

Lönsamma
åtgärder för
ökad tillväxt på
Sveaskogs marker


SVEASKOG


SKOGFORSK



FÖRORD



Marie Larsson-Stern

Den svenska skogen betraktas både nationellt och internationellt som en viktig förnybar resurs, och efterfrågan på skogens produkter förväntas att öka, även på sikt. En ökad skogstillväxt leder till ökad koldioxidbindning men framför allt ökade möjligheter att ersätta fossilberoende material och energi. En skogs-skötselstrategi som syftar till att öka skogens tillväxt bidrar därför till en hållbar samhällsutveckling.

Sveaskog avsätter 20 % av sin produktiva skogsmarksareal för naturvård. Dessa arealer ska förvaltas på bästa sätt för att bibehålla och öka naturvärdena. På motsvarande sätt ska de övriga 80 % förvaltas med en effektiv skogsskötsel som leder till produktion av värdefull skogsråvara. Sveaskog har en uttalad ambition att på ett lönsamt sätt öka tillväxten i de egna skogarna, vilket också innebär att avverkningsmöjligheterna ökar på sikt. Sveaskog ser därför för närvarande över riktlinjerna för skogens skötsel.

Som ett led i översynen gav Sveaskog hösten 2010 Skogforsk i uppdrag att utreda den framtida produktionspotentialen för olika tillväxthöjande åtgärder. Åtgärdernas lönsamhet skulle beräknas och valet av olika åtgärder för ökad tillväxt optimeras. Uppdraget innebar även en analys av tillväxtnedsättande skador och möjliga motåtgärder. Resultaten från uppdraget kommer Sveaskog att använda för att göra åtgärdsprioriteringar inom vart och ett av Sveaskogs fem marknadsområden.

Uppdraget genomfördes i nära samarbete mellan Skogforsk och Sveaskog. Johan Sonesson, Skogforsk var projektledare. Från Skogforsk medverkade också Curt Almqvist, Roger Bergström, Staffan Jacobson, Folke Pettersson, Ola Rosvall, Ulf Sikström, Magnus Thor och Ulfstand Wennström. Rune Simonsen, doktorand vid Institutionen för skogsekonomi på Sveriges lantbruksuniversitet, genomförde de ekonomiska optimeringarna. Från Sveaskog medverkade Bror Andersson, Fredrik Gunnarsson, Roger Hällestrand, Marie Larsson-Stern och Stefan Mattsson och från Svenska skogsplantor Finnvid Prescher.

Utredningen ska ge en bred översikt och är därför av nödvändighet översiktlig. Merparten av utredningen bygger på vetenskapliga underlag, men i vissa fall har rimliga bedömningar fått ligga till grund för de resultat som är presenterade.

De olika arbetsgruppernas utredningsrapporter redovisas i sin helhet på annan plats. Föreliggande sammanfattande rapport utarbetades av Johan Sonesson och Ola Rosvall.

Sveaskog riktar härmed ett tack till alla som medverkat i utredningen.

Växjö 2011-07-05

Marie Larsson-Stern, Skogsvårdschef



LÖNSAMMA ÅTGÄRDER
FÖR ÖKAD TILLVÄXT
PÅ SVEASKOGS MARKER

Rapporten har utarbetats av
JOHAN SONESSON
OLA ROSVALL
Skogforsk

Redaktör

MATS HANNERZ
Silvinformation AB

Layout

INGER PETRĚ
Skogforsk

Tryck

GÄVLE OFFSET
Gävle

Foto, omslag: Leif Öster

© Skogforsk, Stiftelsen skogsbrukets
forskningsinstitut 2011


SVEASKOG

Torsgatan 4, 105 22 Stockholm
Tel. 08-655 90 00
E-post. info@sveaskog.se
sveaskog.se


SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel. 018-18 85 00
E-post. info@skogforsk.se
skogforsk.se

3 Förord
5 Innehåll
6 Sammanfattning

8 Inledning

- 9 Utredningsuppdrag till Skogforsk
 10 Sveaskogs nuvarande skogstillstånd och skogsskötsel

12 Utredningsmetodik

- 13 Tillväxtmodell och kalkylverktyg för ny skog
 14 Tillväxtmodell för befintlig skog
 14 Skötselprogram för bestånd på Sveaskogs typståndorter
 14 Sveaskog beskrivet med ett antal typståndorter
 16 Målbild för Sveaskogs framtidsskogar som underlag för skötselprogrammen
 16 Beståndstäthet vid gallring, röjning och beståndsanläggning

INNEHÅLL

18 Produktionspotential

- 18 Nuvarande tillväxt och idealbonitet
 18 Tillväxthöjande åtgärder
 18 Föryngringsmetoder
 19 Intensifierad föryngring och ungskogsskötsel
 22 Alternativa trädslag
 25 Förädlad skogsodlingsmaterial
 27 Gödsling
 28 Dikesrensning
 29 Ökade uttag
 29 En alternativ skötselmodell med hög initial täthet för ökad tillväxt och uttag av energived
 30 Uttag av grot vid slutavverkning
 32 Tillväxtförluster
 32 Skogsbränsleuttag
 32 Rotröta
 34 Älgskador
 35 Övriga faktorer som påverkar möjligheterna till ökat uttag och ökad tillväxt
 35 Uttag av stubbar
 35 Behovsanpassad gödsling i granskog
 36 Nydikning av våta marker
 36 Klimatförändring
 36 Kvävenedfall
 37 Sammanställning av produktionspotentialer
 37 Tillväxthöjande åtgärder
 38 Tillväxtförluster och motåtgärder

41 Ekonomisk prioritering av åtgärder

- 41 Metod
 42 Resultat av optimeringen
 42 Särplockning av fröplantager
 42 Optimala åtgärdsmixar för maximalt nuvärde
 45 Potentialer i olika marknadsområden
 46 Jämförelse med genomförda investeringar

50 Överväganden innan tillämpning

55 Litteratur

SAMMANFATTNING

För att få stöd i utvecklingen av sin skogsskötselstrategi gav Sveaskog i uppdrag till Skogforsk att 1/ analysera framtida produktionspotential för ett antal tillväxthöjande åtgärder på Sveaskogs skogsbruksmark, 2/ beräkna åtgärdernas lönsamhet, samt 3/ optimera valet av lönsamma åtgärder för ökad tillväxt. Resultaten skulle utgöra underlag för åtgärdsprioriteringar på respektive marknadsområde.

Många tillväxthöjande åtgärder studerades, bl.a. olika typer av förädlat skogsodlingsmaterial, alternativa trädslag och skogsgödsling. Åtgärdernas lönsamhet och deras inbördes prioritering beräknades baserat på en ekonomisk optimering vid olika investeringsnivåer. I utredningen analyserades också förutsättningar för ett ökat uttag av biobränsle och effekter av tillväxtnedsättande faktorer som rotröta, älgskador och biobränsleuttag.

Sveaskog har 2 350 000 hektar skogsmark, undantaget fjällnära skog, som brukas för virkesproduktion. Den långsiktiga medeltillväxten om skogen förnygras med nuvarande metoder och oförädlat material beräknades till ca 10,2 miljoner kubikmeter på denna yta. Det är denna basnivå som de tillväxthöjande åtgärderna jämförs med. Under kommande tioårsperiod kommer årligen ca 21 000 ha att förnygras. Investeringen i förnygring och gödsling, inklusive diskonterade följdåtgärder i framtiden som hjälpplantering och röjning, uppgick år 2010 till 232 miljoner kr. Nettonuvärdet (diskonterade intäkter minus diskonterade kostnader) av denna investering var 240 miljoner kr.

Utredningen visade att både lönsamhet och tillväxt kunde höjas avsevärt vid samma investeringsnivå genom att omfördela insatsen mellan de olika åtgärderna. Den åtgärdsmix som optimeringen resulterade i gav ett nettonuvärde som var 75 miljoner kronor högre, och en långsiktig tillväxt som var 9 % högre än för de faktiska åtgärder som tillämpades 2010 (men på motsvarande framtida areal). Med en ökad investering med 24 miljoner kr till totalt 256 miljoner kr blev den långsiktiga tillväxtpotentialen ytterligare 3 %-enheter högre och nettonuvärdet steg till 320 miljoner kr.

De förändringar som skulle krävas jämfört med dagens åtgärder var att öka andelen plantering på bekostnad av skogs sådd och naturlig förnygring, att all plantering görs med plantor från särplockat plantagefrö, att maximalt tillåtna arealer av contortatall, gransticklingar och hybridlärk utnyttjas och att en del av granplanteringen i norra Sverige ersätts med sibirisk lärk. Dessa åtgärder kan finansieras genom omfördelning från åtgärden gödsling 30 år före slutavverkning, vilken då minskar jämfört med 2010 års nivå.

En viktig anledning till att tillväxtpotentialen i de optimerade förslagen inte ökade med mer än 9-12 % är att Sveaskog redan utnyttjar några av de mest effektiva metoderna för att höja tillväxten, som förädlade plantor och gödsling, samt att det råder starka arealbegränsningar för flera av de föreslagna åtgärderna. Satsningar på tillväxthöjande åtgärder har höjt medeltillväxten på åtgärdade arealer med 5 % från 2005 till 2010. Under samma period ökade nuvärdet av en årsyta med ca 40 miljoner kr.

Förädlade plantor hade störst effekt på tillväxt och lönsamhet. Den långsiktigt möjliga tillväxtökningen med förädlat material var 12,4 %, och med särplockat material i alla planteringar 14,6 %, eller 1 152 000 m³sk per år på hela Sveaskogs virkesproduktionsmark. Nuvärdet för motsvarande åtgärder var 68 respektive 80 miljoner kr per år. Sveaskog använder redan idag förädlat material, men potentialerna med särplockat material och med bulkförökade gransticklingar är ännu outnyttjade. Gransticklingar på 5 % av förnygringsarealen i Götaland och Bergslagen skulle ge en tillväxtökning på 109 000 m³sk per år, och ett nuvärde på 5,3 miljoner kr. Utan den areella restriktionen för gransticklingar skulle tillväxtökningen bli 765 000 m³sk per år, och nuvärdesökningen 56 miljoner kr.

Nya trädslag visade en stor potential för att öka framför allt lönsamheten. Utredningen räknade med en långsamt ökad användning av contortatall från dagens 90 000 ha till 125 000 ha. Det skulle ge en ökad tillväxt på

208 000 m³sk, eller 2 % på hela Sveaskog, med ett nuvärde på 16,1 miljoner kr per år. Genom att plantera hybridlärk på 5 % av marken i södra Sverige skulle tillväxten höjas med 50 000 m³sk till ett nuvärde av 6,8 miljoner kr per år. Sibirisk lärk på 5 % av marken i stället för gran i norra Sverige skulle ge ett marginellt produktionstillskott (2 000 m³sk per år), men den kortare omloppstiden och det högre virkesvärdet gav sibirisk lärk en hög lönsamhet (nuvärde 6,7 miljoner kr per år). Hybridasp gav ett betydande produktionstillskott (90 000 m³sk per år), men till en hög kostnad och ett mer marginellt nuvärde (2,2 miljoner kr per år).

Traditionell fastmarksgödsling med kväve i äldre skog är en snabbverkande, lönsam och säker tillväxthöjande åtgärd. Utredningen räknade med gödsling av 19 000 hektar per år, vilket skulle ge en långsiktig tillväxtökning på 332 000 m³sk per år. Nuvärdet av gödsling var 43,5 miljoner kr per år, men då åtgärden är investeringsintensiv (54 miljoner kr per år) prioriterades den efter de billigare förnygringsåtgärderna. **Gödsling av skog på torvmark** är också en effektiv tillväxthöjande metod men omfattningen kan aldrig bli särskilt stor. Utredningen utgick från en årsyta på 200 ha med en långsiktig tillväxtökning på 7 200 m³sk per år.

Rensning av diken görs som normal åtgärd vid förnygring för att upprätthålla tillväxten på många dikade marker. Det är också en lönsam åtgärd i samband med förstagallring på vissa marker. Arealerna är begränsade, varför den totala effekten på hela Sveaskog blev måttlig (30 200 m³sk per år).

Ytterligare tillväxtmöjligheter har analyserats men av olika skäl inte övervägts för tillämpning. **Upprepad gödsling** med start i granungskog kan ge en stor tillväxtökning (460 000 m³sk per år) men till en hög kostnad, och är ännu inte en beprövad metod. En annan stor potential har **nydikning för odling av skog på myrmark** (630 000 m³sk per år), men av miljöskäl har åtgärden inte bedömts aktuell.

I utredningen analyserades möjligheter till ökade uttag av bioenergi. **Grenar och toppar** i slutavverkning kan ge ett betydande tillskott, som ännu inte är fullt utnyttjat. Den beräknade tillväxtförlusten på grund av uttaget är stor (125 000 m³sk per år), men dess kostnader kompenseras av nettot från grotförsäljningen. **Stubbskörd** har potential att ge ett ännu större energiuttag, men åtgärden bedrivs i dagsläget endast i begränsad omfattning.

Energivedsgallring i täta ungskogar skulle kunna ge ett ökat uttag på 40 000 m³sk per år. Metoden skulle då utgå från tätt uppkomna sådder och naturliga förnygringar av tall som röjs för detta ändamål. Gallringen görs tidigt med energived som huvudsortiment. Avverkningen blir dyrare men åtgärden kan bli lönsam om energiveden har tillräckligt högt pris. Metoden ökar risken för skador i beståndet och

minskar flexibiliteten i den fortsatta skötseln minskar. Ny kunskap och ny teknik skulle på sikt kunna förbättra förutsättningarna för metoden.

Rotröta är ett växande problem. Analysen visade att det är lönsamt att vidta motåtgärder genom stubbehandling både vid gallring och slutavverkning i granskog på ståndortsindex G26 och högre. Det ger inte bara mer värdefullt virke (140 000 m³sk per år) i nuvarande skog utan minskar också svampens spridning på lång sikt.

Älgskadornas tillväxtnedsättande effekter kunde för första gången beräknas för ett större område. Sveaskog har en mycket hög andel tallskog och älgskadorna ger därför stora samlade effekter. Den totala tillväxtförlusten med dagens skadenivåer uppgick till 851 000 m³sk per år. Om skadorna skulle minska till skadeklass 11-30 % i tallungskogarna skulle tillväxtförlusten stanna på 598 000 m³sk per år. När älgskadorna värderas måste också älgens värde för naturupplevelser och jakt beaktas.

Potentialerna för att öka nuvärde och tillväxt skiljde sig mellan de olika marknadsområdena. De högsta nuvärdena skapades i Bergslagen, följt av Götaland, medan de tre nordliga marknadsområdena genererade lägre nuvärden. Möjligheten att höja nuvärdet och tillväxten var dock relativt sett högre i norr, där de mest verkningsfulla åtgärderna gödsling och contortatall kunde utnyttjas i större omfattning. En successivt ökad investeringsnivå kom därför att i stor utsträckning gå till gödsling i norr, eftersom gödsling är en åtgärd som ger höga nuvärden, men till en hög kostnad.

Analyserna av olika åtgärder baserades på tillväxtmodellering och ekonomiska kalkyler. En slutlig prioritering av åtgärder måste också väga in andra aspekter som påverkan på biodiversitet, rekreation, jakt, rennäring, social acceptans samt biologiska såväl som ekonomiska risker. Avslutningsvis gjordes därför en genomgång av ytterligare överväganden och praktiska arrangemang som Sveaskog behöver vidta innan de tillväxthöjande åtgärderna kan tas i bruk i större skala. För flera metoder behöver planeringsverktygen utvecklas. De mest kontroversiella metoderna är främmande trädslag och skogsgödsling, men även andra metoder påverkar natur, miljö och andra värden. Med den omfattning av åtgärderna som analyserats bedömdes dock påverkan som måttlig. Utredningens prioriterade åtgärder motsvarar också de åtgärder som kan krävas för att möta ett förändrat klimat, t.ex. byte av trädslag, klimatanpassade plantor genom växtförädling, skötselprogram med färre gallringar och förkortad omloppstid.

Om tillväxthöjande åtgärder vidtas i större omfattning bör Sveaskog se över sina långsiktiga avverkningsberäkningar. Åtgärder som ökar markvärdet kan möjliggöra en ökad avverkning i närtid.

INLEDNING

Ett av Sveaskogs långsiktiga mål är att öka tillväxten och lönsamheten på det egna markinnehavet. Den utredning som Skogforsk nu genomfört är ett stöd i översynen av företagets skogsskötselstrategier.



Figur 1. Byggstenar som är förutsättningar för ökad tillväxt på Sveaskogs skogsinnehav.

Sveaskog har delat in den produktiva skogsmarken i brukad areal och naturvårdsareal. Naturvårdsmarken utgör 20 % av den produktiva skogsmarken nedanför den fjällnära skogen. Till naturvårdsmarken räknas naturreservat, naturvårdsskogar och den mark där naturhänsyn tas vid avverkning samt ekoparker och avsättningar av särskilt höga värden för friluftsliv, rennäring och landskapsbild.

Den brukade marken utgör 80 % av Sveaskogs produktiva skogsmark nedanför den fjällnära skogen. Denna mark ska skötas med effektiva metoder som ger hög ekonomisk avkastning på kort och lång sikt samtidigt som hänsyn tas till natur- och miljö. Skogsskötseln baseras på trakthyggesbruk med målet att skapa slutavverkningsbestånd med hög andel sågtimmer för att maximera såväl värdet som handlingsfriheten på marknaden.

Ett effektivt brukande inkluderar en fortlöpande ekonomiskt motiverad ökning av tillväxten i skogen, exempelvis genom användning av förädlad föryngringsmaterial, gödsling och begränsning av viltbete och andra skador.

Sveaskog har i flera fall god kunskap om hur olika åtgärder ska genomföras för att öka tillväxten (figur 1). Basen är ett långsiktigt hållbart skogsbruk där en god skogsvård avseende föryngring, röjning, gallring och skadereducering är grundläggande förutsättningar. Det finns däremot frågor kring var och när olika åtgärder bör användas och det finns ett behov av beslutsstöd för att bedöma de olika tillväxtåtgärdernas prioriteringsordning och tillämpningens omfattning för bästa lönsamhet vid olika investeringsnivåer.



Foto: Mats Hannerz, Silvinformation AB

UTREDNINGSUPPDRAG TILL SKOGFORSK

Sveaskog har ett långsiktigt mål att öka den lönsamma tillväxten på markinnehavet. Det är ett av skälen för att vidareutveckla företagets strategier och riktlinjer för skogsskötseln.

För att få stöd i strategiarbetet gav Sveaskog Skogforsk i uppdrag att 1/ analysera framtida produktionspotential för ett antal tillväxthöjande åtgärder på Sveaskogs skogsbruksmark, 2/ beräkna åtgärdernas lönsamhet, samt 3/ optimera valet av lönsamma åtgärder för ökad tillväxt. Resultaten skulle användas för utvecklade strategier och riktlinjer för

företagets skogsskötsel, samt utgöra underlag för bedömningar av åtgärdsprioriteringar på respektive marknadsområde (figur 2).

Utredningen skulle även analysera omfattningen av tillväxtnedsättande skador och möjliga motåtgärder samt analysera förutsättningar för och risker med att ta ut en större andel av tillväxten som biobränsle under olika delar av omloppstiden.

Ytterligare ett mål med uppdragsprojektet var att höja kompetensen hos Sveaskogs personal som arbetar inom skogsvårdsprocessen. Sveaskogs medarbetare har därför medverkat i olika arbetsgrupper tillsammans med forskarna vid Skogforsk.



Figur 2. Sveaskogs arbetsgång för att ta fram uppdaterade riktlinjer för Sveaskogs skogsskötsel.

Utredningen skulle bara omfatta åtgärder på skogsbruksmark. Det innebär att de 20 % av den produktiva skogsmarksarealen som är avsatta för naturvård, den fjällnära skogen samt produktionsarealerna på ekoparkerna är undantagna från utredningen. Därmed ingår inte heller virkesintäkter eller kostnader som härrör från dessa arealer (t. ex. i samband med naturvårdande skötsel).

Även om analyser kan göras förutsättningslöst skulle de åtgärder som utredningen eventuellt föreslår kunna bedrivas inom ramen för Sveaskogs uppdrag och inom gällande lagar och certifieringsregler. En annan förutsättning var att eventuellt föreslagna åtgärder för ökad tillväxt eller ökat uttag ur skogen också ska leda till ökad lönsamhet. Även åtgärder som kan leda till tillväxtminskningar är av intresse att analysera om de ökar lönsamheten.



Foto: Mattias Westerberg, SKOGENBild

SVEASKOGS NUVARANDE SKOGSTILLSTÅND OCH SKOGSSKÖTSEL

Sveaskog förvaltar 3,2 miljoner hektar produktiv skogsmarksareal (figur 3). Nuvarande åldersklassfördelning på Sveaskogs produktiva skogsmark karakteriseras av att gammal skog omförts till ny skog i stor skala under ca 50 år. Det finns därför stora arealer yngre skog i intervallet 0-59 år men ca 35 % av arealen har äldre skog än 60 år i ett vitt spann av åldersklasser (figur 4). Virkesförrådet på Sveaskogs produktiva skogsmark består av 62 % tall (inklusive contortatall), 30 % gran och 8 % lövträd. I enlighet med FSC-standarderna ska skogarna skötas så att de på lång sikt innehåller en viss andel lövskog vid förnygringsavverkningen. Måltalen för andelen lövträd i den äldre produktionsskogen är 5 % i norra Sverige och 10 % i södra Sverige. Minst 5 % av den produktiva skogsmarken ska vara lövdominerad (minst 50 % lövträd).

För hela Sveaskog är den årliga tillväxten i genomsnitt 3,8 m³sk/ha och år. För marknadsområde Norrbotten är den 2,6, för Västerbotten 3,2, Södra Norrland 3,5, Bergslagen 7,2 och för Götaland 7,2 m³sk/ha och år. Enligt Sveaskogs årsredovisning är den nuvarande löpande tillväxten ca 12 miljoner m³sk på produktiv skogsmark och ca 11 miljoner m³sk på brukad areal.

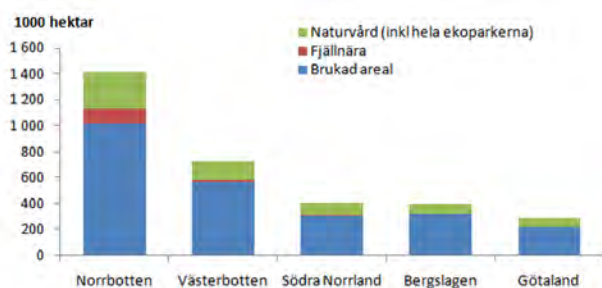
Skogsbruket baseras på avverkningsberäkningar som ger långsiktigt uthålliga avverkningsnivåer. På grund av nuvarande åldersklassfördelning med mycket ung och lite gammal skog, är den årliga arealen som ska förnygringsavverkas under kommande tioårsperiod ca 21 000 ha. Det är ca 30 % mindre än den långsiktiga förnygringsareal som kommer att nås när de stora arealerna medelålders skog så småningom förnygringsavverkas.

Den årliga avverkningen av timmer, massaved och biobränsle från egna skogar uppgick år 2010 till ca 5,4 miljoner m³fub (exklusive uttag av grenar och toppar, grot). Målet är att ta ut den grotvolym som är tillgänglig av praktiska, ekologiska och ekonomiska skäl, ca 60 % av den totala grotvolymen. Stubbskörd bedrivs som försöksverksamhet.

