

PRODUKTIONSHÖJANDE ÅTGÄRDER



Skogsskötselserien är en sammanställning för publicering via Internet av kunskap om skogsskötsel utan ställningstaganden eller värderingar. Texterna har skrivits av forskare och har bearbetats redaktionellt både sakligt och språkligt. De är upphovsrättsligt skyddade och får inte användas för kommersiellt bruk utan medgivande.

I Skogsskötselserien ingår:

1. Skogsskötselns grunder och samband
2. Produktion av frö och plantor
3. Plantering av barrträd
4. Naturlig förnyring av tall och gran
5. Sådd
6. Røjning
7. Gallring
8. Stamkvistning
9. Skötsel av björk, al och asp
10. Skötsel av ädellövskog
11. Blädningsbruk
12. Skador på skog
13. Skogsbruk - mark och vatten
14. Naturhänsyn
15. Skogsskötsel för människan i skogen
16. *Produktionshöjande åtgärder*
17. Skogsbränsle
18. Skogsskötselns ekonomi

Skogsskötselserien finansieras av Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, Sveriges lantbruksuniversitet och LRF Skogsägarna.

Bidrag har även lämnats av Energimyndigheten för behandling av frågor som rör skogsbränsle och av Stiftelsen Skogssällskapet.

Styrgrupp för projektet:

- Carl Appelqvist, Skogsstyrelsen (projektägare)
- Arne Albrektson, SLU; ersatt i januari 2008 av Urban Nilsson, SLU
- Jan-Åke Lundén, LRF Skogsägarna
- Hans Winsa, Skogsindustrierna
- Jonas Bergquist, Skogsstyrelsen

Projektledare: Clas Fries, Skogsstyrelsen

Skogsskötselserien – Produktionshöjande åtgärder

Författare:

Per H. Ståhl, PhD, forskningschef, Skogforsk

© Per H. Ståhl och Skogsstyrelsen

Redaktör: Lasse Johansson, Mediehuset i Söderköping

Typografisk formgivning: Michael Håkansson, Textassistans AB

Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen

Illustrationer och sättning: Bo Persson, Skogsstyrelsen

Foto omslag: Clas Fries

Utgivning: Skogsstyrelsens förlag, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien

Innehåll

PRODUKTIONSHÖJANDE ÅTGÄRDER	4
Boniteten utgör inte tak för skogstillväxten.....	6
Produktionshöjande åtgärder fungerar olika	7
Stor ökad tillväxt möjlig på landsnivå	6
Flera sentida utredningar om produktionshöjning	9
Grunder för intensifierad skogsskötsel.....	10
Bättre föryngringar.....	12
Trädslagsval	14
Produktionsförmågan hos tall, gran och björk.....	14
Produktionsjämförelser har begränsningar	17
Jämförelser mellan tall och gran relativt välgrundade	18
Björk kan producera bättre.....	18
Skogsträdsförädling	19
Mer offensiv plantageanvändning.....	25
Produktionsökning med contortatall	27
Genmodifierade organismer (GMO) - betydelse för trädförädlingen	29
Vegetativ förökning.....	30
Nya trädslag	33
Skötsel och produktion	40
Skogsgödsling.....	41
Balanserad näringstillförsel med gran	47
Dikesrensning	52
Nydikning	54
Gödsling på torvmark.....	57
Askgödsling på dikade torvmarker	59
Kontroll av skogsskadegörare.....	64
Snytbagge.....	64
Rotröta.....	65
Älgbete.....	69
Outnyttjad skogsmark	71
Klimatförändringen.....	72
Litteratur	74

PRODUKTIONSHÖJANDE ÅTGÄRDER

Allmänt. Det finns flera skogsskötselåtgärder att vidta för att höja tillväxten i skogen. Motiven och intresset för detta har varierat över tiden.

Bättre föryngringar. En viktig åtgärd är att anlägga bättre föryngringar. Metoder dåligt anpassade till ståndorten, låg ambitionsnivå eller helt uteblivna föryngringsåtgärder gör att det finns stort utrymme för förbättringar.

Trädslagsval. Det första som bestämmer skogens framtida produktion är det val av trädslag som görs vid föryngringstillfället. Att välja rätt trädslag för ståndorten kostar normalt mycket lite.

Skogsträdsförädling. Svensk skogsträdsförädling har under ca 50 år utvecklat allt bättre träd, med målet att förbättra odlingssäkerhet, arealproduktion och virkeskvalitet. Merkostnaden för en förädlad planta är 1-2 öre.

Vegetativ förökning. Med vegetativ förökning kan man framställa många plantor som är genetiska kopior av de allra bästa träden. Det är ett snabbt och säkert sätt att få ut en förädlingsvinst i skogen.

Nya trädslag. Det finns goda möjligheter att odla ”nya trädslag” i Sverige. Dessa kan producera mer virke eller virke med andra egenskaper än vad som idag erhålls från de traditionella använda trädslagen.

Skogsgödsling. Gödsling är en åtgärd i skogsbruket som på relativt kort sikt kan höja skogsproduktionen. Tillgången på växtnäring, främst kväve, tillsammans med den korta tillväxtsäsongen begränsar trädens tillväxt.

Balanserad näringstillförsel i granbestånd. Här tillförs näring även i ungskog och med kortare intervaller än vid konventionell skogsgödsling. Omlöpstiden förkortas med 10-30 år i södra och 30-60 år i norra Sverige.

Dikesrensning. Skogsdikning har främst utförts i södra Sverige och längs Norrlandkusten. För att diken ska fungera måste de rensas. Tillväxteffekten av rensning varierar men kan ligga på 0,5-1 m³sk per ha och år.

Nydikning. Nydikning har potential att öka skogsproduktionen både på en enskild fastighet och på nationsnivå, men uppfattas av många som en kontroversiell åtgärd.

Askgödsling av dikade torvmarker. Torvmarker är ofta kväverika men fattiga på fosfor och kalium. Om en torvmark är dränerad kan askgödsling ge en merproduktion på några kubikmeter per år och hektar.

Kontroll av skadegörare. Lika viktigt som att vidta åtgärder för att höja produktionen är att begränsa effekterna av skadegörare.

Outnyttjad skogsmark. I Sverige finns betydande arealer med t ex nedlagd åkermark som skulle kunna utnyttjas för skogsproduktion.

Det finns flera produktionshöjande åtgärder att vidta i skogsbruket för att höja tillväxten och öka framtida avverkningsmöjligheter. Motiven och intresset för det har varierat över tiden.

Under 1960-talet var lönsamheten i skogsbruket svag och investeringarna i skogsproduktionen inskränkte sig till ett minimum. Från mitten av 1970-talet förbättrades skogsbrukets ekonomi och efterfrågan på virke tilltog. Det ökade det ekonomiska utrymmet och intresset för åtgärder som höjer skogsproduktionen fick större plats, bland annat skogsgödsling och nydikning.¹

Med 1993 års skogspolitik infördes de två likställda målen, produktionsmålet och miljömålet.² Ansträngningarna för att uppfylla den nya skogspolitikens miljömål bidrog till att den produktionsinriktade skogsvården fick lägre prioritet. Med den nya politiken försvann också bidragen till skogsvårdsåtgärder, vilket ytterligare bidrog till att minska den utförda mängden skogsvård.

Under 2000-talets första år förbättrades skogskonjunkturen. Industrins efterfrågan på virke fortsatte att stiga, samtidigt som skogens roll i energiförsörjningen och dess funktion att bromsa ökningen av koldioxid i atmosfären uppmärksammades allt mer.

Nära den uthålliga avverkningsnivån

Som en följd av den ökade efterfrågan på virke har skogsbruket i Sverige under de senaste åren legat nära den långsiktigt uthålliga avverkningsnivån. I ”Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007”³ redovisar Skogsstyrelsen i december 2008 virkesbalanser för Sverige som helhet, för fyra balansområden och trädslagsvis. Skillnaderna mellan faktiskt utförd avverkning och potentiell avverkning⁴ för de senaste två virkesbalansberäkningarna (för åren 2004 och 2007), visar att på landsnivå har den faktiskt utförda avverkningen varit 2,6 respektive 1,9 milj. m³fub högre än den potentiella avverkningen.

Den slutsats Skogsstyrelsen drar av balansberäkningarna är att: ”Något utrymme för att öka den totala användningen av rundvirke under de kommande tjugo åren jämfört med dagläget finns inte utan att förlita sig på import.” Vidare bedömer Skogsstyrelsen ”att med nuvarande förutsättningar kommer den högsta hållbara avverkningsvolymen för perioden 2010-2019 att ligga i intervallet 95-100 milj. m³sk per år.”

Flera motiv för ökad skogsproduktion

Den framtida tillgången på skogsråvara begränsas sannolikt också ytterligare av minskade importmöjligheter på grund av till exempel Rysslands utförseltullar och att den areal som är tillgänglig för virkesproduktion minskar

¹ Ekelund H & G Hamilton. 2001. Skogspolitisk historia. Skogsstyrelsen, Rapport 8A, 264 s.

² SOU 1992:76. 1992. *Skogspolitiken inför 2000-talet: huvudbetänkande av 1990 års skogspolitiska kommitté*. Allmänna förlaget, Stockholm.

³ Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007. 2008. *Meddelande 4*, 2008. Skogsstyrelsen.

⁴ Potentiell avverkning är en beräknad framtida avverkningsvolym som ska vara så hög som möjligt utan att den efterföljande tillväxten och därmed den efterföljande avverkningen nämnvärt ska behöva minska.

genom att mark avsätts för andra ändamål som naturvård⁵. Oljekommissionen föreslog år 2006 en ”historik satsning på skogs- och åkerbränslen” för att försöka motverka klimatförändringar som följd av ökad koldioxidhalt i atmosfären från förbränning av fossila bränslen.⁶ Förverkligande av en sådan satsning leder med stor säkerhet till ökad efterfrågan på skogsråvara.

Sammantaget finns alltså flera motiv för att öka den svenska skogsproduktionen. Det återspeglas också i 2008 års skogspolitiska beslut som innehåller en tydlig ambition i den riktningen.⁷ Jordbruksdepartementet har gett ett flertal uppdrag till Skogsstyrelsen, SLU och Skogforsk för att understödja den målsättningen.

Boniteten utgör inte tak för skogstillväxten

En uppfattning om det biologiska taket för tillväxten i svensk skog kan fås med utgångspunkt från skogsmarkens bonitet.⁸ Lite grovt och ganska förenklat kan man multiplicera den för skogsbruk tillgängliga arealen med medelboniteten för skogsmarken, dvs 23 milj. ha x 5,3 m³sk per ha och år = 122 milj. m³sk per år. På grund av att skogsmarkens produktionsförmåga utnyttjas i olika hög grad, skogens ålderssammansättning, insatta produktionshöjande åtgärder, m m, överensstämmer inte denna nivå med den i skogen uppmätta tillväxten på omkring 113 milj. m³sk per år (år 2005, på produktiv skogsmark utanför formellt skyddade arealer).⁹

Med produktionshöjande åtgärder kan tillväxten höjas utöver det som vi benämner bonitet. Hur sådana åtgärder tillämpas varierar med skogsägars intresse, där ekonomiska förutsättningar naturligtvis också har betydelse.

Flera faktorer bestämmer produktionstaket

Förutom biologiska och ekonomiska förutsättningar samt skogsägarintresse, regleras möjligheterna att utföra produktionshöjande åtgärder med politiska beslut, lagstiftning (till exempel skogsvårdslagen, miljöbalken och kulturminneslagen) och något som skulle kunna kallas samhällsanda, vilket i viss mån styr vilka skogsbruksåtgärder som vi människor accepterar. Till det kommer den skogscertifiering som introducerades i svenskt skogsbruk under andra halvan av 1990-talet och som i praktiken också styr skogsskötseln och därmed i slutändan framtida möjligheter att ta tillvara skogsråvara.

Sammanfattningsvis: En på biologiska grunder uppskattad högsta skogsproduktion utgående från bonitet, utgör själva verket inget tak. Med investeringar kan skogsproduktionen höjas. Var taket i praktiken ligger avgörs till stor del av skogsägarintresse, ekonomiska faktorer och samhällets regelverk som baseras på politiska beslut.

⁵ Fördjupad utvärdering av Levande skogar. 2007. *Meddelande 4*, 2007. Skogsstyrelsen.

⁶ Anon. 2006. *På väg mot ett oljefritt samhälle*. Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet.

⁷ Anon. 2008. *En skogspolitik i takt med tiden*. Proposition 2007/08:108. Jordbruksdepartementet, Stockholm.

⁸ Begreppet bonitet beskrivs utförligt i Skogsskötselseriens del 1: *Skogsskötselns grunder och samband*.

⁹ Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. 2008. *Rapport 25*, 2008. Skogsstyrelsen.

Produktionshöjande åtgärder fungerar olika

En del produktionshöjande åtgärder leder förhållandevis snabbt till ökade avverkningsmöjligheter, andra är mer långsiktiga. Olika åtgärder kostar olika mycket per producerad kubikmeter virke. I ett företagsekonomiskt perspektiv är en billig åtgärd som snabbt resulterar i ökad möjlig avverkning naturligtvis att föredra framför dyrare och mer långsiktiga åtgärder. I ett samhällsperspektiv kan mer långsiktiga åtgärder vara väl så värdefulla.

Som exempel på hur olika produktionshöjande åtgärder bidrar till ökad tillväxt presenteras inledningsvis och helt kort några åtgärder, när i tiden de resulterar i ökad tillväxt, vilka arealer de berör och något om deras kostnader.

Skogsgödsling ger effekt på ca 10 år

En förhållandevis snabb tillväxtökning erhålls med gödsling. En framgångsrik kvävegödsling höjer tillväxten med 10-20 m³sk per ha under 7-11 år. Den kortvarigaste effekten får man i ung tallskog i södra Sverige, den långvarigaste i gammal gran i norra Sverige. Mycket talar dock för att gödselpriserna kommer att stiga, eftersom de är starkt korrelerade med energipriserna. Det är därför ovisst att förutspå hur lönsamheten i gödslingen kommer att utvecklas på längre sikt.

Även dikesrensning och askgödsling på dikad torvmark kan ge en ganska snabb tillväxtökning i bestånd med etablerad skog.

Det finns många långsiktiga åtgärder

Vill man långsiktigt höja tillväxten på nordsvenska marker ska man i första hand se till att använda contortatall i den utsträckning som lagen tillåter. Contortatallen växer oavsett bonitet 30-40 % bättre än vanlig tall, beroende på vilka skogsodlingsmaterial man väljer. Skogsträdförädlingen tar kontinuerligt fram allt bättre odlingsmaterial av contortatall.

Generellt bidrar användning av förädlad skogsodlingsmaterial till att långsiktigt höja produktionen. Förädling gör att plantmaterial av de svenska trädslagen hela tiden får bättre och bättre tillväxt. I en nyligen publicerad rapport från Skogforsk redovisas den förväntade förädlingseffekten i skogsodlingsmaterial fram till år 2105.¹⁰ Vid den tidpunkten bedöms skogsodlingsmaterial leda till bortåt 50 % högre tillväxt än vad dagens frö av för odlingslokalen ”rätt” proveniens kan ge. En viktig begränsning med förädlingen är att det tar lång tid innan man får tillgång till det extra virket.

Hög intensitet och höga ambitioner i skogsvården, framför allt i förnyingsarbetet, och att välja rätt trädslag för ståndorten är andra viktiga sätt att långsiktigt öka produktionen på mycket stora arealer och utan stora kostnader. Att genom skogsskötsel begränsa effekterna av skadegörare har också en stor påverkan på tillväxten.

Åtgärdernas tidsperspektiv, arealpåverkan och kostnader

De produktionshöjande åtgärder som tas upp i denna del av Skogsskötselserien leder till ökad tillväxt på olika lång sikt och kommer att

¹⁰ Rosvall O & U Wennström. 2008. Förädlingseffekter för simulering med Hugin i SKA 08. Skogforsk, *Arbetsrapport* 665, 40 s.

beröra olika stora arealer. De är dessutom mer eller mindre sannolika att de genomförs i det praktiska skogsbruket. En orsak till det är att en del åtgärder inte kostar mer än vad ”normal skogsskötsel” kostar, medan andra innebär investeringar utöver detta. De åtgärder som om de utförs på rätt sätt och ger förväntat resultat leder till mer betydande ökad tillväxt inom ca 10 år är:

- skogsgödsling
- dikesrensning
- askgödsling på dikad torvmark
- behovsanpassad gödsling i gran.¹¹

De åtgärder som betydligt senare, i storleksordningen på 25-75 års sikt, resulterar i ökad tillväxt är:

- anläggning av bättre föryngringar
- val av rätt trädslag för ståndorten
- användning av förädlat skogsodlingsmaterial
- användning av contortatall och ”nya trädslag” med hög produktion
- markavvattning, dvs nydikning
- kontroll av skadegörare (snytbagge, rotröta, älg, m m).

Förhållandevis billiga åtgärder som inte kostar mer än vad ”normal skogsskötsel” kostar, är anläggning av bättre föryngringar, val av skogsodlingsmaterial (trädslag och förädlat material vid skogsodling), dikesrensning (kan ses som underhåll av en investering) samt insatser för kontroll av skadegörare.

Skogsgödsling, nydikning och askgödsling av dikade torvmarker, liksom föryngring med trädslag vars plantor är betydligt dyrare än en ”standardplanta”, är åtgärder som kostar mer än vad som kan sägas ingå i ”normal skogsskötsel”. Det betyder att dessa åtgärder antagligen kommer att utföras av en begränsad andel skogsägare. Att fullfölja ett program för behovsanpassad gödsling i gran, en skogsskötselmetod ännu på utvecklingsstadiet, innebär en betydande investering som kräver hög tillväxt för att gå ihop ekonomiskt.

Stor ökad tillväxt möjlig på landsnivå

Den maximala produktionsökningen i svensk skog har i en analys från 2007 uppskattats till 37 milj. m³sk per år om 50-100 år.¹² Analysen utgår från att den långsiktigt uthålliga avverkningsnivån för det kommande seklet i genomsnitt är 89 milj. m³sk per år.¹³ Den uppskattade maximala produktionsökningen skulle innebära en tillväxt på 126 milj. m³sk per år om 50-100 år.

I tillväxtökningen ingår potentialen för ökad tillväxt på skogsmark (36 %) och tillväxtmöjligheter genom åkerplantering (6 %), dvs totalt 42 %. Om man också adderar effekterna av dikning av odikad myr utanför skogsmark

¹¹ Ett skogsskötselprogram för gran med första gödsling vid höjden 2-5 meter och fortsatta gödslingar under resten av omloppstiden som är kortare än vid normalt trakthyggesbruk.

¹² Rosvall O. 2007. Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* Nr 4 2007. s 13-30.

¹³ Skogliga konsekvensanalyser 2003 – SKA 03. 2004. *Rapport 2*, 2004. Skogsstyrelsen.

och dikning av odikad sumpskog skulle ytterligare ca 7 procentenheter tillväxt kunna erhållas, därmed sammantaget 49 %, dvs ca 50 % eller 134 milj. m³sk per år.

En tillväxtökning som i analysen av olika skäl bedömdes som mer rimlig¹⁴ är ca 20 %, dvs en tillväxt på 106 milj. m³sk per år, varav ca 17 procentenheter kommer från traditionella metoder som förbättrade förnygringar, förädlade plantor, contortatall och gödsling och 3 procentenheter från klonskogsbruk, åkerplantering, dikesrensning och askgödsling av dikade torvmarker. I de uppskattade tillväxtökningarna har inte räknats in effekterna av en klimatförändring vilken bedömdes kunna höja tillväxten med ytterligare ca 10 % som ett genomsnitt för andra halvan av detta sekel.

SKA-VB 08 beskriver framtida tillväxt för fyra scenarier

Skogsstyrelsen presenterade i december 2008 ”Skogliga konsekvensanalyser 2008” (SKA-VB 08).¹⁵ Där beskrivs tillväxten på nationell nivå för fyra scenarier (Referens, Miljö, Produktion och Produktion + Miljö) under en beräkningsperiod fram till år 2110. Tillväxtnivåerna varierar från 141 till 180 milj. m³sk per år vid beräkningsperiodens slut och gäller virkesproduktionsmark, dvs ej reservat och skogsbrukets frivilliga avsättningar.

Skillnaderna mellan scenarierna beror på en större omfattning av produktionshöjande åtgärder i produktionsscenarierna än i referens- och miljöscenarierna, både avseende vilka åtgärder som formar scenarierna och deras areella omfattning. I SKA-VB 08 har man för första gången i nationella skogliga konsekvensanalyser lagt in uppskattade tillväxteffekter av en klimatförändring och effekterna av en kontinuerlig förbättring av skogsodlingsmaterialet genom förädling. Klimateffekten i SKA-VB 08 ger i Referensscenariet en ökad tillväxt på 32 % om hundra år. Förädlingseffekten är på motsvarande sätt 8 %.

Det ligger naturligtvis nära till hands att jämföra resultaten av de två ovan refererade uppskattningarna av framtida tillväxtpotential i svensk skog. De har emellertid gjorts med olika målsättning och metod samt delvis med olika antaganden om förutsättningar m m. Det finns därför ingen anledning att förvänta att resultaten ska bli lika.

En slutsats som kan dras är att dock att det tycks finnas stora möjligheter att långsiktigt öka tillväxten i skogen och därmed också framtida avverkningsmöjligheter. En annan slutsats är att de klimatscenarier och modeller för samband mellan klimat och skogstillväxt som använts i SKA-VB 08, resulterar i en betydande ökning av skogsproduktionen.

Flera sentida utredningar om produktionshöjning

Syftet med denna del i Skogsskötselserien är att beskriva produktionshöjande åtgärder för normal skogsmark. Säkerheten i prognoserna för produktionseffekterna samt vilka åtgärder som är möjliga att genomföra – mot bakgrund av kostnader, skogspolitik och samhällsanda – kommer att tas upp.

¹⁴ Vad som kan bedömas som ”rimligt” beror bland annat på de ekonomiska förutsättningarna i skogsbruket, på metodernas miljöeffekter och på skogspolitiken.

¹⁵ Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. 2008. *Rapport 25*, 2008. Skogsstyrelsen.

Framställningen grundas på ett antal utredningar som Skogforsk gjort under de senaste åren.

Den första och andra utredningen^{16 17} gjorde Skogforsk tillsammans med SLU för att undersöka möjligheterna att öka intensiteten i traditionella metoder i Västernorrlands och Jönköpings län, jämfört med 1990-talets nivåer för skogsskötsel och naturvård. Då Hugin-systemet¹⁸ användes var det möjligt att studera förändringar över tiden. Åtgärder som att förbättra föryngringarna, använda förädlat skogsodlingsmaterial, mer av contortatall och skogsgödsling studerades.

I den tredje utredningen, som avsåg svenskt privatskogsbruk, tillämpades likartade metoder.¹⁹ Här undersöktes också skadeförebyggande åtgärder mot snytbagge, älg och rotröta.

Den fjärde utredningen avsåg Holmen Skog.²⁰ Här tillämpades en avvikande metodik. Tillväxteffekter för olika insatser och områden skalades upp för tänkbara behandlingsarealer på Holmen Skogs marker. Utredningen tog upp många fler behandlingar än de tidigare, bland annat dikesrensning, plantering med vegetativt förökad gran (somatisk embryogenes) och även effekterna av en tänkt klimatförändring.

Den femte övergripande utredningen skrevs för Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien (KSLA) och avser tillväxtmöjligheter på nationell nivå.²¹ De tidigare utredningarna var utgångspunkt för denna. Den har tillförts de tillväxtmöjligheter som föreslås av Oljekommissionen²² samt andra som diskuterats på senare tid.

Grunder för intensifierad skogsskötsel

Man måste vara försiktig när man bedömer effekterna av olika produktionshöjande åtgärder. De tar lång tid att genomföra och tiden innan de får genomslag vid avverkning är utdragen.

Några grundläggande förutsättningar måste beaktas:

- Sveriges skogar är en trögt reagerande helhet. Skulle man samla alla landets skogsmaskiner längst i norr och låta dem börja arbeta sig söderut, tar det ungefär 100 år innan de når Sydsåne. Då först, efter 100 år, planteras också den sista plantan i den nya skogen. Anta att skogsbruket klarat att åstadkomma bättre föryngringar på en tiondel mer av den årliga föryngringsarealen. Det tar då 25 år innan en så liten andel

¹⁶ Rosvall O, S Jacobsson, B Karlsson & A Lundström. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Skogforsk, *Redogörelse* Nr 1 2004, s 23-38.

¹⁷ Rosvall O, S Jacobsson, B Karlsson & A Lundström. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Skogforsk, *Redogörelse* Nr 1 2004, s 23-38.

¹⁸ Ett system för långsiktiga avverkningsberäkningar med syfte att analysera olika skogliga hushållningsstrategier regionalt och nationellt.

¹⁹ Rosvall O, R Bergström, S Jacobsson, F Pettersson, K Rosén, M Thor & J Weslien. 2004. Ökad produktion i familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. Skogforsk, *Arbetsrapport* Nr. 574.

²⁰ Rosvall O. & E Normark. 2006. Ökad tillväxt och virkesproduktion i Holmens skogar. Den fullständiga utredningen. Holmen Skog, Örnsköldsvik.

²¹ Rosvall O. 2007. Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* Nr 4 2007. s 13-30.

²² Anon. 2006. *På väg mot ett oljefritt samhälle*. Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet.

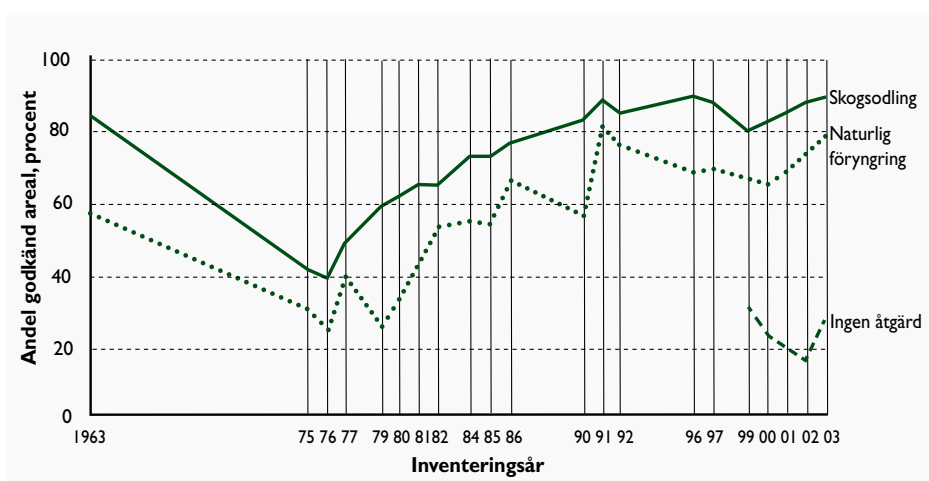
som 5 % av den totala skogsmarksarealen är åtgärdad med bättre för-
yngningar och en stor del av effekterna ser man först nästa sekel.

- 1 % ökad tillväxt är väldigt mycket. Det är ungefär en miljon m³sk per år. Sveriges skogsägare får arbeta hårt för en sådan tillväxtökning.
- Det går inte alltid att summera potentiella tillväxtökningar utan vidare. Det är ju till exempel självklart att om man planterar contortatall på en mark kan man inte där samtidigt plantera högproduktiva granplantor framställda genom vegetativ förökning.
- Man kommer med stor sannolikhet inte att utnyttja den ökade tillväxten genom att hålla större virkesförråd per hektar eller som högre uttag per hektar. Tillväxtökningen kommer antagligen främst att utnyttjas i form av kortare omloppstid.
- Då tillväxten ökar stiger markvärdet och då förkortas omloppstiden också i dagens skogar. Man kan ta ut en del av den framtida tillväxtökningen redan idag, genom att man bygger in en högre tillväxt i den nyanlagda skogen.

