



Skogens skötsel

Rapport från Future Forests 2009–2012

Urban Nilsson (redaktör)

Future Forests Rapport 2013:1

**Skogens skötsel
Rapport från Future Forests 2009-2012**

Urban Nilsson (vetenskaplig redaktör)

Författare:

Anges för respektive artikel. Projektbeskrivningarna är redigerade av Urban Nilsson i samarbete med respektive delprojekttansvarig. Icke-signerade artiklar är författade av Mats Hannerz/Silvinformation.

Adress:

SLU, Future Forests
Skogsmarksgränd, 901 83 Umeå

juni 2013

SLU, Future Forests

Future Forests Rapport 2013:1

ISBN: 978-91-576-9158-3

Vid citering uppge:

Nilsson, U. (red.) (2013). Skogens skötsel. Rapport från Future Forests 2009-2012. Future Forests Rapport 2013:1. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 65 sidor.

Rapporten kan laddas ned från

www.slu.se/futureforests

Epost:

urban.nilsson@slu.se

Ansvarig utgivare: Annika Nordin, programchef Future Forests

Finansiärer:

Future Forests (med stöd från Mistra, SLU, Umeå universitet, Skogforsk, svenskt skogsbruk), Tema Tillväxt

Grafisk form: Jerker Lokrantz/Azote

Layout och textredigering: Mats Hannerz/Silvinformation.

Framsida: Gran och tall i blandning är en av Sveriges vanligaste skogstyper. Trots det har vi dålig kunskap om hur blandskogen ska skötas och hur gran och tall växer i förhållande till varandra. Foto Mats Hannerz/Silvinformation.



Annika Nordin. Foto Jenny Svennås-Gillner, SLU.

Future Forests första fas har gått i mål. År 2009 startade det som skulle växa till ett unikt program inom svensk skogsforskning. Unikt eftersom det strävar efter att integrera olika synsätt och forskningsdiscipliner för att lösa gemensamma problem och målkonflikter. Unikt också i sin omfattning. Under de fyra åren har ett 70-tal forskare haft hela eller delar av sin forskning inom programmet, förutom de forskare och experter som varit knutna till olika tematiska arbetsgrupper. Till sitt förfogande har de haft en budget på drygt 140 miljoner kronor.

I Future Forests har biologer, samhällsvetare, filosofer, statistiker, produktionsforskare, hydrologer, ingenjörer, kommunikatörer och många fler arbetat sida vid sida.

De mest integrerade delarna har utförts inom ForSA, Centret för analys och syntes av skogliga system. ForSAs synteser bygger i sin tur till stor del på forskningsresultat från de tio delprojekten inom programmet.

Delprojektens forskning har huvudsakligen redovisats i vetenskapligt granskade tidskrifter. Det är ju så fors-

kare arbetar för att garantera att resultaten blir kvalitetssäkrade. I denna serie presenterar vi resultaten i lite mer lättsmält format, delprojekt för delprojekt. Den som vill fördjupa sig kan läsa mer i den imponerande rad av artiklar som citeras. Det går också utmärkt att ta kontakt direkt med forskarna. De ställer gärna upp och berättar mer.

Denna rapport presenterar delprojektet **Skogens skötsel**, som av historiska skäl har varit det största delprojektet inom Future Forests. Delprojekten bygger i sin tur vidare på temaforskningsprojekten Tema Tillväxt Syd och Tema Tillväxt Nord, som båda startade 2006 och övergick i Future Forests 2009.

Umeå i juni 2013

Annika Nordin, programchef för Future Forests

Innehåll

Programledaren har ordet.....	3
Projektledaren – “Små steg men stora effekter”.....	5
Användarna.....	7
Doktoranderna.....	9
Ingen riktig skötsel­forskning utan långliggande fältförsök.....	13
Röjning.....	15
Gallring.....	20
Contorta.....	24
Björk.....	28
Rotröta.....	31
Gödsling.....	36
Kontinuitetsskogsbruk.....	41
Skogen och klimatet.....	44
Modeller och datahantering.....	48
Nya trädslag.....	52
Oväntat låg granproduktion i Norrland.....	57
Publikationer.....	58
Medarbetare.....	65

”Små steg men stora effekter”



Urban Nilsson: ”Skogsproduktionens värde kan öka med små medel. Effekten kanske inte är gigantisk i ett enskilt bestånd, men det blir många kubikmeter och tusenlappar på en hel fastighet eller ett län”. Foto Mats Hannerz.

Forskning kring skogsskötsel har ju pågått i över 100 år. Vet vi inte tillräckligt idag?

– Nej, säger professor Urban Nilsson med eftertryck. Forskning och praktik har i och för sig mejslat fram en fungerande svensk modell för skogsskötsel. Den är i det stora hela bra – i ett trakthyggesbruk med våra vanligaste trädslag. Men fortfarande vet vi alldeles för lite om blandskogar, skogar med heterogen ålderstruktur och nya trädslag.

Urban Nilsson har varit ledare för Future Forests delprojekt Skogens skötsel. Han konstaterar att den traditionella forskningen också har luckor att täppa igen. Kunskapen om gallringens och röjningens effekter på skogens tillväxt är visserligen gammal, och de nya rön som växer fram leder sällan till stora utvecklingsprång. Men Urban lyfter fram att även ”myrstegen” betyder mycket.

– När några procents förbättring översätts till kubikmeter på hela Sveriges skogsareal – då blir det plötsligt stora siffror, påminner han.

Future Forests delprojekt har bidragit till flera sådana förbättringar. Många resultat har redan inlemmats i skogsbrukets skötselinstruktioner. Men forskningen löper vidare. Det tar tid att nå resultat.

En viktig del i sköselforskningen är de långliggande fältförsöken. Det är där forskarna får facit. En metod som fungerar bra i teorin kan visa ett annat ansikte när träden har fått trängas med varandra och utsätts för decennier av vind och klimat.

Urban Nilsson vill gärna hylla tidigare framsynta forskares insatser. De försök som dagens forskare nu skördar frukterna från kan härstamma från ytor som lades ut decennier tidigare. Under tiden har de under-

hållits och mätts fortlöpande. Ett gigantiskt arbete som har gett unika material.

– Nu är det dags för oss att ta stafettpippen och bära den vidare till framtidens forskare.

Future Forests har därför anlagt flera nya långsiktiga fältförsök, bland annat om gödsling i contortaskogar och skötsel av heterogena bestånd. Försökens värde ökar med tiden, men en del kommer att kunna läsas av redan under Future Forests fas 2.

Nya mål ställer nya krav

Trycket ökar på skogen och allt fler aktörer har åsikter om hur den bör skötas. Det ställer också nya krav på forskningen. Hur ska en skog se ut som ska binda kol, vara trevlig att vistas i, gynna mångfalden och dessutom producera virke?

– Utmaningarna är stora när vi ska utforma en skötsel som möter så många nyttor. Det är där Future Forests har sin stora roll, konstaterar Urban Nilsson.

Future Forests delprojekt Skogens skötsel är frukten av en längre tids satsning på tillämpad skötselforskning. Forskningsprojekten ”Tema Tillväxt Nord” och ”Tema Tillväxt Syd” startade 2006 med gemensamma medel från skogsbranschen och SLU. Temaprojekten byggde i sin tur vidare på forskningsprogram som ”Sydsvensk skogsskötsel”, ”Fiberskog” och ”Granprogrammet”. Skogsskötselforskningen har länge byggt på ett samarbete mellan brukarna och forskarna. Ett samarbete som borgar för en förståelse för praktikens villkor, men också för forskningens krav på exakthet och repeterbarhet.

Urban Nilsson betonar att det är forskarna som styr inriktningen.

– Vi utför inte uppdragsforskning, men vi lyssnar. Jag tror ingen av våra forskare upplever att hon eller han har blivit styrd av praktikens företrädare. Men vi har haft en enormt stor nytta av styrgruppen, som har gett oss goda råd och ställt de kluriga frågorna.

Foto Mats Hannerz.



”Vi måste väga samman många intressen”

Bergvik Skog AB är en av Sveriges största skogsägare, med ett markinnehav på 2,3 miljoner i Sverige och ytterligare 105 000 hektar i Lettland. Den långsiktiga skogsskötselstrategin ligger fast, men åtgärderna måste hela tiden omprövas i takt med förändringar i omvärlden. En omprövning som också ställer krav på forskningen.

Som skötselansvarig på Bergvik Skog har Åke Granqvist breda kontakter med skogsforskningen. Under de 30 år han har varit med har han sett att den förändrats.

– I takt med att kunskapen ökar blir forskningen mer specialiserad. Forskarna gräver allt djupare gropar. Det är viktigt och nödvändigt, men de måste också se vad som finns utanför gropen.

Han välkomnar Future Forests arbetssätt där olika discipliner angriper ett problem från flera håll. Nyttan ökar när forskningen sätts in ett sammanhang.

– Vi som är skogsägare måste ta hänsyn till så många faktorer i vår omvärld. En forskare kan ge ett bra råd, men vi måste också väga det mot andra intressen. Den avvägningen görs också inom Future Forests, säger han.

Han lyfter bland annat fram de förändringar som certifieringarna medför. De ekologiska anpassningarna klarar Bergvik Skog ganska bra, men de växande kraven på sociala hänsyn kan ibland få genomgripande effekter. Ett försiktigare skogsbruk nära bebyggelse sänker till exempel virkesproduktionen om det ställs krav på hyggesfritt skogsbruk. Produktionsbortfallet måste rimligen kompenseras på andra marker.

– Vi ser redan idag ett mer tudelat skogsbruk, med lägre produktion och större hänsyn på vissa platser, men en intensivare produktion på andra. Det är nödvändigt om vi ska leva upp till ägarnas krav på virkesavkastning, säger han.

Det tudelade skogsbruket tvingar också fram nya svar från forskningen. Hur tillväxten påverkas av kontinuitetsskogsbruk och hur produktionshöjande åtgärder kan utföras utan att påverka miljön.



Åke Granqvist. Foto Bergvik Skog.

Åke Granqvist vill inte lyfta fram något enskilt resultat från Future Forests delprojekt. Han betonar i stället helheten och möjligheten att få diskutera brett med forskarna. Samtidigt erkänner han att vissa frågor är särskilt viktiga idag.

– Vi har stora arealer medelålders skog med gallringsbehov. Hur vi får lönsamhet i våra förstagallringar, är ett exempel.

Är det då någon fråga som han saknar i Future Forests?

– Viltfrågan borde definitivt in i programmet. Det är en fråga vi brottas med dagligen, och som måste studeras på skogsskötarens planhalva.

"Forskarna har varit lyhörda för skogsbrukets behov"

Marie Larsson-Stern var ordförande i styrgruppen för delprojekt Skogens skötsel. Hon betonar att styrgruppen inte har varit en passiv åskådare. I stället har den arbetat nära forskarna och hjälpt till att prioritera resurserna.

– Forskarna har varit lyhörda för skogsbrukets behov, och vi har täckt in frågor i hela vårt avlånga land.

Hon konstaterar att skogsskötselfrågorna fått ett större fokus sedan Future Forests skapades. Dessutom får en ny generation skötsel forskare förutsättningar att utvecklas. Future Forests tvärvetenskapliga ansats öppnar också för samarbeten med andra forskningsdiscipliner. Marie Larsson-Stern lyfter fram projektet om konsekvenser av nya trädslag i södra Sverige som ett exempel. Där jobbade biologer, samhällsvetare, filosofer och produktionsforskare sida vid sida.

– Det här angreppssättet gör att skötselfrågorna sätts in i ett större sammanhang, konstaterar hon.

Skötsel forskning är sällan något som löses med en snabbtest på labb. I stället är man beroende av fältförsök. Här tycker Marie Larsson-Stern att programmet har jobbat klokt. Det har handlat både om att utnyttja tidigare forskares arbeten och att bygga nytt för framtiden.

– Vi har till exempel kunnat bearbeta gamla data i Sven-Olof Anderssons röjningsförsök, där nya analysmetoder har gett nya intressanta resultat.

Under Future Forests första fas var Marie Larsson-Stern skogsvårdschef på Sveaskog, som med sina 3,1 miljoner hektar produktiv skogsmark är Sveriges största skogsägare. Flera forskningsresultat har redan gett avtryck i Sveaskogs skötselstrategier. Tidigare och färre gallringar liksom kortare omloppstider för gran i södra Sverige är några exempel. Forskningen kring gallring i contortatall har också gett viktiga kunskaper för Sveaskogs stora arealer medelålders contortaskog.

Andra resultat som Marie Larsson-Stern lyfter fram har betydelse för hela skogsbruket. Dit hör arbetet med användningsrekommendationer för förnygrings-



Marie Larsson-Stern. Foto Sven Tegelman.

material och jämförelserna mellan granens och tallens produktion i Norrland.

Som stor skogsägare är Sveaskog värd för flera försök. I tillväxtparkerna finns möjlighet att studera miljöeffekter på landskapsnivå av tillväxthöjande åtgärder som gödsling och nya trädslag. I Rogberga söder om Jönköping testar Sveaskog hyggesfritt skogsbruk.

– Ett annat exempel är ett nyligen utlagt trädslagsförsök där man ska följa hybridlärkens produktion.

Nu när Future Forests går in i fas 2 har Marie Larsson-Stern bytt Sveaskog mot Skogforsk, där hon är forskningschef sedan våren 2013. Från den positionen fortsätter hon att vara engagerad i programmet.

Man lär så länge man har elever, och det gäller även för ett forskningsområde som skogsskötsel. Att utbilda doktorander – morgondagens forskare och experter – är en viktig uppgift för Future Forests. Delprojektet Skogens skötsel har haft sju doktorander knutna till sig.

Stämmer modellerna när skogen är förädlad?

Idag har över 70 % av alla planterade granar och tallar i Sverige sitt ursprung i förädlad material, oftast från fröplantager. Den förädlade skogen växer 10-20 procent snabbare än oförädlad. Samtidigt är dagens tillväxtmodeller utvecklade efter provytor och försök i oförädlad skog. Modellerna är alltså anpassade till en historisk skog som successivt håller på att avvecklas. Fungerar de i morgondagens förädlade skogar? Det är den stora frågan för **Samuel Egbäcks** doktorandprojekt.

I projektet utvärderar han hur modellerna stämmer i förädlad skog. I de fall de inte gör det, utvecklas nya modeller (Egbäck *et al.* 2013). Till sin hjälp har Samuel Egbäck data från avkommeförsök etablerade under de senaste 50-60 åren. Forskningen utförs i samarbete med Skogforsk, som administrerar försöken.

De nya tillväxtfunktionerna ska användas för att belysa effekter på produktion och ekonomi av olika skötselalternativ när hänsyn tas till förädlingseffekten.

De ska kunna implementeras i modeller för skoglig planering på träd-, bestånds-, företags- och nationell nivå för att kunna göra realistiska prognoser över den nya skogens utveckling och avkastning.



Sprider røjstammarna rotröta?

Røjning har betraktats som en ganska ofarlig verksamhet med hänsyn till rotröta. Nya resultat från **Anna Gunulfs** doktorandprojekt visar dock att även små granar kan infekteras och sprida rötan vidare. Simuleringar av rötans utveckling tyder också på att en betydande del av rotrötan i slutavverkningsskogen kan bero på infektioner i røjningsskogen, särskilt vid sena røjningar när beståndet börjar närma sig gallringsfasen.

Risken för sporinfektioner ökar visserligen med ökande stubbdiameter, men mätningarna visade att så många som hälften av stubbarna hade infekterats i de røjningsbestånd som studerades. Små røjningsstubbar kunde också sprida rötan vidare till andra träd. Även om spridningsrisken ökar med ökande diameter så kunde till och med stubbar med 2,5 cm i diameter föra rötan vidare (Gunulf *et al.* 2012a, Gunulf *et al.* 2013).

Vad kan man då göra åt det? Behandling med den antagonistiska svampen *Phlebiopsis gigante* visade sig minska sporinfektionerna även på unga granstubbar, men effekten var inte lika stor som vid behandlingar i gallringsskog.

Hennes studier visade också att den ena arten av rottickan – *Heterobasidion parviporum* – hade en konkurrensmässig fördel mot den andra arten – *Heterobasidion annosum* (Gunulf *et al.* 2012b).



Hur skapar och sköter vi blandskog?

Kan vi styra den framtida skogens artsammansättning redan på föryngringsstadiet? Ja, naturligtvis genom att bestämma vilket trädslag som planteras. Men samtidigt vet vi att en stor del av de plantor som återfinns i ungskogen har kommit dit genom naturlig föryngring. En vanlig åtgärd har varit att röja bort det självföryngrade lövet för att gynna de planterade barrträden. Idag ses dock lövet som en resurs. Blandskogen är positiv för mångfalden och lövet är en eftertraktad råvara både för skogsindustrin och energimarknaden.

Emma Holmström fokuserar i sitt doktorandarbete på hur föryngringen och röjningen påverkar artsammansättningen. Målet är att hitta strategier för att skapa och sköta blandskog. Genom att studera lövuppslaget i föryngringsförsök skapar hon modeller för naturlig föryngring med olika lövträdsarter. Dessutom utnytt-

jar hon försök i ungskog där bestånd med olika blandningar av löv och barr röjs fram.

En modell är utvecklad för naturlig föryngring av björk på hyggen. Den visar att markberedning, grotuttag och skärmträd påverkar både fröfallet och lövuppslaget. Valideringar av modellen tyder på att den fungerar tillfredsställande, men att den fortfarande behöver korrigeras för bland annat år med dålig frögroning.



Kan vi minska stormskadorna med skogsskötsel?

Vilken betydelse har stormar haft för granskogsbruk i sydvästra Sverige och hur skulle en förändrad granskogsskötsel påverka produktion och ekonomi? Det är frågor som **Martin Ahlström** försöker besvara i sitt doktorandarbete.

En noggrann kartläggning av vanliga avverkningar och stormfällningar på Tönnersjöhedens försökspark från 1940-talet och framåt visade att endast hälften av den avverkade volymen under perioden var planerad, resten föll i stormar. Resultaten visar också att majoriteten faller i stora stormar. Sedan 1940-talet har 93 % av den vindfällda volymen fallit i tre större stormar: 1969, 2005 resp. 2007.

Martin Ahlström har också undersökt hur skogen påverkas av en stormanpassad skötsel. Gles plantering, ingen gallring och tidig slutavverkning är åtgärder som gör skogen mindre utsatt för vind. Simuleringar av sådana alternativa skötselprogram tyder på bara små förluster i produktion och ekonomi. Nettot blir i stort sett lika högt med ett gallringsfritt program som med två gallringar, men risken för vindfällning blir betydligt mindre.

En annan studie har försökt belysa hur rotröteförekomst påverkar vindfällning. Rötforekomst i fasta försök i Götaland före och efter stormen Gudrun analyserades. Resultaten visar att även om rotröteförekomst är en variabel som påverkar risken för vindfällning finns det många andra variabler som är viktigare, t.ex. trädhöjd och tid sedan gallring.

Några andra frågeställningar som ryms inom doktorandprojektet: drabbas contortatall av stormskador i högre utsträckning än den vanliga tallen? Hur påverkas björkens lönsamhet jämfört med granens om antalet stormar ökar – kan björkens lägre produktion vägas upp av en lägre risk för vindfällning?



Gallring och kvalitet - hur hänger det ihop?

Den svenska kvalitetsfuran är ett begrepp, och de goda egenskaperna hos grantimret ligger inte långt efter. Men varumärket bygger på timmer från den ”gamla” skogen, ofta självsådd och kanske aldrig skött för skogsproduktion. Hur ser det ut i den rationellt skötta skogen, där träden har friställts i rönningar och gallringar, och där förädlat material har ersatt ortens egna gener?

Mateusz Liziniewicz har studerat hur gallring, planteringsförband och förädling hänger ihop med virkeskvalitet och produktion (Egbäck *et al.* 2012, Liziniewicz *et al.* 2012). I doktorandarbetet har han utnyttjat gallringsytor, förbands- och proveniensförsök för att få en bild av hur beståndsbehandlingen påverkar tillväxt, yttre kvalitet och egenskaper hos sågtimret.

En intressant studie visade att virkesegenskaperna hos tall skiljde sig åt inom en och samma halvsyskonfamilj beroende på vilka grannar träden växte tillsammans med. Dessutom förändrades rangordningen med beståndets täthet. Resultaten tyder på ett samspel mel-

lan trädens genotyp och konkurrenssituation.

En annan studie tog fasta på contortatallens kvalitet i olika förband. Täta förband (1,4x1,4 m) gav både högst produktion och bäst kvalitet, och det glesaste förbandet (4x4 m) gav lägst produktion och störst andel träd med defekter. Plantering med 2500 plantor per hektar är en acceptabel kompromiss för att få tillräckligt hög tillväxt, diameter och virkeskvalitet till en rimlig förnyingskostnad.

I andra studier har han tittat på urval av enskilda stammar i gallring. Dessutom har han provsågat 80-åriga tallar i gallringsförsök för att få en bild av den inre kvaliteten, som inte alltid syns vid en inventering i fält.



Varför stampar granen?

Tall kommer snabbt igång, granen är långsam i starten. Granens ”stamp” är ett välkänt fenomen som skogsmän och kvinnor har fått fördra med förvissningen att granen växer snabbare när den väl är etablerad. Nya rön från norrländska försök visar dock att granen fortsätter att växa långsamt, betydligt sämre än tallen (Nilsson *et al.* 2012).

Olle Sjölin ger sig i sitt doktorandarbete i kast med att lösa frågan om varför granen stampar, och om det går att få den att starta snabbare.

Han följer bland annat plantornas upptag av kväve på svaga och goda marker i både södra och norra Sverige. Till sin hjälp har han kväve 15, en kväveisotop som är ovanlig i naturen. Därför är det lätt att spåra vart den tar vägen i plantan. Hypoteserna är flera. Granstampen kan t.ex. bero på att gran på mark med lågt näringsutbud har lägre kväveupptag jämfört med tall och att granens kväveupptag ökar med ökande mark-

störningar. Ökningen är också relativt sett större än för de andra trädslagen. En ytterligare hypotes är att gran har ett lägre kväveupptag, vilket kan bero på plantans fysiologi och att granen har en mindre fördelaktig samverkan med mykorrhiza.

Ett projekt i doktorandarbetet går ut på att jämföra tall och gran i olika förband för att se vilken betydelse förbandet har för skillnaden mellan trädslagen på olika ståndorter över hela Sverige. Det kan också ge en bild av hur trädslagen kan utnyttja näringen under olika konkurrensförhållanden.