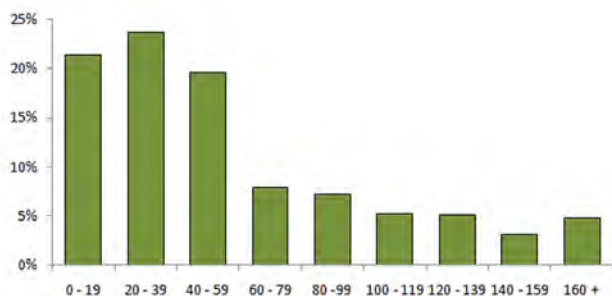
Under den senaste femårsperioden förnygrades i genomsnitt 70 % med plantering, 19 % med skogssådd och 11 % med naturlig förnygring. Under perioden ökade

skogssådden från 13 % till 24 % och den naturliga föröng-
ringen minskade från 17 % till 6 %. De unga skogarna röj-
des en till tre gånger, i genomsnitt fler gånger i södra Sverige
än i norra. Gödslingen under de senaste fem åren omfattade
i genomsnitt 13 000 ha, i huvudsak fördelat på de fyra nord-
liga marknadsområdena. Dikesrensning bedrevs i begränsad
omfattning och uppgick år 2010 till 75 km (375 ha). Ask-
återföring genomfördes de senaste fem åren på i genomsnitt
knapp 2 500 ha per år, varav merparten i Bergslagen.

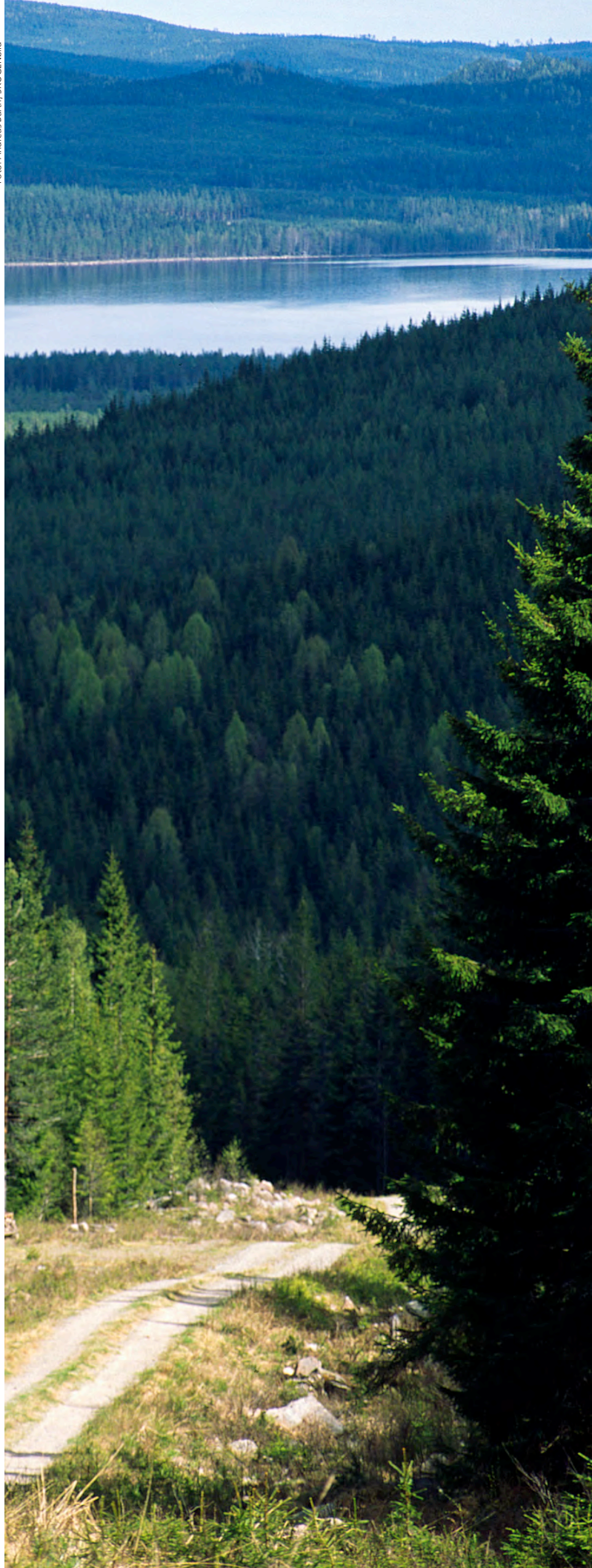
För all verksamhet finns instruktioner och rutiner för
uppföljning för att säkerställa att åtgärderna blir utförda så
att både produktion och miljövärdena beaktas.



Figur 3. Sveaskogs produktiva skogsmarksareal.



Figur 4. Åldersklassfördelning på Sveaskogs totala innehav.



Utredningen omfattar en övergripande expertgenomgång av viktiga produktionshöjande åtgärders effekt på virkesproduktion och avverkningsmöjligheter för Sveaskog samt åtgärdernas lönsamhet. Effekter på natur och miljö samt social acceptans har värderats översiktligt.

UTREDNINGSMETODIK

Först utarbetades grundläggande program för skötseln av Sveaskogs framtidsskogar. Det inleddes med att utifrån Sveaskogs målsättningar, policys och värderingar formulera ett önskat tillstånd vid slutavverkning och sedan analysera fram skötselprogram för att uppnå detta tillstånd. Skötselprogrammet byggdes stegvis upp bakifrån med gallringsprogram, beståndstäthet vid förstagallring, täthet efter röjning och slutligen täthet vid beståndsanläggning.

Utgångspunkten för skötselprogrammen var målsättningen hög, varaktig, värdefull och lönsam virkesproduktion men med acceptans för att framtiden är okänd, samt ett önskemål om enkelhet i tillämpning. Därför eftersträvades att programmen skulle vara anpassade till klimatförändringar och ge handlingsfrihet för framtida åtgärder. Handlingsfriheten skulle omfatta flexibilitet i t.ex. tidpunkter för gallring och avverkning.

Resultatet blev förslag till skötselprogram anpassade till skogar på ett antal typståndorter som representerade Sveaskogs olika marktyper, där åtgärderna styrs av övre höjd och stamantal. Föreslagen stamtäthet varierar mellan typbestånden och är en kompromiss mellan hög produktion, flexibilitet i gallring och god lönsamhet.

Nationella tillväxt- och avverkningsberäkningar för en rad åtgärder med syfte att öka virkesproduktionen har nyligen gjorts med hjälp HUGIN-systemet i SKA VB 08 (Skogsstyrelsen 2008) och i en kompletterande analys av Rosvall och Lundström (2011) samt med annan metodik i den s.k. MINT-utredningen (Larsson m.fl. 2009). I den här utredningen för Sveaskog studerades en rad åtgärder som inte går att simulera med de tidigare använda metoderna. Därför användes en annan beräkningsmodell som anpassats till åtgärderna på ett liknande sätt som i en produktionsutredning för Holmen Skog AB (Rosvall och Normark 2006). För vissa åtgärder finns mer eller mindre noggranna, vetenskapligt framtagna prognosinstrument, medan andra bygger på bedömningar. Under arbetets gång gjordes ett antal separata

utredningar som underlag för denna sammanfattande rapport. Delutredningarna redovisas som bilagor i en särskild rapport.

Ansatsen med tillväxtberäkningarna i denna utredning

var att redovisa effekterna på ett jämförbart sätt. Tillväxttöken beräknades därför som ökad medel- eller totalproduktion under en omloppstid för Sveaskogs typbestånd. Arealen för ett visst typbestånd som en viss åtgärd kan appliceras på beräknades eller bedömdes i de flesta fall som en del av årsytan (årlig areal slutavverkning) under kommande tioårsperiod. Årsytan hämtades från Sveaskogs avverkningsberäkningar och är 20 719 ha. Den totala effekten av en viss åtgärd för hela Sveaskog beräknades sedan genom att multiplicera tillväxtökningen i typbestånden med den årliga åtgärdsarealen. Det ger totaleffekt per år.



Foto: Mats Hamnerz, Silvinformation AB

Utredningen bygger på vetenskapliga resultat. Här besöker utredningsgruppen Skogforsks gallringsförsök i Kolfallet.

Under förutsättning att åtgärden tillämpas kontinuerligt på alla kommande årsytor kan resultatet skalas upp till en för Sveaskog långsiktig nivå genom att multiplicera med det antal årsytor som behövs för att åtgärda all Sveaskogs brukade areal. I normalfallet är det detsamma som den genomsnittliga omloppstiden. Den årliga avverkningsarealen på 20 719 ha den kommande 10-årsperioden är emellertid mindre än normalårsytan, som är 29 057 ha med de skötselprogram som utvecklats för framtidsskogarna. Denna årsyta baseras på en genomsnittlig framtida omloppstid på 81 år. Med den förväntade lägre årsytan den kommande 10-årsperioden och hur den fördelas på marknadsområden, ståndortsindexklasser och skötselmetoder ska effekter på denna yta multipliceras med 103 (som är den tid det skulle ta att åtgärda hela den brukade arealen) för att få fram den totala effekten av en långsiktig användning av de olika åtgärderna under en hel omloppstid.

Kostnader och intäkter för olika åtgärder togs bl.a. fram med hjälp av Sveaskogs interna prislistor och produktionsuppföljningar och beräknades per hektar och per extra producerad kubikmeter. De redovisas i en separat intern rapport.

En viss åtgärds kalamitetsrisker, påverkan på natur och miljö samt dess acceptans utifrån rådande värderingar hos allmänheten, certifieringssystemen (FSC) och samhälle diskuterades översiktligt. Bedömningen tog både hänsyn till åtgärdens karaktär och dess totala omfattning.

Den slutliga ekonomiska analysen innebar en ekonomisk optimering där den bästa mixen av åtgärder valdes vid successivt ökande investeringsnivå (Simonsen m.fl. 2008). Beslutsriteriet var högsta nettonuvärde per investerad krona (nuvärde av investeringskostnaderna om åtgärden innefattar moment som genomförs under mer än ett år) med beaktande av en rad restriktioner. Restriktionerna omfattade t.ex. tillgång på lämplig mark för en åtgärd, tillgång på förädlad frö med olika tillväxtpotential, samt lagstadgade och frivilliga arealrestriktioner för främmande trädslag. Investeringsmedlen var också begränsande inom ramen för räntekravet men eftersom optimeringen gjordes vid olika investeringsnivå kunde den marginella avkastningen för satsade medel analyseras. Optimeringen prioriterade bästa åtgärd när vissa åtgärder inte kan utföras samtidigt utan utesluter varandra. En viss areal kan

t.ex. inte föryngras samtidigt med förädlad tall och sibirisk lärk, medan t.ex. gödsling inte konkurrerar med andra åtgärder om lämplig mark utan bara om investeringsmedel. Tillväxt och lönsamhet för dessa optimala åtgärdsmixar jämfördes med Sveaskogs hittills tillämpade uppsättning av tillväxthöjande åtgärder för åren 2005 och 2010.

När en kalkylränta härleds ur ett nominellt räntekrav blir den olika beroende på juridisk organisationsform. Här beräknades en real alternativ ränta för aktiebolag på samma sätt som i tidigare utredningar. Sveaskogs tillämpade diskonteringsränta för värdering av stående skog är 6,25 %. Med hänsyn tagen till uppskattad inflation (2 %) och skatt (26,3 %) ger det ett reallt förräntningskrav på 2,56 %, vilket genomgående används som kalkylränta i utredningen (Holten-Andersen 1990).

TILLVÄXTMODELL OCH KALKYLVERTYG FÖR NY SKOG

Ett kalkylverktyg framtaget av Skogforsk användes för att modellera föryngring, tillväxt, avverkning och lönsamhet för skötselprogram med olika föryngringsmetod, trädslag och förädlingsgrad. Verktöget är beskrivet i detalj av Rosvall m.fl. (2007). Kalkylverktöget bygger på en enkel modell för hur tall- och granbestånds ackumulerade volym beror av stamantal i utgångsläget och uppnådd övre höjd. Modellen är konstruerad av Björn Elfving (2004) ur data från förbandsförsök. Övrehöjdsfunktionerna är enligt Elfving och Kiviste (1997) och Elfving (2003). Årlig avgång är hämtad från Elfving (2010). Liknande modeller har utvecklats på delvis samma grunddata (Pettersson 1993), men Elfving har anpassat modellen så att den kan simulera en hel omloppstid. Förbandsförsöken är skötta med låggallring som då också kan tillämpas i analyserna.

Vid produktionsoptimala omloppstider ger modellen ungefär samma medeltillväxt som idealboniteten för aktuell ståndortsindex (H100). Tillväxtnivån kan höjas eller sänkas för att ta hänsyn till skillnader i förutsättningar mellan verklighet och försök. I beräkningarna sänktes tillväxtnivån med 5 % som ett komplement till den simulerade naturliga avgången för att bättre representera verklig tillväxtnivå.

Efter att alla skötsel- och avverkningskostnader samt virkespriser specificerats beräknar verktöget ekonomiskt

optimal omloppstid genom att nuvärdet maximeras. Analysen kan även göras för en annan vald omloppstid.

En modell för contortatall utvecklades genom att höja ståndortsindex för tall så att tillväxten ökar med 36 %. Genom att använda barkfunktionerna för gran blir utbytet under bark riktigt. Detta är ett invändningsfritt sätt att modellera contortatall eftersom övre höjdens utveckling är lika för tall och contortatall (Elfving och Norgren 1993). Modellen användes på liknande sätt men mer spekulativt för att beräkna volymutvecklingen hos lärk och hybridlärk. Hybridlärk planterad på en SI G32 simulerades t.ex. med tallens utveckling på SI T36 så att överensstämmelsen för höjdutvecklingen blev tillfredsställande. Tillväxten nivåldes sedan för att ge rätt utbyte under bark (lärk har mycket tjock bark). Slutligen justerades omloppstid, stamantal, grundyta och medeldiameter för att uppnå samma värden som i den produktionstabell för hybridlärk som konstruerats av Larsson-Stern (2003). På samma sätt simulerades beståndsutvecklingen för sibirisk lärk med ledning av uppgifter om dess produktion (Remröd & Strömberg 1977, Martinsson 1990).



Foto: Erik Viklund, SKOGENbild

TILLVÄXTMODELL FÖR BEFINTLIG SKOG

Det är viktigt att förstå att Elfving's volymmodell i kalkylverktyget är en statisk modell och inte en tillväxtmodell av den typ som används i andra vanliga skogliga prognosverktyg. För de noggrannare analyserna användes därför en tillväxtmodell baserad på Söderbergs tillväxtfunktioner för

enskilda träd (Söderberg 1986). Tillväxtfunktionerna har bl.a. grundyta och ålder som drivande variabler för att skriva fram skogstillståndet i perioder, givet ett visst väl definierat utgångsläge efter ungsogsstadiet. Tillväxtfunktionerna kan hantera stamfördelningar och konkurrens mellan träd av samma eller olika trädslag. De tillämpas i beslutsstödet INGVAR som utvecklats vid Skogforsk. Programmet innehåller digitala gallringsmallar som utgår från modern gallringsteknik, t.ex. effekter av stickvägar, samt innehåller en del nyutvecklade avgångs- och gallringsreaktionsfunktioner (Jacobson m.fl., 2008). För att värdera uttagen användes Sveaskogs priser och kostnader i ett annat beräkningsverktyg kallat Beståndsväl.

De här modellerna användes vid fördjupade analyser av röjnings- och gallringsprogram, tidigt uttag av biobränsle i täta skogar, gödsling på torvmark samt dikesrensning. Gödslingseffekterna på fastmark beräknades med verktyget Gödslingkalkyl (Pettersson 1994).

SKÖTSELPROGRAM FÖR BESTÅND PÅ SVEASKOGS TYPSTÅNDORTER

Sveaskog beskrivet med ett antal typståndorter

Sveaskogs "brukade areal" som är tillgänglig för traditionellt skogsbruk är 2 352 697 ha efter reduktion för fjällskog, alla typer av avsättningar och generell hänsyn. Där finns ett brett register av marker med olika bördighet (tabell 1). Med den metodik som valts för den här översiktliga analysen måste verkligheten förenklas. I utredningen har skogsinnehavet på brukad areal fördelats på 7 typståndorter för tall och gran som representerar olika produktivitet, s.k. typståndortsindex (Typ-SI). Tre till fem Typ-SI valdes att representera varje marknadsområde enligt fördelningen för inventerade bestånd vid senaste företagstaxeringen. Stickprovsavdelningar som enbart boniterades med ledning av ståndorsfaktorer (SIS) justerades med hjälp av jämförande bonitering med övrehöjdsmetoden (SIH). Sambanden kunde användas för att tilldela den yngre skogen "kulturskogsboniter", men inte den äldre. Efter avverkning av den äldre skogen förväntas en högre bonitet i nästa generation. Av tabell 1 framgår hur olika SI-klasser grupperades i ett fåtal Typ-SI, samt hur stor areal per marknadsområde som faller inom respektive Typ-SI. Valet av antal typ-SI är en kompromiss mellan viljan att beskriva skillnader i effekter på olika ståndorter och olika marknadsområden och behovet av att begränsa antalet kalkyler i utredningen. Klassgränserna valdes efter studier av fördelning av SI-klasser per marknadsområde.



Foto: Björn Svensson, SKOGENbild

Tabell 1. Typståndortsindex och brukad areal per marknadsområde.

Typ-SI	SIH-Intervall	Norrbottnen Areal (ha)	Västerbotten Areal (ha)	Södra Norrländ Areal (ha)	Bergslagen Areal (ha)	Götaland Areal (ha)	Hela Sveaskog Areal (ha)
T18	≤ T19	569 148	181 106	96 323			846 577
T22	T20-T23	244 041	214 612	97 704	24 915	19 744	601 016
T25	T24-T26			16 053	97 873	52 172	166 098
T28	≥ T27				41 248	18 391	59 639
G20	≤ G22	188 077	154 788	64 118			406 983
G26	G23-G28			11 889	41 145	23 893	76 926
G32	≥ G29				99 590	95 867	195 457
Summa		1 001 265	550 507	286 088	304 770	210 066	2 352 697

Målbild för Sveaskogs framtidsskogar

Med utgångspunkt i Sveaskogs målsättning om hög, varaktig, värdefull och lönsam virkesproduktion, med acceptans för att framtiden är okänd samt ett önskemål om enkelhet i tillämpning skapades en målbild för framtidsskogen och dess skötsel. Målet är en stor andel väl bestockade slutavverkningsbestånd med grova träd som produceras på kort tid. Till bilden hör ett inslag av lövträd såväl för virkesproduktion som biologisk mångfald. Lövträd kan tillsammans med ett visst inslag av nya trädslag minska biologiska risker och ekonomiska risker. Handlingsfrihet i skötselprogrammen upprätthålls genom att röja skogen så att det finns flexibilitet i t.ex. tidpunkter för gallring och avverkning. Förkortade omloppstider, färre gallringar och byte av trädslag utgör steg i en anpassning för att möta osäkerheten om framtida klimat och marknad. I linje med dessa mål och önskemål utformades lämpliga skötselstrategier för skogarna på de typståndorter som ska representera Sveaskogs framtidsskogar i den här utredningen.

Beståndstäthet vid gallring, röjning och bestånds-anläggning

Inledningsvis gjordes en översiktlig analys av skötselprogram för framtidsbestånd på SI T24 med initial täthet i intervallet 650 till 3 600 stammar per ha vid tidpunkten för 1:a gallring som alla skulle skötas så att 650 träd slutavverkades. Bestånden tänktes framröjda efter lyckad skogssådd (eller naturlig föryngring). Resultaten visade att en täthet före första gallring på ca 1 800 stammar per ha och två traditionella gallringar var ekonomiskt robust på denna SI-klass, både när enbart timmer och massaved och när timmer, massaved och energived skördades.

Med ett extra tidigt uttag av energived i de tätaste programmen och anpassade efterföljande gallringar kan den högre tillväxten av ökad täthet tas till vara. Därmed ökar intäkterna och kostnaderna omfördelas så att ekonomin förbättras vid avverkning av de klena träden. Trots skötselanpassningen medför de tätare alternativen ökade risker. Ökad täthet ställer också ökade krav på tidspass-

ning, vilket minskar handlingsutrymmet och ökar riskerna ytterligare. Det glesaste alternativet hade sämst ekonomi men var ändå lönsamt och kan ses om ett exempel på att skadad skog kan vara lönsam även om tillväxten är avsevärt lägre.

I nästa steg togs hänsyn till verkliga stamfördelningar

och trädslagsblandningar för att mer i detalj analysera tätheten efter slutröjning vid 4,5 m övre höjd för skötselprogram med timmer och massaved som mål samt Sveaskogs önskade inslag av lövträd, etc. Det resulterade i att 1 500-1 900 stammar vid 1:a gallring för typbestånden SI T18-T28 var lönsammare än de tätare alternativen 1 800-2 700, även om skillnaden inte var stor. För gran var på motsvarande sätt 1 450-1 850 stammar vid 1:a gallring lönsammare än 1 800-2 500 för typståndorterna G20-G32. En rad faktorer som inte kan beaktas i en kalkyl gör att program med en och två gallringar har många fördelar. Hit hör minskade risker för skador och ökad handlingsfrihet vad gäller tidpunkten för 1:a gallring.

I slutsteget inkluderades föryngringskostnaden i kalkylerna

, vilket också entydigt gynnade de lägre stamantal som analyserats. Det gäller framförallt för planterade bestånd där etableringskostnaden är proportionell mot ökande täthet. Kravet på lönsamhet sätter press på att hålla nere plantantalet, särskilt på svaga boniteter.

För var och en av typståndorterna i Sveaskogsutredningen valdes mot bakgrund av de olika utredningarna ett gemensamt skötselprogram för sådda, självföryngrade och planterade bestånd. De följer i stort sett de i tidigare utredningar utarbetade beståndstätheterna och gallringsprogrammen (se Kunskap direkt Kraftsamling Skog samt Rosvall m.fl. 2007). Programmen omfattar en eller två gallringar med den sista gallringen före 19 m övre höjd för ökad stormsäkerhet (tabell 2).

Målet är alltså att uppnå i storleksordning ca 1 800 stammar per ha vid 1:a gallring och att tillämpa program med en eller två gallringar. Önskat stamantal varierar beror på trädslag och ståndort.

Tabell 2. Slutligt valda utgångslägen och gallringsprogram för Sveaskogs typbestånd. Ekonomiskt optimal omloppstid vid priser och kostnader i Bergslagen och 2,56 % ränta. Dessutom redovisas Sveaskogs nuvarande omloppstider.

Ståndorts- index, m	Stamantal vid plantering	Stam- antal vid slutröj- ning	Stamantal före 1:a gallring	1:a gallring			2:a gallring			Omloppstid	
				Övre höjd, m	Uttag av grundyta, %	Gallrings- kvot	Övre höjd, m	Uttag av grundyta, %	Gallrings- kvot	Eko- nomisk	Svea- skog ¹⁾
T18	2 000	1 600	1 400	12	40 %	0,87				94	113
T22	2 200	1 900	1 700	13	35 %	0,82	17	25 %	0,817	81	95
T25	2 400	2 000	1 850	13	35 %	0,82	18	30 %	0,877	71	83
T28	2 600	2 200	2 000	13	35 %	0,82	18	30 %	0,867	61	72
G20	1 700	1 500	1 400	14	35 %	0,82				100	108
G26	2 200	2 000	1 900	14	35 %	0,82	19	30 %	0,886	83	81
G32	2 300	2 100	2 000	14	35 %	0,82	19	30 %	0,807	60	62

¹⁾ Ålder för slutavverkningsbestånd under kommande 10-årsperiod enligt avverkningsberäkningarna (IPAK).

