara den tillväxtförlust som uppkommer om man inte dikesrensar).
- Tryck på knappen ”Beräkna produktion”.

(Dikesrensning 1) Dikesrensning i medelålders skog:

Här redovisas enbart beräknade resultat av att utföra eller ej utföra dikesrensning i medelålders skog. Observera att Dikesrensning 2 måste köras innan resultaten för Dikesrensning 1 kan användas.

Effekten av dikesrensning simuleras genom att öka tillväxten med i storleksordningen 20 % jämfört med ett tänkt Basbestånd där diken inte fungerar. Det anses rimligt att dikesrensa två gånger under en omloppstid. Dikesrensning kan simuleras för två alternativ:

A. Diken rensas efter slutavverkning år noll och efter ca halva omloppstiden, samtidigt med 1a gallring.

B. Diken rensas ungefär efter halva omloppstiden, samtidigt med 1a gallring. I detta alternativ förutsätts att dikena rensades vid beståndsanläggning. Det är nu dags för en andra dikesrensning och man står inför beslutet om man skall dikesrensa igen eller inte.

Med tillväxteffekten +20 % ger alternativ A ca +20 % ökad tillväxt och alternativ B ca +10 % ökad tillväxt jämfört med Basbeståndet, vars diken förblir orensade.

Programmet är utformat med ledning av finska forskningsresultat. Vi har tillämpat längre rensningsintervall än vad som rekommenderas vid den i Finland vanligaste typen av dikesobjekt, dikning av myr med svagt utvecklad tallskog (Hökkä, 1997; Hökkä m.fl., 2000; Lauhanen & Ahti, 2001; Mattson-Turku, 2005).

Rensningskostnaden anges per ha även om kostnad och pris uppkommer per löpmetrar. Användaren får själv tänka ut båtnadsområdets storlek. Ett riktvärde kan vara 250 m dike per ha avvattnad mark.

Gödsling:

(Gödsling 1) Gödsling en gång innan slutavverkning:

- Ange gödselgivan i kg N/ha för en engångsgödsling.
- Tryck på knappen ”Beräkna intern ränta”

(Gödsling 2) Gödsling två gånger innan slutavverkning:

- Ange gödselgivan i kg N/ha vid var och en av två gödslingstillfällen. Samma mängd används båda gångerna.
- Tryck på knappen ”Beräkna intern ränta”

Gödslingseffekten och dess varaktighet beräknas med Skogforsks prognosfunktioner som appliceras på det aktuella Basbeståndet (Pettersson 1994; Jacobson & Pettersson, 2003). Ingångsdata till funktionerna hämtas automatiskt från produktionsmodellen. Användaren specificerar dels Basbeståndets läge i landet, dels gödselgivans storlek uttryckt i kg rent kväve (N) per ha (lämpligen 150 kg). En finess är att omloppstiden, d.v.s. både slutavverknings-tidpunkten och gödslingstidpunkten, optimeras med beaktande av gödslingen. Det är också möjligt att ange önskad slutavverkningsålder. För att uppnå högst möjliga lönsamhet gödslas beståndet exakt det antal år före slutavverkning som gödslingseffekten varar.

Två gödslingsalternativ finns:

1. Gödsling 1 gång före slutavverkning (effektens varaktighet, 6–10 år).
2. Gödsling 2 gånger i samma bestånd före slutavverkning (första gången 12–20 år före slutavverkning och andra gången 6–10 år före slutavverkning).

Vid gödsling av "verklighetens" bestånd ställs ett antal baskrav för att bestånden skall vara gödslingsvärda (Pettersson, 1994). I vår modells ”ideala” bestånd är alla gödslingsvärda, utom de med SI H_{100} över 30 m, där tillväxtreaktionen är osäker och kan utebli. Den ekonomiska analysen avgör i övrigt vad som är ekonomiskt gödslingsvärt.

Kostnadsbilden påverkas av kostnaden för gödselmedel och spridning samt att avverkningstidpunkten ändras.

Steg 5. Åtgärdsjämförelse och känslighetsanalys

I denna flik samlas de viktigaste resultaten från analysen i en tabell och figur. Dessutom kan man göra en känslighetsanalys med avseende på kalkylräntan.

Åtgärdsjämförelse

- OBS! Kom ihåg att man måste ha tryckt på alla knapparna under samtliga åtgärdsflikar efter det att man ändrat indata till Basbeståndet för att Åtgärdsjämförelsen skall vara meningsfull.

Alternativ:

- Tryck på knappen ”Beräkna alla åtgärder före känslighetsanalys”. Detta beräknar alla åtgärder om man är osäker på om alla beräkningar är uppdaterade.

Åtgärdsresultaten för de olika åtgärderna visas i figuren då de bockas av i tabell 1.

Känslighetsanalys

- Tryck på knappen ”Beräkna alla åtgärder före känslighetsanalys”.
- Tryck på knappen: ”Beräkna Känslighetsanalys”: För att känslighetsanalysen skall stämma måste man göra detta efter varje ändring som genomförts var som helst i analysen (med undantag av räntan).

Resultaten av Känslighetsanalysen kan redovisas för fyra olika analyserade variabler i figur 2: nuvärde, volym, medeltillväxt eller omloppstid.

Egna standarder för priser och kostnader

(Egna Standarder)

Denna flik ger möjlighet för att lägga in egna standardvärden för priser och kostnader som sedan kan hämtas in i flikarna ”Priser” och ”Kostnader”.

MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR MED ANALYSVERKTYGET

Utifrån målsättningen med projektet, där den strategiska och pedagogiska aspekten betonats måste man acceptera ett stort mått av översiktlighet i kalkylverktyget. Det finns inga prognoshjälpmedel för att beräkna effekten av markberedning, sådd, dikesrensning etc. på motsvarande sätt som det finns hjälpmedel för att uppskatta effekten av stamantal, gödsling, förädlade plantor, contortatall etc. Den enkla produktionsmodellen är vald för att det skall var tydligt att vi strävar efter översiktlighet. En ”riktig” produktionssimulator skulle i det här sammanhanget vara mycket svårt att tillämpa och ge sken av större noggrannhet än vad som är möjligt. För att kunna beräkna vissa effekter i en skogsägares verkliga bestånd eller för att skriva fram deras utveckling i detalj finns andra verktyg på t.ex. Skogforsks hemsida: ”Röjningssnurran” där man kan simulera effekten av att inte röja på utfallet vid 1a gallring, ”Gödslingssnurran” och ”Beståndsval” som analyserar om man skall avverka nu eller om fem år. Det pågår också utveckling av en Gallringssnurra och nya gallringsmallar. I SLUs projekt Heureka utvecklas också nya prognoshjälpmedel som skall tillämpas på bestånden i skogsbruksplaner.

Ett sätt att analysera lönsamheten i de fall där effekten av en åtgärd är svår att prognostisera eller på annat sätt osäker, men där kostnaden är känd är att vända på frågan: Hur mycket behöver tillväxten öka för att den skall förränta investeringskostnaden? Användaren får då pröva sig fram med hjälp av kalkylverktyget.

Produktionsmodellens tillväxtnivåer för olika SI H_{100} är i överensstämmelse med de tillväxtnivåer som traditionellt tillskrivs olika boniteter enligt t.ex. Skogsstyrelsens gallringsmallar (Anon, 1985). Avverkningsuttagens storlek och trädens medeldimensioner är därför rimliga. Vi vill dock ytterligare fästa uppmärksamhet på att modellbestånden i kalkylverktyget representerar framtidsskogar som sköts enligt produktionsekonomiska kriterier. Det innebär tämligen hårda röjningar (låga initiala stamantal), tidiga gallringar av låggallringskaraktär för att under en kort omloppstid producera stora träd. Höga räntekrav kan pressa ner omloppstiderna så att de kommer i konflikt med nuvarande skogsvårdslag. Därför bör räntan hållas i intervallet 0–3 % när man i kalkylerna tillämpar optimering av omloppstiden. Vid högre räntor kan man utnyttja möjligheten att själv ange omloppstiden.

Det kan tyckas vara en förenkling att vi tillämpar samma gallringsprogram i det åtgärdade bestånden som i Basbeståndet. Att gallra bestånd på olika bonitet med samma stamantal i utgångsläget vid samma övre höjd innebär att de gallras vid samma utvecklingsstadium i termer av grundyta, virkesförråd etc. men vid en lägre ålder. Skogsstyrelsens gallringsmall för tall tillåter något högre grundyta före gallring på högre boniteter, medan skillnaden för gran är liten. Den här tillämpade gallringsmodellen är lika välgrundad som teorin bakom Skogsstyrelsens gallringsmall. Men samtidigt är tillväxteffekterna av olika åtgärder oftast för små för att valet av gallringsprogram skulle spela någon roll för jämförelsen. Gallringstidpunkter och gallringsuttag är inte optimerade ur ekonomisk synvinkel. Men gallringsprogrammen är i linje med önskemålet om god totalekonomi och faller helt inom ramen för Skogsstyrelsens mallar.

En viktig förenkling är att vi inte beaktar några kvalitetseffekter av ökad tillväxt. Det innebär att ett träd med viss diameter har samma värde oavsett årsringsbredd (växttid). Det skulle hanteras genom att införa ett kvalitetsindex som beror av ålder och diameter. Ett praktiskt sätt att hantera ökad årsringsbredd och grövre kvist vid ökad tillväxt är att ta ut merproduktionen i fler oförändrat grova träd genom att sköta bestånden med fler stammar per ha. Med lite finurlighet går det att göra i kalkylverktyget.

Tillväxtökning simuleras antingen genom att skogen växer enligt ett högre SI H_{100} (förädlings effekt, contortatall och dikesrensning) eller med väl utprovade tillväxteffektfunktioner (gödsling). Förädlade träd och contortatall utnyttjar marken effektivare och ändrar därmed SI H_{100} och höjer boniteten mätt med de nya träden som indikatorer. Den effekten är väl kartlagd. Dikning förbättrar dräneringen och innebär en direkt markförbättring, som också höjer boniteten och SI. Dikesrensningen syftar till att vidmakthålla detta tillstånd. Vid dikesrensning bör man uppfatta Basbeståndet som ett dikat bestånd som växer mycket bättre än ett odikat på samma mark men där dikesrensningen försummas. Utebliven rensning skulle leda till en tillväxtminskning om ca 20 % och dikesrensningen ger då ca 20 % ökad tillväxt.

Tillväxtminskning simuleras i princip på två sätt, tidsförlust genom långsam utveckling eller att åtgärden utförs senare samt att åtgärden ger extra stor luckighet. Tidsförlusterna varierar mellan trädslag, landsända och åtgärd. Här måste användaren basera sina indata på lokal statistik och erfarenhet. Våra riktlinjer för tidsförlusterna är grova genomsnittsvärden eller enkla fingervisningar.

Alla bestånd är ”normalt luckiga”, vilket tagits hänsyn till i produktionsmodellen genom dess uppbyggnad och vid anpassning från försök till verklighet. Möjligheten att öka luckigheten till ”extra luckighet” avser därför bara ökningen utöver normal luckighet. Tillämpningen måste ske med måttlighet. Till synes stora luckor i en föryngring tenderar att fyllas ut med naturligt föryngrade barr- och lövplantor och så småningom också av kantträden. Under större delen av ett bestånds omloppstid står det endast 500–1 000 träd per ha. Medelavståndet mellan träden är då 4,5 och 3,2 m, avstånd som uppfattas som stora i en föryngring.

Lönsamhetsjämförelserna är givetvis känsliga för skillnader i kostnader och intäkter. Det är därför viktigt att de kostnader som skiljer mellan åtgärderna anges med så god precision som möjligt. Kalkylverktyget ger också många möjligheter att gå i detalj med avverkningskostnader och virkespriser, men man bör ha i åtanke att analysen avser investeringar som ger avkastning efter lång tid. Priser och kostnader skall därför helst representera vad som förväntas i framtiden, eller åtminstone vara utjämnade för en längre period. Det viktigaste är att inte använda priser och kostnader som representerar extrema värden, t.ex. precis efter en större stormfällning. Det är förstås viktigt för den absoluta lönsamheten vad kostnader och intäkter verkligen kommer att bli men för jämförelse mellan alternativ är det mindre viktigt.

Det kan vara komplicerat att med enbart en ekonomisk kalkyl göra rättvisa jämförelser av åtgärder med stor skillnad i investeringsperiod. Skogliga investeringar är generellt mycket långsiktiga och de flesta som analyseras här avser olika typ av föryngring med 50–100 års löptid innan de mest betydelsefulla intäkterna kommer. Engångsgödsling däremot ger intäkter efter ca 10 år. Att ytterligare komplicera kalkylen för att värdera olika tidshorisoner utöver vad som kan göras med kalkylräntan kan emellertid lika gärna bli förvirrande. Vi betonar att ekonomiska kalkyler bara är ett av flera beslutskriterier.

Även om Basbeståndet ingår som referens för alla beräkningar av åtgärdseffekter (utom för dikesrensning i medelålders skog där jämförelsebeståndet är utan dikesrensning) är det inte alltid en relevant jämförelse. Det realistiska alternativet till självföryngring är t.ex. plantering med förädlade plantor och inte med Basbeståndets oförädlade plantor. Alla åtgärdsprogram kan emellertid jämföras med varandra i kalkylverktygets jämförelsetabell.

Avverkningsuttagen ur skogen kan ökas på kort sikt genom att ta tillvara en större andel av trädens biomassa. Det förekommer en snabb utveckling av olika energisortiment och uttagsmetoder. Detta är en mycket viktig utveckling för skogsbruket just nu men möjligheten har inte inkluderats i det här kalkylverktyget. Eftersom uttagen redovisas både i m³fub och m³sk och relationen mellan stamved, stubbar och grenar är kända kan resultaten kompletteras med överslagsberäkningar för uttag av dessa sortiment.