Hur sköter vi contortaskogarna?

Magnus Anderssons licentiatarbete handlar om contortatallens virkesproduktion i norra Sverige och hur skador av vind och snö påverkar bestånden, framförallt efter gallring. Arbetet sker med utgångspunkt från utvecklingen i SCAs contortaskogar.

Det finns ca 600 000 hektar contortaskog i Sverige idag. Till övervägande del är det planteringar från 1970- och 1980-talen. Det innebär att det finns stora arealer contortaskog i åldrarna 20 till 40 år, men mycket lite som är äldre än så. Under 1990-talet var intresset för contortatallen lågt men är åter stigande eftersom det visat sig att contortatallens virkesproduktion är hög jämfört med inhemska trädslag.

Allt eftersom vi får större underlag att följa contortatallens virkesproduktion i bestånd som kan gallras och som närmar sig en ålder då slutavverkning kan vara aktuellt kan vi öka kunskapen om hur contortatallen växer och utvecklas i Sverige. Förutom contortatallens virkesproduktion under olika betingelser är utvecklingen av skador i bestånden en viktig fråga som har stor påverkan på hur contortaskogen kan skötas och vilka produkter virket kan användas till. I slutet av 1980-talet var gremmeniellaskador på contortaskog en omdebatterad fråga. Gremmeniellaangreppet ebbade ut och

idag är det mer aktuellt att undersöka hur storm och snöskador efter olika skötsel inverkar på bestånden.

Knappt hälften av all contortaskog i Sverige finns på SCAs mark. Företaget gjorde en satsning på contortatall för att motverka en förmodad framtida virkesbrist. Samtidigt som man planterade contortatall i stor skala lade man också ut försök för att kunna följa utvecklingen och för att kunna jämföra med svensk tall. Försöken har varit underlag för många studier genom åren. Förutom att följa contortatallens utveckling i jämförande försök är det högaktuellt att följa upp praktisk skötsel genom olika inventeringar. Ett påtagligt praktikfall uppstod 26/12-2011 då stormen Dagmar svepte fram över mellannorrland. Området råkade sammanfalla med det område där det finns stora arealer contortaskog och där det också gallrats en hel del contortaskog sedan 10 år tillbaka.



Lönar sig stubbehandling efter röjning?

Rotrötans spridning i unga röstammar var ett av de områden som **LiYing Wang** behandlade i den avhandling som hon försvarade 2012 (Wang 2012). Flera av delstudierna utfördes tillsammans med Anna Gunulf, som också är doktorand inom projektet.

Med en datormodell kunde hon beräkna rotrötans spridning och hur den påverkas av åtgärder som stubbehandling, vinteravverkning och gallringsregim. Kalkylerna visade att det är svårt att få lönsamhet på stubbehandling i röjningsskogen, oavsett hur hårt infekterat beståndet var i den tidigare generationen.

En annan studie handlade om att kartlägga hur rotrötan påverkar tillväxten hos tallar. Det visade sig att graden av infektion i rotdelen var negativt korrelerad med trädens volymtillväxt, även om rötan ännu inte hade

spridit sig upp i stammen.

I doktorandarbetet gjordes också studier av stubbehandling på hybridlärk, där behandling med både urea och *Phlebiopsis gigantea* visade sig effektiva (Wang *et al.* 2012).



Ingen riktig skötsel­forskning utan lång­lig­gande fält­försök

av Urban Nilsson

Skogsskötsel­forskningens viktigaste kapital är tid. En åtgärd i skogen kan visserligen ha en omedelbar effekt, till exempel när träden friställs efter en gallring eller röjning. Men med tiden ändras närings­omsättningen, ljuset och konkurrensen från andra träd. Skador kan komma smygande för att på längre sikt bli katastrofala. Effekterna och skillnaderna mellan olika behandlingar blir då beroende av när de läses av.

Det är inte ovanligt att skötsel­forskaren måste vänta 10–30 år på svaren, ibland ännu längre. Konsekvensen blir ibland att den forskare som lägger ut försöket inte kan läsa av det själv, utan överlämnar tolkningarna till nästa forskargeneration.

I vårt land är vi väl försedda med lång­lig­gande fält­försök som spänner över en mängd frågeställningar. Många av dem har tillämpade syften, som att jämföra röjnings- och gallrings­behandlingar, för­yngrings­metoder eller produktions­skillnader för olika genetiska ursprung och trädslag. Vid SLU är det Enheten för skoglig fält­forskning som förvaltar de idag drygt 1600 försöken.

Inom Future Forests och Tema Tillväxt har vi haft stor nytta av de långsiktiga fält­försöken. Vi har bearbetat

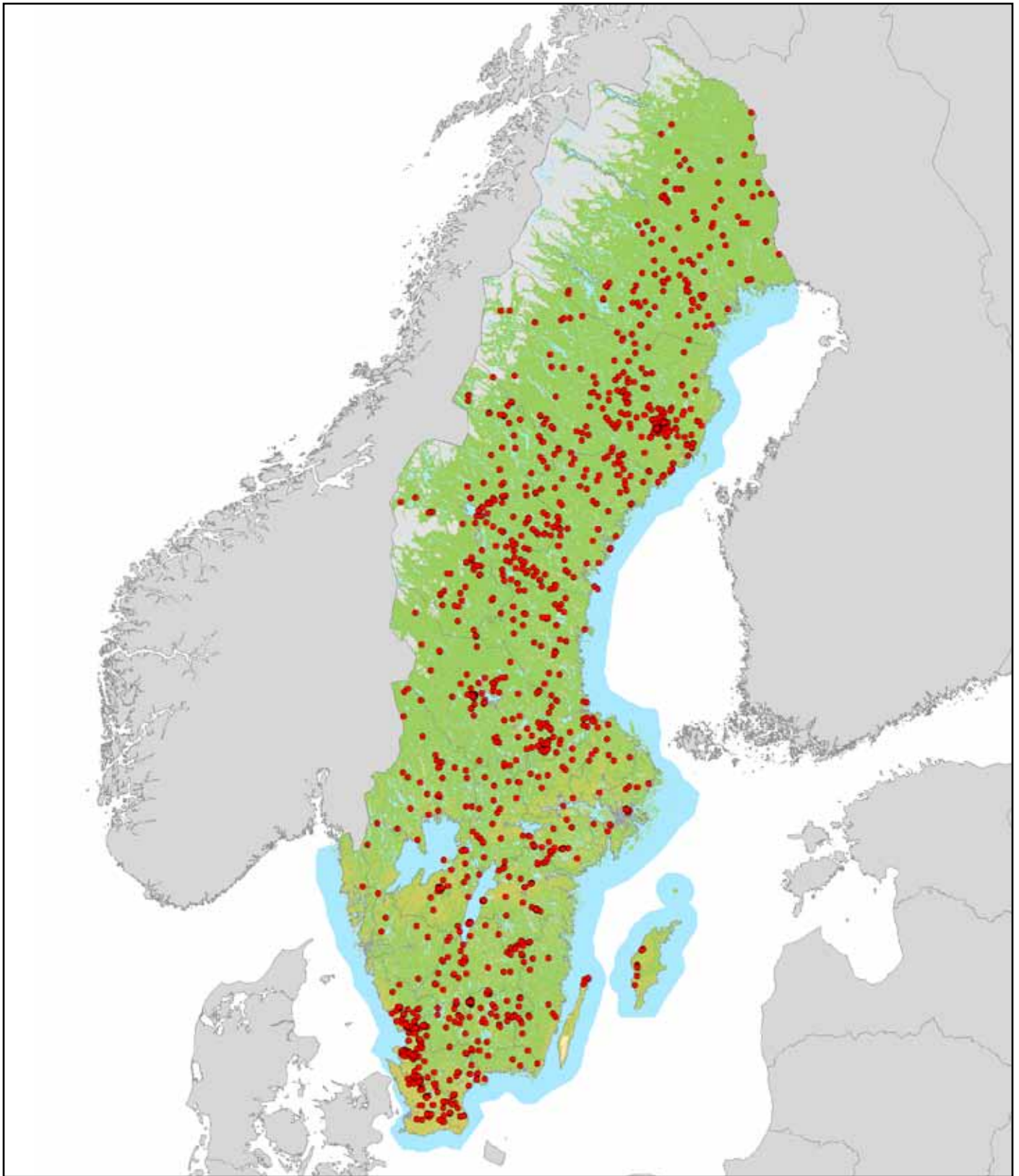
och redovisat försök med gallring och göd­sling, röjning och trädslag. Resultat från dessa beskrivs på annat håll i denna rapport.

Försöken är unika och väldigt mycket tid och pengar har lagts ner på att sköta och mäta dem. Därför är det viktigt att de inte förstörs vid röjningar, gallringar och slutavverkningar. Försöken är utmärkta i fält men det är inte alltid som markägare och skogstjänstemän vet exakt vad de används till och hur de skall skötas. Därför har vi utvecklat en applikation till iPhone – Silva Locator – med vars hjälp man kan identifiera alla försök som finns registrerade i databasen Silva Boreal, som finns på internet. Med Silva Locator får man veta lite om försöket och man får också en kontaktadress dit man kan vända sig för mer information.

Vår förhoppning är att Silva Locator i framtiden ska kunna bidra till att vi hinner vara med och skydda eller mäta försök innan de avverkas av misstag. Vi har också varit med och utvecklat en databas ur vilken man kan extrahera data ur samtliga registrerade försök. Databasen gör att vi snabbt kan serva olika forskare med relevanta data.



Gallrings- och göd­slings­försök nr 929 i Villingsberg. Yta nr 9, låggallrad och göd­slad. Till vänster från försöksanläggningen 1970 och till höger från 2004. Foton: SLU (tv) och Mats Wilhelm (th).



Skogliga fältförsök i SLU:s databas Silva Boreal. Karta Ola Langvall.



Foto Stefan Örtenblad, Skogenbild.

Röjning

Future Forests delprojekt om röjning har sökt svar på frågor om röjningens effekter och hur ungskogsvården bör utföras när hänsyn måste tas till såväl biologi, teknik som ekonomi. Data från äldre röjningsförsök har kunnat utnyttjas för vissa frågor, medan andra har krävt etablering av nya försök. Studierna berör områden som lövröjning i planterade granungskogar, röjning i täta naturliga förnygringar av tall, röjning i heterogen skog samt uttag av bioenergi i sena röjningar.

Tillväxt och avgång efter röjning

En unik källa till röjningsstudierna är det datamaterial från röjningsförsöken som lades ut på 1960- och 70-talen under ledning av professor Sven-Olov Andersson. Mätvärdena fanns tidigare endast tillgängliga i provyteböcker, men de har nu förts över till digital form. Försöken har använts för att utvärdera avgångar och tillväxt efter röjning.

Små avgångar efter röjning

Ulvcrona *et al.* (2011) studerade avgångar efter röjning till olika stamantal och vid olika röjningstidpunkt i tall och granbestånd. Resultaten visade att avgångarna var mindre än väntat. Inte ens vid sen och kraftig röjning ökade risken för skador och avgång. Slutsatsen är att risken för skador inte behöver påverka valet av röjningstidpunkt eller röjningsstyrka vid röjning av trädslagsrena tall- och granbestånd.

Kraftig röjning kan sänka produktionen, men inte hos de grövsta träden

Beståndens och de enskilda trädens produktion efter röjning undersöks också med hjälp av de gamla röjningsförsöken. Preliminära resultat bekräftar tidigare resultat att produktionsförlusterna kan bli stora efter röjning till låga stamantal. De visar också att beståndets täthet bara har en marginell påverkan på de största träden. De 1000 största stammarna var nästan lika stora i bestånd som röjts till 1400 stammar/ha som i bestånd med 4000 stammar/ha.

Samma resultat kom Kristina Ahnlund-Ulvcrona (2011) fram till i en avhandling där hon undersökte möjligheten till bioenergiuttag i sena röjningar. En av avhandlingens slutsatser var att det är möjligt att röja relativt sent, och därmed ge möjlighet till bioenergiuttag, utan alltför stor negativ påverkan på dimensionsutvecklingen för de huvudstammar som skall stå kvar efter röjningen.

Lövröjning

Det är ont om vetenskapligt utlagda experiment för att undersöka effekter av olika strategier för lövröjning i planterade tall- och granbestånd. Nya röjningsförsök

har därför lagts ut i Halland och Småland. Försöken behandlar lövröjning i planterade granbestånd, och effekter av röjningstidpunkt, röjningsstyrka, trädslagsblandning, stubbskottsröjning och gödsling undersöks. Tidiga resultat från försöksserien indikerar att det finns stora möjligheter att röja fram en blandskog av planterat barr och naturligt föryngrat löv, men röjningen bör sättas in tidigt. En fullständig redovisning av försöken kommer dock att dröja ytterligare tre-fem år.

Som ett komplement till ovanstående experiment har försök med brunnsröjning lagts ut och data från praktiska planteringar med olika konkurrens från naturligt föryngrat löv har samlats in. Tidsåtgång vid brunnsröjning och tidiga resultat från brunnsröjningsförsöket har redovisats i två examensarbeten (Gunnarsson 2010, Karlsson 2011).

Röjning efter olika föryngringsintensitet

Röjningsbehovet kan påverkas genom valet av föryngringsmetod. För att undersöka detta etablerades fyra försöksområden på stora hyggen som skapats efter stormen Gudrun i Småland och Halland. Olika grad av markberedningsintensitet undersöks och avsikten är att röja fram olika trädslagsblandningar. Försöken har inventerats under hösten 2011 och framtida utveckling kommer att simuleras med produktionsmodeller.

Röjning i heterogen ungskog

Ett röjningsförsök i heterogen ungskog etablerades på Asa försökspark år 2001. Beståndet dominerades av tall, gran och björk och variationen i såväl stamtäthet som trädhöjd var stor. Behandlingarna eftersträvade att skapa dels rena barrbestånd, dels olika trädslagsblandningar med och utan bevarande en heterogen struktur. Studien visar att det med en tydlig målsättning går att påverka strukturen i en heterogen ungskog med röjning. Behandlingarna hade genomslag på både produktion och ekonomi.

Beståndets utveckling under en omloppstid simulerades med produktionsmodeller. Resultatet visade både på en högre produktion (4 %) och ett högre ekonomiskt utbyte för den behandling som eftersträvade ett barrdominerat bestånd jämfört med då målet var en bibehållen heterogen struktur.

Bioenergiuttag i konfliktbestånd

Under vintern 2006–2007 etablerades ett röjningsförsök i så kallade konfliktbestånd i Kramfors och Sundsvall. I försöken jämförs traditionell röjning till ren gran, låggallring till ren björkskog och björkskärm över gran, och behandlingarna gjordes som bioenergiuttag.

Preliminära resultat efter en inventering 2011 visar att andelen skadade träd efter röjning har varit låg i alla försöksled. Produktionen under den studerade perioden har varit den samma för ren björkskog och björkskärm, som då beståndet har lämnats oröjt. Att friställa granen har hittills resulterat i en halvering av volymproduktionen jämfört med övriga behandlingar. Granen har dock reagerat kraftigt på friställningen och

dess diametertillväxt var 60 % högre än hos gran under en skärm av björk.

Blandning gran och björk

I ett blandskogsförsök på Asa försökspark där framröjda blandningar av gran och björk jämförs med ren granskog har projektet genomfört mätningar och analys av produktion och ekonomi (Fahlvik *et al.* 2011). Resultat och slutsatser från denna studie beskrivs i en separat artikel nedan.

Röjningsbehov! Foto Mats Hamnerz.



Gran och björk på lika villkor

av Nils Fahlvik

Björken kommer på köpet i de flesta granföryngringar. Men hur ska beståndet skötas om vi vill behålla björken även i det uppvuxna beståndet? Försöket Brudahall i Asa ger svar (Fahlvik *et al.* 2011).

Självföryngrad björk är ett vanligt inslag i granföryngringar. I traditionell skötsel avlägsnas björken tidigt under omloppstiden till fördel för barrträden. Blandbestånd med löv och barr anses dock erbjuda en rad fördelar jämfört med rena barrbestånd, såsom förbättrade markegenskaper, högre motståndskraft mot skador samt högre biodiversitets- och rekreativvärden. Tidigare studier har dessutom visat att det går att uppnå en högre volymproduktion då en skärm av björk sparas över granen under den första delen av omloppstiden.

För att studera hur en långsiktig inblandning av björk i granbestånd påverkar produktion och dimensionsutveckling etablerades ett försök inom Asa försökspark i Småland. Försöket anlades i ett bestånd med en liten höjdskillnad mellan trädslagen. På så vis skulle både björken och granen kunna utvecklas på lika villkor och uppnå timmerdimensioner. Genom röjning justerades trädslagsfördelningen så att björkens andel uppgick till 0, 20 respektive 50 % av stamantalet.

Efter 10 tillväxtsåsongen var volymproduktionen lika för alla behandlingar. Det fanns heller inte någon skillnad i granens höjd- och diametertillväxt mellan behandlingarna. Björkens grenar orsakade piskskador på granens toppskott och på 5 % av granarna bedömdes toppskottet ha dött till följd av skadorna.

Beståndets fortsatta utveckling fram till slutavverkning simulerades med produktionsmodeller. Förutom en bibehållen blandning med 20 och 50 procent björk testades även alternativ där andelen björk successivt minskades med tiden. Över hela omloppstiden minskade volymproduktionen med en ökande andel björk. Vid 50 % björkinblandning var den 17 % lägre jämfört med ren gran. Skillnaden minskade om björkandelen reducerades med ökande ålder.

Försöket anlades på en mycket bördig mark i södra Sverige. Granens överlägsenhet i produktion gentemot



Nils Fahlvik i försöket Brudahall i Asa. Foto Mats Hannerz.

björken är större på bördiga ståndorter. Det är därför troligt att ett blandbestånd skulle ha hävdats sig bättre på en mindre bördig ståndort.

En första gallring har utförts i försöket och vid denna gallring var målet att behålla trädslagsfördelningen. Särskild vikt fick läggas på att identifiera och gynna utvecklingsbara individer av björk. Behovet av att gynna björken kommer troligtvis bli än mer uttalat vid senare gallringar. En gruppvis inblandning av björk istället för den trädvisa blandningen som testades i denna studie kan kanske underlätta arbetet med att skapa en långsiktig blandning.

Varför ska vi röja?

av Anders Karlsson

Då och då ifrågasätts röjningens nytta. Ibland är det enstaka forskningsresultat som blir hårddragna, i andra fall är det nya sortiment som används som argument för att traditionell röjning inte är nödvändig. Jag hävdar dock att forskningen pekar ut röjning som en viktig åtgärd i de flesta av våra ungskogar. Varför och hur vi ska röja är beroende av markägarens mål, beståndets utgångsläge och hur betalningsförmågan för olika virkessortiment eller skogsmiljöer ser ut i framtiden.

Jag vill understryka att jag här använder den traditionella definitionen av röjning som en beståndsvårdande utglesning av skog, ej avseende uttag av virke (*TNC 96 Skogsordlistan*).

Lövkonkurrens

Dagens ungskogar är till största delen uppkomna efter markberedning och plantering av barrträd. Under senare decennier har ungskogarna blivit tätare, mycket tack vare en ökad mängd självföryngrad björk. Många lövträd har en snabb ungdomstillväxt och konkurrerar tidigt och hårt med de planterade barrplantorna.

Flera orsaker till att vi ska röja kopplar till detta utgångsläge. Vill vi undvika att de planterade plantorna blir undertryckta eller utkonkurrerade så bör vi röja i tid. Det kan vara klokt att skapa ett blandbestånd och många gånger blir det så per automatik beroende på avgångar bland planterade plantor.

Genom att röja finns en god möjlighet att styra beståndets utveckling så att vi når målen med vår skogsskötsel – annars kan beståndets utveckling styra våra möjligheter, t.ex. vad gäller val av trädslag och möjlig gallringsform vid den första gallringen.

I Future Forests regi har vi lagt ut nya landsomfattande försök för att studera effekten av lövkonkurrens i tall- och granplanteringar. Försöken kommer att slutrevideras och redovisas under nästa fas av Future Forests. Preliminära resultat från granförsöken i södra Sverige visar dock att tidig röjning ger stor positiv effekt på granarnas tillväxt. Simuleringar med försöksdata som

grund visar också att det kan vara väl så lönsamt att röja fram en blandskog av gran och björk som att röja till en granmonokultur. Försöken behöver dock mer tid innan slutresultaten kan avläsas.

Stabilare bestånd

Förutom att gynna det eller de trädslag som vi av olika orsaker (produktion, kvalitet, naturvård, skaderisk, rekreation etc.) vill satsa på, så röjer vi också för att öka diametertillväxten på kvarvarande träd, förekomma framtida självgallring, gynna friska trädindivider av bättre kvalitet, samt reglera trädens rumsliga fördelning. En ökad diametertillväxt, och därmed grövre träddimensioner, har gjort bestånden mer tåliga mot snö-, vind- och betesskador. Grövre träd leder också till lägre avverkningskostnad, högre virkespris samt kortare omloppstid. Sammanfattningsvis så röjer vi för att skapa en hög produktion av värdefullt virke, men även för andra målsättningar som t.ex. natur- och landskapsvård eller för att öka skogens sociala värden i tätortsnära skog.

Mer forskning behövs om skador

Nya analyser av gamla data visar på små avgångar och låg skaderisk även efter sena och kraftiga röjningar i trädslagsrena bestånd. Andra studier, som bygger på nyare röjningsförsök, visar på hög skaderisk och stora avgångar efter olika behandlingar i blandbestånd. Frågan om när och hur skador uppstår är komplex. Lövets betydelse i blandbestånd, och effekter av föryngringsmetoden på morgondagens röjningsbehov är exempel på angelägna frågor för framtida forskning.



Anders Karlsson. Foto Sara Karlsson.



Foto Bosse Backström, Skogenbild.

Gallring

Future Forests delprojekt om gallring i tall och gran har utnyttjat gamla försök anlagda på 1960- och 70-talen för att få svar på frågor om hur gallringen påverkar tillväxten, trädens dimensioner och beståndets ekonomi. I samma försök kan effekter av gödsling utvärderas. I andra försök studeras gallringsreaktionen – när och hur mycket ett träd växer efter gallring.

