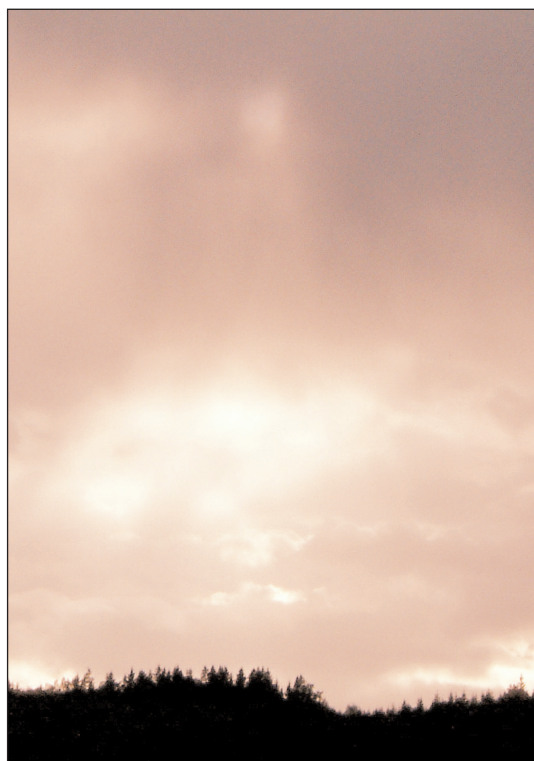


RAPPORT

8 • 2007

Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar



Hillevi Eriksson

© Skogsstyrelsen november 2007

Redaktör/Huvudförfattare

Hillevi Eriksson

Fotograf

© *Michael Ekstrand*

Papper

Colotech+

Tryck

SJV, Jönköping

Upplaga

400 ex

ISSN 1100-0295

BEST NR 1785

Skogsstyrelsens förlag
551 83 Jönköping

Innehåll

Förord	2
Förslag till anpassning - sammanfattning	3
Förutsättningar	3
Anpassning nu	3
Anpassning senare	5
1. Inledning	6
2. Hur ändras klimat och koldioxidhalt?	7
2.1 Utsläppsscenarier och koldioxidhaltens utveckling	7
2.2 Temperatur och säsonger	8
2.3 Nederbörd	9
2.4 Vind	9
2.5 Jämförelser med dagens klimat i övriga Europa	10
3. Hur påverkas träden?	11
3.1 Tillväxt	11
3.2 Spontan självföryngring av träd	15
3.3 Virkeskvalitet	16
4. Hur påverkas skadefrekvensen?	20
4.1 Stormfällning	20
4.2 Skadesvampar	20
4.3 Skadeinsekter	22
4.4 Viltskador	24
4.5 Frost och snöbrott	26
4.6 Torka och komplexa klimatskador	26
4.7 Skogsbrand	27
5. Hur påverkas skogsbruket i övrigt?	28
5.1 Markberedning och föryngring	28
5.2 Drivning och uttransport av virke	28
5.3 Hur påverkas den svenska skogssektorn av effekter i omvärlden?	29
5.4 Hur påverkas arbetet med klara miljömålet Levande skogar?	32
6. Hur kan skogsbruket anpassas?	35
6.1 Medveten riskhantering	35
6.2 Trädslagsval	35
6.3 Utnyttjande av förädlad och förflyttad genetiskt material	39
6.4 Kortare omloppstider	40
6.5 Skötsel för minskad vindfällningsrisk	40
6.6 Körning på otjälad mark och skogsbilväg	40
6.7 Åtgärder för att motverka skador på skog	42
7. Slutord	45
Referenser	46

Förord

Den här rapporten har utarbetats som ett bidrag till Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60). Enligt direktiven skulle utredningen göra en kartläggning av det svenska samhällets sårbarhet för och beredskap inför extrema väderhändelser och långsiktiga klimatförändringar, samt bedöma behovet av anpassning till ett förändrat klimat för olika sektorer i samhället. Frågan om hur en ökad efterfrågan på klimatneutrala bränslen ska mötas finns med som en bakgrundsfaktor.

Rapporten behandlar främst skogen ur produktionssynpunkt, utom i ett avsnitt som handlar om hur uppfyllelsen av miljömålet Levande skogar kan påverkas. Effekter på den biologiska mångfalden i skogen behandlades i en annan underlagsrapport till utredningen (Lennartsson och Simonsson 2007).

Huvudförfattare är Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen, som också är ansvarig för urval av innehåll och slutsatser. Följande personer har bidragit med textunderlag till rapporten:

- Johan Bergh, SLU (växtfysiologi, tillväxteffekter)
- Johan Sonesson, Skogforsk (skogsgenetik, drivning, skogsbilvägar)
- Kristina Blennow (risk för stormfällning)
- Jonas Bergquist, Skogsstyrelsen (träslag, virkeskvalitet)
- Mats Nylinder, SLU (virkeskvalitet)
- Helena Bylund, SLU, Hans Samuelsson, Skogsstyrelsen och Martin Schroeder, SLU (skadeinsekter)
- Elna Stenström, SLU (svampskador)
- Pia Barklund, SLU (svampskador och komplexa skador)
- Christer Kalén, Skogsstyrelsen (viltfrågor)
- Per Rosenqvist, Miljödepartementet (klimatförändringar)
- Mats Josefsson, Skogsstyrelsen (skogsbilvägar)
- Ulrika Berggren, Skogsstyrelsen (miljömålet Levande skogar)
- Sven A Svensson, Skogsstyrelsen (virkestillgångar och efterfrågan internationellt).

Texterna i avsnitten 2.2 – 2.4 är referat av text från Rossby centers hemsida:

<http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/info.htm>

Ytterligare personer som har bidragit till rapportens tillkomst genom att ge värdefulla litteraturtips och synpunkter är bland annat Karin von Arnold, Magnus Fridh, Per Hansson, Ulf Johansson, Anna Maria Jönsson, Bo Långström, Mats Nylinder, Per Olsson, Lars Rytter, Jonas Rönnberg, Jan Sandström, Jens Peter Skovsgaard, Ben Smith, Jan Stenlid och Karin Tormalm.

Johanna Frohm

Hillevi Eriksson

Förslag till anpassning - sammanfattning

Förutsättningar

Under arbetet med klimatfrågan har det under årens lopp framkommit ett antal förslag som handlar om hur svenskt skogsbruk kan anpassa sig till förväntade klimatförändringar. Förslagen är baserade på att klimatförändringarna inte blir ännu mer dramatiska än i scenario A2 (se sid 6). Det bör dock understrykas att även dessa förändringar i klimatet påtagligt kan försämra människors levnadsförhållanden i stora delar av världen. Det kan i sin tur få omvälvande sociala, politiska och ekonomiska följdverkningar i hela världen. I en rapport från FNs klimatpanel (IPCC 2007) har man föreslagit möjliga åtgärder för att världens länder inom en snar framtid ska lyckas inleda en betydande minskning av växthusgasutsläppen. Om detta lyckas kan till och med B2-scenariet prognostisera alltför stora klimatförändringar. Dock leder även ett riktigt optimistiskt framtidsscenario sannolikt till en relativt påtaglig klimatförändring på våra breddgrader. Slutsatserna som avser ”anpassning nu” kan i hög grad antas gälla också under ett sådant scenario.

Avsikten med förslagen är att uppfylla intentionerna i skogspolitiken, vars huvudriktning angavs i det skogspolitiska beslutet från 1993 (proposition 1992/93:226), och även i berörda delar av miljöpolitiken så som den preciserats sedan dess, bland annat i form av miljö kvalitetsmålen *Begränsad klimatpåverkan*, *Levande skogar*, *Levande sjöar och vattendrag* och *Ett rikt växt- och djurliv*.

Slutsatser när det gäller såväl trädslagsval som andra anpassningsbehov i denna rapport gäller i första hand den kommande omloppstiden och därmed föryngringen under de närmaste decennierna.