Bättre föryngringar

En viktig produktionshöjande åtgärd är att anlägga bättre föryngringar. Det är inte ovanligt att man använder en metod som inte är anpassad för ståndorten. Ambitionsnivån kan också vara för låg när det gäller exempelvis markberedning och plantantal. Ibland görs inga föryngringsåtgärder alls. Det finns alltså stort utrymme för förbättringar.

Arealandelen som föryngras naturligt är högre på privat mark än på storskogsbrukets och de föryngringar där ingen åtgärd alls vidtagits likaså. På storskogsbrukets marker godkändes 86 % av de föryngringar som mättes 2007, på privatskogsbruket endast 78 %.²³ Skogsstyrelsens inventeringar visar att planteringar i allmänhet lyckas bättre än naturlig föryngring (figur PR1). En intensifiering på i första hand privatskogsbruket, sannolikt med mindre naturlig föryngring, större areal som markbereds och ökad skogskultur skulle öka tillväxten.



Figur PR1 Andel av föryngringarna som godkänts enligt skogsvårdslagen med fördelning på skogsodling, naturlig föryngring och då ingen åtgärd vidtagits.^{24 25}

Produktionen kan ökas på flera sätt

Skogforsk har gjort beräkningar av rimlig och möjlig produktionsökning av att olika föryngringar med olika kvalitet etableras.²⁶ Om alla föryngringar uppfyllde lagens krav skulle skogstillväxten öka med ungefär 3 % eller 3 milj. m³sk per år från år 2050.

Om föryngringsarbetet blev ännu bättre, exempelvis genom att planteringsandelen steg från dagens ungefär 60 % till 80 %, skulle tillväxtökningen fördubblas till 6 %.

²³ <http://www.skogsstyrelsen.se/epi-server4/dokument/sks/aktuellt/press/2008/PM%20R-polytax%202008.pdf>

²⁴ I resultaten för inventeringarna fr o m 1999 (Polytax R 5/7) särskiljs *ingen åtgärd*. I tidigare inventeringar ingår *ingen åtgärd* i metoden naturlig föryngring.

²⁵ Skogsstatistisk Årsbok 2007. Skogsstyrelsen. 2007.

²⁶ Rosvall O, S Jacobsson, B Karlsson & A Lundström. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Skogforsk, Redogörelse Nr 1 2004, s 23-38.

Ett viktigt skäl till att självföryngringarna godkänns i den omfattning som nu görs är att föryngringar idag tillåts hålla en högre lövandel än tidigare. Det ska senare i denna del av Skogsskötselserien framgå att lövträdsinblandningen ur produktionssynpunkt inte är så bra.

För att få del av skogsträdsförädlingens produktionshöjning krävs skogskultur, dvs plantering eller sådd. För hög volymproduktion bör självföryngring därför i stor utsträckning begränsas till lättföryngrade tallmarker, där en tät föryngring kan påräknas. Den höga virkeskvalitet som detta kan möjliggöra kan ersätta den produktionsförlust i virkesvolym som med stor sannolikhet blir resultatet.

Intressant ur detta perspektiv är de nyheter som på senaste tid kommit från Skogsstyrelsens årliga enkät om utförda skogsvårdsåtgärder.²⁷ Enligt dessa markbereddes under år 2007 171 300 ha och planterades 153 100 ha. Det är en svag ökning jämfört med 2006 men en ökning med 19 % för markberedning och 10 % för plantering, jämfört med 2005. Uppgången beror på att avverkningsnivåerna höjts men också på att den naturliga föryngringen minskat.

²⁷ <http://www.svo.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=40581>

Trädslagsval

Det första som bestämmer skogens framtid är det trädslagsval som görs vid föryngringstillfället. Det valet styrs i stor utsträckning av ståndorten och dess förutsättningar. Valet baseras normalt på trädslagets förväntade produktionsförmåga.

Att välja rätt trädslag kostar normalt mycket lite. I praktiskt skogsbruk är ofta trädslagsvalet en anpassning av trädslaget till varje punkt i miljön en avvägning mellan planering och ekonomiska möjligheter.

Skogsstyrelsens tolkning av skogsvårdslagen innebär att man på en given mark normalt accepterar trädslag som ger ungefär 60 % av bästa inhemska trädslags produktion. Exakt vilket trädslag som är bäst på en viss ståndort är ibland svårt att säga, men Skogsstyrelsens kriterier för trädslag som kan räknas som huvudplantor på olika ståndorter vid återväxttaxering och R-polytaxinventering vid kan tjäna som ett underlag (tabell PR1).

Tabell PR1 Trädslag som enligt Skogsstyrelsen kan räknas som huvudplantor på olika ståndorter vid återväxttaxering och R-polytaxinventering.²⁸

Bördighet/ Markvegetationstyp	Markfuktighet		
	Torr	Frisk	Fuktig-blöt
Mycket god Högört, lågört		Gran, tall, vårtbjörk, asp, klibbal	Gran, tall, björk, asp, klibbal
God Grästyper	Tall, gran	Gran, tall, vårtbjörk, asp	Gran, tall, björk, asp, klibbal
Medelgod Blåbär	Tall, gran	Gran, tall, vårtbjörk, asp	Gran, tall, björk, asp
Svag Övriga ristyper	Tall, gran	Tall, gran, vårtbjörk	Tall, gran, björk
Mycket svag Lavtyper	Tall		

Produktionsförmågan hos tall, gran och björk

Skogsstyrelsen har redovisat en studie över de vanligaste trädslagens produktionsförmåga i olika delar av landet och på olika ståndorter.²⁹

Studien baseras på riksskogstaxeringens fasta provytor från 1983-1987, sammanlagt 18 128 provytor med god fördelning över landet. Torvmarksprovytor och ytor med sådana ståndortsegenskaper att de inte kunde anpassas till systemet för ståndortbonitering rensades bort. Då återstod 14 040 provytor med uppskattat ståndortsindex (SI) för gran och 14 452 med uppskattat SI för tall. Sedan beräknades, med ledning av de för respektive yta angivna ståndortsfaktorerna, ett SI för de två övriga trädslagen.

²⁸ Anon. 2003. *Instruktion för fältarbete med R-polytax 2003*. Skogsstyrelsen.

²⁹ Bergquist J, P-M Ekö, B Elfving, U Johansson & T Thuresson. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. *Rapport 19*. Skogsstyrelsen.

På tallytor beräknades SI för gran och björk, och på granytor för tall och björk, så att varje provyta fick ett SI för tall, gran och björk.

Ståndortsindex för björk beräknades med en funktion som togs fram för björkdominerade provytor inom riksskogstaxeringen 1983-1996.³⁰ I riksskogstaxeringen anges inte vilken björk (glas- eller vårtbjörk) som finns på provytan så inom trädslaget ”björk” finns en obekant blandning av arterna. För tall och gran beräknades ståndortsindex med hjälp av Hägglunds och Lundmarks funktioner.^{31 32}

Från dessa SI beräknades så trädslagens produktionspotential.³³ Björkens produktionspotential togs fram med funktioner för vårtbjörk.³⁴ För varje trädslag utjämnades därefter de klassvisa översättningarna från SI till bonitet enligt Hägglund och Lundmark.³⁵ För varje yta kalkylerades därefter tre olika kvoter av produktionspotentialerna, björk/gran, björk/tall och tall/gran. Utifrån dessa kvoter kan så tillväxtskillnaderna mellan trädslagen diskuteras.

³⁰ Frisk J. 1998. Basal area before thinning and relation of site index to site properties for birch-dominated stands in Sweden. SLU, inst. för skogsskötsel, *Examensarbete i skogsskötsel* Nr. 8.

³¹ Hägglund B & J-E Lundmark. 1977. Skattning av höjdboniteten med ståndortsfaktorer. Tall och gran i Sverige. Skogshögskolan, inst. för växtekologi och marklära. *Rapporter och Uppsatser* nr 28.

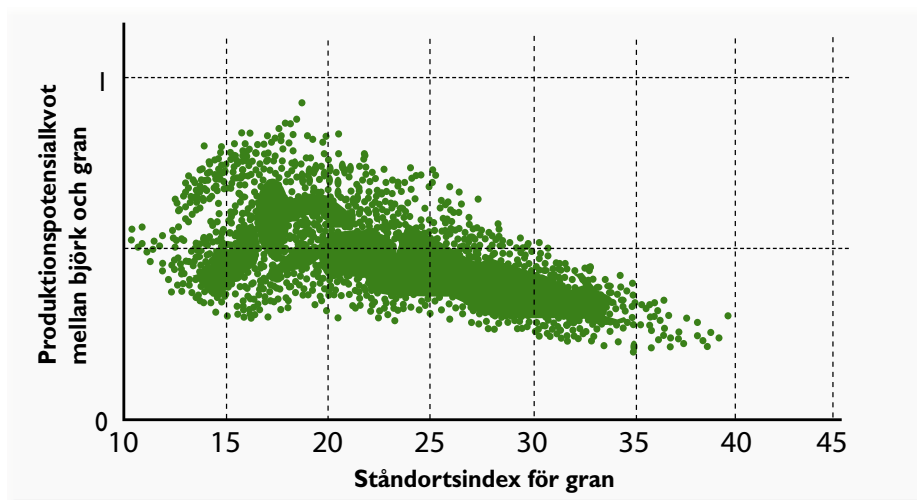
³² Hägglund B. 1979. Ett system för bonitering av skogsmark – analys, kontroll och diskussion inför praktisk tillämpning. SLU, Projekt Hugin, *Rapport* nr 14.

³³ Hägglund B. 1981. Forecasting growth and yield in established forests. An outline and analysis of the outcome of a subprogram within the Hugin project. SLU, inst. för skogstaxering, *Report* 31.

³⁴ Fries J. 1964. Yield of *Betula verrucosa* Ehrh. in middle Sweden and southern north Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 14.

³⁵ Hägglund B & J-E Lundmark. 1982. *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2 Diagram och tabeller*. Skogsstyrelsen.

Björk och gran. I genomsnitt för hela landet ligger kvoten björk/gran på 0,46. Björkens produktionspotential är alltså mindre än hälften av granens (figur PR2).

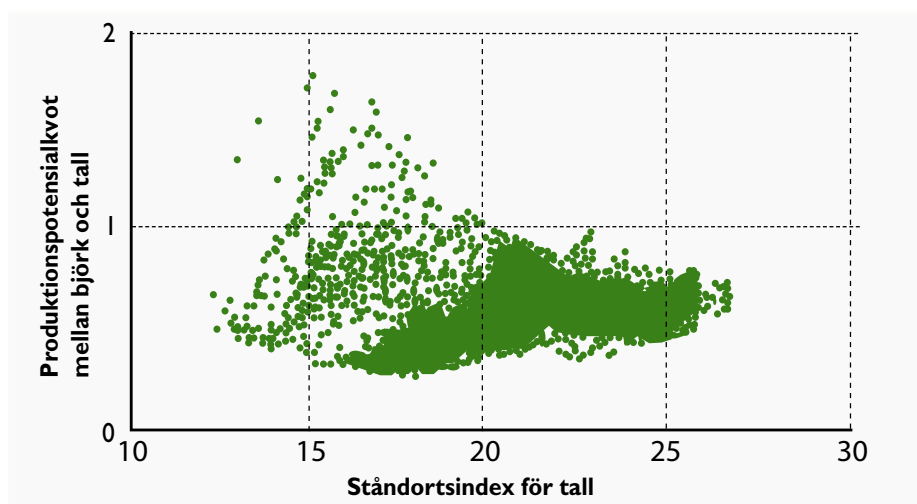


Figur PR2 Kvoten mellan björkens och granens produktionspotential över ståndortsindex för gran, hela landet.³⁶

Utan att här gå in på hela materialets tolkning kan följande noteras:

- På låga SI verkar det som om björken kan hävda sig bättre än på höga.
- På bättre SI, SI G25 och bättre, är björkens produktionspotential i regel mindre än hälften av granens.

Björk och tall. Liksom mot granen så hävdar sig björken bättre på låga SI än på höga, men för hela materialet ligger björkens produktionspotential på bara 0,61 (figur PR3). Det finns dock provytor med ett SI under T20 där björk har en potential som är betydligt högre än tallens.

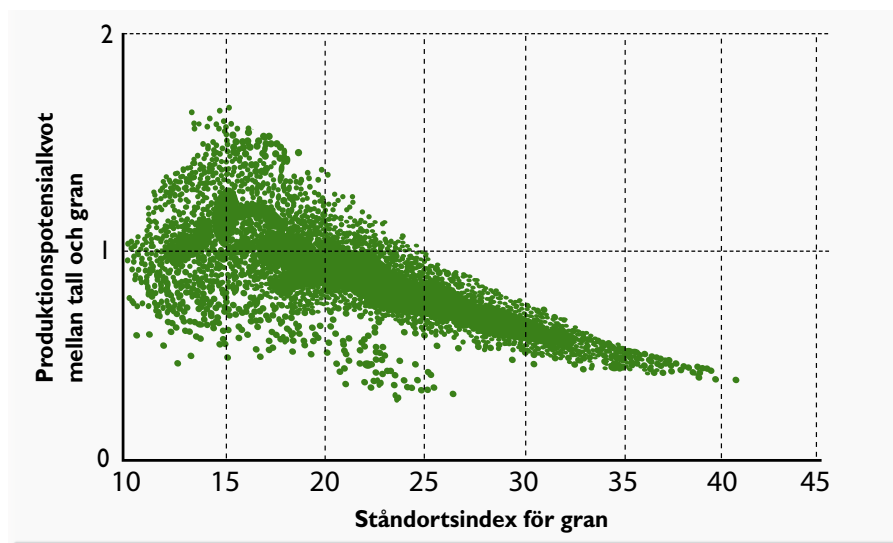


Figur PR3 Kvoten mellan björkens och tallens produktionspotential över ståndortsindex för tall, hela landet.³⁷

³⁶ Bergquist J, P-M Ekö, B Elfving, U Johansson & T Thuresson. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. *Rapport 19*. Skogsstyrelsen.

³⁷ Bergquist J, P-M Ekö, B Elfving, U Johansson & T Thuresson. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. *Rapport 19*. Skogsstyrelsen.

Tall och gran. Skillnaderna i dessa trädslags produktionspotential varierar mer på svaga marker än på rika. Totalt sett är kvoten 0,81 i genomsnitt och tallen har en lägre produktionspotential än 50 % av granens vid ståndortsindex över G30. På låga SI, G18 och lägre, ligger tall ofta över gran (figur PR4).



Figur PR4 Kvoten mellan tallens och granen produktionspotential över ståndortsindex för gran, hela landet.³⁸

Produktionsjämförelser har begränsningar

Jämförelser i produktion mellan trädslag måste naturligtvis hanteras varsamt. De är inga äkta jämförelser på samma ståndort utan skattningar av produktionspotentialer, baserade på ståndortsfaktorer.

För björk är det svårt att särskilja vårt- och glasbjörk som i de flesta provytor vanligen är självföryngrade. Vårtbjörksandelen ökar sannolikt från fattig till rikare mark, från blöt till torr mark, från norr till söder, osv.

Fries funktioner, som använts för att komma från SI till bonitet hos björk, är baserade på välskötta bestånd av vårtbjörk i Mellansverige och södra Norrland.³⁹ Detta medför att boniteten sannolikt är något överskattad eftersom dessa välskötta bestånd visar en högre produktion än genomsnittsbestånd i skogsstyrelsematerialets oskötta bestånd.

Traditionellt anses att på god mark producerar vårtbjörk ungefär hälften av gran.⁴⁰ I Skogsstyrelsens undersökning ligger den betydligt sämre och når endast i extrema fall upp till granens produktion. En förklaring kan finnas i att i de flesta tidigare jämförelser görs mellan välskötta bestånd av trädslagen medan denna jämförelse sker mellan vanliga bestånd som återfinns bland riksskogstaxeringens ytor. Björk kan anses kräva mer intensiv skötsel än

³⁸ Bergquist J, P-M Ekö, B Elfving, U Johansson & T Thuresson. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. *Rapport 19*. Skogsstyrelsen.

³⁹ Fries J. 1964. Yield of *Betula verrucosa* Ehrh. in middle Sweden and southern north Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 14.

⁴⁰ Tegemark D O. 2000. Ståndortsindex och produktion för björk och gran på samma mark. *Delrapport 13, Projekt al, asp och björk*. Högskolan Dalarna.

gran för att ge god produktion, men sköts nog normalt inte tillräckligt intensivt. De bestånd som använts i Skogsstyrelsens undersökning är antagligen ganska typiska för bestånd som finns i dagens svenska skog.

När det gäller jämförelser mellan björk och tall finns det mindre data tillgängliga, sannolikt för att dessa trädslag mer sällan växer på samma ståndort än björk och gran. I en norsk studie uppskattas björkens produktion till ungefär 70 % av tallens på bättre bonitet och ungefär lika på svagare marker.⁴¹ Alltså ganska nära Skogsstyrelsens värden.

Jämförelser mellan tall och gran relativt välgrundade

När det gäller granens och tallens produktionsförmåga känner man den ganska väl.⁴² Tallen har bättre produktion på svag och torr mark, granen växer normalt bättre på all övrig mark.

Idag sätts dock mycket gran på relativt torra och magra marker i södra Sverige, ofta med syftet att undvika älgskador. De etablerar sig ofta väl, men allt eftersom granbestånden åldras och sluter sig minskar tillväxten betydligt, bestånden ”knyter” sig. Hur allvarligt och uthålligt detta är vet man ännu inte tillräckligt om. Det går inte att bortse från risken att det torrare klimat i sydöstra Sverige som klimatförändringarna väntas medföra kommer att ytterligare försämra situationen.

Skulle Skogsstyrelsen tolka denna undersökning strikt skulle björk inte tillåtas som förnyngningsmaterial eftersom den producerar mindre än 60 % av bästa trädslag på de flesta marker i Sverige möjligen med undantag för vissa lokaler i Norrland. Det kan finnas anledning att granska detta ytterligare och eventuellt utveckla nya regelverk för ”godkänt trädslag”.

Björk kan producera bättre

Björk kan också fås att producera mycket bättre än vad dessa studier visar.⁴³ Plantering av förädlad björk och intensiv skötsel⁴⁴, speciellt i ungdomen, ger bestånd med betydligt högre produktion än vad studiens i huvudsak naturligt förnygrade bestånd kan göra. Men kostnaden för sådan produktion blir också hög, speciellt som stängsel ofta fordras för att undvika omfattande viltskador. Intresset för att starta sådana förnyngingar verkar vara mycket måttligt.

I Sverige planteras inte mer än någon miljon björkplantor per år⁴⁵ och inte ens de gynnsamma lånevillkor som erbjudits efter stormen Gudrun har lett till någon nämnvärd ökning i björkplanteringen.

Björk ska naturligtvis också i framtiden användas som ett blandträdslag i förnyngingar för att tillgodose en framtida sannolik efterfrågan på björkvirke och för att bidra till att bevara den biologiska mångfalden i skogen.

⁴¹ Braastad H. 1967. Produktionsstabeller for bjork. *Meddelelser fra Det norske Skogforsöksvesen* 84, band 22.

⁴² Leijon B. 1979. *Tallens och granens produktion på lika ståndort*. Slutredovisning för anslag från Statens råd för skogs- och jordbruksforskning. SLU, inst. för skogsskötsel.

⁴³ Ståhl E. & N Pettersson. 2007. *Björk som råvara – egenskaper, virkesförråd, produktion och utnyttjande*. Högskolan Dalarna, avd. för träteknologi.

⁴⁴ För skötsel av björk, se del 9 i Skogsskötselserien ”Skötsel av björk, al och asp”.

⁴⁵ *Skogsstatistisk Årsbok 2008*. Skogsstyrelsen. 2008.

Skogsträdsförädling

Genom att utnyttja den genetiska variation som finns i levande material har mänskligheten genom årtusendena lyckats öka avkastningen i lantbruket. Grundtekniken är urgammal: avla på de bästa individerna och sedan på deras bästa avkommor. För varje generation får man på detta sätt växter och djur med allt bättre egenskaper, egenskaper anpassade till vad som verkar bra och människan vill ha.

Med ett förnuftigt utnyttjande av den genetiska variationen kan man också i framtiden försörja en växande mänsklighet med mat, ved, bränsle, osv. Den genetiska variationen är en mycket värdefull resurs. En klok förädling är ett aktivt sätt att bevara den. De svenska förädlingspopulationerna av tall och gran består av över 1 000 utvalda individer. Det räcker mer än väl för att bevara tillräckligt många genvarianter.⁴⁶

För varje trädslag har förädlingsmaterialet delats upp i ett 20-tal delpopulationer för olika klimatzoner och lite olika förädlingsmål. Det ger stor flexibilitet och dessutom en större genetisk variation än vad naturen själv skulle kunnat åstadkomma.

Sexuell förökning, till skillnad från vegetativ, återskapar variation. Vid urvalet till varje ny förädlingspopulation snävas den genetiska variationen in. Men vid varje korsning, den sexuella förökningen, får varje frö en slumpmässig uppsättning av sina föräldrars gener, vilket återskapar den genetiska variationen. Detta händer var gång som träden i en fröplantage korsar sig.

Förädling och förädlingsmål

Svensk skogsträdsförädling är en verksamhet som kontinuerligt utvecklar allt bättre träd.⁴⁷ Om man inräknar fältprövning, urval och korsning för att skapa en ny generation med de bästa träden ur den gamla generationen som föräldrar, tar en generation omkring 20 år.

Förädlingens mål är att förbättra odlingssäkerhet, arealproduktion och virkeskvalitet i plantmaterialet med en bevarad genetisk diversitet och variation. ”*An Introduction of Forest genetics*” ger en utmärkt beskrivning av skogsförädlingen.⁴⁸

Det finns inga klara motsättningar mellan förädlingsmålen. Odlingssäkerhet kan kombineras med hög produktion och god virkeskvalitet. Vill man ha smala årsringar får man plantera ett tätare förband. I den fortsatta framställningen om skogsträdsförädling och ökad produktion är därför odlingssäkerhet och kvalitet samtidigt förbättrade.

Enklast kan förädlingens effekt liknas med en bonitetshöjning, något som också visar hur förädlade skogar ska skötas. Den förädlingsvinst som används i fortsättningen avser den genomsnittliga arealproduktionen över omloppstiden som kan uppnås i de nya bestånd som anläggs med det förädlade materialet.

⁴⁶ Eriksson U (redaktör). 1995. Strategi för framtida skogsträdsförädling och framställning av förädlad skogsodlingsmaterial i Sverige. Skogforsk, *Utredning* 1995-06-20.

⁴⁷ *Skogsträdsförädling. 2000*. Institutet för Skogsförbättring, Uppsala. Broschyr. 12 s.

⁴⁸ Boken kan beställas från SLU, inst. för skogsgenetik, Uppsala.

I fröplantager utnyttjas förädlingsvinsterna

Fröplantager är det enklaste, billigaste och säkraste sättet att utnyttja förädlingsvinsterna. Från förädlingspopulationen väljer man de bästa träden och klipper kvistar från dem. Kvistarna, som ju innehåller samma gener som sitt ursprungsträd, ympas normalt på vanliga plantor vid anläggning av en fröplantage. Efter en tid blommar ymparna och korsar sig med varandra. Kottarna skördas, och fröet används i skogsbrukets plantskolor eller sås direkt på föryngringsytorna.

Föräldraträden i en plantage kommer från ett vidsträckt område. Därför har en fröplantage troligen större genetisk variation än frö från ett naturligt föryngrat skogsbestånd där ju träden är mer eller mindre besläktade med varandra.

Fröplantagerna placeras ofta på bördig åkermark och ofta i bra lokalklimat.⁴⁹ Frön från fröplantager tenderar därför att bli något tyngre och mer välmatade än det ”naturliga” vilda beståndsfröet från skogsmark. Tunga och välmatade frön gror snabbt och säkert, vilket är värdefullt i plantskolor och bra vid skogssådd.

Vildpollen sänker förädlingsvinsten

Vildpollen, oförädlad pollen från omgivande skogar, sänker förädlingsvinsten i fröplantagerna. Vildpollen är ett problem främst i vissa plantager avsedda för norra Sverige. För att dessa plantager snabbt skulle komma i produktion, placerades de relativt sydligt. Vildpollen från omgivande skogar har därför sydligare egenskaper än plusträden i plantagen, så fröet får något för sydliga egenskaper och blir inte nog hårdigt. Det gör att sådant plantagefrö måste användas i ett något sydligare läge än vad som ursprungligen var planerat. För att avgöra hårdigheten testas idag allt plantagefrö genom frystestning av plantageavkommor.

Beståndsfrö används fortfarande

Sedan slutet av 1960-talet har forskningen genom kontinuerlig förädling förfinat proveniensvalet av skogsfrö, vilket på berörda arealer ökat produktionen med 0-15 %. Fortfarande används en hel del beståndsfrö av proveniensmaterial⁵⁰, dels för tall i nordligaste Sverige, där man ännu inte kan få tillräcklig mängd plantagefrö för plantproduktionen, dels för gran i Sydsverige där plantageanläggningen är sen. I Sydsverige anläggs fortfarande många planteringar med plantor som kommer från vitryskt och baltiskt beståndsfrö.

EttO-plantagerna ger ca 10 % förhöjd virkesproduktion

Det plusträdsurval som gjordes i skogarna för anläggning av de första fröplantagerna (EttO)⁵¹ från 1950-talet, och som använts fram till idag ger ungefär 10 % högre virkesproduktion än beståndsfrö. Fröplantagerna kombinerar

⁴⁹ Almqvist C, O Rosvall & U Wennström. 2007. *Fröplantager – anläggning och skötsel*. Skogforsk.

⁵⁰ Proveniensmaterial betyder här att fröet har en viss geografisk proveniens, ett visst geografiskt ursprung.

⁵¹ EttO (uttalas ”ett-o”, o som i omgång), första omgångens fröplantage, till skillnad från senare TvåO och TreO.

denna plusträdseffekt med provenienseffekten, även om man inte helt enkelt kan summera dem. Förädlingseffekten reduceras av att:

- plusträden i fröplantagerna delvis pollineras av träd i omkringstående bestånd
- man har en viss inblandning av vilda icke förädlade plantor i föryngningarna så den verkliga vinsten genom EttO-plantagerna varierar mellan 9 och 14 %.

Den största produktionsvinsten av förädlad frö erhålls med gran i södra Sverige. De skogsägare som började plantera de förädlade materialen när de kom på marknaden i början av 1970-talet kan idag ta hem de först vinsterna i form av tidiga gallringar. En annan tydlig vinst av förädlingen har skogsbruket fått genom ökad överlevnad genom sydförflyttning av tall i Norrlands inland. Där anläggs idag bestånd med runt 2 300 plantor per hektar mot tidigare 3 600 som krävdes för att få 1 800 producerande träd per hektar.

Den första omgången fröplantager som anlades hade föräldraträd som var insamlade i skogarna. De var utvalda för sin goda tillväxt, form osv, men man visste inte om den överlägsenhet de visade var genetiskt betingad. Detta undersöktes genom genetiska tester i fältförsök. Idag anläggs bara plantager med träd där forskarna vet att överlägsenheten har en genetisk förklaring. Andelen genetiskt testade träd i plantagerna har ökat kontinuerligt.