Gallrings och gödslingsförsök

Under 1960–1970-talen anlades en serie med gallringsförsök i trädslagsrena tall- och granbestånd under ledning av professor Harry Eriksson, de så kallade GG-försöken. Det tog 17 år att färdigställa hela serien som kom att bestå av 48 försök i tall och 23 i gran. Tallförsöken är spridda över hela Sverige från Norrbotten till Skåne medan granförsöken i huvudsak finns i södra och mellersta Sverige.

I varje försök finns ett antal olika gallringsbehandlingar (det första G:et). Till att börja med finns alltid en ogallrad kontroll och en behandling som ska efterlikna normal gallring. I tall utgörs den normala gallringen av tre-fyra låggallringar med ca 20 % uttag av grundytan. I gran gjordes fyra-sex låggallringar med ca 20 % uttag. Förutom dessa två behandlingar testas olika gallringsstyrkor där en engångsgallring med ca 60–70 % uttag utgör extremen. Dessutom ingår tidigarelagd och senarelagd förstagallring, samt höggallring.

Det andra G:et i GG-försöken står för gödsling. I alla försök ingår gödsling med enbart kväve och med kväve och fosfor i kombination. De gödslade parcellerna gallrades på samma sätt som den normala gallringsbehandlingen. Dessutom ingår gödsling av ogallrade parceller i ett mindre antal försök. En utförlig beskrivning av försöken finns i Nilsson *et al.* (2010).

Kraftig gallring sänker tillväxten

Gallring sänker alltid volymproduktionen om man jämför bruttotillväxt, där volymen i det självgallrade virket ingår. Nettoproduktionen, där endast virke i levande eller utgallrade träd ingår, kan dock vara högre i de gallrade ytorna. För tall var nettoproduktionen lika stor i den normala gallringen som i den ogallrade kontrollen medan behandlingar med starkare gallringsuttag sänkte nettoproduktionen. För gran fanns det en tendens till högre nettoproduktion för den normala gallringen än för den ogallrade kontrollen. De kraftiga gallringsuttagen sänkte dock nettoproduktion i jämförelse med ogallrad kontroll, precis som för tall.

Liten effekt av gallring på de avverkade trädens dimensioner

Grövre träd med högre värde och lägre avverkningskostnad har av tradition varit det viktigaste målet med

gallring. GG-försöken visar dock att de normala gallringsbehandlingarna bara påverkar dimensionsutvecklingen marginellt, när man tittar på de dominerande träden som är tänkta att stå kvar till slutavverkning (Agestam 2009).

I tall var medeldiametern för de 300 största träden vid sista mätningen 26,2 cm för den normala gallringen och 25,0 cm för den ogallrade kontrollen. Medeldiametern för de största träden hade alltså bara ökat med en dryg centimeter eller 4 %, och skillnaden var inte statistisk signifikant. För gran var skillnaden något högre. Medeldiametern för de 300 grövsta träden var 31,6 cm efter normal gallring och 28,8 cm utan gallring.

Normalt anges medeldiametern vid slutavverkning som medelvärdet av alla kvarvarande träd. Då har de gallrade behandlingarna i samtliga fall klart högre medeldiameter än de ogallrade. Men skillnaden i medeldiameter beror i högre grad på att de små träden har tagits ut i gallringarna än på att de kvarvarande träden har vuxit bättre efter gallring. Om istället medeldiametern för kvarvarande och utgallrade träd jämförs, var medeldiametern högst i den ogallrade kontrollen både för tall och för gran. Detta oväntade resultat beror på att väldigt många små träd avverkas i gallringarna vilket drar ner medeldiametern.

Orsaker till gallringsreaktion

För att förklara mekanismerna bakom gallringsreaktionen eller utebliven gallringsreaktion studerades ett gallringsförsök på Tönnersjöhedens försökspark i Halland mer intensivt (Walentin och Nilsson 2011).

Försöket visade att de enskilda träden i gallrade parceller växer sämre än motsvarande träd i ogallrade kontroller under första året efter gallring. Efterhand ökar de dock sin tillväxt och under år två och framåt har de en högre tillväxt än träden i de ogallrade parcellerna.

Studien visade som väntat att träden närmast stickvägar växer bättre än träd längre in i beståndet. Ett oväntat resultat var dock att trädens tillväxt påverkades av närheten till stickväg även i de starkast gallrade parcellerna. Där var det inte någon skillnad i täthet mellan den stickvägsnära zonen och längre in i beståndet. En trolig orsak var att de stickvägsnära trädens tillväxt gynnades av ris som samlats i stickvägen.

Skogen klarar sig utan gallring, men...

av Urban Nilsson

Gallring är en naturlig och viktig komponent i den svenska modellen för skogsskötsel. Vi gallrar skogen bland annat för att snabba på dimensionsutvecklingen, föregripa självgallring, reglera trädslagsblandning, reglera trädens rumsliga fördelning, ta bort skadade träd och träd av dålig kvalitet samt för att få en tidig inkomst. Den övergripande idén är helt enkelt att det efter gallring ska finnas ett bestånd som

består av grövre, friskare träd som har en jämnare storleksfördelning och är jämnare spridda på arealen. Det är också meningen att träden som får vara kvar efter gallring ska växa fortare i och med att konkurrensen minskar och man når därför en slutdimension tidigare. Gallring beskrivs därför ofta som skogsvård även om ingreppet i de allra flesta fallen ger ett positivt netto.

Vi har undersökt gallringseffekter i trädslagsrena bestånd av tall och gran i ett av världens största gallrings-



försök. Gallringsförsöket brukar benämnas GG-försöken och började läggas ut i mitten av 1960-talet. Det finns idag på 48 lokaler i tall och 23 lokaler i gran. Tallytorna är spridda över hela Sverige från Skåne till norra Norrbotten medan granlokalerna är koncentrerade till Götaland och Svealand. Ett viktigt påpekande är dock att försöken enbart behandlar trädslagsrena bestånd av tall eller gran. Gallring i blandskog och gallring i heterogena bestånd ingår alltså inte.

Väntade och oväntade resultat

Bearbetningen av data från gallringsförsöken har bekräftat tidigare kunskap om gallring, men den gav också en del oväntade resultat (Nilsson *et al.* 2010). Till de väntade resultaten hör att gallring inte ökar den totala volymproduktionen men att det i vissa fall är möjligt att öka nettoproduktionen med gallring, det vill säga den del av produktionen som kan tas om hand i gallring och slutavverkning. Försöken har också visat att tidpunkten för första gallring har liten betydelse för den totala volymproduktionen, men vi vet från andra studier att förstagallringstidpunkten har stor betydelse för risken för stormskador.

Till de mer uppseendeväckande resultaten hör att dimensionsutvecklingen för dominerande träd i tall har

påverkats mycket lite av gallringen (Agestam 2010). Det innebär att ogallrade parceller har lika mycket volym i grova träd som de som har utsatts för normala gallringsuttag. För att snabba på dimensionsutvecklingen för de största träden så mycket att det får en rejäl effekt för slutavverkningstidpunkt eller slutdimension måste gallringsuttagen vara mycket högre än vad som praktiseras idag.

Ett oväntat resultat var också att höggallring i tall inte har påverkat tillväxten negativt (Nilsson *et al.* 2010). I försöken har höggallring utförts tre gånger och produktionen har jämförts med låggallring ner till samma grundyta efter gallring. Det visar sig då att produktionsnivån efter gallring är mer beroende av hur mycket grundyta som lämnas kvar än vilka individer som man valt att spara.

Att försöken visar att en del av de gamla sanningarna som vi tidigare har lärt oss om gallring kanske inte stämmer helt och hållet innebär inte att man bör avstå från gallring. Men försöksresultaten visar att det kan finnas många olika gallringsprogram som kan vara rätt beroende på vilket mål man har med skogsbruket och ett av de möjliga gallringsprogrammen är ibland att inte alls gallra.



Foto Björn Svensson, Skogenbild.

Contorta

En stor andel av Sveriges 600 000 hektar contortabestånd anlades på 1970- och 80-talen, och har nu nått eller är på väg att nå gallringsbar ålder. Erfarenheterna av contortagallring är dock begränsade. Delprojektet har arbetat med att söka svar på frågor om vilka gallringsprogram som passar för contorta, vilka utgångsförband som är lämpliga och hur contorta påverkas av gödsling. I uppgiften ingick också att utveckla biomassafunktioner för contortatall.

Högre produktion och bättre kvalitet i tätare förband

Sex förbandsförsök i contorta har utvärderats. Tre av dem ingår i en serie som etablerades av SCA i Sundsvalls- och Piteåtrakten, ett fjärde ligger i Västerbotten och de två sista i norra Småland. I SCA-försöken, som numera sköts av SLU, jämfördes planteringsförbanden 1.1, 1.6, 2, 2.85 och 4 m, och de mättes senast vid ca 40 års ålder.

Produktionen har varit högst i de tätaste förbanden. I två av försöken hade totalproduktionen vid 40 års totalålder nått drygt 500 m³ per hektar för de tätaste förbanden. Skillnaden i löpande tillväxt var också förvånansvärt stor mellan de olika förbanden. Trots en relativt hög grundyta i de glesare bestånden var tillväxten klart lägre än om förbandet var tätare, även när självgallring räknades bort. Sammantaget visar SCA-försöken att hög biomassaproduktion kan erhållas vid täta förband i contorta.

De två sydliga försöken har redovisats av Liziniewicz *et al.* (2011) och de visar också på rejält ökad produktion för täta förband. De undersökte också olika kvalitetsaspekter som raket och kvistgrovlek. Bland annat fann de att antalet träd som kan komma att producera virke av god kvalitet var högre för täta förband än för glesa, även om den relativa andelen träd i bra kvalitetsklasser inte skiljde speciellt mycket.

Kvadratförband är inte nödvändigt

En utvärdering av ett försök med plantering av contorta i olika geometriska mönster gjordes som ett examensarbete (Brand 2013). 2500 plantor per ha planterades i olika mönster från traditionellt kvadratförband (2 x 2 meter) till olikformiga förband som 1,33 x 3 meter, 1 x 4 meter, 0,8 x 5 meter och två rader med 1,46 meters kvadratförband på 4 meters avstånd från varandra (1,46 x 1,46 x 4 m).

Det visade sig att träden inte blir ovala även om tätheten i olika riktningar varierar kraftigt. Det fanns ingen signifikant skillnad i total volymproduktion mellan olika planteringsmönster. Det fanns heller inga klara skillnader i kvistkvalitet mellan de olika sätten att variera avstånd mellan plantorna. Sammantaget visar försöket att det inte är viktigt att hålla ett kvadratför-

band vid plantering av contorta utan finns det skäl att till exempel ha stort avstånd mellan rader, så är effekterna på produktion och kvalitet liten.

Lägre tillväxt efter gallring...

Under slutet av 1980- och början av 1990-talet anlades 11 gallringsförsök i contorta. I försöken jämförs en ogallrad kontroll med de aktiva programmen; upprepade svaga gallringar, en stark gallring och upprepade svaga gallringar där den första gjorts vid en övre höjd på ca 10 meter, medan övriga program gallrats vid en övre höjd på 12 till 14 m. Försöken har nu följts i ca 20 år och i flera av dem har den sista gallringen utförts. Det är ännu för tidigt att dra slutgiltiga slutsatser eftersom den sista gallringen inte har hunnit få full effekt. Försöken kan ändå bidra med värdefulla resultat när gallringsstrategier ska utformas för den contortaskog som nu snabbt växer in i gallringsbar ålder.

Resultaten visar att gallring sänker totalproduktionen i contorta. I genomsnitt var totalproduktionen inklusive självgallrat virke för försöksledet upprepad gallring ca 20 % lägre än för de ogallrade delarna av försöken. På de förhållandevis produktiva ytorna betyder det en förlust på mer än 50 m³/ha jämfört med den ogallrade jämförelsen. För de tre ytor som följts lite längre och har högre ålder är trenden densamma – gallring minskar volymtillväxten i contorta med ca 20 %.

De starkt engångsgallrade försöksleden har tappat ännu lite mer i volymtillväxt åren efter gallring, men senare har tillväxten återhämtat sig och över en omloppstid är troligen skillnaderna mellan en stark eller flera svagare gallringar liten. På samma sätt har de tidigt gallrade delarna av försöken tappat i tillväxt i unga år medan totalproduktionen över en omloppstid troligen kommer att vara helt jämförbar med övriga gallringsprogram.

...men högre överlevnad

Gallring vid en låg övre höjd har gett lägre avgång i ungdomen. Skillnaderna jämfört med de andra gallringsprogrammen är dock små och över en omloppstid ser det ut att jämna ut sig. Antalet försök är också väl litet för att förutsäga risker för avgång p.g.a. storm och snö.

De ogallrade parcellerna har mot slutet av observationsperioden en högre avgång, självgallring, än de gallrade parcellerna. Det är troligt att trenden fortsätter eftersom grundytan i flera fall är hög. Skillnaden i nettoproduktion mellan gallrade och ogallrade parceller är redan nu lite mindre än skillnaden i totalproduktion. Genom att självgallringen i de nu täta ogallrade parcellerna förväntas öka mot slutet av omloppstiden, är det troligt att skillnaden i nettoproduktion mellan ogallrad och gallrad skog minskar. För de få ytor som följts ca 25 år har de gallrade delarna en nettoproduktion som är 10 % eller 30 m³sk/ha lägre än de ogallrade.

Gallringarna utförs som låggallring, d.v.s. i huvudsak har klena träd tagits ut för att gynna grövre träd, men diametertillväxten är också högre efter gallring. Medeldiametern är därför högre för de gallrade avdelningarna än för de ogallrade. Skillnaden är ett par cm och för de få äldre ytorna ännu lite mer. Försöken visar också att diametern för de grövsta träden var oväntat lite påverkad av gallring. Diametern för de 100 upp till 400 grövsta träden var i det närmaste opåverkad av gallring.

Det fanns inte heller några tecken på ökad andel skador efter gallring i försöksserien.

Biomassafunktioner i contorta

Helträdsavverkning i gallring av contorta kan komma att bli en vanlig åtgärd. Delprojektet har därför samlat in data för att konstruera funktioner för skattning av ovanjordsbiomassa hos contorta, såväl för hela trädet som för fraktionerna stam, grenar och barr. Data har insamlats i förbandsförsöken och i de nyanlagda gallringsförsöken där träden har varit ca 25–40 år. Funktioner för skattning av total biomassa och biomassa av enskilda fraktioner kommer att konstrueras. Dessa biomassafunktioner kommer att användas i de nya gallringsförsöken (se nedan) för att beräkna uttag av biomassa och näringsämnen efter konventionell gallring och efter helträdsavverkning.

Nya gallringsförsök ställer nya frågor

Inom ramen för Skogen Skötsel har fem nya gallringsförsök i contorta etablerats. De fem försöken är spridda från Säffle i söder till Piteåtrakten i norr. Ett sjätte försök är planerat i Dalarna.

I de nya gallringsförsöken jämförs olika tidpunkt för första gallring, helträdsavverkning och gödsling. Det först utlagda försöket utanför Vindeln har mätts två vegetationsperioder efter försöksutläggning. Preliminära resultat visar på en oväntat kraftig gödslingsreaktion men ingen mätbar effekt av helträdsavverkning. Om ytterligare fem–tio år kan effekter av behandlingarna utvärderas med större säkerhet.

Lovande effekter av gödsling i contorta

I samarbete med Holmen har ett försök med praktisk gödsling i contorta etablerats. Tio ogallrade contortabestånd delades i två delar: en helikoptergödslad under försommaren 2009 och en ogödslad. Bestånden var utvecklingsmässigt i förstagallringsålder men de ska alla lämnas ogallrade. Träden mäts på individnivå i cirkelprovytor.

Den senaste mätningen, hösten 2011, tyder på att gödslingen redan gett effekt. Den årliga tillväxten på grund av gödsling ökade med 3 kubikmeter per hektar. Preliminärt, med erfarenhet från gödsling i tall och gran, kommer engångsgödslingen då att bidra med ca 15–30 m³sk extra per hektar under en tioårig responsperiod. Det är mer än vad som kan väntas i tall och gran.

Gödsling i contorta verkar dock öka risken för stormskador. I Holmenförsöken var det signifikant högre andel stormskadade träd efter stormen Dagmar i de gödslade bestånden än i de ogödslade.

Contortans produktion jämfört med tallens

av Eric Agestam och Magnus Andersson

Tidigare produktionsjämförelser mellan contortatall och svensk tall har visat olika resultat. På 1970-talet visade Jan Remröd med flera att contortan hade en produktionsöverlägsenhet på över 60 % jämfört med tall, medan Björn Elfving och andra senare skattade produktionsöverlägsenheten till 36 %. Det är också det senare värdet som varit vedertaget de senaste 20 åren. Den jämförelsen baserades på data som fanns tillgängliga omkring år 1990.

Man kan tycka att det borde vara lätt att jämföra trädslagens virkesproduktion men det är stor variation mellan växtlokaler och de data som varit tillgängliga är från relativt små försök. Dessutom har vi tidigare haft mycket lite medelålders eller äldre contortaskog.

Den storskaliga planteringen av contortatall i Sverige startade omkring 1970 och snart planterades contorta på en stor andel av den årliga förnygringsarealen inom vissa områden i mellersta Norrland.

SCA har en serie jämförelser med contortatall och svensk tall, de s.k. odlingsförsöken. Den etablerades i början på 1970-talet och försöken är spridda över SCAs markinnehav. De utgör ett stort jämförelsematerial som nu har uppnått 40 års ålder.

Baserat på odlingsförsöken har vi funnit att på en och samma ståndort är ståndortsindex (SI) för contorta ca 3 meter högre än SI för tall. Med andra ord beräknas contortan bli 3 meter högre än tallen vid 100 års ålder. Hur mycket högre virkesproduktion innebär då 3 meter högre SI? Vi har beräknat detta genom att först beräkna förhållandet mellan övre höjd och totalproduktion. Med hjälp av detta har vi fastställt både produktionens storlek och vid vilken ålder medelproduktionen kulminerar. Därmed kan maximal medelproduktion beräknas för både tall och contorta, det värdet brukar benämnas bonitet.

I absoluta tal, d.v.s. i kubikmeter virke räknat, är skillnaden relativt oberoende av markens bördighet. Contortans maximala medelproduktion (bonitet) är ca 2 m³ högre än för tall oberoende av ståndort.



Erik Agestam. Foto Mats Hannerz.

Men det innebär att den relativa skillnaden minskar med ökande SI. För odlingsförsöken var den relativa produktionsskillnaden i medeltal 35 % till contortans favör. Odlingsförsöken bekräftar alltså den beräkning av contortans produktionsöverlägsenhet som gjordes av Björn Elfving. Men eftersom den relativa produktionsskillnaden varierar med SI så är skillnaden beroende av vilka ståndorter som jämförs. Odlingsförsöken finns på något bördigare mark än medelståndorten i Norrland. Därför blir produktionsskillnaden högre än de 35 % som beräknats här om hänsyn tas till den absoluta fördelningen av arealer med olika bördighet i Norrland.



Foto Mats Hannerz.

Björk

Future Forests delprojekt om björkens produktion syftade till att öka kunskapen om de två björkarternas tillväxt i olika delar av landet, på olika ståndorter och vid olika skogsskötselprogram. Inom projektet utvecklades hjälpmedel för prognoser över beståndsutveckling, tillväxt och produktion i björkskog i Sverige. Frågor som studerades var hur björkens veddensitet, tillväxt och produktion varierar med ståndortsförhållanden och skötselåtgärder.

Höjdtutveckling i rena och blandade vårt- och glasbjörksbestånd

Under 1990-talet utvecklades nya höjdtutvecklingskurvor för björk. Dessa ingick i en samlad översyn av handledningar för användning av höjdtutvecklingskurvor i samband med skattning av ståndortsindex vid bonitering.

Ståndortsbonitering av björk och trädslagsjämförelser mellan tall, gran och björk

Med avstamp i tidigare forskning utvecklades en ny metod för ståndortsbonitering av björk. Denna metod användes för att jämföra produktionsförmågan hos tall, gran och björk i Sverige (Ekö *et al.* 2008). I studien användes ca 15 000 provytor från riksskogstaxeringen 1983–87. Ståndortsindex (SI) beräknades med ledning av ståndortsegenskaper för alla tre trädslagen på varje provyta varefter produktionsförmågan (bonitet) beräknades för de aktuella trädslagen och uttrycktes som relativa bonitetskvoter för olika ståndorter och läge i landet. Läs mer i separat artikel.

Veddensitet hos björk

Inom delprojektet analyserades variationen i veddensitet hos glas- och vårtbjörk och hur denna påverkas av ståndortsegenskaper och skogsskötselåtgärder. Studien baserades på bestämningar av veddensitet hos borrhärdar som insamlats från provträd på tillfälliga provytor i rena och blandade vårt- och glasbjörks-

bestånd. Densiteten hos stamved var i medeltal 462 kg/m³, och den var 16 kg/m³ högre hos vårtbjörk jämfört med glasbjörk. Två modeller för densitetsvariationer hos björkved utvecklades. I den första visade både breddgrad och ståndortsindex ett signifikant negativt samband med densiteten hos stamved. Enligt den andra modellen ökade densiteten radiellt från märg mot kambium och minskade med ökande årsringsbredd.

Prognosmodell för beståndsutveckling i björkskog

Modeller utvecklades för att ställa prognoser över produktion och beståndsutveckling i ren och blandad vårt- och glasbjörkskog på olika ståndorter och vid olika skötselprogram. Modellerna grundades på insamlade träd-, stubb- och årsringsdata från ca 150 tillfälliga provytor i systematiskt utvalda björkbestånd väl fördelade över Sverige. Gemensamma och trädslagsvisa funktioner härleddes för grundytans årliga tillväxt på bestånds nivå. De viktigaste förklarande variablerna som utnyttjades var grundyta, ålder, medeldiameter och ståndortsindex. Även inflytandet av andra bestånds- och ståndortsvariabler studerades. För att överföra beräknad grundyta till volym härleddes statistiska volymfunktioner som baserades på grundyta och övre höjd. Effekter av utgångsbeståndens täthet studerades separat med hjälp av data från provytor i riksskogstaxeringen. Funktioner för utgångsläge utvecklades där de viktigaste förklarande variablerna var höjd, stamantal, ålder och slutenhet.



Modeller för densiteten hos stamved utvecklades inom projektet. Foto Mats Hannerz.