Bilaga 1 och 2 återfinns sist i rapporten:

Bilaga 1. Produktionsmodellen med funktioner och egenskaper

Bilaga 2. Manual för installation av analysverktyget

Referenser

- Anon. 1985. Gallringsmallar. Skogsstyrelsen Jönköping, 35 s.
- Anon. 2006. På väg mot ett oljefritt samhälle. Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet. 67 s.
- Brandel, G. 1994. Nya volymfunktioner för tall, gran och björk. Skogsfakta nr. 11, 1994. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten. 4 s.
- Elfving, B. 2004. Produktionsaspekter vid gallring. I: Skogforsk Gallring 2004 – kunskap och perspektiv. Uppsala den 3 november 2004. 11 s. Uppsala.
- Elfving, B. & Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. Forest Ecology and Management (98) 125–134.
- Elfving, B., Norgren O. 1993. Volume yield superiority of lodgepolepine compared to Scots pine in Sweden. Swedish Univ. Agric. Sci., Dept of Genetics and Plant Physiology, Report 11, pp. 69–80.
- Hökkä, H. 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. The Finnish forest Research Institute, Research Papers 651: 1–45.
- Hökkä, H., Aleniys, V. & Salminen, H. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. Suoseura – Finnish Peatland Society 51(1): 1–10.
- Jacobson, S. & Pettersson, P. 2003. Ny vår för skogsgödslingen? Skogforsk. Resultat nr 23–2003. 6 s.
- Karlsson, C. & Örlander, G. 2004. Naturlig föryngring av tall. Rapport 4, 2004. Skogsstyrelsen, Jönköping 85 s.
- Lauhanen, R. & Ahti, E. 2001. Effects of maintaining ditch networks on the development of Scots pine stands. Suoseura – Finnish Peatland Society 52(1): 29–38.
- Mattsson-Turku, G. 2005. Diken växer igen. Skogsbruket 8–2005. s 4–5.
- Möller, J. J. 2005. Automatisk kvalitetsklassning och stampris – framtidens affärsform. Resultat nr 22. Skogforsk, 4 s.
- Pettersson, F. 1994. Predictive functions for impact of nitrogen fertilization on growth over five years. Skogforsk, Report 3. 56 pp.
- Rosvall, O. & Normark, E. 2006. Ökad tillväxt och virkesproduktion i Holmens skogar. Den fullständiga utredningen. Holmen Skog Örnsköldsvik. 156 s.
- Rosvall, O., Jacobson, S., Karlsson, Bo. & Lundström, A. 2004a. Ökad produktion – trots ökad naturvård?. Redogörelse Nr 1, 2004. Utvecklingskonferens Skogforsk), s. 23–38. Uppsala.
- Rosvall, O., Jacobson, S., Karlsson, B. & Lundström, A. 2004b. Ökad avverkningspotential med intensivare skogsskötsel. Skogforsk, Resultat Nr 10, 2004. 4 s.
- Rosvall, O., Bergström, R., Jacobson, S., Pettersson, F., Rosén, K., Thor, M. & Weslien, J. 2004c. Ökad produktion i familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. (Arbetsrapport Nr 574, 2004 Skogforsk), 97 s.

- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar (Redogörelse Nr 1, 2001, Skogforsk), 41 s.
- SOU 2006:8. 2006. Mervärdesskog. Del 1 Förslag till ställningstagande. Slutbetänkande av Skogsutredningen 2004. 136 s.
- SOU 1878:6. 1978. Skog för framtiden. Betänkande av 1973 års skogsutredning. 194 s.
- Örlander, G. & Elfving, B. 1997. Olika intensitet vid beståndsanläggning. KSLAs Tidskrift 136(5): 29–33.

2. Produktionspotential hos inhemska och introducerade trädslag

Lars Rytter

INLEDNING

Under den här rubriken presenteras trädslag som kan vara ett alternativ till att odla gran och tall. Fokus är ställt på produktionspotentialen hos dessa trädslag samt enkla skötselrekommendationer där potentialen kan tillgodogöras. Sortimentsinriktningen är massaved och timmer med möjlighet att ta ut biobränslen i form av grot i förnygringsavverkningen. Möjligen kan även uttag av biomassa för energiändamål göras i samband med röjning om det naturliga uppslaget är rikligt. Detta gäller framför allt hybridasp, och möjligen poppel och vårtbjörk, i andra generationen.

De trädslag som kan anses vara av intresse i detta sammanhang är hybridasp, planterad vårtbjörk, hybridlärk, sibirisk lärk, douglasgran, sitkagran och contortatall. De bedöms kunna odlas i Sverige enligt tabell 1.

Det finns ett par viktiga punkter att tänka på när exotiska, d.v.s. icke svenska trädslag skall användas. Den ena är att vi fortfarande vet för lite om proveniensvalet för de flesta exotiska trädslagen. Från vilka delar av trädslagens ursprungliga utbredningsområde skall fröna hämtas för användning i olika delar av Sverige? Av de trädslag som behandlas här har vi god kunskap om björk. Vi vet också rätt mycket om hybridlärk, lärk, hybridasp och contortatall, för vilka det finns förädlad material framtaget. Men vi har fortfarande begränsad erfarenhet av storskalig odling under en hel omloppstid. När det gäller sitka- och douglasgran är kunskapen bristfällig. Det finns några få svenska försök, ofta i ung ålder, att luta sig mot men det mesta av informationen får hämtas utifrån. Det betyder att de uppskattningar om produktion och förslag till skötsel som ges baseras på kraftigt varierande underlag.

Den andra punkten är, att vid användning av främmande trädslag krävs det tillstånd enligt skogsvårdslagen för att plantera arealer större än 0,5 hektar.

Tabell 1.

En bedömning av var de olika trädslagen kan odlas. Detta innebär inte att det direkt finns kommersiellt material att tillgå, men att det på sikt går att ta fram. Samtliga trädslag gynnas av näringsrik mark med god vattentillgång. Glasbjörk är det trädslag som, tillsammans med al, kan växa på fuktiga och blöta marker.

Trädslag	Odlingsregion	Lämplig ståndort
Hybridasp	Götaland, Svealand, längs Norrlandskusten	Friska och bördiga marker
Vårtbjörk	Hela landet	Friska mot något torrare marker
Glasbjörk	Hela landet	Fuktiga marker
Hybridlärk	Upp till Mälardalen	God vattentillgång på god mark, ej högsta SI
Sibirisk lärk	Norrland och Svealand	Goda tallmarker
Douglasgran	Götaland	Friska marker, något åt torrare
Sitkagran	Västra Götaland	Djupa och fuktiga, men väl-dränerade marker
Contortatall	Huvudsakligen Norrland	De flesta marker, men ej fuktiga och rika

TRÄDSLAG

Hybridasp

Hybridasp (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) är en korsning mellan vår europeiska asp och den amerikanska aspen. Arterna är närbesläktade, men genom att korsa dem har vi fått en avkomma ur vilken det går att sortera fram individer som växer dubbelt så bra som vår svenska asp. För närvarande finns ett utvalt odlingsmaterial, bestående av 15 olika kloner, som i Götaland uppskattas kunna växa med en medelproduktion på 20–25 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ under en ca 20-årig omloppstid på goda marker. Veddensiteten ligger mellan 300 och 400 kg m⁻³ som torr-rå densitet, d.v.s. torrsvikt per volymenhet rå ved. Stener (1998) uppgav 335 kg m⁻³ som medeltal för 35 kloner vid 10 års ålder. Veddensiteten ligger sålunda på samma nivå som gran.

Det finns alltså en förädlingspopulation som är kommersiellt tillgänglig och lämpad för södra Sverige, vilken vi rekommenderar. Omloppstiden bör kunna ligga under 25 år. Tidigare studier och mätningar visar också att det med ett förståndigt urval av kloner går att odla hybridasp längs Norrlandskusten. Här, liksom i Svealand, bör finskt hybridaspmaterial gå att använda. Man får sannolikt räkna med en drygt 30-årig omloppstid och att produktionen sjunker till under 15 m³sk ha⁻¹ år⁻¹. Hybrid Aspen betraktas enligt regelverket som ett inhemskt trädslag.

Hybridaspbestånd är ganska kostsamma att anlägga därför att plantorna är jämförelsevis dyra (8–10 kronor styck p.g.a. mikroförökning) och för att det oftast krävs hägn då asp är begärlig för viltet. Man kan kompensera för kostnaderna genom att plantera glest (1 100 plantor per hektar rekommenderas) och hägna större områden så att arealkostnaden sjunker. I nästa generation blir däremot anläggningskostnaden försumbar. Med mycket stor sannolikhet erhålls då ett tätt rotskottuppslag, vilket man bygger vidare på med önskad inriktning. Det finns möjlighet att kombinera ett betydande biomassauttag vid röjning med fortsatt odling av timmerträd. För närvarande kan hybridasp- och aspvirke säljas som massaved och tändsticksvirke i landet. Lokalt används virket även till plywood. Aspvirke kan även användas för ytter- och innerpaneler men just nu finns det ingen marknad i Sverige för dessa sortiment.

Hybridasp planteras på frisk och bördig mark, åkermark liksom bra granmark är lämpliga ståndorter. Den största risken för skador, förutom viltskador, är stam- och grenkräfta. Därför har motståndskraft mot kräfta varit ett kriterium vid det genetiska urval som skett.

Den skötsel som hittills föreslagits är fyra gallringar innan slutavverkning. I stubbskottsförnygrade bestånd tillkommer två röjningar. Emellertid är det ekonomiskt och biologiskt sett svårt att motivera mer än högst två gallringar. Strategin, som även ger stabila träd i slutskedet när stormutsatt höjd nås, är att röja och gallra hårt i tidig ungdom och sedan låta stå. För övrigt är hybridasp relativt stormfast som art och den är avlövd då de flesta stormar härjar. Det torde också vara möjligt, och ekonomiskt försvarbart, att låta bli gallring och plantera i slutförband direkt, 800–1 100 stammar ha⁻¹. Effekterna av olika skötselstrategier är emellertid än så länge bristfälligt utredda för hybridasp.

Björk

Planterad vårtbjörk (*Betula pendula* Roth) röner det största intresset när det gäller björk eftersom den har högre tillväxt än naturligt föryngrad vårtbjörk och glasbjörk (*B. pubescens* Ehrh.) i allmänhet. Glasbjörk är ett alternativ på fuktigare marker men knappast i annat fall. Planterad vårtbjörk kan förväntas producera i storleksordningen $10 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ som medeltillväxt i södra Sverige. Längs Norrlandskusten bör tillväxten kunna hamna i intervallet $5\text{--}8 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, där den högre siffran kan förväntas på åkermark. Volymproduktionen är betydligt lägre än för flera av våra andra trädslag, men då veddensiteten ofta är avsevärt högre, uppemot 500 kg m^{-3} , blir skillnaden i biomassaproduktion avsevärt mindre.

Björk planteras normalt med upp till 2 000 plantor ha^{-1} . Björk har en bra kvistrensning även vid måttligt täta förband och nuvarande rekommendationer, även från Finland, ligger under 2 000 plantor. I södra Sverige, upp till breddgrad $59,5^\circ \text{N}$, rekommenderas plantor som dragits upp från frö från fröplantagen Ekebo 4. Norr därom bör förädlad finsk björk från motsvarande breddgrad användas, alternativt använda frö från närmaste frötäktsbestånd. Med förädlad material kommer omloppstiden i södra Sverige att ligga under 50 år, i norra Sverige får man räkna med drygt 60 år, kanske mer. Björkplanteringar bör i de flesta fall hägnas och tyvärr tyder de studier som är gjorda på att vårtbjörk är mer attraktiv som viltfoder än glasbjörk, åtminstone vad gäller älgskador. Vårtbjörk planteras företrädesvis på frisk och näringsrik mark med rörligt grundvatten. Den växer även på lite torrare marker men då blir tillväxten lägre.

I tidigare skötselmallar har antalet gallringar i välskötta björkbestånd uppgått till tre eller fler. Med nuvarande skötselstrategi är en lämplig strategi av ett planterat bestånd 2–3 gallringar och med ett slutförband på ungefär 400 stammar ha^{-1} . I naturligt föryngrade bestånd får man dessutom räkna med två röjningar. Vårtbjörk får räknas som ett stormfast träd då den blivit skött. Klämda träd med upphissade kronor är däremot tämligen instabila. De största hoten mot en lyckad björkodling är viltskador och för sent genomförda skötselåtgärder som leder till nedsatt vitalitet och produktion.

Björkvirket har en mångsidig användning, från vedeldning, via massaved, till högsta klassens såg- och fanértimmer för bl.a. möbeltillverkning.

Lärk

Vid odling av lärk i södra Sverige, upp till Mälardalen, rekommenderas i första hand hybridlärk med nuvarande odlingsmaterial och kunskap. Hybridlärk (*Larix* × *eurolepis* Henry) är en korsning mellan europeisk lärk (*L. decidua* Mill.) och japansk lärk (*L. kaempferi* (Lamb.) Carr.). Det finns i dag fem fröplantager från vilka fröet bör tas: Hjälmshult, Klev, Lagan, Maglehem och Trolleholm. En medelproduktion runt $13 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ kan förväntas på god mark (G34) under en 35–40-årig omloppstid. Man når alltså ungefär samma volymproduktionsnivå som hos gran men i betydligt tidigare ålder. Eftersom veddensiteten ligger kring 450 kg m^{-3} , vilket är ungefär 25 % högre än för gran, blir biomassaproduktionen högre.