Årlig förädlingsvinst på 0,5 procent

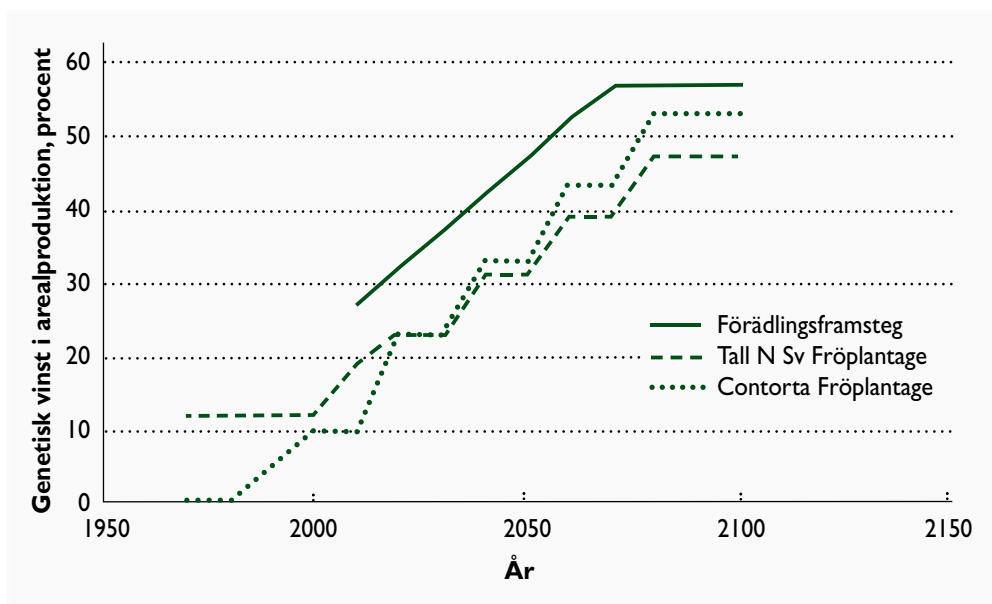
Förädlingsvinsten i långsiktig arealproduktion ökar med omkring 0,5 % per år, eller ungefär 10 % över en 20-årig förädlingscykel, i jämförelse med ett lokalt oförädlad material. Med fröplantager tar det 15 till 20 år från det att ett nytt förädlingsmaterial är tillgängligt för plantageetablering tills vinsten kommer som plantor i skogen. Vinsten sänks, som nämnts, något genom inslag av vildplantor i kulturskogen, hur mycket beror på intensiteten i föryngningsarbetet.

EttO-plantagerna ersätts av TvåO och TreO

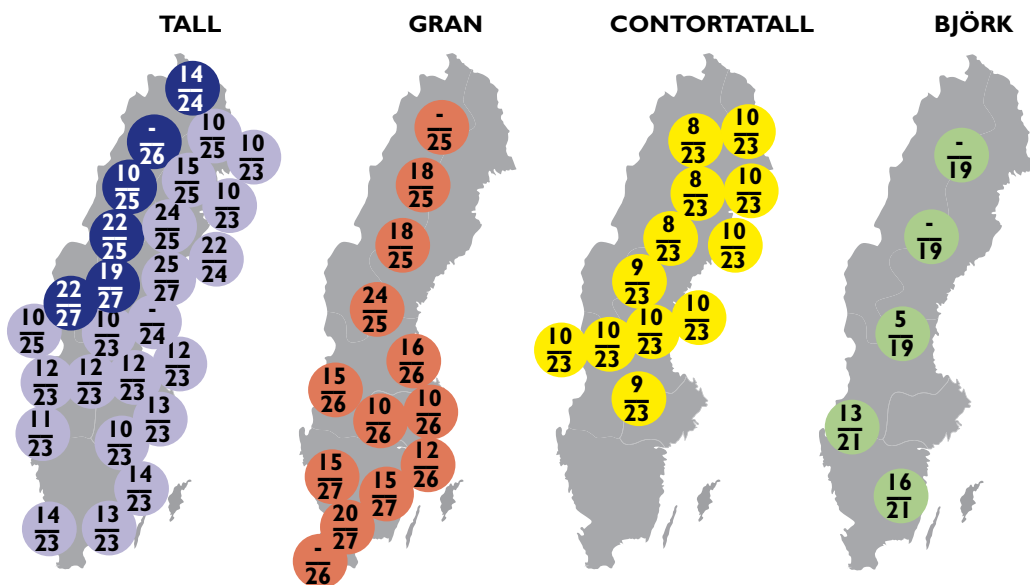
Utvecklingen av förädlingsvinsterna i fröplantagerna (figur PR5) beror på att man låter nya plantager ersätta de gamla omkring vart 20 år. Fröskördarna i EttO-plantagerna byts nu ut mot fröskördar från en andra omgång plantager (TvåO) där trädens förädlingsgrad varierar från ca 10 %, som i EttO, till omkring 25 % i de senast anlagda TvåO-plantagerna.

Samtidigt har Skogssverige börjat bygga ut plantageomgång 3 (TreO) (figur PR6) som ska svara för fröförsörjningen från ungefär år 2020.

Förädlingsgraden i de första TreO-plantager ligger på omkring 25 % och de som sätts igång efter 2010 når ca 35 %. Till förädlingsnivån ska läggas provenienseffekter på 0 – 7 %. Samtidigt måste man dra ifrån effekten av bakgrundspollinering med vildpollen, kanske 40 % av den totala pollineringen, vilket ger en reduktionsfaktor av 0,8. Dessutom sker en varierande grad av insädd av vilda plantor i plantskogen som inte har någon förädlingseffekt. För contorta finns inga provenienseffekter, men heller ingen bakgrundspollinering att tala om.



Figur PR5 Förädlingsvinster i arealproduktion, exemplifierade med tall och contortatall i norra Sverige, realiserade genom fröplantor från plantager eller från vegetativ förnygring (vinster utan avdrag för inväxning av vilda plantor).⁵²



Figur PR6 Nuvarande genetiska vinst i virkesproduktion (procent) för skogsodlingsmaterial i planerade TreO-plantager (under strecket) i jämförelse med genetiska vinst i befintliga TvåO-plantager (över strecket). I tallplantager för Norrlands inland (blå cirklar) tillkommer en vinst i överlevnad.⁵³

Framtida förädling kan ha andra mål

I figur PR5 antyds att förädlingen skulle avstanna efter ungefär år 2070. Detta stämmer inte, det finns inget som talar för att förädlingen inte skulle

⁵² Rosvall O, S Jacobsson, B Karlsson & A Lundström. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Skogforsk, Redogörelse Nr 1 2004, s 23-38.

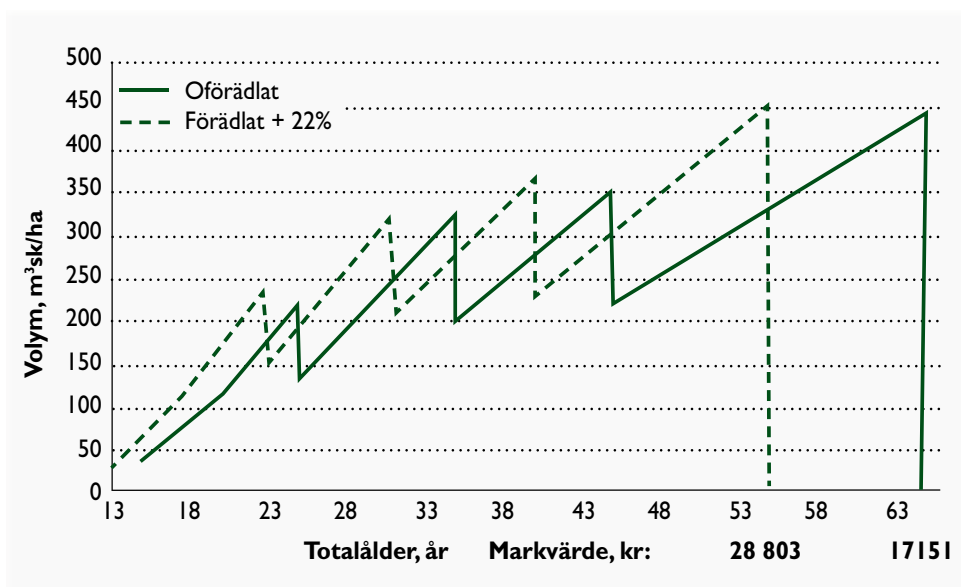
⁵³ Rosvall O, S Jacobsson, B Karlsson & A Lundström. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Skogforsk, Redogörelse Nr 1 2004, s 23-38.

kunna fortsätta. För spannmål och husdjur har människan förädlat i årtusenden och förädlingsframstegen fortsätter än idag. Men forskarna vet inte om de kommer att förädla för samma mål som nu, med hög virkesavkastning som viktigaste mål. Man kanske i stället vill förädla mot bättre anpassning till ett nytt klimat, mot nya virkesegenskaper för någon nu okänd industriprocess, eller andra målsättningar. Graferna i figur PR5 har helt enkelt inte skrivits fram längre.

Det relativt stora antalet fröplantager och det stora antalet plusträd säkerställer den genetiska variationen.

Förädling påverkar skogsägarens ekonomi

Det bästa förädlade materialet idag producerar 15-20 % mer än oförädlad material. Det motsvarar ungefär en uppgradering av ståndortsindex från till exempel G30 till G33. Figur PR7 visar produktion och ekonomi för förädlad och oförädlad gran i södra Sverige. Tillväxtökningen tas i första hand ut som tidigare gallringar och i en kortare omloppstid (Figur PR7 och tabell PR2).



Figur PR7 Jämförelse mellan förädlad, bästa tillgängliga (20 % förädlingsgrad) och oförädlad gran på mark med ståndortsindex G28. Markvärdet (nuvärdet av kostnader och intäkter från upprepade omloppstider) är beräknat med 2,5 % kalkylränta.⁵⁴

⁵⁴ Rosvall O, R Simonsen, L Rytter, S Jacobsson & B Elfving. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselmetoder i privatskogsbruket. – Underlag för lönsamhetsberäkningar. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 640, och Muntlig uppgift: R Simonsen, Skogforsk, 2008.

Tabell PR2 Produktion och ekonomi i förädlad och bästa tillgängliga jämfört med ortens oförädlade gran på samma mark. Markvärdet är beräknat med 2,5 % kalkylränta.⁵⁵

Åtgärd	Ålder oförädlad/ förädlad (år)	Oförädlad			Förädlad +22 %		
		Uttag (m ³ fub)	Netto-intäkt (kr)	Nuvärde (kr)	Uttag (m ³ fub)	Netto-intäkt (kr)	Nuvärde (kr)
Plantering	0		-12 000	-12 000		-12 000	-12 000
Röjning	15/14		-5 000	-3 209		-5 000	-3 306
1:a gallring	25/23	59	3 245	1 550	65	4 160	2 108
2:a gallring	35/31	93	13 206	4 693	94	13 442	5 377
3:e gallring	45/40	104	22 776	6 023	109	23 980	7 351
Föryngrings-avverkning	65/55	360	117 360	17 183	368	119 968	23 606
Summa		616	139 587	14 240	636	144 550	23 136
Medeltal/år		9,5	2 147		11,6	2 628	
Markvärde				17 151			28 803

I kalkylexemplet i tabell PR2 har de förädlade plantorna inte getts ett högre pris än de oförädlade. Motivet är att ökad hårdighet, frostresistens och snabbare tillväxt ökar konkurrensförmåga och överlevnad samt minskar risken för skador. Plantering och röjning kan därför göras till en något lägre kostnad med samma resultat, även om plantorna kostar lite mer.

Kostnaderna för nya TreO-plantager är 1-2 öre per förädlad planta eller 3-4 öre om investeringen räntebelastas under hela sin livslängd. Det motsvarar 25-100 kronor per hektar för en plantering. Det kostar ungefär 65 öre att producera en extra kubikmeter med förädlad material vid 15-20 % realiserad förädlingsvinst.

Hjälp med plant- och fröval

Det enklaste sättet att få reda på vilka plantor eller vilket frö som behövs för skogsodling är att gå in på Kunskap direkt, www.kunskapdirekt.se/plantval. Där kan man - genom att ange föryngringsytans läge samt en eventuell klimatkorrigering - få råd om plant- och frömaterial av tall, gran, björk och contortatall samt vilka förluster det innebär att inte välja det bästa fröet. Plantskolorna hjälper till med informationssökning och rådgivning.

Plantagefrö dominerar plantproduktionen

Skogsstyrelsen publicerar en årlig plantstatistik som visar trädslagfördelning och andel förädlade plantor av de mer än 300 miljoner plantor som årligen levereras för närvarande (år 2007 levererades 367 miljoner plantor).⁵⁶ I sammanfattning visar den för 2007 följande (tabell PR3):

⁵⁵ Rosvall, O, R Simonsen, L Rytter, S Jacobsson & B Elfving: Tillväxthöjande skogsskötselmetoder i privatskogsbruket. – Underlag för lönsamhetsberäkningar. *Arbetsrapport Nr 640, 2007*. Skogforsk, 2007, och Muntlig uppgift från R. Simonsen, Skogforsk, 2008.

⁵⁶ <http://www.skogsstyrelsen.se/epi-server4/templates/SFileListing.aspx?id=15286>

Tabell PR3 Svensk plantproduktion 2007 i levererade plantor, fördelat på trädslag och andel förädlade plantor i procent.⁵⁷

Härkomst	Tall	Gran	Övrigt barr	Löv	Totalt, genomsnitt
Svensk plantage	80	48	59	24	58
Svenskt bestånd	20	14	4	7	15
Utländsk plantage	0	1	18	16	2
Utländskt bestånd	0	37	13	30	24
Ej angivet	0	0	7	23	1

Den helt dominerande delen av frö för plantproduktion är redan idag plantagefrö.

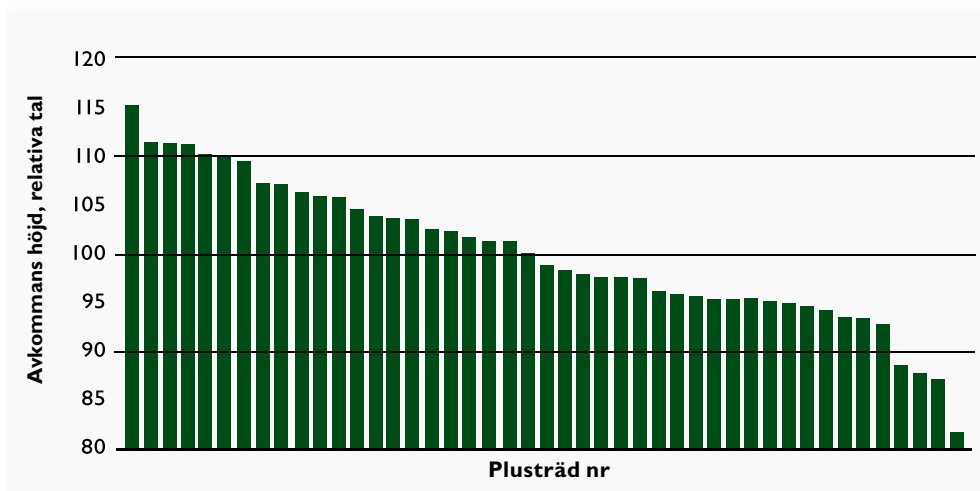
- Endast tallfrö för delar av Norrland kommer ännu inte från plantager, men plantagefrö kommer att bli tillgängligt i framtiden. För gran går det betydligt långsammare att få tillräckligt mycket frö från plantagerna. Granen har svårare att blomma än tallen. Den måste bli äldre före blomningsmognad och det finns problem med skadeinsekter i granplantagerna som allvarligt skadar fröproduktionen. Det används också en liten del vitryskt granplantagefrö i produktionen.
- I gruppen övrigt barr dominerar contortatall, och också här är huvuddelen av fröet plantagefrö.
- Också för björk är en mycket stor del av plantorna producerade av förädlade frö.
- När väl TreO-plantagernas frö kommer i produktion räknar man med att allt frö för plantproduktion kommer att vara plantagefrö. De plantor som kommer ur detta frö kommer att vara så överlägset annat frö att det är svårt att tro något annat frö kommer att efterfrågas.

För tallen är 99 % av plantorna täckrotsplantor och endast 1 % barrot. För gran är siffrorna 75 % täckrot och 25 % barrot. Barrotsplantorna används i första hand på bördiga marker i Sydsverige med stor risk för snytbaggeskador. Plantering av stora barrotsplantor jämfört med små täckrotsplantor innebär en produktionsvinst men högre föryngringskostnad.

Mer offensiv plantageanvändning

Alla föräldraträd i en fröplantage har inte exakt samma värde. Vissa ger bättre avkomma än andra, även om praktiskt taget alla är bättre än genomsnittsträdet i ”vild” skog. Denna skillnad kan man utnyttja, särskilt om det finns ett överskott på plantagefrö för en viss region. Figur PR8 visar resultatet av en testning av avkomma från plusträd för en sydsvensk tallfröplantage. Träden längst till höger i fördelningen skulle naturligtvis inte tas med i en ny plantage.

⁵⁷ <http://www.skogsstyrelsen.se/epi-server4/templates/SFileListing.aspx?id=15286>



Figur PR8 Resultat av avelsvärdering av plusträd för tallförädlingspopulationen T15.⁵⁸

Framför allt för delar av Svealand och södra Norrland finns det idag betydligt större tallplantagearealer än vad som behövs för plantproduktion.⁵⁹ Det finns då två olika sätt att tillgodogöra sig ytterligare förädlings effekter:

- Man kan genetiskt gallra i plantagerna, dvs gallra bort de sämre träden.
- Man kan särplocka dvs samla frön från de bästa träden för sig.

Nackdelen med gallring är dels att den ger lägre total fröproduktion, dels att pollenproduktionen i plantagen sänks varför inblandningen av vildpollen ökar och förädlings effekten reduceras av det skälet.

Särplockning enkelt och effektivt

Vid särplockning behålls hela fröproduktionen liksom plantagens egen pollenproduktion. Det bästa fröet kan användas i plantskolorna för plantproduktion och det ”näst bästa” fröet får gå till skogssådd.

Särplockning är enkel att genomföra. Man markerar träden i plantagen, exempelvis med två olika färger. Kottar från träden av den bästa klassen träd plockas i säckar av en färg och de från de övriga träden i säckar av en annan färg. De hålls sedan isär vid fröklängning och fröbehandling. Merarbetet består i märkning av föräldrträden, i att man måste ansöka om två stambrev för fröet samt att frölagret blir lite mer komplicerat. Kostnaden för frö från särplockning ökar mycket obetydligt över den för normalt plantagefrö.

En stor fördel med särplockning är att man kan göra selektionen av de bästa träden mycket intensiv utan att påverka plantagens internpollinering eller bakgrundspollineringen. Den genetiska variationen i plantagefröet äventyrar inte heller plantagefröets genetiska diversitet nämnvärt, eftersom alla träden finns kvar som fäder i plantagen.

Ju hårdare man särplockar desto högre blir vinsten av åtgärden, både i det ”bästa” och det ”näst bästa” fröet, men mängden av det ”bästa” fröet minskar.

⁵⁸ Muntlig uppgift. Curt Almqvist, Skogforsk, Uppsala.

⁵⁹ Wennström U & O Rosvall. 2006. Högre tillväxt med offensivt utnyttjande av tallfröplantager. Skogforsk, *Resultat* Nr. 16.

Det ”näst bästa” fröet är fortfarande mycket gott. Om man väljer föräldraträd med ett avelsvärde bättre än 80 % av plantagens genomsnitt, är avkomman bättre än beståndsfrö. Kloner med ett förädlingsvärde 80 % under genomsnittet för en plantage är ovanliga, möjligen någon per plantage i äldre plantager. I exemplet i figur PR8, som visar testning av tänkbara träd för en plantage i en sydsvensk plantagezon, skulle lämpligen de träd som visas längst till höger inte tas med i plantagen.

Exakt vilka vinster man kan göra med särplockning beror naturligtvis på hur stor plantageareal man disponerar och hur stor plantproduktion man behöver. För Holmen Skog blev vinsterna stora.⁶⁰ Vinsten i bolagets tallfröplantager ligger under perioden 2006-2015 på 12,0 % i genomsnitt. Genom att särplocka till plantproduktionen kan vinsten höjas med drygt 5 %, till 17,7 % på denna frökvanitet. Resterande ”näst bästa” frö har en genetisk vinst på 9,4 % och kan användas till direktsådd.

Tillgången på granfrö är betydligt sämre. Det kommer att dröja många år innan Sverige helt kan producera alla sina granplantor av plantagefrö.

Produktionsökning med contortatall

Introduktionen av contortatall är den största och kraftigaste insats som gjorts i Sverige för att höja virkesproduktionen. Contorta har hittills introducerats på över 600 000 ha i norra Sverige, med en egentlig start på planteringarna i början av 1970-talet.⁶¹ Den årliga planteringsarealen har varit så hög som omkring 40 000 ha (år 1984), men ligger idag på måttliga 2 500 ha (uppgift från 2006)⁶², men är åter i ökande.

Effekterna av contortatall har varit mycket kraftfull. Produktionsökningen i jämförelse med vanlig tall ligger på runt 33 %, mätt som torrsubstans under bark, oavsett bonitet.⁶³ Med förbättrat proveniensval och skogsträdsförädling producerar contortatallen ytterligare ca 10 % mer är tall, alltså ca 43 %. Överlägsenheten, jämfört med förädlad tall, är omkring 15 % respektive 25 %.

På problemarealer gör contortatallens frosthärdighet och tolerans mot knäcksjuka samt det faktum att den är mindre utsatt för älgskador att överlägsenheten blir ännu större. Den optimala omloppstiden har sänkts med åtminstone 10-15 år, ganska ofta räknas med omloppstider på 60 år. Med kommande trädförädling kommer överlägsenheten att åtminstone bestå oförändrad. Mer och mer contortavirke tas nu ut i gallringar.

Contortatallen har tidvis kritiserats, en kritik som antagligen delvis faller tillbaka på personliga värderingar. Kan överhuvudtaget något nytt trädslag accepteras i svensk skog? Omfattande miljöutvärderingar har gjorts av

⁶⁰ Wennström U & O Rosvall. 2006. Högre tillväxt med offensivt utnyttjande av tallfröplantager. Skogforsk, *Resultat* Nr. 16.

⁶¹ Norgen O. 1995. Growth differences between *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. SLU, Umeå, *Avhandling*.

⁶² *Skogsstatistisk årsbok 2008*. Skogsstyrelsen. 2008.

⁶³ Elfving B & O Norgren. 1993. Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden. SLU, inst. för skoglig genetik och växtfysiologi, *Rapport* 11, s 69-80.

contortatall i Sverige.^{64 65} I dessa diskuteras till exempel riskerna för angrepp av skadeinsekter och sjukdomar, risken för okontrollerbar spridning, effekten på trädslagssammansättning och övrig biodiversitet samt på markens långsiktiga produktionsförmåga. Planteringar med contortatall bör följas noggrant, men utvärderingarna tyder på att de svenska skogarna kan hysa en betydande andel contorta utan att några andra värden på något allvarligt sätt riskeras.

Contortatalen hårt reglerad

Skogsvårdslagen⁶⁶ tillåter idag att det i Sverige planteras 14 000 ha contortatall per år. Lagen anger att trädslaget i princip inte får användas söder om 59° 30' i Värmlands och Örebro län, i övriga län inte söder om 60°. Det får inte heller användas på riktigt hög höjd över havet (olika höjdgränser gäller vid olika breddgrad). Inte heller där inhemska trädslag inte har tillräcklig härdighet, eller på marker med ståndortsindex över T24 eller G24. Det ska heller inte planteras närmare gränsen till nationalparker och naturreservat än en kilometer.

⁶⁴ Andersson B, O Engelmark, O Rosvall & K Sjöberg. 1999. Environmental impact analysis (EIA) concerning lodgepole-pine forestry in Sweden. Skogforsk, *Report No 3*.

⁶⁵ Andersson B, O Engelmark, O Rosvall & K Sjöberg (redaktörer). 2001. Environmental impact analysis of lodgepole pine introduction in Sweden. *Forest Ecology and Management* 141, Special Issue 1-2.

⁶⁶ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen).

Genmodifierade organismer (GMO) - betydelse för trädförädlingen

En genmodifierad organism är en organism vars naturliga arvs massa förändrats. Man använder sig ofta av en bakterie, som tillförts en bit främmande DNA, som man vill transferera. Bakterien kan överföra detta DNA till en värdorganism, som sedan inkorporerar materialet till att bli en del av dess DNA. Det finns också andra metoder att överföra DNA. Metodiken med ”genetic engineering” som genmodifiering ofta också kallas är komplicerad. För en introduktion hänvisas till genetiska läroböcker.⁶⁷

Genmodifiering har kommersiellt på växtsidan använts framför allt till att överföra resistens mot vissa biocider⁶⁸ och insekter i olika jordbruksgrödor, t ex majs och sojaböna. Metoden är vida spridd inom dessa grödor. Metoden har också fått användning inom den farmaceutiska industrin för att producera t ex insulin, andra hormoner och läkemedel.

För ett tiotal år sedan, då metoderna först började tillämpas fanns det ett intresse för att de också skulle kunna bli viktiga inom trädförädlingen. Mycken forskning har lagts ner på området och hundratals experiment genomförts, de flesta rätt kortvariga. Den veterligen enda halvkommerciella användningen som metoden fått på skogssidan än så länge är i Kina, där överföring av en bakteriell gen mot insekter gjorts till poppel. Resultaten är ännu dåligt kända. Inga fältförsök med genmodifierade träd finns ännu i Sverige.

Tillåtet men inte accepterat

Genmodifiering är kommersiellt i princip tillåtlig, men den accepteras för närvarande i alla fall inte inom certifierat skogsbruk. Ska metoden tillåtas inom skogsbruket måste en mängd ytterligare forskning till. De farhågor som finns kring metoden är framför allt att de introducerade genmaterialen ska sprida sig till vilda träd med konsekvenser som är svåra att förutsäga. Risken är avsevärd med fritt vindpollinerad trädslag som tall och gran. Någon form av sterilitet kommer antagligen att krävas från det genmodifierade materialet.

Det är inte troligt att metoden kommer att användas inom svenskt skogsbruk inom åtminstone det närmsta årtiondet. En mycket omfattande miljökonsekvensbedömning kommer först att erfordras.

⁶⁷ Eriksson G, I Ekberg & D Clapham. 2006. *An introduction to Forest Genetics*. SLU, Uppsala. 186 s.

⁶⁸ Kemiskt bekämpningsmedel mot skadeinsekter eller ogräs.

Vegetativ förökning

Med vegetativ förökning i någon form kan man framställa många planter som är genetiska kopior av de allra bästa träden. Det är en snabbt och säkert sätt att få ut en förädlingsvinst i skogen. Det finns många metoder för vegetativ förökning.

Gran och en hel del lövträd kan förökas som sticklingar. Kvistar av unga planter skärs av och planteras i torv. Ibland fordras en hormonbehandling av kvistarna. På de flesta trädslag fungerar metoden bara på rätt unga planter, och detta medför att den är mycket svår att använda i stor skala då moderplantorna hinner åldras för mycket under den tid det tar att testa vilka som ger den bästa avkomman. Vegetativ förökning med sticklingar har också varit komplicerad att mekanisera och kostnaden för sticklingsproducerade planter har visat sig bli så hög att metoden inte slagit igenom i Sverige. Den används idag i mindre omfattning främst för att framställa planteringsmaterial för granfröplantager.