Produktion av björk jämfört med gran

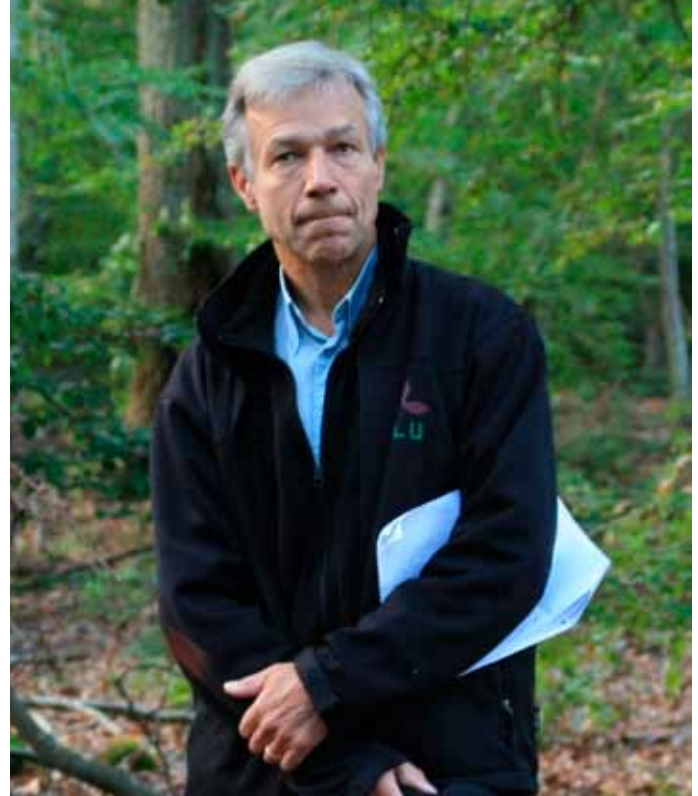
av Ulf Johansson

Imånga skogliga tillämpningar finns behov av att skatta produktionsförmågan för olika trädslag på samma mark, t ex när man vill byta trädslag i samband med generationsväxling. För att jämföra produktionen hos olika trädslag när de växer på samma mark kan man utnyttja fältförsök som följts och mätts under en hel omloppstid. Det finns emellertid få sådana fältförsök varför man oftast måste använda andra indirekta metoder. En sådan metod är att uppskatta ett ståndortsindex (SI) för två eller flera trädslag på samma mark. Denna metod utnyttjades för en jämförande studie av produktionen i tall, gran och björk i Sverige (Ekö *et al.* 2010).

Bakgrunden till studien var skogsvårdslagens krav på vilka plantor som skall bedömas vara lämpliga som framtida produktionsträd (s.k. huvudplantor). Bedömningen utgick från trädslagets virkesproduktion och man accepterade de trädslag vilkas volymproduktion var minst 60 % av det bästa inhemska trädslagets produktion på den aktuella ståndorten.

I studien utnyttjades data från riksskogstaxeringen 1983–1987. På ca 15 000 provytor bestämdes SI med ledning av ståndortsegenskaper. Metodik för detta fanns sedan lång tid tillbaka i bruk för tall och gran men då det saknades för björk utvecklades ett likartat system inom ramen för studien. I funktionerna för ståndortsbonitering av björk utnyttjades ståndortsegenskaperna breddgrad, höjd över havet, markfuktighet, rörligt markvatten och markvegetationstyp. Sedan ett SI bestämts för alla tre trädslagen på varje provyta översattes SI till produktionsförmåga (bonitet) med hjälp av vedertagna bonitetssamband för respektive trädslag. Uppgifterna om produktionsförmåga användes för att beräknas bonitetskvoter mellan trädslagen (tall/gran, björk/gran, björk/tall).

Resultaten visade att tallens produktionsförmåga i medeltal uppgick till ca 60 % av granens i södra Sverige medan trädslagen var ungefär lika i norra Sverige. Björkens produktionsförmåga var i medeltal ca 40 % av granens i södra Sverige och ca 60 % i norra Sverige, medan motsvarande för björk i relation till tall var ca



Ulf Johansson. Foto Mats Hannerz.

70 % respektive 60 %. Förutom det geografiska läget (norra och södra Sverige) fanns även andra ståndortsegenskaper (till exempel markfuktighet och markvegetationstyp) som påverkade bonitetskvoterna mellan trädslagen.

Generellt var precisionen låg i skattningen av SI med ledning av ståndortsegenskaper. I enskilda fall var jämförelserna därför osäkra men för de stora datamängder som användes i studien var de fria från systematiska fel. I riksskogstaxeringens data fanns ingen uppdelning på vårt- och glasbjörk varför effekterna av olika björkarter inte kunde beräknas. Produktionsförmågan var således enligt studien högre för tall och gran jämfört med björk på flertalet studerade ståndortstyper. Den använda metodiken för skattning av SI byggde emellertid på data från naturligt förnygrade björkbestånd medan tall och gran i många fall var planterade bestånd. Produktionsjämförelser bör därför bli annorlunda om planterad björk av genetiskt förädlad material jämförs med tall och gran.



Foto Mats Hannerz.

Rotröta

Rotröta beräknas kosta skogsbruket ca en miljard kronor om året. Det finns fortfarande många obesvarade frågor om rotrotens omfattning, spridning och påverkan av skötsel. I Future Forests delprojekt om rottröta har kunskapen fördjupats bland annat om hur olika trädslag angrips, om de olika rotrotarternas biologi och om hur rötan kan modelleras, kartläggas och motverkas.

Infektion och spridningsvägar för rottickans S- och P-form

Rottickans två former, S och P, är numera klassificerade som två arter, *Heterobasidion parviporum* och *H. annosum*. Den första är vanligast på gran (S=spruce) medan *H. annosum* är mest uppmärksammas på tall (P=pine). Båda formerna kan dock växa på gran och studier har därför genomförts över skillnader i infektionsförmåga och konkurrens och hur de koloniserar på naturlig väg.

I en studie infekterades färska stambitar med både S- och P-formen och en blandning av dem. Efter tre veckor i växthus hade S-formen konkurrerat ut P i samma vedbit. S hade större utbredning i veden både vertikalt och horisontellt (Gunulf *et al.* 2012b).

Färiska granstubbar som utsatts för naturligt sporedfall följdes i sex månader, samtidigt som sporfloran i luften mättes. Analys är ännu inte slutförd.

Nya rutiner har tagits fram för provtagning vid kartläggning av rottickans P-form (Wang *et al.* 2012). De nya rutinerna föranleddes av att en första kartläggning blev oväntat kontaminerad och därför gav tveksamma resultat (se även provtagningsmetoder nedan).

Rottickans P-form saknas i norra Sverige. En studie tyder dock på att P- och S-formen inte skiljer sig i respons vid olika klimat (Witzell *et al.* 2011). Det kan tyda på att P-formen kan komma att sprida sig norrut.

Rötmätning med ultraljud och akustisk impedans

I en pilotstudie under 2010 undersöktes hur ultraljud och akustisk impedans kan ge svar på rötförekomst. Hastigheten på ultraljudet minskade drastiskt i rötad ved, och spektrat av den akustiska impedansen visade vissa skillnader mot frisk ved (Sturesson 2011). Ytterligare studier är nödvändiga för att utveckla tekniken vidare.

Provtagningsmetoder för analys av förekomsten av rotticka

I vissa försök har det visat sig förekomma infektioner helt utan motiv. Möjligheten för kontaminationer av sporinfektioner från olika källor undersöktes därför i

två fältförsök. Som första studie att kvantifiera felkällor vid olika provtagningstekniker visade det sig helt avgörande på vilket sätt prover tas i fält eller på labb. Den mest effektiva tekniken utvärderades och rekommendationer för lämpliga förfaranden kommer att publiceras.

Även små granstubbar kan sprida rötan

Man har tidigare trott att röjningsstubbar inte är en inkörsport för rotröta. Nya studier visar dock att det finns en risk för att röjningsstubbar av gran både blir infekterade och smittar vidare infektionen till omkringstående träd. Nyfällda röjningsstubbar av gran infekterades med en känd individ av rotticka. Efter fem år provtogs de omkringstående träden och resultatet visar att stubbar i alla undersökta åldrar och diametrar kan infekteras av rotröta och sprida den vidare till närstående träd. Även så små granstubbar som 2.5 cm i diameter kunde infektera sina grannar.

Dock ökade risken för spridning med ökande diameter på både stubben och trädet. Det är därför bättre, ur rotrötesynvinkel, att utföra röjningar tidigt när träden fortfarande är små om gran måste röjas bort. (Wang 2012, Gunulf *et al.* 2013, Gunulf 2013). Detta också för att minimera behovet av förröjning som utgör en inkörsport för rottickan och vars stubbar vid röjning sommartid kan behöva behandlas. Förröjning bör anas utföras vintertid (Gunulf *et al.* 2013).

Den nya tekniken med röjning i midjehöjd skulle kunna minska risken för rötspridning från röjstammarna. I ett korttidsförsök konstaterades dock att höga stubbar inte blev mindre angripna än låga stubbar. Stubbehandling hade däremot effekt. Ett mer långsiktigt försök har lagts ut för att studera eventuella effekter av röjningshöjden på spridning av smittan till omkringstående träd. (Gunulf *et al.* 2012a).

Stubbehandling inget hundra procentigt skydd

Stubbehandling mot rotticka i gallring ger inte ett fullständigt skydd (Rönnerberg *et al.* 2006b). En del stubbar blir infekterade trots behandling men det har inte varit känt hur rötan överlever på längre sikt. I en studie utvärderades stubbar sex år efter behandling. Den visade att om en infektion lyckats etablera sig överlevde

och växte rötan sig lika stor i behandlade och obehandlade stubbar. Det var dock färre infekterade stubbar efter behandling (Rönnerberg & Cleary 2012).

Rotröta och gallring av gran

I ett långliggande försök utvärderades effekten av gallring på spridningen av rotröta. Det visade sig avgörande om infektioner kom in tidigt i beståndet. Det fanns i övrigt inga skillnader mellan få eller många gallringar i beståndet (Rönnerberg *et al.* 2013).

Contortan är också känslig för rotröta

Studier inom delprojektet har visat att contortatallen är mottaglig för båda formerna av rotticka och att de dessutom kan bli infekterade via rotkontakter (Svensson 2011). I studierna analyserades trissor från stubbar i nygallrade bestånd, rotprover från contortatallar på tidigare rötinfekterad mark och stubbar som inokulerats med både S- och P-formen av rotticka.

Hybridlärk och rotröta

I två studier undersöktes effekten av behandling med urea och pergamentsvamp på stubbar av hybridlärk. Båda behandlingarna hade en tydlig effekt men urea var mer stabil. I försöken testades också sporfällor från tre olika trädslag. Tall visade sig vara mer effektiv som en mätare på sportrycket, men gran och hybridlärk fungerade också (Wang 2012, Wang *et al.* 2012).

Tall och rotröta på skogsmark

Rotticka på tall är troligen ett undervärderat problem (Rönnerberg *et al.* 2006a). Det har dock visat sig svårt att kvantifiera omfattningen. Under flera år har stegvisa ansatser gjorts för att kartlägga när och var tallen infekteras, men många har visat sig vara återvändsgränder. Bland annat visade sig pH-värdet i marken inte kunna bidra till riskbedömningen.

I ett inokuleringsförsök undersöktes rottickans spridning till tallar på tidigare skogs- och jordbruksmark. Preliminära resultat tyder på dålig infektionsspridning på båda marktyperna, men troligen behöver inokuleringsmetoden förfinas.

Tillväxtförluster hos tall på grund av rotröta undersöktes genom att lyfta upp totalt 25 träd med och

utan infektion av rotticka. Rotsystemen mättes upp, stamtrissor digitaliserades och prover togs från rötterna. (Wang 2012). Resultaten tyder på att rotrötan i genomsnitt gav en tillväxtminskning på 10 %.

Modellering av rotröta

De existerande modellerna för rotröta i gran har kompletterats inom ramen för delprojektet. Nya moduler för tall, liksom risken på olika marker och vid olika skogsskötsel kommer att utvecklas. Projektet avvaktar dock resultaten från studierna av rotticka på tall. En del som rör röjning har dock utvecklats (Wang 2012).

Spridning mellan generationer

Rottickans spridning mellan generationer har undersökts under många år och olika bestånd (Rönnerberg *et al.* 2007). Rottickan sprider sig utan tvekan mellan generationer men det verkar inte hänga samman med röt förekomsten vid föregående generation. Det verkar inte heller gå att enkelt räkna hem en stubbehandling rent ekonomiskt. I friska bestånd är dock rekommendationen att stubbehandling även vid slutavverkning.

Rötboken och skogsskötselserien

Vi har under projektperioden skrivit en bok som sammanfattar befintlig kunskap om rotröta och skogsskötsel för att minimera de ekonomiska förlusterna (Rönnerberg *et al.* 2011). Boken är utgiven av Studentlitteratur. Delprojektet har också bidragit till ett avsnitt om rotröta i Skogsskötselserien, utgiven av Skogsstyrelsen (Berglund & Rönnerberg 2009).

Planera avverkningen efter rotrötan

av Jonas Rönnberg

Rotröteproblematiken är i huvudsak ett planeringsproblem. I många fall kan man minimera förlusterna genom att planera sina aktiviteter och prioritera bestånd på bästa sätt. Det låter enkelt men många faktorer spelar in och det kan vara svårt att skaffa en bra överblick. Till hjälp finns flera modeller som utvecklats för olika nivåer i den skogliga planeringen.

Det är frestande att dela upp planeringsfrågan mellan små och stora skogsägare. När det gäller rotröta eller specifikt rottickan är skillnaderna inte så stora. På stora innehav har man dock ofta större möjligheter att välja olika bestånd för avverkning. Med egen industri kanske det blir svårt att bara avverka på vintern, vilket gör att man tvingas in i stubbehandling vid sommaravverkning.



Jonas Rönnberg. Foto Mats Hannerz.

För den enskilde markägaren kan det däremot vara en fördel att avverka på vintern och slippa stubbehandling liksom den ökade risk för rottickeangrepp som en sommaravverkning trots behandlingen ger. Vi vet att stubbehandling fungerar och är ekonomiskt lönsamt men vi vet också att den inte alltid fungerar 100 %-igt. En liten skogsägare utan industriansvar torde ha lättare att prioritera de friska bestånden på vintern. Markägaren med mindre innehav kan också ha en bättre uppfattning om rötfrekvensen i sina bestånd.

Tidigareläggning av slutavverkning är troligen en möjlighet för större markägare, medan den mindre inte alls har samma möjlighet till en sådan eventuellt helt oplanerad förändring i kassafflödet. Detsamma gäller för senareläggning av första gallringen.

En annan skillnad rör prestationskraven. För den självverksamme i egen skog är de oftast lägre vilket ger möjlighet till finjustering av åtgärderna. Stubbehandling kan ex. utföras manuellt i grövre röjningar eller vid mindre gallringsingrepp.

Följande generella regler gäller dock:

- Röj sommartid bara om stubbdiametern inte är för grov
- Eftersatta röjningar bör göras vintertid
- Förröjningar bör stubbehandlas om de utförs sommartid
- Prioritera gallringar i redan rötade bestånd på sommaren
- Utför 1:a gallringen vintertid
- Avvakta med 1:a gallringen så länge det är möjligt sammantaget andra skogliga aspekter (kvalitet, storm etc.)
- Slutavverka vintertid om bestånden är friska
- Stubbehandla friska slutavverkningsbestånd vid tvingad sommaravverkning

De senaste årens forskning tyder på att det är viktigare än vi tidigare trott att röja i tid för att slippa behandla stubbarna. Det är också avgörande för ekonomin med

stubbehandling i senare gallringar att röjningen inte görs med grova stubbar sommartid. Är man osäker bör man överväga att förlägga åtgärderna till vintern. Stubbehandling av klena bestånd är idag ganska dyrt vilket är avgörande för ekonomin i stubbehandling. Nya metoder bör utvecklas för detta ändamål.

Försiktighetsprincipen bör alltid tillämpas – stubbehandling vid osäkerhet och alltid när bestånden är friska. Vänta inte tills rotrötan sprider sig i beståndet, då är det för sent och behandlingen blir mindre effektiv.

Det är lätt att tro att rotticka bara orsakar problem på gran men även tall, contorta och hybridlärk bör stubbehandling vid avverkning sommartid i mellersta och södra Sverige. Symptomen för dessa trädslag är måhända inte lika synliga i stammen men finns där i form av nedsatt tillväxt och ökad dödlighet. I de modelleringar som gjorts är det tydligt att det finns mycket pengar att spara på medvetenhet om riskerna med rotröta och inte bara på gran.

Tabell. Rekommenderat beteende/åtgärd för olika alternativa scenarier. Tänk på att variationen är stor i verkligheten och att det inte finns några distinkta gränser. Tabellens rekommendationer skall endast ses som exempel för att underlätta förståelsen och de egna besluten.

Beståndets ålder	Tidigare markanvändning	Antagen rötfrekvens		
		0-5 %	5,1–15 %	>15 %
Röjningsskog	Skog	Vintertid Grövre stubbar bör stubbehandlingas om sommartid	Vinter/sommartid, stubbehandlinga grövre stubbar sommartid	Sommartid, stubbehandlinga troligen onödigt, avvakta gallring och överväg avveckling
	Jordbruksmark	Se skog	Osannolikt	Osannolikt
Gallringsskog	Skog	Vintertid, annars noggrann stubbehandling	Vinter/sommartid, stubbehandlinga	Sommartid, stubbehandling ev. onödig, minimera antalet gallringar
	Jordbruksmark	Se skog	Vinter/sommartid, stubbehandlinga, fortsatt snabb rötveckling, minimera antalet gallringar	Se skog
Slutavverkningsskog	Skog	Vintertid, annars stubbehandling	Vinter/sommartid, stubbehandlinga	Sommartid, stubbehandling ekonomiskt olönsam
	Jordbruksmark	Se skog	Se skog	Se skog



Foto Björn Svensson/Skogenbild.

Gödsling

Future Forests delprojekt om behovsanpassad gödsling tog avstamp i de positiva resultaten från tidigare försök med upprepad gödsling av gran. I projektet studerades en mängd frågor kring hur gödslingsintervall och sammansättning på gödselmedlet påverkar trädens tillväxt, vegetationen och risken för läckage till grundvattnet. En serie med “bolagsförsök” utvärderar också metoderna under praktiska förhållanden.

Behovsanpassad gödsling – BAG

I ett tidigare forskningsprogram, Fiberskog, utvecklades en metod för upprepad, behovsanpassad gödsling av gran. BAG anses ha stor potential för att kraftigt öka tillväxten i planterad granskog på medelgoda marker (Nilsson *et al.* 2011).

Näringstillförseln vid BAG sker i form av ett fullgödselmedel där mängd och sammansättning baseras på analyser av näringsinnehåll i barrprover från det aktuella beståndet. För gran är riktvärdet ca 1,5 % kväve av barrrens torrsvikt. Behovet av övriga makro- och mikronäringsämnen beräknas med hjälp av börvärden i relation till kväveinnehållet. Startgivan bör beräknas med hänsyn även till bonitet och beståndsstruktur (slutenhet, barrmassa, etc.).

För att uppnå optimal tillväxteffekt under ungskogsfasen bör gödslingen ske vartannat år från att träden är cirka 2–3 m fram tills att beståndet slutit sig. Därefter kan gödslingsintervallen minskas markant. Ett granbestånd anses slutet när det är i övre delen av kurvan i befintliga gallringsmallar. Med dagens kunskap och erfarenheter bedöms att ett bestånd i södra Sverige kan komma att gödslas 4–5 gånger under ungskogsfasen och ytterligare ett par gånger i norra Sverige. En utförlig beskrivning av metoden finns i Fahlvik *et al.* (2009).

Eftersom de äldsta experimenten med BAG i granbestånd endast är drygt 20 år gamla (Flakaliden och Asa) finns det ingen praktisk erfarenhet från BAG i medelålders och äldre bestånd. Det är därför ytterst angeläget att dessa och senare experiment drivs vidare och genererar ny kunskap och erfarenhet som kan tillämpas praktiskt.

Inom ramen för Future Forests drivs nu två försöks-serier som ska bidra till ökad kunskap för den praktiska tillämpningen av BAG. Effekter av BAG på markvegetationen och risken för läckage av näringsämnen undersöks också.

Gödslingsintervallförsöken

I de tidigare ungskogsgödslingsförsöken reglerade man näringsstatusen i träden genom att tillföra relativt små doser av näringsämnen årligen. Ett syfte var att man

ville undvika näringsläckage till grundvattnet. I praktiskt skogsbruk blir årlig gödsling alltför arbetsintensiv men gödsling vartannat eller vart tredje år kan vara realistiskt. Med längre gödslingsintervall krävs större näringsgivor vid varje tillfälle för att uppnå maximal produktionsnivå. Högre doser kan dock öka risken för näringsläckage. En kärnfråga i en framtida tillämpning är hur man ska anpassa näringsgivan vid olika gödslingsintervall utan att det uppstår ett sådant läckage.

Geografiskt väl spridda fältförsök som studerar dessa faktorerers inverkan på produktion och läckage kommer att kunna fungera som en ryggrad för en landsomfattande satsning för praktiskt skogsbruk.

Huruvida tillväxten påverkas av olika gödslingsintervall studeras genom praktiska fältförsök med olika försöksled: (i) gödsling varje år, (ii) gödsling vartannat år, (iii) gödsling vart tredje år, (iv) slam + kväve, (v) aska + kväve och fosfor och (vi) ingen gödsling alls (Bergh *et al.* 2008). Sammanlagt har fem försök lagts ut i granungskog under 2001 och 2002 för att testa hur olika gödslingsintervall påverkar produktion, läckage och ekonomi. Gödslingsintervallförsöken ligger i Dalarna, Värmland, Gästrikland, Småland och Jämtland.

Inom ramen för Skogens skötsel har försöken mätts och tillväxten fem år efter gödslingsstart har redovisats (Bergh *et al.* 2008). Försöken mättes också under hösten 2011 och 2012. Preliminära beräkningar tyder på att gödsling vart annat år ger nästan lika bra gödslingsrespons som gödsling varje år, men tre års gödslingsintervall ger sämre respons. Försöken visade också att den halvpraktiska gödslingen gav lika bra gödslingseffekt som de kontrollerade försöken i Flakaliden och Asa.