Hybridlärkbestånd anläggs med ca 2 000 plantor ha⁻¹ på icke frostlänta lokaler på goda (G30–32), men inte alltför goda marker. Grundvattnet får inte vara stillastående. På de allra bördigaste markerna anses kvaliteten bli dålig. Lärken är stormkänslig i ungdomen men blir alltmer stabil med åldern. Plantorna är känsliga för frost. Hybridlärk är viltkänslig varför viltrepellenter eller hägn bör användas. Den anses vara acceptabelt resistent mot lärkkräfta men angrips av rotröta. Eftersom hybridlärk räknas som ett utländskt trädslag måste, enligt regelverket, föryngringen föregås av en anmälan till Skogsstyrelsen om arealen är 0,5 hektar eller större. Hybridlärk används även som planterat skärmträd då höjdtillväxten är snabb samtidigt som mycket ljus kommer ned till plantorna under.

Den sibiriska lärken (*L. sibirica* Ledeb) är den klimatmässigt minst känsliga lärk-arten och kan användas i Svealand och i Norrland, bl.a. i höglägen. Det finns tre aktiva plantager av sibirisk lärk, från vilka man bör ta fröet till plantodling: Östteg, Domsjöänget och Dammsjön. På bra marker i Norrland (motsvarande T26) kan medeltillväxten förväntas hamna på drygt 8 m³sk ha⁻¹ år⁻¹, på medelgoda marker nås sannolikt 5 m³sk ha⁻¹ år⁻¹. Den sibiriska lärken skall inte planteras på torra marker eller marker med stillastående vatten, och den växer inte självklart bättre än gran och tall. De enskilda träden blir större men stamantalet måste hållas lägre. Dessutom har lärk mycket tjock bark. I äldre bestånd av sibirisk lärk har veddensiteten uppmätts till i snitt ungefär 600 kg m⁻³, vilket gör veden till ett av de tyngre bland våra träd och att biomassaproduktionen blir hög.

Lärkvirket används för olika ändamål, bl.a. är det populärt i utomhusmiljöer eftersom virket är rötbeständigt. Däremot är det måttligt attraktivt inom massaindustrin, även om det går att använda.

Nyligen startade ett samarbete mellan Sverige, Ryssland, Norge, Japan och USA bl.a. med syftet att ta fram bra odlingsmaterial av sibirisk lärk. Då man nyligen påträffat kottar och trädrester av sibirisk lärk i Sverige betraktas den numera som ett inhemskt trädslag.

Ett föreslaget skötselalternativ för hybridlärk är gallring vart 5:e år från och med 15 års ålder, totalt sex gallringar. Det vore önskvärt av ekonomiska skäl att antalet kan minskas och att gallringsstyrkan kan höjas. Konsekvenserna på produktion och virkeskvalitet måste dock utredas. Sibirisk lärk sköts på liknande sätt som hybridlärk men eftersom tillväxten är lägre, p.g.a. högre breddgrader och trädslaget i sig, blir omloppstiden följaktligen längre (upp till 100 år) liksom tiden mellan gallringar. Även här vore det önskvärt med färre (2–3 st) och kraftigare gallringar, vilket även torde få effekten av kortare omloppstider.

Douglasgran

Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) (Franco) är ett intressant trädslag för svenska förhållanden som i några fall visat god tillväxt. Det finns två allmänt förekommande varieteter: grön douglas (var. *menziesii*, Norra British Columbia, längs Klippiga bergen ner till Mexico) som växer bäst och blir större, och grå douglas (var. *glauca*, östra Klippiga bergen, Montana till Mexico) som är mer skugg- och klimattålig. Det är huvudsakligen i Götaland som douglasgranen (var. *menziesii*) kan användas även om det finns exempel från Norrland. Kunskapen om såväl odlingsmaterial som odlingsssäkerhet och skötsel är emellertid mycket knapphändig inom landet och det finns inget förädlat odlingsmaterial tillgängligt i dag. Planttillgången är ytterst begränsad. Därför bygger nedanstående information och rekommendationer huvudsakligen på utländsk erfarenhet.

Produktionen torde vara högre än hos vår vanliga gran men dokumentation och erfarenhet om detta är bristfällig. Douglasgranen har stark höjdtillväxt långt upp i åren vilket gör att träden blir stora och att omloppstiderna kan vara långa. Medelproduktionen brukar hamna i intervallet 10–15 m³sk ha⁻¹ år⁻¹, men kan på de bästa markerna överstiga 28 m³ ha⁻¹ år⁻¹. I Sverige har man bedömt att produktionen ligger i intervallet 8–18 m³sk ha⁻¹ år⁻¹. I Danmark uppskattar man att den växer upp till 20 % bättre än gran, relativt sett bäst på sandig mark. Den når 60 m höjd i sitt naturliga utbredningsområde i västra Nordamerika, men i Danmark räknar man med max ca 40 m höjd och 1 m i diameter, d.v.s. ungefär samma som för gran. Omloppstiden förväntas dock bli över 80 år. Veddensiteten ligger oftast i intervallet 400–500 kg m⁻³.

Douglasgranen växer bäst på friska marker, gärna åt det lite torrare hållet, men med kontinuerlig tillgång på vatten. Den är ofta svår att etablera på nordliga breddgrader då den bl.a. är frostkänslig. Även större plantor och unga träd har visat hög dödlighet, antagligen beroende på frosttorka. Därför rekommenderas ofta en skärm vid plantering av douglasgran, t.ex. en lärkskärm som släpper in ljus. Douglasgranen är viltkänslig och kräver någon form av viltskydd, liksom behandling mot snytbagge. Rotröta kan angripa i unga år. Den är måttligt skuggtålig och kräver kontinuerlig gallring. Även om de nedre grenarna dör vid trängsel bryts de ner långsamt och blir sittande kvar på stammen. Stamkvistning är därför en aktuell åtgärd om man strävar efter högkvalitativt timmer.

Planterade douglasbestånd har inledningsvis 750–1 500 plantor ha⁻¹. Tillväxten är relativt långsam de första 5 åren men accelererar sedan. Virket påminner om tallens och är rödkärnat och långfibrigt. Det kan användas till såväl pappersmassa som sågade varor, men bedöms inte vara lika intressant som t.ex. sitka-gran. Douglasvirket kan bli intressant för utomhusmiljöer eftersom kärnveden är ganska rötbeständig.

Douglasgranen anses vara stormkänslig upp till 50 års ålder men blir sedan alltmer stabil. Omloppstiden är svår att sätta om men blir förmodligen 80–100 år.

Sitkagran

Sitkagranen (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) kommer liksom douglasgranen ursprungligen från västra Nordamerika, den finns längs kusten från Alaska i norr till California i söder. Vår kunskap om odling i Sverige är starkt begränsad, liksom tillgången på plantmaterial. Sannolikt passar den bäst längs Götalands västkust där klimatläget är maritimt och vattentillgången är god. Den är t.ex. ett vanligt träslag på Irland och i Scotland.

Sitkagranen har högre produktion och är inte lika stormkänslig som vanlig gran, bl.a. är rotsystemet djupare på väl-dränerad mark. I Nordamerika överstiger medeltillväxten ofta $15 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. I Sverige bedöms sitkagranen i snitt kunna nå en produktion på upp emot $15 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, men underlaget är litet. I Danmark har produktionssiffror på $16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ uppmätts. Man uppskattar att sitkagranen producerar upp till 40 % mer än gran. I en svensk studie var merproduktion i genomsnitt 14 %. Sitkagranen är mer pionjärartad i sin tillväxt än gran, men höjdtillväxten är ändå långsam de allra första åren. På normala marker längs Alaskakusten når den 27 m höjd innan 50 års ålder. Den kan bli över 60 m hög och 3 m i brösthöjdsdiameter inom sitt naturliga utbredningsområde och växer bra på djupa, fuktiga men väl-dränerade marker. Det får inte vara stillastående vatten.

Sitkagran planteras med ca 2 500 plantor ha^{-1} . Utomlands rekommenderas hägn, bl.a. för att slippa få fejningsskador, men annars viltbetas den mindre än vanlig gran. Den är frostkänslig både på våren och på hösten. Skötseln bör vara ungefär som för gran men gallringar sker med tätare intervall och omloppstiden är kortare. I allmänhet börjar gallringarna mellan 15 och 22 års ålder och utförs vart 4–5 år fram till förnygringsavverkning, som sker vid 35–45 års ålder enligt vissa källor och vid 50–60 år enligt andra. Sitkagran anses kunna växa med högre stamtäthet än gran. Eftersom den skjuter vattenskott bör ljusinsläppet inte variera för mycket under omloppstiden. Stamkvistning kan övervägas som åtgärd.

Det har även presenterats program för gallringsfritt skogsbruk med sitkagran därför att den är snabbväxande, kan hålla stor volym per arealenhet och har god förmåga att skikta sig. Planteringsförbandet vid en sådan ”skötsel” är så tätt som 2 500–3 300 plantor per hektar och omloppstiden har uppskattats till 40–55 år. Skötsel filosofin bör bara användas på goda marker. På detta sätt blir visserligen diameterutvecklingen måttlig, men stagnerar ändå inte utan når timmerdimensioner, samtidigt som kvaliteten blir bra.

Virkesmässigt är sitkagranen lik vanlig gran men virket är segare. Rotröta kan vara ett problem.

Contortatall

Contortatallen (*Pinus contorta* Dougl.) finns naturligt spridd över stora delar av västra Nordamerika, från Alaska i norr till Californien i söder. Det är den nordliga inlandsformen (var. *latifolia*) som är aktuell för odling i Sverige. Contortatallen introducerades i Sverige redan på 1920-talet. Under 1970-talet tog kommersiell plantering fart och hittills har det planterats upp emot 600 000 ha med contortatall. Den största delen av arealen finns på bolagsmark i Norrland. Ett stort antal proveniensförsök anlades över hela landet under 1960- och 1970-talet och fröplantager anlades sedermera. Det gör att det finns en hel del

inhemsk kunskap om trädslaget. Contortatall är ett trädslag som har sin stora potential för odling huvudsakligen i Norrland.

Enligt svenska undersökningar producerar contortatalen 36 % mer uttagbar stamvolym än vanlig tall på samma mark. Skillnaden tycks bestå oavsett lokals ståndortsindex. I konkreta siffror innebär detta en medelproduktion på drygt 10 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ på ståndortsindex T20 och drygt 6 m³sk på T14. Eftersom contorta kan hålla ett högre s.k. bladyteindex (barrens yta i förhållande till markens yta) kan den betraktas som något mer skuggtålig än tall.

Vid beståndsanläggningen har man funnit att contortatalen har högre plantöverlevnad än den vanliga tallen, bl.a. tål den frost bättre och drabbas mindre av snöskytte och älgbetning. Trots angrepp av Gremmeniella är överlevnaden ändå högre än för tall. Därför har den ofta används på klimatmässigt besvärliga lokaler. Den kan dock användas på de flesta marker i norra delen av landet, men inte på fuktiga och mycket bördiga lokaler, eftersom den utvecklas förhållandevis dåligt där. Odlingsmaterialet hämtas från någon av de sex fröplantager som är i praktisk drift, beroende på breddgrad och altitud. Normalförbandet vid plantering är 2 300 st ha⁻¹ och normalt sker 2 gallringar på liknande sätt som i tallskog. Ett odlingsalternativ som diskuteras för contorta är ett gallringsfritt skogsbruk med förkortad omloppstid. Contortatallens normala omloppstid i produktionsskog uppskattas vara 10–15 år kortare än för vanlig tall, även om den kan bli upp till 400 år gammal.

Planterad contortatall har visat sig vara instabilare än vanlig tall, vilket medför att den lättare drabbas av vind- och stormskador. Det gör att avgången i äldre gallringsskog kan bli betydande. Bestånd som anlagts genom sådd är stabilare och intresset för sådd av contortatall ökar.

Contortatallens virke skiljer sig från den vanliga tallens genom något lägre densitet men samtidigt är barkandelen lägre. Contortan har flera vedegenskaper som är bättre än hos tall. För närvarande pågår ett stort projekt där sågade varor och snickeriprodukter av contortatall utvecklas.

PRODUKTIONSIVÅER OCH SKÖTSELREKOMMENDATIONER

I nedanstående tabeller presenteras den förväntade produktionen för de aktuella trädslagen liksom förslag på skötselregimer.

Tabell 2.

Uppskattade produktionsnivåer för hybridasp, björk, lärk, douglasgran, sitkagran och contortatall.

Trädslag	Region	Förväntad medelproduktion (m ³ sk ha ⁻¹ år ⁻¹)	Kommentar om volymproduktionen
Hybridasp	Götaland	>20	c. 50 % högre än gran
	Svealand o Norrlands kustland	12–15	litet underlag
Vårtbjörk	Söder om latitud 59,5 °N	8–10 på bättre marker	c. 2/3 av gran men högre veddensitet
	Norr om latitud 59,5 °N	5–8	se ovan
Hybridlärk	Upp till Mälardalen	c. 13 i snitt	som gran men kulminerar tidigare
Sibirisk lärk	Svealand och Norrland	5–8	som gran och tall på lämplig mark för respektive trädslag
Douglasgran	Götaland	8–18	c. 20 % högre än gran
Sitkagran	Västra Götaland	10–17	10–40 % högre än gran
Contortatall	Norrland, norra Svealand	6–11	36 % högre än tall, förädlad contorta ger ytterligare 10 %

Tabell 3.

Förslag på skötselstrategier för hybridasp, björk, lärk, douglasgran, sitkagran och contortatall.

Trädslag	Planteringsförband (st ha ⁻¹)	Antal gallringar	Omloppstid (år)
Hybridasp	Götaland: 1 100	1–2	20–25
	Götaland: 800–1 100	0	15–20
	Norr om Götaland: 1 100	1–2	c. 30
Vårtbjörk	Söder: c. 1 800	2–3	40–45
	Norr: c. 2 000	2–3	60–65
Hybridlärk ¹	c. 2 000	c. 5 (2–3?)	35–40
Sibirisk lärk ¹	2 000–2 500	c. 5 (2–3?)	80–100
Douglasgran	750–1 500	3–4	80–100
Sitkagran	c. 2 500	2–3	40–60
	2 500–3 300	0	40–55
Contortatall	c. 2 300	2	60–100

¹Litteraturen anger många gallringar för lärk, men det vore önskvärt att kunna reducera antalet.