Något som dock kommer är dock sticklingar som ett sätt att uppföröka begränsade mängder högförädlad frö av gran, s k bulksticklingar.⁶⁹ Metoden är enkel. Plantskolan odlar planter på vanligt sätt. Fröet av de allra bästa plusträden får växa ut till moderplanter för sticklingar och planteras ut i ett så kallade arkiv. Från dessa moderplanter klipps under några år sticklingsris, som sticks i krukset och odlas under förhållanden som gynnar rottillväxt. Från varje moderplanta kan man klippa ris till ett par hundra sticklingar innan den blir för gammal och dess rotningsförmåga försämras.

Det är, som tidigare nämnts, mycket dyrare att odla sticklingar än fröplanter, men då odlingen görs från frö med högt förädlingsvärde är sticklingen också värd mer än en fröplanta. Om t ex sticklingar görs från frö med 20 % överlägsenhet över oförädlad frö tål sticklingarna, på en mark med ståndsindex G28, en merkostnad av 4 kronor per planta och på en G36-mark en merkostnad av 6 kronor.

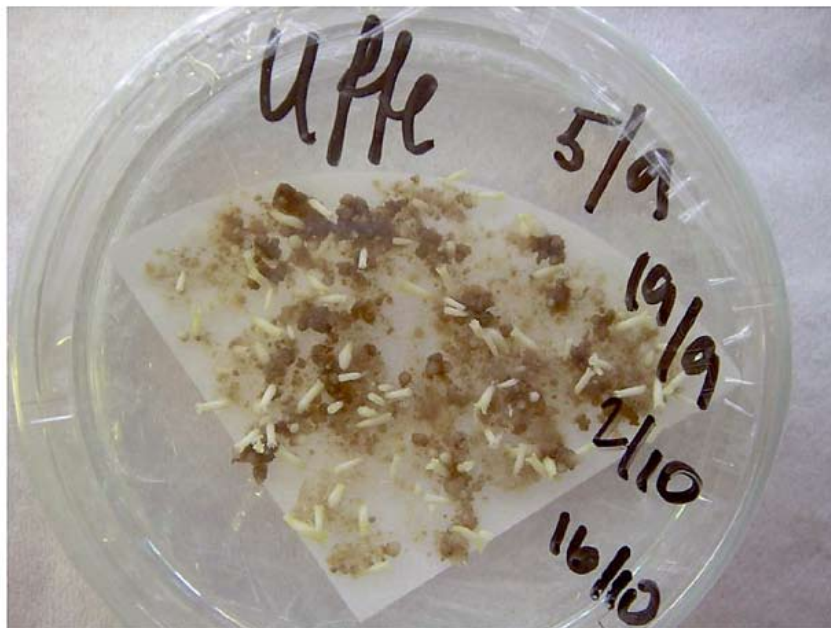
Observera att användning av bulksticklingar inte leder till ett klonskogsbruk. Sticklingsförökningen är helt enkelt ett sätt att uppföröka ett antal fröplanter.

Nya planter från vävnadskultur

Ett alternativt sätt är att producera nya individer genom att föröka celler t ex från enskilda frön. I stället för en ny planta per frö, kan man då få fram ett mycket stort antal. Vid *somatisk embryogenes*⁷⁰ utgår man från ett fröembryo och skapar ur detta en vävnadskultur genom en serie hormonbehandlingar (figur PR9). Härifrån kan man sedan producera en mängd nya planter, kopior av den planta som skulle växt upp ur embryot. Planter som kommer från somatisk embryogenes kallas ibland *frösticklingar*.

⁶⁹ Almquist C, R Simonsen, U Wennström & O Rosenberg. 2008. Granfröplantagerna – En guldgruva för skogsbruket. Skogforsk, *Resultat* Nr 3.

⁷⁰ Devillard C & K-A Högberg. 2004. Somatiska embryon – morgondagens granplanter för intensivskogsbruk. Skogforsk, *Resultat* Nr. 7.



Figur PR9 Odling av somatiska embryon av gran i steril miljö. Foto Ulfstand Wennström.

En stor fördel med somatisk embryogenes är att man kan frysa ner en del av vävnadskulturen i flytande kväve för långtidslagring. Man kan alltså vänta in resultaten av flerstester och sedan massföröka de allra mest lyckade klonerna.

Det finns goda skäl att tro att automatiserad och billig teknik ska möjliggöra storskalig produktion av plantor genom somatisk embryogenes. Metoden används redan på andra håll i världen, i sydöstra USA som exempel, och svenska företag försöker skala upp granproduktionen med denna metod. Man tror att den kan bli ett effektivt sätt att producera framtida granplantor på.

Merkostnaden för en planta framställd genom somatisk embryogenes uppskattas till 50 öre jämfört med motsvarande fröplanta. Metoden bör vara tillgänglig omkring år 2015.

Plantor från somatisk embryogenes i klonskogsbruk

Dessa plantor kommer sannolikt främst att användas i klonskogsbruk, där ett begränsat antal av de allra bästa träden massproduceras och odlas i någon form av plantageskogsbruk.

Fördelar med somatisk embryogenes är:

- Fryslagring under lång tid i flytande kväve möjliggör arbete med väl testade plantor.
- Metoden tillåter att ett mycket stort antal plantor med en viss genetisk uppsättning kan produceras snabbt. Metoden tillåter att man skapar miljoner kopior av en viss individ på några år.
- Genom att välja de allra bästa individerna kan mycket stora vinster göras. I ett uppdrag för tre stora svenska företag håller Skogforsk, genom korsning av de allra bästa plusträden, för närvarande (år 2008)

på att ta fram en serie kloner för Svealand och delar av Götaland. Forskarna räknar med att med somatisk embryogenes få en förädlingsvinst, som ligger ungefär 10-15 % över vad de bästa fröplantagerna ger som finns tillgängliga vid den tidpunkt då embryogensplantorna blir tillgängliga, alltså bortåt 35 % över beståndsfröet. Eftersom man arbetar med vegetativ förökning behöver man heller inte göra avdrag för bakgrundspollinering.

- Man skulle naturligtvis i stället för bara hög volymproduktion kunna försöka ta fram kloner med t ex viss veddensitet eller fiberlängd. Genom att använda kloner kan forskarna i plantmaterialet kombinera egenskaper som normalt står i ett motsatsförhållande, till exempel snabb tillväxt och hög densitet.

Klonskogsbruket begränsat i Sverige

Plantageskogsbruk och kloner uppfattas i många sammanhang som något negativt. De ses båda som ett hot mot naturvård och biodiversitet. En utvärdering av klonskogsbrukets miljöpåverkan under svenska förhållanden har ganska nyligen genomförts.⁷¹

Klonskogsbruk är vanligt utanför Sverige och kloner förekommer helt naturligt. Använda på ett riktigt sätt kan kloner bidra till en förbättrad naturvård, effektivare skogsproduktion och en större variation i hur skogsägare brukar sina skogar. Genom en högre produktion på en begränsad areal i skogen kan andra områden frigöras för andra ändamål.

I Sverige begränsar skogsvårdslagen användningen av vegetativt förökat skogsodlingsmaterial. Användning är tillåten på högst 5 % av arealen produktiv skogsmark inom en brukningsenhet, dock med undantaget att det alltid är tillåtet på en areal av högst 20 hektar (den senare gränsen gäller alltså brukningsenheter upp till 400 hektar).⁷²

Ett skogsbruk med plantor framställda genom somatisk embryogenes leder till en mer uttalad miljöpåverkan än traditionellt skogsbruk efter kultur med fröplantor. Den genetiska variationen blir mindre, även där ren klonplantering inte används, genom att genvarianterna är begränsade. Allmänheten kan tänkas bli något negativ till ett sådant skogsbruk.

⁷¹ Sonesson J, R Bradshaw, D Lindgren & P Ståhl. 2001. Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. Skogforsk, *Result* No 1.

⁷² Skogsvårdslagstiftningen. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen).

Nya trädslag

I svenskt skogsbruk arbetar man i huvudsak med gran, tall, björk och i norra Sverige också med contortatall. I skogen producerar man mas-saved och timmer och ser möjligheter med energisortiment, i huvudsak i form av grenar och toppar (grot). Det är redan nu en realitet och med en klimatuppvärmning ökar möjligheterna att odla nya trädslag i Sverige. Dessa kan producera mer virke eller virke med andra egenskaper än vad som idag fås från de traditionella trädslagen.

Med en kommande klimatförändring, varmare och eventuell också fuktigare väder i stora delar av landet, ökar möjligheterna att använda några främmande trädslag⁷³, i första hand kanske hybridlärk, sibirisk lärk, sitkagran, douglasgran och hybridasp. De är av intresse i olika delar av landet (tabell PR4). Nästan genomgående kan sägas att de gynnas av näringsrik mark och god vattentillgång.

Tabell PR4 Tänkbara marker i Sverige för nya träslag.

Trädslag	Odlingsområde	Lämplig ståndort
Hybridlärk	Götaland och Svealand upp till Mälardalen	Frisk, bördig, ej de bördigaste
Sibirisk lärk	Norr om Mälardalen	God tallmark
Douglasgran	Götaland	Frisk eller något torrare
Sitkagran	Västra Götaland	Frisk till något torrare
Hybridasp	Götaland, Svealand, Norrlandskusten	Frisk, bördig

När det gäller skogsbruk med främmande trädslag, exoter, gäller det att tänka på:

- Att man inom skogsbruket och forskningen fortfarande vet relativt lite om dessa trädslag. Varifrån ska man bäst hämta frö, till exempel? Ytterligare forskningsinsatser behövs.
- Hur kommer de nya trädslagen, liksom de inhemska, att reagera på en klimatförändring, som ingen ännu vet exakt hur den kommer att slå?
- De uppskattningar som görs av produktionsförmåga baseras oftast på unga försök.
- Ingen vet heller hur de främmande trädslagen kommer att reagera på svenska skadeinsekter och sjukdomar under en längre tid.

Det finns alltså många skäl att vara försiktig när man funderar på att plantera nya trädslag. Det är också orsaken till att det enligt skogsvårdslagen krävs speciellt tillstånd från Skogsstyrelsen för alla dessa trädslag, utom sibirisk lärk och hybridasp, för anläggning av ny skog på arealer större än 0,5 ha.⁷⁴

⁷³ Zobel B, G van Wyk & P Ståhl. 1987. *Growing exotic forests*. Wiley-Interscience, New York.

⁷⁴ Skogsvårdslagstiftningen. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen).

Lärkar

Upp till Mälardalen rekommenderas hybridlärken (*Larix x eurolepis*) som är en korsning mellan vanlig europeisk lärk (*L. decidua*) och japansk lärk (*L. kaempferi*) (figur PR10).⁷⁵ Frö rekommenderas idag från någon av fem olika fröplantager: Hjälmsult, Klev, Lagan, Maglehem och Trolleholm.⁷⁶



Figur PR10 Från en avkommeprövning av hybridlärk vid Skogforsks forskningsstation Ekebo i Skåne. Träden är 42 år gamla. Foto Lars Rytter.

På god mark (G34 eller bättre) kan man förvänta sig en medelproduktion av ungefär 13 m³sk per hektar och år med en omloppstid av 35-40 år, alltså en produktion som motsvarar vad granen klarar av. Lärkved är betydligt tyngre än granved, densiteten är runt 450 kg/m³, så biomassaproduktionen blir avsevärt högre. Lärkvirke är relativt motståndskraftig mot röta så det är populärt att användas utomhus. Det är däremot inte speciellt populärt i massaindustrin eftersom det måste kokas på ett speciellt sätt.

⁷⁵ Larsson-Stern M, L-G Stener & P-M Ekö. 2005. Hybridlärk - ett bra komplement till gran i södra Sverige. Skogforsk, *Resultat* Nr 16.

⁷⁶ Hannerz M, J Hajek, L-G Stener & M Werner. 1993. Lärkfröplantager i Sverige. Skogforsk, *Resultat* Nr 8.

Hybridlärk planteras på icke frostlänt, bra men ej alltför bördig mark, lämpligen på marker med SI G28-G34. På riktigt bördig mark blir virkeskvaliteten sämre. Hybridlärken är utsatt för viltbete men inte värre än att den vanligen inte hägnas. Den är ganska resistent mot lärkkräfta men angrips av vanlig rotröta. Tätt mellan gallringarna rekommenderas, idag vart femte år från ungefär 15 års ålder. Forskning pågår för att hitta andra gallringsformer med färre gallringar. Hybridlärk är tack vare en snabb tidig höjdtillväxt ett populärt skärträdsdrag.

Norr om Mälardalen är sibirisk lärk (*Larix sibirica*) det klimatmässigt lämpliga lärkträdsdraget. Frö tas lämpligen från fröplantager som Dammsjön, Domsjöänget eller Östteg.

På bra marker i norra Sverige, säg T26, kan den nå en volymstillväxt runt 8 m³sk per hektar och år, på medelgod kanske 5 m³sk per hektar och år. Sibirisk lärk växer alltså inte alltid bättre än tall och gran. Den passar inte på torr eller vattensjuk mark. Träden växer sig gärna större än tall och gran på samma mark, men den måste dras upp i glesare förband. Relativt hårda och frekventa gallringar krävs, men för beståndsekonomin skull är det angeläget att försöka begränsa antalet.

I utvuxna träd kan veden bli mycket tung, tyngst av våra trädslag - 600 kg/m³, alltså med mycket hög biomassaproduktion.

Man har nyligen hittat fossila kottar och trädrester av sibirisk lärk i Sverige⁷⁷, så den räknas numera som ett inhemskt trädslag. Ett samarbete har startats med Japan, Norge, Ryssland, Sverige och USA för att ta fram ett ännu bättre odlingsmaterial av detta trädslag.

Douglasgran

Douglasgranen (*Pseudotsuga menziesii*), är av intresse för Götaland (figur PR 11).⁷⁸ Den finns naturligt i två varieteter i västra Nordamerika, grå douglasgran (varietet *glauca*) i östra Klippiga bergen, från Montana till Mexico, och grön douglasgran (varietet *menziesii*) längs Klippiga bergen från norra British Columbia till Mexico.

⁷⁷ Kullman L. 1998. Palaeoecological, biogeographical and palaeoclimatological implications of early Holocene immigration of *Larix sibirica* Ledeb. into the Scandes mountains, Sweden. *Global Ecology and Biogeography* 7, s 181-188.

⁷⁸ Karlsson B. 2007. Sitka- och Douglasgran. Skogforsk, *Resultat* Nr. 27.



Figur PR11 Bestånd av Douglasgran i Hensbacka, Bohuslän.
 Ålder ca 60 år. Foto Bo Karlsson.

Det är främst grön douglasgran, av relativt nordliga ursprung, som är av intresse för Sydsverige. Douglasgran är inte ett vanligt skogsodlingsmaterial i Sverige och det finns ännu inget förädlat plantmaterial i landet. Mycket av kunskapen kommer från utlandet. Den förväntade klimatförändringen är en förutsättning för att den ska få större spridning i Sverige. Douglasgran är det mest införda trädslaget i Tyskland och har stor ekonomisk betydelse också i Frankrike, England och på Irland.

Man kan förvänta sig en högre produktion från Douglasgran på lämplig mark än från gran och tall. Den visar kraftig höjdtillväxt många år och kan gärna odlas med lång omloppstid; träden kan alltså bli riktigt stora. Den når åtminstone 60 m höjd i sitt hemland. I Danmark växer den upp till 20 % bättre än vanlig gran, bäst på sandig mark. På de allra bästa markerna kan den nå över 25 m³sk per hektar och år, men i Sverige bedöms det att produktionen kan hamna på 10-18 m³sk per hektar och år. Omloppstiden i Danmark uppskattas till 80 år.

Douglas växer bäst på relativt torra och näringsrika marker. Den utvecklas sämre på vattensjuk, tung mark. Som ung är douglasgranen känslig för honungsskivling (*Armillaria mellea*) och vanlig rotröta kan också angripa trädslaget. Ung douglasgran är känslig för frost och starkt solljus. Den odlas därför bäst under en skärm av t ex hybridlärk. Efter ungskogsstadiet får den ett djupt rotsystem och anses vara relativt stabil mot storm. Den är viltkänslig och behöver viltskydd, hägn eller viltrepellenter. Den är ganska skuggtålig och kvistar sig relativt dåligt.

Virket är hårt, har rödaktig kärna och en densitet omkring 450 kg per m³. Det kan används såväl för sågning som för pappersframställning.

Sitkagran

Sitkagranen (*Picea sitchensis*) (figur PR12) förekommer liksom Douglasgranen i västra Nordamerika, från Alaska i norr till Kalifornien i söder. Den svenska kunskapen om trädslaget är begränsad. Det finns ännu så länge ingen förädling av sitkagran och tillgången på plantmaterial är mycket begränsad. Sannolikt kan Sverige utnyttja det skotska förädlingsprogrammet för att få fram plantor för sydvästra delen av landet. Den passar bäst längst västkusten, där klimatet är maritimt och vattentillgången riklig.



Figur PR12 Odling med sitkagran i Skogforsks plantskola i Ekebo, Skåne. Plantorna har drabbats av höstfrostskador och uppvisar stora skillnader i skadebild mellan familjer. Foto Bo Karlsson.

Sitkagranen är på lämplig mark mer produktiv än vanlig gran och verkar inte vara så vindkänslig som den. I de jämförelser som gjorts har sitkagranen producerat 20-50 %⁷⁹, 22-26 %⁸⁰ respektive 14 %⁸¹ mer än vanlig gran.

⁷⁹ Karlberg S. 1961. Development and yield of Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia* (Poir.) Britt.) and Sitka spruce (*Picea sitchensis*(Bong.) Carr.) in southern Scandinavia and on the Pacific Coast. *Kungl. Skogshögskolans skrifter* Nr 34.

⁸⁰ Jansson K & U Johansson. 1980. En produktionsjämförelse mellan sitkagran och vanlig gran på lika ståndort. SLU, inst. för skogsskötsel, *Examensarbete i ämnet skogsskötsel* Nr 2.

⁸¹ Tengberg F. 2005. En jämförelse av sitkagranens (*Picea sitchensis*) och den vanliga granens (*P. abies*) produktion. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap, *Examensarbete* Nr. 15.

Variationen i merproduktion är stor. En förklaring kan vara stor variation i plantmaterialets proveniens. Sitkagranens överlägsenhet är tydligast på sämre granmarker.

Sitkagranen är ett pionjärträslag, utan att dess ungdomstillväxt därför är extrem. Så lång norrut som på Alaskakusten når den 27 m höjd före 50 års ålder. Rotröta kan vara ett problem.

Sitka planteras vanligtvis som gran, säg med 2 500 plantor per ha. Utomlands hägnas den ofta, men verkar i Sverige vara mindre utsatt för vilt-skador än vanlig gran. Den är känslig för både vår- och höstfrost. Skötseln är ungefär som för vanlig gran, något intensivare och med en slutavverkning kanske redan i 40-årsåldern. Sitkan anses tåla en högre slutenhet är vanlig gran. Den skjuter vattenskott så ljusinsläppet i bestånden bör inte variera så mycket under rotationen. Stamkvistning är möjlig och ofta önskvärd. Virket liknar den vanliga granens.

Hybridasp⁸²

Hybrid Aspen är en korsning mellan den vanliga aspen och den nordamerikanska aspen (*Populus tremula x P. tremuloides*) (figur PR13).



Figur PR13 17-årigt växtligt hybridaspbestånd i Bulstofta, Skåne.
Foto Lars Rytter.

Efter korsning och urval går det att finna hybridindivider som växer bortåt dubbelt så bra som vanlig asp. Dessa exemplar förökas vegetativt.

Det finns idag ett odlingsmaterial om 15 olika kloner som i Götaland på goda marker växer 20-25 m³sk per hektar och år under en 20-årig rotation.

⁸² Se även Skogsskötselseriens del 9, "Skötsel av björk, al och asp".

Veddensiteten är omkring 335 kg per m³ som torr-rå densitet, torrsvikt per volymenhet rå ved, alltså i närheten av granved. Hybridasp räknas i lagsammanhang inte som främmande trädslag.

Det finns en förädlingspopulation för södra Sverige. Med ett lämpligt urval ska det gå att odla hybridasp i Svealand och kanske i milda delar av södra Norrland. Här kanske ett finskt material av hybridasp är bättre än det svenska. Försök pågår också för att ta fram nya svenska material. Man kan räkna med kanske 30-åriga omloppstider och i norr med att produktionen faller till 15 m³sk per hektar och år.

Hybridasp bör sättas på frisk bördig mark, tidigare jordbruksmark eller god granmark. Plantorna är genom sin framställningsmetod, vegetativ mikroförökning, dyrbara. De kostar bortåt 10 kr per st. Hägn behövs mot viltbete. Andra, och tredje generationens föryngringskostnad blir däremot försumbar. Då erhålls vanligen ett mycket tätt uppslag av rotskott vilket lätt utvecklas till ett nytt bestånd.

Kostnaden för ett rejält vilthägn (2,1 m högt) med 4 m långa 8 cm grova tryckimpregnerade stolpar är runt 60 kr per löpmeter på åkermark och på normal skogsmark omkring 70 kr per löpmeter.⁸³ Nätet ska vara relativt finmaskigt på de nedre 80-100 cm. Materialet utgör normalt halva totalpriset, dvs uppsättningen kostar runt 30 kr per löpmeter, med ca 4 m mellan stolparna. De kostnader som anges är för ett relativt högkvalitativt stängsel. De tryckimpregnerade stolparna kan ofta användas ett par gånger.

Nedtagningen av nät måste göras med speciella maskiner som rullar upp det. Uppskattningsvis kostar detta 10-15 kr per löpmeter. Arbetet är mycket tidskrävande och hårt om det inte utförs maskinellt.

Hägn måste kontrolleras med jämna mellanrum för att justera eventuella skador, t ex i form av vindfällan eller genombrott av vilt.

Bortsett från viltskador är gren- och stamkräfta de vanligaste skadorna. Skogforsk har under den förädling som skett valt att välja individer som är motståndskraftiga mot skadesvampen.

Bestånden sköts med runt fyra gallringar före slutavverkningen, alltså intensivt. I stubbskottsrotationer tillkommer att par röjningar. Man bör om möjligt minska antalet gallringar genom att gå in hårt och tidigt. Hybridasperna är relativt stormtåliga eftersom den vanligen är avlövad när de flesta stormar slår till på höst och vinter.

Skötsel av några poppelarter (*Populus nigra* m fl) beskrivs i Skogsskötselseriens del 9, "Skötsel av björk, al och asp".

⁸³ Muntlig uppgift. L-G Stener, Skogforsk. 2008.

Skötsel och produktion

I ett försök att sammanfatta några skötseldata om de nya tänkbara träslagen som kan komma att bli vanligare med framför allt en klimatuppvärmning, har ett par tabeller tagits fram (tabell PR5 och PR6).

Tabell PR5 Sköselförslag för de nya trädslagen. Efter Rosvall m fl (2007).⁸⁴

Trädslag	Beståndsanläggning, planter per ha	Antal gallringar	Omloppstid, år
Hybridlärk	Ca 2000	5 (2-3)	35-40
Sibirisk lärk	2000-2500	5 (2-3)	80-100
Douglasgran	750-1500	3-4	80-100
Sitkagran	Ca 2500	2-3	40-60
Hybridasp	1100	1-2	20-25

Tabell PR6 Uppskattad produktion med de nya trädslagen.⁸⁵

Trädslag	Landsdel	Förväntad produktion, m ³ sk/ha och år	Kommentar
Hybridlärk	Götaland	12-14	Som gran, men tyngre ved
Sibirisk lärk	Svealand, Norrlandskusten	5-8	Som gran och tall, tyngre ved
Douglasgran	Götaland	10-18	20 % över gran
Sitkagran	Västra Götaland	10-20	20-40 % över gran
Hybridasp	Götaland Svealand, södra Norrland	>20 10-15	50 % över gran Osäkert

⁸⁴ Rosvall O, R Simonsen, L Rytter, S Jacobsson & B Elfving. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselmetoder i privatskogsbruket. – Underlag för lönsamhetsberäkningar. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 640.

⁸⁵ Rosvall O, R Simonsen, L Rytter, S Jacobsson & B Elfving. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselmetoder i privatskogsbruket. – Underlag för lönsamhetsberäkningar. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 640.

Skogsgödsling

Gödsling är den enda metod skogsbruket har som på relativt kort sikt kan höja skogsproduktionen. Tillgången på växtnäring, i de allra flesta fall kväve, är tillsammans med den korta tillväxtsåsongen vad som begränsar tillväxten.

Från mitten av 1960-talet och fram mot 1990 var kvävegödsling en ekonomiskt sett mycket betydande skogsskötselåtgärd, framför allt i storskogsbruket. Gödslingens omfattning nådde en topp kring 1975 och skogsbruket gödslade då nästan 200 000 ha/år. Gödslingsarealen har sedan sjunkit till en nivå runt 20 000 ha/år under tidigt 2000-tal, ca 35 000 ha år 2005⁸⁶ men stiger nu igen och ligger 2007 runt 60 000 ha.

Effekten av en engångsgödsling med ungefär 150 kg per ha av kväve är en merproduktion av 10-20 m³sk per hektar under 7-11 år, beroende av trädslag. Den kortvarigaste tillväxtökningen får man i ung tallskog i södra Sverige, den mest långvariga i gammal granskog på svag mark i Norrland.

Totalt har den kvävegödsling som gjorts i Sverige givit en merproduktion av 40-50 miljoner m³sk eller exportinkomster på 30-50 miljarder kr.⁸⁷ Den ekonomiska avkastningen av gödsling kan vara så hög som 10-15 %, vilket är mycket högt i skogliga sammanhang. Om man räknar utan ränta så är kostnaden för att gödsla fram 1 m³sk ca 100-150 kr, dvs väsentligt billigare än att köpa en m³sk.

För en informativ handledning till skogsgödsling hänvisas till *"Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk"*.⁸⁸

Miljöoro har minskat gödslingen

Varför har då gödslingsarealen minskat? Sveriges skogar har fått ett ökat kvävenedfall med ökande luftföroreningar. Detta har lett till en rädsla att "kvävemättnad" ska uppstå i skogarna med en härtill kopplad kväveutlakning till vatten, algbloomning osv. Detta har givit upphov till en osäkerhet bland dem som beslutar om gödslingens omfattning.

En annan bidragande faktor är att man lärt sig mer om gödslingens effekt på miljö och tillväxt. Slutsatsen har dragits att det är lämpligt att öka gödslingsomdrevet från 5 till 10 år, eller något mer. Man har också blivit mer krävande vid val av lämpliga bestånd för gödsling.

Nu har forskningen dock, efter omfattande studier, åter kommit fram till att rätt utförd gödslingen kan öka skogstillväxten utan att sätta miljömålsättningar i fara.⁸⁹

Allt man tar sig för i skogen påverkar miljön i varierande omfattning. Man får leta efter lämpliga kompromisser där ekonomi, miljö och sociala värden ska hållas i en acceptabel balans. Studien "Kväve 2000" sammanfattar våra kunskaper om miljöeffekterna av kvävegödsling. Dess allmänna slutsats är

⁸⁶ Skogsstatistisk Årsbok 2007. Skogsstyrelsen. 2007.

⁸⁷ Thuresson T. 2002. Skogsmarksgödsling - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön. *Meddelanden* 6, 2002. Skogsstyrelsen.

⁸⁸ Jacobsson S, F Pettersson, L Högbom & U Sikström. 2005. *Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk*. Skogforsk.

⁸⁹ Högbom L & S Jacobsson. 2002. Kväve 2000 - en konsekvensbeskrivning av skogsgödslingen i Sverige. Skogforsk, *Redogörelse* Nr. 6, 2002.

att kvävegödsling är en ganska beskedlig aktivitet. Enligt gällande kunskapsläge verkar skogsgödsling:

- Inte hota naturliga markprocesser eller skada markens långsiktiga produktionsförmåga.
- Inte skada andra ekosystem.
- Inte hota den biologiska mångfalden.