Anpassning nu

Det troliga är att klimatförändringarna innebär en ökad genomsnittlig tillväxt i skogen samtidigt som skaderiskerna ökar. Skador kommer att slå hårt oftare än idag. För många skadedrabbade skogsägare kommer klimatförändringarna att ha ett negativt utfall på lönsamheten, även om nettoeffekten under de första decennierna sannolikt blir positiv ur ett nettotillväxtperspektiv för flertalet. Ökade skaderisker ger skogsägare anledning att i högre grad än tidigare sprida riskerna i sitt brukande av skogen. Det kan innebära att man:

- ger fler trädslag plats i skogen,
- bibehåller eller ökar arealen av blandbestånd,
- sköter skogen för ökad stormfasthet i vindutsatta lägen,
- ökar variationen i proveniens (fröets geografiska ursprung) vid plantering/sådd,
- varierar gallringsregim, omloppstider och avverkningsregim (t ex via kontinuitetsskogsbruk) utanför de mer traditionella valen (men innanför lagens gränser), och/eller förbättrar sitt försäkringskydd.

Det är sannolikt önskvärt med en breddning av möjligheterna att försäkra sig mot kostsamma skador. Vidare vore det önskvärt med bättre möjligheter för mindre skogsägare att samverka med grannarna i sin avverkningsplanering. Då skulle uppkomsten av extremt vindutsatta hyggeskanter kunna minska.

För att öka anpassningen till de ändrade produktionsförutsättningar som med stor sannolikhet kommer, kan man se behov av viss ökad satsning på tall i Götaland och Svealand på torkkänsliga och vindutsatta marker och på gran i Norrland på marker med medelgod till god produktionsförmåga.

Eftersom förutsättningarna för hjortviltet sannolikt gynnas krävs en förbättrad skog-viltbalans, utifrån en kunskapsbaserad viltförvaltning, annars begränsas möjligheterna till riskspridning och anpassning via trädslagsval påtagligt av betesskadorna. Morgondagens viltförvaltning påverkar också möjligheterna att skydda biologisk mångfald som är knuten till de trädslag som betas hårt.

Sämre förutsättningar för vinterdrivning och uttransport till följd av varmare och blötare vintrar med kortare tjälperioder skulle kunna innebära minskad frihet i traktplaneringen samt ökade problem med skador på rinnande vatten i skogslandskapet till följd av läckage av minerogent och/eller organiskt material. Det är således angeläget att man nu börjar tillämpa en mer skonsam drivningsplanering, där skador på avrinnande vatten undviks genom att man bygger miljösäkra överfarter över vattendrag och inte kör nära ytvatten eller i utströmningsområden. Man bör också inleda ett kvalitetshöjande arbete både när det gäller skogsbilvägar och nyckelsträckor i det allmänna vägnätet, så att åtkomligheten av virket bibehålls över tiden. Samverkansformerna mellan olika intressenter kan behöva utvecklas.

Skyddet för skogens biologiska mångfald bör öka, speciellt i följande avseenden:

- skydd/hänsyn som bibehåller möjligheter till bevarande av skyddsvärda skogslevande arter och som underlättar förskjutningar i deras utbredningsområden,
- utvecklad planering och teknik för körning i skogsmark och för skydd vid överfarter över vattendrag (jfr ovan).

Olika åtgärder kan motverka negativa effekter av klimatförändringar på skogens upplevelsevärden, exempelvis mer ljusinsläpp i mörk granskog, att vandringsstigar fredas från skogsmaskiner, att körskador motverkas och en tät förekomst av så kallade evighetsträd.

Utvecklade system för observation och inrapportering av skadeutbrott i skogen kan både ge tidiga indikationer på behov av motåtgärder och, med tiden, underlag för analys av vilka typer av skador som ökar och i vilka regioner de gör det.

Klimatförändringarna kommer med stor sannolikhet att kunna påskynda spridningen av rotröta. Det talar för ökade insatser för att förebygga eller motverka sådan spridning, exempelvis via stubbehandling med biologiska eller andra miljövänliga medel vid gallring/slutavverkning av bestånd med stor andel gran. På speciellt drabbade marker kan man överväga att byta trädslag vid föryngringen.

Även snytbaggen kommer sannolikt att gynnas av klimatförändringarna, speciellt i Mellansverige och norrut. En fortsatt utveckling av kostnadseffektiva miljövänliga metoder att motverka angreppen är önskvärd.

Någon form av gemensamt organiserad brandövervakning bör sannolikt finnas, liksom en genomtänkt krisberedskap för olika extrema händelser som kan drabba skogen.

Möjligheterna behöver öka för skogsägarna och andra aktörer att anpassa och sprida riskerna med sitt brukande av skogen, med bibehållen hög och värdefull virkesproduktion och med begränsade negativa effekter på miljön. Således motiverar klimatförändringarna att man söker ökad kunskap via forskning och utveckling om exempelvis:

- klimatförändringars effekter på olika faktorer (t ex olika skadegörare eller vattenbalansen för olika trädslag), och hur dessa effekter sammantaget påverkar skogen och brukandet,
- skötsel för hög produktion av skogar med olika trädslagsblandning, gallringsregimer, etc.,
- nya metoder inom skogsbruket som motverkar skador på miljön (t ex i form av utvecklade maskiner och logistiksystem för drivning på otjälad mark),
- miljövänliga motåtgärder mot skador (kända, tänkbara nya),
- åtgärder för att bevara biologisk mångfald och samtidigt bibehålla viss virkesproduktion.

Anpassning senare

Så småningom kommer sannolikt en anpassning mot kortare omloppstider (i genomsnitt) att vara lämplig. Vidare behöver man anpassa proveniensval och metoder vid föryngring, med ökad grad av nordförflyttning och eventuellt lägre grad av självföryngring. På sikt behövs ytterligare förändringar när det gäller val av trädslag. En rad föreskrifter och allmänna råd till Skogsvårdslagen kommer att behöva justeras, både till följd av det ändrade klimatet och till följd av ny kunskap som medför att vad som räknas som "beprövad erfarenhet" kan breddas. Mål och strategier för bevarande av biologisk mångfald kan behöva anpassas till en situation av ökad stress för många arter och till att nya vegetationszoner hamnar inom landets gränser.

1. Inledning

Klimatförändringarna kommer på sikt att påverka skogsbruket på många sätt; genom klimatets direkta påverkan på skogen, genom de klimatpolitiska styrmedlens påverkan och genom hur motåtgärder och anpassningar kommer att påverka samhället i stort när det gäller energiomställning och global utveckling. Åtgärder som var speciellt inriktade på att minska nettoemissionerna av växthusgaser började påverka det svenska skogsbruket år 1991 då man införde en koldioxidskatt som syftade till att försämra de fossila bränslena ställning på marknaden. Sedan dess har biobränslenas bidrag till energiproduktionen ökat, från ca 65 TWh till över 110 TWh per år till år 2005, varav den övervägande delen hämtas från svensk skog och utgörs av restprodukter från skog, skogsindustri, förädlingsindustri och samhälle.

I den långsiktiga målbilden i de skogliga sektorsmålen som antogs år 2004 (Skogsstyrelsen 2004) anges att: *”Skogen brukas och bidrar till ett samhälle med begränsad klimatpåverkan. Detta innebär främst en förmåga att leverera förnybar energi, trä och andra råvaror som inte medför nettoutsläpp av växthusgaser.”*

Osäkerheterna kring hur såväl effekter som åtgärder kommer att påverka skogen, skogsbruket och skogsindustrin i framtiden adderar till den osäkerhet som ändå skulle ha funnits kring nationell och internationell tillgång och efterfrågan på olika virkessortiment och -kvaliteter när man försöker se många decennier framåt.

År 2004 gjordes en litteraturöversikt över kunskapsläget kring hur ett förändrat klimat kan komma att påverka den svenska skogen, ur ett skogsbruksperspektiv (Sonesson m fl 2004). Samtidigt som den anger riktningen för många sannolika effekter pekar den samtidigt ut kunskap som saknas (se också Sonesson, 2006). Syftet med denna rapport är att komplettera ovan nämnda litteraturöversikt och bidra till den pågående diskussionen om hur det svenska skogsbruket i olika landsdelar kan påverkas och eventuellt anpassas till kommande klimatförändringar, med hänsyn tagen till den osäkerhet som råder kring hur omfattande förändringarna verkligen blir.

Om inget annat redovisas är det ungefärliga klimatförändringar under detta sekel till följd av A2-och B2-scenarierna enligt Echam-modellen som avses (jfr kap 2).