Antalet plantor (tabell 2) till planteringarna valdes med hänsyn till SI och Sveaskogs erfarenhet av avgång och tillkommande naturlig föryngring av barr och lövträd i plant- och ungskogen så att röjningen i planteringarna kan inriktas på att reglera inslaget av naturligt föryngrade plantor, ofta lövträd.

Sådder och självföryngringar kan bli mycket täta. Där sker först en plantskogsröjning vid ca 1-1,5 m höjd för att friställa plantorna. Det resulterar ofta i 3 000-4 000 stam-

mar per hektar. Under vissa förhållanden, främst i södra Sverige, behövs det två plantskogsröjningar för att gynna såddplantorna fram till slutröjningen som utförs vid 4,5 m medelhöjd. Det höga stamantalet efter plantskogsröjningen och uppskjutandet av slutröjningen till 4,5 m görs för att öka chansen att tillräckligt många träd undgår allvarliga älgskador, förbättra virkeskvaliteten genom trängsel och ge utrymme för urval av rätt trädslag och lämpliga framtids-träd.

PRODUKTIONSPOTENTIAL

Tillväxten i Sveaskogs skogar kan höjas genom en lång rad tillväxthöjande åtgärder som verkar på medellång och lång sikt, tex. förbättrad föryngring, förädlade planter, alternativa trädslag, gödsling och dikesrensning. På lång sikt kan tillväxten också öka genom att förebygga skador som älgbete och rotröta. Men uttaget ur skogen kan också öka på kort sikt genom att ta till vara en större mängd grot och stubbar i slutavverkning samt kläna träd i yngre skogar. Uttag av större andel av biomassan medför oftast tillväxtförluster i kommande generation och dessa beräknades för grotuttaget.

I det här avsnittet redovisas och diskuteras potentialerna med tillväxthöjande åtgärder, skadereducering och ökade uttag av energisortiment. Flera av åtgärderna ingår inte i den ekonomiska optimeringen men belyses ändå som medel för att öka produktionen. Avsnittet avslutas med en sammanfattning av produktionspotentialerna.

NUVARANDE TILLVÄXT OCH IDEALBONITET

Med ledning av den brukade arealens fördelning på typståndorter i tabell 1 och skötselprogrammen för respektive ståndort i tabell 2 beräknades den långsiktiga medeltillväxten till 10,2 milj. m³sk per år. Beräkningen gjordes med tillväxtmodellen för ny skog med de föryngringsmetoder som används idag och oförädlade planter. Medeltillväxten avser produktionsoptimal omloppstid. Nivån 10,2 milj. m³sk är en modellmässig, starkt schabloniserad bas för de fortsatta beräkningarna av olika åtgärders effekter på tillväxten. Den kan jämföras med idealboniteten som för samma areal och fördelning på ståndortsindex är 4,8 m³sk per ha och år i medeltal för Sveaskog, vilket skulle ge en total årlig genomsnittlig tillväxt på 11,3 milj. m³sk. Boniteten är dock lite underskattad genom att den äldre skogen ännu inte åsatts "kulturskogsbonitet".

Det är mer en tillfällighet att den beräknade medeltillväxten 10,2 milj m³sk per år så nära sammanfaller med siffran 10,4 milj. m³sk som är en uppskattning av den nuvarande löpande tillväxten på samma areal. Den uppskattningen

är gjord med ledning av den nuvarande löpande tillväxten 11 milj. m³sk på en något större brukad areal enligt årsredovisningen. Sveaskogs nuvarande skogar har lägre slutenhet än framtidsskogen, men den löpande tillväxten är hög genom det stora inslaget av ung och medelålders skog.

TILLVÄXTHÖJANDE ÅTGÄRDER

Föryngringsmetoder

Valet av föryngringsmetod har betydelse för både virkesproduktion och ekonomi. Naturlig föryngring och skogssådd ger lägre medeltillväxt p.g.a. att föryngringsfasen tar längre tid än vid plantering. Dessutom är möjligheten att använda förädlad material begränsad till sådd och plantering. Det mest högförädlade materialet från selektiv skörd i fröplantager, s.k. särplockat plantagefrö, räcker bara till plantproduktionen. Den mest högförädlade granen kan också bara realiseras genom gransticklingar och därmed bara genom plantering.

Möjligheterna att lyckas med naturlig föryngring och skogssådd är begränsade till framför allt tall och till s.k. lättföryngrade marker. Dessutom sätter klimatet gränser för metoderna. Sveaskogs nuvarande föryngringsstrategi och de naturgivna förhållandena medför att ca 70 % av arealen planteras, 24 % sås och 6 % föryngras med fröträd.

När effekten av föryngringsmetod renodlades, d.v.s. utan förädlings effekter, gav beräkningarna en mertillväxt för plantering jämfört med naturlig föryngring på i genomsnitt 7,2 %. Mertillväxten för plantering jämfört med sådd blev 5,2 %. Genom att övergå från naturlig föryngring och skogssådd på nuvarande nivå till plantering på hela årsytan skulle virkesvolym öka med 120 000 m³sk över en omloppstid. Kostnaden för detta var dock så hög (19,2 miljoner kr per år) att nuvärdet för åtgärden blir negativt.

Med använda antaganden om produktionsförhållanden, kostnader och priser är det alltså lönsamt att avstå från den möjliga tillväxtökningen genom plantering för att istället använda sådd och naturlig föryngring där metoderna ger ett lyckat resultat. Om plantering genomgående utförs med förädlade planter visade däremot de fortsatta beräkningarna att plantering blir lönsammare än naturlig föryngring och sådd. Den större tillväxten ger ett högre nuvärde.



Foto: Bo Göran Backström, SKOGENbild

Intensifierad föryngring och ungskogsskötsel

Den här utredningen har inte analyserat hur olika åtgärder som markberedning, snytbaggesskydd och plantornas kvalitet påverkar Sveaskogs föryngringsresultat och tillväxt. Tillväxtnivån i de genererade framtidsskogarna är visserligen anpassad till en nivå som kan uppnås i praktiken men det förutsätts att alla föryngringar lyckas. Efter att ha uppskattat potentialen med bättre föryngringar för Sveaskog diskuteras några olika möjligheter för hur Sveaskog kan analysera om det är lönsamt att öka intensiteten i föryngringsarbetet för att ytterligare öka tillväxten samt för att nå goda resultat med föryngringsarbetet på ett kostnadseffektivt sätt.

Potentiell effekt av bättre föryngringar

Intensiv skogsföryngring är den åtgärd som skulle kunna öka tillväxten mest i Sverige om man bortser från valet av förädlade plantor. Enligt en studie med utgångspunkt i SKA-VB 08 (Skogsstyrelsen 2008) där effekterna av olika åtgärder renodlades skulle bättre föryngringar kunna öka tillväxten i Sverige med 5 %. Det kan jämföras med rimlig användning av förädlade plantor som gav +9,7 %, tillåten föryngring med contortatall och rimlig omfattning av traditionell skogsgödsling som gav 0,8 respektive 2,0 % ökad tillväxt för Sverige som helhet (Rosvall och Lundström 2011). I MINTutredningen nås ännu större effekt av att ungskogarna blir fullslutna (Larsson m.fl. 2009). Skogsstyrelsens återväxttaxeringar visar också att en stor andel av Sveriges föryngringar inte når lagstadgad nivå och den nivån ligger långt under vad som ger högsta tillväxt.

De föryngringar hos Sveaskog som inventerades 5-7 år efter avverkning av Skogsstyrelsen (POLYTAX) under 2000-talet fram till 2007 var naturligt föryngrade i större omfattning än för alla markägare i genomsnitt. De omfattade 50 % plantering, 2 % sådd, 46 % naturlig föryngring och 2 % som var lämnat utan åtgärd. I senare inventeringar hade andelen plantering ökat till 73 %, sådden till 3 % och andelen naturlig föryngringen hade minskat till 22 %. Sveaskog har därmed uppnått ungefär samma föryngringsmix som andra markägare.

Under 2000-talet var Sveaskogs planteringar, sådder och naturliga föryngringar godkända till 95 %, 100 % och 78 % (i genomsnitt 84 %). Motsvarande siffror för alla markägare var 85 %, 92 % och 69 % (i genomsnitt 78 %). Sveaskogs bättre resultat visar sig också i att föryngringarna har lite fler huvudstammar per hektar. Uppföljningsstatistiken visar att Sveaskog markberett ca 10 % mer av sin föryngringsareal än markägare i allmänhet.

Underlaget visar att Sveaskogs föryngringsarbete är intensivare än genomsnittet för Sveriges skogsägare. Därmed är potentialen för ökad tillväxt genom ökad kvalitet i arbetet i storleksordningen kanske hälften mot genomsnittet enligt de nationella beräkningarna, d.v.s. ca 2,5 %. Jämfört med den långsiktigt beräknade basnivån 10,3 miljoner m³sk, skulle den totala årliga tillväxtökningen då bli ca 250 000 m³sk. Det är givetvis en mycket schablonmässig kalkyl men anger storleksordningen.

Utveckling av föryngringsarbetet

En utvecklingsmöjlighet rör föryngringsplaneringen.

Skogsföryngring är kostsamt och det lönar sig inte att investera för maximal produktion. Det behövs lönsamhetskalkyler för att utvärdera vilka av nödvändiga åtgärder som ger störst bidrag till ökad lönsamhet. Det kan göras på ett liknade sätt som i den här utredningen men på en mer detaljerad nivå. För det behövs bättre prognoser över effekten av olika föryngringsåtgärders intensitet på föryngringsresultatet. Då kan man analysera var investeringarna i föryngring ska sättas in.

Nyckelbegreppen för att värdera föryngringsresultat är tid från avverkning till etablerad ny skog, ungskogens täthet och trädslagsblandningen. Sveaskog skulle ha nytta av att utveckla en rutin för att mäta tidsåtgången från avverkning till att föryngringen nått en meters höjd. Med en noggrann höjdmätning av ungskogen erhålls en säker återkoppling till hur fort man åstadkommer ny skog efter avverkning så att man kan styra mot önskat mål och analysera hur olika föryngringsmetoder bidrar till resultatet. Valet av trädhöjd (tidpunkt för höjdmätningen) är en kompromiss mellan snabb återkoppling för att analysera metodernas effekt och

möjligheten att använda höjdmätningen för prognoser framåt i tiden av t.ex. röjningsbehov och produktionsutnyttjande.

Kortast möjliga kalmarkstid ger minsta tidsförlust och konkurrens från markvegetationen. Ett års förlorad tillväxt är direkt en förlust av 5 m³sk vid samma medeltillväxt eller 1,5 % vid 75 års omloppstid. Strävan efter kort kalmarkstid måste vägas mot värdet att ha en rimlig planeringshorisont och kvalitet i markberedningen som påverkas av hur hyggesresterna hanteras. Överoptimistisk planering innebär oftast ökade kostnader. Sveaskog tillämpar idag lägsta möjliga kalmarkstid i södra Sverige. I norra Sverige görs normalt markberedning ett år efter avverkning och plantering två år efter.

Högsta kvalitet i återväxtarbetet eftersträvas för de medel som investeras. Det kostar i princip inte mer att åtgärder som ändå görs utförs på rätt sätt. Det kan uppnås genom omsorgsfull planering, tydlig upphandling och uppföljning så att det inte kompromissas med markberedningens utförande, trädslagsval, plantornas kvalitet, snytbaggskydd, viltskador, planteringsarbetet och stamantalet vid röjning. Sannolikt skulle dock ett intensivare föryngringsarbete medföra vissa kostnader, t.ex. ökade resurser för att kontrollera arbetet i fält och ökade ersättningar till entreprenörer.

Utveckling av konceptet den digitala skogsvårdskedjan

syftar till att utveckla informationsflödet som börjar vid avverkning och löper genom alla skogsvårdsåtgärder för att kunna genomföra effektiv planering och uppföljning. Där finns en outnyttjad möjlighet att effektivisera åtgärderna och en satsning på detta är initierad på Sveaskog.

Utvecklingsmöjligheterna för skogssådd är stora. Skogssådden är helmekaniserad och kostnadseffektiv genom att den är integrerad med markberedningen. Sådda plantor kommer igång långsammare men tidsförlusten kompenseras av den låga kostnaden. Med förädlade plantor blir dock den dyrare planeringen ofta lönsammare. Skogssådd med plantagefrö ger snabbare etablering (stora frön) och samma långsiktiga tillväxtökning. Problemet är att skogssådden



Foto: Mats Samuelsson

kräver mer frö än vad som produceras i fröplantagerna. Det finns flera utvecklingsspår för att lösa problemet med brist på plantagefrö. Genom noggrann uppföljning av sådder med plantagefrö kan man pröva sig fram mot lägre givor. Plantagefrö kan blandas med beståndsfrö. Såddaggregat kan utvecklas mot ökad precision. En väg skulle kunna vara "placerade frön" för att minimera spillet och förbättra förhållandena för groningen. Pelleterade frön och "Såddpucken" är metoder som gör att spillet blir minimalt. Utveckling av "maskinell puckplacering" bör vara möjlig och enklare än att utveckla maskinell plantering. Slutligen bör nämnas att det är lönsamt att bygga fröplantager för dagens fröslukande skogssådd.

Utveckling av mekaniserad plantering är en gemensam strävan i skogsbruket, både för att komma till rätta med brist på arbetskraft, öka kvaliteten i utförandet och sänka kostnaderna.



Alternativa trädslag

Det finns flera motiv för att plantera nya trädslag. Ett är att öka det företagsekonomiska värdet på beståndsnivå, ett annat är att öka företagets kapacitet att möta en osäker framtid med förändrade marknader och klimat. Det finns också speciella mark- och skötselförhållanden där introducerade träd kan innebära stora förbättringar. En introduktion av främmande trädslag är emellertid alltid förknippad med risker, ekonomiska såväl som miljömässiga.

Sveaskog har en försiktig inställning till nya trädslag. För contortatall, sibirisk lärk, hybridlärk och hybridasp är dock kunskapen tillräckligt stor för att Sveaskog skulle överväga att använda dem och inkludera dem i analysen. Arealerna som kan planteras med nya trädslag är beräknade så att de ryms inom vad som är tillåtet enligt nuvarande lagstiftning och FSC-standard.

Contortatall

Contortatall växer 36 % bättre än oförädlad tall. Den är hårdigare och har högre överlevnad i ungdomen men större avgång i äldre skog. Den lämpar sig för tallmarker i norra Sverige där föryngring och skogsskötsel är densamma som för tall på motsvarande högre ståndortsindex. Den möjliga årliga föryngringsarealen för contortatall begränsas på nationell nivå av skogsvårdslagen. Sveaskogs andel är för närvarande 2 520 ha/år medan certifieringskriterierna begränsar den långsiktiga totalarealen till 5 % av den produktiva skogsmarksarealen.

Av de alternativa trädslag som ingår i utredningen är kunskaper och erfarenheter störst om contortatall. Detta gör att de kalkyler som ligger till grund för bl.a. de ekonomiska optimeringarna är mer tillförlitliga än t.ex. de för lärkarna och hybridasp. I utredningen har contortatallen utgjort ett alternativ på T18, T22 och T25 i de tre nordligaste marknadsområdena och i de norra delarna av Bergslagen. Jämfört med plantbehovet producerar fröplantagerna ett överskott av förädlad frö av contortatall men det ger ett obetydligt tillskott till skogssådden. Ett nytt program för anläggning av nästa generations fröplantager är uppstartat.

Mertillväxten jämfört med förädlad tall är

0,97 m³sk/ha och år på T18 och 1,49 m³sk/ha och år på T22. Med oförädlad contortatall i stället för oförädlad tall skulle mertillväxten bli ca 208 000 m³sk för en årsyta föryngring på de aktuella markerna. Nuvärdet av byte från tall till contortatall på en årsyta är 16 miljoner kronor. Detta kan åstadkommas utan extra kostnad eftersom plantpriset är detsamma som för tall.

Lärk

Hybridlärk är en snabbväxande korsning mellan europeisk och japansk lärk anpassad till södra Sverige. Den sibiriska lärk som prövats i över 100 år i norra Sverige kommer från Ryssland väster om Uralbergen och anses som ett inhemskt träslag. Båda lärkarterna passar på bördiga marker och är därför framförallt alternativ till gran men också tall på de allra bördigaste tallmarkerna. Lärken är ljuskrävande. I analysen tillämpades ett program med tre gallringar på samma sätt som för tall och gran på motsvarande ståndorter. Hybridlärk fick tävla med hybridasp om utrymmet för främmande träslag i södra Sverige, som är 5 % av den produktiva skogsmarksarealen. Hybridlärken var ett alternativ på G32, G26 och T28 i Götaland och Bergslagen. För sibirisk lärk har Sveaskog bedömt att en rimlig nivå på lång sikt är 5 % av den produktiva arealen i norra Sverige. Den sibiriska lärken har använts som alternativ på G20 och G26 i de tre norra marknadsområdena samt i norra Bergslagen.

Hybridlärk och sibirisk lärk har mycket snabb ungdomsutveckling men ger en liten merproduktion mätt i virkesvolym jämfört med förädlad gran. Den högre veddensiteten gör dock att biomassaproduktionen blir högre. Lärkens ved är inte lämpad för massatillverkning men klenare dimensioner kan säljas som energived. Genom den kortare omloppstiden blir nuvärdet för lärkarna högre än för gran och tall på vissa ståndorter. Det går tre omloppstider hybridlärk på två omloppstider gran på samma mark. De gynnsamma kalkylerna för lärkarna beror också till stor del på antagandet om god efterfrågan på energisortiment. Kort omloppstid ger också ökad flexibilitet inför en osäker framtid.

Den årliga tillväxtökning som kan uppnås genom att plantera 5 % av arealen i söder med hybridlärk är ca 50 000 m³/sk. Det årliga nettonuvärdet för denna åtgärd är 6,8 miljoner kronor och kostnaden 2,3 miljoner kronor. Den årliga tillväxtökning som kan uppnås genom att plantera 5 % av arealen i norr med sibirisk lärk är endast ca 2 000 m³/sk. Det årliga nettonuvärdet för åtgärden är däremot 6,7 miljoner kronor och kostnaden 4,8 miljoner kronor.





Foto: Björn Svensson, SKOGENbild

Hybridasp

Hybridasp är en mycket snabbväxande korsning mellan svensk och nordamerikansk asp som prövats i Sverige under lång tid. Den klassas som ett främmande trädslag varför den maximala arealen begränsas till 5 % av den produktiva arealen. Ursprungligen var den avsedd för att producera tändsticksvirke men nu finns ett ökande intresse att producera energivirke på kort tid. Hybridasp passar på bördig åkermark eller bördig skogsmark med motsvarande kvaliteter och utredningen har endast räknat med den på G32 i Götaland. Bestånden anläggs glest, gallras vid upprepade tillfällen och slutavverkas efter 20-25 år. Plantorna är dyra och bestånden måste hägnas mot älg, eftersom den betas hårt. Genom att utnyttja den mycket täta rotskottsföryngringen efter avverkning för en andra generation och förutsätta att tillräckligt många träd undgår älgskador kan både plant- och hägnkostnaden undvikas. Det är alternativet med dubbla generationer som analyserats här.

Hybridasp är det trädslag som har störst potential att öka virkesproduktionen per hektar. Mertillväxten jämfört med förädlad gran är 7,20 m³sk/ha och år på bördiga marker i södra Sverige. Den totala möjliga föryngringsarealen är 543 ha/år. Utnyttjas hela denna areal ger det en mertillväxt på ca 90 000 m³sk per år på en årsyta föryngring. Anläggning av hybridaspbestånd kräver höga investeringar. En satsning på hela den tillåtna arealen skulle kosta ca 14 miljoner kronor per år, vilket sänker nettonuvärdet till 2,2 miljoner. En stor kostnadspost i kalkylen är uppsättning, underhåll och nedtagning av hägn. Att plantera hybridasp kommer därför långt ner i prioritetsordningen bland föreslagna alternativ i utredningen. Med den valda produktionsmodellen med två omloppstider bidrar hybridasp inte nämnvärt till en ökad flexibilitet inför en osäker framtid jämfört med förädlad gran. En omstart med en ny plantering efter en generation är möjlig men har sämre lönsamhet.

Ett alternativ till hybridasp är poppel som har samma produktionspotential på lämpliga marker i södra Sverige. Det finns flera arter och hybrider som kan växa i Sverige. Poppel är mindre utsatt för viltskador men mer drabbad av andra calamiteter, bl.a. svampsjukdomar. Den skjuter stubbskott istället för rotskott och det minskar möjligheterna att utnyttja dessa för nästa generations skog. Kunskap och erfarenheter är mer begränsade för poppel än för hybridasp, varför utredningen endast räknade på hybridasp.

Andra lövträd

Det finns ett antal inhemska lövträd som passar i olika delar av Sverige t.ex. björk, bok, ek och andra ädla lövträd. Björken har betydligt lägre tillväxt än barrträden. Att plantera förädlad björk ökar tillväxten avsevärt men planteringarna måste hägnas, vilket minskar lönsamheten. Ek och bok har speciella krav på ståndort och kräver specialiserad skötsel med långa omloppstider för att producera värdefullt virke.

I en jämförelse av lönsamheten mellan bok, björk och gran på bördig mark i Småland var markvärdena 652 kr/ha för bok, 12 300 kr/ha för björk och 49 000 kr/ha för gran (Bergh m.fl. 2010). Med krav på lönsamhet kan lövträden inte konkurrera med barrträden, varför de inte togs med i analysen. Detta hindrar inte att dessa trädslag i vissa fall kan planteras av andra skäl än rent ekonomiska.



Foto: Stefan Örtenblad, SKOGENbild

Förädlad skogsodlingsmaterial

Att använda genetiskt förädlad frö eller förädlade plantor är ett effektivt sätt att höja tillväxten i skogen. Det kan ge effekt på hela arealen och effekten sitter i hela omloppstiden. Förädlad frö finns tillgängligt och det kostar obetydligt mer än oförädlad. Förädlade skogar sköts som vanliga skogar på ett högre ståndortsindex. Det svenska förädlingsprogrammet garanterar bibehållen genetisk variation. Förädlad frö för skogssådd och plantproduktion produceras vanligtvis i fröplantager. Det är en rationell metod men nackdelen är den långa väntetiden från anläggning av plantagen till skörd. När fröplantagerna kan skördas har förädlingsfronten avancerat ytterligare. Genom att i stället utnyttja små fröpartier som korsas fram i förädlarnas arkiv för storskalig vegetativ massförökning kan den praktiska tillämpningen hålla jämna steg med de senaste framstegen i förädlingen. Framkorsade fröpartier av gran kan förökas genom att fröna kopieras till s.k. SE-plantor med somatisk embryogenes. Fröplantor eller SE-plantor kan också vara bas för sticklingförökning. Slutprodukten blir då rotade sticklingar till skogsplanteringarna.

Fröplantageplantor

Analysen av Sveaskogs andelar i fröplantager för olika trädslag och användningsområden i landet visar att tillgängligt plantagefrö räcker för plantering av hela förnygringsarealen under perioden 2011-2020. Eftersom det kommer att finnas ett överskott av frö, som är olika stort i olika marknadsområden, är det även möjligt att välja ut det bästa fröet för plantering. Det enklaste sättet är att endast skörda de bästa plantagerna. Den genomsnittliga genetiska vinsten skulle då bli 12 % ökad medeltillväxt jämfört med oförädlad material för både tall och gran. Tillämpat på en årsyta förnygring skulle det öka tillväxten med 984 000 m³sk.

Den genetiska vinsten kan höjas ytterligare till i genomsnitt 15 % för tall och 13 % för gran under perioden 2011-2020. Det görs genom att endast skörda de bästa träderna i fröplantagerna, s.k. särplockning. Särplockningen avpassas för att räcka till plantproduktionen. Särplockning kan göras med bibehållen genetisk variation eftersom alla fröplantagens fäder fortfarande bidrar med sina gener. Om detta skulle genomföras ökar tillväxten per årsyta till 1 152 000 m³sk.