En viktig miljöaspekt är att gödsling leder till att mer solenergi binds. Energiinnehållet i ett contortabestånd gödslat med 100 kg per hektar kväve och 50 kg per hektar fosfor som trippelsuperfosfat var ungefär 17 gånger större än den energi som går åt för att producera gödselmedlet, transportera det till skogen och sedan sprida det.⁹⁰ Huvudeffekten kom definitivt från kvävegödslingen. Effekten är betydligt starkare i skogsträd än t ex i sädesslag.

Gödsling är ett effektivt sätt att få skog att växa mer och leder dessutom till att nedbrytningen av skogsmarkens lagrade organiska material hämmas, så mindre mängder koldioxid släpps ut från marken. Gödslingen kan alltså vara ett medel mot klimatuppvärmningen.⁹¹

Genom gödsling kan också marker nära skogsindustrier och andra förbrukare av skogsråvara fås att producera mer. Detta virke blir inte bara förhållandevis billigt. Det kräver också mindre transporter och vållar mindre koldioxid- och andra utsläpp än virke som avverkas längre från industri.

Gödsla rätt bestånd

Det är inte lönsamt att gödsla all skog. Vissa marker är naturligt kväverika. I andra bestånd blir responsen på gödslingen så obetydlig att åtgärden inte lönar sig.

Gödslingsvärda bestånd ska uppfylla samtliga följande krav:⁹²

- De ska ligga på fastmark
- Jordmånen ska vara podsol
- Ståndortsindex mellan 16-30 m
- Minst 80 % av grundytan ska vara i barrträd
- Huggningsklassen ska vara minst förstagallring
- Ingen avverkning ska ske i beståndet inom 10 år
- Skogen ska vara frisk och väl slutet

Gödsla alltså i första hand välslutna barrträdsbestånd, med hög löpande produktion och god värdetillväxt. Bördiga äldre bestånd med hög timmerandel

⁹⁰ Fisher R F & D Binkley. 2000. *Ecology and Management of Forest Soils*. John Wiley & Sons, New York.

⁹¹ Hyvönen R, T Persson, S Andersson, B Olsson, G I Ågren & S Linder. 2008. Impact of long-term nitrogen addition on carbon stocks in trees and soils in northern Europe. *Biogeochemistry* 89(1), 121-137.

⁹² Jacobsson S, F Pettersson, L Högbom & U Sikström. 2005. *Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk*. Skogforsk.

är mer lönsamma än yngre bestånd av sämre kvalitet. I lövskog blir tillväxtökningen låg. I ungskog tar det lång tid att få tillbaka den investering som traditionell gödslingen innebär och volymstillväxten i m³sk blir dessutom låg. I gles eller skadad skog är den löpande tillväxten normalt låg. Här blir effekten av gödsling hämmad. Vid omgödsling ska det gå minst 10 år mellan gödslingstillfällena för att man ska få full effekt av varje gödsling.

Gallring eller slutavverkning under den period som gödslingen ger verkan gör att man förlorar en del av tillväxtökningen, investeringen blir ofullständigt utnyttjad.

Programverktyg för val av gödslingsbestånd

För val av bestånd lämpliga för gödsling hänvisas till programverktyget Gödslingskalkyl i Kunskap Direkt.⁹³ Där anges beståndets läge i landet, ålder, volym, diameter och trädslagblandning. Verktöget räknar fram den beräknat framgödslade volymen och dess ekonomiska avkastning. Med detta verktyg kan man styra gödslingen till de bestånd där effekten blir störst. Gödslingseffekterna bygger på Skogforsks prognoser för skogsgödsling, med ett underlag av ca 1 000 provytor över hela Sverige.

Olika gödslingskalkyl beroende på ägare

Gödsling är en investering. För privatskogsbruket bör gödslingen normalt räntebelastas. Som en följd av detta är gödsling framför allt en god affär i bestånd som ska slutavverkas om ca 10 år. Förräntningen i sådana bestånd ligger vanligen vid 10-20 % per år.

Inom storskogsbruket belägger man normalt inte gödslingen med någon räntekostnad. I ett stort skogsinnehav kan den extra avkastning som gödsling ger upphov till i stället tas ut samma år i ett annat bestånd. Genom detta sätt att resonera blir det ofta intressant med mer än en gödsling per omloppstid. Man kan naturligtvis också tillgodoräkna sig vinsten av gödslingen genom att använda en kortare omloppstid i sitt skogsbruk.

Samråd enligt miljöbalken

Det behövs inga speciella tillstånd för att kvävegödsla skog men samråd enligt miljöbalken är aktuellt. I Skogsstyrelsens nu gällande allmänna råd "Kvävegödsling av skogsmark"⁹⁴, som stödjer sig på 30 § skogsvårdslagen vid användning av kvävegödselmedel på skogsmark, görs bedömningen att kvävegödsling ofta kan komma att ändra naturmiljön väsentligt. I sådana fall ska verksamhetsutövaren⁹⁵ i enlighet med miljöbalken anmäla åtgärden för samråd minst sex veckor innan åtgärden utförs. Vid ett samråd får man information om t ex vattentäkter och eventuella skyddsvärda objekt i anslutning till ett gödslingsobjekt.

Större gödslingsföretag anmäls enligt praxis också till allmänheten, t ex genom en annons i lokaltidningen.

Skogsstyrelsens allmänna råd syftar till att undvika negativa följder av gödsling. Hänsyn har t ex tagits till atmosfäriskt nedfall av kväve. I råden

⁹³ Se www.kunskapdirekt.se/godsling.

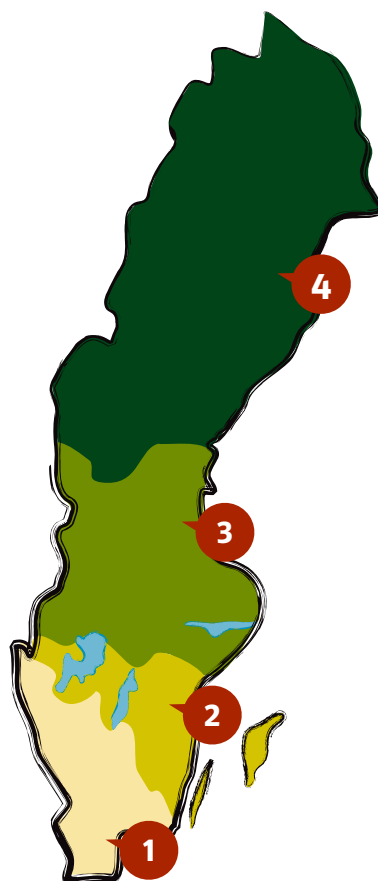
⁹⁴ Kvävegödsling av skogsmark. 2007. *Meddelanden 2, 2007*. Skogsstyrelsen.

⁹⁵ Verksamhetsutövaren är den som är ansvarig för en verksamhet. I skogsbruk är det normalt markägaren.

anges bl a vilka skyddszoner man bör lämna mot vatten m m (tabell PR7) samt maximal kvävetillförsel i landets olika delar. De allmänna råden avråder helt från kvävegödsling i större delen av Götaland (figur PR14).

Tabell PR7 Skyddszoner vid gödsling enligt Skogsstyrelsens allmänna råd ”Kvävegödsling av skogsmark”.⁹⁶

Gödselmedel bör ej spridas över	Gödslingsfria zonen bredd, m
Sjö och vattendrag	25
Våtmarker med mycket höga natur- och kulturvärden	25
Formellt skyddad mark	25
Nyckelbiotoper	25
Tomtmark	25
Annans mark och väg	10



Figur PR14 Sverige är indelat i fyra zoner med avseende på tillsatta mängder kvävegödning per omloppstid som inte bör överskridas: Område 4: Max 450 kg kväve per hektar under en omloppstid. Område 3: Max 300 kg kväve per hektar under en omloppstid. Område 2: Normalt ingen kvävegödning; dock max 150 kg kväve per hektar där grot (grenar och toppar) skördats eller planeras skördas. Område 1: Kvävegödning bör inte ske.⁹⁷

⁹⁶ Kvävegödning av skogsmark. 2007. Meddelanden 2, 2007. Skogsstyrelsen.

⁹⁷ Kvävegödning av skogsmark. 2007. Meddelanden 2, 2007. Skogsstyrelsen.

Gödsling från traktor eller helikopter

Normalt sköts gödsling av någon specialiserad entreprenör. Nuförtiden används i huvudsak två spridningsmetoder, spridning från traktor eller helikopter.

Traktorspridning är vanligast i gallringsbestånd och i småskogsbruket. Bestånden kan vara relativt små och oregelbundna, men bör ligga nära väg för att spridningskostnaden ska bli rimlig. Gödslingen kan ståndortsanpassas noggrant och gödselgivan varierar inom beståndet.

Helikoptergödsling lämpar sig bäst på stora samlade gödslingsarealer. Bestånden bör vara så enhetliga som möjligt så att en konstant gödselgiva kan användas och spridningen underlättas. Förekomst av små vattendrag, impediment, m m försvårar gödslingen.

Vid småskalig spridning går det också bra att t ex köra ut gödseln med traktor och sedan manuellt sprida gödseln med hjälp av en skyffel eller såskäppa.

Gödslingspriset påverkar naturligtvis valet av gödslingsmetod, men själva gödselmedlets kostnad svarar för runt 70 % av skogsgödslingskostnaden.

Det är viktigt att gödseln hamnar där den verkligen ska och att den sprids så jämt som möjligt. Kravet på jämnhet i spridningen är störst på goda marker, där tillväxten når sitt maximum redan vid 250-200 kg kväve per ha. Att sprida mer än så är direkt bortkastat. Magra marker är mindre känsliga. Förlorar man där något som följd av att ett stycke får för låg lokal giva får man ofta igen detta från de delar av beståndet som får en extra dos. På svaga marker gäller detta upp till kanske 360 kg kväve per ha.

Tillväxtökningen kan beräknas

För närvarande sker i princip all kvävegödsling med kalkkammonsalpeter (KAS), en blandning av kalksten och ammoniumnitrat. Kvävehalten är 27,3 %. Kalkstenen motverkar den försurning som ammoniumnitraten kan försäkra. Priset för en mindre markägare, som köper något eller några ton gödsel, ligger idag (2008) runt 3 750 kr/ton, inklusive skatt och priserna är stigande. För storskogsbruket, som köper stora kvantiteter, blir priset något lägre.

Vid upprepad gödsling, framför allt på mager tallmark i Norrlands inland, kan borbrist uppkomma genom att trädens knoppar påverkas så att årsskotten skadas.⁹⁸ Risken för sådana skador reduceras om bor finns tillsatt i det gödselmedel som används, vilket är fallet idag.

I Skogforsks anvisningar finns prognosfunktioner med vilka tillväxtökningen kan räknas ut för olika bestånd och gödselgivor.⁹⁹ Den som inte vill göra en sådan fullständig uträkning kan i stället använda sig av följande tumregler:

- Utgå från en standardgiva av 150 kg kväve per hektar.
- Öka eventuellt med 25-50 kg per ha på svaga marker, SI 16-22 m.
- Minska eventuellt med 25 kg per ha på rik mark, SI över 24 m. Detta är särskilt viktigt om det är risk för ojämn spridning.
- Vid omgödsling - ge aldrig mer än 150 kg kväve per hektar.

⁹⁸ Muntlig uppgift. L-G Stener, Skogforsk. 2008.

⁹⁹ Se www.kunskapidirekt.se/godsling.

Skogsgödsling ökar i viss mån risker för stormskador och snöbrott, genom att trädens kronor byggs ut, speciellt vid upprepad gödsling.¹⁰⁰

Gödslingen har naturligtvis också annan miljöpåverkan, genom vegetationsförändringar i första hand. Kvävegödsling påverkar renbetet negativt eftersom kvävetillförsel hämmar tillgången till marklav, som är ett värdefullt vinterbete för ren.¹⁰¹

¹⁰⁰ Valinger E. 1993. Crown development of Scots pine trees following thinning and nitrogen fertilization. *Studia Forestalia Suecica* 188.

¹⁰¹ Westling O & H-Ö Nohrstedt. 1994. Miljökonsekvensbeskrivning av STORA SKOGSs gödslingsprogram. Del 1, faktaunderlag. Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, *Rapport B* 1219.

Balanserad näringstillförsel med gran

Balanserad näringstillförsel med gran är sannolikt det mest effektiva sättet att öka arealproduktionen i svenskt skogsbruk och kan öka avverkningsmöjligheterna på både kort och lång sikt. Försök med näringstillförsel har pågått i över 40 år och idag finns ca 20 granförsök med balanserad näringstillförsel spridda över hela Sverige. Forskningsinsatserna har intensifierats de senaste 10 åren, där olika aspekter har studerats av balanserad näringstillförsel.^{102 103 104}

I dagsläget (2009) har inte balanserad näringstillförsel någon storskalig praktisk tillämpning. Skogsstyrelsen beslutade år 2007 att en miljöanalys måste utföras innan metoden får en mer allmän tillämpning. Den blir/blev sannolikt klar under 2009 och kommer att utgöra en grund för det regelverk som antagligen behövs för att reglera metodens användning. Vidare har jordbruksdepartementet uppdragit åt SLU att göra en bred utredning av möjligheter till intensivodling av skog på nedlagd jordbruksmark samt skogsmark som saknar höga naturvärden. Uppdraget ska redovisas i september 2009.

Det finns principiella skillnader mellan balanserad näringstillförsel och traditionell gödsling. Vid balanserad näringstillförsel tillför man näring även i ungskog och intervallen mellan gödslingarna är kortare jämfört vid konventionell skogsgödsling. En annan skillnad är att man tillför inte bara kväve utan även andra växtnäringsämnen. Vid balanserad näringstillförsel förkortas omloppstiden med 10-30 år i södra Sverige och 30-60 år i norra.

Gödsling i täta intervall och korta omloppstider

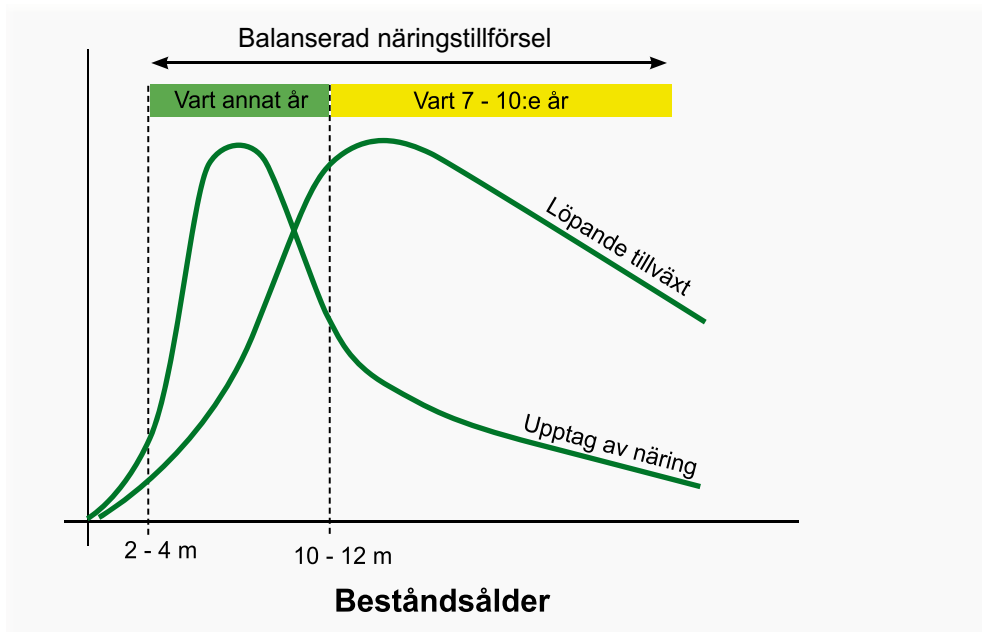
Ett tänkt gödslingsprogram illustreras i figur PR15. Den första gödslingen görs vid 2-4 meters medelhöjd och därefter gödslas beståndet vartannat år tills dess att det sluter sig. Därefter gödsling vart 7:e till vart 10:e år i likhet med traditionell gödsling. I metoden ingår att gödsla 1-3 gånger efter att beståndet slutit sig. Sista gödslingen bör ske minst 7 år innan slutavverkning. Den totala mängden kväve som tillförs under en hel omloppstid blir 800-1500 kg N per hektar, där ca $\frac{3}{4}$ tillförs i ungskogen. I Skogsstyrelsens gällande allmänna råd för skogsgödsling anges den högsta kvävegivan till 450 kg N per hektar och omloppstid (gäller norra halvan av Sverige).¹⁰⁵

¹⁰² Detta avsnitt om "Behovsanpassad näringstillförsel med gran" har skrivits av Johan Bergh, forskare vid inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, Alnarp.

¹⁰³ Bergh J. & G Oleskog (redaktörer). 2006. Slutrapport för fiberskogsprogrammet. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport 27*.

¹⁰⁴ Bergh J. 2006. Syntesrapport 060602. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport 28*

¹⁰⁵ Kvävegödsling av skogsmark. 2007. *Meddelanden 2, 2007*. Skogsstyrelsen.



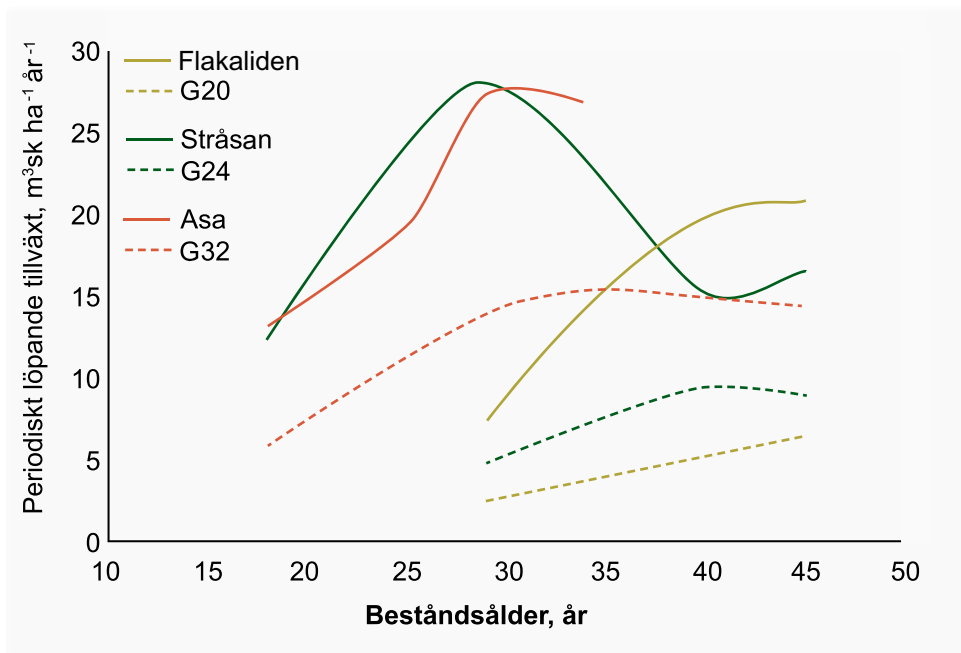
Figur PR15 Tänkt gödslingsprogram, upptag av näring och löpande tillväxt vid balanserad näringstillförsel med gran.¹⁰⁶

Skötseln vid balanserad näringstillförsel skiljer sig något från traditionellt granskogsbruk. Vid balanserad näringstillförsel förespråkar man i större utsträckning markberedningsmetoder och plantmaterial som ger ännu snabbare plantutveckling med högre överlevnad än vid traditionellt granskogsbruk. Man avser också ha mindre plantförband och färre gallringar jämfört med traditionellt granskogsbruk. För att begränsa risken för kväveläckage bör inte bara stamved skördas utan också grot (grenar och toppar). Det gör att mer av det tillgängliga kvävet förs bort från det avverkade området.

Den ökade tillväxten vid balanserad näringstillförsel beror på att beståndet snabbt bygger upp en stor barmassa och genom att ungdomsfasen förkortas kraftigt. Tillväxtökningen varierar beroende på ursprungsbonetet och var i landet man befinner sig. Figur PR16 visar tillväxtens utveckling i försöken Flakaliden (64 °N), Stråsan (60,5 °N) och Asa (57 °N). Den löpande tillväxten jämförs med den löpande tillväxten i bestånd som inte gödslats.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Johan Bergh, SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. Muntlig uppgift.

¹⁰⁷ Bergh J. & G Oleskog (redaktörer). 2006. Slutrapport för fiberskogsprogrammet. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport 27*.



Figur PR16 Löpande tillväxt för näringstillförselsförsöken i Stråsan (grön heldragen linje), Flakaliden (gul) och Asa (röd). Försöken kan jämföras med löpande tillväxten i bestånd som inte gödglas: Stråsan (G24, grön streckad linje), Flakaliden (G20, gul) och Asa (G32, röd). Skillnaden mellan streck av samma färg är således den merproduktion som har erhållits hittills i försöken.¹⁰⁸

Stor tillväxteffekt på liten areal

Vid praktisk storskalig tillämpning kommer balanserad näringstillförsel inte att ge samma höga tillväxt som i försöken. Om man räknar med medelproduktionen för en hel omloppstid bör man även räkna med den tidsperiod innan man börjar gödsla, vilket sänker medelproduktionen. I modellberäkningar har balanserad näringstillförsel ökat medelproduktionen för en omloppstid med 3,5-5,5 m³sk per hektar och år. Om 1,2 milj. hektar, dvs 5% av Sveriges skogsmarksareal, skulle tas i anspråk för balanserad näringstillförsel skulle det kunna öka den årliga stamvolymstillväxten med 4,2-6,6 milj. m³sk.

Ekonomi vid balanserad näringstillförsel är avgörande för om skogsskötselmetoden kommer att tillämpas i svenskt skogsbruk. I en nuvärdeskalkyl ger konventionell gödning bättre förräntning än balanserad näringstillförsel där gödslingskostnaderna kommer tidigare under omloppstiden. Detta vägs delvis upp av den höga arealproduktionen och den kraftigt förkortade omloppstiden vid balanserad näringstillförsel. I likhet med konventionell gödning bör man inom storskogsbruket låta bli att belägga gödningen med någon räntekostnad. Orsaken är att för markägare med stort skogsinnehav kan mer-tillväxten som gödningen ger upphov till tas ut samma år i ett annat bestånd.

¹⁰⁸ Bergh, J. m fl. 2006. *Syntesrapport vid intensivodling av gran*. SLU, inst. för sydvensk skogsvetenskap. Institutionsrapport 28. ISBN 91-576-7161-6.

Ungefär samma ved som dagens snabbvuxna virke

Vedbildning påverkas av ökad tillväxt och därmed kommer veden att påverkas vid balanserad näringstillförsel. Det är dock inte gödslingen i sig som påverkar veden, utan sambandet mellan tillväxt och fiberegenskaper, som ser likadant ut även vid mycket stora tillväxtökningar. Jämfört med dagens redan heterogena råvara kommer veden från balanserad näringstillförsel inte att vara väsensskild utan ha samma fiberegenskaper som snabbvuxet virke har idag. Det är framförallt andelen vårved som ökar vid ökande tillväxt och årsringsbredd, medan den tjockväggiga sommarveden är relativt konstant. Därmed minskar densiteten, men inte i samma utsträckning som tillväxten ökar.

Två studier har genomförts då man gjort pappersmassa och papper av ved från Asa och Flakaliden. Den främsta nackdelen är att man får mindre mängd fiber-material per inköpt volym rundved och en kortare fiberlängd som ger sämre rivstyrka i papper. En positiv effekt var att massan från de gödslade bestånden var ljusare och krävde mindre mängd kemikalier vid blekningen.

Påverkan på miljövärden och kolbalans

Balanserad näringstillförsel är en metod lämplig för marker med ringa naturvärden. Den kommer därför att användas i befintliga monokulturer av gran eller på en andel av den nedlagda jordbruksmarken. Gödsling påverkar kärlväxter, svampar, mossor och lavar, där vissa arter gynnas medan andra missgynnas.¹⁰⁹ Lavar, mossor och ris kommer sannolikt att minska i omfattning. Artantalet verkar dock inte minska vid balanserad näringstillförsel, utan man får istället en ändring av växtsamhället. I fullsluten granskog försvinner fält- och bottenskikt.

I södra Sverige sluter sig granskogen oavsett om man gödslar eller inte i ungskogen. Detta innebär att man vid gödsling främst får förändringar av växtsamhället i ungskogsfasen. Balanserad näringstillförsel tidigarelägger däremot tidpunkten då beståndet sluter sig. I norra Sverige sluter sig granskogen endast i undantagsfall och skillnaderna i fält- och bottenskikt blir större vid balanserad näringstillförsel.

Vid balanserad näringstillförsel är risken för kväveläckage liten i växande bestånd.^{110 111} Däremot bör hänsyn tas vid beståndsavveckling även om läckageförsök inte har visat högre läckage i de bestånd som har behandlats med balanserad näringstillförsel jämfört med ogödslat.¹¹² Ytterligare beskrivning av effekter på mark och vatten av balanserad näringstillförsel med gran finns i Skogsskötselseriens del 13, ”Skogsbruk - mark och vatten”.

Balanserad näringstillförsel är ett effektivt sätt att binda kol, dels genom kortsiktig kolinlagring i beståndet och marken, dels genom substituerings-effekten då man använder mertillväxten i byggnader, m m. För högsta energieffektivitet bör man i slutändan förbränna skogsbaserade produkter för att utvinna energi och

¹⁰⁹ Högbom L & S Jacobsson. 2002. Kväve 2002 - en konsekvensbeskrivning av skogsgödslingen i Sverige. Skogforsk, *Redogörelse* Nr. 6, 2002.

¹¹⁰ Bergh J. & G Oleskog (redaktörer). 2006. Slutrapport för fiberskogsprogrammet. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport* 27.

¹¹¹ Bergh J, U Nilsson, H Grip, P.-O. Hedwall & T Lundmark. 2008. Effects of frequency of fertilization on production, foliar chemistry and nutrient leaching in young Norway spruce stands in Sweden. *Silva Fennica* 42(5): 721–733.

¹¹² Bergh J. & G Oleskog (redaktörer). 2006. Slutrapport för fiberskogsprogrammet. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport* 27.

därigenom ersätter fossila bränslen. Kretsloppsstudier för balanserad näringsstillförsel har visat att den ökade kolinlagringen som den ger upphov till är 20-50 gånger större än kolutsläpp i samband med tillverkning av gödselmedel, transport och spridning.¹¹³

Liknande gödslingsregimer internationellt

I ett internationellt perspektiv förekommer gödslingsregimer som påminner om balanserad näringsstillförsel. Det är främst i Sydamerika, sydöstra USA och Asien där det tillämpas i operationell skala. Gödsling sker där främst under första delen av omloppstiden, där flera olika näringsämnen förutom kväve tillförs.

Denna form av plantageskogsbruk bedrivs i tempererade, subtropiska och tropiska klimat med omloppstider på 7-30 år, där tillväxtperioden pågår i stort sett hela året. Det vanligaste trädslagen är av släktet Eucalyptus vid plantageskogsbruk i tropikerna och i Brasilien ligger medelproduktionen på 50 m³ per hektar och år i medeltal under en omloppstid. I det kärva klimat som råder i Sverige kommer vi inte att kunna konkurrera med de produktionsnivåer som erhålls på dessa platser, men vi har dock goda förutsättningar för hög skogsproduktion då vatten vanligtvis inte begränsar i större omfattning.