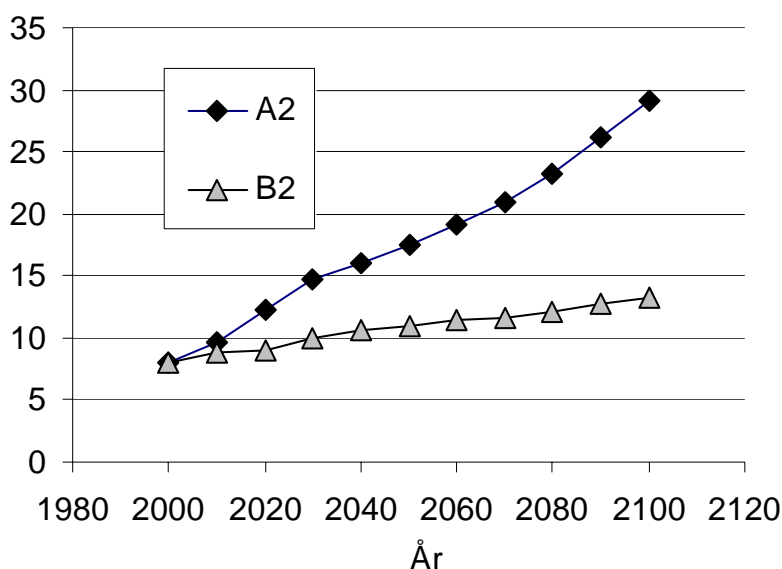
I bakgrunden finns antagandet att den svenska skogens roll som biobränsle- och trävaruleverantör kommer att öka ytterligare till följd av satsningar på att minska användningen av fossila bränslen och minska utsläppen av koldioxid från cementindustrin. Dyrare energi stärker också träets konkurrenskraft gentemot metaller och andra material som kräver mer energi för sin framställning. En diskussion om granens framtid i södra Sverige ges speciellt utrymme eftersom den frågan har lyfts i många sammanhang på senare år.

2. Hur ändras klimat och koldioxidhalt?

2.1 Utsläppsscenarioer och koldioxidhaltens utveckling

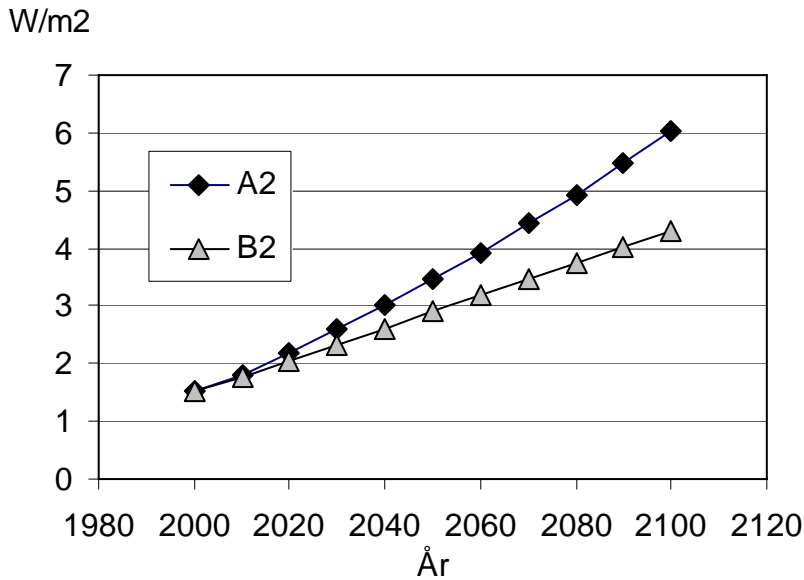
Rosby Centre, SMHI har på beställning av utredningen tagit fram ett stort antal klimatkartor som på olika sätt beskriver klimatet och dess möjliga utveckling. Materialet bygger på beräkningar med Rosby Centrets regionala klimatmodell RCA3 och havsmodellen RCO. Datainput till dessa modeller har i sin tur hämtats från körningar av globala klimatmodeller. Resultatkartorna kan studeras på: <http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/info.htm>

Pg C/år



Figur 2.1. Utveckling av utsläpp av koldioxid i A2-och B2-scenarierna. Källa: www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/519.htm

I denna rapport refereras till resultat från Rosby Centre som bygger på indata från de två mest använda modellerna för simulering av globala klimatscenarier; en tysk (Echam) och en engelsk (Hadley) modell. Som input till dessa används en rad utsläppsscenarioer. Av dessa refereras här endast till resultat för scenarierna A2 och B2. A2 innebär högre utsläpp och B2 lägre (fig 2.1), vilket också avspeglar sig i vilken uppvärmning som orsakas globalt (fig 2.2). A2 beräknas medföra en grad högre medeltemperatur för jorden till år 2100 än B2 (3,8 respektive 2,7 graders ökning jämfört med 1990). Hittills har utsläppsutvecklingen närmast följt A2 sedan 1990. Den ökande medvetenheten i världen under senare år inger ändå visst hopp om att vi ska kunna lämna den utsläppsutvecklingen och röra oss ner mot B2 inom ett par decennier? Till varje utsläppsscenario hör också en beskrivning av olika trender i ekonomisk och miljömässig utveckling som kan 'förklara' just det utsläppsscenarioet (se www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm). I denna rapport representerar scenarierna dock enbart sin påverkan på atmosfärens växthusgashalter och den därpå följande skattade klimatförändringen.



Figur 2.2. Global ökning i "värmade effekt" (radiativ forcing) med A2-och B2-scenarierna. Källa: www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/519.htm

2.2 Temperatur och säsonger

Sett över hela perioden, 2071-2100 jämfört med 1961-1990, beräknas Sveriges årsmedeltemperatur öka med 2,5-4,5 °C i scenarierna. Ändringen är signifikant redan om man jämför perioden 2011-2040 med referensperioden 1961-1990. Temperaturökningen är störst under vintern, 2,8-5,5 °C vid slutet av seklet. Den större ökningen under vintern hänger samman med att snön minskar kraftigt i det varmare klimatet. Minskat snötäcke minskar jordytans reflektion av inkommande kortvågig strålning och innebär ökad grad av omvandling till värme. Den största temperaturökningen under vintern beräknas för Norrlandskusten och Svealand där minskningen av snötäckets utbredning är som störst. Under sommaren sker den största temperaturökningen i den sydligaste delen av landet.

Den del av året som det finns ett sammanhängande snötäcke blir minst en månad kortare fram till perioden 2071-2100 i alla scenarierna. Detta gäller för hela landet utom i Skåne och längs Götalandskusten där snön försvinner så gott som helt i scenarierna. De största förändringarna, med mellan två och fyra månaders förkortning av snösäsongen, beräknas för delar av Svealand och Norrlandskusten. Samtidigt minskar också det maximala snödjupet i hela landet, mest i de områden som har lite snö redan i dagens klimat, men även i fjällkedjan.

Temperaturen ökar framförallt under de allra kallaste vinterdagarna. Samtidigt ökar också medeltemperaturen och temperaturen under mildare dagar, men inte lika mycket. Mönstret, med störst förändring under kalla vinterdagar, gäller för hela landet. För Götaland kommer också varma dagar under sommaren att bli relativt sett ännu varmare. I övriga landet förväntas temperaturen öka mer likartat både under svala och varma sommardagar.

Uppvärmningen leder till att klimatzonerna flyttar norrut. I de scenarier som beskrivs ovan beräknas vegetationsperioden¹ öka med mellan en och två månader i hela Sverige utom i södra Götaland där den beräknade ökningen är uppemot tre månader.

Det totala uppvärmningsbehovet av bostäder under vinterhalvåret kan komma att minska med mellan 10-30 % i olika delar av landet. Å andra sidan kan kylningsbehovet under sommarhalvåret öka i viss utsträckning.

2.3 Nederbörd

Nederbörds mängden som faller över Sverige förväntas öka under det närmaste seklet med mellan knappt 10 och drygt 20 %. Redan under perioden 2011-2040 blir ökningen av årsnederbörden signifikant jämfört med referensperioden 1961-1990. Echam-modellen med kraftigare västvindar över hela Norden ger mer nederbörd i hela området. Hadley-modellen pekar istället på minskad västvind och därigenom minskad nederbörd väster om den skandinaviska fjällkedjan samtidigt som mer nederbörd hamnar öster om fjällkedjan då sydostvindar blir vanligare. Under sommaren får Götaland minskad nederbörd i båda utsläppsscenarierna enligt båda modellerna. I norra Norrland förväntas nederbörden öka något även på sommaren.