Plantagefrö av contortatall har en genomsnittlig genetisk vinst på 8 % men överskottet är så stort att särplockat frö med en genetisk vinst på 13 % kan utnyttjas. Merkostnaden för att särplocka fröplantager är låg och beräknades till 0,01 kr per frö.

Nuvärdet av att använda plantagefrö på hela förökningsarealen är 68 miljoner kr per år och vid användning av särplockat frö 80 miljoner kr. Analyserna av särplockning visade att lönsamheten är så stor så att det valdes som standardalternativ vid plantering. Sveaskog bör överväga att systematisk särplocka i sina fröplantager.

SE-plantor och sticklingar

Sveaskog medverkar i ett projekt för att utveckla SE-tekniken. Den finns ännu inte på plats men förväntas bli kommersiell under kommande tioårsperiod. Sticklingmetodiken är beprövad och tillämpningen ökar i plantskolorna. Båda metodernas plantor är dyrare än vanliga fröplantor och det är svårt att bedöma framtida plantpriser om metoderna utvecklas för att möta en stor efterfrågan. Bedömningen just nu är att sticklingar är billigare. Eftersom den genetiska vinsten är likartad blir sticklingalternativet lönsammare.

För Götaland och Bergslagen analyserades alternativet med bulksticklingar av gran. Med bulksticklingar avses att man utgår från ett plantparti med många plantor där varje planta förökas med ett mindre antal sticklingar. Bulkstick-

lingarna tillverkades av plantor från bra korsningar mellan testade plusträd eller av moderplantor framställda med somatisk embryogenes från det projekt som Sveaskog är delaktiga i. Den genetiska vinsten beräknades till 30 %.

Användning av gransticklingar rubriceras som klonskogsbruk och begränsas av lagen till maximalt 5 % av arealen per brukningsenhet. Om den arealen ska nås i jämn takt blir den årliga planteringen 379 ha per år i Bergslagen och 272 ha per år i Götaland. Sammanlagt behövs 1 430 000 sticklingar per år och det skulle öka tillväxten med 109 000 m³sk på en årsyta och skapa ett årligt nuvärde på 5,4 miljoner kronor.

Plantering av bulksticklingar ska inte jämföras med klonskogsbruk. Klonskogsbruk bedrivs med ett fåtal väl testade kloner som var och en kopieras i miljontals exemplar medan bulksticklingar innebär kopiering av plantpopulationer med stor genetisk variation med några kopior per planta. Därför analyserades även tillämpning av gransticklingar utan 5 % restriktionen. Om alla granmarker i Götaland och Bergslagen förnygrades med gransticklingar skulle det årliga nuvärdet öka med 56 miljoner kronor och den årliga tillväxten öka med 765 000 m³sk.



Foto: Leif Öster

Gödsling

Kvävegödsling på fastmark

Kväve begränsar tillväxten på nästan all Sveriges skogsmark klassad som fastmark. Gödsling med kväve på fastmark är den tillväxthöjande metod som snabbast producerar avverkningsmoget virke. En kvävegödsling ger effekt i ca tio år och kan sedan upprepas. Gödslingen görs därför normalt 10-30 år före slutavverkning. Kapitalkostnaden gör att gödsling 10 år före avverkning är lönsammast och gödsling av tallbestånd är som regel lönsammare än av granbestånd. Gödsling 20 och 30 år före avverkning är mindre lönsamt men kalkylen gav positiva nettonuvärden för en stor del av bestånden. Även om det var lönsamt att gödsla tallbestånd i Götaland bör det undvikas enligt Skogsstyrelsens nuvarande allmänna råd. Effekten av en gödsling är, beroende på träslag och ståndort, 11-20 m³sk/ha fördelat på 8-10 år (Pettersson 1994).

Den långsiktigt möjliga gödslingsbara arealen baserades på registeranalyser, avverkningstakten enligt IAS 41 och Skogsstyrelsens rekommendationer. Med hjälp av det och kalkyler för olika typbestånd och gödslingsregimer beräknades den på lång sikt uthålligt gödslingsbara arealen på Sveaskog till 19 000 ha per år. Tyngdpunkten för denna areal ligger på de tre norra marknadsområdena, men vissa arealer finns också i Bergslagen och Götaland.

Ett gödslingsprogram på den arealen skulle generera en ökad tillväxt på 332 000 m³sk per år. Nettonuvärdet av gödslingsprogrammet är högt, 44 miljoner kronor per år. Investeringskostnaden är också hög, 54 miljoner kronor per år. Kostnaden för gödsel är starkt kopplad till energi- och spannmålspriset och har därför ökat de senaste åren. De höga och variabla kostnaderna gör att det är lämpligt att årligen omvärdera gödslingsprogrammet baserat på kalkyler för olika bestånd och gödslingsregimer.

Torvmarksgödsling

Torv är organogen jord som har låga halter av vissa mineralnäringsämnen. Gödsling med fosfor och kalium i skog på torvmark kan vara en lönsam åtgärd för att öka skogsproduktionen. För att få en hög gödslingseffekt krävs att torvmarken är väl dränerad och att utbudet av växttillgängligt kväve inte begränsar tillväxten. Aska innehåller de nödvändiga näringsämnena och är därför ett utmärkt gödselmedel på torvmark (Sikström m.fl. 2010).

Enligt data från Riksskogstaxeringen har Sveaskog 146 000 ha produktiv torvmark, varav 52 000 ha är dikad.

Av den dikade arealen är 40 000 ha klassad att ha "fungerande diken" och 12 000 ha att ha "ej fungerande diken". Det finns inga fullständiga prognosfunktioner för att uppskatta tillväxteffekten av torvmarksgödsling vid olika ståndorts- och beståndsförhållanden. Därför gjordes exempel på ekonomiska kalkyler för några enstaka typfall av engångsgödsling, dels ca 30 år före slutavverkning, dels vid 20-30 års beståndsalder.

Den totala tillgängliga lämpliga arealen för åtgärden uppskattades till 18 800 ha, en årsyta på ca 200 ha och en årlig total tillväxtökning på 7 200 m³sk. Ca 60 % av den lämpliga arealen, ca 70 % av årsytan och knappt 80 % av totala tillväxtökningen finns inom marknadsområde Bergslagen och Götaland. Nettonuvärdet av att gödsla en årsyta beräknades till 0,7 miljoner kr.



Foto: Björn Svensson, SKOGENBILD

Dikesrensning

Med dikesrensning avses både dikesrensning av dikessystem i etablerad skog och dikesrensning i samband med föryngringsavverkning. Med tiden slammar och växer diken igen så att den dränerande funktionen minskar. Om det växande beståndet inte kan kompensera för dikenas försämrade dräneringseffekt genom interception och transpiration minskar trädens tillväxt och de kan även skadas på olika sätt. Till detta kommer minskad stabilitet och minskad bärighet för maskiner. Efter föryngringsavverkning upphör beståndets transpiration och grundvattnet stiger.

Syftet med dikesrensning är att öka plantöverlevnad och tillväxt eller att i etablerad skog upprätthålla uppnådd tillväxt genom tidigare dikning. Kunskapen om dikesrensning kommer nästan uteslutande från finska studier av dikad torvmark med tallbestånd med relativt låga virkesförråd. Dokumenterade studier av effekter i föryngringsskedet saknas i stort sett. Efter slutavverkning på dikad mark är det dock oftast nödvändigt att rensa diken, varför åtgärden kan ses som en tvingande föryngringsåtgärd och därmed en föryngringskostnad.

Enligt data från riksskogstaxeringen finns inom Sveaskogs markinnehav 267 000 ha dikad produktiv mark, varav 215 000 ha är fastmark och 52 000 ha torvmark. Av den totala dikade arealen är 219 000 ha klassad att ha ”fungerande diken” och 48 000 ha att ha ”ej fungerande diken”. Eftersom det funnits oklarheter hur bestämmelserna om dikesrensning ska tolkas har det inte varit en prioriterad åtgärd under de senaste decennierna, varför det är rimligt att anta att en stor andel diken är i dåligt skick.

Det finns ingen enkel metod för att direkt fastställa vattenförhållandena i fält för att kunna avgöra behovet av dikesrensning. Behov av rensning verkar i många fall ligga i intervallet 20-30 år för att upprätthålla tillväxten. I ett slutet bestånd där volymen är större än 150-200 m³/ha kan interception, avdunstning och transpiration vara så hög att dikenas betydelse för dräneringen är liten eller obetydlig. Det talar för att dikesrensning är viktigast under den första delen av omloppstiden, d.v.s. i samband med föryngringsavverkning och eventuellt efter första gallring. En förutsättning för att få en tillväxtökning efter dikesrensning är att utbudet av växttillgänglig näring är tillräcklig. Det är viktigt att minimera antalet dikesrensningar för att både minimera miljöpåverkan, främst i avrinnande vatten, och för en god ekonomi. Det finns inga generella prognosfunktioner för att uppskatta tillväxteffekten av dikesrensning. Därför har ekonomiska kalkyler endast gjorts för några få typfall med dikesrensning vid

1:a gallring. Lönsamheten är starkt beroende av antagandena om tillväxteffekten. Eftersom dessa är svåra att fastställa blir resultaten mycket osäkra.

Den tillgängliga arealen för dikesrensning i samband med förstagallring ger en årsyta på 1 500 ha. Dikesrensning på denna areal skulle årligen kunna ge ca 30 000 m³sk. Lönsamheten för åtgärden är mycket varierande från objekt till objekt och svår att prognosticera.

För att komma vidare med att utnyttja dikesrensning som tillväxthöjande åtgärd behöver Sveaskog skaffa sig en bättre bild av skogstillståndet och dikenas funktion på de dikade objekten. Då blir det möjligt att välja ut de marker där rensningsbehovet är störst, vilket ger förutsättning för att hitta de objekt där åtgärden har högst lönsamhet.



Foto: LE Carlsson, SKOGÉNbild

ÖKADE UTTAG

Det här avsnittet inleds med en tänkbar skötselmodell som bygger på att kombinera ökad tillväxt genom tätare ungskogar med ökade uttag av klen virke till energived som normalt inte kan avsättas till massaved eller timmer.

En alternativ skötselmodell med hög initial täthet för ökad tillväxt och uttag av energived

Sveaskogs mål med hög och lönsam skogsproduktion ger en inriktning av skogsskötseln mot timmer och massaved. Sveaskog är intresserad av att pröva om inriktningen kan kombineras med ökad produktion av energived genom ökad täthet i ungskogen. Hur skulle konflikten kunna lösas mellan önskemålet att avverka grova högkvalitativa träd och att ha täta ungskogar med klena träd, och hur hantera att det blir svårare att göra urval av framtidsträd vid energivedsuttag än vid röjning? Då Sveaskog vill undvika tillväxtförluster analyserades ökade uttag av stamved medan grenar och barr lämnas kvar i beståndet.

Tillväxtökning genom ökad täthet ställer krav på jämnhet, varför metoden främst kan utnyttjas i tämligen trädslagsrena tallbestånd (Pettersson 1993). Lövinblandning skulle normalt överskärma och skada tallarna med negativa konsekvenser för den fortsatta beståndsutvecklingen. Det är för dyrt att plantera till önskad täthet varför utgångsbestånden måste vara lyckade sådder eller naturliga föröngningar. Granskogar planteras och blir därmed sällan täta och lämpar sig av flera skäl inte för denna skötselmodell, medan lövskogar ska röjas tidigt och växa glest. Genom att hoppa över slutröjningen vid 4,5 m medelhöjd i sådder och självföröngningar och i stället göra en tidig gallring vid 9,5 m övre höjd för att ta ut energived skulle Sveaskog kunna ta till vara den högre produktionen och sänka röjningskostnaden. Sveaskogs erfarenhet är att biobränsleuttag i denna typ av täta bestånd kan vara lönsamt.

Utredningen visade att det den högre tillväxten av ökad täthet kan tas till vara med dagens flerträdsteknik i avverkning vid ett extra och tidigt uttag av energived och anpassade efterföljande gallringar. En förutsättning var att tätheten var måttligt hög, ca 3 600 stammar per hektar, och att energivedspriset var i nivå med det för massaved. Därmed ökar intäkterna och avverkningskostnaderna omfördelas så att ekonomin förbättras vid avverkning av de klena träden i de täta alternativen. Nuvärdena för energivedsprogrammen närmade sig dem för de konventionella programmen, som dock gav högst nuvärde. Trots skötselanpassningen medför de tätare alternativen ökade risker genom att träden är

gängliga. Ökad täthet ställer också ökade krav på tidspassning, vilket minskar handlingsutrymmet och ökar riskerna ytterligare. Ökade risker gör att tillväxtökningen kan förbytas i tillväxtförlust.

Ett exemplet med 4 500 stammar vid energivedsgallringen accentuerade de skötselproblem som uppkommer genom att skogen fortsätter att vara mycket tät mellan stickvägarna efter uttaget av energived. En så tidig avverkning kan inte göras hur hårt som helst mellan vägarna. För att inte öka risken i dessa fortsatt mycket täta bestånd behöver därför nästa ingrepp göras efter kort tid. Träden i det stamrika beståndet är då fortfarande klena och uttaget blir både litet och kostsamt. Kompromissen att skjuta upp det andra uttaget för att låta beståndet växa ytterligare en tid ger större uttag och grövre träd men samtidigt ökar risken och även den sista gallringen försenas.

Lönsamheten i program med tidigt energivedsuttag beror förutom på priset på energived och kostnaden också i hög grad på om röjningskostnaden kan minskas. För att utveckla produktionsmodellen med tidiga energivedsuttag bör det därför vara intressant att utreda konsekvenserna av "måttligt täta" utgångsstamantal som efter energivedsgallringen hamnar under ca 1 800 stammar per hektar mellan stickvägarna. Det kan nås med ett utgångsläge om högst ca 3 600 stammar per hektar vid energivedsgallringen. Då uppnås huvuddelen av den möjliga tillväxtökningen. Träden blir grövre och kan hanteras med flerträdsteknik. Sammantaget så underlättar det den fortsatta skötseln, lönsamheten ökar och risken minskar även om den inte helt försvinner.



Foto: Thomas Adolfsen, SKOGENbild

För att ett sådant skötselprogram ska passa in i Sveaskogs nuvarande röjningsstrategi skulle all plantröjning vid 1,5 m höjd göras till en övre täthetsgräns bestämd av önskad täthet vid energivedsuttaget, ca 3 000-3 500 stammar per hektar. Enligt nuvarande modell friställs plantorna till en meters mellanrum, vilket kan resultera i större täthet. I praktiken resulterar friställningen i markberedningsraderna dock sällan i mer än 2 500-4 000 stammar per ha hektar. De bestånd som är lämpliga för energivedsuttag vid tidpunkten för slutröjning, 4,5 m, släpps då vidare utan åtgärd för senare energivedsuttag. Övriga bestånd slutröjs istället till 1 600-2 100 stammar per hektar beroende på SI.

Om Sveaskog skulle satsa på ett tidigt energivedsuttag kan plantskogsröjningen i sådda och självföryngrade bestånd generellt behöva senareläggas något år för att undvika problem med stubbskott från bortröjda lövträd. En annan fråga är om tätheten räcker för att skapa önskad kvistkvalitet och ge utrymme för älgbete och urval av oskadade framtids-träd. Ett större uttag i plantskogsröjningen och ett mindre i slutröjningen skulle i alla fall bli billigare och produktionen skulle bli högre än vid ett större uttag i slutröjning vid 4,5 m i de fall man väljer att röja. Om man inte alls överväger programmet med bioenergiuttag i täta ungskogar kanske plantröjningen skulle göras till 2 500-3 000 stammar per hektar och stamantalet sedan slutjusteras vid 4,5 m. Å andra sidan kan nya produktionsformer och ny avverkningsteknik inom några år göra att plantröjningen kan göras än mer schablonmässig.

Den totala tillväxtnöknningen genom ökad täthet beräknades utifrån att 40 % av den areal som Sveaskog för-yngtrar med skogssådd eller under fröträd (2 500 ha/år) ger bestånd som har 3 600 stammar per ha vid öh 9,5 m. Med antagande att alla täta för-yngringar utom de på halva arealen SI T18 används blir arealen ca 2 000 ha per år. På den arealen skulle tillväxten på sikt kunna öka med i storleksordningen 40 000 m³sk per år. Siffran får ses som en potential som kan vara svår att uppnå i praktiken. Ett sådant program skulle sänka röjningskostnaden med maximalt 5,2 miljoner kr per år (diskonterad kostnad 2,3 miljoner kr). Grovt räknat med hjälp av marginalkostnaden för avverkning och terrängtransport som beräknades till 450 kr/m³f (löpande) för tallbestånd på SI T24 skulle den ökade avverkningsskostnaden bli 18 miljoner kr per år (diskonterad kostnad ca 7 miljoner kr).

Frågan om täta ungskogar för uttag av energived är mycket komplex och analyserna i denna utredning är endast översiktliga. Konsekvenser för natur och miljö har t.ex. inte alls berörts. Utredningen har inte heller analyserat konsekvenserna av att ta ut all biomassa, vilket är en ytterligare möjlighet för att öka uttaget. Ny kunskap om produktionsförhållandena samt ny avverkningsteknik är på gång men finns ännu inte på plats. Om några år kommer det att finnas underlag för att inkludera dessa potentiella möjligheter i ett mer omfattande beslutsunderlag.

Uttag av grot vid slutavverkning

Det ojämförligt största energivedssortimentet från Sveriges skogar är grenar och toppar (grot) som framförallt tas till vara vid för-ynggringsavverkning. Med grotuttaget tillvaratas extra biomassa utöver skörden av timmer och massaved. Alternativet är att låta groten förmultna på hygget. Fördelen med att ta ut grot är det kommersiella värdet på energimarknaden, nackdelen är förlorat markskydd vid drivning och näringsförluster som minskar tillväxten i den nya skogen. För att det totalt sett ska vara lönsamt måste värdet av fördelarna vara större än värdet av nackdelarna.

Under 2010 var Sveaskogs uttag av grot på egen skog ca 45 % av den tillgängliga volymen vid för-ynggringsavverkning. Det innebar en ökning från ca 180 000 till 390 000 m³fub från år 2008 till 2010. Sveaskogs målsättning fram till 2014 är att kunna ta tillvara 60 % av grotvolymen. Det uttaget uppskattas till ca 520 000 m³fub. Den verkliga mängden grot beräknades utifrån den årliga virkesvolymen från planerade för-ynggringsavverkningar, som är ca 3,8 miljoner m³fub. Det finns både tekniska, ekonomiska och biologiska skäl till att all mark inte är lämplig för grotuttag, varför det uppskattades att ca 80 % av arealen utnyttjas och att ca 75 % av den grotvolymen där tas tillvara. Det innebär ett teoretiskt beräknat uttag av ca 60 % av volymen grot som årligen faller ut vid för-ynggringsavverkning.

För verksamhetsåret 2011 beräknar Sveaskog att ta ut grot på ca 12 000 ha vilket motsvarar ca 60 % av den årliga för-ynggringsarealen. Mängden uttagbar grot är dock mycket beroende av markens bördighet, virkesförråd samt dominerande trädslag. Den tekniska utvecklingen de kommande åren kan även ha betydelse för möjligheten att öka uttaget av grot, bl.a. maskiner med bättre bärighet. Uttag av grot i slutavverkning är en lönsam affär för Sveaskog.



TILLVÄXTFÖRLUSTER

Skogsbränsleuttag

När man tar ut en större andel av biomassan vid avverkning ökar även uttaget av växtnäring. Grenar, toppar, bark och särskilt barren innehåller förhållandevis mer näring än stamveden. Uttaget av grot resulterar i minskad skogstillväxt, markförsurning och kan öka körskadorna och deras följdverkningar. Även uttaget av den rent organiska delen av biomassan kan ha negativa effekter på de ekologiska processerna vid etableringen av ny skog.

De tillväxtförluster efter skogsbränsleuttag som uppmätts i försök brukar i genomsnitt uppgå till mellan 5 och 15 %. Dessa förluster gäller för både tall och gran, samt efter uttag i såväl slutavverkning som i gallring. I tallungskog påverkas främst diametertillväxten, och höjdtillväxten i mindre grad, varför tillväxtförlusterna sammantaget brukar bli något mindre i tallbestånd. Effekterna tycks uppstå i alla typer av ståndorter, bördiga som magra, och i relativa tal vara av samma storleksordning. Detta innebär att tillväxtförlusterna i absoluta tal, räknat i kubikmeter, blir störst på de bördigare markerna. De långsiktiga effekterna på skogsproduktionen är okända. Hittillsvarande försöksresultat antyder dock att tillväxtnedläggningarna är successivt övergående under de första 10-15 åren, möjligen med ett mer utdraget förlopp på svagare marker. Liknande effekter tycks erhållas även i de få försök där skogsbränsleuttag skett vid upprepade tillfällen. Tillväxtförlusterna motsvarar i genomsnitt 1-2 års tillväxt.

För att bedöma åtgärdens samlade effekt på skogstillväxten hos Sveaskog utnyttjades företagets uppskattade arealmål för grotuttag vid föryngringsavverkning och dess fördelning på olika marknadsområden. Beräkningarna uppskattar den minskade tillväxten av ett års grotuttag till ca 125 000 m³sk. Nuvärdesförlusten av denna tillväxtminskning är 21 miljoner kronor per år. Det är en avsevärd tillväxtförlust som måste kompenseras genom försäljningsnettot av groten. För närvarande är nettot av grotuttaget flerfaldigt större än kostnaden för tillväxtförlusten.

Rotröta

Rotröta minskar tillväxt och virkesvärde och är en betydande skadefaktor i framförallt granskog. Rotröten ökar långsamt i Sverige. En analys av ca 50 000 tillfälliga provträd (granar) från Riksskogstaxeringen åren 1983-2001 visade att i snitt 7 % av träden var rötangripna i brösthöjd. Röt förekomsten var högre i den senare halvan av tidsperioden, 7,9 % jämfört med 6,4 % i den första halvan (Thor m.fl. 2004) Rotrötans

spridning i bestånden kan motverkas genom att behandla stubbarnas snittytor med det biologiska bekämpningsmedlet ”Rotstop” vid avverkning. Utredningen fokuserade på att kvantifiera effekterna av stubbehandling av rotröta i gallring och slutavverkning. Idag används stubbehandling rutinmässigt bara vid gallring.

För Götaland och Bergslagen blev det lönsamt att behandla stubbar i samtliga avverkningsoperationer på både G26 och G32. I Södra Norrland var det lönsamt med fullständig behandling i G26. På G20 var slutvärdet relativt lika mellan obehandlat och behandling i gallring. Behandling i slutavverkning var ej lönsam här. I Norrbotten och Västerbotten var stubbehandling ej lönsamt på den enda typståndorten för gran (G20).



Foto: Thomas Adolfsen, SKOGENbild

Den sammanlagda tillväxtförlusten av att ej behandla stubbar var ca 140 000 m³sk/år. Detta jämfört med vad man kan uppnå om stubbehandling utförs i både slutavverkning och gallring. Nettonuvärdet av stubbehandling både i gallring och slutavverkning på hela arealen G26 och G32 är 20 miljoner kronor per år. Kostnaden beräknades till 12 miljoner kronor per år. I dessa kalkyler har hänsyn inte tagits till att det årliga behovet är lägre eftersom stubbehandling ej är nödvändigt vid vinteravverkning.