Bolagsförsöken – ett steg mot praktisk drift

Vid sidan om gödslingsintervallförsöken startade Fiberskogprojektet en serie försök i större och mer praktisk skala. Försöken ligger i Toftaholm i Ljungbytrakten (5 avdelningar), Bullsäng i närheten av Tranemo (2), Gullspång (1), Hällefors (2) och Gällivare (3). Dessa försök är finansierade av respektive markägare (Södra, Skogssällskapet, Sveaskog, Bergvik). Ytterligare två för-

söksområden med praktisk gödsling kom till under 2004 i Gullspång (Skogssällskapet) och Vendel (Bergvik).

Vegetationsförändringar och risk för näringsläckage

I gödslingsintervallförsöken undersökte Bergh *et al.* (2008) näringsläckaget efter gödsling. De fann endast obetydligt läckage efter gödsling varje och vartannat år medan gödsling vart tredje år med något högre gödselgivor medförde något högre näringsläckage. Försöken visar alltså att det kan finnas risk för läckage vid längre gödslingsintervall och höga gödselgivor.

Ett av blocken i intensivgödslingsförsöket i Asa slutavverkades vintern 2003–2004. Näringsläckaget efter avverkning av gödslad respektive ogödslad skog har registrerats sedan dess. I försöket risrensades också delar av de gödslade och ogödslade parcellerna, medan riset

lämnades kvar på andra delar. Effekten av risrensning visade sig vara mycket starkare än effekten av gödsling före avverkning. Att risrensa minskade näringsläckaget från hygget medan läckaget inte påverkades mätbart av den tidigare gödslingen (Hedwall *et al.* 2013).

Vegetationsförändringar efter gödsling undersöktes också i gödslingsintervallförsöket (Hedwall *et al.* 2010, Hedwall *et al.* 2011). Gödslingen ledde till en mer homogen markvegetation och en minskning av antalet kärlväxtarter och lavar. Täckningen av mossor minskade radikalt. Samtidigt som vissa mossarter missgynnades gynnades andra, vilket ledde till ett oförändrat artantal. Till skillnad från konventionell gödsling så minskade kruståteln. Resultaten visade att de indirekta effekterna i form av minskad ljusstillgång till följd av ökad tillväxt på de gödslade ytorna var viktigare än de direkta gödseffekterna för vegetationsförändringarna.



Intensivgödslad granungskog i Flakaliden. Foto Per-Ola Hedwall.

Fungerar Flakaliden i praktiken?

av Johan Bergh

Försök med näringstillförsel har pågått i snart 50 år och idag finns ca 20 granförsök med behovsanpassad gödsling, spridda över hela Sverige. Forskningsinsatserna har intensifierats efter millennieskiftet. I dagsläget (2013) har inte behovsanpassad gödsling någon storskalig praktisk tillämpning.

Skogsstyrelsen beslutade år 2007 att en miljöanalys måste utföras innan metoden får en mer allmän tillämpning. Miljöanalysen redovisades hösten 2009 och var en av orsakerna till att Skogsfakulteten fick MINT-uppdraget (Möjligheter till INTensivodling) av dåvarande jordbruksdepartementet. De båda analyserna samt nya data har utgjort bakgrundsmaterial till den översyn av dagens gödslingsrekommendationer som Skogsfakulteten fick i uppdrag av Skogsstyrelsen och som blev klar 2012. Bollen ligger nu hos Skogsstyrelsen.

Ett tänkt gödslingsprogram vid behovsanpassad näringstillförsel är att första gödslingen sker vid 2–4 meters medelhöjd och därefter gödglas beståndet vartannat år tills dess att det sluter sig. Därefter sker gödsling vart 7:e till vart 10:e år i likhet med traditionell gödsling. I metoden ingår att gödsla 1–3 gånger efter att beståndet slutit sig. Sista gödslingen bör ske minst 7 år innan slutavverkning. Den totala mängden kväve som tillförs under en hel omloppstid blir 800–1500 kg N per hektar, där ca $\frac{3}{4}$ tillförs i ungsoggen.

Skötseln vid behovsanpassad gödsling skiljer sig något från traditionellt granskogsbruk. Vid behovsanpassad gödsling förespråkar man i större utsträckning markberedningsmetoder och plantmaterial som ger ännu snabbare plantutveckling med högre överlevnad än vid traditionellt granskogsbruk. Man avser också ha större plantförband och färre gallringar jämfört med traditionellt granskogsbruk.

För att begränsa risken för kväveläckage bör inte bara stamved skördas utan också GROT (GRenar Och Toppar). Det gör att mer av det tillgängliga kvävet förs bort från det avverkade området.

Den ökade tillväxten vid behovsanpassad gödsling beror på att beståndet snabbt bygger upp en stor barr-



Foto Björn Svensson/Skogenbild.

massa och att ungdomsfasen förkortas kraftigt. Tillväxtökningen varierar beroende på ursprungsbonitet och var i landet man befinner sig.

Nya försöksserier med behovsanpassad gödsling av gran (15 försök) har visat att de höga produktionsnivåerna i tidigare försök med denna typ av gödslingsprogram (Stråsan, Flakaliden och Asa) inte är en tillfällighet (figur 1). Tillväxten efter 10 års gödsling, där produktionsnivåerna sannolikt inte har nått sin kulmen ännu, är lika eller högre jämfört med tidigare försök. Södra Norrland verkar vara det område i Sverige där mertillväxten blir som störst och det stämmer väl överens med tidigare uppskattningar. Försöken med behovsanpassad gödsling visar att gödsling i granungskog kan ske vartannat år med samma produktionsnivå

Gödsling

som gödsling varje år, vilket förstås har stor betydelse för lönsamheten i åtgärden. Vid gödsling vart tredje år verkar man dock tappa i tillväxt (figur 1).

Vid praktisk storskalig tillämpning kommer behovsanpassad gödsling inte att ge samma höga tillväxt som i försöken. Om man räknar med medelproduktionen för en hel omloppstid bör man även räkna tiden innan man börjar gödsla, vilket sänker medelproduktionen.

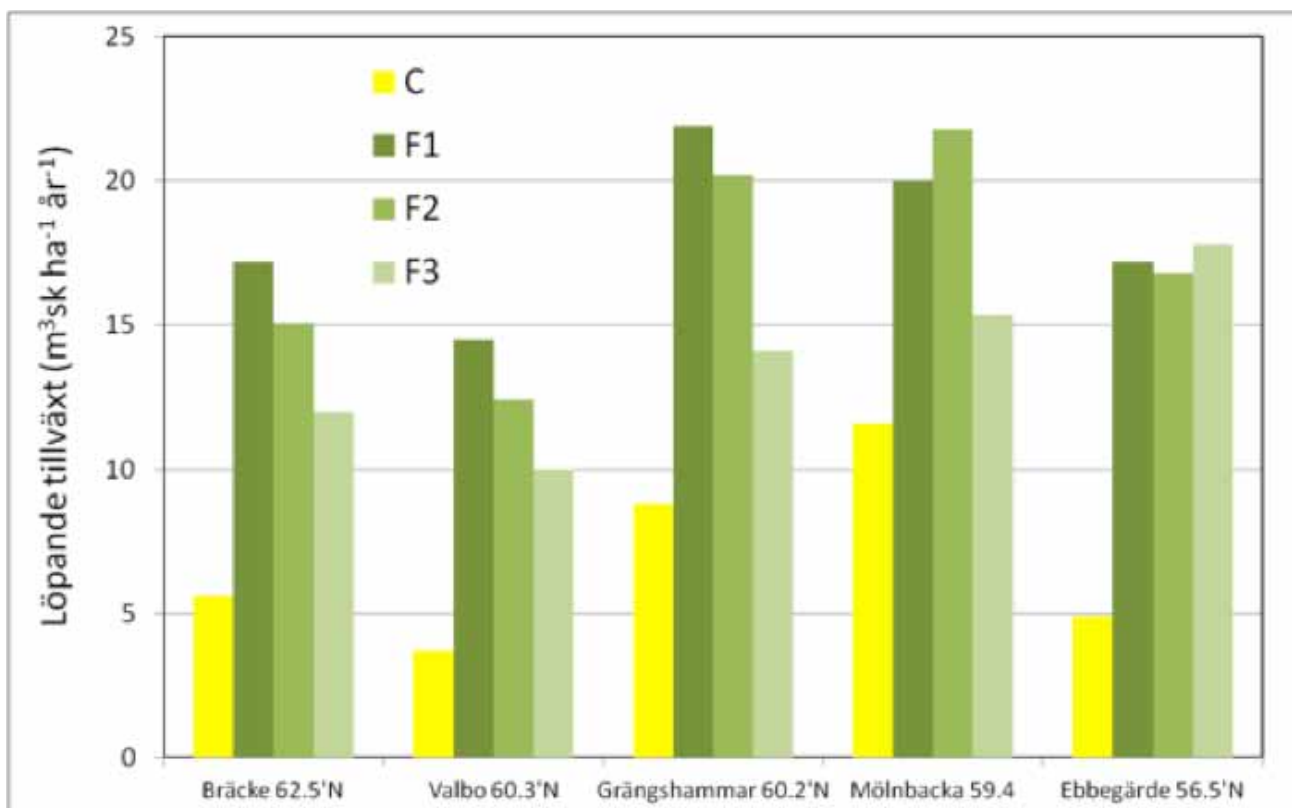
I modellberäkningar har behovsanpassad gödsling ökat medelproduktionen för en omloppstid med 3.5–5.5 m³sk per hektar och år. Om 1.2 milj. hektar, dvs. 5 % av Sveriges skogsmarksareal, skulle tas i anspråk för behovsanpassad gödsling skulle det kunna öka den årliga stamvolymstillväxten med 4.2–6.6 milj. m³sk.

Ekonomi vid behovsanpassad gödsling är avgörande för om skogsskötselmetoden kommer att tillämpas i svenskt skogsbruk. I en nuvärdeskalkyl ger konventionell gödsling bättre förräntning än behovsanpassad gödsling där gödslingskostnaderna kommer tidigare

under omloppstiden. Detta vägs delvis upp av den höga arealproduktionen och den kraftigt förkortade omloppstiden vid behovsanpassad gödsling. I likhet med konventionell gödsling kan man inom storskogsbruket låta bli att belägga gödslingen med någon räntekostnad. Orsaken är att för markägare med stort skogsinnehav kan mertillväxten som gödslingen ger upphov till tas ut samma år i ett annat bestånd.

En nackdel med konceptet är att det är till en början resursintensivt om man ska bedriva det i stor skala och man kan se det som att man tar en större risk ifall något skulle hända.

Forskningen har belyst många olika positiva och negativa aspekter med behovsanpassad gödsling, och detta har i huvudsak gjorts på beståndsnivå. Effekterna på landskapsnivå vet vi mindre om och kan i vissa fall bara gissa oss till. Därför bör behovsanpassad gödsling testas i större operationell skala. Under vägens gång är det då möjligt att anpassa konceptet genom adaptiv skogsskötsel.



Figur 1. Behovsanpassad gödsling i gran. Intervallförsöken startade 2001 och gödslades första gången 2002 (alla behandlingar) för försökslokalerna i Bräcke (Jämtland), Grängshammar (Dalarna), Mölnbacka (Värmland), Valbo (Gästrikland) och Ebbegärde (östra Småland). Revision utfördes hösten 2011 för gödsling varje år (F1), gödsling vartannat år (F2) och gödsling vart tredje år (F3) och jämfördes med ogödslad kontroll (C). Tillväxten är periodisk löpande tillväxt (m³sk per ha och år) för 5-års-perioden 2006–2011.



Foto Mats Hannerz.

Kontinuitetsskogsbruk

Kontinuitetsskogsbruk är en ofta diskuterad men sällan praktiserad skogsbruksmetod i Sverige. Kunskapen och erfarenheten av kontinuitetsskogsbruk är därför begränsad. Om ett skogsbestånd ska skötas utan kalhyggen krävs att det är heterogent, eller åtminstone tvåskiktat. Dessutom måste förnygring och inväxning av nya träd fungera tillfredsställande. Future Forests nya fältförsök kommer att bidra till att kunskapen ökar. I försöken studeras bland annat måldiameterhuggning samt omföring av enskiktad granskog till flerskiktad skog.

Kontinuitetsskog

Det finns beräkningar som anger att hyggesfritt skogsbruk skulle kunna tillämpas på 1-2 miljoner hektar skogsmark i Sverige. Av riksskogstaxeringens provytor ligger ungefär 10 % i heterogena eller tvåskiktade skogar. Kontinuitetsskogsbruk framhålls särskilt som ett alternativ i tätortsnära skogar. Skogsägare kan också ha ett intresse av att undvika investeringar i plantering och i stället utnyttja beståndsförnyring.

Några länder i Centraleuropa har avstått från kalavverkning under de senaste 30 åren. I stället har man praktiserat en skogsbruksmetod som närmast kan karakteriseras som måldiameterhuggning. Det är en metod som skötselmässigt ligger mellan skärmställning och blädning. Till skillnad från den dimensionsavverkning som praktiserades i norra Sverige under 1900-talets första halva sätts måldiametern högt, ofta över 40 cm.

Kunskapsbrist om förnyring, stormrisk och tillväxt

Det finns flera forskningsmässiga utmaningar kring kontinuitetsskogsbruk. En är att kunna prognostisera omfattningen och utvecklingen av den naturliga förnyringen. Inväxningen varierar stort mellan olika beståndstyper, ståndorter och klimatlägen, och det behövs därför stora datamaterial.

Det behövs mer kunskap om hur höjdtillväxten påverkas av ljus, markfuktighet, vegetationskonkurrens m.m. Två förnygringsförsök i Tönnersjöheden och Rogberga har anlagts för att studera detta. Dessutom vill man bättre bedöma hur risken för stormskador påverkas av avverkning i kontinuitetsskogen. En annan utmaning är att kunna prognostisera tillväxten i heterogena skogar. Det finns modeller för både inväxning och tillväxt som kan praktiseras i dessa skogar, men de måste utvecklas och utvärderas med mer data. Fältförsök som har lagts ut i Future Forests regi kommer att användas för att validera befintliga funktioner.

Måldiameterhuggning i flerskiktad skog

År 2009 etablerades ett försök på Tönnersjöhedens försökspark i Halland (Eriksköp) med syfte att studera beståndsutvecklingen efter olika former av måldiameterhuggning (Drössler *et al.*, 2012b). Det ca 90-åriga beståndet bestod av tall, gran, ek och björk i varierande

proportioner. De behandlingar som jämfördes var konventionell måldiameterhuggning, där träd grövre än 26-40 cm avlägsnades; måldiameterhuggning med särskild hänsyn till naturvård; måldiameterhuggning med särskild hänsyn till förnyring; samt obehandlad kontroll. De olika huggningsvarianterna sänkte den stående virkesvolymen från ca 320 till 180 m³ per hektar, och efter huggning fanns luckor på ungefär 15 % av arealen.

Den framtida produktionen skattades med Elfving-modeller för enskilda träd. Den uppmätta förnyringen i beståndsluckorna användes som ett lägsta scenario för framtida inväxning och som högsta inväxningsscenario antogs 10 nya träd per ha och år grövre än 5 cm växa in. Skattningen visade att ca 120 m³/ha kan avverkas vart 20-25:e år. Medeltillväxten motsvarar 60-70 % av den tillväxt som kan förväntas i en granplantering efter 50 år. Detaljerad information om beståndsstruktur och simuleringen finns i Drössler *et al.* (2012).

Omföring från enskiktad till flerskiktad granskog

Tre försök, två i Jämtland och ett i Småland, anlades 2010-2011 för att demonstrera möjligheten att gallra fram en heterogen beståndsstruktur i planterad granskog. Ett långsiktigt mål med försöken är också att testa och förbättra tillväxtfunktioner i mer strukturerad eller extremt behandlad skog.



Omföringsförsök i Mordviksbodarna, Jämtland, strax efter första gallring vintern 2011. Foto Lars Drössler.

I bestånden, som var 42 år gamla i Jämtland och 30 år i Småland, gallrades 60 % av volymen ut. De största och de minsta träden sparades systematiskt med syfte att åstadkomma maximal variation i trädstorleken. I försöken ingår också behandlingar med markberedning och gödsling för att stimulera föryngring. Om 10 och 20 år kan föryngringsbehandlingarna utvärderas, men redan innan dess kan föryngringsstudierna användas för att validera befintliga inväxningsmodeller.

Med olika antaganden om inväxning har tillväxten simulerats under en 50-årsperiod. Simuleringarna visade att det kan vara möjligt att omföra granplanteringar till heterogena bestånd men att man under omställningsperioden förlorar upp till 40 % av tillväxten. I försöken ingår också försöksled med gallring för att skapa homogena bestånd, vilket möjliggör en långsiktig jämförelse av tillväxten i heterogena och homogena bestånd.

Föryngring under skärmställning

Vintern 2011/2012 anlades ett försök i mogen blandskog av tall och gran i Sveaskogs kontinuitetspark i Rogberga utanför Jönköping. I försöket skapades luckor av olika storlekar (10–40 m) där föryngringen studeras under olika ljus- och markförhållanden. I försöket testas också måldiameterhuggning på motsvarande sätt som i försöket på Tönnersjöheden. De frågor som främst studeras i försöket är: Hur påverkar överskärning föryngringens framtida höjdtillväxt? Räcker ljusmängd som finns i bestånd för att säkerställa utvecklingen av naturligt föryngrade plantor? Dessutom undersöks hur beståndstrukturen påverkar tillväxt och huggningsintervaller.



Föryngringsförsök i Rogberga efter måldiameterhuggning och delvis markberedning i oktober 2012. Foto Lars Drössler.



Foto Mats Hannerz.

Skogen och klimatet

Ofta framförs att en eventuell klimatförändring kommer att kräva förändrade skogsbruks- och skötselmetoder. I projektet Skogen och klimatet har vi försökt att analysera detta påstående och sätta in det i ett bredare perspektiv. En sådan analys måste naturligtvis göras med stor ödmjukhet – kunskapsläget om klimatets effekter på skogsekosystemet är dåligt och prognoserna blir därför osäkra.

Projektet har beskrivit de komponenter som behöver hanteras i en föränderlig situation: klimat, skador, primär produktion och skötselprogram. Resultatet från beståndskalkyler för några olika ståndorter och situationer har diskuterats i termer av realism, osäkerhet och nytta som beslutsunderlag.

Analyser har också gjorts av hur slutsatserna förändras när beräkningarna skalas upp från bestånds- till regional nivå. Skogliga analyser på beståndsnivå behandlar ofta bara en funktion eller ett värde i taget, t.ex. produktionsekonomi, rekreativvärde eller naturvårdsvärde. Tidsperspektivet blir ofta syntetiskt behandlat genom exempelvis val av ränta i en nuvärdeskalkyl. Skogen som system tillhandahåller samtidigt en mängd varor, tjänster och andra värden. Systemet utgörs av en mängd bestånd. Därför måste analyserna ske på landskaps- eller regional nivå för att ge en helhetsbild.

Skogen har en roll som råvaruförsörjare till skogsindustrin. Hur väl skogen kan uppfylla den rollen vid en given tidpunkt avgörs av kombinationen av skogsskötsel och skogens tillstånd. För att klara biodiversiteten i norra Sverige behövs till exempel att det vid varje tidpunkt finns en viss mängd gammal skog arrangerad i ett visst mönster. Det innebär att vissa bestånd vid varje tillfälle sköts med en längre omloppstid.

Vinster med anpassad skogsskötsel

Analyserna tyder på att en anpassad skogsskötsel kan minska risken för skador (Bergh *et al.* 2012a, 2012b). Anpassningen kan innebära ändrad gallringsregim och förkortad omloppstid för gran eller byte av trädslag. Beståndskalkylerna visar att anpassad skötsel kan vara positivt även för produktion och ekonomi. En anpassning med färre gallringar och kortare omloppstider sker i viss utsträckning redan idag i södra Sverige. Produktiva trädslag som hybridlärk och hybridasp kan ge samma eller bättre ekonomi än gran. Däremot ger trädslag med lägre produktion som björk och bok betydligt sämre ekonomi.

I norra Sverige är tall huvudalternativet och dess försprång gentemot granen kommer att öka som en följd av ökade storm-, rotröte- och insektsproblem. Färre gallringar och kortare omloppstider är positivt för produktionen och ekonomin även i norra Sverige. Det trädslag som ger bäst ekonomi i norra Sverige är

contortatallen. Med dagens klimat kan markvärdet tredubblas genom ett trädslagsbyte till contortatall som sköts utan gallringar, jämfört med dagens odling av tall med två gallringar. Ett gallringsfritt program med lägre slutavverkningsåldrar medför minskad risk för skador.

Ett gallringsfritt skogsbruk i södra Sverige, för att minimera riskerna för stormfällningar och granbarkborreangrepp, medför en något lägre avverkningsnivå. En större andel slutavverkning och kortare omloppstider medför dock att nettot för markägaren blir i nivå med dagens sätt att bruka skogen. Det gallringsfria skogsbruket ger klart lägre skadenivåer men det tar drygt 50 år att omföra det nya skogsbrukssättet fullt ut.

MINT-utredningen

Möjligheter till intensivodling av skog (MINT) analyserades under 2009 som ett speciellt regeringsuppdrag till SLU. Skogens skötsel medverkade i utredningen med en sammanställning av skogsskötselmetoder för intensivodling av skog och en analys av metodernas långsiktiga inverkan på virkesproduktion och ekonomi (Fahlvik *et al.* 2009, Nilsson *et al.* 2011).

Analysen visade att det är möjligt att fördubbla tillväxten på delar av den svenska skogsmarksarealen, men det tar lång tid innan tillväxtökningen realiserar fullt ut. Om man idag bestämmer sig för intensivskogsskötsel på 15 % av Sveriges skogsmarksareal dröjer det drygt 70 år innan tillväxten fördubblas på den arealen jämfört med referensalternativet.

De skogsskötselåtgärder som hade störst effekt för tillväxtökningen var förbättrade föryngringar, plantering av contorta, användning av bästa genetiska material (vilket betyder sticklingar för gran) samt behovsanpassad gödsling (BAG). Metoder som var speciellt gynnsamma ur ett företagsekonomiskt perspektiv var plantering av contorta och användning av bästa genetiska material eftersom tillväxtökningen nästan inte alls var behäftade med några kostnader. Behovsanpassad gödsling innebar däremot stora kostnader men gav trots det i normalfallet ett högre markvärde än ögöds-lade bestånd.