I samtliga scenarier och i hela landet gäller att extremnederbörden, exempelvis uttryckt som mängden nederbörd under ett dygn, förväntas öka. I Götaland under sommaren kommer det alltså att regna totalt sett mindre och mer sällan, men mer i form av kraftiga skurar. I hela landet under vintern och i norra Norrland även under sommaren kommer det att falla totalt sett både mer nederbörd och oftare. Dock vägs den ökade nederbörden upp av ökad avdunstning, vilket medför att avrinningen inte ökar, och då sannolikt inte heller grundvattennivåerna i medeltal. Man kan trots detta spekulera i om torra marker på grova sediment kan bli något mindre torra vid mer frekventa regn eftersom regnvattnet där lätt perkolerar en bra bit ner i marken. Istället kan marker med tunna jordtäcken bli mer utsatta för torka i hela landet eftersom avdunstningen ökar och vattenförråden där snabbare tar slut.

2.4 Vind

Vindförhållandena förändras endast marginellt under sommaren i de olika scenarierna. Under resten av året och främst under vintern varierar förändringen beroende på vilken global klimatmodell som använts. I beräkningarna baserade på Hadley-modellen är vindförändringarna i allmänhet små i regionen. I beräkningarna baserade på RCA3 och Echam-modellen ökar vindhastigheterna under vintern med i medeltal 7 till 13 % till i slutet av seklet, beroende på vilket utsläppsscenario som användes. Något större ökning sker över Östersjön på vintern, speciellt Bottenviken och Bottenhavet. Detta beror på att havsisen till stor del försvinner i scenarierna. Ett isfritt hav gör atmosfären mindre stabil och det främjar högre vindhastigheter. Den maximala vindhastigheten beräknas förändras ungefär lika mycket som medelvindhastigheten.

¹ Vegetationsperioden är den del av året då dygnets medeltemperatur under en sammanhängande period är över 5 °C

2.5 Jämförelser med dagens klimat i övriga Europa

Det är svårt att hitta områden som visar absoluta likheter i temperaturklimatet med det prognostiserade kommande klimatet i södra halvan av Sverige om 60-90 år (tidigare för A2 och senare för B2). I Centraleuropa är vintrarna generellt kallare, åtminstone jämfört med dem vi får mot mitten och slutet av seklet. För att hitta jämförbara områden i denna riktning får man ta sig långt ner i Europa t.ex. mot områden nära Svarta havet, här är å andra sidan somrarna betydligt varmare även än de vi kan förvänta oss i slutet av seklet. I lite högre belägna områden i exempelvis Rumänien kan man hitta områden med liknande sommartemperaturer som de vi kan förvänta oss i Sverige men där är istället vintertemperaturerna betydligt lägre än de som beräknas komma här. Koncentrerar man sig till vinterklimatet förskjuts de studerade områdena i sydvästlig riktning klimatmässigt och dagens temperaturklimat i Danmark, Holland, Belgien, Nordfrankrike och Storbritannien uppvisar stora likheter med de projicerade klimatscenarierna för olika delar av södra halvan av Sverige. I Storbritannien är det dock mindre risk för kraftiga kal-luftsutbrott under vintern och lägre sommartemperaturer än i framtidens sannolika svenska klimat. I norra Frankrike utmed kanalkusten och längs hela kuststräckan längs Holland, Belgien och Nordtyskland är somrarna svalare än de sannolikt blir i södra Sverige.

Sammanfattningsvis kan man säga att områden där nuvarande vintertemperaturklimat går att jämföra med de studerade områdenas framtida vinterklimat i regel har ett svalare sommarklimat än det som projiceras för de svenska områdena, och områden som har ett liknande sommarklimat har ett mildare vinterklimat.

3. Hur påverkas träden?

3.1 Tillväxt

Temperatur

En allmän uppfattning är att klimatet i Sverige är för kärvt för att tillåta riktigt hög skogsproduktion. Dessutom anses vi ha långsamt växande trädslag. Ur biologisk synvinkel är dock inte våra skogsträd långsamma i jämförelse med ”snabbväxande” trädslag på sydligare breddgrader. Fotosyntesapparaten är lika effektiv och under tillväxtperioden är tillväxthastigheten per dag minst lika hög. Den stora skillnaden ligger i tillväxtperiodens längd och mängden infallande solljus. En förlängning av vegetationsperioden, som en effekt av ett förhöjt temperaturklimat i framtiden, innebär att mer av solljuset kan utnyttjas för fotosyntesproduktion.

Förutom att temperaturen förlänger vegetationsperiodens längd påverkar temperaturen även produktionen genom att den direkt påverkar fotosynteshastigheten och respirationen, där differensen mellan fotosyntes och respiration kallas för netto-primärproduktion (NPP) och kan ses som ett mått på tillväxten. Vid uppbyggnad av växtbiomassa och vid underhåll av funktioner hos levande växtceller avges koldioxid genom respirationen (cellandning). Respirationen är starkt temperaturberoende och ökar exponentiellt med ökad temperatur. Till skillnad från fotosyntesen pågår respirationen hela dygnet året runt. Fotosynteshastigheten ökar däremot linjärt från någon minusgrad upp till 8-10 °C för att sedan avta och hålla sig relativt konstant för temperaturer mellan 10-25 °C. Därefter avtar fotosynteshastigheten.

Knoppsprickning och skottskjutning på våren hos våra barr- och lövträd påverkas av lufttemperaturen och dagslängden. Hos barrträd är den oftast starkt korrelerad till en temperatursumma, medan lövsprickningen hos vissa av våra lövträd beror av en kombination av temperatursumma och dagslängd. En ökning av luftens temperatur kommer därför att leda till tidigare skottskjutning och lövsprickning, dock i lägre grad för bok som främst styrs av dagslängd. Med ett förhöjt temperaturklimat enligt SMHI:s scenarier kommer knoppskjutning och lövsprickning att ske 2-5 veckor tidigare än idag vilket kan öka fotosyntesproduktionen. För lövträd betyder tidigare lövsprickning betydligt mer eftersom lövträden omsätter hela sitt lövverk varje vår. Tidigare skottskjutning och lövsprickning kan under vissa omständigheter öka risken för frostsador (se speciellt avsnitt nedan), som kan vara allvarliga i plant- och ungskogar.

De två dominerande faktorerna är dels en tidigare start på våren så att mer solljus kan utnyttjas för fotosyntesproduktion och dels en ökad koldioxidhalt. Respiration och tidigare skottskjutning är av mindre betydelse i det här sammanhanget. Barrträd som redan har större delen av barrskruden på våren kan direkt utnyttja en tidigare start medan lövträd måste få en tidigare lövsprickning för att kunna ta tillvara en tidigare vår. Kopplingen till dagslängd för lövsprickning inverkar således hämmande, och alltså speciellt för bok.

Växtnäring

Vid sidan om tillväxtsåsongens längd är det nästan utan undantag tillgången på växtnäring (främst kväve) som begränsar produktionen i naturliga skogsekosys-

tem i Sverige. Ett förändrat klimat med en ökad lufttemperatur leder till en ökad marktemperatur. Detta kommer att öka den biologiska aktiviteten och mineraliseringen, vilket leder till ökad barr/bladmassa och tillväxt. Effekten är sannolikt betydligt större i norra jämfört med södra Sverige, dels på grund av att näringsutbudet idag generellt är lägre i norra Sverige jämfört med södra och dels på grund av den stora gradienten i kvävenedfall över Sverige. I ett markuppvärmningsförsök i medelålders granskog i Västerbotten, där man har värmt upp marken med 5 °C över den naturgivna marktemperaturen på försökslokalen, har man ökat stamvolymtillväxten med nästan 100% under en sexårsperiod, så här långt. Detta kan jämföras med att man i Kronobergs län, där medeltemperaturen är ca 5 °C högre än i Västerbotten, i medeltal har ca 130 % högre medeltillväxt på granmark med i övrigt lika ståndortsfaktorer.

Vatten

På de flesta marker i norra Sverige är vattentillgången normalt sett inte begränsande för produktionen, eftersom nederbörden överstiger avdunstningen och att det finns gott om markvatten i början av säsongen som följd av snösmältningen. På grova sediment och sandiga moräner, där vatten rinner lätt igenom markprofilen, kan brist på vatten ändå ha en viss begränsande effekt på produktionen under sommaren. På sådana marker kan vattentillgången möjligen bli något mindre begränsande i genomsnitt i Norrland.