NÅGOT OM EKONOMI

Det är svårt att bilda sig någon riktig uppfattning om det ekonomiska utfallet vid odling av flertalet av de här presenterade trädslag. Det beror på bristande kunskap om tillväxt och skötsel i vårt klimat och framför allt på okända marknadsutsikter. Kalkyler har dock presenterats, och oftast görs jämförelser med vårt vanligaste trädslag gran .

Jämförelser av lönsamhet mellan gran och björk brukar oftast utfalla till granens fördel, framför allt vid lägre räntekrav. Vid plantering av antingen björk eller gran med för arterna ”normala” omloppstider utfaller kalkylerna till granens fördel. Då en naturlig björkföryngring sätts mot planterad gran kan björken vara ett alternativ om inte marken är alltför bördig.

Det har även gjorts kalkyler där gran jämförs med hybridasp och de visar att hybridasp är ett konkurrenskraftigt alternativ till gran, särskilt då räntekraven skruvas upp. Rytter m.fl. visade att hybridasp i jämförelse med gran även kunde bära en kostnad för hägn och fortfarande ge ett högre netto. En förutsättning var dock att ett mer värdefullt sortiment än massaved tas ut.

Eriksson (1991) jämförde olika trädslag vid åkermarksbeskogning. Flera skötselprogram användes för varje trädslag. Tabell 4 visar några resultat från kalkylerna.

Olika förutsättningar i kalkyler ger mycket olika utfall. Vårtbjörk tycks dock i de här fallen vara det trädslag som har de lägsta kassaflödena, vilket också är ett resultat i Libecks kalkyler (Libeck 1988). Både Eriksson och Libeck använder emellertid omloppstider på 54–55 år för björk, vilket i dag bedöms som alldeles för långt då förädlat material används på bättre marker (se tabell 2). För övrigt visar kalkylerna att andra trädslagsalternativ åtminstone når granens ekonomi i genomsnitt och ofta betydligt bättre. I Libecks kalkyler ger både sitkagran och hybridasp ett högre netto för årlig avkastning än gran.

Kalkyler måste dock behandlas för vad de är, barn av sin tid. Vi vet mycket lite om hur kostnader, sortiment och marknad ser ut när vi når fram till föryngringsavverkning och kalkyler speglar i mycket hög grad situationen då de upprättades.

Tabell 4.

En jämförelse av ekonomin för olika trädslag vid åkermarksbeskogning. Tabellen visar spannet för den årliga markersättningen (ÅME) vid räntekraven 3 % och 5 % efter skatt. ÅME beräknas genom att dividera de totala nuvärdena med en kapitaliseringsfaktor som bestäms av vald kalkylränta och aktuell omloppstid. För de olika trädslagen användes 2-8 olika skötselvarianter. Efter Eriksson (1991).

Trädslag	ÅME(kr/ha)			Antal skötselvarianter	
	3 %	5 %			
Hybridasp	190–1 280	–310	–	490	3
Vårtbjörk	200– 300	–390	–	–320	2
Hybridlärk	550–1 600	–280	–	710	4
Douglasgran	530–1 540	–350	–	220	3
Sitkagran	910– 120	120	–	1 070	8
Gran	190–1 105	–280	–	380	6

Litteratur

- Anon. 2006. Skogsdata 2006. SLU, Inst. f. skoglig resurshållning och geomatik, Umeå, 100 pp.
- Arvidsson, A. 1985. Stamkvistning av *Pinus contorta* – teknik. *Sv. Skogsv.-förb. Tidskr.* 6: 35–36.
- Deal, R.L., Barbour, R.J., McClellan, M.H. & Parry, D.L. 2003. Development of epicormic sprouts in Sitka spruce following thinning and pruning in south-east Alaska. *Forestry* 76: 401–412.
- Ekö, P.-M. 2006. En jämförelse mellan granens och björkens ekonomiska potential. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 609, Uppsala, s. 56–73.
- Elfving, B. 1986. Ett försök med åkerplantering av hybridasp och gran nära Sundsvall. *Sv. Skogsv.-förb. Tidskr.* 5/86: 43–45.
- Elfving, B., Ericsson, T. & Rosvall, O. 2001. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review. *Forest Ecology and Management* 141: 15–29.
- Elfving, B. & Norgren, O. 1993. Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden. In: *Pinus contorta* from untamed forests to domesticated crop (Lindgren, D., ed.), Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Forest Genetics and Plant Physiology, Report 11, Umeå, pp. 69–80.
- Engelmark, O., Sjöberg, K., Andersson, B., Rosvall, O., Ågren, G.I., Baker, W.L., Barklund, P., Björkman, C., Despain, D.G., Elfving, B., Ennos, R.A., Karlman, M., Knecht, M.F., Knight, D.H., Ledgard, N.J., Lindelöw, Å., Nilsson, C., Peterken, G.F., Sörilin, S. & Sykes, M.T. 2001. Ecological effects and management aspects of an exotic tree species: the case of lodgepole pine in Sweden. *Forest Ecology and Management* 141: 3–13.
- Eriksson, L. 1991. Ekonomin vid åkermarksplantering. SLU, Inst. f. Skog-Industri-Marknad Studier (SIMS), Rapport Nr 17, Uppsala, 141 s.
- Hannerz, M., Hajek, J., Stener, L.-G. & Werner, M. 1993. Lärkfröplantager i Sverige. SkogForsk, Resultat nr 8 1993, Uppsala, 4 s.

- Henriksen, H.A. 1988. Skoven og dens dyrkning. Dansk Skovforening & Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, Odense, 664 s.
- Karlman, L. & Martinsson, O. 2005. Siberian larch family field trial: Survival and height growth three growing season after planting in Sweden. In: Status, Monitoring and Targets for Breeding Programs (Fedorkov, A., ed.), Russian Academy of Sciences, Ural Division, Komi Science Center, Institute of Biology, Syktyvkar, pp. 17–23.
- Karlman, L., Mörling, T. & Martinsson, O. 2005. Wood density, annual ring width and latewood content in larch and Scots pine. *Eurasian Journal of Forest Research* 8: 91–96.
- Larsson- Stern, M. 1999. Hybridlärk – ett lämpligt trädslag för Sydsverige? *Skog & Forskning* Nr 3/99: 44–51.
- Larsson-Stern, M., Stener, L.-G. & Ekö, P.-M. 2005. Hybridlärk – ett bra komplement till gran i södra Sverige. *Skogforsk Resultat* Nr 16 2005, Uppsala, 4 s.
- Lemoine, K. & Wirtén, H. 1988. Douglasgran i Sverige – förekomst och produktion. SLU, Inst. F. skogsskötsel, Examensarbete i skogsskötsel 1988-1, Umeå, 40 s.
- Libeck, K. 1988, Ekonomisk jämförelse av olika trädslag. *Skogen* 6–7: 13.
- Lundén, J.-Å. 1998. Lövetts roll i skogsbruket – strategi och ekonomi. *K. Skogs- o. Lantbr.akad. Tidskr.* 137(2): 19–28.
- Martinsson, O. 1995. Yield of *Larix sukaczewii* Dyl. in Northern Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 196: 1–20.
- Niemistö, P. 1996. Yield and quality of planted silver birch (*Betula pendula*) in Finland – Preliminary review. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences Suppl.* 24: 51–59.
- Persson, T. & Aulén, G. (e 1998) Lövskogsskötsel. Södra, Växjö, 16 s.
- Rosvall, O. 1988. Främmande trädslag i praktiskt svenskt skogsbruk – kunskapsläge och försöksverksamhet i norra Sverige. *K. Skogs-o. Lantbr.akad. Tidskr.* 127: 95–105.
- Rytter, L. 1998. Löv- och lövblandbestånd – ekologi och skötsel. *SkogForsk, Redogörelse* Nr 8, 1998, Uppsala, 62 s.
- Rytter, L. 2004. Produktionspotential hos asp, björk och al – en litteraturstudie över möjligheter till och konsekvenser av biomassa- och gagnvirkesuttag. *Skogforsk, Redogörelse* Nr 4, 2004, Uppsala, 62 s.
- Rytter, L. 2006. A management regime for hybrid aspen stands combining conventional forestry techniques with early biomass harvests to exploit their rapid growth. *Forest Ecology and Management* 236: 422–426.
- Rytter, L., Stener, L.-G. & Werner, M. 2002. Hybridasp – ett lönsamt alternativ som passar i det nya skogsbruket.
- Skovsgaard, J.P. 1997. Tyndingsfri drift af sitkagran. *Forskningscentret for Skov & Landskab, Forskningsserien* Nr 19, Hørsholm, 525 s.
- Stener, L.-G. 1998. Analys av fiberegenskaper för kloner av hybridasp. *SkogForsk, Arbetsrapport* nr 387, Uppsala, 11 s.
- Stener, L.-G. & Karlsson, B. 2005. Förädlad björk och hybridasp, snabbt växande alternativ för södra Sverige. *Skogforsk, Resultat* Nr 7, 2005. Uppsala, 4 s.
- Tengberg, F. 2005. En jämförelse av sitkagranens (*Picea sitchensis*) och den vanliga granens (*P. abies*) produktion. SLU, Inst. F. sydsvensk skogsvetenskap, Examensarbete nr 62, Alnarp, 45 s.

3. Intensivare skörd – uttag av energisortiment

Staffan Jacobson

INLEDNING

Ett mer intensivt nyttjande av våra skogar kan genomföras på olika sätt. Genom förädlingsprogram och andra åtgärder kan vi korta ner skogens omloppstider. Vi kan också intensifiera nyttjandet genom att ta tillvara en större andel av biomassan, t.ex. genom uttag av trädrester för energiändamål. I detta avsnitt är fokus på det senare.

Med de grundförutsättningar vi har i vårt land utgör biomassa från våra skogar en stor energiresurs som redan används i stor utsträckning. Fortfarande finns det emellertid outnyttjad biomassa i form av avverkningsrester och virke utan industriell användning som kan användas som energikälla.

Allt skogsbruk påverkar skogen och skogsmarken på ett eller annat sätt. Man kan därför svårligen tala om något ekologiskt riktigt eller felaktigt skogsbruk. Olika skogsbruksmetoder kan dock ge skilda effekter, både på kort och lång sikt, och då får man väga eventuella för- och nackdelar mot varandra.

Bland de positiva aspekterna på skogsbränsle som energikälla nämns bl.a.:

- förnybar inhemsk energikälla
- nya arbetstillfällen i skogsbruket
- mer CO₂-neutralt jämfört med fossila bränslen
- minskad näringsutlakning i hyggesfasen
- kan ge möjligheter till förbättrad beståndsanläggning och ökad aktivitet i skogsvården

Dessa eventuellt positiva effekter bör vägas mot de negativa aspekter och risker som ett ökat uttag från skogen innebär, exv.:

- minskad skogstillväxt
- markförsurning
- ej fullständigt CO₂-neutralt
- mer körskador och ökad markkompaktering i skogen

UTTAG AV AVVERKNINGSRESTER

Skogsbruket tar ut allt mer trädrester för energiändamål. Ett ökat uttag av avverkningsrester, GROT (i form av grenar, toppar och barr), innebär samtidigt att näringsuttaget blir avsevärt större än vid skörd av endast stammen. Detta kan ge upphov till framtida tillväxtnedsättningar och därigenom orsaka kostnader för markägaren.

De tillväxtförluster efter skogsbränsleuttag som uppmätts i försök brukar igenomsnitt uppgå till mellan 5 och 15 %. Dessa förluster gäller för både tall och gran, samt efter uttag i såväl slutavverkning som i gallring. I tallungskog

påverkas främst diametertillväxten, medan höjdtillväxten påverkas i mindre grad, varför tillväxtförlusterna sammantaget brukar bli något mindre i tallbestånd. Tillväxtskillnaderna brukar synas tydligt först 3–5 år efter åtgärden, vilket sammanfaller med den tid då kväve (N) börjar frigöras från trädresterna. Detta antyder att det främst är det extra uttaget av N som reducerar tillväxten och att tillväxtreduktionen är kopplad till storleken på N-uttaget. Effekterna tycks uppstå i alla typer av ståndorter, såväl bördiga som magra, och i relativa tal (%) vara av samma storleksordning. Detta innebär per automatik att tillväxtförlusterna i absoluta tal, räknat i kubikmeter, blir störst på de bördigare markerna.

I slutavverkning och gallring finns ett flertal långsiktiga fältförsök med skogsbränsleuttag att tillgå, medan antalet försök i röjning är begränsat. Resultaten från dessa röjningsförsök visar dock, som väntat, att produktionen kortsiktigt går ner även här och att effekten kommer först ett antal år efter skörd. Uppskattningar har gjort gällande att näringsuttaget (N) vid bränsleskörd i samband med röjning sannolikt kommer att bli högre jämfört med uttag vid gallring, varför man kan förvänta sig att tillväxtreduktionerna också blir minst lika stora.

De långsiktiga effekterna på skogsproduktionen är okända. Hittillsvarande försöksresultat antyder att tillväxtnedsättningarna är successivt övergående under de första 10–15 åren, möjligen med ett mer utdraget förlopp på svagare marker. Detta tycks även gälla i de få försök där skogsbränsleuttag skett vid upprepade tillfällen. Tillväxtförlusterna motsvarar i genomsnitt 1–2 års tillväxt.

Ett borttagande av GROT efter slutavverkning kan också medföra vissa positiva bieffekter vid beståndsanläggningen, i form av billigare och bättre markberedning samt sannolikt även billigare plantering. Detta gäller i synnerhet i det fall man önskar plantera direkt efter avverkning.

Tabell 1.
Positiva och negativa effekter av skogsbränsleuttag vid slutavverkning, röjning och gallring.