Svensk skogsbruk möter klimatförändringar – högre tillväxt men anpassning krävs

av Johan Bergh

Ett förändrat klimat kommer att öka tillväxten för de flesta av våra trädslag men även risken för skador i skogsbruket. Skaderisken kan minskas genom en anpassad skogsskötsel, till exempel i form av ändrade gallringsregimer, förkortad omloppstid eller byte av trädslag. Samtidigt bör anpassningarna inte innebära en stor negativ inverkan på ekonomin. Genomgripande förändringar av skogsbruket är en trög process som tar lång tid.

Ett förändrat klimat innebär ändrade produktionsförutsättningar för våra trädslag. I vårt kärva vinterklimat skulle en ökad temperatur och koldioxidhalt sannolikt öka produktionen för de flesta trädslagen. Detta förutsatt att nederbörden inte minskar drastiskt. En ökad temperatur under vår och höst leder till en förlängd växtsäsong med 30–45 dagar om 100 år, enligt det B2-scenariot som vi har använt oss av (måttliga utsläpp av växthusgaser under detta sekel). I B2-scenariot kommer medeltemperaturen att öka med 3–4 grader, med en högre temperaturstegring i norra Sverige och under vinterhalvåret.

Nattfroster styrs av strålningsbalansen mellan dag och natt och kommer därför troligen inte att tidigareläggas trots ett varmare temperaturklimat. Nederbörds-mängden förväntas öka under det närmaste seklet med 10–20 %. Under vegetationsperioden då vattenbehovet för träden är störst får Götaland minskad nederbörd medan nederbörden i norra Norrland förväntas öka något även på sommaren.

Även vindklimat kan komma att påverkas och vindhastigheterna under vintern förutspås öka med i medeltal mellan 7 och 13 % till i slutet av seklet, beroende på vilket utsläppsscenario som används. Därför är det sannolikt att stormrisken ökar framöver i både södra och norra Sverige.

Baserat på ett scenario med begränsade utsläpp (B2-scenariot) av växthusgaser visar modellsimuleringar att man kan förvänta sig stora regionala skillnader när det gäller effekten av ett förändrat klimat



Johan Bergh. Foto Henrik Böhlenius.

på skogsproduktionen. Den största relativa tillväxtökningen förutspås i norra Sverige och ligger för åren 2071–2100 på 15–40% över referensperiodens nivå (1961–1990).

Ett förändrat klimat kommer sannolikt innebära ökade risker för skador av svampar, insekter, stormfällning och frost. Skogsbruket måste därför ta ställning till en rad olika aspekter som trädslagsval samt ändrad och/eller anpassad befintlig skogsskötsel. Skadetyper leder även till olika skador och bör därför hanteras olika.

Skogsbruket har olika valmöjligheter att anpassa skogsskötseln som kan minska risken för våra vanligast förekommande skadeangrepp som har stor ekonomisk betydelse. En förkortning av omloppstiden skulle minska stormrisken eftersom man förkortar

den del av omloppstiden då bestånden är som känsligast för stormfällning. Förkortade omloppstider skulle även minska rotrotan då den inte hinner spridas eller utvecklas i samma omfattning i beståndet och dessutom minska angreppen av granbarkborre eftersom de främst drabbar äldre skog som har nått en medeldiameter på 20 cm i brösthöjd.

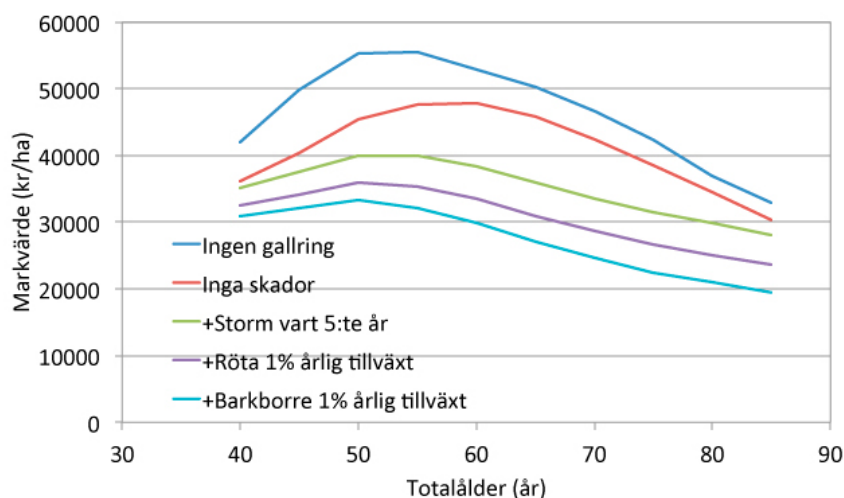
Färre gallringar innebär minskade risker, dels för stormskador och dels för att beståndet blir angripet av röta. Snytbaggeangrepp och frostsador går att minska genom att man satsar mer på plantmaterial, snytbaggeskydd och markberedning. Byte av trädslag från gran och tall till exotiskt trädslag, björk eller annat lövträd, skulle minska skaderisken i ett framtida klimat.

För att beräkna ekonomiska effekter av anpassad skogsskötsel i ett förändrat klimat med olika skadenivåer använde vi oss dels av dagens antagna skadenivåer, dels av rimliga skadenivåer i framtiden. Vid dagens skadenivåer sänktes markvärdet vid kulminationen för det oskadade beståndet (60 år) med ca 15 % (se figuren nedan). Det var också tydligt att markvärdets kulmination påverkades om skador av storm, rot-röta och granbarkborre inkluderades i analysen.

För det oskadade alternativet kulminerade markvärdet fem år senare än om skador tillåts påverka beståndsutvecklingen. Denna analys indikerar alltså att

skogsskötselstrategin bör ändras redan i dagens skogsbruk och det finns tecken som tyder på att det håller på att ske. Efter Gudrun har rekommendationerna om gallringsprogram och omloppstider förändrats mot färre antal gallringar och kortare omloppstid. Denna förändring har kanske kommit längre i södra Götaland som under lång tid har varit påverkad av alla tre skadegörarna.

Sammanfattningsvis visar beståndskalkylerna att anpassad skötsel kan vara positivt för både produktion och ekonomi. Produktiva trädslag som hybridlärk och hybridasp kan ge samma eller bättre ekonomi än gran. Däremot ger trädslag med lägre produktion som björk och bok betydligt sämre ekonomi jämfört med de andra alternativen. I norra Sverige är tall huvudalternativet och ökade storm-, rot-röte- och insektsproblem förbättrar inte granen konkurrenskraft gentemot tallen. Dock är färre gallringar och kortare omloppstider positivt för produktionen och ekonomin även i norra Sverige. Det trädslag som ger bäst ekonomi i norra Sverige är contortatallen. Analyser på regional nivå visade att det är möjligt att tillgodose skogsindustrins virkesförsörjning med ett skötselprogram utan gallringar och med lägre slutavverkningsåldrar. Detta skötselprogram visade också att gallringsfritt skogsbruk skulle medföra kraftigt minskade risker för skador, särskilt för gran i södra Sverige.



Markvärdet vid olika gallringsprogram med tillägg av olika skadetyper. Från Bergh *et al.* 2010.



Snytbaggeappen - en hjälp i fält. Foto Mats Hannerz.

Modeller och datahantering

Empiriska modeller ger forskarna möjlighet att sätta in de skogliga delresultaten i ett komplext sammanhang och att analysera hur skogen påverkas om en eller flera faktorer förändras. Modellerna kan också användas för att skapa praktiskt användbara beslutsstöd. Flera sådana har vidareutvecklats inom Future Forests och är allmänt tillgängliga via Internet, både på dator och i smarta telefoner.

DT

DT är ett prognoshjälpmedel som började utvecklas inom temaforskningsprogrammet Granprogrammet och därefter vidareutvecklades av Future Forests. DT kan göra analyser på beståndsnivå för rena och blandade bestånd av gran, tall och björk. Indata till modellen är stamantal, ålder, ståndortsindex samt medelhöjd eller grundyta. Programmet beräknar skogens tillväxt årsvis eller i femårsperioder beroende på de röjningar och gallringar som bestäms av användaren. Förutom stamtillväxt beräknar DT stående biomassa uppdelat på stamved, grenved, blad/barr och rötter.

DT ger också möjlighet till ekonomiska analyser. För varje gallring och slutavverkning beräknas avverkningskostnader och intäkter. Till grund för de ekonomiska beräkningarna ligger prislister och kostnadsfunktioner som kan anpassas av användaren. Programmet är endast tillgängligt för nedladdning efter kontakt med forskarna.

Snytbaggemodellen

En ny modell för att skatta andelen döda plantor av snytbagge har tagits fram i samarbete med Snytbaggeprogrammet. Snytbaggemodellen beräknar andelen döda plantor tre år efter plantering beroende på vilka föryngringsåtgärder som har använts. Faktorer som påverkar skador av snytbagge och som kan studeras i modellen är bland annat hyggesvila, planttyp, markberedning och plantskydd i form av insekticider eller mekaniska skydd. Snytbaggemodellen finns tillgänglig för Internet (www.snytbagge.se) och som applikation för iPhone.

Frostrisk

Frostrisk gör en beräkning av risken att granplantor frostska. Risken beror på läge i landet, hyggets topografi och markförhållanden, skogens skötsel och valet av planttyp och genetiskt ursprung. Exempel på åtgärder som minskar frostrisken är skärmställning, markberedning, större plantor och senskjutande provenienser. Faktorer som ökar frostrisken kan vara plan mark, torrt ytskikt eller om hygget är så stort så att den omgivande skogens frostlindrande verkan är liten.

Den ursprungliga modellen togs fram i samarbete mellan SLU och Skogforsk, och bygger på vetenskapliga

studier om hur granens skottskjutning och invintring styrs av temperatur och daglängd, samt hur den varierar med trädslagets geografiska ursprung (Langvall 2012). Tillsammans med empiriska studier och erfarenheter om hur temperaturen påverkas av skärmträd, plantors höjd, markberedning och ståndortsförhållanden kunde den kompletta modellen sättas samman.

I nya Frostrisk har en ytterligare funktion lagts till. Användaren kan där beräkna ett frostscenario för ett framtida klimat. Modellen bygger på dygnsmedel- och dygnsminimitemperaturer från SMHI Rossby Centres mest troliga scenario (kallat B2). De framtida frostriskerna beräknas i 10-års intervall fram till och med 2080.

Frostrisk är publikt tillgängligt via Kunskap Direkt (www.kunskapdirekt.se/frostrisk).

Plantval

Webbverktyget ”Plantval”, där lämpligt skogsodlingsmaterial föreslås för valfri odlingslokal, har utvecklats och uppdaterats. Rekommendationerna har justerats för att passa det klimat dagens planteringar utsätts för. Temperatursumman är genomgående ändrad till 2010 års klimat, vilket är varmare än det klimat som Plantval tidigare byggde på (perioden 1961-1976). För tall i norra Sverige tas dessutom hänsyn till ett varmare framtida klimat – tillväxten beräknas här för ett klimat mitt i kommande omloppstid.

Användningsrekommendationerna för tall och gran i norra Sverige är därför nu något nordligare (eller på högre höjd över havet) än tidigare, särskilt för tall. Skillnaderna är måttliga, upp till cirka en halv breddgrad, men ger ändå ett par procents ökad skogsproduktion. För tall och gran i södra Sverige har rekommendationerna inte förändrats då klimatets betydelse för valet av plantor är osäkrare här. Vikten av senskjutande gran på lokaler med vår- och försommarfroster betonas dock mer än tidigare.

Plantagedata som t.ex. klonursprung, selektionseffekter och inkorsningsnivåer har genomgående uppdaterats, vilket har betydelse för val av lämpligaste plantage. Ett nytt produktionsindex som bättre överensstämmer med arealproduktionen har tagits fram för tall i norra Sverige. Programmet har också kompletterats med il-

Illustrativa kartor. Plantval är publikt tillgängligt genom Kunskap Direkt (www.kunskapdirekt.se/plantval).

Skogsfakultetens Nya Fältdatasystem

Ett nytt komplett webbaserat system för registrering, lagring och statistisk bearbetning av mätdata från skogsfakultetens långsiktiga fältförsök har utvecklats och implementerats. Mätdata från mer än 1300 fältförsök, det äldsta etablerat 1902, lagras i en relationsdatabas (DB) på en server vid Skogsfakultetens IT-enhet i Umeå.

Systemet är också användbart för undervisning och information. Hela systemet med tillhörande program och databearbetnings-applikationer är tillgängligt via en egen hemsida (langtidsforsok.slu.se) efter inloggning.

Silva Locator

Vi har under åren varit med om ett antal incidenter där fasta försök har avverkats av misstag utan att vi har fått vara med och mäta försöken före avverkning. Det är mycket olyckligt eftersom data från årtal av mätningar och behandlingar kan bli mycket mindre värda om vi

inte får mäta träden ända fram till avverkning. Det är därför viktigt att man hör av sig till Enheten för skoglig fältforskning när man ser försöksskyltar inom ett planerat avverkningsområde. För att underlätta detta har vi utvecklat en applikation till iPhone som heter Silva Locator. Med hjälp av applikationen kan man få veta var närmaste fasta försök är beläget och man får också information om vem man kan höra av sig till för att få veta mer om försöket. Med Silva Locator är det också möjligt att söka försök med försöksnummer eller med latitud och longitud. Silva Locator är kopplad till databasen Silva Boreal där man via internet direkt kan söka information om de flesta fasta försök som administreras av Enheten för Skoglig Fältforskning.

Tillväxtmodeller för genetiskt förädlad material

I ett pågående doktorandarbete ska tillväxtmodeller för genetiskt förädlad material konstrueras. Hittills har korrigeringsfunktioner för existerande ungskogsutvecklingsfunktioner tagits fram. I kommande arbeten utarbetas nya funktioner för diametertilldelning. Dessutom valideras existerande tillväxtfunktioner för mogen skog för genetiskt förädlad material.

Du är här: [Kunskap Direkt](#) / [Verktyg](#) - [Alla Verktyg](#) - [Plantval](#) - [Plantval - Tall](#)

KUNSKAP DIREKT Ördlista A - Ö Skogsenkyklopedin Hjälp

Startsida Hänsyn Skötsel av lövskog Skötsel av barrskog Vägar Verktyg

Antal plantor
Antal stammar
Beståndsval
Bonitet
Bonitet enligt Jonson
Cirkelprovyta
Fås av Fås
Frostrisk
Föräntningskrav
Förädling och ekonomi
Galler med INGVAR
Gallringsmall - björk, al, asp
Gallringsmall - ek, bok, ask
Gallringsmall - tall och gran
Gödslingskalkyt
Hybridasp
Kostnader för skogsbränsleuttag
Kostnader och prestationer i gallring
Kostnader och prestationer i röjning
Kostnader och prestationer i slutavverkning
Kraftsamling Skog
Lönsamhet i skogsvårdsarbete
Markvegetation

Plantval - Tall

Vilken tall passar bäst på din lokal? Jämför plantagefrö och beståndsmaterial. [Läs mer](#) om hur programmet fungerar.

Index ger ett relativt mått på arealproduktionen.

Justera värdena vid behov och tryck BERÄKNA för att räkna om listan och temperatursumman

Planteringslokals: breddgrad (°N) 64
Höjd över havet (m) 300
Temperatursumma (dygnsgrader): 930
Justera temperatursumma 0
Justerad temperatursumma: 930

Tillbaka till karta Visa plantage(r)

Enkelt - plantager/bestånd Enkelt - plantager

Nr.	Fröplantage	Index	Överl.	H100	Lat.	AnLår	Status	Välj
625	Dal T8	123	80	25,3	64,9	1992	Produktiv	<input type="checkbox"/>
630	Sundsvall Elit (tröblandn)	119	77	25,1	64,3	1995	Produktiv	<input type="checkbox"/>
621	Västerhus T10	116	70	25,4	63,6	1991	Produktiv	<input type="checkbox"/>

Plantval - ett webbverktyg för hjälp att välja rätt skogsodlingsmaterial till rätt plats.

Granen fryser när värmen kommer!

Det kan låta som en paradox, men när vi går mot ett varmare klimat ökar risken för att skogsplanteringarna ska frysa! Den risken löper i alla fall gran i södra Sverige under vårarna. Det kan få betydelse för vilka plantor skogsbruket ska välja i framtiden.

Inom ramen för Future Forests har Ola Langvall gjort prognoser för hur frostrisken förändras över tiden (Langvall 2011). Till sin hjälp har han en modell som beräknar risken för vår- och höstfrostsador hos gran. I botten ligger dagliga medel- och minimitemperaturer från hela Sverige för perioden 1961–1990. Framtidens temperaturer kunde han beräkna med hjälp av klimat-scenariorna A1 och B2 som har tagits fram av SMHI:s Rosby Centre.

– Med ett varmare klimat kommer granplantorna att skjuta skott tidigare. År 2050 handlar det om en hel månad tidigare jämfört med referensperioden 1961–1990, säger Ola Langvall. I norra Sverige blir det någon veckas tidigareläggning, om någon alls.

Granens start på våren styrs nästan helt av temperaturen. När en viss temperatursumma har uppnåtts bör-

jar knopparna svälla och det späda skottet tittar fram. Det är då, och några veckor framåt, som granen är som mest känslig om det kommer en köldknäpp.

– Den tidigare skottskjutningen ökar risken för vårfrostsador. I genomsnitt över landet handlar det om 8–15 procentenheter, men i södra Sverige kan risken fördubblas, konstaterar Ola Langvall.

Han rekommenderar att skogsbruket använder mer senskjutande plantor i de framtida planteringarna. Det kan få betydelse för vilka träd som väljs ut till fröplantager redan idag. Samtidigt manar han till en viss försiktighet för att inte öka risken för höstfrostsador.

– Träd med sen skottskjutning växer i genomsnitt lite längre på hösten, och då kan de skadas av tidiga höstfroster, säger han. Den risken är störst i kärvare områden i norra Sverige.

Klimatprognosen är nu att införlivad i den modell som finns för beräkning av frostrisk. Verktöget Frostrisk finns tillgängligt på Skogsforsks skötselportal Kunskap Direkt (www.kunskapdirekt.se/frostrisk).



Ola Langvall inspekterar frostsador i Asa försökspark. Foto Mats Hannerz.



Lärkkottar. Foto Mats Hannerz.

Nya trädslag

Future Forests delprojekt om nya trädslag har haft fokus på douglasgran, en nordamerikan med eftertraktat virke och med potential att bli ett viktigt inslag i det sydsvenska skogsbruket. Nya försök ger svar kring frågor om proveniensval och etablering av trädslaget. Potentialen med andra trädslag undersöks också genom bearbetning av data från tidigare anlagda trädslagsförsök, där de första etablerades i början av 1960-talet. Dessutom har nya försök lagts ut för att undersöka hur lärken växer under praktiska förhållanden.

Douglasprovenienser för södra Sverige

En större praktisk försöksserie har etablerats i ett samarbete mellan SLU och Södra. Frön från sju olika provenienser, tre inlands- och fyra kustprovenienser, importerades från Kanada för att sås i Södras plantskola i Falkenberg. Plantor från var och en av dessa provenienser planterades i 0.5 ha stora ytor vilket innebär att den planterade ytan på varje lokal var ca 3.5 ha. Under två år, 2009 och 2010, planterades 21 lokaler, varav 13 inventeras av SLU.

Preliminära resultat efter 1.5 säsonger i fält visar på en hög överlevnad (78-92 %). I planteringarna gjorda 2009 hade inlandsprovenienser en signifikant högre överlevnad jämfört med kustprovenienser, medan inga sådana skillnader noterades i 2010 års planteringar. En stor andel av plantorna hade fått allvarliga skador av olika slag vilket gör att den höga överlevnaden måste tolkas med försiktighet då resultatet kan ha förändrats till nästa inventering.

Inlandsprovenienser börjar växa tidigare på våren jämfört med kustprovenienser vilket gör att de i högre grad drabbats av vårfroster. Plantor med ursprung från kusten har troligtvis haft problem med invintringen men då detta är svårt att se har skadorna oftast klassats som okända. Andra skador som drabbat plantorna är snytbagge och vilt. Under 2012 och 2013 inventeras försöken på nytt, plantorna har då vuxit i tre säsonger och resultatet kommer att redovisas i en särskild rapport.

På Asa och Tönnersjöhedens försökspark anlades 2010 proveniensförsök med de ovan nämnda provenienser. Tanken var att dessa på sikt skulle kunna användas som produktionsytor. På de lokaler som låg i eller i anslutning till Asa försökspark dog en hög andel av plantorna med ursprung från kusten. Denna del av försöket kommer därför inte att följas mer än att ytor som innehåller inlandsprovenienser kan användas som demonstrationsytor. På Tönnersjöheden har hjälplantering skett våren 2012.

Markberedning och douglasgran

På våra nordliga breddgrader har markberedning en positiv inverkan på etableringen på flera sätt: högre marktemperatur, luckring av jorden, minskad vege-

tation, lägre snytbaggetryck m.m. På Asa försökspark etablerades 2010 ett försök med douglasgran och vanlig gran planterade i olika typer av markbehandlingar (Wallertz och Malmqvist 2013). Försöket anlades i en sluttning och hägnades för att minimera risken för frost- och viltskador. Eftersom syftet var att studera markberedningens effekter på de båda trädslagen jämfördes plantering i fläck, invers, hög, omarkberett och något som kallades "mix". Den sistnämnda innebar att materialet rördes om ordentligt så att man fick en blandning av humus och mineraljord. Plantor grävdes upp vid fyra olika tillfällen och torrsvikt beräknades på rötter och total biomassa.

Resultaten tyder på att effekten av markberedning är större för douglasgran än för vanlig gran. Överlevnaden för douglasgran planterad i omarkberedd mark var efter två säsonger 60 %, jämfört med 90-95 % i de övriga markbehandlingarna. Endast någon enstaka planta av vanlig gran dog oavsett markberedning. Efter den första säsongen hade douglasgran planterade i "mix" en högre torrsvikt av rötter och total biomassa jämfört med de som planterats i humus. För granen fanns ingen skillnad mellan behandlingarna.

Andra året drabbades plantorna i försöket av snytbaggaskador trots att plantorna var behandlade samma vår. Douglasgranar angreps i högre utsträckning än granarna. Framför allt fanns en stor skillnad då toppskotten på plantor av douglasgranen ibland var helt uppätta medan inga skador kunde upptäckas på granarnas toppskott.