I södra Sverige, särskilt i de östra delarna av Götaland, begränsar vattentillgången vanligtvis tillväxten under sommaren, utom på de marker där grundvattennivån förblir inom räckhåll för träden. Trädslag med hög barr/bladmassa, som gran och flesta lövträd är sannolikt känsligare mot minskad nederbörd under sommaren. Vattenavrinningen beräknas minska i medeltal under sommaren i Svealand och speciellt i Götaland, vilket i så fall innebär en minskad areal där grundvattennivån förblir inom räckhåll under sommaren. Trädslag med stort vattenbehov påverkas mest negativt där vattentillgången ökar. Mängden barr och blad är relaterat till ålder och beståndsstruktur och täta medelålders skogar har vanligtvis störst vattenbehov. Trädens vattenhushållande förmåga spelar också roll. Tall och ek har generellt bättre tålighet än gran och de flesta övriga lövträd.

Enligt Rossbys klimatsimuleringar påverkas sommaravrinningen från i Norrland ganska litet. Den skattade avrinningen bör spegla grundvattennivåerna någorlunda väl. I Svealand och speciellt Götaland minskar sommaravrinningen i medeltal. Vissa fuktiga och blöta marker, med tillväxthämmande höga grundvattenstånd, kan därmed få större chans att torka upp i ytan och medge tillväxt. Effekter på grundvattennivåer av olika förändringar i nederbördsklimat bör kunna utredas bättre med hjälp av hydrologisk modellering på ett urval befintliga avrinningsområden i olika delar av landet.

Koldioxid

I kortvariga laboratorie- och fältförsök leder en ökning av koldioxidhalten till kraftigt ökad fotosynteshastighet. Efter en tid (månader-år) verkar dock växterna anpassa sig till den nya koldioxidhalten och fotosynteshastigheten går nästan ner till samma nivå som vid ”normal” koldioxidhalt (~360 ppm). Fältexperiment, där hela träd under flera år har behandlats med förhöjd koldioxidhalt, har visat att den långsiktiga fotosyntesökningen är beroende av näringstillgången i marken. Koldioxidhaltens inverkan på fotosynteshastigheten skiljer sig något mellan olika träd-

slag och lokaler. En ökad koldioxidhalt har också, för flera träd och andra växter, visat sig medföra att klyvöppningarna minskar sin öppningsgrad, och därigenom sänks avgången av vatten i viss mån. Därför kan en ökad koldioxidhalt ha en större inverkan på tillväxten i regioner med vattenbrist.

Produktionsutveckling i skogen

Modellsimuleringarna är utförda med den process-baserade modellen BIOMASS för perioden 1961-2100 med klimatdata beräknade med Echam för B2- och A2-scenarierna till grund. Produktionsförändringar har uppskattats för fem olika trädslag; gran, tall, björk, sitkagran och bok. Utdata från modellsimuleringarna summerades i fyra olika tidsperioder 1961-1991 (referens), 2011-2040, 2041-2070 och 2071-2100. Utdata från modellen är bland annat NPP (nettoprimärproduktion) som man kan se som ett mått på hur tillväxten kan förändras och stämmer väl överens med tidigare uppskattningar (Bergh m fl 2007).

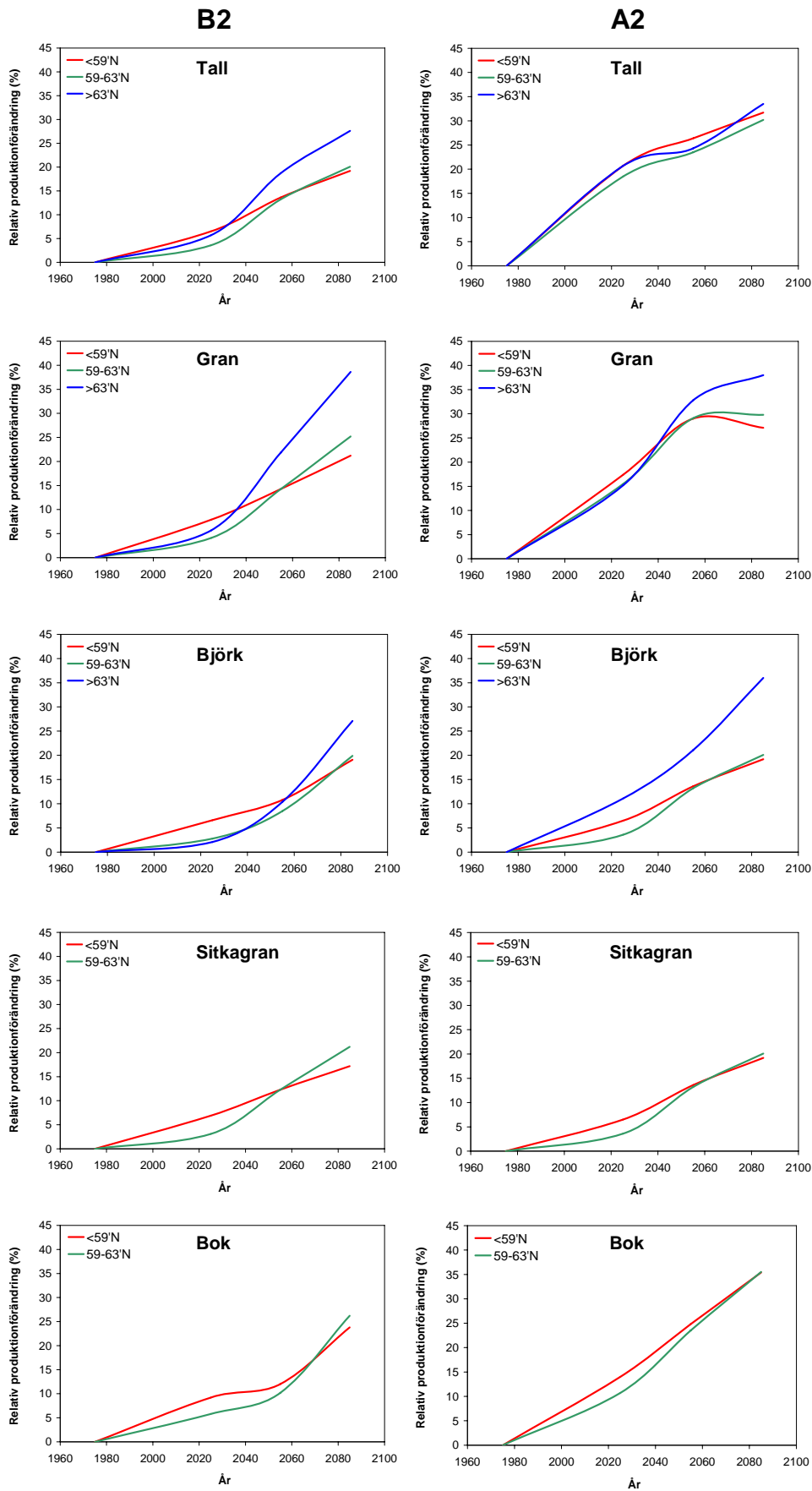
Den sammanlagda produktionshöjningen i svensk skog skattas till 5 % för B2-scenariet och 14 % för A2-scenariet för perioden 2011-2040 (Tabell 3.1). Denna skattning inkluderar inte den potentiella pluseffekten av ökad näringsomsättning i marken och inte heller eventuella produktionsbortfall till följd av ökade skador.

Tabell 3.1. Relativ produktionshöjning till följd av skattade klimatförändringar enligt Echam- och RCA3-modellerna för B2- och A2-scenarierna enligt BIOMASS (Bergh m fl, 2007).

Period	B2	A2
2011-2040	5	14
2041-2070	14	25
2071-2100	24	31

För att få en uppfattning hur produktionsutvecklingen ser ut över tiden för olika breddgrader, delade vi upp datamaterialet i en södra (<59°N), mellersta (59-63°N) och norra (>63°N) Sverige. Simuleringarna för tall visar på en svag produktionsökning i början av B2-scenariet och ökar snabbare i mitten av århundradet för mellersta och framför allt norra Sverige (figur 3.1). För A2-scenariet har en betydligt snabbare uppgång i början som sedan mattas av i slutet av simuleringsperioden. Detta är i första hand en effekt av att koldioxidhalten ökar snabbare i A2-scenariet eftersom temperaturökningen är likartad till en början i de båda scenarierna.