		Uttag av trädrester vid:		
		Slutavverkning	Röjning	Gallring
Negativa aspekter	–	sänkt tillväxt (10 % under 15 år)	– sänkt tillväxt (10 % under 15 år)	– sänkt tillväxt (10 % under 15 år)
	–	ökad risk för körskador och markkompaktering	– ökad risk för körskador och markkompaktering	– ökad risk för körskador och markkompaktering
Positiva aspekter	+	billigare markberedning		
	+	ev. billigare plantering		

Innan skogsbränslet kom in som ett sortiment vid sidan av massaved- och såg-timmer utnyttjades grenar och toppar som underlag för de tunga skogsmaski- nerna för att undvika spårbildning, markkompaktering och skador på kvar- varande bestånds rötter. Vid skogsbränsleskörd låter sig detta inte göras då det försvårar ihopsamlandet av skogsbränslet samtidigt som risken för kvalitets- nedsättande föroreningar ökar. Det är visat att markkompaktering kan leda till tillväxtförluster både efter röjning, gallring och föryngringsavverkning, samt att markkompakteringen ökar med antalet överfarter och minskad mängd ris i stickvägen. Baserat på utförda studier bör rekommendationen vara att koncen- trera körningen till befintliga stickvägar i så stor utsträckning som möjligt. Inte minst i samband med den senare utskotningen av skogsbränslet då frihetsgra- derna när det gäller vägvalet är större. På fuktiga, finjordsrika marker bör skogsbränsleuttaget begränsas för att kunna utnyttja riset för ökad bärighet i stickvägarna.

Stubbar

Stubbarna är ytterligare en biomassaresurs som finns i skogen. Då dessa utgör en betydande andel av den totala biomassan har blickarna åter riktats mot dem.

Resultat från befintliga försök visar inte på några behandlingseffekter av stubbtäkt på överlevnad, och till skillnad mot uttag av näringsrik GROT tycks stubbskörd inte heller påverka tillväxten i nästa trädgeneration.

Andra skötselmässiga fördelar som kan lyftas fram när det gäller stubbrytning är att stubbrytning i rotröteinfekterade bestånd har en stor potential att minska spridningen till den kommande skogsgenerationen. Stubbrytning har även en potential att påverka andra generationens snytbaggare och svarta bastborrar som kläcks i stubbarna, vilket skulle kunna leda till en minskad skaderisk från dessa insekter. På den negativa sidan måste bristen på grov död ved i våra svenska produktionsskogar lyftas fram. Stubbarna har under lång tid utgjort huvud- delen grov död ved som erbjudits de organismer som för sin överlevnad är beroende av sådan.

KOMPENSATIONSGÖDSLING

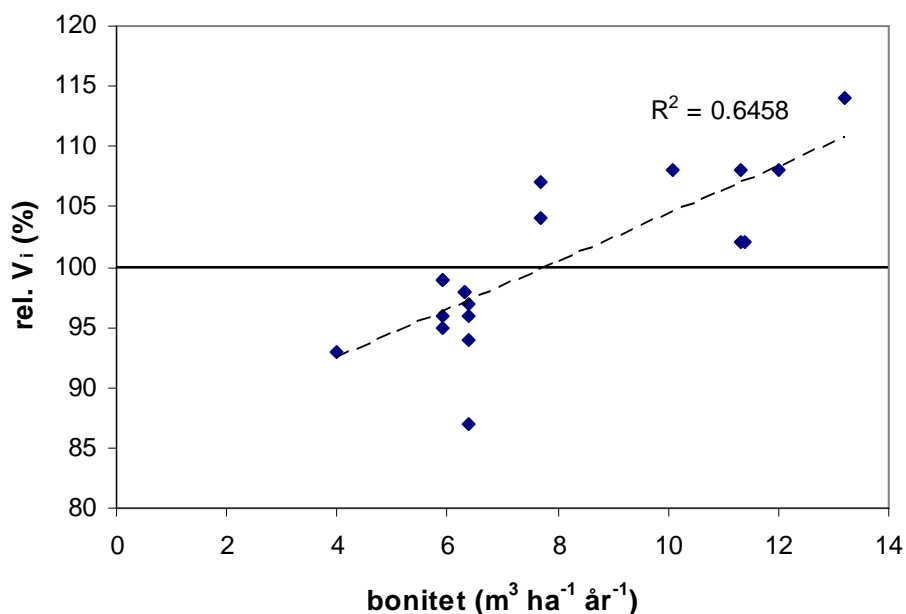
Tillväxteffekterna av skogsbränsleskörd beror med all sannolikhet på det kväve som skördas med skogsbränslet och därmed undanhålls den nya skogsgenera- tionen eller det kvarvarande beståndet vid röjning och gallring. Resultat från fältförsök visar också att tillväxtminskningen kan elimineras genom att kom- pensera för det extra kväveuttaget med kvävegödsel.

Askåterföring

Aska från förbränning av skogsbränslen innehåller alla näringsämnen som förts bort från skogen vid avverkningen utom kväve, vilket försvinner med rökga- serna vid förbränningen. Trots avsaknaden av kväve tycks även en tillförsel av aska kunna påverka trädens tillväxt, beroende på att askan kan påverka kvävet's tillgänglighet i olika riktningar.

Tillgängliga askförsök tycks ge liknande respons som de gamla kalkningsför- söken, där tillväxten stimuleras på marker med ett lågt kolförråd i förhållande till kväveförrådet, uttryckt i den så kallade kol-kväveknoten. Tröskelvärde

ligger kring 30. Askåterföring till skogsmarker med kol-kvävekvoter väl över 30 i humusskiktet tenderar att ge en tillväxtminskning, medan produktionen ökar på marker med värden väl under 30. På marker med värden kring 30 syns ofta ingen effekt alls. Detta kan också uttryckas som att asktillförsel på bördiga marker (ståndortsindex >28) kan ge en tillfällig tillväxtökning medan det på magrare marker (ståndortsindex <22) kan ge en tillväxtsänkning (se figur 1 och tabell 2).



Figur 1. Resultat från fältförsök i Sverige. Relativ tillväxt (y-axel) efter askåterföring på fastmark (givor på 1–6 ton per hektar). X-axeln svarar mot försökslokalernas bördighet (bonitet, m³sk ha⁻¹ år⁻¹). Den horisontella linjen (100 %) motsvarar tillväxten för kontrolltytor där ingen aska tillförts. Punkter ovanför denna linje indikerar bättre tillväxt efter askåterföring.

Tabell 2. Askåterföringens sannolika effekt på trädens tillväxt och dess beroende av markens bördighet.

Askåterföring		
Magrare marker; SI <22 m	Intermediära marker; SI 22–28 m	Bördiga marker; SI >28 m
– sänkt tillväxt (5–10 % under 10–15 år)	0 sannolikt mycket små effekter	+ ökad tillväxt (5–10 % under 10–15 år)

EKONOMI

Kunskap och insikt om i detta kapitel diskuterade faktorer är viktig då de kan tjäna som beslutsunderlag för den enskilde skogsägaren som överväger att leverera skogsbränsle. Det som i slutändan är helt avgörande för lönsamheten är prisutvecklingen, dels på det aktuella energisortimentet men även för timmer- och massaved. Tidigare upptag att skatta lönsamheten vid skogsbränsleuttag (Mattson, 1999) kom fram till att GROT-uttag vid slutavverkning (exklusive eventuella kostnader för askåterföring) generellt sett var lönsamt vid dåvarande ersättningsnivå för skogsbränsle, medan det motsatta gällde vid GROT-uttag vid gallring. En av orsakerna till den dåliga lönsamheten vid

gallring var att tillväxtförlusterna realiserades förhållandevis nära i tiden, vilket påverkade nuvärdet kraftigt.

Av avgörande betydelse för skogsbränslenas framtida lönsamhet är också teknikutvecklingen inom området. Det finns en stor tro på att hela skogsbränslesystemet kan effektiviseras, både vad gäller produktionsteknik, transporter samt i övrigt bättre integrering med konventionellt skogsbruk.

Litteratur

- Andersson, G., Jacobson, S. & Mattsson, S. 2001. Barravskiljning samt kompensation med aska och kväve vid skogsbränsleuttag – kalkyler för några typbestånd på Stora Enso. SkogForsk, Arbetsrapport 477. Uppsala. 57 s.
- Anon. 2001. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödning. Skogsstyrelsen, Meddelande 2:2001.
- Anon. 2006. Miljöeffekter av skogsbränsleuttag och askåterföring i Sverige. Rapport från Statens Energimyndighet, ER2006:44. 211 s.
- Egnell, G., Nohrstedt, H-Ö., Weslien, J., Westling, O. & Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen, Rapport 1, 1998. Jönköping. 170 s.
- Eliasson, L. & Wästerlund, I. Riståktens betydelse för markskador. Slutrapport STEM P13858.
- Jacobson, S. 1997. Återföring av aska kan ge tillväxtförluster. SkogForsk, Resultat Nr 23. Uppsala. 4 s.
- Jacobson, S. & Kukkola, M. 1999. Skogsbränsleuttag i gallring ger kännbara tillväxtförluster. SkogForsk, Resultat nr 13. Uppsala. 4 s. (In Swedish with English summary.)
- Mattsson, S. 1999. Ekonomiska konsekvenser av tillväxtförluster och billigare beståndsanläggning vid skogsbränsleuttag – exempel på beståndsnivå, Arbetsrapport nr 425. SkogForsk, Uppsala.

Produktionsmodellens egenskaper

Här redovisas först samtliga funktioner som använts för att skapa produktionsmodellen. Sedan redovisas hur funktionerna används och exempel på produktionsmodellens egenskaper.

FUNKTIONER

Funktioner för övre höjd

Tall enligt Elfving och Kiviste 1997:

$$r_{\text{Tall}} = ((H_K - 23,8)^2 + 29582 \times H_K / T_K^{1,7829})^{0,5}$$

$$A_{\text{Tall}} = r_{\text{Tall}} + H_K + 23,8$$

$$B_{\text{Tall}} = 29582 / t^{1,7829}$$

$$C_{\text{Tall}} = r_{\text{Tall}} + H_K - 23,8$$

$$\text{ÖH}_{\text{Tall}} = A_{\text{Tall}} / (2 + B_{\text{Tall}} / C_{\text{Tall}})$$

Gran enligt Elfving 2003:

$$r_{\text{Gran}} = ((H_K - 37,75)^2 + 5981,2 \times H_K / T_K^{1,5978})^{0,5}$$

$$A_{\text{Gran}} = r_{\text{Gran}} + H_K + 37,75$$

$$B_{\text{Gran}} = 5981,2 / t^{1,5978}$$

$$C_{\text{Gran}} = r_{\text{Gran}} + H_K - 37,75$$

$$\text{ÖH}_{\text{Gran}} = A_{\text{Gran}} / (2 + B_{\text{Gran}} / C_{\text{Gran}})$$

där H_K är höjden vid en känd ålder T_K och t är beståndsåldern från frö. ÖH är övre höjden i m. r , A , B och C är enbart mellanräkningar för att formeln blir mer överskådlig. I kalkylverktyget används $T_K = 100$ år varför H_K är lika med ståndortindexet (SI H_{100}).

Volymfunktioner

Enligt Elfving 2004:

Tall:

$$V = N_0 / (3600 \times \text{ÖH}^{-2,7} + 0,175 \times N_0 \times \text{ÖH}^{-1,5})$$

Gran:

$$V = N_0 / (20313 \times \text{ÖH}^{-3,285} + 0,3218 \times N_0 \times \text{ÖH}^{-1,7182})$$

där V är volymen i m³sk/ha, N₀ är stamantalet per ha före första gallring och ÖH är beståndets övre höjd (medelhöjden av de 100 grövsta träden per ha).

Funktioner för formhöjd

Formhöjden för tall enligt Elfving (2007):

$$FH_{\text{Tall}} = 0,44 \times \text{ÖH} + (\text{ÖH} / (\text{ÖH} - 1,3))^2 - 1$$

där FH_{Tall} är formhöjden och ÖH är beståndets övre höjd.

Formhöjden för gran enligt Pettersson (1992):

$$FH_{\text{Gran}} = \text{EXP}(-0,9204 - 0,0286 \times \ln(N_{\text{nom}}) + 0,8294 \times \ln(\text{ÖH}) + 0,2265 \times \ln(\text{SI } H_{100}))$$

där N_{nom} är stamantalet per ha vid beståndsanläggning, ÖH är beståndets övre höjd och SI H₁₀₀ är ståndortindex (övre höjd vid åldern 100 år).

Avgången på försöksytorna som ligger till grund för fromhöjdsfunktionen för gran har varit mycket begränsade för stamantal upp till 3 000 st/ha. Därför är det rimligt att använda approximationen: Stamantal vid beståndsanläggning, N_{nom} ≈ Stamantal före första gallring N₀, vilket är sättet vi använder formeln i kalkylverket (Elfving, 2007).

Funktion för medelhöjd

enligt Elfving (2007):

$$H_{\text{gv}} = \text{ÖH} - \text{EXP}(-10,9526 + 2,5295 \times \text{Log}(\text{ÖH}) + 1,0708 \times \text{Log}(N) - 1,0799 \times \text{Log}(G) + 0,0674 \times \text{Gran})$$

där H_{gv} är den grundtyevägda medelhöjden (m), ÖH är beståndets övre höjd (m), N är stamantalet, G är grundytan (m²/ha) och Gran är en dummyvariabel med värdet 0 för tall och 1 för gran.

Grundytan och medeldiameter

Dessa beräknas med formlerna

$$G = V / FH$$

$$D_g = 2 \times (G \times 10000 / N / \pi)^{0,5}$$

Där G är grundytan (m^2/ha), V är beståndets volym ($\text{m}^3\text{sk}/\text{ha}$), FH är formhöjden (m), Dg är grundytamedeldiametern (cm) och N är antal stammar (st/ha).