¹¹³ Bergh, J. m fl. 2006. *Syntesrapport vid intensivodling av gran*. SLU, inst. för sydvensk skogsvetenskap. Institutionsrapport 28. ISBN 91-576-7161-6.

Dikesrensning

I Sverige finns ungefär 10 miljoner hektar våtmarker, ungefär en fjärdedel av vår landareal. De är av avgörande betydelse för våra skogar och landskapet, de är viktiga för växter och djur och de har en avgörande betydelse för skogarnas vattentillgång. Samtidigt är våtmarkerna en produktionsresurs. Dikning har genomförts på stora arealer, med mycket varierande resultat.

De största dikningsperioderna var under 1930-talet samt 1970-1980 då ibland statliga medel ställdes till förfogande. Idag sker mycket lite nydikning, även benämnt markavvattning.

Enligt Riksskogstaxeringen är nu ungefär 15 % av de skogliga våtmarkerna dikade, inklusive både sumpskogar (produktiv skogsmark) och impediment.¹¹⁴ En dryg tredjedel av sumpskogarna uppskattas vara dränerade. Det finns en mycket stor geografisk variation i dessa siffror. I södra Sverige och längs kusten i Norrland är andelen större, i Norrlands inland mindre. Dikningsarbetet har varit dyrbart, men det har också tillfört en betydande skogsproduktion för Sverige, uppskattningsvis många miljoner m³sk.

Dikena måste rensas

Dikning sänker grundvattennivån i jordarna och ger trädens rötter bättre syresatt miljö och tillgång till näring i djupare jordlager.¹¹⁵ Speciellt på rikare jordar kan resultatet i form av ökad skogsproduktion bli mycket gott.

För att diken ska behålla sitt syfte måste de rensas. Nedfallande ris och annan vegetation, jord, och igenväxning leder till en minskad avvattning och vattennivån stiger därmed i omgivningen. Den skog som finns i dikenas närhet växer då sämre och riskerar att dö.

Tiden från första dikning till rensningsbehov uppstår varierar, från så lite som ca 10 år till uppemot 50 år. Den tid som diket klarar sig utan rensning beror framför allt på den omgivande jordens egenskaper, ljusinsläpp som påverkar igenväxning, bonitet och hur mycket vatten som strömmar genom diket. Behovet av dikesrensning är extra stort efter kalavverkning, eller annan avverkning, då trädens avdunstande förmåga minskar eller försvinner, då mycket ris riskerar att täppa igen diken och när traktorkörning mekaniskt kan ha skadat diken.

Långt ifrån all dikesrensning är positiv för skogens produktionsförmåga eller för miljön. Vattenkvaliteten i skogsdiken är ofta god. Det finns relativt lite föroreningar i skogsmarken och regnvattnet faller över stora arealer som hjälper till med filtrering. Vid rensningen är det därför viktigt att inte försämra dikenas vattenkvalitet. Det är ofta svårt att inte vålla grumling en tid efter rensning. Detta kan leda till skador på nedströms levande växter och djur.

Två tillsynsmyndigheter

Det finns två olika tillståndsmyndigheter för vattenverksamhet, dit dikesrensning räknas. Länsstyrelsen är tillståndmyndighet för vattenverksamhet.

¹¹⁴ Hånell B. 1990. *Torvtäckta marker, dikning och sumpskogar i Sverige*. SLU, Skogsfakta Nr 22.

¹¹⁵ En utförlig beskrivning av effekter av dikning finns i Skogsskötselserien del 13, ”Skogsbruk – mark och vatten”. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Skogsstyrelsen är tillsynsmyndighet för dikesrensning enligt skogsvårdslagen¹¹⁶ och enligt miljöbalken¹¹⁷, i de fall den omfattas av samrådsplikt.

För markavvattning, dvs nydikning eller dikesfördjupning, krävs tillstånd från länsstyrelsen (1 kapitlet 13 § miljöbalken). I större delen av Götaland och delar av Svealand råder numera ett förbud med dispensmöjligheter mot markavvattning för virkesproduktion. Markavvattning får här bara ske om särskilda skäl föreligger, t ex vid komplettering av befintlig markavvattning i ett redan kraftigt påverkat område. Dock får naturvärdena i området och dess omgivning inte försämrats ytterligare av ingreppet.

Dikesrensning räknas dock inte som en sådan verksamhet, under förutsättning att dikets djup och läge bibehålls (11 kapitlet 15 § miljöbalken). Jämförelsen görs med den ursprungliga dikningen. Enkelt brukar man avse att dikning får ske till det ursprungliga dikets botten. Grannar som berörs av dikningen måste hållas underlättade. Om fiske nedströms dikesrensningen riskerar att skadas måste också anmälan göras till länsstyrelsen.

Varje skogsbruksåtgärd som mer väsentligt kan ändra naturmiljön ska anmälas till Skogsstyrelsen för samråd enligt miljöbalken (12 kapitlet 6 §) minst sex veckor i förväg. Omfattande dikesrensning kan omfattas av sådan anmälningsplikt. Om diket legat orört så länge att ett nytt ”naturtillstånd” uppstått efter den gamla dikningen måste man söka tillstånd från länsstyrelsen för avvattning. Regelverket kring dikesrensning har nyligen setts över och tydliggjorts.¹¹⁸

Det finns inte så mycket skrivet om dikesrensning på svenska, men den finska litteraturen är rik.^{119 120 121}

Dikesrensning 2-3 gånger under omloppstiden

Vid en omloppstid på 90 år kan det vara rimligt att förutsätta en dikesrensning direkt efter slutavverkning samt 1-2 gånger under omloppstiden, i samband med gallringar. Effekten är mycket svår att uppskatta, den beror på vattenföring, markfuktighet, jordart, ljusförhållanden, osv. Man kan uppskatta att tillväxten efter en dikesrensning ökar med 10-20 %, dvs 0,5-1 m³sk per hektar och år, under förutsättning av en medeltillväxt av 5 m³sk per hektar och år på dikestrakten. Det finns gott om högre uppskattade effekter, med detta kan vara rimligt.

Kostnaden för dikesrensning är ca 10-15 kr per meter. Uppskattningsvis avvattnar ett dike ett 40 m brett stråk, vilket gör att det behövs 250 m diken per ha. Det ger en kostnad av 1 000–2 500 kr per ha per dikesrensningstillfälle.

Råd för planering och genomförande av dikesrensning finns i en broschyr ”Rensning av skogsdiken”, utgiven av Skogsstyrelsen 2004.¹²²

¹¹⁶ Skogsvårdslagstiftningen. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen).

¹¹⁷ <http://www.notisum.se/rnp/SLS/lag/19980808.htm>

¹¹⁸ Dikesrensningens regelverk. 2009. *Meddelande 1*, 2009. Skogsstyrelsen.

¹¹⁹ Ahti E & J Päivänen. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. I: Trettin, C C m fl. *Northern Forested Wetlands: Ecology and management*. CRC Press Inc, Lewis Publishers, USA, s 449-457.

¹²⁰ Lauhanen R & E Ahti. 2001. Effects of maintaining ditch networks on the development of Scots pine stands. *Suoseura - Finnish Peatland Society*, Helsingfors, s 29-38.

¹²¹ Hökkä H, V Alenius & H Salminen. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. *Suoseura - Finnish Peatland Society*, Helsingfors, s 1-10.

¹²² *Rensning av skogsdiken*. 2004. Skogsstyrelsen.

Nydikning

Det främsta syftet med nydikning (även kallat markavvattning) i skogsbruket är att sänka vattenhalten så att jorden i rotzonen kan innehålla tillräckligt mycket luftfyllda porer med syrgas. Det gör att trädbiomassan kan öka och i takt med ökningen mer och mer bidra till att marken avvattnas genom avdunstning från trädskiktet.^{123 124}

Bättre markluftningen ökar också den mikrobiella nedbrytningen, inklusive kvävemineraliseringen, vilket ger utrymme för ytterligare tillväxtökning. Sammantaget innebär förändringarna av nydikning att ståndortens bördighet för trädvegetation ökar starkt. Det är inte säkert att den totala produktionen av biomassa per ytenhet ökar, men oftast är så fallet eftersom det bättre dränerade systemet ökar omsättningen av ackumulerat näringskapital i torven. Det ”nya” ekosystemet med ett slutet trädskikt uppvisar alltså:

- Ändrad vattenbalans där större andel vatten återgår till atmosfären.
- Mer näringsämnen i kretsloppsflödet mellan biomassa och mark.
- En förskjutning av biomassaproduktionen från markvegetation till träd.

Vid nydikning bidrar olika typer av diken till avvattningen på olika sätt. Några viktiga grundtyper är *avskärningsdiken*, *tegdiken* (dräneringsdiken) och *avlopps diken* (uppsamlingsdiken).¹²⁵

- *Avskärningsdikena* syftar inte i första hand till att sänka grundvattenytan, utan till att avskära och leda bort ytliga påflöden av grundvatten, riktade mot nedanförliggande markområden.
- *Tegdiken* läggs däremot i det försumpade och oftast flacka området där grundvattenytan behöver sänkas.
- *Avlopps diken* ligger i terrängens lägsta delar och ska ha kapacitet att ta emot och leda bort avrinnande vatten.

Fram till i dag har i Sverige drygt 1,5 milj. hektar dikats för skogsproduktion. Det motsvarande ca 15 % av den nu torvtäckta marken. En stor del av marken med hög produktionspotential har dikats, men även mark där dikningen gett inget eller mycket litet produktionsstillskott.¹²⁶

Skogsdikning i större omfattning (> 1 000 hektar per år) har i Sverige utförts sedan början av 1900-talet. Under 1930-talets ekonomiska depression dikades, men även bäckrensades uppemot 10 000 hektar årligen. Under hela 1950-talet till ca 1990 nydikades (markavvattnades) årligen i storleksordningen 3 000 hektar. Därefter har omfattningen av markavvattningen varit mycket liten.¹²⁷

¹²³ En stor del av avsnittet om ”Nydikning” har skrivits av Clas Fries, skogsskötselsspecialist vid Skogsstyrelsen.

¹²⁴ Texten i detta avsnitt är till stor del hämtad från Skogsskötselseriens del 13, ”Skogsbruk mark och vatten”, där markavvattning inklusive dess miljöeffekter beskrivs ytterligare.

¹²⁵ Gustafsson J. Dikningsteknik. I: Skogsproduktion på torvmark. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr. 3. 1980.

¹²⁶ Muntlig uppgift: B Hånell, SLU. 2009.

¹²⁷ Hånell B. 1990. Torvtäckta marker, dikning och sumpskogar i Sverige. SLU, *Skogsfakta* Nr 22.

För markavvattning, dit nykikning räknas, gäller en generell tillståndsplikt i hela landet. Det finns ett ”principiellt förbud” mot markavvattning i stora delar av Götaland, vissa delar av Svealand och en mindre del av Norrland. Utanför området med det detta förbud, dvs i nästan hela Norrland, i stora delar av Svealand och i vissa delar av Götaland kräver nydikning tillstånd från berörd länsstyrelse. Tillstånd kan fås förutsatt att åtgärden inte skadar allmänna och enskilda intressen. Inom områden med ”principiellt förbud” kan nydikning tillåtas om man får dispens och tillstånd.¹²⁸

Vid alla typer av dikningsåtgärder finns risk för att skada nedanförliggande vattenmiljöer som till exempel bäckar och små tjärnar. Det är därför viktigt att vidta åtgärder som minimerar risken för slamtransport, läckage av näringsämnen, humus eller tungmetaller.¹²⁹ Sådana åtgärder stöds av EU:s ramdirektiv för vatten¹³⁰ som bland annat syftar till att förhindra att vattenekosystemen försämras samt att skydda och förbättra deras status.

Produktionseffekten av nydikning kan beräknas

Den produktionseffekt som kan fås genom nydikning av torvmark beror på ståndortens näringstillgång och temperaturklimatet.¹³¹ Eftersom grundvattennivån kan variera från plats till plats kan skogsproduktionen på odränerad våt fastmark eller torvmark skilja sig mycket åt även vid lika näringsförhållanden och inom samma klimatläge. Efter dränering blir produktionen mer lika eftersom den höga grundvattennivån inte längre begränsar trädutväxten.

Den produktion som nydikning av torvmark kan ge går relativt enkelt att uppskatta i tre steg.¹³²

- Bestämning av ståndortstypen (från åtta markvegetationsklasser vilka utgör mått på näringsförhållandena).
- Bestämning av temperatursumma.
- Bestämning av skogsdikningsboniteten (uttrycks som m³sk per hektar och år).

Eftersom förutsättningarna kan skilja sig mycket åt mellan olika tänkbara nydikningsobjekt kan produktionseffekten av en dikning variera mycket. En effekt på storleksordningen 2 m³sk per hektar och år kan ses som en rimlig ”medeleffekt”.

Potential för ökad tillväxt på landsnivå

Totalt för landet har nydikning en stor potential för att öka skogsproduktionen. I 1973 års skogsutredning¹³³ beräknades att dikning av försumpad produktiv skogsmark (då totalt 2,1 milj. hektar) skulle kunna göras på 0,9 milj. hektar och årligen ge 2 miljoner m³sk extra. Om ca ¼ av arealen myr

¹²⁸ Miljöbalken. Tillgänglig via: <http://www.notisum.se/rnp/SLS/lag/19980808.htm>

¹²⁹ Se Kunskap Direkt / Hänsyn / Skogsbruk och vatten, tillgänglig på www.skogforsk.se.

¹³⁰ Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG. Tillgängligt på: http://www.vattenportalen.se/docs/ramdirektivet_som_pdf.pdf

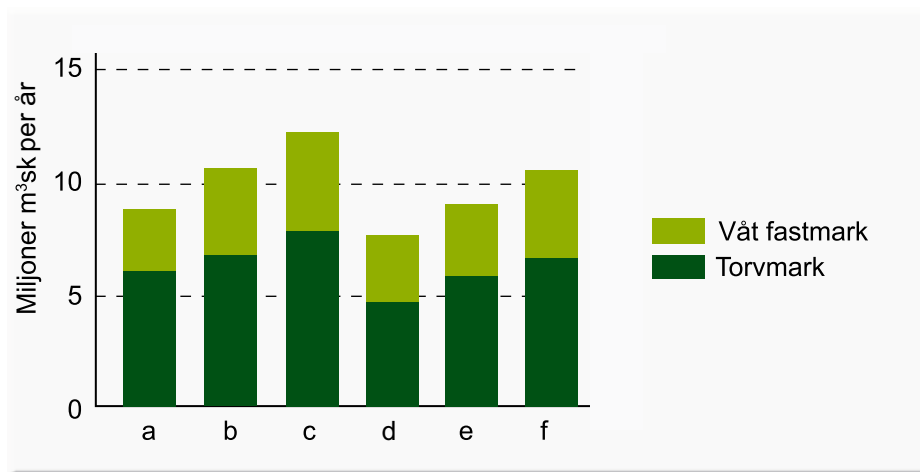
¹³¹ Hånell B. 1984. Skogsdikningsboniteten hos Sveriges torvmarker. SLU, inst. för skoglig ståndortslära. *Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära* 50. 121 s.

¹³² Hånell B. 2008. *Torvmark – Praktiska anvisningar*. Skogsstyrelsen.

¹³³ *Skog för framtid: betänkande av 1973 års skogsutredning. 1978*. Statens offentliga utredningar 1978:6. LiberFörlag/Allmänna förlaget.

(dvs ej produktiv skogsmark) dikades beräknades nydikning och vid behov gödning kunna ge ytterligare 4,1 milj. m³sk per år.¹³⁴

I en liknande analys från 1985 ges några exempel på hur stor ökning av skogsproduktionen som kan förväntas på skogliga våtmarker efter nydikning.¹³⁵ Om man undantar de två minst produktiva markvegetationsklasserna (rosling-tranbär och lågstarr) och dikar hälften av den återstående arealen kan man förvänta en merproduktion på ca 7,5 milj. m³sk per år (figur PR17). En ny omfattande beräkning av möjlig skogsproduktion på skogliga våtmarker genomförs under 2009.



Figur PR17 Möjlig produktionsökning vid olika omfattning av dikning av skogliga våtmarker. Rosling-tranbärtyper undantas från dikning och 50 % (a), 60 % (b) och 70 % (f) av övriga marker dikas. Rosling-tranbärtyper och lågstarrtyper undantas från dikning och 50 % (d), 60 % (e) och 70 % (f) av övriga marker dikas.¹³⁶

Nydikning uppfattas av många som en kontroversiell skogsbruksåtgärd och därför är det sannolikt stor skillnad mellan vad som kan betecknas som ”en potential” och vad som kan komma att förverkligas.

Klimatpolitisk reglering med betydelse för framtida nydikning

Liksom flera andra skogsbruksåtgärder påverkar nydikning kolbalansen. Inom EU:s klimatpolitik antog man i december 2008 ett direktiv som har betydelse för nydikning på skogsmark.¹³⁷ Direktivet anger att skogsbränsle som skördas från dikad mark som den 1 januari 2008 inte var dikad, inte får undantas ifrån energi- och koldioxidbeskattning. I praktiken och strikt tillämpat betyder det att man som användare av skogsbränsle för energiproduktion måste förvissa sig om att det skogsbränsle man använder inte kommer från mark som nydikats efter 1 januari 2008. I annat fall påförs produktionen en skatt som försämrar lönsamheten i verksamheten. Det är oklart hur detta direktiv påverkar framtida nydikning.

¹³⁴ Rosvall O. 2007. Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* Nr 4 2007. s 13-30.

¹³⁵ Hånell B. 1985. Skogliga våtmarker – en resurs för ökad skogsproduktion. *Skogsfakta, Inventering och ekonomi* Nr 8 1985.

¹³⁶ Hånell B. 1985. Skogliga våtmarker – en resurs för ökad skogsproduktion. *Skogsfakta, Inventering och ekonomi* Nr 8 1985.

¹³⁷ EU-dokument 2008/0016 (COD).

Gödsling av torvmark

Att skog på torvmark växer dåligt beror i första hand på att där finns för mycket vatten i marken och för lite luft för rötterna. Efter en lyckad dikning minskar vatteninnehållet i marken och är inte längre så begränsande för trädens tillväxt. Det som då begränsar trädutväxten på dränerad torvmark är normalt torvens näringsinnehåll.¹³⁸

På torvmark är, som redan nämnts, i första hand kalium och fosfor (P respektive K) de näringsämnen som begränsar tillväxten, men på svagare torvmarkstyper är ofta även ett lågt kväveinnehåll begränsande. Skälet är att på något så när djup torv når inte trädens rötter ner till mineraljorden, som är den naturliga näringskällan på fastmark.

På dränerad torvmark går det alltså att öka tillväxten med PK-gödsling, lika väl som med askgödsling. Metoden att PK-gödsla är betydligt mer utprövad. På bördig torvmark räcker det att gödsla med kalium och fosfor, på svagare mark kan man få en extra tillväxtökning genom att också tillföra kväve. Gödslingseffekten, speciellt av fosfor, är rätt långvarig, åtminstone 15-16 år.

Fosforbrist leder för båda trädslagen till krokiga toppskott och kortare barr än normalt. Vid kaliumbrist får tall gula barrspetsar och gran gulaktiga fjolårsskott.

Från såväl produktionssynpunkt som för att minska eventuell negativ miljöpåverkan är det angeläget att ge fosfor i en svårlöslig form, t ex som finmald apatit. Gödslingseffekten blir då mer långvarig än med t ex superfosfat, samtidigt som utlakningen av fosfor, med en betydande gödslingseffekt på vatten, blir mindre. Tyvärr är det svårt att få tag på apatit i Sverige idag varför man får falla tillbaka på PK-gödsel som innehåller superfosfat.

Ett lämpligt näringstillskott på torvmark består av ca 40 kg P per ha, 80 kg K per hektar och på svaga marker 100 kg N per hektar.^{139 140 141} På torvmarker som fått PK-gödsel är den relativt svårlösliga fosfor ofta mer långtidsverkande än kaliumet. Det är därför risk för kaliumbrist redan ca 10 år efter den första gödslingen, speciellt på tjock torv. Detta gör att man noggrant måste följa tillväxten på de gödslade arealerna.

Merproduktionen som ett resultat av PK-gödsling, utöver dikningseffekten, kan som ett genomsnitt bedömas till ca 2 m³sk per hektar och år för de bättre vegetationstyperna (lågört- och fräken-högstarrtyper) och ca 3 m³sk per hektar och år för de sämre typerna (barris- och lågstarrtyper)¹⁴² (se även tabell PR8).

¹³⁸ Jacobsson S, F Pettersson, L Högbom & U Sikström. 2005. *Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk*. Skogforsk.

¹³⁹ Skogsproduktion på våtmark. 1980. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. *Redogörelse* Nr 3-1980.

¹⁴⁰ Paavilainen E & J Päivänen. 1995. Peatland forestry, ecology and principles. *Ecological Studies* 111. Springer Verlag, Berlin.

¹⁴¹ Anon. 1990. *Näringsämnen i torvmarksskogar*. Broschyr, Kemira. 16 s.

¹⁴² Holmen H. 1980. Produktionsförutsättningar, klassificering och arealtillgång. I: Skogsproduktion på torvmark. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, *Redogörelse* Nr 3-1980.

Tabell PR8 Tillväxtökning av torvmarksgödsling. Tillväxtökningen är uppskattad för en gödsling med 40 kg fosfor och 80 kg kalium per hektar, vart 16:e år. På torvmark av typ bärris och sämre tillförs dessutom 100-150 kg kväve per hektar. Källa: Jacobsson m fl (2005).¹⁴³

Vegetationstyp	Tillväxtökning, m ³ sk per ha/år
Högört	0-1,0
Lågört-högstarr	0-1,5
Fräken	1,5-2,5
Bärris	2,0-4,0
Lågstarr	1,5-3,0
Rosling-tranbär	1,0-2,0

Priset på en kaliumrik PK-gödsel (11:21) ligger idag på omkring 10 kr per kg, inklusive viss transport. För spridningskostnader hänvisas till avsnittet om fastmarksgödsling.

Liksom vid torvmarksgödsling med aska är det viktigt att inte skada diken i samband med gödslingen.

Det är viktigt att observera att den erfarenhet som finns av torvmarksgödsling är betydligt mer begränsad än den som finns för fastmarksgödsling. Torvmarksgödsling beskrivs också i Skogsskötselseriens del 13, ”*Skogsbruk – mark och vatten*”.

¹⁴³ Jacobsson S, F Pettersson, L Högbom & U Sikström. 2005. *Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk*. Skogforsk.

Askgödsling på dikade torvmarker

Torvmarker är ofta fattiga på mineralnäringsämnen, som fosfor och kalium, medan de kan vara rika på kväve, som normalt är tillväxtbegränsande på mineraljordar. I aska från ved finns många av de mineralnäringsämnen som det finns liten tillgång på i torvmarker och som träd behöver. Däremot saknar askan kväve.

Asktillförsel på torvmark är alltså ofta tillväxtbefrämjande. Trots att det i Sverige finns stora mängder lämplig aska förekommer det sällan att man askgödslar torvmarker. Tillväxten efter askgödsling på torvmarker påverkas av flera faktorer:

- **Klimatet.** Ju gynnsammare klimatet är desto starkare blir reaktionen på en askgödsling.¹⁴⁴
- **Växtplatsens dränering.** Trädens rötter får inte hämmas i sitt upptag av syre och näring av för mycket vatten. Tillväxteffekten av askgödsling, och även annan gödsling, blir större på dikade än på odikade torvmarker.
- **Torvdjupet.** Tillväxteffekten av askgödsling blir mindre på grunda torvmarker än på djupa. Orsaken är troligen att trädens rötter når ner till mineraljorden och dess näringsämnen på tunn torv.
- **Torvens kvävehalt.** Torvens kvävehalt är viktig eftersom aska saknar kväve. För att tillväxten efter askgödsling ska bli tillfredsställande bör torvens kvävehalt vara minst 1 %.¹⁴⁵ Resultat antyder att den relativa tillväxteffekten blir större på näringsfattiga torvmarker än på näringsrika.¹⁴⁶ De allra näringsfattigaste torvmarkerna kräver ofta även kvävetillförsel för att tillväxten ska bli acceptabel.
- **Beståndets utvecklingsgrad.** Med ökande trädstorlek ökar trädens näringsbehov och gödslingsreaktionen blir tydligare.¹⁴⁷ Till en viss gräns tycks gälla att ju bättre tillväxten är före gödsling, desto större blir tillväxthöjningen efter gödsling. Undantaget är de allra näringsrikaste torvmarkerna där näringsbrist inte är avgörande för tillväxten.

¹⁴⁴ Hånell B. 2004. *Arealer för skogsgödsling med träaska och torvaska på organogena jordar i Sverige*. Värmeforsk, Stockholm.

¹⁴⁵ Silfverberg K & O Huikari. 1985. Tukhalannoitus metsäjätetuilla turvemaiilla (Wood ash fertilization on drained peatlands). *Folia Forestalia* 633, 25 s.

¹⁴⁶ Holmen H. 1985. *Torvaska som gödselmedel i skogsbruket*. Statens energiverk, Stockholm, Rapport FBA85/14.

¹⁴⁷ Paavilainen E & J Päivänen. 1995. Peatland forestry, ecology and principles. *Ecological Studies* 111. Springer Verlag, Berlin.

Norrbom har sammanfattat kriterier som kan användas för att välja ut lämpliga gödslingsobjekt bland torvmarkerna.¹⁴⁸

Kriterium	Specifikation
Produktiv mark	> 1 m ³ sk per ha och år
Torvmarker	≥ 30 cm torv
Dikat	Ej längre än 25 m till fungerande diken
Vegetationstyp	Lågstarr, blåbär, lingon
Ålder	10-130 år
Grundyta	10-34 m ² per ha
Beståndshöjd	6-26 m

Rekommendationer för askgiva varierar

Det råder viss oklarhet om den idealiska askgivan för torvmarker. Ett antal finska studier rekommenderar 3-8 ton aska per ha, med en viss tyngdpunkt kring 5 ton.¹⁴⁹ Ett par svenska utredningar rekommenderar också en giva på 5 ton per ha som mest idealisk med hänsyn till spridningskostnader och risker för negativa effekter på miljön i form av t ex näringsläckage.^{150 151}

Skogsstyrelsen har rekommendationer för vad som bör gälla vid uttag av skogsbränsle och därpå följande askåterföring.¹⁵² Tillförseln av aska bör på torvmark liksom på annan mark inte överstiga 3 ton TS aska per hektar och tioårsperiod och 6 ton TS per omloppstid. Rekommendationerna gäller för askåterföring med syftet att kompensera för bortförsel av mineralnäring vid uttag av skogsbränsle. Några rekommendationer för askgödsling med syftet att öka tillväxten finns inte.

Där askgödsling väsentligt kan ändra naturmiljön, vilket ibland kan bedömas vara fallet, ska anmälan om samråd enligt miljöbalken göras till Skogsstyrelsen.

Långvarig effekt på tillväxt

Tillväxteffekten av aska på torvmark är relativt långvarig. Flera skandinaviska försök visar på åtminstone 30 år. De gödselgivor som resulterat i dessa tillväxteffekter har i allmänhet varit större än 3 ton per ha. Norrbom refererar¹⁵³ till Silfverberg, som uppskattat att en askgiva på 5 ton per ha

¹⁴⁸ Norrbom T. 2008. Askgödsling och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskogs Förvaltnings AB – en litteraturstudie. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel, *Examensarbete* 2008:6.

¹⁴⁹ Silfverberg K & O Huikari. 1985. Tukhalannoitus metsäjitetuilla turvemailla (Wood ash fertilization on drained peatlands). *Folia Forestalia* 633, 25 s.

¹⁵⁰ Hånell B. 2004. *Arealer för skogsgödsling med träaska och torvaska på organogena jordar i Sverige*. Värmeforsk, Stockholm.