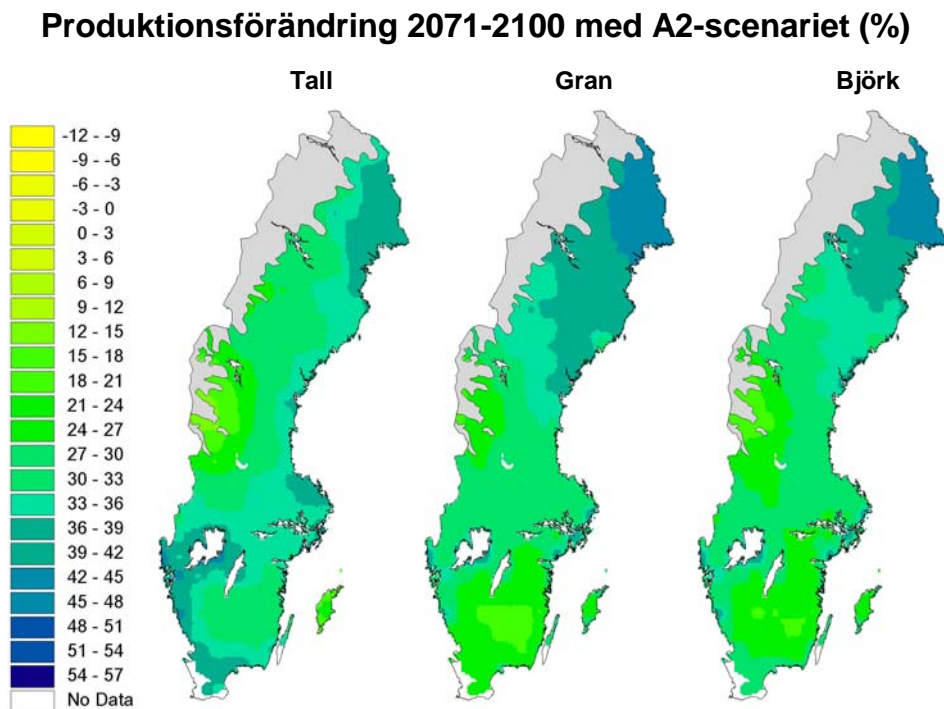
Granen visar en liknande trend som tall i B2-scenariet men ökningen i norra Sverige är betydligt större för gran i slutet av århundradet. Granens produktionsökning är i stort sett linjär i A2-scenariet men stagnerar och till och med sjunker i slutet (2060-2100) för framför allt södra Sverige. Detta beror på både den absoluta temperaturökningen och temperaturnivån som gör att respirationen (underhållsrespiration), som ökar exponentiellt med temperaturen ökar mer än fotosyntesen för gran.



Figur 3.1. Skattad produktionsökning för tall, gran, björk, sitkagran och bok i B2- och A2-scenariernas klimat enligt Echam jämfört med referensklimatet 1961-1990.

Den relativa ökningen är störst för tall i södra Sverige, vilket främst är en effekt av att tallen har ett lägre vattenbehov och den minskade vattentillgången under sommaren påverkar tallen mindre jämfört med gran och björk. Att respirationen ökar mer för gran och björk till följd av en större barr/bladarea än tallens bidrar också.

Produktionsökningen för sitkagran är i B2-scenariet ca 5 % lägre än för gran i södra och mellersta Sverige, som i övrigt har en identisk trend som gran. Boken har ungefär samma produktionsökning som björken i södra och mellersta Sverige i B2-scenariet, dock med en svag svacka i mitten av seklet. I A2-scenariet ökar boken kraftigt med en linjär trend och är det trädslag som ökar mest i södra och mellersta Sverige, trots sin tröghet när det gäller tidpunkt för lövsprickning.



Figur 3.2 Relativa produktionsförändringarna i A2-scenariet hos tall, gran och björk för perioden 2071-2100 jämfört med referensperioden 1961-1990 (dagens klimat) (Bergh m fl 2007).

3.2 Spontan självföryngring av träd

Spontan självföryngring av träd kommer att ökas med ökad temperatur, i och med att det blir rikligare och mer stabil frösättning. Det gäller kanske främst trädslag, som nu har svårt att självföryngra sig. Samtidig kommer förhållandena för hjortvilt kommer generellt att förbättras (se viltskador nedan). Utvecklingen när det gäller omfattning i självföryngring av alla trädslag som betas mycket (tall och de flesta lövträd, även gran i Skåne) beror därför i lika eller högre grad på hur viltförvaltningen förmår utvecklas och anpassas som på klimatförutsättningarna i sig. Om viltets nuvarande omfattande betning av unga aspar och rönnar fortgår kan det exempelvis på längre sikt bli ont om trädbildande aspar och rönnar i delar av landet, även utan att klimatets effekt räknas in. Vidare kommer ett varmare och fuk-

tigare klimat att ge ökad konkurrens från mark- och fältvegetation, vilket generellt motverkar spontan självföryngring av träd.

I stort sett alla lövträdarter vars nordgräns passerar genom Sverige kommer att expandera norrut i ungefär samma takt som klimatet (t ex Koca et al 2006). Kanske blir det i något fall en fördröjning som beror på att det också krävs en viss anpassning till ljusklimatet (t ex för bok, se ovan). Vissa av de ädellövträdarter som föryngrar sig bäst på riktigt näringsrika, gärna kalk- eller lerrika marker kommer dock inte att hitta dem i samma utsträckning i Småland och norröver, som i Skåne. Björken kan minska i utbredning på marker som blir torrare sommardag.

Tallens och ekens möjlighet till självföryngring kommer sannolikt att stärkas gentemot övriga trädslag i de delar av och på de marker i Götaland där risken för sommartorka ökar. I mellersta och norra Sverige kan tallens förmåga till självföryngring försvagas gentemot gran och löv, eftersom produktivitet och vattentillgång förväntas öka där, på alla marker utom de torraste som även norröver kan bli något mer vattenbegränsade under sommarhalvåret. Granen kan få ökad möjlighet att självföryngra sig norröver. För både gran och tall gäller att frekvensen av kortår kan komma att öka med ett mildare klimat.

Ett varmare klimat kan öka risken för självföryngring av contortatallen, speciellt om skogsbränderna tillåts öka.

Nya trädslag och andra växter, för vilka vinterklimatet tidigare varit speciellt begränsande i plantstadiet eller för frösättningen, kommer sannolikt att sprida sig till skogen från parker och trädgårdar, eller söderifrån, med hjälp av fåglar eller vind.

3.3 Virkeskvalitet

Allmänt

Vid en klimatförändring till följd av växthuseffekten kommer förutsättningarna för skogsträden att producera vedråvara och sågtimmer av olika kvalitet att påverkas. Kvalitet definieras vanligen "lämplighet för ett ändamål" och här i texten refereras endast till de viktigaste ändamål som vi känner idag (sågtimmer, massaved och bränsleved) och som påverkar priset på rundvirke. Sambandet mellan klimat och kvalitet innehåller många svårbedömda dimensioner, inte minst för att vi inte känner framtida tekniska lösningar för att tillvarata och processa virket på bästa sätt. Resonemanget här utgår lite förenklat från dagens virkeshantering. Vi har även ignorerat eventuella skogsgenetiska effekter som skulle kunna uppstå när träd som är genetiskt anpassade till en klimatsituation kommer att växa i en annan som de inte är helt anpassade till.

Sågtimmer av barrträd

Virkeskvaliteten varierar mycket litet inom Sverige för gran, om man utgår från det nya timmerklassificeringssystemet som tas i bruk 2008. För tall finns däremot ett svagt mönster med något bättre kvalitet i Mellansverige än i övriga landsdelar. Samtidigt måste man vara medveten om att *mängden* timmer i den avverkade skogen idag är betydligt större ju längre söderut man kommer eftersom träden blir allt grövre. Vid ett varmare klimat kommer effekten på redan etablerad skog att bli att träden snabbare når en grövre dimension och det kommer sannolikt att bli

ekonomiskt fördelaktigt att hålla skogen så länge att timmerandelen ökar. Detta innebär i sig en kraftigt positiv effekt på kvaliteten (Tabell 3.2).