Bearbetning av data från trädslagsförsök

Fyra olika serier med trädslagsförsök har inventerats och analyserats. Den första etablerades på 1960- och 70-talen på Siljansfors försökspark. I försöken ingår bland annat europeisk lärk, tall, gran, björk och contorta. Den andra serien består av två försök på Tönnersjöhedens försökspark där drygt tio trädslag finns representerade, bland annat hybridlärk, kustgran, contorta, silvergran, sitkagran, tall och gran. Den tredje serien etablerades i början av 1990-talet på sex olika lokaler från Skåne i söder till Västerbotten i norr. Lokalerna valdes så att de representerar skogsmark med hög respektive låg bonitet samt nedlagd jordbruksmark.

Nya trädslag

I denna serie ingår totalt 15 olika trädslag, men alla trädslag finns inte representerade på alla lokaler. Slutligen har en sammanställning gjorts av trädslagsförsök som etablerats på jordbruksmark på åtta lokaler i södra Sverige. I denna serie ingår både lövträd och barrträd medan barrträden dominerade i övriga trädslagsserier.

Resultaten tyder på att det är möjligt att nå höga produktionsnivåer på relativt kort tid (ca 20 år) på bördiga lokaler genom plantering med hybridasp och poppel. Försöken visar också att de olika lärkarterna (hybridlärk, rysk lärk, europeisk lärk) har haft hög

produktion och god överlevnad jämfört med många andra trädslag. Dessutom har tallarter (t.ex. svensk tall, contorta, banksiana) i allmänhet producerat bättre än granarter (t.ex. svensk gran, sitkagran, sibirisk gran) även i södra Sverige.

Man bör dock observera att många av försöken är relativt unga och produktionsnivåerna kan komma att ändras med tiden. Dessutom har de flesta av försöken varit hägnade varför inverkan av bete från rådjur och älg har varit minimerat.



Douglasgran - en bjässe som undersöks av Kristina Wallertz och Cecilia Malmqvist. Foto Martin Ahlström.

Är Douglas ett framtidsträd?

av Kristina Wallertz och Cecilia Malmqvist

Den pågående klimatförändringen förväntas påverka den svenska skogen genom högre skadefrekvens, ökad tillväxt och ändrade odlingsförutsättningar för olika trädslag. I södra Sverige hör granen till de trädslag som troligen kommer att klara sig sämre, medan douglasgranen skulle kunna gynnas av ett bättre klimat. Douglasgranen har ett mycket användbart och värdefullt virke, vilket är huvudorsaken till att den är intressant att odla, men den har också skogliga kvaliteter, som t.ex. hög och uthållig volymproduktion, stormfasthet som äldre samt bildar ljusa och promenadvänliga skogar som kan behållas länge.

Trots att douglasgranen har odlats i Europa och Sverige i över hundra år är de svenska erfarenheterna begränsade och framför allt relaterade till allra sydligaste Sverige, så här finns kunskapsluckor att fylla. Det är framför allt i etablerings- och ungdomsfasen som vi behöver stärka våra kunskaper om douglasgran för att öka odlingssäkerheten.

Douglasgranens (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) naturliga utbredningsområde i västra Nordamerika sträcker sig från norra Mexico i söder till mellersta British Columbia i norr och från Klippiga Bergen i öster till Stilla-havskusten i väster. Den finns som två former; kustvarianten, *Pseudotsuga menziesii* subsp. *menziesii* och inlandsvarianten, *Pseudotsuga menziesii* subsp. *glaucescens*. Utbredningen tyder på att den kan växa under väldigt varierande odlingsförhållanden men proveniensvalet blir ändå viktigt vid så långväga flyttning som till Sverige.

Genom åren har ett flertal proveniensförsök med douglasgran anlagts på olika platser i Sverige. I många av dessa försök har alltför sydliga provenienser använts vilket lett till stora avgångar. I början på 1990-talet anlades ett kombinerat proveniens- och avkommeförsök av SLU i Syd- och Mellansverige. Syftet var att testa frökällor från nordligare breddgrader och att anskaffa ett utgångsmaterial för urval och förädling av douglasgran i Sverige. Resultat från tre av dessa försök visade efter 18-19 år i fält att tillväxten var högre för kust-

provenienserna till en början medan senare mätningar visar på överlägsen tillväxt för inlandsprovenienserna.

År 2007 införskaffade Södra Skog och Skogforsk ett fröparti bestående av sju provenienser av douglasgran från British Columbia i Kanada. Fyra av dessa var kustprovenienser och tre från inlandet. Preliminära resultat tyder på att inlandsprovenienserna klarar sig något bättre än de från kusten men försöken är ännu alltför unga för att kunna ge några tydliga slutsatser.

Att använda förädlat material är ett sätt att få fram härdigare plantor som klarar våra klimatförhållanden. Det finns två fröplantager på gång med douglasgran. Plusträden som använts i förädlingsarbetet kommer dels från utvalda träd i fina bestånd i södra Sverige, dels från det tidigare nämnda proveniens- och avkommeförsöket som anlades på 1990-talet. Frön från dessa kommer att kunna användas tidigast om 10-15 år.

Douglasgranen har i plantstadiet en hög känslighet för frost, såväl vår som höst, samt invintringsproblem och vinterskador. Till viss del kan dessa risker minskas med val av proveniens och olika skötselmetoder som att plantera under skärm och att satsa på en bra markberedning. Att välja lokal med omsorg är också ett bra råd. Forskning som rör douglasgranens skottskjutning, frystålighet, invintring och lagring under svenska förhållanden pågår, men ytterligare forskning kring etableringsfrågorna behövs. Vår kunskap kring odling av detta fantastiska träd är ännu bara i sin linda. Det vore värdefullt med fler stora praktiska försök men även detaljerade studier där vi lär oss att förstå hur douglasgranen fungerar här i Sverige med de förhållanden vi har här.

Det är också viktigt att hålla i minnet att trots att ordet gran finns med i namnet, så är det inte någon närmare släkting till granen – mer än att det är ett barrträd. Och de bägge arterna uppför sig olika och har olika krav på betingelserna för lyckad odling.

Lärken - den ljusa snabbväxaren

av Ulf Johansson

I Sverige finns det få inhemska barrträdslag. Svenska skogsägare har därför sedan länge varit intresserade av att använda utländska barrträd i sitt skogsbruk. Ett sådant exempel är lärk, som odlats i södra Sverige sedan 1700-talet. Ett flertal lärkarter har testats i sydsvenskt skogsbruk. Idag dominerar användningen av hybridlärk – en korsning mellan europeisk och japansk lärk.

En av de sydsvenska skogsägare som sedan länge odlat hybridlärk i större skala är Sveaskog. För att dokumentera etableringsresultatet i bolagets hybridlärkföryngringar gjordes en inventering i 44 stickprovsvisa utvalda planteringar från perioden 2000 till 2010 (Johansson *et al.* 2013). Planteringarna var lokaliserade i Götaland och Bergslagen. Inventeringen utfördes som en systematisk cirkelprovtytaxering i planteringarna. Dessa valdes slumpvis från Sveaskogs indelningsregister. Planteringarnas medelareal var 3 ha och deras medelståndortsindex var T25 respektive G29.

Antalet lärkplantor på de inventerade objekten uppgick i medeltal till ca 1500 pl/ha. Därutöver registrerades i medeltal 375 huvudplantor per ha av andra trädslag än lärk. Det var inget samband mellan antalet etablerade lärkplantor och planteringarnas storlek. Lärkplanteringarna hade överlag en med avseende på plantantalet acceptabel slutenhet och jämnhet.

Medelhöjden för lärkplantorna var 3,7 m. Medelhöjden ökade med drygt 1 m per år under den första 10-årsperioden efter plantering. Detta bekräftade den sedan tidigare kända kunskapen att lärk har en mycket snabb ungdomsutveckling.

Tidigare har hybridlärk i Sydsverige främst odlats på bördiga ståndorter i gynnsamma klimatlägen. I Sveaskogs lärkodlingsprogram hade man emellertid planterat hybridlärk även på svagare tallmarker. Resultat från inventeringen visade inte på något samband mellan lärkplantornas etablering och ståndorternas bördighet. Även på svagare tallmarker hade lärkplanteringarna etablerats överraskande väl.

Skadenivån var genomgående hög i lärkplanteringarna. I medeltal var endast 20 % av lärkarna oskadade. Den



Lärk i Böle Kronopark, östra Småland. Foto Mats Hannerz.

dominerande skadeorsaken var olika typer av viltskador. Nästan 60 % av huvudplantorna av lärk var skadade av vilt. Merparten av viltskadorna klassades emellertid som obetydliga eller lätta. De bedömdes inte riskera plantornas överlevnad men innebar risk för förluster genom försämrad virkeskvalitet. Viltbetning på lärkplantor får inte samma allvarliga betydelse som på tallplantor, då lärk i likhet med gran har god förmåga att skjuta nya skott efter betning. Lärkens snabba ungdomsutveckling gör dessutom att plantorna på några få år växer ur de höjdintervall då de är exponerade för viltbetning.

I ett urval av de inventerade lärkplanteringarna etablerades långsiktiga odlingsförsök. Dessa omfattade även angränsande tall- och granföryngringar. Syftet med odlingsförsöken var att studera beståndsutveckling och produktion hos hybridlärk i jämförelse med inhemska barrträd. Odlingsförsöken kan även användas för studier av framtida konsekvenser av lärkodling, alltifrån skador till biologisk mångfald och effekter på friluftsliv.

Oväntat låg granproduktion i Norrland



Tall till vänster och gran till höger från två av Tiréns förbandsförsök som ligger intill varandra. Tallbeståndet har gallrats flera gånger medan granbeståndet ännu inte nått gallringsbar storlek. Foto Urban Nilsson.

Att tall växer bättre än gran på svaga marker, medan gran är det bästa valet på näringsrikare marker har länge varit en tumregel inom skogsskötsel. Det kan visa sig vara en sanning med modifikation.

Forskare inom delprojektet Skogens skötsel mätte sommaren 2009 ett försök där produktion hos tall och gran jämförs sida vid sida på 12 lokaler (Nilsson *et al.* 2011). Lokalerna är spridda från södra Jämtland till norra Norrbotten och var ursprungligen föryngringsförsök inom den så kallade Tiréns serie.

Analyserna visade oväntat låg tillväxt för gran i förhållande till tall. I medeltal producerade gran ca 30 % av tall och det fanns inga effekter av markens bördighet.

På 1950-talet, då Tiréns serie etablerades, skilde sig föryngringsmetoderna mycket från dagens metoder. Man använde ofta hyggesbränning och små plantor, så det fanns en undran om hur mycket föryngringsmetoderna hade påverkat den långsiktiga produktionen. Därför har data samlats in som kompletterar Tiréns serie: förbandsförsök i Vindeln och Östersund, markbehandlingsförsök i Flakaträsk utanför Lycksele, trädslagsförsök i Siljansfors och Vindeln samt SCA:s

svartgranförsök där också tall, gran och contorta fanns planterade. Även om produktionsskillnaderna inte var lika stora, bekräftade dessa försök resultaten från Tiréns serie.

Ovanstående data kommer i huvudsak från försök i Norrlands inland. Därför har vi i ett exjobb mätt jämförbara tall- och granbestånd i Ångermanlands och Västerbottens kustland. Simuleringarna från dessa data visar att tall i medeltal producerar ca 18 % mer än gran på dessa kustnära lokaler. Inte heller här fanns det något samband mellan bördighet och skillnaden i produktion. Det går alltså att visa att skillnaden i produktion mellan tall och gran är betydande, men förklaring till denna skillnad är fortfarande osäker.

För att studera orsaker till den stora produktionsskillnaden mellan tall och gran i Norrland har delprojektet Skogens skötsel därför startat ett doktorandarbete som kommer att undersöka näringsupptaget för nyplanterade tall-, gran- och contortaplantor efter olika markbehandlingar. Försöken har etablerats i Västerbotten, Småland och Skåne (en medelbördig och en bördig mark i södra respektive norra Sverige).

Publikationer från Future Forests - Skogens skötsel

Vetenskapliga artiklar and avhandlingar / Scientific reports and theses

1. Albaugh, T.J., Bergh, J., Lundmark, T., Nilsson, U., Stape, J.-L., Allen, H L., & Linder, S. 2009. Utility of biological expansion factors in estimating above ground component biomass for *Picea abies*. *Forest Ecology and Management* 258: 2628–2637.
2. Ahnlund-Ulvcröna, K. 2011. Effects of silvicultural treatments in young Scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvest. Doctoral thesis No. 2011:79. Faculty of Forest Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences
3. Bergh, J., Nilsson, U., Grip, H., Hedwall, P.-O. & Lundmark, T. 2008. Effects of frequency of fertilisation on production, foliar chemistry and nutrient leaching in young Norway spruce stands in Sweden. *Silva Fennica* 42: 721–733.
4. Bergh, J., Nilsson, U., Kjartansson, B. & Karlsson, B. 2010. Impact of climate change on the productivity of silver birch, Norway spruce and Scots pine stands in Sweden with economic implications for timber production. Submitted to *Ecological Bulletins* 53: 185–195
5. Bergström D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. 2007. Simulation of geometric thinning systems and their time requirements for young forests. *Silva Fennica* 41(1), 137–147.
6. Berlin, M., Sonesson, J., Bergh, J. & Jansson, G. 2012. The effect of fertilization on genetic parameters in *Picea abies* clones in central Sweden and consequences for breeding and deployment. *Forest Ecology and Management* 270: 239–246
7. Drössler, L. 2010. Tree species mixtures - a common feature of southern Swedish forests. *Forestry* 83: 433–441.
8. Drössler, L. 2010. Eine Methode zur Untersuchung des Bestandesgrundflächenzuwachses in Fichten-Birken-Mischbeständen bei unterschiedlicher Förderung einzelner Birken. (Method to study basal area increment in spruce-birch stands with differently promoted birch trees.) *Forstarchiv* 81: 88.
9. Drössler, L., Attocchi, G. & Jensen, A.M. 2012a. Occurrence and management of oak in southern Swedish forests. *Forstarchiv* 83: 163–169.
10. Egbäck, S., Liziniewicz, M., Högberg, K.-A., Ekö, P.-M. & Nilsson, U., 2012. Influence of progeny and initial stand density on growth and quality traits of 21 year old half-sib Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Forest Ecology and Management* 286, 1–7.
11. Egnell G., Laudon H. & Rosvall O. Perspectives on the potential contribution of Swedish forests to renewable energy targets in Europe. *Forests* 2011; 2(2):578–589.
12. Ekö, P.-M., Johansson, U., Pettersson, N., Bergqvist, J., Elfving, B. & Frisk, J. 2008. Current growth differences of Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) in different regions in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23:307–318.
13. Elfving, B. 2010. Natural mortality in thinning and fertilization experiments with pine and spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 260, 353–360.
14. Erefur, C., Bergsten, U., Lundmark, T. & de Chantal, M. 2011. Establishment of planted Norway spruce and Scots pine seedlings: effects of light environment, fertilisation, and orientation and distance with respect to shelter trees. *New Forests* 41:263–276.
15. Fahlvik, N., Agestam, E., Ekö, P.M. & Lindén, M., 2011. Development of single-storied mixtures of Norway spruce and birch in Southern Sweden, *Scandinavian Journal of Forest Research* 26 (suppl.11):36–45
16. Felton, A., Ellington, L., Andersson, E., Drössler, L. & Blennow, K. 2009. Adapting production forests in southern Sweden to climate change. *International Journal of Climate Change* 2: 84–97
17. Gunulf, A. 2013. Establishment of *Heterobasidion annosum* s.l. infections in young Norway spruce dominated stands : implications for silviculture. Doctoral thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 21, 50 pp.
18. Gunulf, A., McCarthy, R. & Rönnberg, J. 2012. Control efficacy of stump treatment and influence of stump height on natural spore infection by *Heterobasidion* spp. of precommercial thinning stumps of Norway spruce and birch. *Silva Fennica* 46, 655–665.
19. Gunulf, A., Rönnberg, J. & Berglund, M. 2012. Comparison of colonization capacity by asexual spores of *Heterobasidion* species in Norway spruce wood. *Forest Pathology* 42, 338–244.
20. Gunulf, A., Wang, L.Y., Englund, J.-E. & Rönnberg, J. 2013. Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to adjacent trees. *Forest Ecology and Management* 287, 1–8.
21. Hansson, K., Olsson, B. A., Olsson, M., Johansson, U. & Berggren Kleja, D. 2011. Differences in soil properties in adjacent stands of Scots pine, Norway spruce and silver birch in SW Sweden. *Forest Ecology and Management* 262:522–530
22. Hedwall, P.-O. 2012. Forest floor vegetation in Sweden – impacts of intensified forestry, nutrient addition and

- changes in forest structure. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Doctoral thesis No. 2012:70. Faculty of Forest Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences.
23. Hedwall, P.-O., Nordin, A., Strengbom, J., Brunet, J. & Olsson, B. 2013. Does background nitrogen deposition affect the response of boreal vegetation to fertilisation? *Oecologia*, published online March 2013.
24. Hedwall, P.-O., Brunet, J., Nordin, A. & Bergh, J. 2013. Changes in the abundance of keystone forest-floor species in response to changes of forest structure. *Journal of Vegetation Science* 24: 296–306.
25. Hedwall, P.-O., Brunet, J., Nordin, A. & Bergh, J. 2011. Decreased variation of forest understory vegetation is an effect of fertilisation in young stands of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26: 46–55.
26. Hedwall, P.-O., Nordin, A., Brunet, J. & Bergh, J. 2010. Compositional changes of forest-floor vegetation in young stands of Norway spruce as an effect of repeated fertilisation. *Forest Ecology and Management* 259: 2418–2425.
27. Hedwall, P.-O., Grip, H., Nilsson, U., Linder, S. & Bergh, J. 2013. Effects of clear-felling and slash removal on soil water chemistry and forest-floor vegetation in a nutrient optimised Norway spruce stand. Accepted manuscript *Silva Fennica*.
28. Johansson K, Nilsson, U. & Allen, H.L. 2007. Interactions between soil scarification and Norway spruce seedling types. *New Forests* 33: 13–27.
29. Johansson, K., Nilsson, U. & Örlander, G. 2013. A comparison of long-term effects of scarification methods on the establishment of Norway spruce. *Forestry* 86: 91–98.
30. Johansson, K., Langvall, O. & Bergh, J. 2012. Optimization of environmental factors affecting initial growth of Norway spruce seedlings. *Silva Fennica* 46:27–38.
31. Jonsson Cabrajic, A., Lidén, M., Lundmark, T., Ottosson-Löfvenius, M. & Palmqvist, K. 2010. Modelling hydration and PSII activation in relation to *in situ* rain and humidity patterns- a tool to compare performance of rare and generalist epiphytic lichens. *Plant Cell and Environment*, 33:840–850.
32. Kaakinen, S., Piispanen, R., Lehto, S., Metsometsä, J., Nilsson, U., Saranpää, P., Linder, S. & Vapaavuori, E. 2009. Wood chemistry and fibre length of Norway spruce in a long-term nutrient optimisation experiment. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 410–419.
33. Langvall, O. 2011. Impact of climate change, seedling type and provenance on the risk of damage to Norway spruce seedlings in Sweden due to early summer frosts. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26: 56–63.
34. Lidén, M., Jonsson Cabrajic, A., Palmqvist, K., Ottosson-Löfvenius, M. & Lundmark, T. 2010. Species-specific activation time lags can explain habitat restrictions in hydrophilic lichens. *Plant Cell and Environment* 33:851–862.
35. Liziniewicz, M., Ekö, P.-M. & Agestam, E. 2012. Effect of spacing on 23 year old lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. var. *Latifolia*) in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27: 361–371.
36. Mellander, P.E., Bergh, J., Lundmark, T. & Bishop, K. 2008. Recovery of photosynthetic capacity in Scots pine: a model analysis of forests plots with experimentally manipulated winter/spring soil temperature regimes. *European Journal of Forest Research* 127: 71–79.
37. Nilsson, U. & Gemmel, P. 2007. Growth in supplementarily planted *Picea abies* regenerations. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22: 160–167.
38. Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P.M., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U., Karlsson, K., Lundmark, T. & Wallentin, C. 2010. Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden: effects of different thinning programmes on stand level gross- and net stem volume. *Studia Forestalia Suecica* 219: 1–46
39. Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G. & Puttonen, P. 2010. Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 283–294.
40. Nilsson, U., Fahlvik N., Johansson, U., Lundström, A. & Rosvall, O. 2011. Simulation of the effect of intensive forest management on forest production in Sweden. *Forests* 2011-2:373–393.
41. Nilsson, U., Elfving, B. & Karlsson, K. 2012. Productivity of Norway spruce compared to Scots pine in the interior of northern Sweden. *Silva Fennica* 46, 197–209.
42. Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K. & Nordenhem, H. 2011. Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forest Ecology and Management* 262:2354–2363.
43. Oliva, J., Samils, N., Johansson, U., Bendz-Hellgren, M. & Stenlid, J. 2008. Urea treatment reduced Heterobasidion annosum s.l. root rot in *Picea abies* after 15 years. *Forest Ecology and Management* 255:2876–2882.
44. Pfister, O., Walentin, C., Ekö, P.-M. & Nilsson, U. 2008. Silviculture in Norway spruce (*Picea abies*) stands with wide spacings – effects on wood quality. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22, 333–343.
45. Pfister, O., Nilsson, U. & Gemmel, P. 2008. Influence of gaps on the quality of edge trees in Norway spruce plantations. *Forest Ecology and Management* 255 2643–2649.