¹⁵¹ Magnusson T & B Hånell. 2000. Aska för beskogning av torvtäcker – påverkan på växtnäringförhållanden, tungmetaller och vattenkvalitet. Energimyndigheten, Eskilstuna, *Rapport ER* 18:2000.

¹⁵² Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. 2008. *Meddelande* 2, 2008. Skogsstyrelsen.

¹⁵³ Norrbom T. 2008. Askgödsling och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskogs Förvaltnings AB – en litteraturstudie. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel, *Examensarbete* 2008:6.

skulle resultera i en genomsnittlig tillväxtökning på runt 3 m³sk per ha och år. Hånell uppskattar att en hektargiva om 3-5 ton aska skulle öka tillväxten med 2-5 m³sk ha och år.¹⁵⁴ Initialeffekten av gödningen tycks vara låg. Det dröjer några år innan tillväxteffekten bli tydlig.

Krossaska används idag

Den aska som idag sprids i skogsbruket är vanligtvis så kallad krossaska. Det är en aska som tillsats vatten för att härda och sedan krossas. Ett viktigt skäl är att den färska och finfördelade askan är alltför aggressiv mot vegetationen om den spreds.

Vid spridning med traktor används så långt som möjligt redan anlagda stickvägar. Vikten av att inte skada befintliga diken måste betonas. Detta gör att mycket av traktorspridningen bör ske på tjälad mark.

Vid spridning med helikopter bör askan granuleras, formas till små relativt enhetliga korn för att spridningen ska bli god.

Spridningskostnaden med traktor år 2007 var ca 150-200 kr per ton och med helikopter ca 750-800 kr per ton. Det måste dock påpekas att askgödning i kommersiell skala knappast pågår ännu i Sverige och att dessa siffror därför kan komma att förändras.

Näringen i askorna varierar

Aska är starkt basisk och askgivor i de mängder som här diskuteras höjer pH i torvens ytskikt. Vid askning ökar mängderna av framför allt utbytbar kalcium, magnesium och kalium, vilket medför en ökning av basmättnadsgraden.¹⁵⁵ Totalmängden fosfor ökar också och oftast även de växttillgängliga mängderna. Också halten växttillgängligt kväve kan öka, inte genom asktillförseln i sig, utan genom att nedbrytningen av den tidigare näringsfattiga torven skyndas på. Om torven är näringsrik kan det totala kväveförrådet minska.¹⁵⁶

Askor kan vara mycket variabla i sitt näringsinnehåll (tabell PR9).

¹⁵⁴ Hånell B. 2006. *Sköt torvmarkskogen på rätt sätt så knakar den. I: Skogen – mot oljeberoendet för klimatmålen.* SLU, Skogskonferens.

¹⁵⁵ Se för ett stort antal källor: Norrbom T. 2008. Askgödning och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskogs Förvaltnings AB – en litteraturstudie. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel, *Examensarbete* 2008:6.

¹⁵⁶ Magnusson T & B Hånell. 1996. *Aska till skog på torvmark.* Ramprogram Askåterföring, Nutek R:1965:85. Stockholm.

Tabell PR9. Exempel på näringsinnehåll i vedaskor. Makroelement (överst; % av torrsubstans, TS) och spårelement (nederst; mg per kg TS) i vedaskor använda av Sveaskog vid askåterföring.¹⁵⁷

Makroelement (% av TS)	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Si
Median	3,8	15	4,8	3,2	1,5	0,8	1,0	0,9	19
Min.	1,2	5,3	0,97	1,4	1,1	0,28	0,53	0,18	9,2
Max.	6,1	24	13	4,6	1,4	1,2	2	1,7	30

Spårelement (mg/kg TS)	As	B	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Median	19	442	10,6	56	93	0,3	31	153	916
Min.	<6	32	0,75	21	60	<0,05	17	14	153
Max.	53	1000	21	90	130	0,7	50	572	1620

I aska ingår också vissa mängder tungmetaller, t ex kadmium, som kan medföra hälsorisker. Skogsstyrelsens rekommendationer är att mängden tungmetaller som tillförs vid kompensationsgödsling med aska inte ska överstiga den mängd som tas ut vid avverkningen.¹⁵⁸

En finsk studie, där 10 ton träaska per ha respektive 20 ton torvaska per ha tillfördes fann man ökade halter av kadmium i bär, främst hjortron.¹⁵⁹ Författarna anser att upprepad tillförsel på ett givet område kan leda till att tungmetaller anrikas och tas upp av vegetation.

En svensk studie fann anrikning av kadmium i framför allt sälj men också i vårt- och glasbjörk, halvgräs, svamp och björnmossa, men inte i undersökta barrträd.¹⁶⁰ Risken för störande tungmetaller ökar betydligt om t ex aska från förbränning av gammalt byggnadsvirke ingår. Askgödsling bör därför begränsas till att gälla aska från skogsbränsle. Det finns gränsvärden i aska för olika substanser.¹⁶¹

Eftersom mängderna av lösta joner i mark och vatten ökar vid askgödsling finns det också en risk för att utlakning av näringsämnen ska kunna ske. I ett gödslingsförsök med aska utfört av Skogforsk i sydvästra Sverige¹⁶² visas på

¹⁵⁷ Norrbom T. 2008. Askgödsling och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskogs Förvaltnings AB – en litteraturstudie. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel, *Examensarbete* 2008:6.

¹⁵⁸ Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. 2008. *Meddelande* 2, 2008. Skogsstyrelsen.

¹⁵⁹ Silfverberg K. & J Issakainen. 1991. Effects of ash fertilization on forest berries. *Folia Forestalia* 769.

¹⁶⁰ Magnusson T & B Hånell. 2000. Aska för beskogning av torvtäcker – påverkan på växtnäringförhållanden, tungmetaller och vattenkvalitet. Energimyndigheten, Eskilstuna, *Rapport ER* 18:2000.

¹⁶¹ Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. 2008. *Meddelande* 2, 2008. Skogsstyrelsen.

¹⁶² Sikström U, M Ernfors, S Jakobsson, L Klemedtsson, M Nilsson & E Ring. 2006. Tillförsel av aska i tallskog på dikad torvmark i södra Sverige – effekter på skogsproduktion. Värmeforsk, *Rapport* nr 974.

en ökning av halterna av B, Br, Ca, Cd, Co, K, Cl, Li, Mg, Mn, Na, P, PO₄-P, S, SO₄-S, och Zn. Endast för ämnena B, Ca, K, Li, Mn, och Zn var ökningen kvarstående efter ett år. Fosfor har en stark produktionshöjande effekt i vatten.

Fosforutlakning kan vara ett problem i samband med spridning av handelsgödsel, men tycks inte vara stor efter askgödsling. Detta kan bero på att fosfor i aska är svårslöslig eftersom den är bunden till järn och aluminium.¹⁶³

Oklar påverkan på utsläpp av växthusgaser

Askgödsling kan också påverka utsläpp av växthusgaser. I den refererade Skogforskstudien fann man att den årliga avgången av koldioxid och metan från torven efter askgödsling var i stort sett opåverkad två år efter gödslingen. Det fanns en antydning till ökad metanavgång, framför allt under försökets andra år. En marginell tillväxtökning skulle emellertid kompensera för detta ökade utsläpp. Det finns anledning att undersöka utsläpp på speciellt kväverika marker ytterligare där det finns risk för lustgasutsläpp. Lustgas (N₂O) är en extremt stark växthusgas, 296 gånger effektivare än koldioxid.¹⁶⁴

Askåterföring på torvmark är fortfarande år 2009 i sin linda. Bästa beviset på detta är väl att det är svårt att få uppgifter på till exempel askpriser. Askproducenter måste nu deponera en hel del av askan och detta medför kostnader för dem. Skogsbolag har faktisk fått betalt för att askproducenter fått sprida aska på deras marker. Spridningskostanden är ofta lägre än deponeringskostnaden.

Vi kan nog förvänta oss att askåterföring eller askgödsling på torvmark blir vanligare i en framtid. Fördelarna i form av ökad tillväxt efter askgödsling på torvmark är uppenbara.

¹⁶³ Nieminen M, S Piirainen S & M Moilanen. 2005. Release of mineral nutrients and heavy metals from wood ash and peat ash fertilizers: Field studies in Finnish forest soils. *Scand. J. For. Res.* 20, s 146-153.

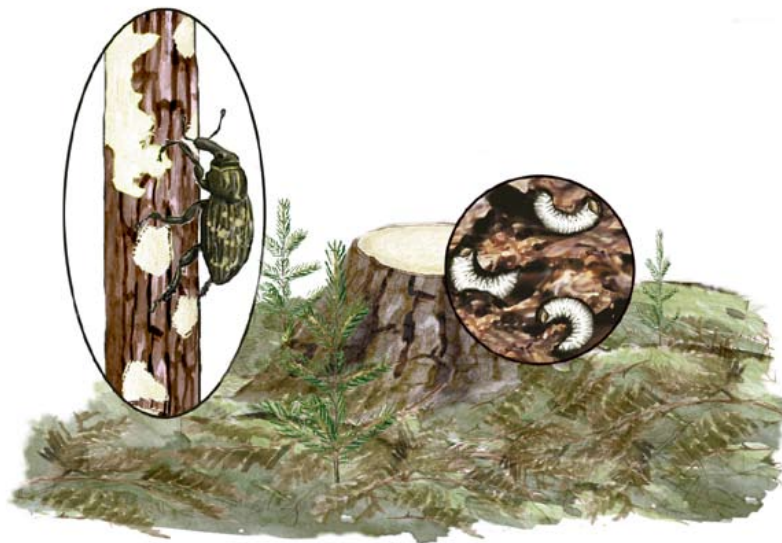
¹⁶⁴ Strömgren M (redaktör). 2006. Växthuseffekt och skogsproduktion: Hur ska vi hantera våra dikade skogsmarker? SLU, inst. för skoglig marklära, *Rapport 90*.

Kontroll av skogsskadegörare

Lika viktigt som att hitta metoder för att höja produktionen i bestånden är att försöka begränsa de skadegörare som finns i skogarna. Här tas tre av de viktigaste upp, snytbagge, rotröta och älg.¹⁶⁵

Snytbagge

Snytbaggen (figur PR18) vållar skador på svenska skogsplanteringar för flera hundra miljoner kronor årligen.¹⁶⁶ Plantorna dör då skalbagarna ringbarkat dem och den viktigaste skadan är förstås att detta ger upphov till glesa och dåliga förnyringar och därmed nedsatt skogsproduktion.



Figur PR18 Snytbaggen skadar plantor genom att gnaga av barken. Larverna övervintrar och förpupas i anslutning till stubbar och rötter. Illustration Bo Persson.

En uttömmande beskrivning av snytbaggen och dess skadegörelse finns i skriften "Skogsskötselåtgärder mot snytbagge"¹⁶⁷, som i huvudsak sammanfattas i det följande:

Det svenska skogsbruket skapar gynnsamma förhållanden för snytbaggen:

- De massiva hyggesdofterna är starkt attraherande och mängden yngelmaterial på hyggena är gynnsamt för snytbaggen.
- Hyggenas spridning, med ungefär samma areal avverkad varje år och en relativt jämn fördelning över landskapet är optimalt för snytbaggen.
- Trakthyggesbruket är gynnsamt för snytbaggen. Tillgången på färsk stubbar behövs för deras reproduktion.

¹⁶⁵ Biologi och effekter av snytbagge, rotröta och älg tas även upp i del 12 i Skogsskötselserien, "Skador på skog". Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotsel-serien.

¹⁶⁶ Thureson T, H Samuelsson & S Claesson. 2003. Konsekvenser av ett förbud mot perme-trinbehandling av skogsplantor. *Meddelanden 2-2003*. Skogsstyrelsen.

¹⁶⁷ Nordlander G, G Örlander, M Petersson & C Hellqvist: *Skogsskötselåtgärder mot snytbagge*. 1997. Webbhandledning tillgänglig på <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge>.

- Den varma miljön på hyggen skyndar på en snytbaggepopulations utveckling, vilket också främjar hela insektpopulationens tillväxt.
- De plantor som finns på hygget är en viktig näringskälla för snytbaggen.
- Plantering sker ofta när risken för skador är som högst.

Detta kan man göra för att minda skadorna:

- Ge plantorna ett skydd före planteringen.
- Markbereda väl och välja lämpliga planteringspunkter i mineraljord.
- Plantera under en ganska tät skärm.

Skaderisken varierar i landet och landskapet

Risken för snytbaggeskador varierar med en planterings belägenhet i landet. I allmänhet är risken större ju längre söderut planteringen finns. I Svealand och Norrland minskar skadorna också när man förflyttar sig från kusten mot inlandet, men åtminstone utmed Norrlandskusten är skaderisken avsevärd.

Hyggets läge och terrängen kan påverka hur många snytbaggar som dras dit, men få hyggen är så avlägset belägna att snytbaggar inte hittar dit; de flyger miltals. Möjligen kan skaderisken reduceras i jordbrukdominerade landskap eller områden med mycket sjöar.

Blöta, fuktiga områden skadas ofta mindre än torra. Vegetationsrika hyggen erbjuder mer skydd för snytbagarna och skadorna blir ofta värre där än på vegetationsfattiga områden. Plantor satta på brända hyggen kan vara speciellt utsatta för snytbaggeangrepp.¹⁶⁸

Hyggets ålder är också viktigt för skadebilden. Från femte säsongen efter avverkning är risken för skador i stort sett över, möjligen med undantag för vissa delar av Norrland. Men utdragen hyggesvila är negativ för hög skogsproduktion. Skogsvårdslagen kräver att förnygring ska ha ”utförts senast under det tredje året räknat från det år då skyldigheten uppkom”.¹⁶⁹

Markberedning och stora plantor minskar skadeeffekterna

Vad kan då göras för att försöka minska snytbaggeskadorna, utan att alltför negativt påverka skogsproduktionen?

Markberedning är ett effektivt medel och val av planteringspunkt är viktigt:

- Markbered så att planteringsytorna med ren mineraljord på minst 40 cm x 40 cm tas fram. Sådana ytor undviks till stor del av snytbaggen. Varje inblandning av humus ökar risken för snytbaggeskador.
- Markberedningen ska vara så färsk som möjligt, då dess effekt minskar redan efter ett år.

¹⁶⁸ von Hofsten H. & J Weslien. 2001. Förnygring av brända hyggen i Norrland med hänsyn till snytbagge - slutresultat. Skogforsk, *Arbetsrapport* 483, s 1-22.

¹⁶⁹ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen).

- Upphöjd markberedning, högläggning, är ett effektivare skydd än fläckmarkberedning eller harvspår.
- Plantorna ska sättas i mineraljord och så att avståndet till vegetation är så stort som möjligt, minst 1 dm.

Plantvalet är viktigt:

- Stora plantor klarar skadegörelse från snytbaggar bättre än små. Så kallade miniplantor angrips under första året efter plantering i mindre utsträckning än normala plantor. Hur miniplantorna klarar sig i längden är ännu ej utrett.¹⁷⁰
- Täckrotsplantor och barrotsplantor av samma storlek blir angripna i liknande omfattning.
- Sticklingar tycks tåla något värre skador än fröplantor. Detta beror sannolikt på att de har en något avvikande barktyp och något fler barr på stammen. Sticklingar finns dock knappast på marknaden i dagsläget (2009).

Insekticidbehandling skyddar plantor

Att skydda plantor är det direkta sättet att minska eller undgå snytbaggescador. Den vanligaste metoden är att behandla med insekticider. Alternativa metoder är också under utveckling.

Av de totalt ca 330 miljoner plantor som användes under 2006 års planteringar i Sverige var ungefär 146 miljoner insekticidbehandlade. Kostnaderna för insekticidbehandling (1-årig grantäckrotsplanta) är ungefär 20 öre per planta.¹⁷¹

Det finns när detta skrivs (mars 2009) tre godkända kemiska insekticider mot snytbagge i Sverige. Hylobi Forest och Forester får användas t o m 2011-12-31 och Merit Forest WG t o m 2014-12-31.¹⁷² Skyddseffekterna av medlen är goda och likartade, även om skyddens långtidseffekter är ifrågasatt. Insekticidernas påverkan på planteringspersonalen är ifrågasatt.

Bland snytbaggepreparaten finns sådana med hög dokumenterad giftighet för t ex fisk. Preparaten får därför inte komma ut i vatten.¹⁷³

Nya mekaniska skydd under utveckling

Det finns också ett omfattande utvecklingsarbete av icke-giftiga mekaniska snytbaggesskydd. För närvarande (2009) pågår intensivt utvecklingsarbete av skydden Coniflex och Bugstop. Coniflex är ett lim som blandas med mycket fin sand, som gör plantorna osmakliga för snytbaggen.¹⁷⁴

¹⁷⁰ *PLANTaktuellt nr 3*, 2006. 2006. Skogforsk och SLU.

¹⁷¹ Muntlig uppgift. H von Hofsten, Skogforsk, Uppsala.

¹⁷² http://www.skogforsk.se/templates/sf_ProjectStartPage___3673.aspx?sm=1

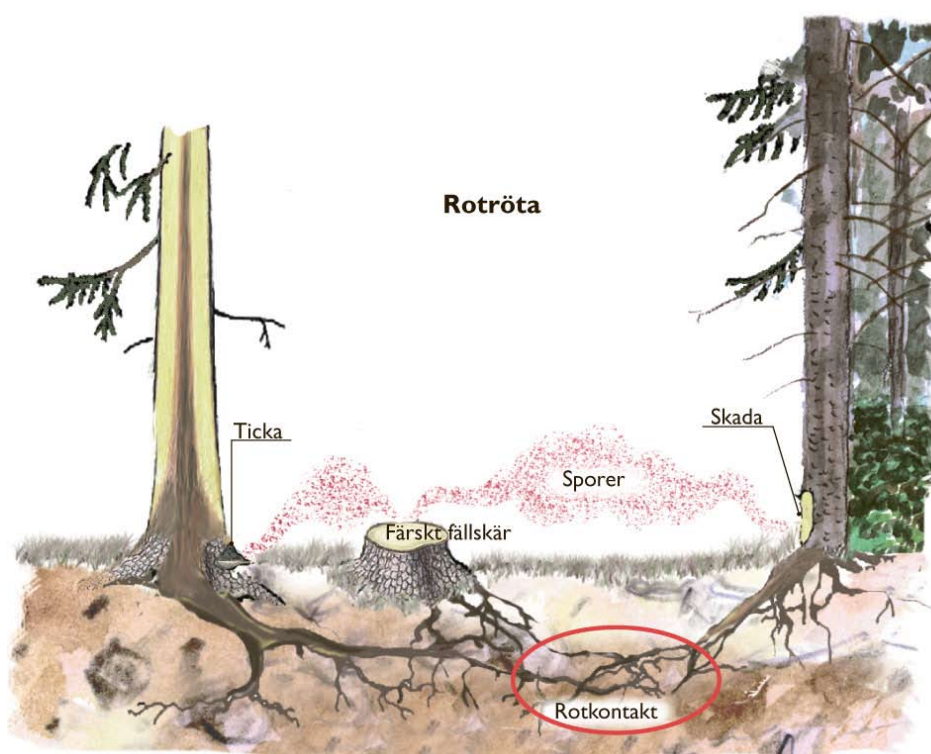
¹⁷³ Thuresson T, H Samuelsson & S Claesson. 2003. Konsekvenser av ett förbud mot perme-trinbehandling av skogsplantor. *Meddelanden* 2-2003. Skogsstyrelsen.

¹⁷⁴ Nordlander G, Nordenhem H & Hellqvist C. 2009. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Agricultural and Forest Entomology* 11, 91-100.

Bugstop är ett vax som mekaniskt hindrar snytbaggegnag.¹⁷⁵ Inget av medlen är idag tillgängligt på marknaden, i full skala. Bugstop fungerar på grantäckrotsplantor, dock ej på tall eller barrotsplantor. För båda medlen är förhoppningarna betydande att de ska vara fullt tillgängliga inom några år. Vid lyckad applicering kan skyddseffekterna bedömas bli acceptabla.

Rotröta

Rotröta^{176 177 178 179}, framför allt på gran, drabbar skogsbruket i nästan hela landet (figur PR19). Skogsägare kan drabbas av avsevärda förluster till följd av nedklassat virke. Vid kraftiga skador tillkommer också tillväxtförluster. Man får kvalitetsproblem med virket i industrin. Nedklassning av virkeskvalitet och tillväxtförluster kostar skogsbruket i storleksordningen en halv till en miljard kronor om året.



Figur PR19 Rottickans spridningsvägar. Den vanligaste infektionsvägen i ett gallringsbestånd är via sporer till en färsk stubbe. Därifrån når rottickan friska granar via rotsystemet. Illustration Bo Persson efter förlaga av S Falk i: Falk S & V Söderström. 1989. *Skogsvårdens grunder*. 2:a uppl. LT:s förlag.

¹⁷⁵ Hellqvist C. 2004. *Fältförsök med Bugstop 2004. Resultat från försök med olika vaxtyper. Uppdrag Stora Enso Skog AB*. SLU, Inst. för entomologi. Stencil. 19 s.

¹⁷⁶ Rönnberg J. 1999. Incidence of root and butt rot in consecutive rotations, with emphasis on *Heterobasidion annosum* in Norway spruce. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria* 96.

¹⁷⁷ Thor M. 2005. *Heterobasidion* root rot in Norway spruce: Modelling incidence, control efficacy and economic consequences in Swedish forestry. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* 5:2005.

¹⁷⁸ Berglund M. 2005. Infection and growth of *Heterobasidion* spp. in *Picea abies*: control by *Phlebiopsis gigantea*. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* 2005:36.

¹⁷⁹ <http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/Rötbok%20fullständig%201%2020060626.pdf>

Rotröta orsakas i första hand av rottickan (*Heterobasidion annosum*). Den formar fruktkroppar under vegetationsperioden vid basen av infekterade träd och på deras rötter. Stora mängder sporer produceras. De gror på nyligen blottad ved, främst färsk stubbar och växer sedan vidare i stubbens rotsystem och kan sprida sig till granträd genom rotsammanväxningar. Rötan missfärgar veden som på sikt bryts ner av svampen varav det blir rotröta. Rötan kan överleva länge i stubbar och därifrån angripa nyanlagd skog.

Rotrötan är vanligast och vållar värst skada på gran men kan också angripa andra trädslag, där den ibland blir svår på t ex tall och lärk. Hos dessa dödas oftast träden av svampens mycelium. Rottickan finns i två underarter. Den ena (S-formen) finns i hela landet och angriper bara gran, den andra (P-formen) finns i Sydsverige, är mer aggressiv och angriper flera trädslag.

Rotrötans förekomst varierar med många olika ståndortsförhållanden. Den är vanligare i marker med högt pH, i förstagenerationsträd som på åkermarksplantering, vid höga stamantal där smittorisken är större och på väl dränerad jord. Rötrisen minskar med stigande höjd över havet samt med fallande temperatursumma. Risken för skador är begränsad på t ex torvmark och i blandbestånd.

Rotröta kan begränsas med stubbehandling och andra åtgärder

Det är knappast möjligt att slå ut rotröta, men vad kan man göra för att begränsa skadorna?

Skogsbruket kan förstås enklast avverka under en relativt säker period, då mängden sporer av rötan är begränsad, dvs på vintern. Tyvärr tillåter ju inte modernt skogsbruk att denna metod utövas i stor skala varför man får använda sig av preparat som förhindrar sporens grodd på veden. I Sverige behandlas idag stubbar på runt 35 000 ha om året, nästan bara i grangällringar i södra delen av landet. I resten av Europa stubbehandlas mer än 200 000 ha årligen både i gallring och i slutavverkning. Kostnaden kan skattas till 10 kr per uttagen m³sk vid gallring, 3 kr per uttagen m³sk vid slutavverkning.¹⁸⁰

Man kan naturligtvis också påverka rotröteskadorna på annat vis, vilka emellertid alla normalt har negativa följder för tillväxten. Här ska bara nämnas:

- kortare omloppstid
- val av andra trädslag
- val av andra skötselprogram, t ex gallringsfritt skogsbruk

Olika preparat kan användas för att förhindra rotrötesporernas groning.¹⁸¹ Runt om i Europa används borat, en urealösning samt en lösning av pergamentsvampens sporer i vatten (Rotstop). Såväl borat som urea ledde till dödlighet av växter som träffades av preparaten under behandlingen. Idag används därför bara Rotstop i Sverige.

¹⁸⁰ Thor M, J Arlinger & J Stenlid. 2005. Stubbehandling mot rotröta lönsam – också i slutavverkning. Skogforsk, *Resultat* Nr 9 2005.

¹⁸¹ Westlund A & H-Ö Nohrstedt. 1997. Preparat mot rotröta kan skada markvegetationen. Skogforsk, *Resultat* Nr 22 1997.

Prioritera bestånd för stubbehandling

Studier har genomförts för att bestämma vilka bestånd som bör behandlas.¹⁸² Studien ska tolkas med viss försiktighet, den är som de flesta studier begränsad genom ett antal förenklingar, t ex uppskattningar om rötans spridningshastighet och effektiviteten av behandlingen. Likaså har kalkylerna en känslighet för vilken förräntning som krävdes. Vid 5 % lönade sig behandlingen i gallringar men inte i slutavverkning. För bestånd som liknar de som ingick i beräkningarna gavs följande rekommendationer:

- Behandla alla slutavverkningar och gallringar i rena granbestånd med ståndortsindex 26 och högre.
- Behandla all slutavverkning och alla gallringar i barrblandbestånd med minst hälften gran om ståndortsindex är 24 eller högre. Notera att alla stubbar, inte bara granstubbar, ska behandlas.
- Stubbehandling är inte lönsam i barrblandbestånd med mindre än hälften gran norr om 60 °N eller där inte P-formen av rotticka finns.

Älgbete

Praktiskt taget all svensk ungskog betas och fejas av älg och detta vållar avsevärda tillväxt- och kvalitetsskador (figur PR20). De årliga älgskadorna byggs upp under en 10-20 års tid i beståndens ungskogsutveckling.



Figur PR20 Tall som drabbats av betning. Foto Jörgen Sundin.

Dagens skogsbruk, avsaknaden av skogsbete och glesa rovdjursstammar har gett goda möjligheter för olika hjortdjur att bilda relativt täta populationer. Detta medför ett hårt betestryck på ekonomiskt viktiga trädslag, främst tall. I stora delar av landet förutsätts nu stängsel för att man ska kunna få upp ett oskadat tallbestånd. Föryngringen med tall i södra Sverige har minskat avsevärt.

Älgbete minskar tillväxten

Det finns inga goda studier över de tillväxtförluster som uppstår av älgskador. Glöde med flera¹⁸³ sammanfattade tillgänglig information, men valde att inte

¹⁸² Thor M, J Arlinger & J Stenlid. 2005. Stubbehandling mot rottröta lönsam – också i slutavverkning. Skogforsk, *Resultat* Nr 9 2005.

¹⁸³ Glöde D, R Bergström & F Pettersson. 2004. Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige. Skogforsk, *Arbetsrapport* 520.

inkludera de långsiktiga tillväxtförlusterna när de själva kalkylerade de ekonomiska förluster som älgbetet vållade. De gjorde dock en känslighetsanalys där de sänkte tillväxten med 10 % på skadade tallar. För de två fallen med 20 % och 50 % samlade skador (se nedan) blev beståndens tillväxtförluster 2 respektive 5 %. Författarna anser själva att ett antagande om 10 % tillväxtförluster på skadade träd är mycket oviss och att den verkliga siffran kan lika gärna vara såväl hälften som dubbelt så hög.