En hög densitet på virket brukar anses vara en viktig kvalitetsfaktor. Detta uttrycks huvudsakligen som ett krav på viss täthet på årsringarna nära mörgen. Densiteten vid en given årsringsbredd minskar från söder mot norr, men det gör årsringsbredden också. Vid en ökad årsringsbredd minskar densiteten ganska snabbt initialt men vid breda årsringar innebär ytterligare ökning relativt lite. Totalt sett innebär detta ändå vanligen att densiteten minskar något från norr mot söder, eller snarare från ett kärvt till ett mildt klimat. Detta är dock inte ett rätlinjigt samband då t.ex. tallen har högre densitet på Sydsvenska höglandet och i Bergslagen än i Norrbotten. En summerad bedömning är att densiteten på virket sannolikt kommer att minska något vid ett varmare klimat.

Grova kvistar sänker ofta kvaliteten och kvistgrovleken ökar vanligen med tillväxthastigheten. Detta innebär att denna kvalitetsparameter kan påverkas negativt av ett varmare klimat. Denna effekt kan delvis motverkas genom anpassning i processtekniken, t.ex. genom att kvistiga delar av virket avlägsnas och det kvistrena virket skarvas ihop.

Initialt kan en ökad tillväxt t.o.m. påverka kvaliteten positivt på medelålders och äldre träd genom att dessa snabbare vallar in befintliga kvistrestorer och att ved med hög densitet får en kapp av något lägre densitet. En klimatbetingad ökad tillväxt kan då i princip fungera som en sen gödsling där man bygger på med grova årsringar ytterst, vilket gör att större del av den högkvalitativa "kärnan" blir tillgänglig för sågning av värdefulla plankor.

Både dimension, densitet, och kvistgrovlek är faktorer som kan påverkas genom skogsskötselåtgärder. Genom att t.ex. minska planterings- och/eller röjningsförbandet, så att träden står tätare, minskar dimension, densitet och kvistgrovlek. Det kan vara ett sätt att motverka eventuella negativa effekter av klimatförändringar, men innebär ökade kostnader och risker för vissa skador och sjukdomar.

Förekomst av defekter är inte automatiskt beroende av tillväxthastigheten, men problem med olika typer av svampinfektioner som rötter eller missfärgar veden kan förväntas öka, både beroende på ökad temperatur och förväntad ökad nederbörd i vissa områden. Särskilt på lite sikt kan detta ge ökade problem. En större variation i väder under vår och höst i samband med skottskjutning och invintring ökar sannolikt risken för frost- och våderskador, särskilt i plant- och ungskog (jfr nedan). Om viltstammarna tillåts öka innebär det också en ökad risk för skador på plant- och ungskog (jfr nedan). Både klimatskador och viltskador innebär ökad risk för virkesdefekter i nedre delen av rotstocken.

Krökar minskar sågutbytet och förekomsten av krök är delvis kopplade till tillväxthastighet i ungdomen. Senare i trädets liv tenderar årsringarna fördelas så runt stammen att krökarna gradvis minskar. På kort sikt innebär detta att krökarna minskar i betydelse, men den nya skogen kan få något ökade problem med krökar.

Massaved av barrträd

Densitet har hittills inte utgjort direkt grund för prissättning på massaved. Dock finns skillnader mellan olika regionala prislister som i viss utsträckning kan vara

en indirekt effekt av densitet. Samhällsekonomiskt innebär dock en lägre densitet i viss mån ökade kostnader genom att mer "luft" belastar avverknings- och transportlogistiken och de industriella processerna. Massavedens densitet kommer att minska snabbare än sågtimrets genom att det främst är ung ved som används för detta ändamål; yngre träd och yngre delar på äldre träd (mantelved och toppved).

För massaveden har virkesdefekter och skador mindre betydelse än för sågtimmer. Ökad risk för röta och missfärgning av veden är dock negativt och kommer eventuellt att påverka kvaliteten negativt. Det är dock osäkert hur mycket detta innebär i praktiken.

Bränsleved

När det gäller bränsleved har densiteten heller inte påverkat priset hittills, även om olika prissättning för olika trädslag naturligtvis till en del reflekterar olika densitet och energivärde. System är redan nu under utveckling för att sätta pris på bränsleveden utifrån energivärdet och det verkar rimligt att detta blir bestående framöver. En ökad tillväxt innebär sämre energivärde för barrträd genom lägre densitet men detta gäller inte för lövträd där densiteten i vissa fall t.o.m. ökar vid ökad tillväxt varvid bränslevärdet förbättras.

Tabell 3.2. Bedömda förändringar i virkeskvalitetssegenskaper hos barrträd till följd av klimatförändringar i Sverige på kortare och längre sikt.

Användning	Kvalitetskriterier	Effekt 0-30 år	Effekt >30 år
Sågtimmer	Dimension	++	+++
	Krök	+	-
	Kvistgrovlek	-	--
	Årsringar nära märg	0	--
	Defekter ¹	0	-
Massaved	Dimension ²	++	+++
	Defekter ¹	0	-
	Densitet ²	-	-
Bränsleved	Densitet ²	-	-
	Dimension ²	++	+++

¹ t.ex. röta, missfärgning, barkdragande kvist, sprötkvist etc.

² påverkar vanligen inte avsalupriset idag, men påverkar skogbrukets lönsamhet

³ påverkar vanligen inte avsalupriset idag, men påverkar värmeverkets/industrins lönsamhet

Lövträd

Effekten av klimatförändringar på lövträd är ännu svårare att bedöma än för barrträden. För närvarande bedrivs mycket lite aktivt lövskogsbruk. Merparten av de lövträd som finns, främst björk, sköts inte utifrån sina förutsättningar utan fungerar mer som en biprodukt i barrskogsbruket. Skötseln av bok i sydligaste Sverige utgör det enda något så när betydande undantaget. Bandporiga lövträdslag som ek, ask och alm får dock bättre kvalitet (styrka, densitet) när tillväxten är högre. Om skillnaden i tillväxttakt mellan svensk och polsk/tysk ek och bok jämnas ut kan konkurrenskraften för dessa trädslag öka här. För ströporiga lövträdslag som

björk, asp, bok och poppel påverkas inte virkeskvaliteten på samma sätt av högre tillväxt, bortsett från att timmerandelen ökar snabbare.

Det volymmässigt viktigaste lövvirkesortimentet är massaved och dess kvalitet kommer sannolikt att påverkas förhållandevis litet av klimatförändringarna. Högre densitet är dock positivt även här, liksom för energisortimenten. Möbel- och inredningsindustrin (golv) efterfrågar för närvarande bland annat ek, björk, bok, lönn, ask och alm eftersom dessa trädslag ger ett hårt och vackert virke. Det rör sig för närvarande endast om små kvantiteter och modet växlar över tiden mellan olika trädslag.

Förutsättningarna för lövträd kommer sannolikt att förbättras på vissa håll. Det, i kombination med ett ökat behov av riskspridning, kan komma att öka intresset för ett mer aktivt lövskogsbruk. Samtidigt kan man förvänta sig en spontan spridning norrut av ädellöv till nya områden där det behövs kunskap och system för hur dessa trädslag skall skötas. Om det blir större klimatvariationer under vår och höst kan det sannolikt medföra problem för ek och bok, med frostsador på skott och eventuellt också mer komplexa vitalitetsnedsättande skador.

4. Hur påverkas skadefrekvensen?

4.1 Stormfällning

Vind är den störningsfaktor som orsakat störst skador inom europeiskt skogsbruk under 1900-talet (Schelhaas m fl 2003). Skadornas omfattning varierar stort mellan åren men det finns en trend att omfattande skador har blivit allt vanligare under 1900-talet. Under 2005 skadades 100 miljoner kubikmeter skog, varav ca 75 miljoner kubikmeter i Sverige (Skogsstyrelsen 2006). Åtminstone för södra Sverige, där vindskadorna historiskt varit mest omfattande, tycks trenden inte förklaras av det skulle ha blivit vanligare med stormvindar eftersom vindklimatet har varierat i förhållandevis liten omfattning (Alexandersson & Vedin 2002). Att klimatet blivit mildare och blötare minskar skogens stabilitet men kan sannolikt inte ensamt förklara varför det blivit vanligare med vindskador. Under den aktuella perioden har skogsbruket och därmed skogen förändrats på flera sätt som sannolikt bidrar till att förklara den ökade frekvensen omfattande skadetillfällen (Blennow & Eriksson 2006). En faktor är att den stående volymen skog ökat, både till följd av utvecklad produktionskötsel på befintlig skogsmark och av en ökning i den areal som primärt används till skogsproduktion. Det fanns alltså under perioden en ökande volym skog som kunde blåsa ner. Trakthyggesbruket introducerades på bred front under 1950-talet och utgör idag den dominerande skogsbruksformen i Sverige. När ett hygge tas upp skapas hyggeskanter som kan exponeras för höga vindhastigheter och som skapar turbulens (Morse m fl 2002), vilket kan orsaka skador i det tidigare vindskyddade skogsbeståndet. Andelen gran i landskapet har dessutom ökat fram till 1990-talet. Gran är förhållandevis känslig för vind (Peltola m fl 2000). Det är därför sannolikt att skogsbrukets utveckling tillsammans med att klimatet blivit mildare (mindre tjäle) och blötare har medfört att skogen blivit mera känslig för vind även om det kanske inte blivit vanligare med storm (Blennow & Olofsson, 2004).