Stubbehandling är också en strategiskt viktig åtgärd som leder till minskade angrepp av rotticka även i kommande skogsgenerationer. Ett beslut om stubbehandling ska således inte enbart avgöras av dess lönsamhet i första omloppstiden. Stubbehandling har därför inte tagits med i den följande ekonomiska optimeringen.





Foton (från vänster): Kenneth Johansson, Mattias Westerberg, Stefan Örtenblad, / SKOGENbild

Älgskador

De ekonomiska effekterna av älgskador har diskuterats under lång tid. Hittills genomförda beräkningar har haft stöd i observationer av försämrade virkeskvalitet och därmed reducerat värde medan effekten av minskad tillväxt inte haft något experimentellt stöd utan varit mer eller mindre grovt uppskattad. Skogforsk har nyligen analyserat ett långliggande försök där dokumenterade älgskador direkt kan relateras till både tillväxtnedsättning och kvalitetsförsämring (Pettersson m.fl. 2010). Det här är första gången dessa grunddata används för att analysera tillväxtförlusterna med ledning av observerade älgskador på ett stort skogsinnehav. Sveaskog har en hög andel tall, 62 % av virkesförrådet och 71 % av arealen. Tallandelen är nästan dubbelt så hög som genomsnittet i Sverige. Älgskador och älgförvaltning är därför högst angelägna frågor för Sveaskog.

Effekten av älgbetet på tallens volymproduktion och virkeskvalitet beräknades först för typbestånden och skalades sedan upp med hjälp av kunskap om andelen föryngringsarealer i olika skadeklasser hos Sveaskog i de olika marknadsområdena. Skadeklasserna bygger på data från inventeringar under 2009-2010 på Sveaskogs egen mark och avser den ackumulerade andelen älgbetade träd då bestånden vuxit ur älgfarlig höjd. De klasser som användes var 0-10, 11-30, 31-50 och 51+ %. Inventeringsdata med önskad upplösning saknades för Norrbotten och Västerbotten varför det antogs att fördelningen av skador på skadeklasser var samma som i Bergslagen. Dels beräknades gagnsvirkesförluster för en hel omloppstid, dels förluster i nuvärde vid 5 m höjd – båda värdena för skogen på en årsyta. Jämförelser gjordes med om all ungskog var oskadad.

Totalt på Sveaskogs innehav medför dagens älgbetet

en volymförlust under hela omloppstiden på 850 000 m³sk för skogen på en årsyta. Om alla skador istället skulle ha legat i skadeklassen 11-30 % skulle volymförlusten ha varit 600 000 m³sk. Uttryckt i nuvärden vid 5 m höjd motsvaras

detta av 64 respektive 48 miljoner kronor. Beroende på marknadsområde och ståndortsindexklass varierar till exempel nuvärdesförlusterna av de verkliga skadorna mellan 13 och 40 %. Förlusterna i nuvärde för tallskogen är 29 %, vilket är mer än 19 % förlust i volym. Det beror på att de skadade träden är mindre värda än träden i oskadade bestånd. Andelen timmer blir mindre och virkeskvaliteten försämras av älgskadorna.

Den höga nivån på älgskador medför lokalt mycket hårda skador där skadade bestånd måste föryngras på nytt, ibland med mindre lämpliga trädslag etc. Det framtingar mindre rationella och i sig tillväxtsänkande röjningsregimer med uppskjuten röjning till dess bestånden vuxit till betessäker höjd.

På grund av svagheter i kunskapsunderlaget måste de erhållna resultaten tas med viss reservation. Den svagaste länken i beräkningskedjan är bristen på fältförsök. Analysen stöds på endast ett försök och att göra generaliseringar om tillväxtnedsättningar utifrån det är givetvis en svaghet. En annan svag punkt är att skadedata från älgskadeinventeringen i nordligaste Sverige (Norrbotten och Västerbotten) inte var fördelade på skadeklasser.

Frekvensen älgbetade tallar påverkas av älgstammens täthet i förhållande till fodertillgång. Avverkning och skogs-skötseln påverkar älgfodrets mängd, fördelning och kvalitet som i sin tur påverkar älgens sätt att beta. En ändring av till exempel avverkningsnivå, röjningssätt eller satsningar på nya trädslag kan därför förändra skadesituationen.

En tillväxtförlust på 19 % i tallskogen och en ännu större värdeförlust är för hög i förhållande till Sveaskogs mål för lönsamhet och virkesproduktion. När måltalen för skador fastställs ska även värdet av en god älgstam för naturupplevelser och jakt tas med i beräkningarna. Värdet av jakt kommer bl.a. till uttryck i jaktarrendena. Det krävs en långsiktig samförvaltning av vilt och virkesproduktion för att åstadkomma en hög total lönsamhet, som samtidigt måste vara biologiskt och ekonomiskt uthållig.

ÖVRIGA FAKTORER SOM PÅVERKAR MÖJLIGHETERNA TILL ÖKAT UTTAG OCH ÖKAD TILLVÄXT

Uttag av stubbar

I SKA-VB 08 (Skogsstyrelsen 2008) beräknades potentialen för ökade uttag av skogsbränsle på tre nivåer, varav den mest restriktiva förutsatte både ekologiska och tekniska hänsyn. Det innebar uttag på ca 70 % den areal som förnygringsavverkas och att ca 40 % av alla barrträdsstubbar och alla lövträdsstubbar lämnas kvar. För Sveaskog som har målsättningen att ta ut 75 % av all grot på 80 % av arealen (60 % av all grot), vilket skulle kunna ge 520 000 m³fub de närmaste åren, skulle motsvarande intensitet i stubbskörden som i SKA-VB 08 i proportion kunna ge 680 000 m³fub. Det skulle alltså mer än fördubbla uttaget av skogsbränsle.

Behovsanpassad gödsling i granskog

Med behovsanpassad gödsling (BAG) avses upprepad gödsling av gran med start vid ca 2 m höjd och gödsling vartannat år ca 6-7 gånger tills skogen är fullsluten. Därefter sker gödsling med ca 5-10 års intervall till lämplig tid före slutavverkning. Tillväxtökningen uppkommer dels som en tidsvinst genom att skogen sluter sig snabbare, dels genom högre tillväxt i den slutna skogen (Larsson m.fl. 2009).

I analysen användes en modell för en granskog med SI G24 som gödslades 8 gånger vartannat år med start vid övre höjd 3 m samt två gånger med 8 års intervall. Slutavverkning skedde vid 61 istället för vid 91 år, d.v.s. 45 år efter gödslingsstart. Medeltillväxten ökade från 5,1 till 9,0 m³sk/ha och år. Räknat till gödslingsstarten ökade nettonuvärdet med 13 046 kr/ha och den diskonterade gödslingskostnaden var då 20 690 kr/ha. Investeringskvoten var 0,63 kr/kr, vilket är mindre än för alla andra åtgärder.

I SKA-VB 08 tillämpades BAG på 5 % av skogsmarksarealen där gödslingsprogrammet successivt infördes under 50 år, allteftersom lämpliga arealer blir tillgängliga i takt med den årliga avverkningen. Tillväxtökningen räknat på hela den brukade arealen i Sverige hamnade på knappt 5 %.

För Sveaskogs del är 5 % av den brukade arealen

120 000 ha. Om Sveaskog kan välja objekt för gödsling på samma sätt som i SKA VB 08 skulle tillväxten öka förhållandevis lika mycket. Räknat på basnivån 10,2 miljoner m³sk skulle det bli ca 500 000 m³sk/ha år. Med den genomförda kalkylen skulle tillväxtökningen bli 460 000 m³sk per år. Om programmet att nå 120 000 ha infördes under en 50-årsperiod blir det årliga marktillskottet till den gödslade arealen 2 400 ha. Årskostnaden för gödslingsprogrammet ökar från 6,4 miljoner kr per år och stabiliseras vid 63,8 miljoner kr per år efter 30 år.



Foto: Björn Svensson, SKOGENbild

Nydikning av våta marker

Våtmarkernas ökande värde för naturvården gör att frågan om nydikning inte är aktuell och det finns många frågetecken kring möjligheterna vad gäller naturvårds- och miljöeffekter som t.ex. vattenkvalitet och CO₂-balans. Här gjordes ändå en uppskattning av tillväxtpotentialen av nydikning med hjälp av en äldre nationell bedömning att 27 % av ägoslaget myr skulle lämpa sig för ändamålet (Rosvall 2007). För Sveaskogs 725 000 ha myrimpediment (när avsatta arealer frånräknats) skulle det innebära en potential att dika 195 000 ha, vilket på lång sikt skulle öka tillväxten med 630 000 m³sk. Till det kan komma diknings-effekter på delar av den produktiva skogsmarken på torv.

Klimatförändring

Den förväntade globala klimatförändringen förväntas öka skogens tillväxt i Sverige. Ökad temperatur ger förlängd växtsäsong och tillväxten ökar framförallt genom den tidigare växtstarten. Med utgångspunkt i klimatscenerierna B2 som i princip innebär att samhället får kontroll på CO₂-utsläppen och A2 (572 respektive 726 ppm CO₂ i atmosfären år 2085, vilket innebär ca +2,5 och +3,6°C temperaturökning) beräknades tillväxten i Sverige öka med 17 respektive 30 % i slutet av detta århundrade (Bergh m.fl. 2010). Den relativa ökningen förväntas bli högre för tall och gran än för björk och högre i norra än i södra Sverige. I sydöstra Sverige förväntas brist på vatten under vegetationsperioden att motverka tillväxtökningen genom högre temperatur. En osäkerhet rör temperatureffekten på kväveomsättningen. Proportionellt större effekt av temperaturhöjningen på kväve mineralisering skulle kunna dubbla tillväxteffekten.

För Sveaskogs del beräknades tillväxteffekten med ledning av SKA-VB 08 (Skogsstyrelsen 2008) under antagande av klimatscenario B2. Det skulle öka tillväxten med 24,5 % om 100 år. I genomsnitt för århundradet blir tillväxtökningen något mindre än hälften d.v.s. ca 10 %. Applicerat på basnivån 10,2 miljoner m³sk per år så skulle det innebära ca 1 miljon m³sk extra per år.

Klimatförändringen leder sannolikt även till ändrade vindförhållande som tillsammans med ändrade markfuktighets- och tjälförhållanden förändrar risker för vindfällning

och snöbrott. Klimatförändringen ändrar även risken för angrepp av skadeorganismer.

Även om klimateffekterna är osäkra finns det åtgärder som kan vidtas nu för att öka anpassningen och som är lönsamma även om klimatet inte skulle ändras. Det handlar om att utforma strategier som är robusta mot både det som kan tänkas inträffa och det som inte kan tänkas – det oförutsägbara. Mycket av anpassningen handlar om trädslagsval, skötselprogram med färre gallringar och förkortad omloppstid, d.v.s. de åtgärder som föreslås i den här utredningen.

Kvävenedfall

Atmosfärisk deposition av kväve innebär att betydande mängder växtnäring tillförs i såväl terrestra som marina ekosystem. Det ökade utsläppet av kväve i Sverige och omgivande länder sedan 1950-talet har inneburit en avsevärd ökning av nedfallet. Nedfallet är störst i sydvästra Sverige och avtar mot norr.

Ökad tillgång på kväve resulterar i högre näringshalter i blad och barr och ett ändrat tillväxtmönster. Eftersom de svenska skogarna till allra största delen är kvävebegränsade föreligger ingen omedelbar risk för att kvävemättnad ska uppstå med påföljande läckage av näring, förutom i vissa bestånd i Skåne och Halland. Det är sannolikt att kvävedepositionen givit något högre tillväxt hos träden på vissa marker, men entydiga bevis saknas.

Marker som inte reagerar på kvävegödsling (jmf. baskraven för gödsling) torde inte i någon nämnvärd omfattning reagera på kvävenedfallet. I de områden i landet som är utsatt för de högsta nedfallet finns även de marker som enligt nuvarande prognoser inte reagerar med ökad tillväxt. Till detta kommer att en stor del av kvävenedfallet sker under de tider på året då träden inte är aktiva.

Den avtagande trenden för kvävedeposition gör att eventuella tillväxtökningar baserade på kvävetillskott minskar. Effekten av kvävedeposition på trädens tillväxt har varit svåra att kvantifiera, men kommer att bli mindre och sannolikt överskuggas depositionseffekten av den prognostiserade klimatförändringen. Några ytterligare generella tillväxteffekter av kvävedepositionen ingår inte i den här utredningen.



Foto: SKOGENbild

SAMMANSTÄLLNING AV PRODUKTIONS- POTENTIALER

De olika metodernas potential för ökad lönsamhet och tillväxt finns sammanfattade i tabell 3 och figur 5 och 6. Potentialen för förnygringsalternativen jämförs med den beräknade basnivån plantering av oförädlad tall eller gran. Tabellen visar vad varje metod enskilt skulle ge för bidrag till nuvärde och virkesproduktion vid maximalt utnyttjande på hela den mark där metoden kan tillämpas. Effekterna av de olika åtgärderna kan därmed inte summeras eftersom vissa av dem delar på samma resurs, oftast tillgänglig areal skogsmark. Exempelvis kan inte hybridlärk och förädlade granplanter planteras på samma areal. I avsnittet ”Ekonomisk prioritering av åtgärder”, där investeringarna optimeras, redovisas hur olika metoder kan kombineras på ett optimalt sätt, och vilka summaeffekter det ger.

Tillväxthöjande åtgärder

Att plantera förädlade planter är den metod som har potential att skapa de största nuvärdena och virkesvolymerna. Det är dessutom en mycket billig åtgärd att använda förädlad frö istället för oförädlad. Gödsling på fastmark har näst störst potential att skapa framförallt nuvärden, men även en rejäl årlig tillväxthöjning. Ett fullskaligt gödslingsprogram är den dyraste av de analyserade åtgärderna, samtidigt är det den åtgärd som ger mest virke tillgängligt på kortast tid, 10-30 år.

Användning av contortatall bidrar till ökad lönsamhet och ökad virkesproduktion. Användning av contortatall begränsas av lagar och FSC-regler och vid fri användning skulle potentialen till ökad lönsamhet och tillväxt mångdubblas.

Plantering av sibirisk lärk, hybridlärk och gransticklingar ger nuvärden i samma storleksordning. Sibirisk lärk bidrar endast marginellt till ökad tillväxt medan hybridlärk och gransticklingar bidrar mer. Användning av hybridlärk och gransticklingar begränsas av lagar och FSC-regler medan användning av sibirisk lärk främst begränsas av tillgång på lämpliga marker. Gransticklingar har stor potential att öka lönsamhet och tillväxt om man ej skulle begränsas av lagkravet på max 5 % av arealen. Med tillämpning på all granmark i Götaland och Bergslagen skulle tillväxtökningen kunna öka ytterligare sju gånger.

Satsning på hybridasp ger en ökad tillväxt i samma storleksordning som gransticklingar men ett lägre nuvärde och till en betydligt högre kostnad. Dikesrensning i samband med förstagallring kan ge ett visst virkestillskott men kunskapsunderlaget är bristfälligt och lönsamheten är helt beroende av antagna tillväxteffekter. Av denna orsak ingår inte dike-rensning i den följande investeringsoptimeringen.

Metoden att skapa täta ungsogar med syfte att ta ut mertillväxt som energivärd i tidig gallring har potential att ge ca 40 000 m³sk mer per år. Ett sådant program skulle sänka röjningskostnaden med maximalt ca 5,2 miljoner kronor per år (diskonterad kostnad ca 2,3 miljoner kronor). Grovt räknat skulle den ökade avverkningskostnaden bli ca 18 miljoner kronor per år (diskonterad kostnad ca 7 miljoner kronor).

Gödsling på torvmark har potential att ge ett visst bidrag till ökad tillväxt, och är dessutom lönsamt. Uppskattningarna är dock osäkra och tillgängliga arealer små, varför metoden inte ingår i investeringsoptimeringen.

Att ersätta sådd och naturlig förnygring med plantering på de arealer där dessa metoder används idag ger ett visst tillskott i volym, men som enskild åtgärd är den dyr och dessutom olönsam. Det som gör plantering lönsamt på många marker är att metoden är en förutsättning för användning av högförädlad material, t.ex. särplockat plantagefrö.

Tillväxtförluster och motåtgärder

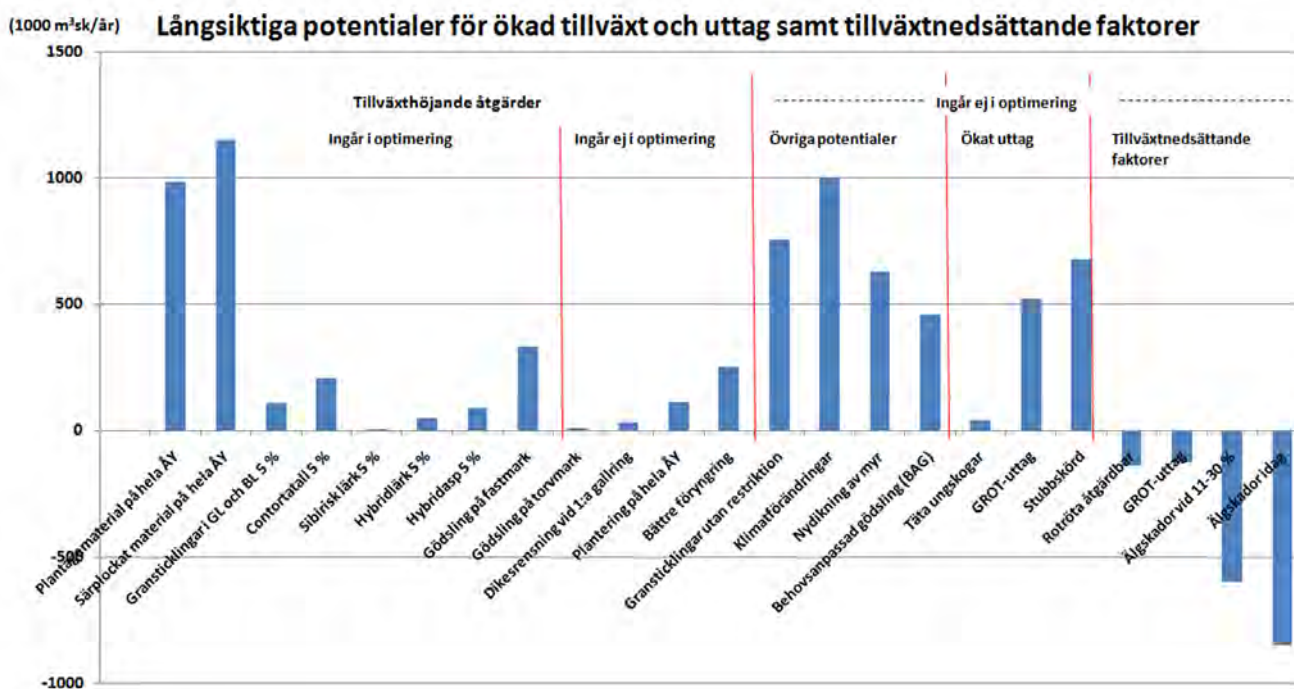
Ökade biomassaavtag i form av grot vid slutavverkning minskar tillväxten i framtida bestånd med 125 000 m³sk och nuvärdet med 21 miljoner kronor. Det uppvägs dock med marginal av inkomstnettot från grotuttaget, vilket kan användas för att kompensera tillväxtförlusten. Stubbbehandling mot rotröta är en relativt dyr åtgärd, men ändå lönsam. Stubbbehandling kan minska virkesbortfallet genom rötskador med 140 000 m³sk och ge ett substantiellt bidrag till lönsamheten med 20 miljoner kronor. Älgbete minskar tillväxten med 850 000 m³sk och nuvärdet med 64 miljoner kronor i betade tallbestånd. En så stor skada står i strid med Sveaskogs mål. Det går inte helt att undvika älgskador och älgen har ett värde för biodiversitet, naturupplevelser och jakt, vilket måste vägas in i värderingen.

De olika skadorna och deras motåtgärder har inte tagits med i investeringsoptimeringen. Uttag av grot är inte en investering och metoden är lönsam även med hänsyn till tillväxtförlusterna. Stubbbehandling är inte bara en investering utan också en strategiskt viktig åtgärd som leder till minskade angrepp av rotticka även i kommande skogs-generationer. Motåtgärder mot älgskadorna kan inte heller analyseras som en vanlig investering.

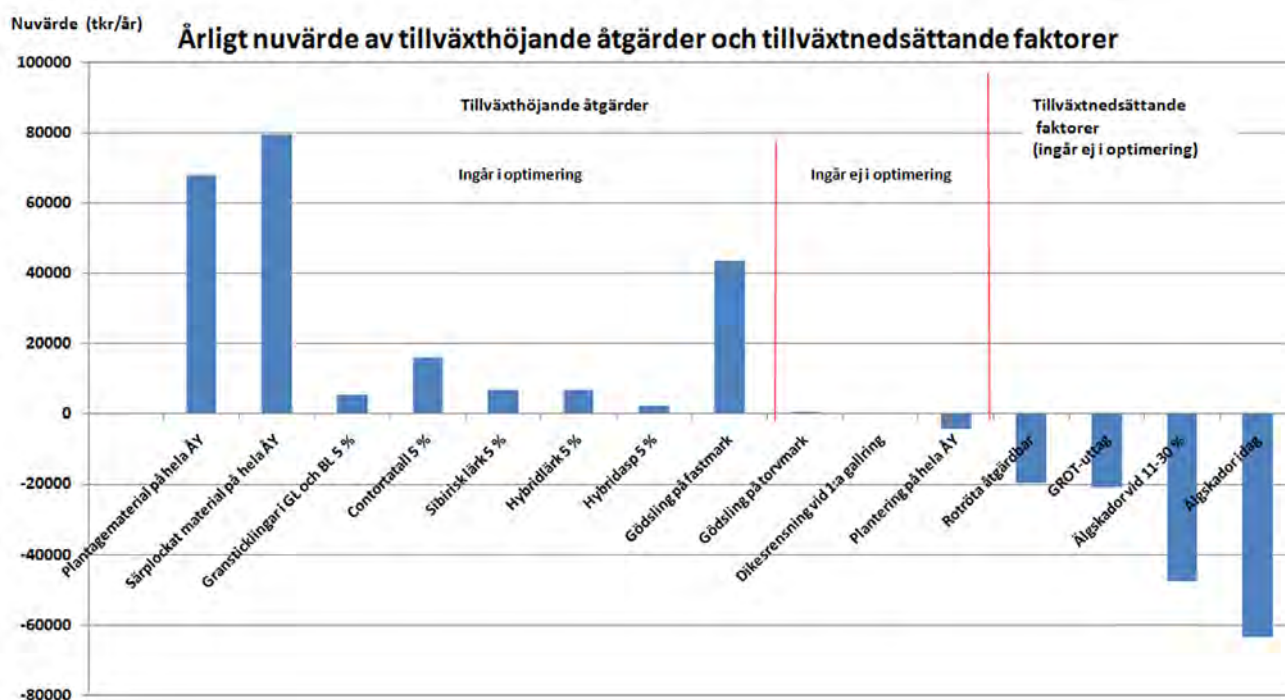
Tabell 3. Totala tillväxteffekter av olika analyserade åtgärder (effekter på en årsyta under en omloppstid).