Gallringskostnad

Funktionen för gallringskostnad består av skotningskostnad, flyttningskostnad och skördarkostnad (Holmen AB):

$$\text{Skotningskostnad} = (\text{Skot}K_{\text{gallring}} / (1 / ((1,51 + 199 / (V_{\text{gallring}} + 53) + SA_{\text{gallring}} \times 0,00384 + 0,48 - MV_{\text{gallring}}) / 60))) \times 1,1$$

Flyttningskostnad är konstant = $4 \text{ kr}/\text{m}^3\text{fub}$

$$\text{Skördarkostnad} = \text{Skör}K_{\text{gallring}} / ((35 - 9,1 / (MV_{\text{gallring}} + 0,26)) \times (1 - x))$$

Gallringskostnad = Skotningskostnad + Flyttningskostnad + Skördarkostnad, $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$

där $\text{Skot}K_{\text{gallring}}$ är kostnaden per G_{15} -timme för skotaren, V_{gallring} är gallringsuttaget i m^3fub , SA_{gallring} är skotningsavståndet i meter, MV_{gallring} är medelstammens volym i m^3fub , $\text{Skör}K_{\text{gallring}}$ är kostnaden per G_{15} -timme för skördaren och x är en korrektionsfaktor för landsända: 0,13 för norra Sverige (över 60 breddgrad) och 0,22 för södra Sverige.

Slutavverkningskostnad

Funktionen för slutavverkningskostnad består av skotningskostnad, flyttningskostnad och skördarkostnad (Holmen AB):

$$\text{Skotningskostnad} = \text{Skot}K_{\text{avverkning}} / (1 / ((1,06 + 110 / (V_{\text{avverkning}} + 26) + SA_{\text{avverkning}} \times 0,0023 + 0,34 - MV_{\text{avverkning}}) / 60)) \times 1,1$$

Flyttningskostnad är konstant = $1.5 \text{ kr}/\text{m}^3\text{fub}$

$$\text{Skördarkostnad} = \text{Skör}K_{\text{avverkning}} / ((69 - 39 / (MV_{\text{avverkning}} + 0,58)) \times (1 - y))$$

Slutavverkningskostnad = Skotningskostnad + Flyttningskostnad + Skördarkostnad, $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$

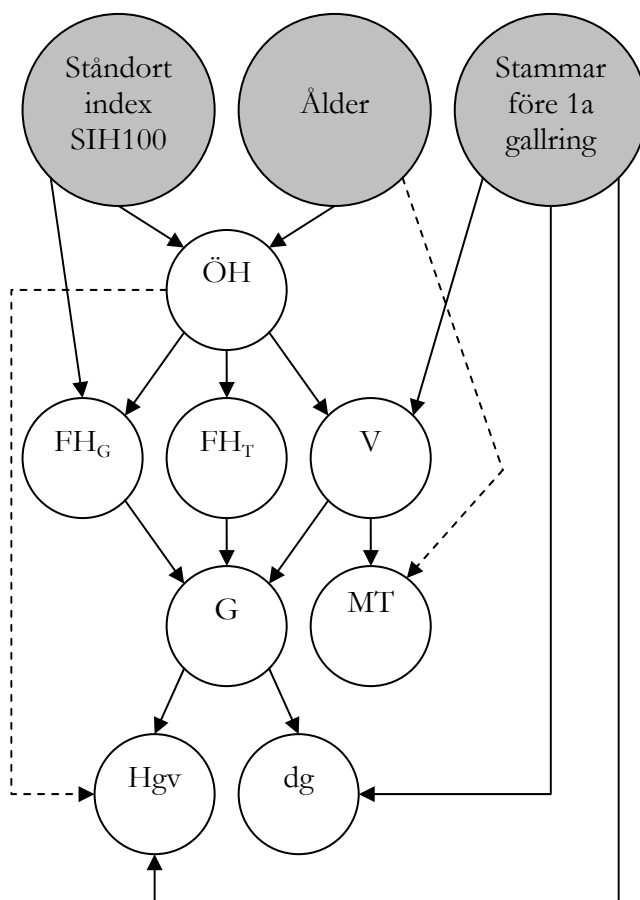
där $\text{Skot}K_{\text{avverkning}}$ är kostnaden per G_{15} -timme för skotaren, $V_{\text{avverkning}}$ är slutavverkningsuttaget i m^3fub , $SA_{\text{avverkning}}$ är skotningsavståndet i meter, $MV_{\text{avverkning}}$ är medelstammens volym i m^3fub , $\text{Skör}K_{\text{avverkning}}$ är kostnaden per G_{15} -timme för skördaren och y är en korrektionsfaktor för landsända: 0,11 för norra Sverige (över 60e breddgrad) och 0,215 för södra Sverige.

Utbytesberäkningar

För sambandet mellan skogskubikmeter (m^3sk) och fastkubikmeter gagnvirke under bark (m^3fub) används Brandels mindre funktioner för tall, gran och björk för södra och norra Sverige (Brandel, 1994), samt funktion för gagnvirke av volym under bark utvecklad av (Ollas, 2000).

PRODUKTIONSMODELLENS UPPBYGGNAD OCH EGENSKAPER

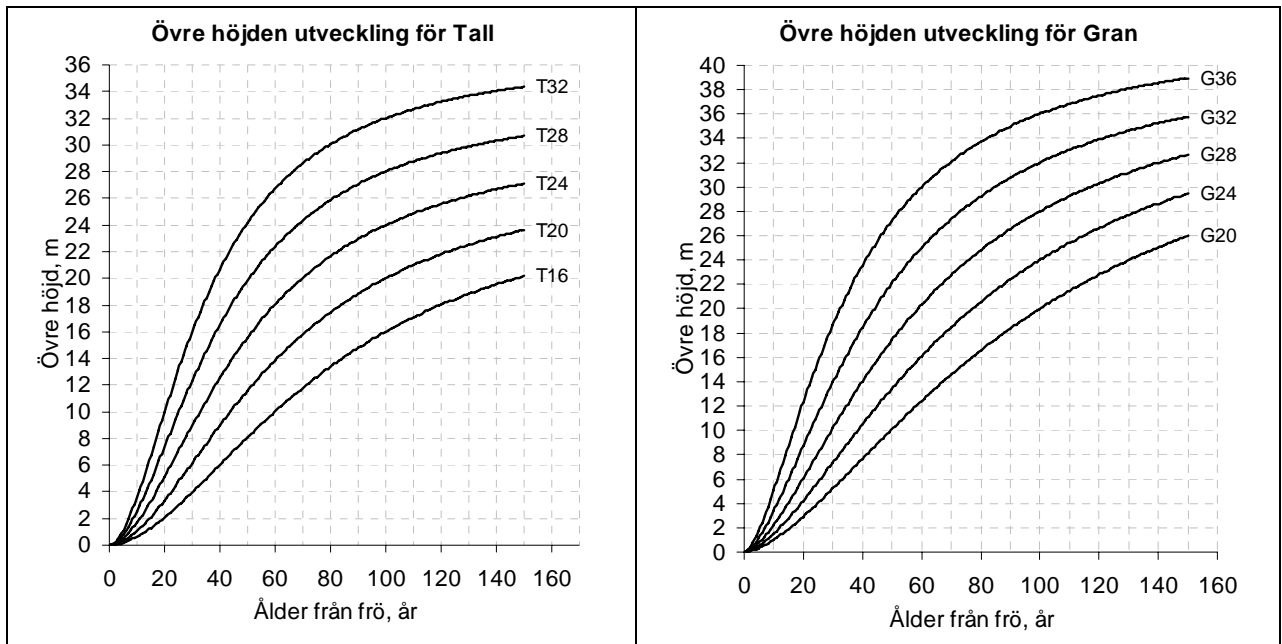
Produktionsmodellens huvudvariabla är trädslag, ståndortindex, stammantal före 1a gallring och ålder. Trädslaget är den övergripande styrparametern. Ståndortsindex och stammantalet definierar det aktuella beståndet och åldern är den drivande variabeln. Funktionernas användelse och inbördes förhållande i produktionsmodellen åskådliggörs i figur 1.



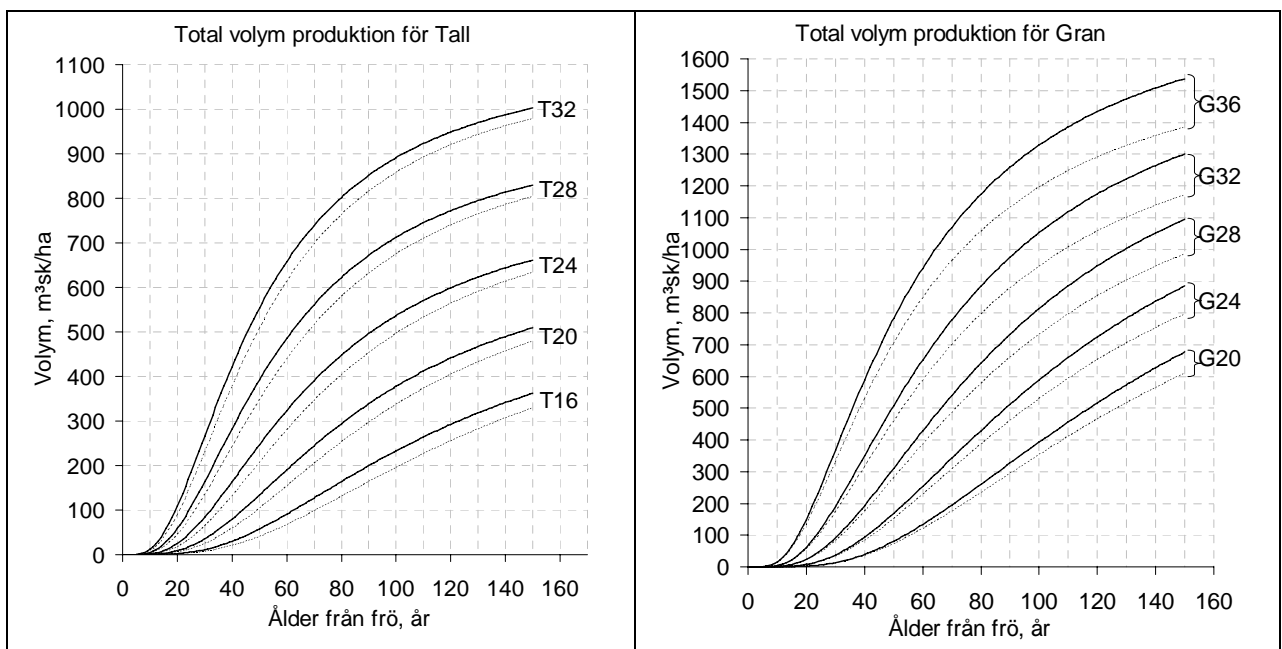
Figur 1:
Organisationsdiagram som visar hur funktionerna användas i produktionsmodellen. Trädslag är den övergripande variabeln. Variablerna ståndortindex (SIH100, m) och stammantalet före första gallring (st/ha) inställs för varje bestånd och åldern från frö är den drivande variabeln. ÖH är övre höjden (m), FH_G och FH_T är formhöjden för respektive gran och tall (m), V är volymen (m^3sk/ha), G är grundytan (m^2/ha), MT är medeltillväxten ($m^3sk/ha/år$), Hgv är den grundtyevägda medelhöjden (m), och dg är grundtyemedeldiametern (cm).

En skillnad emot andra produktionsmodeller är att volymen beräknas före grundytan, som lösas ut genom volymen och formhöjd.

Vi har tillämpat nya funktioner för övre höjdens utveckling, för tall enligt Elfving och Kiviste (1997) figur 1a) och för gran enligt Elfving (2003) (figur 1b).



Figur 1 a och b.
Övre höjdens utveckling för tall (Elfving och Kiviste 1997) och för gran (Elfving 2003).