Det är troligt att skadorna är förhållandevis värre vid höga än vid måttligt betestryck. Med hårda skador uppstår mer luckighet, med vidhängande produktionsförluster än vid lägre skador. Därför är sannolikt beståndens tillväxtskador inte proportionella mot andelen skadade träd.

Stora skador på lång sikt

Vad som är tolerabla älgskador är oklart och kan råda olika uppfattningar om, men i samband med ÄBIN (älgbetesinventering) resonerade sig skogsbruket för några år sedan fram till att 2-3 % årliga skador, med ÄBIN:s metoder, är tolerabelt.^{184 185} Dessa skador leder till ca 20 % samlade skador under den period som ett bestånd är så högt att det betas av älg. Detta är betydligt mindre än vad som är vanligt idag då bestånden ofta har 5-7 % årliga skador, vilket totalt ger omkring 50 % skadade huvudstammar.

Man kan också säga att dagens betestryck kommer att medföra en årlig kvalitetsförlust, åter i jämförelse med oskadade bestånd, på i storleksordningen 0,5-1,3 miljarder kronor om 30-50 år, när skogsbruket ska utnyttja de nuvarande bestånden.

Förluster på grund av ”felaktigt trädslag”

Förutom de tillväxt- och kvalitetsförluster betesskadorna ger på tall måste man lägga till dem som kommer genom att skogsbruket tvingas plantera gran på tallmarker. Dessutom tillkommer de förluster som uppstår genom att det blir nödvändigt att senarelägga eller fördyra röjningar och i röjningarna tvingas välja andra trädslag än de som är bäst på den aktuella marken.

Om betet på tall kan minskas skulle effekten på ungskogarnas hälsa och tillväxt bli mycket positiv. Mindre bete skulle också leda till en ökad biodiversitet genom att mängden av t ex rönn, asp och sälg skulle öka, vilka trädslag är än värre än tallen utsatta för älgbete. Om alla träd och buskar är tillgängliga föredrar älgar att beta på först rönn, sedan sälg och vide, asp, en, björk, tall, al och sist gran.¹⁸⁶ En minskad älgstam skulle också leda till färre trafikolyckor. Samtidigt finns å andra sidan en jägarkår vars intresse för en minskad älgstam är begränsat.

¹⁸⁴ Bergkvist G, Bergström R & L Edenius. 2001. Patterns of stem damage by moose (*Aleces alces*) rebrowsing in young *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16, s 363-370.

¹⁸⁵ Bergkvist G, R Bergström & L Edenius. 2003. Effects of moose (*Alces alces*) rebrowsing on damage development in young stands of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Forest Ecology and Management* 176, s 397-403.

¹⁸⁶ Bergström R & O Hjeljord. 1987. Moose and Vegetation Interactions in Northwestern Europe and Poland. I: *Swedish Wildlife Research, Viltrevy*, Suppl. 1, s 213-228.

Outnyttjad skogsmark

Skogsvårdslagen anger att mark som är lämplig för skogsproduktion och inte i avsevärd utsträckning nyttjas för annat ändamål ska användas för skogsproduktion.¹⁸⁷ Det finns därmed betydande arealer med t ex nedlagd outnyttjad åkermark som skulle kunna utnyttjas för skogsproduktion.

Enligt Riksskogstaxeringen inventeringsmaterial fanns det åren 2000-2002 ungefär 120 000 ha obeskogad jordbruksmark, som inte brukats på mer än tre år, kanske en rimlig avgränsning för vad som skulle kunna betraktas som potentiell skogsmark. Oljekommissionen redovisar 400 000 ha tidigare åkermark som skulle kunna vara tillgänglig för biomassaproduktion.¹⁸⁸

Ett annat exempel på potentiellt tillgänglig mark är sådana skogliga impediment som skulle kunna omföras till produktiv mark med lämpliga åtgärder, t ex dränering av torvmark. Den arealen är dock med stor sannolikt mindre produktiv och det skulle säkert leda till kritik om sådan mark skulle omföras till skogsproduktion i någon större skala.

I praktiken är det svårt att avgöra vilken mark som är tillgänglig för skogsproduktion och hur länge jordbruksmark ska ha varit tagen ur drift innan den blir tillgänglig. Olika intressen finns för hur sådan mark skall användas. Tveklöst skulle den, tack vare sin förväntat relativt höga bonitet, dock kunna ha en mycket stor betydelse för skogsproduktion om den beskogades på lämpligt sätt.

En effektiv skogsplantering, säkerligen i de alla flesta fall med gran, på den nedlagda åkermarken skulle få en avsevärd effekt på skogsproduktionen. Med en antagen tillväxt av runt 7 m³sk per hektar och år skulle denna areal, om man nöjer sig med att räkna på den areal som Riksskogstaxeringen anser tillgänglig, kunna på sikt bidra med en ökad avverkningsvolym i Sverige på runt 1 miljon m³sk per år.

¹⁸⁷ Skogsvårdslagstiftningen. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen).

¹⁸⁸ Anon. 2006. *På väg mot ett oljefritt samhälle*. Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet.

Klimatförändringen

Klimatförändringar är väl inte någon direkt åtgärd som skogsägare har för att höja produktionen, men en klimatuppvärmning kommer i alla fall att få stor inverkan på svenskt skogsbruk.

Det finns en mängd olika scenarier om hur klimatet kommer att utveckla sig i framtiden.¹⁸⁹

Temperaturen i Norden kommer att stiga mer än världsgenomsnittet, med 2 till 5 grader under de kommande 100 åren, enligt olika uppskattningar i SWECLIM:s, vårt svenska nationella program för klimatmodellering.^{190 191} Senare studier, av t ex polarisens avsmältning, visar om något mot en ännu snabbare och kanske större uppvärmning än vad SWECLIM:s studie antyder. Nederbörden kommer att öka i större delen av landet, under främst vår, höst och vinter. Sommartid lär det bli ett torrare klimat, speciellt i södra Sverige. Osäkerhet finns om hur vindarna ska utvecklas, men mycket talar såväl för en högre medelvind som för starkare vindbyar. Risken för stormskador skulle då öka.¹⁹²

Skogens tillväxt kommer att öka i stora delar av landet, främst med en längre tillväxtsång.¹⁹³ Speciellt kommer tillväxtsången att börja tidigare. Det är dock oklart när klimatet förändrats nog för att vi ska kunna börja mäta effekterna. Tillväxtökningen blir störst i norra Sverige, kanske 20-30 % och något lägre i Mellansverige, uppskattningsvis runt 15 %. I södra Sverige kan den minskade sommarnederbörden motverka den positiva effekten av längre tillväxtsång. I ”Skogliga konsekvensanalyser 2008” (SKA-VB 08) uppskattas att den samlade positiva effekten¹⁹⁴ av klimatförändringar kan komma att ge en ökad tillväxt på 32 % i Sverige om hundra år i det så kallade Referensscenariet.¹⁹⁵

Den ökade koldioxidhalten har i sig en svagt positiv verkan på trädens tillväxt.

Ändrat klimat ger följder av många slag

Klimatförändringarna påverkar naturligtvis inte bara Sverige utan också de globala förutsättningarna för skogsbruk. Högre temperaturer och vattenbrist förväntas ha en negativ påverkan på produktionen i t ex Sydamerika, Australien och södra Europa. Tillväxtpotentialen ökar i stället i stora delar av Asien, Nordamerika och Nordeuropa.

¹⁸⁹ Eriksson H. 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. *Rapport 8-2007*. Skogsstyrelsen.

¹⁹⁰ Sonesson J (redaktör). 2004. Climate change and forestry in Sweden – a literature review. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 143, Nr 18.

¹⁹¹ Gustafsson L, M Rummukainen & J Sonesson. 2006. Klimatförändring – konsekvenser för skog och skogsbruk. Mistra, Stockholm, *Stencil*.

¹⁹² Intergovernmental Report on Climate change: *Fourth Assessment Report*. 2007. Finns tillgänglig på: <http://www.ipcc.ch/>

¹⁹³ Eriksson H. 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. *Rapport 8, 2007*. Skogsstyrelsen.

¹⁹⁴ Negativa effekter på tillväxten på grund av exempelvis skador till följd av ett förändrat klimat har inte tagits med i analyserna. Orsaken är svårigheterna att kvantifieras dessa.

¹⁹⁵ Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. 2008. *Rapport 25, 2008*. Skogsstyrelsen.

De ändrade vindförhållandena, och dessa beräkningar är mer osäkra än de om temperatur och nederbörd, kan leda till ökade vindskador. Detta speciellt med fuktigare marker och mindre tjäle till följd av högre temperaturer. Med högre tillväxt kommer träden sannolikt att växa sig högre än idag, något som också kan öka stormfällningsrisken. Det blir kanske ännu mer intressant att förkorta omloppstiderna. Snöbrott kan också öka i områden som får en högre vinternederbörd.

Större nederbörd, ökad avrinning och högre grundvatten öka antagligen risken för skred, ras och översvämningar. Framkomligheten i skog och på skogsbilvägar blir svårare. Fuktigare marker och mindre tjäle leder till ökade körsador på trädens rötter. Detta och den förlängda tillväxtsåongen leder till en ökad risk för rotröta.

Klimatförändringen lär få stora effekter på den biologiska mångfalden i skogarna. Ädla lövträd, som idag finns upp till Mälardalen, kan sprida sig längre norrut. Det kommer att bli ett större behov och intresse av att använda sig av nya träslag i Sydsverige. Granen kan få problem med en torrare väderlek. I fjällen blir det säkert mindre areal kalvfjäll, trädgränsen kommer att gå betydligt högre, och en viss igenväxning eller förbuskning följer. Möjligheterna att leva upp till miljö kvalitetsmålen som *Storslagen fjällmiljö*, *Ett rikt växt- och djurliv* och *Myllrande våtmarker* kan försvåras.

Förekomsten av skadeinsekter och sjukdomar på träden kommer också att förändras och nya arter kan komma från sydligare områden. Älgen trivs inte i sommarpälss när medeltemperaturen stiger över 14 °C. Detta skulle kunna leda till mindre älg i södra delarna av landet.

Våra skogsträd har en mycket stor anpassningsbarhet. Det betyder att en och samma individ klarar att växa under många olika förhållanden, som gör att de har betydande möjligheter att klara av miljöförändringar. I skog som kulturförnygras genom plantering eller sådd kan anpassad skötsel och val av olika genetiskt material upphäva, eller åtminstone minska, effekterna av ett ändrat klimat. Största möjligheten ger skogsträdsförädling som hjälper till att möta en klimatförändring genom att anpassa det genetiska materialet man skogsodlar med.¹⁹⁶

Skogsträdsförädling hjälper genom att:

- Behålla en stor genetisk variation i förädlingsmaterialet
- Förkorta trädens omloppstid
- Förutsäga klimatförändringar
- Testa träden i många olika klimat

I ej skött skog får naturlig anpassning verka. Här finns en risk att skogen drabbas av olika former av sammanbrott om klimatförändringen sker snabbare eller blir mer omfattande än vad naturen kan möta.

¹⁹⁶ Sonesson J. 2001. Skogsodlingsmaterial för framtidens klimat. Skogforsk, *Resultat* Nr 6 2001.

Litteratur

- Ahti E & J Päivänen. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. I: Trettin, C C m fl. *Northern Forested Wetlands: Ecology and management*. CRC Press Inc, Lewis Publishers, USA, s 449-457.
- Almqvist C, O Rosvall & U Wennström. 2007. *Fröplantager – anläggning och skötsel*. Skogforsk.
- Almqvist C, R Simonsen, U Wennström & O Rosenberg. 2008. Granfröplantagerna – En guldgruva för skogsbruket. Skogforsk, *Resultat* Nr 3.
- Andersson B, O Engelmark, O Rosvall & K Sjöberg. 1999. Environmental impact analysis (EIA) concerning lodgepole-pine forestry in Sweden. Skogforsk, *Report* No 3.
- Andersson B, O Engelmark, O Rosvall & K Sjöberg (redaktörer). 2001. Environmental impact analysis of lodgepole pine introduction in Sweden. *Forest Ecology and Management* 141, Special Issue 1-2.
- Anon. 1990. *Näringsämnen i torvmarksskogar*. Broschyr, Kemira. 16 s.
- Anon. 2003. *Instruktion för fältarbete med R-polytax 2003*. Skogsstyrelsen.
- Anon. 2006. *På väg mot ett oljefritt samhälle*. Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet.
- Anon. 2008. *En skogspolitik i takt med tiden*. Proposition 2007/08:108. Jordbruksdepartementet, Stockholm.
- Bergh, J. m fl. 2006. *Syntesrapport vid intensivodling av gran*. SLU, inst. för sydvensk skogsvetenskap. Institutionsrapport 28. ISBN 91-576-7161-6.
- Bergh J. & G Oleskog (redaktörer). 2006. Slutrapport för fiberskogsprogrammet. SLU, inst. för sydvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport* 27.
- Berglund M. 2005. Infection and growth of *Heterobasidion* spp. in *Picea abies*: control by *Phlebiopsis gigantea*. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* 2005:36.
- Bergkvist G, Bergström R & L Edenius. 2001. Patterns of stem damage by moose (*Alces alces*) rebrowsing in young *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16, s 363-370.
- Bergkvist G, R Bergström & L Edenius. 2003. Effects of moose (*Alces alces*) rebrowsing on damage development in young stands of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Forest Ecology and Management* 176, s 397-403.
- Bergquist J, P-M Ekö, B Elfving, U Johansson & T Thuresson. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. *Rapport* 19. Skogsstyrelsen.
- Bergström R & O Hjeljord. 1987. Moose and Vegetation Interactions in Northwestern Europe and Poland. I: *Swedish Wildlife Research, Viltrevy*, Suppl. 1, s 213-228.
- Braastad H. 1967. Produktionsstabeller for bjork. *Meddelelser fra Det norske Skogforsöksvesen* 84, band 22.
- Devillard C & K-A Högberg. 2004. Somatiska embryon – morgondagens granplantor för intensivskogsbruk. Skogforsk, *Resultat* Nr. 7.
- Dikesrensningens regelverk. 2009. *Meddelande 1*, 2009. Skogsstyrelsen.
- Ekelund H & G Hamilton. 2001. Skogspolitisk historia. Skogsstyrelsen, *Rapport* 8A, 264 s.
- Elfving B & O Norgren. 1993. Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden. SLU, inst. för skoglig genetik och växtfysiologi, *Rapport* 11, s 69-80.
- En skogspolitik i takt med tiden. 2008. *Proposition* 2007/08:108. Stockholm.
- Eriksson G, I Ekberg & D Clapham. 2006. *An introduktion to Forest Genetics*. SLU, Uppsala. 186 s.
- Eriksson H. 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. *Rapport* 8, 2007. Skogsstyrelsen.
- Eriksson U (redaktör). 1995. Strategi för framtida skogsträdsförädling och framställning av förädlat skogsodlingsmaterial i Sverige. Skogforsk, *Utredning* 1995-06-20.
- Falk S & V Söderström. 1989. *Skogsvårdens grunder*. 2:a uppl. LT:s förlag.
- Fisher R F & D Binkley. 2000. *Ecology and Management of Forest Soils*. John Wiley & Sons, New York.
- Fries J. 1964. Yield of *Betula verrucosa* Ehrh. in middle Sweden and southern north Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 14.

- Frisk J. 1998. Basal area before thinning and relation of site index to site properties for birch-dominated stands in Sweden. SLU, inst. för skogsskötsel, *Examensarbete i skogsskötsel* Nr. 8.
- Fördjudad utvärdering av Levande skogar. 2007. *Meddelande* 4, 2007. Skogsstyrelsen.
- Glöde D, R Bergström & F Pettersson. 2004. Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige. Skogforsk, *Arbetsrapport* 520.
- Gustafsson J. Dikningsteknik. I: Skogsproduktion på torvmark. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr. 3. 1980.
- Gustafsson L, M Rummukainen & J Sonesson. 2006. Klimatförändring – konsekvenser för skog och skogsbruk. Mistra, Stockholm, *Stencil*.
- Hannerz M, J Hajek, L-G Stener & M Werner. 1993. Lärkfröplantager i Sverige. Skogforsk, *Resultat* Nr 8.
- Hellqvist C. 2004. *Fältförsök med Bugstop 2004. Resultat från försök med olika vaxtyper. Uppdrag Stora Enso Skog AB*. SLU, Inst. för entomologi. Stencil. 19 s.
- von Hofsten H. & J Weslien. 2001. Föryngring av brända hyggen i Norrland med hänsyn till snytbagge - slutresultat. Skogforsk, *Arbetsrapport* 483, s 1-22.
- Holmen H. 1980. Produktionsförutsättningar, klassificering och arealtillgång. I: Skogsproduktion på torvmark. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, *Redogörelse* Nr 3-1980.
- Holmen H. 1985. Torvaska som gödselmedel i skogsbruket. Statens energiverk, Stockholm, *Rapport FBA85/14*.
- Hyvönen R, T Persson, S Andersson, B Olsson, G I Ågren & S Linder. 2008. Impact of long-term nitrogen addition on carbon stocks in trees and soils in northern Europe. *Biogeochemistry* 89(1), 121-137.
- Hånell B. 1984. Skogsdikningsboniteten hos Sveriges torvmarker. SLU, inst. för skoglig ståndortslära. *Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära* 50. 121 s.
- Hånell B. 1985. Skogligena våtmarker – en resurs för ökade skogsproduktion. *Skogsfakta, Inventering och ekonomi* Nr 8 1985.
- Hånell B. 1990. Torvtäckta marker, dikning och sumpskogar i Sverige. SLU, *Skogsfakta* Nr 22.
- Hånell B. 2004. *Arealer för skogsgödsling med träaska och torvaska på organogena jordar i Sverige*. Värmeforsk, Stockholm.
- Hånell B. 2006. Sköt torvmarkskogen på rätt sätt så knakar den. I: *Skogen – mot oljeberoendet för klimatmålen*. SLU, Skogskonferens.
- Hånell B. 2008. *Torvmark – Praktiska anvisningar*. Skogsstyrelsen.
- Hägglund B. 1979. Ett system för bonitering av skogsmark – analys, kontroll och diskussion inför praktisk tillämpning. SLU, Projekt Hugin, *Rapport* nr 14.
- Hägglund B. 1981. Forecasting growth and yield in established forests. An outline and analysis of the outcome of a subprogram within the Hugin project. SLU, inst. för skogstaxering, *Report* 31.
- Hägglund B. & J-E Lundmark. 1977. Skattning av höjdboniteten med ståndortsfaktorer. Tall och gran i Sverige. Skogshögskolan, inst. för växtekologi och marklära. *Rapporter och Uppsatser* nr 28.
- Hägglund B, & J-E Lundmark. 1982. *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2 Diagram och tabeller*. Skogsstyrelsen.
- Hökkä H, V Alenius & H Salminen. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. *Suoseura - Finnish Peatland Society*, Helsingfors, s 1-10.
- Högbom L & S Jacobsson. 2002. Kväve 2002 - en konsekvensbeskrivning av skogsgödslingen i Sverige. Skogforsk, *Redogörelse* Nr. 6, 2002.
- Intergovernmental Report on Climate change: *Fourth Assessment Report*. 2007. Finns tillgänglig på: <http://www.ipcc.ch/>
- Jacobsson S, F Pettersson, L Högbom & U Sikström. 2005. *Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk*. Skogforsk.
- Jansson K & U Johansson. 1980. En produktionsjämförelse mellan sitkagran och vanlig gran på lika ståndort. SLU, inst. för skogsskötsel, *Examensarbete i ämnet skogsskötsel* Nr 2.

- Karlberg S. 1961. Development and yield of Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia* (Poir.) Britt.) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in southern Scandinavia and on the Pacific Coast. *Kungl. Skogshögskolans skrifter* Nr 34.
- Karlsson B. 2007. Sitka- och Douglasgran. Skogforsk, *Resultat* Nr. 27.
- Kullman L. 1998. Palaeoecological, biogeographical and palaeoclimatological implications of early Holocene immigration of *Larix sibirica* Ledeb. into the Scandes mountains, Sweden. *Global Ecology and Biogeography* 7, s 181-188.
- Kvävegödning av skogsmark. 2007. *Meddelanden* 2, 2007. Skogsstyrelsen.
- Larsson-Stern M, L-G Stener & P-M Ekö. 2005. Hybridlärk - ett bra komplement till gran i södra Sverige. Skogforsk, *Resultat* Nr 16.
- Lauhanen R & E Ahti. 2001. Effects of maintaining ditch networks on the development of Scots pine stands. *Suoseura - Finnish Peatland Society*, Helsingfors, s 29-38.
- Leijon B. 1979. *Tallens och granens produktion på lika ståndort*. Slutredovisning för anslag från Statens råd för skogs- och jordbruksforskning. SLU, inst. för skogsskötsel.
- Magnusson T & B Hånell. 1996. *Aska till skog på torvmark*. Ramprogram Askåterföring, Nutek R:1965:85. Stockholm.
- Magnusson T & B Hånell. 2000. Aska för beskogning av torvtäkter – påverkan på växt-näringsförhållanden, tungmetaller och vattenkvalitet. Energimyndigheten, Eskilstuna, *Rapport ER* 18:2000.
- Nieminen M, S Piirainen S & M Moilanen. 2005. Release of mineral nutrients and heavy metals from wood ash and peat ash fertilizers: Field studies in Finnish forest soils. *Scand. J. For. Res.* 20, s 146-153.
- Nordlander G, G Örländer, M Petersson & C Hellqvist. *Skogsskötselåtgärder mot snytbagge*. 1997. Webbhandledning tillgänglig på <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge>.
- Nordlander G, Nordenhem H & Hellqvist C. 2009. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Agricultural and Forest Entomology* 11, 91-100.
- Norgen O. 1995. Growth differences between *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. SLU, Umeå, *Avhandling*.
- Norrbom T. 2008. Askgödning och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskogs Förvaltnings AB – en litteraturstudie. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel, *Examensarbete* 2008:6.
- Paavilainen E & J Päivänen. 1995. Peatland forestry, ecology and principles. *Ecological Studies* 111. Springer Verlag, Berlin.
- PLANTaktuellt nr 3*, 2006. 2006. Skogforsk och SLU.
- Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. 2008. *Meddelande* 2, 2008. Skogsstyrelsen.
- Rensning av skogsdiken*. 2004. Skogsstyrelsen.
- Rosvall O. 2007. Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* Nr 4 2007. s 13-30.
- Rosvall O, R Bergström, S Jacobsson, F Pettersson, K Rosén, M Thor & J Weslien. 2004. Ökad produktion i familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. Skogforsk, *Arbetsrapport* Nr. 574.
- Rosvall O, S Jacobsson, B Karlsson & A Lundström. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Skogforsk, *Redogörelse* Nr 1 2004, s 23-38.
- Rosvall O. & E Normark. 2006. *Ökad tillväxt och virkesproduktion i Holmens skogar. Den fullständiga utredningen*. Holmen Skog, Örnsköldsvik.
- Rosvall O, R Simonsen, L Rytter, S Jacobsson & B Elfving. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselmetoder i privatskogsbruket. – Underlag för lönsamhetsberäkningar. Skogforsk, *Arbetsrapport* Nr 640.
- Rosvall O & U Wennström. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. Skogforsk, *Arbetsrapport* 665, 40 s.
- Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007. 2008. *Meddelande* 4, 2008. Skogsstyrelsen.

- Rönnberg J. 1999. Incidence of root and butt rot in consecutive rotations, with emphasis on *Heterobasidion annosum* in Norway spruce. *Acta Universitatis agriculturae Suecicae. Silvestria* 96.
- Silfverberg K & O Huikari. 1985. Tukhalannoitus metsäjitetuilla turvemaiilla (Wood ash fertilization on drained peatlands). *Folia Forestalia* 633, 25 s.
- Silfverberg K. & J Issakainen. 1991. Effects of ash fertilization on forest berries. *Folia Forestalia* 769.
- Sikström U, M Ernfors, S Jakobsson, L Klemedtsson, M Nilsson & E Ring. 2006. Tillförsel av aska i tallskog på dikad torvmark i södra Sverige – effekter på skogsproduktion. Värmeforsk, *Rapport* nr 974.
- Skogliga konsekvensanalyser 1999 – Skogens möjligheter på 2000-talet. 2000. *Rapport 2*, 2000. Skogsstyrelsen.
- Skogliga konsekvensanalyser 2003 – SKA 03. 2004. *Rapport 2*, 2004. Skogsstyrelsen.
- Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. 2008. *Rapport 25*, 2008. Skogsstyrelsen.
- Skogsproduktion på våtmark. 1980. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. *Redogörelse* Nr 3-1980. *Skogsstatistisk årsbok 2007*. 2007. Skogsstyrelsen.
- Skogsstatistisk årsbok 2008*. 2008. Skogsstyrelsen.
- Skogsträdsförädling*. 2000. Institutet för Skogsförbättring, Uppsala. Broschyr. 12 s.
- Sonesson J. 2001. Skogsodlingsmaterial för framtidens klimat. Skogforsk, *Resultat* Nr 6 2001.
- Sonesson J, R Bradshaw, D Lindgren & P Ståhl. 2001. Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. Skogforsk, *Result* No 1.
- Sonesson J (redaktör). 2004. Climate change and forestry in Sweden – a literature review. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 143, Nr 18.
- SOU 1992:76. 1992. *Skogspolitiken inför 2000-talet: huvudbetänkande av 1990 års skogspolitiska kommitté*. Allmänna förlaget, Stockholm.
- Strömgren M (redaktör). 2006. Växthuseffekt och skogsproduktion: Hur ska vi hantera våra dikade skogsmarker? SLU, inst. för skoglig marklära, *Rapport* 90.
- Ståhl E. & N Pettersson. 2007. *Björk som råvara – egenskaper, virkesförråd, produktion och utnyttjande*. Högskolan Dalarna, avd. för träteknologi.
- Tegelmark D O. 2000. Ståndortsindex och produktion för björk och gran på samma mark. *Delrapport 13, Projekt al, asp och björk*. Högskolan Dalarna.
- Tengberg F. 2005. En jämförelse av sitkagranens (*Picea sitchensis*) och den vanliga granens (*P. abies*) produktion. SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap, *Examensarbete* Nr. 15.
- Thor M. 2005. *Heterobasidion* root rot in Norway spruce: Modelling incidence, control efficacy and economic consequences in Swedish forestry. *Acta Universitatis agriculturae Suecicae* 5:2005.
- Thor M, J Arlinger & J Stenlid. 2005. Stubbehandling mot rotröta lönsam – också i slutavverkning. Skogforsk, *Resultat* Nr 9 2005.
- Thuresson T. 2002. Skogsmarksgödsling - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön. *Meddelanden* 6, 2002. Skogsstyrelsen.
- Thuresson T, H Samuelsson & S Claesson. 2003. Konsekvenser av ett förbud mot permetrinbehandling av skogsplantor. *Meddelanden* 2-2003. Skogsstyrelsen.
- Valinger E. 1993. Crown development of Scots pine trees following thinning and nitrogen fertilization. *Studia Forestalia Suecica* 188.
- Wennström U & O Rosvall. 2006. Högre tillväxt med offensivt utnyttjande av tallfröplantager. Skogforsk, *Resultat* Nr. 16.
- Westling O & H-Ö Nohrstedt. 1994. Miljökonsekvensbeskrivning av STORA SKOGSs gödslingsprogram. Del 1, faktaunderlag. Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, *Rapport* B 1219.
- Westlund A & H-Ö Nohrstedt. 1997. Preparat mot rotröta kan skada markvegetationen. Skogforsk, *Resultat* Nr 22 1997.
- Zobel B, G van Wyk & P Ståhl. 1987. *Growing exotic forests*. Wiley-Interscience, New York.