<i>Effekter på en årsyta 2011-20</i>					<i>Effekter vid systematiskt genomförande på lång sikt</i>		
Åtgärd	Årsyta (ha)	Total tillväxtökning (m ³ sk)	Nuvärde (tkr)	Marginalkostnad ¹⁾ (tkr/år)	Tid till första utfall (år)	Tillväxtökning på hela den brukade arealen (%)	Årlig tillväxtökning (m ³ sk/år)
Tillväxthöjande åtgärder							
Plantagematerial på hela ÅY	20 719	984 000	67 825	3 345	60-80	12,4 %	1 277 000
Särplockat material på hela ÅY	20 719	1 152 000	79 640	3 823	60-80	14,6 %	1 504 000
Gransticklingar i GL och BL 5 %	651	109 000	5 378	2 441	50	1,1 %	109 000
Contortatall 5 %	2 520	208 000	16 084	0	60	2,0 %	208 000
Sibirisk lärk 5 %	1 978	2 000	6 730	4 819	60	0,0 %	2 000
Hybridlärk 5 %	392	50 000	6 807	2 328	40	0,5 %	50 000
Hybridasp 5 %	543	90 000	2 202	13 803	20	0,9 %	90 000
Gödsling på fastmark	19 000	332 000	43 534	54 150	10-30	3,2 %	332 000
Gödsling på torvmark	200	7 200	731	464	30	0,1 %	7 200
Dikesrensning vid 1:a gallring	1 500	30 200	Varierande	4 500	30	0,3 %	30 200
Plantering på hela ÅY	4 148	112 000	-4 193	19 200	60-80	1,3 %	134 000
Bättre föryngring	21 000	250 000			60-80		
Övriga potentialer							
Gransticklingar utan restriktion		756 000					
Klimatförändringar		1 000 000					
Nydikning av myr		630 000 ²⁾					
Behovsanpassad gödsling (BAG)	2 400	460 000					
Ökat uttag							
Täta ungskogar	2 000	40 000			20	0,7 %	40 000
GROT-uttag	12 000	520 000			0		
Stubbskörd	12 000	680 000			0		
Tillväxtnedsättande faktorer							
Rotröta åtgärdbar ³⁾	11 513	-14 000 ³⁾	-19 774 ³⁾	11 951 ³⁾	60-80	-1,4 %	-140 000
GROT-uttag	12 000	-125 000	-20 994		60-80	-1,2 %	-125 000
Älgskador vid 11-30 %	13 827	-598 000	-47 719		50-70	-5,3 %	-598 000
Älgskador idag	13 827	-851 000	-63 528		50-70	-7,5 %	-851 000

¹⁾ Marginalkostnad är den extra kostnad som uppkommer vid genomförande av åtgärden. Detta är jämfört med motsvarande standardåtgärd för att renodla kostnadseffekterna på samma sätt som tillväxteffekterna. ²⁾ Total areal är 195 000 ha ³⁾ Tillväxtförlusten av rotröta förbyts i positiva värden för virkesvolym och nuvärde om man vidtar åtgärder till den givna marginalkostnaden



Figur 5. Långsiktiga potentialer för ökad tillväxt, uttag av bränslesortiment samt tillväxtnedsättande faktorer.



Figur 6. Årligt nuvärde av tillväxthöjande åtgärder och tillväxtnedsättande faktorer på en genomsnittlig årsyta under 2011-2020. De tillväxtnedsättande faktorerna ingick inte i den följande optimeringen.

EKONOMISK PRIORITERING AV ÅTGÄRDER



Foto: Lars Davner, SKOGENbild

Hittills har potentialerna för att höja lönsamhet genom ökad tillväxt beskrivits var för sig. Alla potentialer kan inte utnyttjas fullt ut eftersom de delar på samma resurs. En viktig gemensam resurs är areal och hur den fördelas sig på olika ståndorter. En given areal kan utnyttjas för olika trädslag, förnygringsmetoder och förädlad material, men inte allt samtidigt. Förädlad frö lämpligt för olika zoner är också en gemensam resurs som kan fördelas på olika sätt mellan t.ex. sådd och plantering. En annan viktig gemensam resurs är tillgängligt kapital för investering i skogsvård. Förutom gemensamma resurser begränsas möjligheterna att välja åtgärder av biologi (t.ex. vegetationstyp och klimatläge lämpligt för skogssådd), lagar (t.ex. användning av klonskogsbruk) och FSC-kriterier (t.ex. användning av främmande trädslag). För att hitta de bästa lösningarna på detta komplexa problem användes optimerande metoder. För en given total årlig investering i skogsvård och med hänsyn till ovan nämnda begränsningar ger optimeringen en ekonomiskt optimalt kombination av åtgärder och åtgärds mängder (Simonsen m.fl. 2008, 2010). Genom att optimera vid successivt allt större årliga investeringar kan förändringen av åtgärdssammansättning och marginalnyttan analyseras.

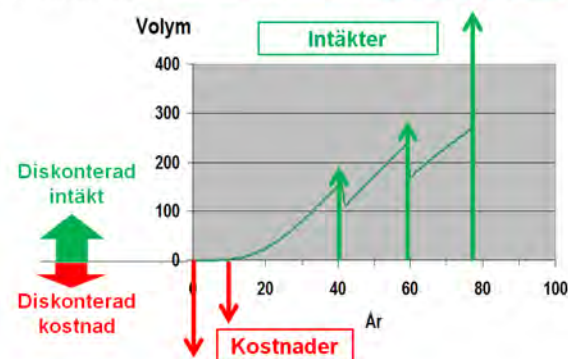
METOD

De åtgärder som ingick i optimeringen var förnygringsmetod, olika genetisk förädlingsnivå hos frön och plantor, alternativa trädslag och gödning på fastmark. Tillväxt-effekter, tillgängliga arealer, andra begränsningar samt kostnader och intäkter (nuvärden) för de åtgärdsalternativ som ingick i optimeringen hämtades från analyser gjorda i utredningens olika delar. Samtliga åtgärder som inkluderades i optimeringen är lönsamma i så motto att de har ett positivt

nettonuvärde (se figur 7) vid den aktuella kalkylräntan 2,56 %. Analyserna är uppdelade på Sveaskogs olika typståndortindex och på marknadsområde. Optimeringen kan alltså resultera i en åtgärd i ett marknadsområde men en annan åtgärd på samma ståndortsindex i ett annat p.g.a. att priser och kostnader skiljer sig mellan områdena.

Som utgångsläge valdes den lägsta möjliga årliga investeringsnivån. Den innebar att alla arealer förnygrades med oförädlad material enligt Sveaskogs nuvarande fördelning mellan naturlig förnygring, sådd och plantering.

Nettonuvärde = Diskonterad intäkt – diskonterad kostnad



Figur 7. Nettonuvärdet av en åtgärd är diskonterade intäkter minus diskonterade kostnader. Nettointäkter i grönt och investeringskostnader i rött.

Den högsta möjliga investeringen var att på varje typstånd-ortsindex i varje marknadsområde, använda den förnyngsringmetod som gav det högsta nuvärdet inom ramen för givna begränsningar och att gödsla all tillgänglig areal där gödningen gav ett positivt nuvärde. I intervallet mellan den minsta möjliga och största möjliga investeringen optimerades åtgärdsmixen med stegvis ökande årlig investering. Lönsamhetskriteriet i optimeringen var kvoten mellan en åtgärds nettonuvärde och nuvärdet av investeringskostnaden för den aktuella skogsvårdsåtgärden (investeringskvot). Investeringskvoten är sortlös (kr/kr) och "evig", den är alltså oberoende av skillnader i omloppstid mellan olika alternativ. För att resultaten på bästa sätt ska kunna utgöra beslutsunderlag för en åtgärdsstrategi för kommande 10-årsperiod avser optimeringen den genomsnittliga förnyngsårsyta som gäller för perioden 2011-2020.

Det är inte självklart att välja den maximala investeringsnivån även om alla analyserade åtgärder som ingår är lönsamma. Brist på likvida medel kan vara ett skäl att välja en lägre investeringsnivå. En annan orsak kan vara att vissa åtgärder är mer riskabla med hänsyn till marknad eller biologi, eller helt enkelt för att underliggande kalkyler är osäkra. I vissa fall finns begränsningar med vissa metoder som optimeringen inte tar hänsyn till, som brist på personal,

hänsyn till naturvård eller andra intressen. Slutligen kan marginalnyttan vara för liten och ett högre räntekrav skulle göra åtgärden olönsam.

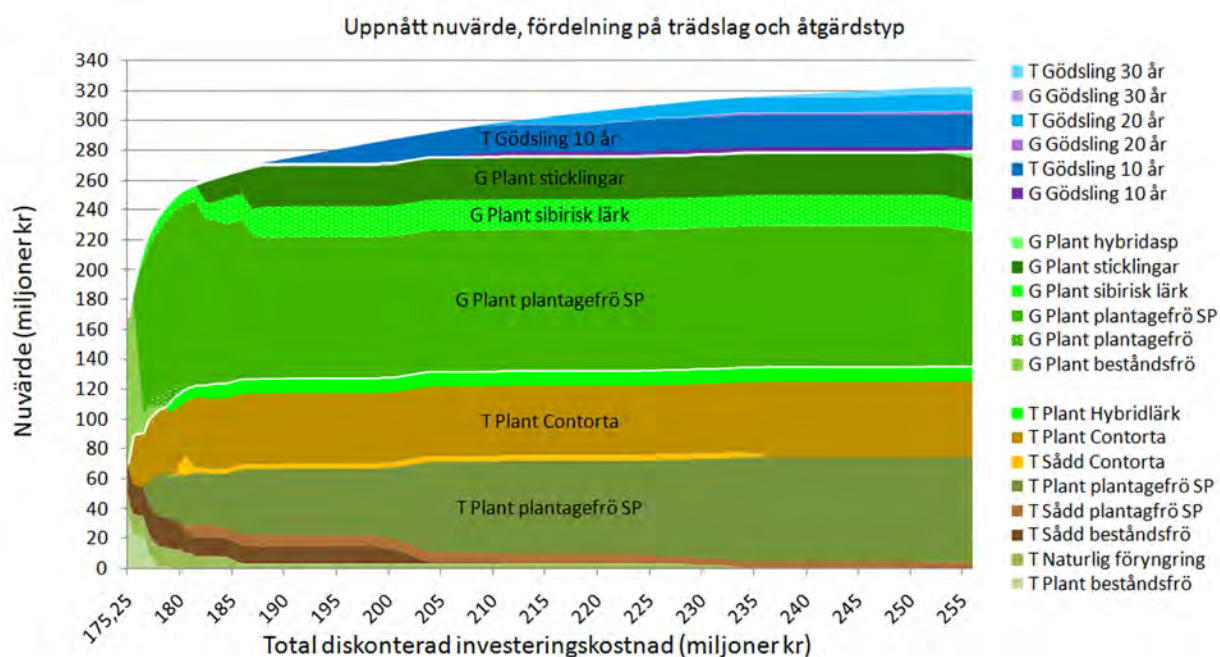
RESULTAT AV OPTIMERINGEN

Särplockning av fröplantager.

Den inledande analysen visade att förädlingsalternativet att allt frö som skulle användas för plantproduktion var särplockat och att resten användes för skogssådd var bättre än alternativet där de bästa plantagerna används för plantproduktion och övriga till skogssådd. Att utnyttja särplockning gav alltid ett högre nuvärde och högre tillväxt, varför det blev standardalternativet för plantering i optimeringen.

Optimala åtgärdsmixar för maximalt nuvärde

Den slutliga serien av optimeringar av åtgärdsval för högsta nettonuvärde vid olika investeringsnivå illustreras med en kontinuerlig investeringsökning på x-axeln i figur 8. Av figur 9 framgår den totala tillväxtökningen och hur tillväxten fördelar sig mellan åtgärder vid olika investeringsnivå, och figur 10 visar hur stor areal som ska åtgärdas med respektive metod för att nå de optimala lösningarna. I figurerna visas inte åtgärderna rangordnade efter lönsamhet utan de är ordnade



Figur 8. Olika tillväxthöjande åtgärders bidrag till maximalt nuvärde vid given investeringsnivå under perioden 2011-2020. Nuvärdet avser en årsyta.

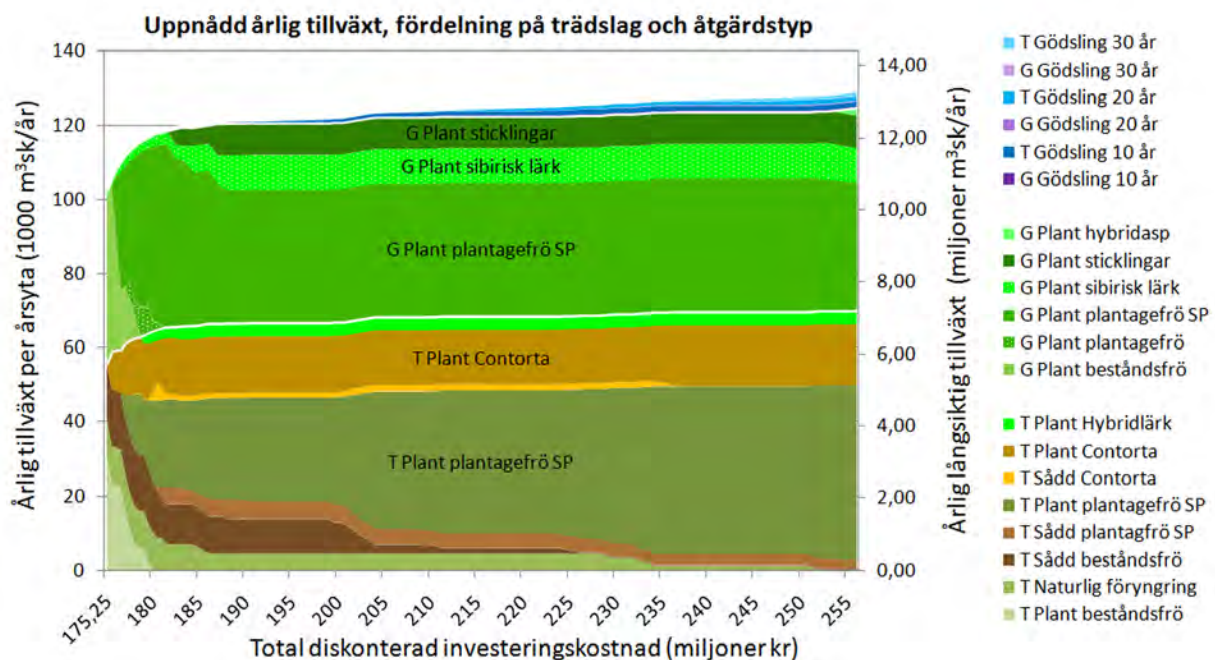
med förnygring av tallståndorter längst ner, sedan förnygring av granståndorter och överst gödslingar. Åtgärder på tallståndorter, granståndorter och gödsling är åtskilda med vita sträck i diagrammen. För varje given investeringsnivå (punkt på x-axeln) kan rakt uppåt avläsas åtgärdernas nuvärde (figur 8), tillväxtökningen (figur 9) och åtgärdad areal (figur 10) totalt och hur dessa fördelas mellan olika åtgärder.

Den lägsta möjliga diskonterade investeringskostnaden för att förnygra en årsyta är 175 miljoner kronor (figur 8). De metoder som används är naturlig förnygring, sådd och plantering med oförädlad material. Nuvärdet av denna minsta investering i skogsvård är knappt 170 miljoner kr. När investeringen i skogsvård ökas stiger nuvärdet snabbt. Redan med endast 5 miljoner i extra investeringskostnad ökar nuvärdet med 70 miljoner kronor till 240 miljoner kronor. Det åstadkoms genom att ersätta naturlig förnygring och plantering av oförädlad tall med plantering av förädlad tall och contortatall samt byta oförädlad gran till förädlad. Ökar investeringen i skogsvård ytterligare kommer följande åtgärder att inkluderas i tur och ordning: sibirisk lärk, hybridlärk, gransticklingar, gödsling 10 år före slutavverkning osv. Skogssådd med tall ersätts successivt med plantering av förädlad tall. Den sista åtgärden som införs innan den maximala möjliga investeringen nås är den förhållandevis

kostbara anläggningen av hybridaspbestånd. När alla skogsvårdsmetoder tillämpas är den årliga investeringen 255 miljoner kr, vilket ger ett nuvärde på drygt 320 miljoner kronor. Genom att öka investeringen i skogsvård med 80 miljoner kronor från den lägsta möjliga för att förnygra skogen till den maximala med de metoder som analyserats här alltså nuvärdet av en årsyta (20 719 ha) ökat med 150 miljoner kronor.



Foto: Erik Viklund, SKOGENBILD



Figur 9 Uppnådd årlig tillväxt per årsyta 2011-2020 (till vänster), årlig tillväxt vid genomförande under en omloppstid (till höger) och dess fördelning mellan tillväxthöjande åtgärder vid maximalt nuvärde för varje given investeringsnivå. Siffrorna på högeraxeln är en approximation som ger storleksordningen på hela Sveaskogs brukade skogsmark på lång sikt.



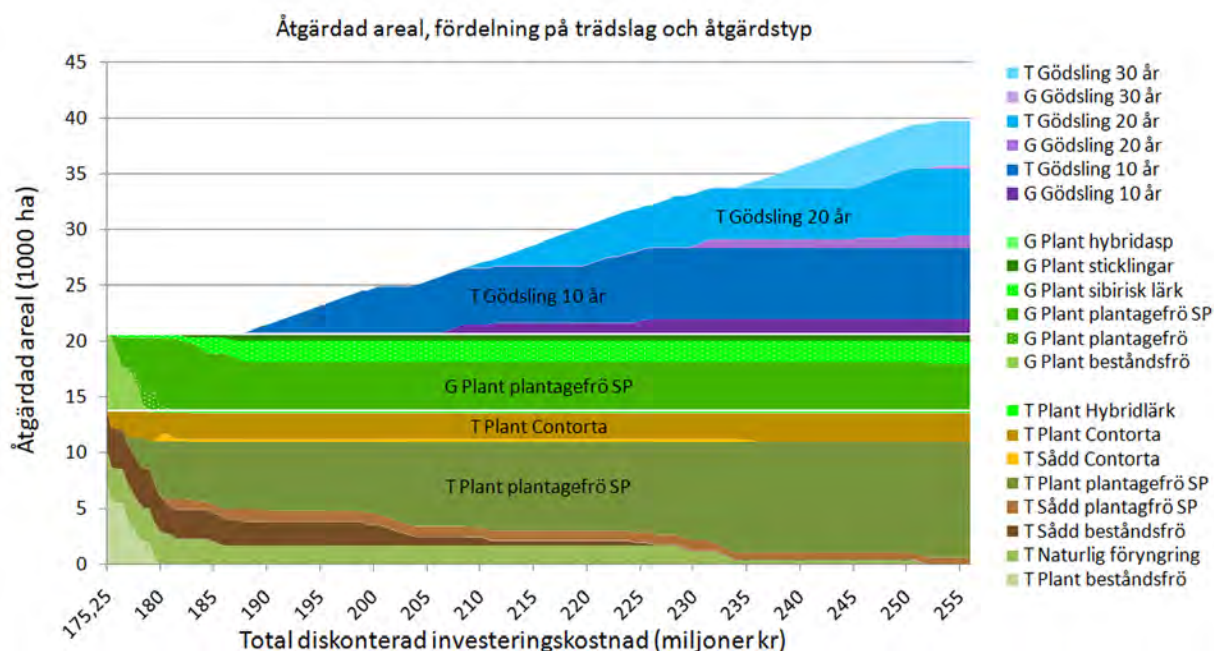
Foto: Stefan Ortenblad, SKOGENbild

Den årliga tillväxten på den åtgärdade årsytan ökar från 102 000 m³sk/år till 129 000 m³sk/år när alla lönsamma åtgärder tillämpas vid högsta investeringsnivå (figur 9). Den största ökningen kommer av att byta ut naturlig förnygring med plantering, utnyttja förädlad material samt plantera contortatall. Mindre bidrag ger byte från sådd till plantering av tall, plantering av gransticklingar samt av gödsling. Uppräknat till Sveaskogsnivå skulle tillväxten i den genererade framtidsskogen öka från 10,2 till 13,2 miljoner m³sk/år.

De olika förnygringsmetoderna och valet av träslag omfördelas inom samma areal när investeringsnivån ökas (figur 10) medan gödslingen tar mer och mer areal i anspråk. Med alla biologiska krav och restriktioner för

gödslingen behöver Sveaskog börja gödslingen 30 år före slutavverkning för att årligen kunna gödsla i storleksordningen en årsyta.

Vid jämförelse av åtgärderna vad avser åtgärdade arealer, ökad medeltillväxt och ekonomiska konsekvenser finns en viktig skillnad mellan åtgärder med lång- och kortvarig effekt. Förnygringsåtgärder som berör en liten andel av arealen men har effekt under lång tid får stor total effekt, medan gödsling som årligen berör en lika stor del av arealen men med en kortvarig effekt får totalt sett mindre effekt. En annan iakttagelse är att tallståndorterna utgör två tredjedelar av årsytan förnygring men står för mindre än hälften av totala nuvärdet. Detta beror framförallt på att tallståndorter i genomsnitt har lägre bonitet.



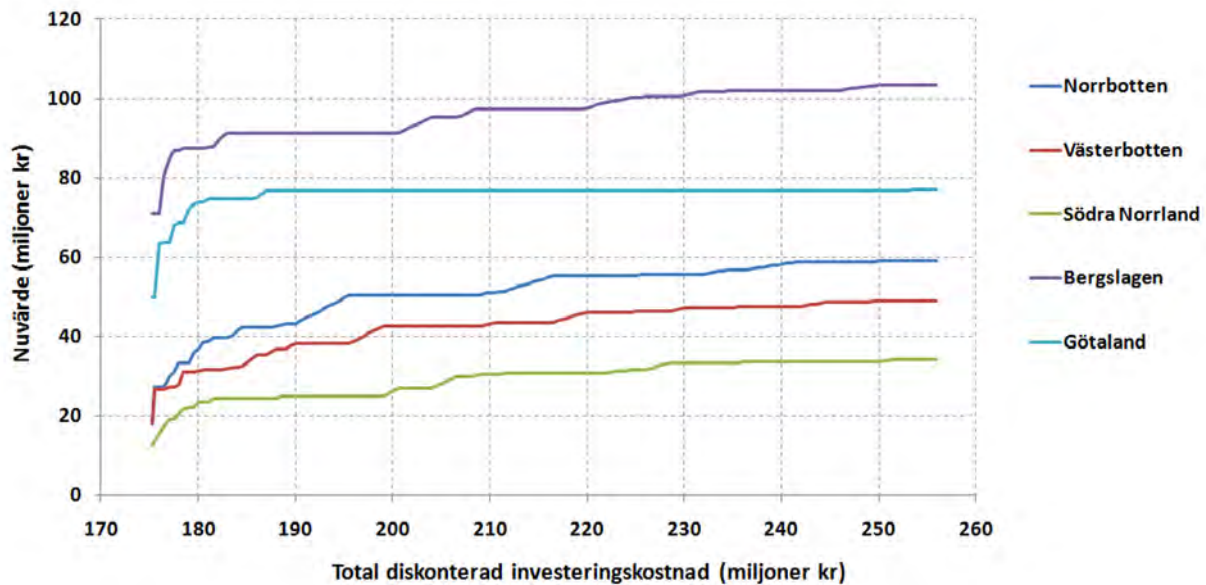
Figur 10. Årlig åtgärdad areal och dess fördelning mellan tillväxthöjande åtgärder vid maximalt nuvärde för varje given investeringsnivå.