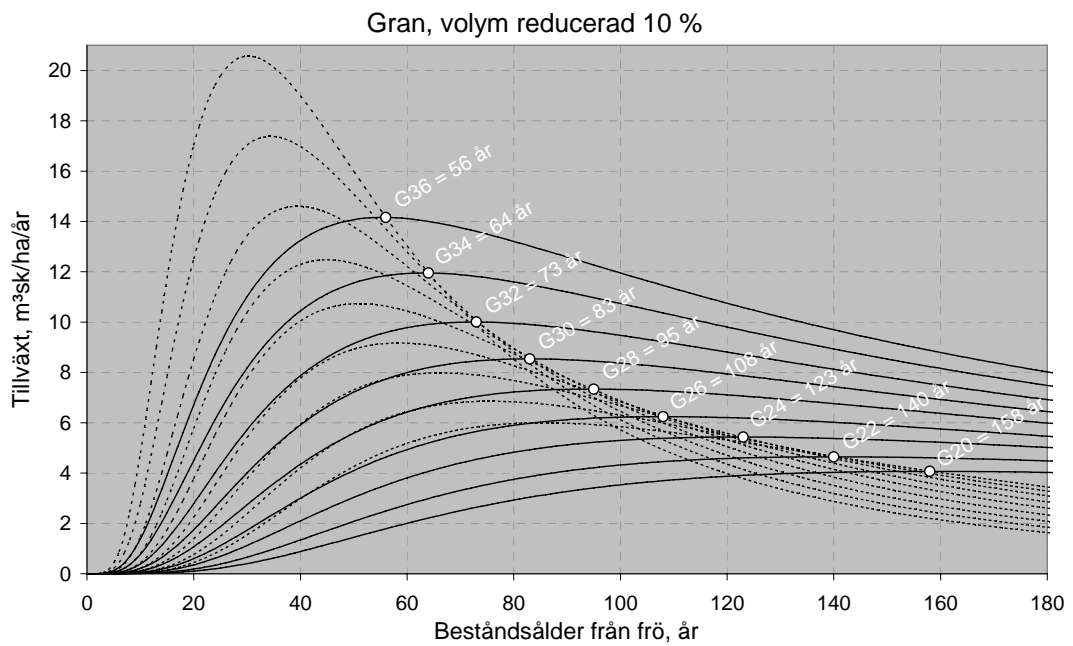
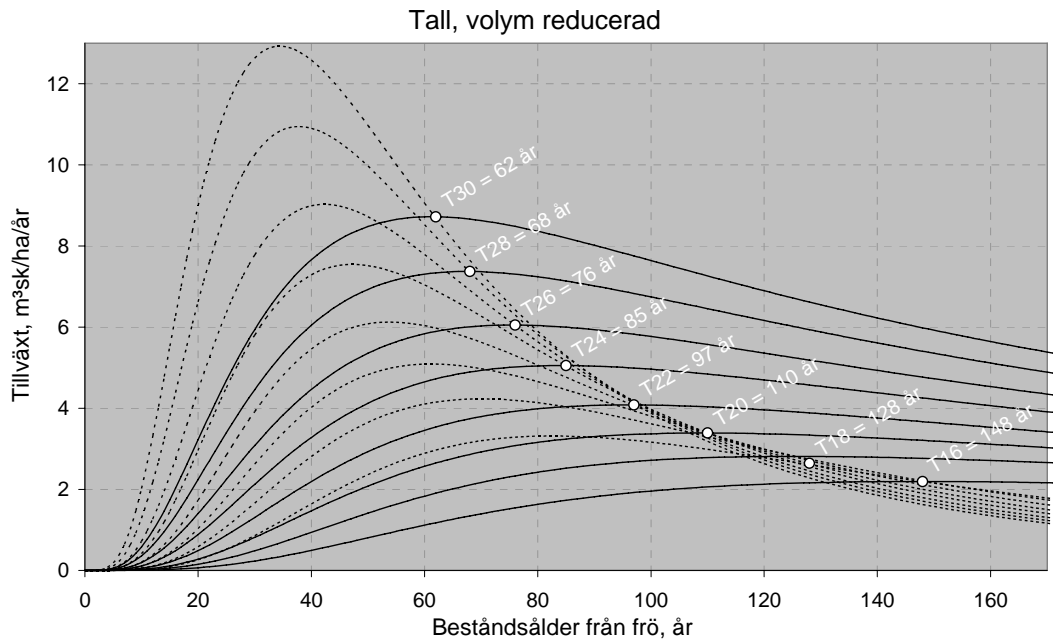


Figur 2a och b.
Uppnådd totalproduktion vid olika tidpunkter och $SI H_{100}$ för produktionsmodellen. — produktionsmodellerna i sina grundformar (Elfving 2004); - - - reducerade funktioner som använts i kalkylverket. Följande stamantal har tillämpats:

$SI H_{100}$	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Stamantal	1 300	1 300	1 600	1 600	1 800	1 800	2 000	2 000	2 000	2 200	2 200

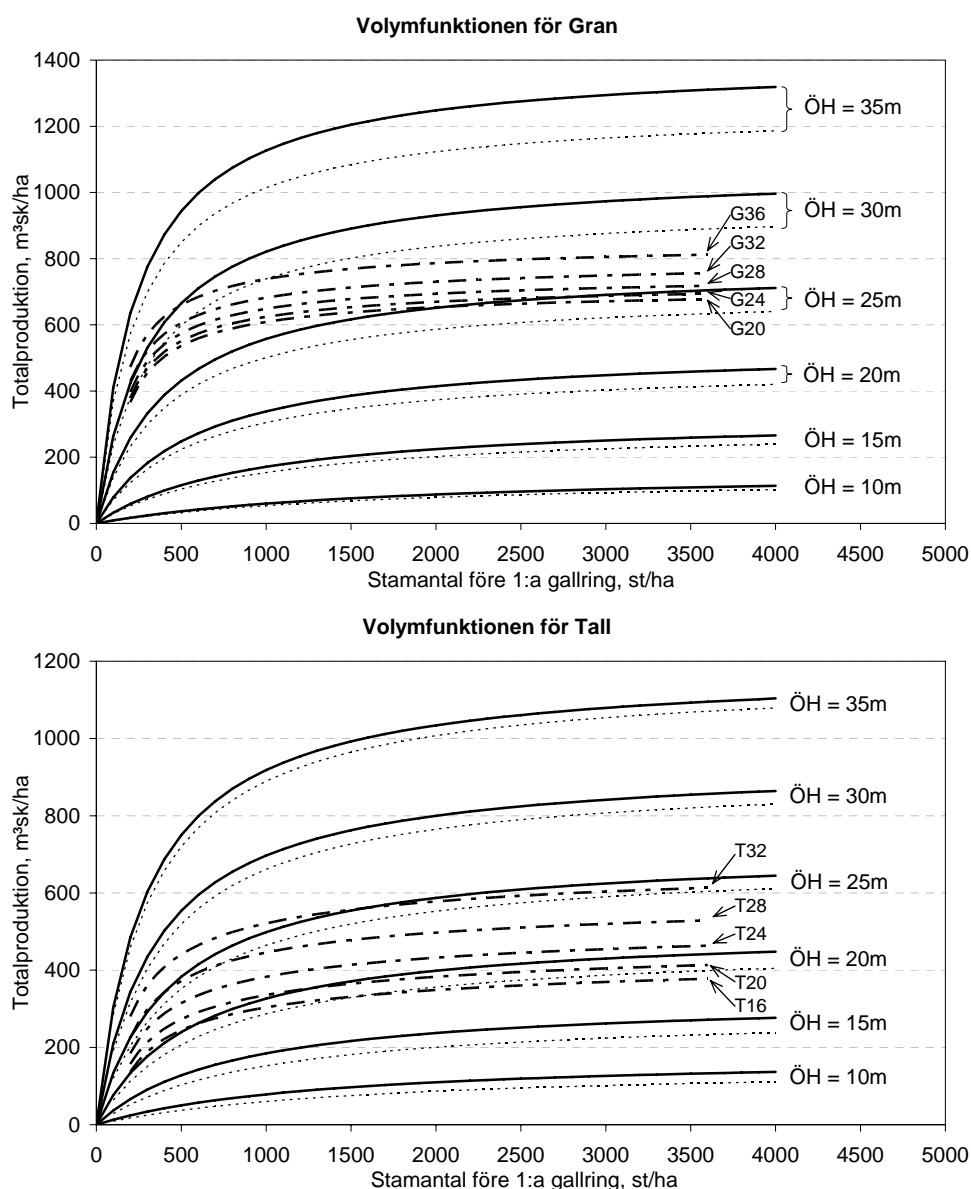
Totalproduktionen i modellen är en funktion av övre höjd och stammantal. Med hjälp av höjdutvecklingskurvorna kan därför totalproduktionen beräknas för olika SI H_{100} . Totalproduktionens utveckling över tiden redovisas för olika SI H_{100} och ”lämpliga” stammantal i figur 2a och b. Produktionsmodellen bygger på data från experimentplanteringar (förbandsförsök). För att bättre efterlikna verkligheten har tillväxten reducerats. Således har granens totalproduktion reducerats med 10 % och för tall var det nödvändigt även att ändra på kurvans form för att uppnå en senare och mer rimlig tillväxtkulmination. Detta åstadkoms genom att reducera SI H_{100} i övre höjdberäkningen för volymfunktionen med 1,8 m och sedan höja totalproduktionen med 6 %, vilket också tillsammans ger en tillväxtreduktion på runt 10 %.

Produktionsoptimal omloppstid nås när medeltillväxten kulminerar. Vid medeltillväxtens maximum är medeltillväxten lika stor som den löpande tillväxten. På höga boniteter kulminerar medeltillväxten tidigare än på låga. I figur 3a framgår att produktionsoptimal omloppstid för tall minskar från 148 år till 62 år när SI H_{100} ökar från T16 till T30. För gran minskar omloppstiden från 158 år till 56 år när SI H_{100} går från G20 till G36. Den största osäkerheten ligger i den utdragna produktionen för gran på svaga boniteter. Det bottnar i en osäkerhet om övre höjdsfunktionens utveckling för gran på svaga boniteter. Experimentplanteringar med tall ger tidigare tillväxtkulmination än vad som framkommer i produktionsmodeller baserade på surveystudier. Det bör observeras att medeltillväxtens kulmination generellt är flack. En förändring av omloppstiden med ± 10 % har liten effekt.



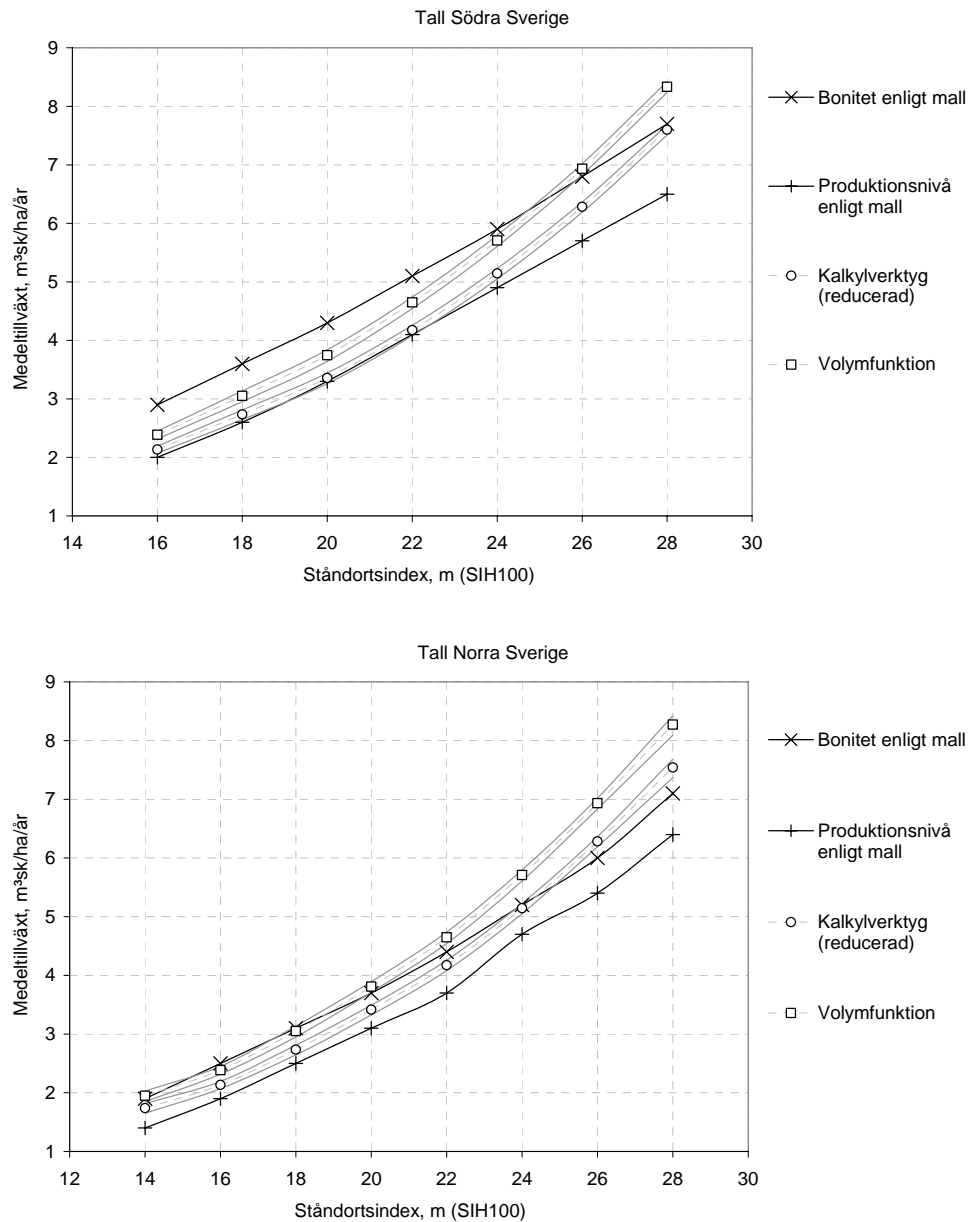
Figur 3a och b.
 - - - Löpande tillväxt och — medeltillväxt för olika SI H₁₀₀ samt produktionsoptimal omloppstid. Produktionen är reducerad enligt ovanstående specifikationer och stammantalet varierar med ståndortindex på samma sätt som i figur 2a och b.

Totalproduktionen enligt produktionsmodellen ökar med antalet stammar per ha och med tiden i takt med övre höjdens utveckling. Sambandet mellan stamantal, totalproduktion och övre höjd framgår av figur 4a och b. Ett bestånds övre höjd vid slutavverkning om det avverkas vid produktionsoptimal omloppstid beror av $SI H_{100}$. Det leder till en utjämning i sluthöjd. I figur 4a och b redovisas också sambandet mellan uppnådd totalproduktion vid slutavverkning och initialt stamantal. Två saker är tydliga i figur 4: Genom att omloppstiden är olika för olika $SI H_{100}$ reduceras skillnaden i totalproduktion. Och när man beaktar att omloppstiden är olika blir margineffekten av att öka stamantal mindre. På marginalen ökar totalproduktionen inte mycket när stamantalet ökar utöver 1 500 – 2 000 st/ha.