46. Poudel, B.C., Sathre, R., Gustavsson, L., Bergh, J., Lundström, A. & Hyvönen, R. 2011. Effects of climate change on biomass production and substitution in north-central Sweden. *Biomass and Bioenergy* 35: 4340–4355.
47. Poudel, B.C., Sathre, R., Bergh, J., Gustavsson, L., Lundström, A. & Hyvönen, R. 2011. Potential effects of intensive forestry on biomass production and total carbon balance in north-central Sweden. *Environmental Science & Policy* 958: 1–19.
48. Rönnberg, J., Petrylaite, E., Nilsson, G. & Pratt, J. 2006a. Two studies to assess the risk to *Pinus sylvestris* from *Heterobasidion* spp. in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 405–413.
49. Rönnberg, J., Sidorov, E. & Petrylaite, E. 2006b. Efficacy of different concentrations of Rotstop® and Rotstop®S and imperfect coverage of Rotstop®S against *Heterobasidion* spp. spore infections on Norway spruce stumps. *Forest Pathology* 36: 422–433.
50. Rönnberg, J., Berglund, M. & Johansson, U. 2007. Incidence of butt rot at final felling and at first thinning of the subsequent rotation of Norway spruce stands in south-western Sweden. *Silva Fennica*, 41: 639–648.
51. Rönnberg, J. & Cleary, M.R. 2012. Presence of *Heterobasidion* infections in Norway spruce stumps 6 years after treatment with *Phlebiopsis gigantea*. *Forest pathology* 42 (2): 144–149.
52. Rönnberg, J., Berglund, M., Johansson, U. & Cleary, M. 2013. Incidence of *Heterobasidion* spp. following different thinning regimes in Norway spruce in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 289:409–415.
53. Sathre, R., Gustavsson, L. & Bergh, J. 2010. Primary energy and greenhouse gas implications of increasing biomass production through forest fertilization. *Biomass and Bioenergy* 34(4):572–581.
54. Skovsgaard, J.P., Nilsson, U. & Johansson, U. (eds.) 2011. Ecology and silviculture of spruce. Special issue of *Scandinavian Journal of Forest Research* 26 (Suppl 11):1–2.
55. Strand, M., Ottosson-Löfvenius, M., Bergsten, U., Lundmark, T. & Rosvall, O. 2006. Height growth of planted conifer seedlings in relation to solar radiation and position in Scots pine shelterwood. *Forest Ecology and Management* 224: 258–265.
56. Ulvcrona, K.A., Claesson, S., Sahlén, K. and Lundmark T. 2007. The effects of timing of pre-commercial thinning and stand density on stem form and branch characteristics of *Pinus sylvestris*. *Forestry*, 80: 323–335
57. Ulvcrona, K.A., Kiljunen, N., Nilsson, U. and Ulvcrona T. 2011. Tree mortality in *Pinus sylvestris* stands in Sweden after pre-commercial thinning at different densities and thinning heights. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26: 319–328.
58. Ulvcrona, K.A., Claesson, S., Sahlén, K. and Lundmark T. 2007. The effects of timing of pre-commercial thinning and stand density on stem form and branch characteristics of *Pinus sylvestris*. *Forestry*, Vol 80:, 323–335
59. Wallentin, C. & Nilsson, U. 2011. Initial effect of thinning on stand gross stem-volume production in a 33-year-old Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand in southern Sweden. *Scand. J. For Res.* 26: 21–35.
60. Wallertx, K. & Malmqvist, C. 2013. The effect of soil preparation methods on establishment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in southern Sweden. *Forestry* 86, 71–78
61. Wang, L. 2012. Impact of *Heterobasidion* spp. root rot in conifer trees and assessment of stump treatment : with emphasis on *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Larix × eurolepis*. Doctoral thesis. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*, 97, 66 pp.
62. Wang, L., Pålsson, H., Ek, E. & Rönnberg, J. 2012. The effect of *Phlebiopsis gigantea* and urea stump treatment against *Heterobasidion* spore infections on *Larix × eurolepis* in southern Sweden. *Forest Pathology* 42: 420–428.
63. Witzell, J., Berglund, M., & Rönnberg, J. 2011. Does temperature regime govern the establishment of *Heterobasidion annosum* in Scandinavia? *International Journal of Biometeorology* 55:275–284.

1. Agestam, E., Karlsson, C., Nilsson, U. & Elfving, B. 2013. Thinning of lodgepole pine in pure stands in Sweden effects of thinning on volume yield, diameter and mortality.
2. Ahlström, M., Johansson, U., Andersson, M., Nilsson, U. & Langvall, O. The importance of windthrow for production and economy in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) clear-felling forestry in SW Sweden
3. Ahlström, M., Andersson, M., Johansson, U. & Nilsson, U. Influence of butt rot on windthrow occurrence in Norway spruce stands in southern Sweden. (submitted to Forestry).
4. Bergh, J., Nilsson, U., Allen, H.L., Johansson, U. & Fahlvik, N. Long-term responses of Scots Pine and Norway Spruce stands to repeated fertilization and thinning (submitted to Forest Ecology and management)
5. Brunet, J., Bukina, Y., Hedwall, P.-O., Holmström, E. & von Oheimb, G. Pathogen induced loss of foundation tree species in temperate forests – the development of a mixed broadleaved forest reserve during 100 years.
6. Böhlenius H. & Övergaard R. Effects of direct application of fertilizers and hydrogel on establishment of poplar cuttings.
7. Böhlenius H. & Övergaard R. Physiological growth response of a hybrid poplar clone to different vegetation control techniques.
8. Drössler, L., Nilsson, U. & Lundqvist, L. 2013: Simulated transformation of even-aged Norway spruce stands to multi-layered forest – A scientific experiment to explore the potential of tree size differentiation (submitted to Forestry).
9. Drössler, L., Fahlvik, N. & Elfving, B. 2013: Application and limitation of growth models in heterogeneously structured forest in Sweden for silvicultural purposes.
10. Egbäck, S., Nilsson, U., Nyström, K. & Högborg, K.-A., 2013. Modeling height growth for young Norway spruce and Scots pine using genetic multipliers (submitted to Canadian Journal of Forest Research).
11. Fahlvik, N., Elfving, B. & Wikström, P. Evaluation of growth functions used in the Heureka Forest Planning System (submitted to Silva Fennica).
12. Fahlvik, N., Ekö, P.M. & Pettersson, N. Effects of different precommercial thinning strategies on a heterogeneous stand of Scots pine, Norway spruce and birch (submitted to Forest Ecology and Management)
13. Gunulf, A., Witzell, J., Welander, T., Rönnberg, J. Different methods for field sampling in research related to *Heterobasidion* infections on trees.
14. Gunulf, A., Berglund, M., Carlsson, T., Rönnberg, J. Late precommercial thinning of Norway spruce in southern Sweden and the risk of *Heterobasidion* spp. root rot.
15. Hedwall, P.-O. & Bergh, J. Fertilization in boreal and temperate forest and the potential for biomass production. Book chapter in revision.
16. Hedwall, P.-O., Linder, S. & Skoglund, J. Long-term effects of soil warming on forest floor vegetation – interactions with forest succession.
17. Hedwall, P.-O., Strengbom, J. & Nordin, A. Can thinning alleviate negative effects of fertilization on boreal forest floor vegetation?
18. Hopkins, A.J.M., Eriksson, L., Kenis, M., Keskitalo E.C.H., Lindelöw, Å., Rönnberg, J., Schroeder, M. and Klapwijk, M.J. Reducing the risk of invasive forest pests and pathogens: Combining legislation, targeted management and public awareness (submitted to Biological Invasions)
19. Johansson, U. & Ekö, P.M. Variation in breast height stem wood density for *Betula pendula* and *Betula pubescens* growing in pure and mixed stands in Sweden.
20. Johansson, U., Ekö, P.M. & Eriksson, H. Models for growth and yield of pure and mixed stands of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden.
21. Johansson, U., Ekö, P.M., Elfving, B., Johansson, T. & Nilsson, U. 2013. Nya höjdotvecklingskurvor för bonitering (manus till Fakta Skog)
22. Pettersson, F. & Jacobson, S. 2013. Nitrogen fertilization of *Pinus contorta* – effects on growth and susceptibility to wind and snow damage (submitted to Scandinavian Journal of Forestry Research)
23. Ulvcrona, K.A., Bergsten, U., Nilsson, U. & Lundmark, T. Biomass production in young dense Scots pine stands allowing biofuel harvest and crop tree retention.
24. Ulvcrona, K.A., Ulvcrona, T., Nilsson, U. & Lundmark, T. Stand density and fertilization effects on aboveground allocation patterns and stem form of Scots pine in northern Sweden.
25. Wallertz, K. & Malmqvist, C. Plantations of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Sweden. A review article.
26. Wang, L.Y., Gunulf, A., Pukkala, T., Rönnberg, J. Simulated *Heterobasidion* disease development in Norway spruce (*Picea abies*) stands following precommercial thinning and the economic assessment of control measures
27. Wang, L.Y., Zhang, J., Drobyshv, I., Cleary, M., Rönnberg, J. Severity and distribution of root infection by *Heterobasidion* spp. and its impact on growth of Scots pine trees in southern Sweden.
28. Övergaard R., Rytter L. & Nilsson. U. FF-rapport Etablering av hybridasp och poppel på stormfäld skogsmark: En studie i fält och intervju av markägare

Övriga publikationer/Other publications

1. Agestam, E., 2009. Gallring, Skogsstyrelsen skogsskötselserien 1-83.
2. Bergh, J., Johansson, U., Nilsson, U. & Sallnäs, O. 2012. Är anpassning av skogsskötseln nödvändigt i dagsläget för att minska skogsskador i ett förändrat klimat? Del 1 – analyser på beståndsnivå. In: Bergh, J. (ed). Är anpassning av skogsskötseln nödvändigt i dagsläget för att minska skogsskador i ett förändrat klimat? SLU, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, Arbetsrapport nr 43, 76 pp. (In Swedish with English summary)
3. Bergh, J., Johansson, U., Jönsson, A.M., Lagergren, F., Lundström, A., Nilsson, U. & Sallnäs, O. 2012. Är anpassning av skogsskötseln nödvändigt i dagsläget för att minska skogsskador i ett förändrat klimat? Del 2 – analyser på regional nivå. In: Bergh, J. (ed). Är anpassning av skogsskötseln nödvändigt i dagsläget för att minska skogsskador i ett förändrat klimat? SLU, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, Arbetsrapport nr 43, 76 pp.
4. Bergkvist, I., Lundmark, T., Rytter, L. & Thor, M. 2006. Uttag av biobränslen i ungskog. SkogForsk, Arbetsrapporter nr 11 2006.
5. Berglund, M. & Rönnberg, J. 2009. Skador på Skog. In: Witzell, J. Skogsskötselserien nr 12, Skogsstyrelsen, December 17, 2009. Ch. Rotticka, pp 21-35.
6. Bergström, D., Ulvcröna, T., Nordfjell, T., Egnell, G. & Lundmark, T. 2010. Skörd av skogsbränsle i förstagallringar. Technical Report. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning; 281.
7. Brand, Mark, 2013. Effects of tree planting rectangularity on wood quality and growth of lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Sweden. SLU, Southern Swedish Forest Research Centre, MSc thesis (in press).
8. Börjesson, P., Lundmark, T. & Linder, S. 2007 Biomass in Sweden – a vast but still insufficient resource. In: Bioenergy – for what and how much? Johansson, B. (ed.). Formas Fokuserar 11:63-78.
9. Drössler, L. 2011. Vorstellung einer Initiative zur Auswertung von Mischwaldexperimenten in Europa (An initiative to analyze European mixed forest experiments). P. 81. In Nagel, J. (ed) Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 6.- 8. Juni 2011, Cottbus.
10. Drössler, L., Kostov, G., Lähtinen, K., Qu M., Ridremont, F., Vanhanen M. & Verkaik E. 2009. Role of forest extension in fighting climate change. In Karjalainen, T., Lindner, M., Niskanen, A. and Lier, M. (eds.) Joensuu Forestry Networking Week 2009 – Fighting Climate Change: Adapting Forest Policy and Forest Management in Europe. Working papers of the Finnish Forest Research Institute 135.
11. Drössler, L., Fahlvik, N. & Ekö, P.-M. 2012b. Stand structure and future development of a managed multi-layered forest in southern Sweden: Eriksköp – A case study. SLU, Southern Swedish Forest Research Centre, Report 46, 1-104.
12. Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. 2007. Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov (Environmental aspects on stump-harvest – compilation of knowledge and knowledge gaps). Energimyndigheten Rapport ER 2007:40, 154 sidor.
13. Ek, E. 2011. Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* treatment on spore infections of *Heterobasidion* spp. on *Larix × eurolepis*. Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp, Sweden. Final thesis no. 170, 30 p.
14. Eriksson, H. & Johansson, U. 2006. The thinning reaction of the initially largest trees in a long-term thinning experiment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in south-western Sweden. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. of Bioenergy, report 16, 28 pp. (In Swedish with English summary)
15. Fahlvik N., Johansson U. & Nilsson U. 2009. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till utredning om Möjligheter till intensivodling av skog. SLU, Rapport, sid 1-401 (In Swedish)
16. Gunnarsson, M. 2010. Effektivare röjningssätt med kedjeröjsågen. Examensarbete skogsmästarprogrammet 17.
17. Gunulf, A., McCarthy, R. & Rönnberg, J. 20xx. Pre-commercial thinning stumps of Norway spruce; the influence of stump height on spore infection by *Heterobasidion* spp. and the efficacy of stump treatment with *Phlebiopsis gigantea*. Proceedings of the 13th International Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees (IUFRO Working Party 7.02.01). Italy, 4th-10th September 2011. In press
18. Hedwall, P.-O. 2008. Changes in composition of bottom and field layer vegetation as an effect of fertilisation in coniferous forest: a literature review. Rapport 40, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet.
19. Hedwall, P.-O. 2009. Intensive management with fertilisation of *Picea abies* – changes in the composition and diversity of ground vegetation in young stands. Spruce in the context of global change: Ecology, silviculture, forest products, management risks and conservation practices, 31 Aug – 3 Sep 2009, Halmstad, Sweden.
20. Johansson, U. 2006. Individual report Sweden (S 5). In: Herbstritt, S., Kohnle, U., Abetz, P. & Kenk, G. (eds.). The European Stem Number Experiment in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). 3. Report. Freiburger Forstliche Forschung, Berichte, Heft 66:10-12

Övriga publikationer forts./Other publications cont.

21. Johansson, U., Karlsson, B., Larsson-Stern, M., Krook, M. & Wang, L. 2012. Inventering av hybridlärkplanteringar i Götaland och Bergslagen. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, Arbetsrapport nr 45, 29 pp. (In Swedish)
22. Karlsson, I. 2011. Brunnsröjning med kedjeröjsåg – effekter på kvarvarande bestånd. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Examensarbeten 11: 1-3
23. Karlsson C., Elfving B. 2011. Bangserien: en beskrivning av SLU:s äldsta proveniensserie med contortatall Rapport (Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning) vol. 2(21 sidor)
24. Karlman L. & Karlsson C. 2013. Simakserien: en beskrivning av SLU:s proveniensserie med europeisk lärk (*Larix decidua*) Rapport (Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning) vol. X(publiceras under våren 2013)(38 sidor)
25. Larsson, S., Lundmark, T. & Ståhl, G. 2009. Möjligheter till intensivodling av skog (MINT). Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008: 1885.
26. Linder, S., Lundmark, T. & Bergh, J. 2007. Fertilization for more raw material from the forest. In: Bioenergy – for what and how much? Johansson, B. (ed.). Formas Fokuserar 11:199-210.
27. Lundmark, T., Linder, S. & Grip, H. 2006. Skogsbruksteknisk och miljömässig studie av alternative avverkningsformer i näringsoptimerad ung granskog. SLU; Vindelns Försöksparker, Skog & Trä., 2006:1.
28. Lundmark, T., Ulvkrona, K. & Fahlvik, N. 2006. Produktionsekonomi och enregivedsuttag i stamrika ungsogsbestånd. SLU; Vindelns Försöksparker, Skog & Trä 2006:2.
29. Lundmark, T. & Linder, S. 2008. Climate change and forest management in Sweden. Proceedings from SNS workshop Network of Climate Change Risks on Forests, August 29, 2008, Umeå, Sweden.
30. Lundmark, T. 2011. The role of the Swedish forest in climate change mitigation. Proceedings of the IBFRA-conference August 15-21, 2011, Krasnoyarsk, Russia.
31. Nilsson, U., Johansson, U. & Skovsgaard, J. P. (eds.) 2009. SPRUCE 2009. Abstract Volume. International conference on spruce in the context of global change: ecology, silviculture, forest products, management risks and conservation practices, Halmstad, Sweden, 31 August - 3 September 2009. International Union of Forest Research Organizations and Swedish University of Agricultural Sciences, 56 pp.
32. Nordin, A., Lundmark, T., Grip, H., Nilsson, M. B. & Ericson, L. 2009. Miljöanalys av behovsanpassad gödsling. Kunskapsunderlag till Skogsstyrelsen. På uppdrag från näringslivsintressenter från skogsbruket samt Energimyndigheten.
33. Nordlund, C., Mårald, E., Rosvall, O. 2012. Forests, Technoscience and the Future: Some Thoughts about Visions and Challenges. In: Ed. M. Nyström. Glimpsing Paths Beeing and acting in times of (un)certainty. An anthology by CEMUS. CEMUS/CDU Uppsala 85-96.
34. Pålsson, H. 2009. Stubbehandling med pergamentsvamp och urea mot sporinfektioner av rotticka i bestånd av hybridlärk. Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp, Sweden. Final thesis no. 141, 31 p
35. Rosvall, O. & Lundström, A. 2010. Förädlingseffekter i Sveriges skogar – kompletterande scenarier till SKA-VB 08. Skogforsk, Arbetsrapport nr 702. 34 s.
36. Rosvall, O. & Lundström, A. 2011. Förädlingseffekter i Sveriges skogar – Kompletterande scenarier till SKA-VB 08. Redogörelse Skogforsk nr 1, 30 s.
37. Rönnberg, J. & Svensson, S. 20xx. Susceptibility of lodgepole pine to *Heterobasidion annosum* and *H. parviporum* in central Sweden. Proceedings of the 13th International Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees (IUFRO Working Party 7.02.01). Italy, 4th-10th September 2011. In press.
38. Rönnberg, J., Berglund, M. & Norman, J. 2011. Rottröta – om rottröta i allmänhet och rotticka på gran i synnerhet. Red. Sturesson, C., Författarna och Studentlitteratur 2011, Lund, Sweden. Upplaga 1:1, 272 sidor.
39. Skovsgaard, J.P. & Johansson, U. 2010. Testing survival and early growth of 38 poplar clones in Sweden depending on site type and site preparation. Experiment no. T249, Tönnersjöheden and Växtorp. Southern Swedish Research Centre, Field Experiments in Silviculture, Establishment Report 1:1-12
40. Sturesson, C. 2011. Nondestructive testing (NDT) of Norway spruce with respect to infection by root and butt rot using ultrasound and acoustic methods. Examensarbete, Linnaeus University, School of Engineering. Växjö 12/10-2011. 25 pp.
41. Svensson, S. 2011. *Pinus contorta* susceptibility to *Heterobasidion* spp. A study of stumps, roots and artificial spore infections of stumps. Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp, Sweden. Final thesis no. 171, 34 p.
42. Wallertz, K. & Malmqvist, C. Odlingstester och proveniensförsök med douglasgran i södra Sverige. Dokumentation av etablering och tidig utveckling för planteringar 2009 och 2010
43. Wallertz, K., Frisk, J., Johansson, U. & Örlander, G. 2013. Arbetsrapport nr 6. Enheten för skoglig fältforskning.

Övriga publikationer forts./Other publications cont.

44. Wang, L., Rönnerberg, J. & Ek, E. 20xx. Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* spp. on hybrid larch stumps in situ. Proceedings of the 13th International Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees (IUFRO Working Party 7.02.01). Italy, 4th-10th September 2011. In press.

45. Wikberg, P-E och Lundmark T. 2009. Naturkultur Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren. Skogsstyrelsen, Rapport 2008:23.

46. Zhang, J. 2012. A study of root distribution and the effect of *Heterobasidion* spp. root infection on the growth of live Scots pines (*Pinus sylvestris*) in Southern Sweden. Final thesis no. 198, 44 p. (Master's thesis in English with Swedish summary.)

Medarbetare i Future Forests Skogens skötsel

Ett stort antal forskare och praktiker har varit engagerade i delprojektets aktiviteter genom åren. Här listas de personer som har haft en betydande del av sin tjänst knuten till programmet under perioden.

Forskningsledare

Professor Urban Nilsson, Inst. för sydsvensk skogsforskning, SLU, urban.nilsson@skogforsk.se
Ola Rosvall, Skogforsk, ola.rosvall@gmail.com

Forskare och doktorander

Eric Agestam, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, eric.agestam@slu.se
Martin Ahlström, Asa försökspark, SLU, martin.ahlstrom@slu.se
Bengt Andersson, Inst. för skoglig genetik och växtfysiologi, SLU, bengt.a.andersson@slu.se
Magnus Andersson, SCA, magnus.andersson.skog@sca.com
Mikael Andersson, Asa försökspark, SLU, mikael.andersson@slu.se
Johan Bergh, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, johan.bergh@slu.se
Mattias Berglund, Skogssällskapet, mattias.berglund@skogssallskapet.se
Lars Drössler, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, lars.drossler@slu.se
Samuel Egbäck, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, samuel.egback@slu.se
Per-Magnus Ekö, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, per.magnus.eko@slu.se
Björn Elfving, Inst. för skogens ekologi och skötsel, SLU, bjorn.elfving@slu.se
Nils Fahlvik, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, nils.fahlvik@slu.se
Anna Gunulf, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, anna.gunulf@slu.se
Emma Holmström, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, emma.holmstrom@slu.se
Staffan Jacobson, Skogforsk, staffan.jacobson@skogforsk.se
Ulf Johansson, Tönnersjöhedens försökspark, SLU, ulf.johansson@slu.se
Anders Karlsson, Inst. för skogens ekologi och skötsel, SLU, anders.karlsson@slu.se
Matts Karlsson, Södra, matts.karlsson@sodra.com
Kjell Karlsson, Enheten för skoglig fältforskning kjell.karlsson@slu.se
Bo Karlsson, Skogforsk, bo.karlsson@skogforsk.se
Christer Karlsson, Siljansfors försökspark, SLU, christer.karlsson@slu.se
Ola Langvall, Enheten för skoglig fältforskning, ola.langvall@slu.se
Sune Linder, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, sune.linder@slu.se
Mateusz Liziniewicz, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, mateusz.liziniewicz@slu.se
Tomas Lundmark, Inst. för skogens ekologi och skötsel, SLU, tomas.lundmark@slu.se
Magnus Mossberg, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, magnus.mossberg@slu.se
Erika Olofsson, Linnéuniversitetet, erika.olofsson@lnu.se
Jonas Rönnberg, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, jonas.ronnberg@slu.se
Olle Sjölin, Skogforsk, olle.sjolin@skogforsk.se
Johan Sonesson, Skogforsk, johan.sonesson@skogforsk.se
Kristina Ulvcrona, Skogliga biomaterial och teknologi, kristina.ulvcrona@slu.se
Thomas Ulvcrona, SCA, thomas.ulvcrona@sca.com
Kristina Wallertz, Asa försökspark, SLU, kristina.wallertz@slu.se
Li Ying Wang, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, liying.wang@slu.se