Potentialer i olika marknadsområden

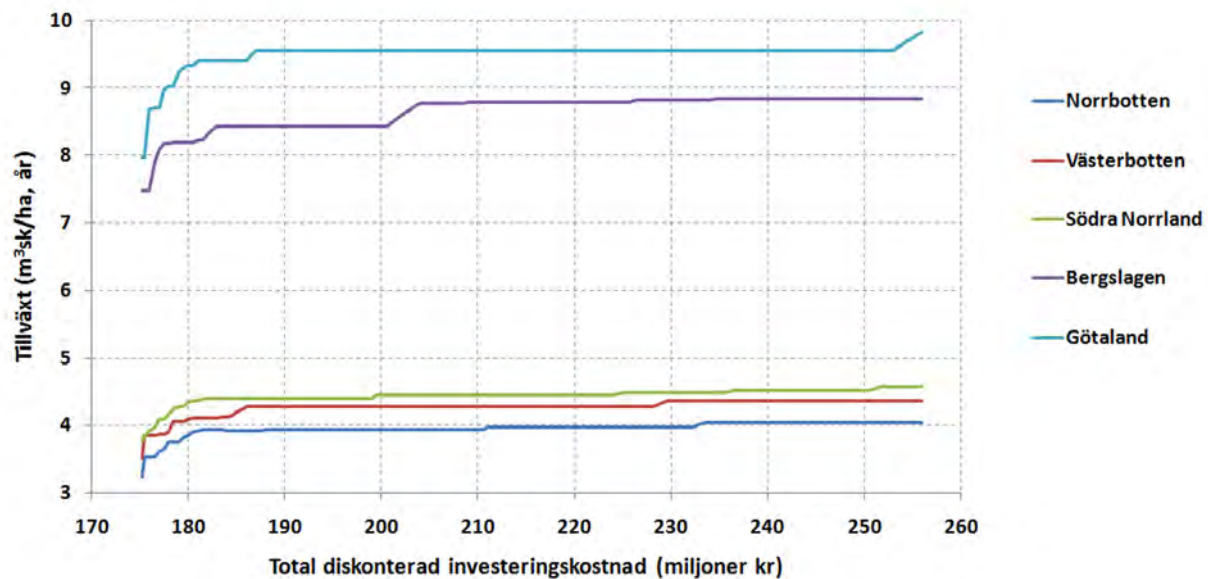
Potentialerna för att öka nuvärde och tillväxt är olika i de olika marknadsområdena. Det beror på skillnader i bördighet, vilka tillväxthöjande åtgärder som är möjliga och marknadsområdets areella storlek. Av figur 11 framgår att de högsta nuvärdena skapas i Bergslagen, följt av Götaland medan de tre norra marknadsområdena genererar lägre nuvärden. Möjligheten att höja nuvärdet är dock relativt sett högre i norr eftersom det där finns större möjligheter att utnyttja gödsling och contortatall. Nuvärdet ökar från lägsta investeringskostnad till högsta med 120-160 % i de tre norra marknadsområdena, medan

det ökar med endast ca 50 % i Bergslagen och Götaland. Den successivt ökande investeringen kommer därför i stor utsträckning att gå till gödsling i norr eftersom gödsling är en åtgärd som ger höga nuvärden men också till en hög investeringskostnad.

Ökning av tillväxten vid olika investeringsnivå beskrivs i figur 12. Medeltillväxten är avsevärt högre i de två södra marknadsområdena än i de tre norra. Potentialen att öka tillväxten är däremot relativt sett högre i norr. Möjliga tillväxtökningar, från lägsta investeringsnivå, är 32 % för Norrbotten, 31 % för Västerbotten, 28 % för Södra Norrland, 21 % för Bergslagen och 23 % för Götaland.



Figur 11. Årligt nuvärde vid ökande investeringskostnad. Observera att Bergslagen och Götaland har de högsta samlade nuvärdena medan de stora arealerna finns i de norra marknadsområdena.



Figur 12. Medeltillväxt på åtgärdade arealer vid ökande investeringskostnad.

Jämförelse med genomförda investeringar

För att kunna jämföra insatser och effekter av hittills genomförda tillväxthöjande åtgärder på Sveaskog med de optimala åtgärdsmixarna sammanställdes utförda skogsvårdsinvesteringar för åren 2005 respektive 2010. Eftersom årsytan föryngring skiljer mellan år justerades åtgärdade arealer 2005 och 2010 till samma nivå som 2011-20. Justeringen gjordes separat för varje marknadsområde, Typ-SI och åtgärd för att slutligen summera till samma totalareal föryngring som kommande 10-årsperiod. I figur 13 jämförs verkligt utförda åtgärders nuvärden för 2005 och 2010 med de möjliga nuvärden för min- och max investeringarna i optimeringen samt med nuvärdet för en optimerad åtgärdsmix beräknad på samma investeringsnivå som 2010.

Sveaskogs satsning på förbättrad skogsvård mellan 2005 och 2010 har ökat nettonuvärdet med nästan 40 miljoner kronor eller knappt 20 % (figur 13). Den ökade diskonterade investeringskostnaden på 40 miljoner kronor under

perioden har alltså inte bara betalat sig, utan gett ytterligare 40 miljoner i ökat nettonuvärde. Ökningen har framförallt åstadkommit genom att minska arealen naturlig föryngring, öka andelen förädlat skogsodlingsmaterial samt genom ökad gödsling. Optimeringen av 2010 års investeringsnivå (232 miljoner kronor) visar att det finns en potential att höja nettonuvärdet med ytterligare 75 miljoner kronor med en annan åtgärdsmix än den som tillämpades 2010. För att nå den ökningen behöver andelen plantering öka på bekostnad av skogssådd och naturlig föryngring, all plantering ske med plantor från särplockat plantagefrö, maximalt tillåtna arealer contortatall, gransticklingar och hybridlärk utnyttjas samt en del av granplanteringen i norra Sverige ersättas med sibirisk lärk. För att vid samma totala investeringsnivå kunna genomföra dessa i vissa fall dyrare åtgärder är det optimalt att minska arealen gödsling 30 år före slutavverkning jämfört med vad som utfördes under 2010.

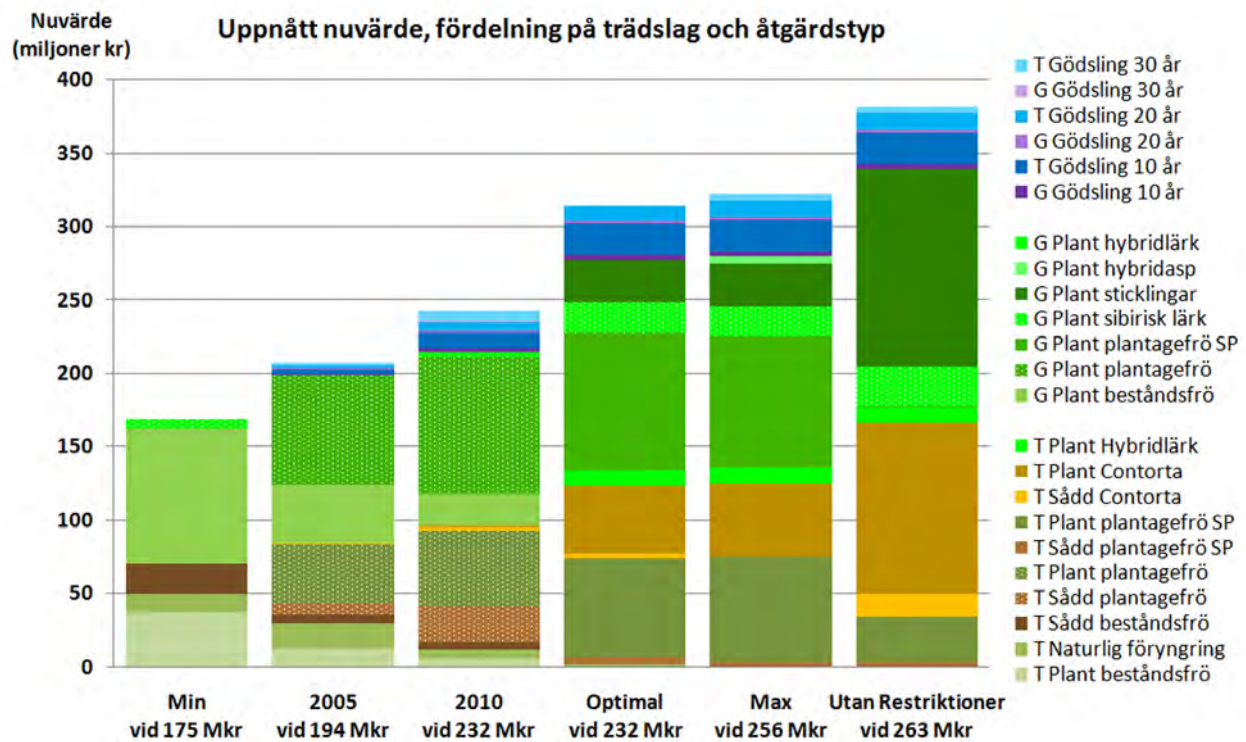
Några av de mest lönsamma åtgärderna begränsas av lagstiftning och FSC-kriterier. Ett alternativ där inga arealrestriktioner för främmande trädslag och sticklingar användes analyserades också. Den totala potentialen är då att öka tillväxten från 2010 års nivå med ca 22 % och nettonuvärdet av investeringarna med ca 60 % (figur 13 och 14).

Tillväxtökningen som förväntas genom ökade av investeringar mellan 2005 och 2010 är mindre än nuvärdesökningen, ungefär 5 % ökning av medeltillväxten (figur 14). Med en optimal mix av åtgärder på 2010 års investeringsnivå som beskrivits ovan skulle en ytterligare tillväxthöjning om ca 9 % vara möjlig. För Sveaskog som helhet innebär det en medeltillväxt på ca 13 miljoner m³sk/år.

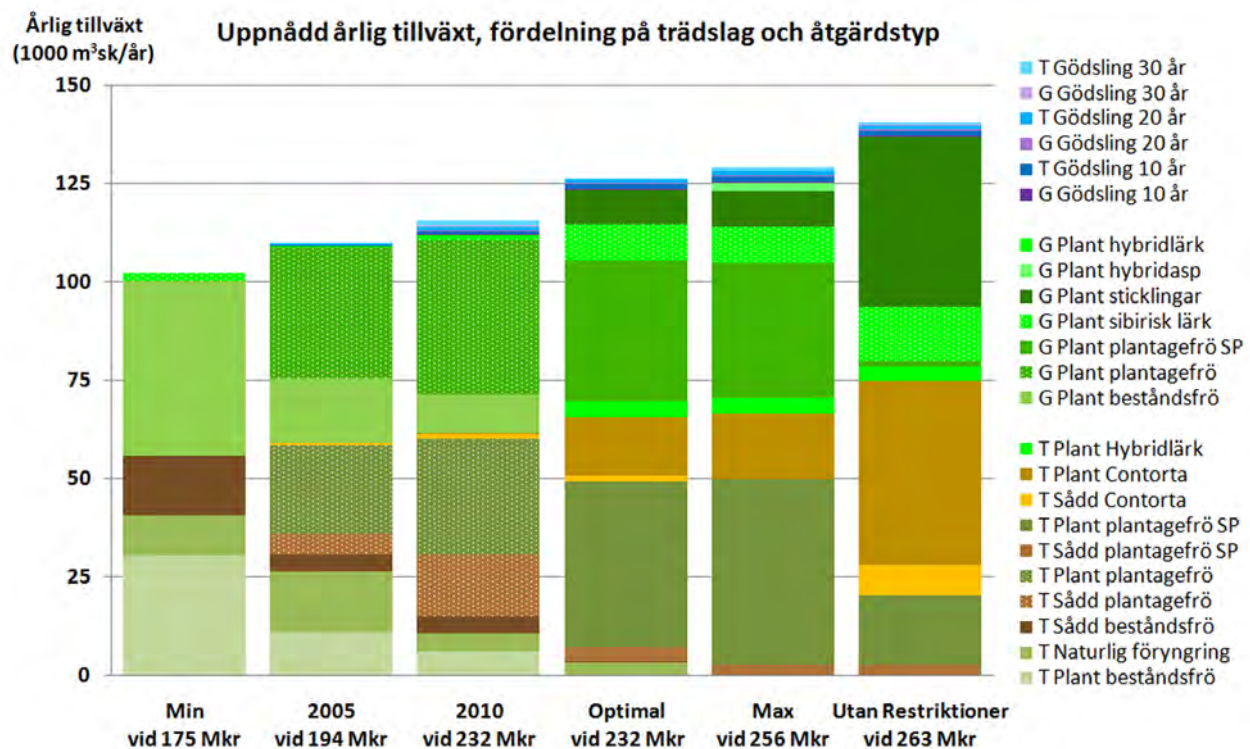
I figur 15 visas beräknad marginaleffekt på nuvärdet för varje åtgärd jämfört med minsta möjliga investeringen i skogsvård 175 miljoner kr/år. Vid optimering av 2010 års investeringsnivå består ökningen av nuvärdet i stora drag av effekter från tre åtgärdsgrupper, vars bidrag är i samma storleksordning. Den största marginaleffekten kommer från skogsträdsförädling, vilket inkluderar särplockat plantagefrö och gransticklingar. Näst största marginaleffekten kommer från alternativa trädslag, framförallt contortatall men även hybridlärk och sibirisk lärk. Gödsling har den lägsta effekten av de tre grupperna. Jämförs marginaleffekterna av olika åtgärder på den totala tillväxtökningen (figur 16) så ökar skillnaderna, skogsträdsförädling bidrar mest, contortatall bidrar också substantiellt medan lärkarna inte bidrar alls eller endast marginellt till ökad medeltillväxt. Gödslingen bidrar också relativt sett mindre till tillväxtökningen än till nuvärdet.



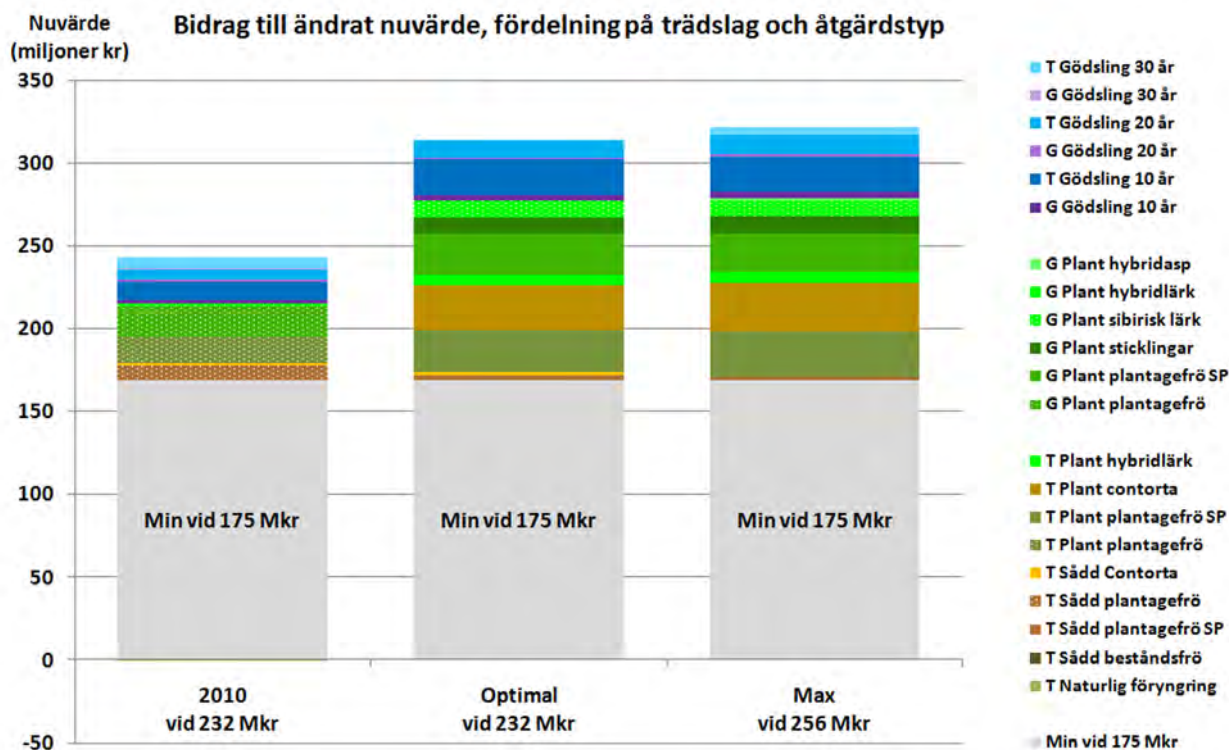
Foto: Stefan Örtenblad, SKOGENBILD



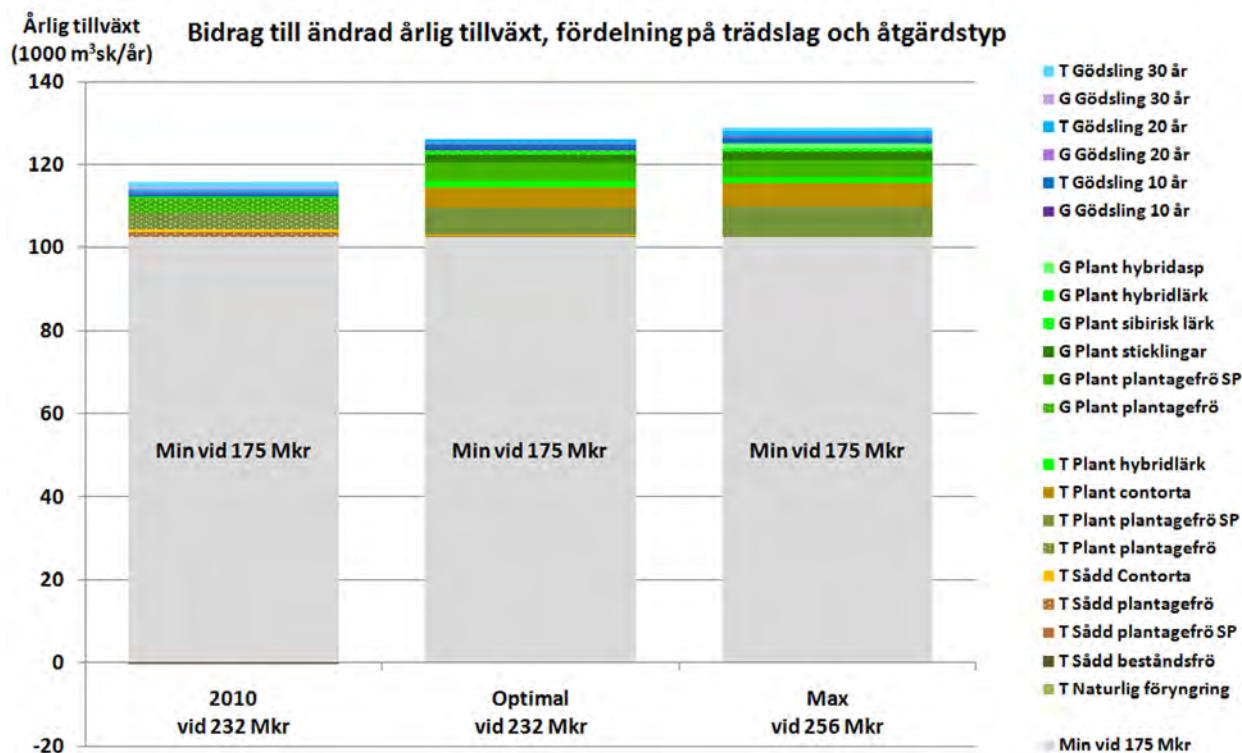
Figur 13. Jämförelse av skapade nettonuvärden 2005 och 2010 med de möjliga min- och maxinvesteringsnivåerna, ett optimerat alternativ baserat på samma investeringsnivå som 2010, 232 miljoner kronor och längst till höger ett maximalt alternativ utan restriktioner från lag och FSC. Siffrorna avser en årsyta.



Figur 14. Jämförelse av skapad årlig tillväxt 2005 och 2010 med de möjliga min- och maxinvesteringsnivåerna, ett optimerat alternativ baserat på samma investeringsnivå som 2010, 232 miljoner kronor och längst till höger ett maximalt alternativ utan restriktioner från lag och FSC. Siffrorna avser en årsyta.



Figur 15. Olika åtgärders marginalbidrag till ökat nuvärde i investeringar utförda 2010, ett optimerat förslag baserat på samma investeringsnivå som 2010 samt den maximalt möjliga investeringsnivån.



Figur 16. Olika åtgärders marginalbidrag till ökad tillväxt i investeringar utförda 2010, ett optimerat förslag baserat på samma investeringsnivå som 2010 samt den maximalt möjliga investeringsnivån.



ÖVERVÄGANDEN INNAN TILLÄMPNING

Det finns många förbehåll kring resultaten i den här utredningen. Utredningens syfte var att ge en översikt av potentialen hos ett stort antal tillväxthöjande åtgärder och effekterna av några tillväxtnedsättande skador samt att ge ett ekonomiskt underlag för att på bästa sätt kunna prioritera mellan åtgärder. Varje enskild åtgärd och effekt är därför av nödvändighet översiktligt analyserad. Trots den ekonomiska ansatsen för att på ett rättvist sätt kunna jämföra åtgärderna har några av åtgärderna så avvikande karaktär eller deras kostnader och effekt är så osäkert bestämd att det behövs en bredare ansats av överväganden än den som presenteras här innan Sveaskog kan ta dem i bruk. Om Sveaskog i nästa steg avser att tillämpa en metod eller vidta motåtgärder mot en skada måste också alla praktiska förhållanden och alla andra konsekvenser på t.ex. natur och miljö beaktas.

En generell reservation gäller att endast en kalkylränta användes i analyserna.

Det hade varit önskvärt att göra en känslighetsanalys med $\pm 0,5$ % runt kalkylräntan 2,56 %. Bedömningen är att de tänkbara konsekvenserna till viss del ändå kan genomskådas. Höjs räntekravet med 0,5 % måste lönsamheten för alla åtgärder med små nuvärden granskas. Ett exempel är lönsamheten för gödsling 30 år före slutavverkning och plantering kontra skogssådd.

En annan generell reservation rör osäkerheten om framtida kostnader och framförallt priser, vilket berör alla metoder men mer för de mest långsiktigt verkande åtgärderna. Ett observandum är att olika prislistor använts för de olika marknadsområdena. Det resulterade i något olika lönsamhet för samma åtgärd på en viss ståndortsklass, vilket påverkar hur metoderna prioriteras mellan områden. Ett annat observandum är att samma pris ibland använts för energived och massaved.

Det finns samspels- och kombinationseffekter som gör att en del av de enskilda analyserna inte är relevanta när åtgärdspaket sätts samman. Det kräver en fördjupad analys. Skogssådd är t.ex. lönsammare än plantering med oförädlade plantor. Men eftersom alla plantor kan produceras med förädlad frö men inte sådderna blir plantering generellt lönsammare. Den situationen kan förändras om tillgången på förädlad frö ökar eller frösnåla såddmetoder utvecklas. Om såddandelen går ned minskar också möjligheterna att skapa täta tallungskogar för tidiga energivedsuttag. Många av åtgärderna är så långsiktiga att de kommer att samspela med den förmodade klimatförändringen. Det samspellet har inte analyserats men de flesta åtgärderna innebär en anpassning till både förändrade marknader och förändrat klimat.

Kalkylerna för de tillväxthöjande åtgärderna förutsätter också att skadenivåerna är normala. När åtgärder vidtas som ökar nuvärdet av skogen så kommer eventuella framtida skador att slå hårdare ekonomiskt, och skadeförebyggande åtgärder blir därmed mer lönsamma.



Foto: Bengt Alm

Det valda lönsamhetskriteriet, investeringskvoten (nettonuvärde per diskonterad investerad krona) ger underlag för en effektiv prioritering av åtgärder. Kriteriet utgår ifrån att investeringskapitalet är begränsat även om det finns obegränsat med lönsamma investeringsmöjligheter. Investeringskvoten prioriterar de åtgärder som ger mest nuvärde per investerad krona. Investeringskvoten är förstås också helt beroende av att de olika åtgärds kalkylerna är realistiska. Kriteriet passar emellertid inte för alla åtgärder eller förhållanden, varför dessa måste jämföras på annat sätt. Dit räknas t.ex. åtgärder mot älgskador som inte på ett enkelt sätt kan analyseras som en investering.