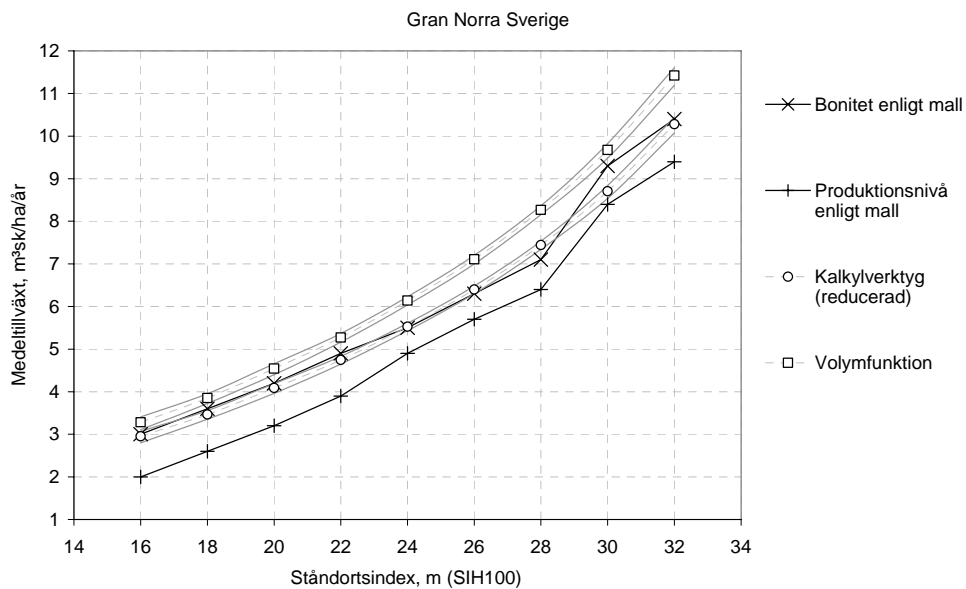
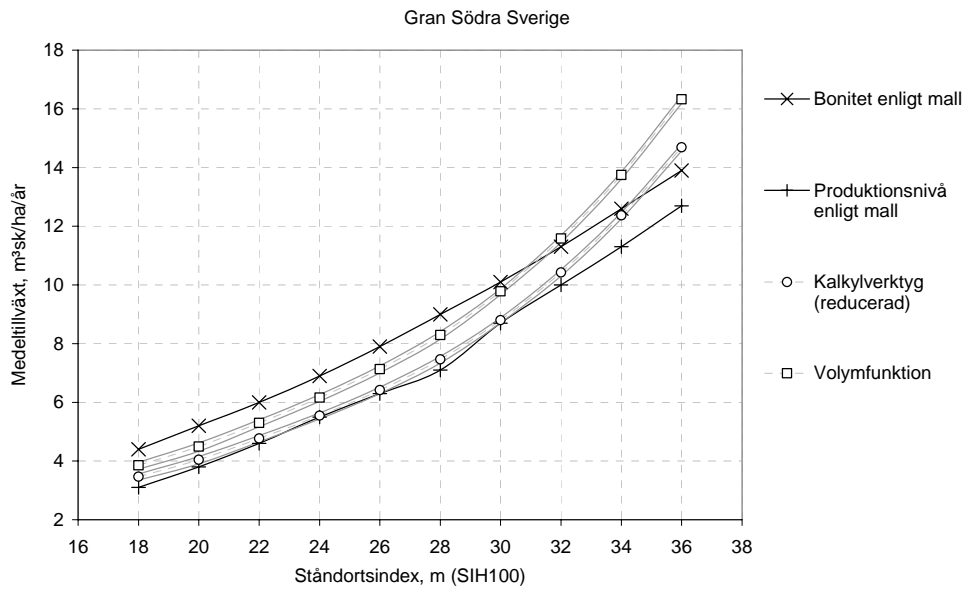


Figur 4a och b.
Samband mellan totalproduktion, initialt stamantal och övre höjd enligt produktionsmodellen. - - - - Totalproduktion vid produktionsoptimal omloppstid för olika $SI H_{100}$; — produktionsmodellerna i sina grundformer (Elfving 2004); - - - - reducerade funktionerna som använts i kalkylverket.

Produktionsmodellens tillväx ($\text{m}^3\text{sk}/\text{ha}/\text{år}$) är i nivå med eller något högre än de praktiska tillväxter som anges i Skogsstyrelsens gallringsmallar för olika SI H_{100} (Anon, 1985) (figur 5 och 6). Tillväxten är förhållandevis högre i jämförelse med mallarna för norra än för södra Sverige och högre för de högsta SI-klasserna. I de högre SI-klasserna överstiger dock inte tillväxten nämnvärt boniteten enligt gallringsmallen (Hägglund, 1981).



Figur 5 a och b. Jämförelse mellan produktionsmodellens tillväxt vid medeltillväxtens kulmination och tillväxt respektive bonitet enligt Skogsstyrelsens gallringsmall för tall. Bredden på produktionsmodellens linjer visar på effekten de stamantalsintervall som anges i gallringsmallen.



Figur 6 a och b.
 Jämförelse mellan produktionsmodellens tillväxt vid medeltillväxtens kulmination och tillväxt respektive bonitet enligt Skogsstyrelsens gallringsmall för gran. Bredden på produktionsmodellens linjer visar på effekten de stamtalsintervall som anges i gallringsmallen.

Referenser

- Anon. 1985. Gallringsmallar. Skogsstyrelsen Jönköping, 35 s.
- Brandel, G. 1994. Nya volymfunktioner för tall, gran och björk. Skogsfakta Nr. 11 1994. Sveriges lantbruksuniversitet, skogsvetenskapliga fakulteten. 4 s.
- Elfving, B., Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. *Forest Ecology and Management* (98) 125–134.
- Elfving, B. 2003. Övre höjdens utveckling i granplanteringar. SLU, Inst. för skogsskötsel. Arbetsrapport 185.
- Elfving, B. 2004. Produktionsaspekter vid gallring. I: Skogforsk Gallring 2004 – kunskap och perspektiv. Uppsala den 3 november 2004. 11 s. Uppsala.
- Elfving, B. 2007. Opublicerat material.
- Holmen AB 2004. Prestationsprognoser för Skotare och Skördare vid gallring och slutavverkning.
- Hägglund, B. 1981. Samband mellan ståndortsindex H_{100} och bonitet för tall och gran i Sverige. SLU, projekt Hugin. Rapport 26.
- Ollas, R. 2000. Formelunderlag för verktyget Beståndsval på för Kunskap Direkt. Skogforsk 2000.
- Pettersson, N. 1992. Inverkan av planteringsförbandet på volym och struktur i tall- och granbestånd. Institutionen för skogsproduktion, rapport nr 30, SLU, Garpenberg 1992. 58 s.

Installation av Excelprogrammet

INNAN START AV PROGRAMMET

Programmet är skapat i Microsoft Office Excel version 2003. Det är möjligt att andra versioner kan ge problem vid körning av programmet (detta problem är känt för version 2000). Programmet använder Makron skriven i Visual Basic för en stor del av funktionerna och dessa måste kunna köras korrekt.

För att programmet skall fungera måste man göra vissa förberedelser innan programmet öppnas:

- Öppna Excel. Excel kommer att öppna ett nytt dokument; Book1.
- Öppna Tools/Verktyg => Macro (Makron)
- Security... (säkerhet)
- I dialogrutan väljs: Medium
- Avsluta med OK
- Stäng Book1

Installering av programmet

- 1) Unzip filen: Kalkylverktyg
- 2) Öppna mappen där det finns 4 filer: Kalkylverktyg, Installationsmanual, Solver.xla och solver32.dll
- 2) Installera Solver
 - Dubbelklicka på den bifogade Excelfilen SOLVER och godkänd Makros
 - I vissa versioner av Excel får man en felmeddelande*:
Makrofel vid cell: [SOLVER:XLA] Functions!A31
Välj "Fortsätt" i dialogrutan.
(*Detta beror på att Solver redan finns installerat. Genom att välja fortsätt är man säker på att kalkylverktyget letar efter Solver på rätt ställe).
- 3) Öppna dokumentet Kalkylverktyg genom menylinjen File Open / Filer Öppna (Control + O).
- 4) Godkänd Makros.

Användarflikarna är följande:

"Priser", "Kostnader", "Basbestånd", "Förädlad", "Contortatall", "Sådd", "Självföryngring", "Försenad plantering", "Utan markb", "Utan Röjning", "Dikesrensning 2", "Dikesrensning 1", "Gödsling 1", "Gödsling 2", "Åtgärdsjämförelse", "Egna standarder"

Undvik att ändra i andra än dessa.

Man kan välja att dölja alla beräkningsflikarna genom att trycka på knappen: "Dölja alla beräkningsflikar" nederst på fliken "Start". Om man önskar visa dem igen tryck på knappen: "Visa alla flikar".

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2006

År 2006

- Nr 609 Karlsson, B. & Lönnstedt, L. 2006. Strategiska skogsbruksval – Analys av två alternativ till trakthyggesbruk med gran. 141 s.
- Nr 610 Sonesson, J., Eriksson, I. & Pettersson, F. 2006. Beslutsunderlag för privatskogsbruk. Slutrapport. 50 s.
- Nr 611 Bergkvist, I., Lundmark, T., Rytter, L. & Thor, M. 2006. Uttag av biobränslen i ungskog – Slutrapport 2006 för projekten P22187 och P22189. 17 s.
- Nr 612 Skutin, S.-G. 2006. Virkesstyrningssystem – problem i dag och möjligheter i morgon – En intervjuundersökning inom HEUREKA Fas 1. 32 s.
- Nr 613 Jonsson, M. 2006. Spår djupsmätning efter Valmet 890 med boggieband – Magnum och Ecotrack HS. 8 s.
- Nr 614 Sonesson, J., Almqvist, C., Andersson, B., Berlin, M., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Persson, T., Rosvall, O., Stener L.-G. & Westin, J. 2006. Lägesrapport 2005-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 20 s.
- Nr 615 Ekstrand, M. 2006. CARABAS – Individual trees. 19 s.
- Nr 616 Bergkvist, I., Nordén, B. & Lundström H. 2006. Besten med två virkeskurirer – studier av prestation och bränsleförbrukning. 17 s.
- Nr 617 Sondell, J. 2006. Operation Gudrun – Vunna erfarenheter och förslag till förbättringar. 39 s.
- Nr 618 Larsson, M. & Nordén, B. 2006. Skogsbränslesystem – State of the art 2006. 16 s.
- Nr 619 Jonsson, M., Löfroth, C. & Thor M. 2006. Helkroppsvibrationer i en skotare och jordbrukstraktor uppmätta på mobil testbana – Slutredovisning av En studie föranledd av EU-direktiv 2002/44/EG och arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2005:15 helkroppsvibrationer i fordon. 13 s.
- Nr 620 Löfroth, C., Marcusson, H. & Jonsson, M. 2006. Standardiserad lastkontroll på virkesfordon. (Nordic Innovation Centre REF.NO:04169-JE). Slutrapport – Förslag till nordiskt certifierings-system för kranvagnar i skoglig applikation. Typprovning enligt följande klasser. 24 s.
- Nr 621 von Hofsten, H. 2006. Maskinell upptagning av stubbar – Möjligheter och problem. 10 s.
- Nr 622 Brunberg, T., von Hofsten, H. & Jonsson M. 2006. Studier av stälvalsar tillsammans med John Deere – Delstudie vid savning. 14 s.
- Nr 623 Brunberg, T. 2006. Bränsleförbrukning hos skördare och skotare vecka 13, 2006. 7 s.
- Nr 624 Löfroth, C. & Rådström L. 2006. Bränsleförbrukning och miljöpåverkan vid drivning och vidaretransport. 16 s.
- Nr 625 Järrendal, D. & Tinggård-Dillekås, H. 2006. Engreppsskördare med Head-Up Display. 65 s.
- Nr 626 Furness-Lindén, A. 2006. Affärsutveckling i relationen. Stor kund: liten leverantör – vad kan skogsbruket lära? 77 s.
- Nr 627 Löfgren, B. 2006. Olika faktorer som påverkar studier i en skogsmaskinsimulator – en litteraturstudie. (under arbete)
- Nr 628 Hannerz, M. 2006. Kunskap om Kunskap Direkt – Enkät till distriktschefer och inspektorer, oktober 2006. 11 s.

År 2007

- Nr 629 Brunberg, T. 2007. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare vecka 13 och 39 2006. 11 s.
- Nr 630 Brunberg, T. 2007. Ekonomin hos extra stor skördare tillsammans med stor skotare. 5 s.
- Nr 631 Eriksson, B. 2007. Tillväxt i skogsvårdsföretag. 13 s.
- Nr 632 Frisk, M. & Ekstrand, M. 2007. Vilka vägar används av skogsnäringen – Visualisering av skogsbrukets virkesflöden. 23 s.
- Nr 633 Furness-Lindén, A. 2007. Affärsutveckling i relationen. Stor kund: liten leverantör – vad kan skogsbruket lära? "Version 2 – utan intervjureferat – för allmän distribution" 54 s.
- Nr 634 Järrendal, D. & Tinggård Dillekås, H. 2007. Head-Up Display i engreppsskördare – Utvärdering i simulator och i fält. 153 s.
- Nr 635 Wählberg, A. 2007. Trafiksäkerhetseffekter av ökad storlek på lastbilar. 21 s.
- Nr 636 Jönsson, P. & Löfroth, C. 2007. Vibrationsmätningar på provbana – Ponsse Elk. 11 s.

- Nr 637 Bergkvist, I. 2007. Flerträdshantering i granbestånd – Pilotstudie av John Deere 754 med modifierade kvistknivar för flerträdsavverkning samt provkörning av flerträdshanterad granved i rensriet på Hallsta massabruk. 8 s.
- Nr 638 Ekstrand, M. 2006. Reseberättelse -Ekstrand, M. 2006. Reseberättelse – Tunga virkesfordon – Nya Zeeland och Australien. 12 s.
- Nr 639 Sonesson, J., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K-A., Jansson, G., Karlsson, B., Persson, T., Rosvall O., Stener L-G. & Westin J. 2007. Lägesrapport 2006-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
- Nr 640 Rosvall, O., Simonsen, R., Elfving, B., Rytter, L. & Jacobson S. 2007. Tillväxthöjande skogs-skötselåtgärder i privatskogsbruket – underlag för lönsamhetsberäkningar. Slutrapport – Lönsam tillväxtökning. 62 s.
- Nr 641 Möller, J. J. & Moberg, L. 2007. Stambank VMF Qbera. 14 s.