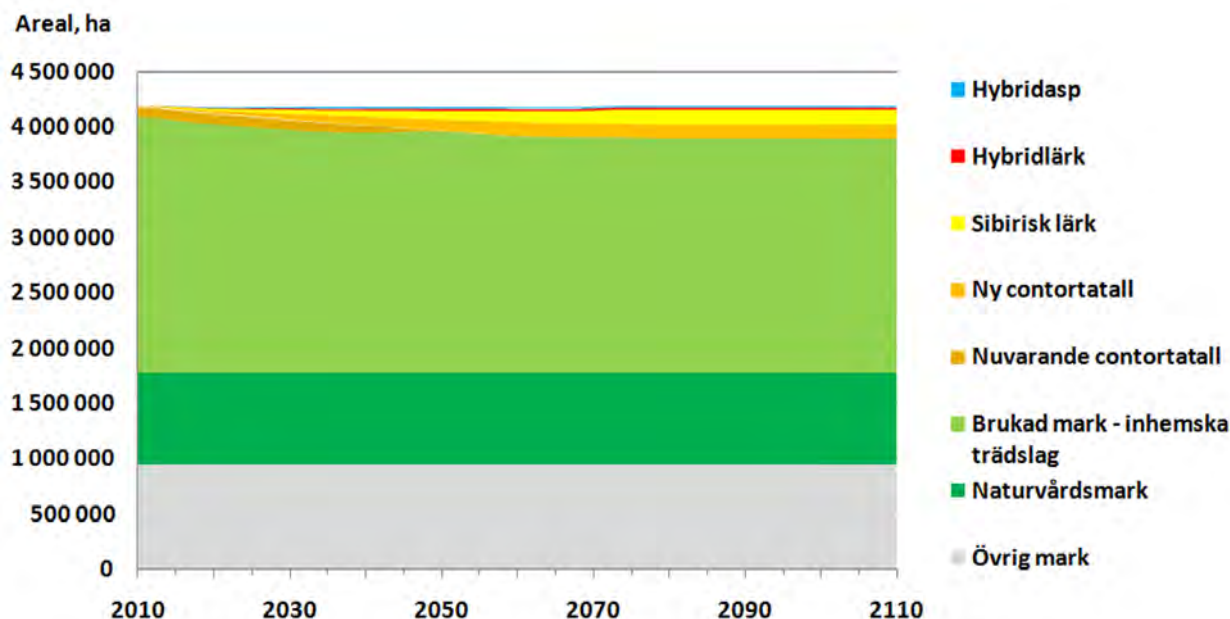
Utredningens resultat visar att förädlade plantor och nya trädslag ger stor effekt på tillväxt och lönsamhet till en liten merkostnad. Sveaskog använder redan förädlade plantor, men möjligheten med särplockning och gransticklingar är outnyttjade och i grunden okontroversiella potentialer. Särplockning är enkelt att tillämpa och utredningen har analyserat fröbehov och fröproduktion i detalj. Innan selektiv kottplockning kan sättas i system måste dock målsättningen med särplockningen preciseras, träd med önskvärda genetiska egenskaper väljas ut och märkas upp i fröplantagerna.

Tillväxttöknings genom att använda vegetativ förökning är betydligt större än med särplockning men kan bara tillämpas på gran och det krävs att en produktionslinje för t.ex. rotning av sticklingar byggs upp i en plantskola. Sveaskog medverkar i ett projekt för att kunna föröka förädlad gran med den vegetativa metoden somatisk embryogenes, där utgångsmaterialet är frö från förädlingsfronten. Det gör att metodiken med SE-plantor kan omsätta förädlingsframsteg till skogsplantor snabbare än metodiken med sticklingar, eftersom det tar tid att odla moderplantor för att skörda sticklingar på. Kostnaden för sticklingar bedöms dock bli lägre än för SE-plantor. Ett sätt kan vara att använda SE-plantor som moderplantor för sticklingar. Det krävs alltså en noggrann analys innan en produktionslinje byggs upp. Eftersom det här är fråga om uppförökning av genetiskt variationsrika populationer med få kopior per planta, och

inte klonskogsbruk med få väl testade kloner, skulle den totala omfattningen med god lönsamhet kunna bli många gånger större än de 5 % av skogsmarken som nuvarande klonskogsregler tillåter.

En i stort sett outnyttjad potential är också att använda snabbväxande trädslag i större omfattning, främst contortatall och hybridlärk. Att plantera hybridasp är dyrt och omständligt med krav på hög bördighet, stora objekt och viltstängsel. Sibirisk lärk producerar ungefär som inhemska trädslag. Den snabba ungdomsutvecklingen och därmed kortare omloppstiden gör att den är lönsammare än gran där den passar i norra Sverige. Det är tekniskt och ekonomiskt okomplicerat att öka planteringen av de mest intressanta främmande trädslagen. De skötselprogram som tillämpats i analyserna kan behöva vidareutvecklas och på sikt behövs bättre tillväxtdata. Mot bakgrund av generellt ökad osäkerhet och risk med främmande trädslag behöver Sveaskog utarbeta en strategi för ståndortsval och för hur planteringarna ska fördelas i landskapet. I norra Sverige behövs en anpassning till rennärings. Det behövs också ett uppföljningsprogram för att systematiskt kunna lära av erfarenheterna och för att kunna ompröva programmet samt en beredskapsplan för att hantera om något oförutsett skulle inträffa.

Den inplanteringstakt som analyserats för contortatall ökar på lång sikt Sveaskogs contortaareal från nuvarande ca 90 000 ha till 125 000 ha. Därtill skulle arealen lärk öka i norra Sverige och hybridlärk eller hybridasp/poppel i södra Sverige (figur 17). Fröförsörjningen för contortatall är tryggad med nuvarande fröplantager och contortatallen förädlas kontinuerligt i det svenska förädlingsprogrammet. Frö av sibirisk lärk produceras i svenska fröplantager och kan köpas från Finland. Om några år går det att bygga nya lärkfröplantager baserat på ett nytt stort plusträds-material från Ryssland som fälttestats i Sverige. En satsning på hybridlärk bör inkludera ett förädlingsprogram för att korsa fram och pröva nya hybrider. Det gäller även hybridasp och poppel där en satsning bör omfatta ett förädlingsprogram med kontinuerlig prövning av nya kloner.



Figur 17. Utvecklingen av arealen nya trädslag över tiden, förutsatt att Sveaskogs arealinnehav och dess fördelning är oförändrad. Maximal nivå nås efter 70 år. Naturvårdsmark omfattar: naturvårdsskog inklusive fjällnära skog, fjällbarrskog, ekoparker samt generell hänsyn. Övrig mark omfattar: fjäll, berg, myr, små insprängda impediment, åker, bete och annan mark.

Effekten av intensiteten i förnygringsarbetet har inte analyserats i utredningen utan alla förnygringar har förutsatts fylla uppställda krav vad gäller trädslagsblandning, stamantal och tidsåtgång för etableringen. Ökad kvalitet i förnygringsarbetet är generellt en av de mest verkningsfulla tillväxthöjande åtgärderna och en förutsättning för att nya trädslag och förädlade plantor ska ha effekt. För att det här ska förverkligas krävs att Sveaskog fortsätter med kvalitetshöjande åtgärder i förnygringsarbetet. Med ett system för noggrann uppföljning av kvaliteten på ungskogen kan effekten av enskilda förnygringsåtgärder utvärderas och utvecklas.

Traditionell fastmarksgödsling med kväve i äldre skog är en snabbverkande, lönsam och säker tillväxthöjande metod. Metoden är beprövad och arealen skogsgödsling kan enkelt förändras. Dess maximala omfattning är begränsad av biologiska, praktiska och ekonomiska skäl samt påverkas av rennärningen, varför utrymmet till ökning från nuvarande nivå är begränsad. Gödsling kräver mycket investeringsmedel och den prioriteras därmed efter de billigare förnygringsåtgärderna. Genom att gödslingseffekten varar upp mot 10 år blir äldre bestånd som gödslats inte tillgängliga för

avverkning förrän gödslingseffekten ebbat ut, den s.k. inläsningseffekten. Ett praktiskt problem Sveaskog ställs inför vid ökad gödsling är därför att samplanera gödslingen med förnygringsavverkningen.

Gödsling av skog på torvmark och dikesrensning är också effektiva tillväxthöjande metoder av grundförbättrande karaktär. Omfattningen av askgödsling kan aldrig bli särskilt stor. Potentialen är större för dikesrensning. För att realisera dessa båda möjligheter behöver Sveaskog analysera var de dikade torvmarksskogarna finns, hur stora virkesförråd de har och hur väl dikena fungerar. För att kunna prioritera de som lämpar sig för askgödsling och de som är i behov av bättre dränering behövs också bättre planerings- och prognosverktyg.

Det finns ytterligare tillväxtmöjligheter som analyserats men som av olika skäl inte övervägts för tillämpning. Upprepad gödsling under ett granbestånds livscykel med start i ungskogen ger stor tillväxtökning men kräver mycket stora investeringsmedel och är ännu inte en beprövad metod. Det är svårt att se hur man i dag ska kunna ta ställning till en investering som innebär löpande utbetalningar ca 40 år in i framtiden. Investeringskvoten blir mycket låg jämfört

med andra åtgärder. Metoden kräver ett fortsatt utvecklingsarbete innan den kan tillämpas i stor skala. Det finns även stor potential att som i Finland producera skog på myrmark. Nydikning av myr eller sumpskog har dock överhuvudtaget inte övervägts av naturvårdsskäl.

I utredningen analyseras två möjligheter till ökade uttag av biomassa för energiändamål utöver vad som traditionellt tas ut som timmer och massaved. Uttaget av grenar och toppar i slutavverkning innebär en stor ökning av uttaget och är därmed betydelsefullt. De beräknade tillväxtförlusterna i nästa generation skog är sammantaget också omfattande men kompenseras av nettot från grotförsäljningen. Det ökade uttaget av ”restprodukter” vid slutavverkning skulle kunna mer än fördubblas om även stubbarna togs om hand. Uttaget av stubbar skulle vara större än uttaget av grot även med omfattande ekologiska och tekniska begränsningar. Metoden är tämligen ny och kontroversiell varför Sveaskog tills vidare utnyttjar stubbskörd i endast begränsad omfattning.

Genom att utnyttja tätt uppkomna sådder och naturliga föryngringar av tall kan tillväxten öka. Med dessa föryngringsmetoder, jämfört med plantering, kostar ökad täthet inte något extra, utan blir snarare billigare genom en mer begränsad röjningsinsats. Den ökade tätheten kräver dock att gallringen görs tidigt, innan huvuddelen av träden kan avsättas till massaved. Avverkningen blir dyr men om priset på energived är tillräckligt stort kan åtgärden bli lönsam. Rent ekonomiskt är det svårt att jämföra den här metoden med de andra genom att den binder upp förhållandevis större avverkningsresurser i framtiden. De flesta andra metoder medför billigare framtida avverkning. Tåta ungskogar ökar risken för skador och minskar flexibiliteten i beståndets fortsatta skötsel.

Metoden går i princip bara att tillämpa i tallbestånd och inte om tallarna blir överväxta av lövträd. I ungefär hälften av tallföryngringarna med sådd och naturlig föryngring blir tätheten tillräckligt hög. Den totala effekten blir därmed jämförelsevis liten. Om metoden övervägs bör Sveaskog anpassa sitt röjningsprogram för sådder och självföryngringar så att det blir möjligt att välja skötselriktning vid tidpunkten för slutröjning. Efter plantskogsröjningen ska bestånden inte vara tätare än att slutröjningen kan hoppas över och ersättas med ett tidigt energivedsuttag. Det här är emellertid ett område där ny kunskap och ny teknik kan ändra förhållandena.

Utredningen visade att det är lönsamt att vidta motåtgärder mot rotrötans spridning i granskog genom att behandla stubbarna vid både gallring och föryngringsavverkning i stora delar av landet. Det ger inte bara mer värdefullt virke i nuvarande skog utan minskar svampens spridning på lång sikt. Inriktningen för tillämpningen både vad gäller trädslagsblandning och läge i landet bör dock definieras mer i detalj.

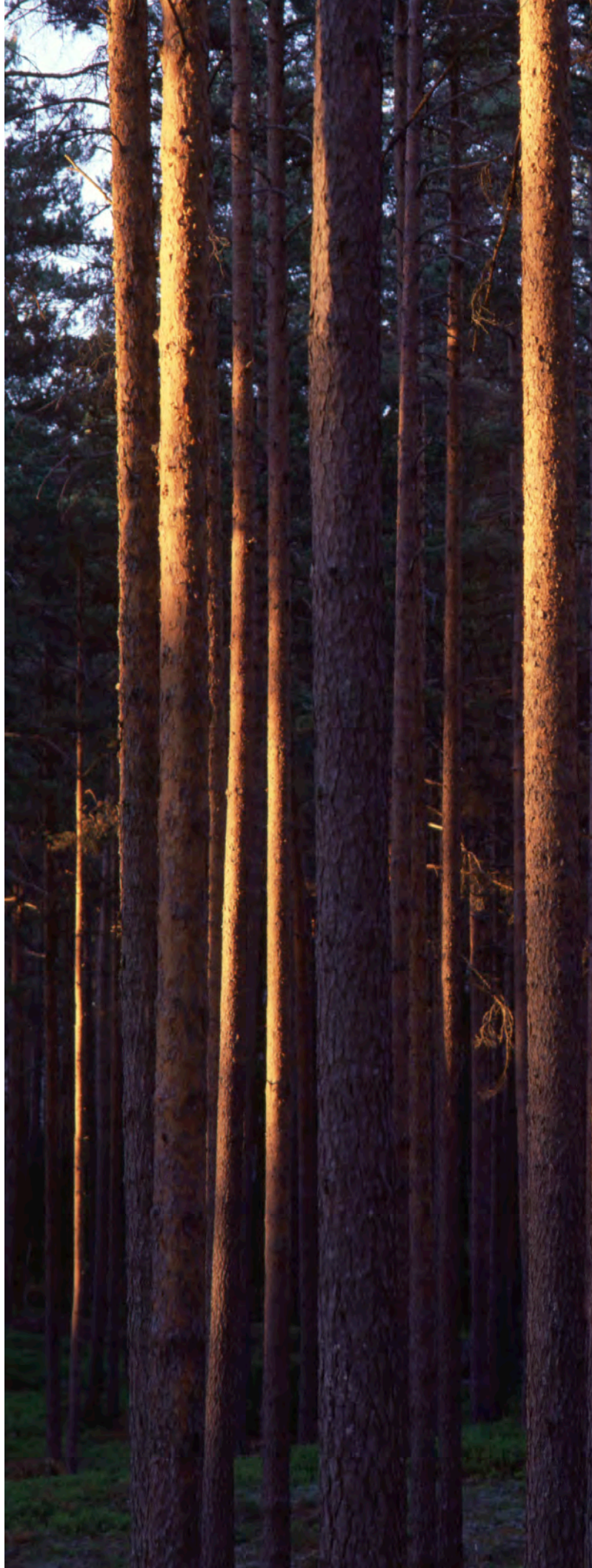
Det här är första gången älgskadornas tillväxtnedsättande effekt kunnat beräknas med någorlunda tillförlitlighet för ett stort område. Tall och lövträd betas men beräkningarna avsåg enbart tillväxtminskning på tall. Tillväxtminskningen är jämförelsevis mycket stor och den är stor även jämfört med de mest verkningsfulla tillväxthöjande åtgärderna. Till de direkta tillväxt- och kvalitetsförlusterna kommer förluster av att mindre lämpliga trädslag väljs, att röjningarna skjuts upp och fördyras samt att de mest skadade föryngringarna måste göras om. När älgskadorna värderas måste också älgens värde för naturupplevelser och jakt beaktas. Det är därför inte optimalt att helt eliminera älgskadorna.

Den översiktliga genomgången av åtgärderna vad gäller risken för kalamiteter, påverkan på natur och miljö samt förmodad acceptans i omvärlden bygger på en utredning för Svenska kyrkan (Rytter m. fl. 2009). Det är framförallt främmande trädslag och skogsgödsling som är kontroversiellt. Metoderna har effekt på natur och miljö i de bestånd där de tillämpas men omfattningen är ändå totalt sett inte så stor att effekterna på landskapsnivå kan få någon avgörande betydelse. Ökad tillväxt innebär till viss del intensivare skogsskötsel, tätare skogar och kortare omloppstider och därmed rent allmänt minskat utrymme för andra organismer. Ökad tillväxt och ökade uttag innebär i princip också ökad markförsurning som på sikt kan öka surheten i mark och grundvatten. Effekten på kolbindning och klimat är komplex. Ökad tillväxt binder mer kol i skog och mark men en del tillväxthöjande åtgärder som dikesrensning och stubbrytning kan verka i motsatt riktning genom att öka nedbrytningen samt påverka även andra växthusgaser. Med den här redovisade omfattningen av de olika skötselåtgärderna förväntas konsekvenserna för friluftsliv och jakt vara marginella. Ökad tillväxt och ökad lönsamhet medger samtidigt att det ekonomiska utrymmet ökar för hänsyn i produktionsskogen. Flera metoder syftar till att minska riskerna. Det gäller även för nya trädslag även om det samtidigt innebär att vissa risker ökar.

Även om climateffekterna är osäkra finns det åtgärder som kan vidtas nu för att öka anpassningen och som är lönsamma även om klimatet inte skulle ändras. Det handlar om att utforma strategier som är robusta mot både det som kan tänkas inträffa och det som inte kan tänkas – det oförutsägbara. Mycket av anpassningen handlar om trädslagsval, skötselprogram med färre gallringar och förkortad omloppstid, d.v.s. de åtgärder som föreslås i den här utredningen.

Ökad tillväxt påverkar de omedelbara avverkningsmöjligheterna. Eftersom det tar lång tid innan tillväxten realiserar vid föryngring med snabbväxande trädslag eller förädlade plantor är det en vanlig föreställning att även avverkningarna kan öka först på lång sikt. Det gäller bara om åtgärderna är så dyra att markvärdet inte påverkas. Plantering av hybridasp med sina höga anläggningskostnader höjer t.ex. inte markvärdet mycket jämfört med gran. Det gäller även för skogsgödsling. Att plantera contortatall och förädlade plantor från plantagefrö ökar tillväxten markant till en obetydlig merkostnad. Det ökar markvärdet högst påtagligt. Det höjda markvärdet gäller för all skogsmark där metoderna kan tillämpas. Det innebär att nuvarande skog skall förränta sitt eget kapital plus det högre markvärdet. Det kan den inte göra lika länge som tidigare, varför den ekonomiskt optimala slutavverkningstidpunkten inträffar något år tidigare.

När man i stor skala inför nya metoder som höjer markvärdet blir det en stor effekt på avverkningsmöjligheterna. Om omloppstiderna i alla bestånd skulle kortas med ett år blir plötsligt en extra årsavverkning tillgänglig. Att omedelbart realisera den ökningen skulle leda till alltför ojämn avverkning. Om ökningen hushållas med under en 10-årsperiod skulle det innebära att avverkningen kan öka med 10 % under hela den perioden. När man inför nya metoder i stor skala som ökar tillväxten på lång sikt till en liten kostnad är det alltså motiverat att analysera effekten på den omedelbara avverkningsmöjligheten. Det sker genom att vara noga med beskrivningen av den nya skogen och dess effekt på markvärdena även för den nuvarande skogen i beräkningsprogrammen.



LITTERATUR

- Bergh, J., Nilsson, U., Kjartansson, B. och Karlsson, M. 2010. Impact of climate change on the productivity of silver birch, Norway spruce and Scots pine stands in Sweden and economic implications for timber production. *Ecol. Bull.* 53, 185–195.
- Elfving, B. 2003. Övre höjdens utveckling i granplanteringar. SLU, inst. för skogsskötsel. Arbetsrapporter 185.
- Elfving, B. 2004. Produktionsaspekter vid gallring. I: Gallring 2004 - kunskap och perspektiv. Skogforsk, Uppsala 3 nov 2004.
- Elfving, B. 2010. Natural mortality in thinning and fertilization experiments with pine and spruce in Sweden. *For. Ecol. Manage.* 260, 353–360.
- Elfving, B. och Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. *For. Ecol. Manage.* 98, 125–134.
- Holten-Andersen, P. 1990. Inflation och beskattning i skovökonomien. Meddelelser fra Skovbrugsinstituttet. Royal Veterinary and Agricultural University.
- Jacobson, S., Pettersson, F., Sikström, U., Nyström, K. och Övergaard, B. 2008. INGVAR - gallringsmall och planeringsinstrument. Skogforsk, Resultat 10.
- Larsson, S., Lundmark, T. och Ståhl, G. 2009. Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport regeringsuppdrag JO 2008/1885. SLU.
- Larsson-Stern, M. 2003. Aspects of hybrid larch (*Larix x eurolepis* Henry) as a potential tree species in Southern Swedish forestry. Licentiate thesis, SLU.
- Martinsson, O. 1990. Den ryska lärkens höjduutveckling och volymproduktion i norra Sverige. SLU, Inst för skogsskötsel, Rapporter nr 29.
- Pettersson, F. 1994. Predictive functions for calculating the total response in growth to nitrogen fertilization, duration and distribution over time Skogforsk, Report No. 4.
- Pettersson, F., Bergström, R., Jernelid, H., Lavsund, S. och Wilhelmsson, L. 2010. Älgbetning och tallens volymproduktion. Skogforsk, Redogörelse nr 2.
- Pettersson, N. 1993. The effect of density after pre-commercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scand. J. For. Res.* 8, 528–539.
- Remröd, J. och Strömberg, S. 1977. Den sibiriska lärkens produktion i norra Sverige. Föreningen skogsträdsförädling, årsbok.
- Rosvall, O. 2007. Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins Tidskrift* nr 4 2007, s 13–30.
- Rosvall, O och Normark, E. 2006. Ökad tillväxt och virkesproduktion i Holmens skogar. Den fullständiga utredningen. Holmen Skog Örnsköldsvik.
- Rosvall, O. och Lundström, A. 2011. Förädlings effekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. Skogforsk, Redogörelse nr 1.
- Rosvall, O., Simonsen, R., Jacobson, S. och Elfving, B. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselåtgärder i privatskogsbruket - underlag för lönsamhetsberäkningar. Skogforsk, Arbetsrapport 640.
- Rytter, L., Hannerz, M., Högbom, L., Ring, E. och Weslien, J-O. 2009. Ökad produktion i Svenska kyrkans skogar – med hänsyn till miljö och sociala värden. Skogforsk, Arbetsrapport 684.
- Sikström, U., Almqvist, C. och Jansson, G. 2010. Growth of *Pinus sylvestris* after application of wood ash or P and K fertilization to a peatland in southern Sweden. *Silva Fennica* 44, 411–425.
- Simonsen, R., Rosvall, O. och Gong, P. 2008. Lönsamhet för tillväxthöjande åtgärder hos Holmen Skog - en fallstudie. Skogforsk, Redogörelse 15.
- Skogsstyrelsen. 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. Rapporter 2008:25.
- Söderberg, U. 1986. Funktioner för skogliga produktionsprognoser. Tillväxt och formhöjd för enskilda träd av inhemska trädslag i Sverige. SLU, Avd. för skogsuppskattning och skogsindelning, Rapport nr 14.
- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. 2004. Räkna med rotröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. Skogforsk, Resultat nr 13.