Klimatförändringarna kan förväntas påverka risken för vindfällning både direkt genom ett förändrat klimat och indirekt genom ett förändrat skogstillstånd (Bergh m fl 2007). Hur pass vindkänsligt det framtida skogstillståndet blir påverkas av hur vi sköter skogen och vilka trädslag vi väljer. Den förväntade ökningen av biomassaproduktionen kan innebära att träden blir vindkänsliga vid en lägre ålder. Detta medför ökad risk för vindfällning eftersom perioden då träden befinner sig i vindkänslig fas förlängs, såvida inte omloppstiden förkortas. Sannolikheten för vindfällning påverkas också genom rumslig planering, val av trädslag/trädslagsblandning, och genom skötselåtgärder som påverkar trädens höjd och form, antal stammar per ytenhet, och rotningsförhållanden. Minskad förekomst av tjäle kan förväntas leda i riktning mot ökad vindkänslighet, liksom de ökade extrema nederbördsmängder under stormsäsongen som klimatscenarierna indikerar.

4.2 Skadesvampar

Rötsvampar

Den rotröta som orsakas av rottickan (*Heterobasidium annosum*) är den skadegörare som ger de största ekonomiska förlusterna vid granodling, mellan 500 och 1000 miljoner kronor årligen (Bendz-Hellgren 1997, Thor m fl 2005). Utbredningen är störst i södra Sverige men påtaglig även norröver. Rottröta kan uppträda

på de flesta marker men är vanligare på bördiga marker och på marker med högt pH. Spridning sker speciellt då fria stubbytor exponeras vid avverkning under vegetationsperioden, men också genom rotkontakter i marken. Till skillnad från tidigare har, under de senaste decennierna, stora arealer avverkat under vegetationsperioden. Det är därför sannolikt att andelen rötskadad skog skulle ha ökat de närmaste decennierna även utan klimatförändring (Samuelsson och Örlander 2001). Ett varmare klimat kommer med stor sannolikhet att öka potentialen för spridningen av patogena rötsvampar, framförallt till följd av att vegetationsperioderna förlängs i hela landet (Jan Stenlid, SLU, muntl.). Vegetationsperiodens längd till 2071-2100 ökar både absolut och relativt sett mest i Götaland och Svealand, med 40-50 %, medan ökningen i södra och norra Norrland blir 20-40 %, för A2- och B2-scenarierna enligt Echam-modellen. Spridning av rötsvampar sker också där skogsmaskiner givit upphov till stamskador.

Den form av rottickan som uppträder på tall är ännu sällsynt i norra Sverige. En teori är att det kyliga klimatet i sig begränsar utbredningen norrut. Även för denna form kan man således anta att ett varmare klimat kommer att öka spridningen (Jonas Rönnberg, SLU, muntl.). Förutom rottickan är honungsskivling (*Armillaria*-arter) och blödskein (*Stereum sanguinolentum*) rötsvampar med relativt stor skadeutbredning. Blödskein angriper typiskt gran som drabbats av snöbrott (ändring i risk - se nedan). Honungsskivlingar angriper både våra barr- och lövträd och svampen gynnas då värdträdet utsätts för torkstress, varför ökade angrepp är förväntade (Pia Barklund, SLU, muntl.).

Gremmeniella

Gremmeniellasvampen (*Gremmeniella abietina*) gynnas av varma fuktiga vintrar, och när det gäller angrepp på tall också av kalla och fuktiga somrar. Risken för stora skadeutbrott är svårbedömd i Götaland och Svealand; kanske minskar risken för stora skadeutbrott på tall då somrarna blir torrare och varmare, men långa perioder med temperaturer runt 0-5°C gynnar svampen. Risken för skadeutbrott på gran kan tänkas öka, eftersom granangrepp har inträffat efter torra somrar. Riklig nederbörd ett enskilt år verkar kunna utlösa en storskalig epidemi av Gremmeniella. Mot bakgrund av de predikterade klimatförändringarna kan således risken för utbrott öka i södra Norrland och så småningom även i norra Norrland (Hansson 2007). Den nordliga varianten av sjukdomen drabbar också contortatallen, till skillnad från den sydliga varianten. Det senaste stora skadeutbrottet 2001-2003 beräknades ha kostat markägarna sammanlagt runt en och en halv miljard kronor (Hansson m fl 2005).

Övriga skadesvampar

Knäckesjuka (*Melampsora pinitorqua*) angriper tallens årsskott. Den värdväxlar mellan asp och tall och förekommer i hela landet där asp finns i närheten. I allmänhet går det ett antal år mellan mer omfattande skador. Inom vissa delar av Norrland tycks svampen ge upphov till skador mer frekvent än på andra håll (Samuelsson och Örlander 2001). Fuktig väderlek vid sporgroning och skottsträckning är en förutsättning för att svampen ska trivas.

Tallskyttesvampen (*Lophodermium seditiosum*) gynnas liksom gremmeniellasvampen av fuktiga somrar och varma vintrar och orsakar vissa år omfattande barrskador i tallföryngringar i södra och mellersta Sverige. Angreppen syns när värmen kommer på våren. Dessa barrskador medför tillväxtnedsättningar, men den

nya barrårgången brukar hjälpa upp situationen och klara överlevnaden. Torra somrar kan försvåra överlevnaden efter ett angrepp. Vid ett varmare klimat kan utbredningen bli mer nordlig.

Snöskyttesvampen (*Phacidium infestans*) sprider sig under snötäcket och bör få minskad utbredning i medeltal då snövintrarna kortas och drar sig norrut. Dock predikteras också att extrema nederbördsmängder kan bli vanligare och det är då snötäcket ligger tjockt som snöskyttesvampen angriper (Per Hansson, SLU, muntl). Man kan således tänka sig ökade problem exempelvis i norra Norrland.

Nya patogener kan komma att ta sig in i Sverige och skada skog i större omfattning. Ett par viktiga patogener som kan komma in om temperaturen ökar är: *Sphaeropsis sapinea* som angriper tallskott med en sjukdom liknande gremmeniella och *Fusarium subglutinans* som orsakar kräftsår ("pitch canker") med starkt kådflöde. Den har nyligen kommit in i Portugal och Spanien och kan tänkas angripa vår tall. Vissa värmeälskande *Phytophthora*-arter som angriper rotsystem på flera arter kan gynnas. Mjöldagg gynnas också av värme. Ett antal mjöldaggsarter angriper olika träarter.

4.3 Skadeinsekter

Åttatandad granbarkborre

Den åttatandade granbarkborren (*Ips typographus*) hinner idag ofta med två fullt utvecklade generationer under en vegetationsperiod i Danmark och söderut, vilket hitintills varit ovanligt i Sverige. Med ett ändrat klimat kommer en fullt utvecklad andra generation sannolikt att bli vanligt, ända upp i mellersta Sverige under de sista decennierna på detta sekel (Appelberg 2007, Jönsson m fl 200x). Detta får konsekvenser för skadeutvecklingen både efter perioder av torka och efter stormfällningar. Om granskogens vitalitet är tillfälligt nedsatt under en eller några somrar på grund av torka kommer granbarkborren att hinna döda fler träd, innan skogen återhämtat sig från torkstressen, jämfört med om de bara hinner med en generation per år. Hur många fler träd som dödas beror på den första generationens förökningsframgång i de stående träden. Om stora mängder vindfällen av gran blir liggande över sommaren efter en stormfällning innebär två generationer per sommar att en mycket större del av vindfällena kan koloniserats av granbarkborren jämfört med ett scenario med en generation. Med tanke på den förökningsframgång granbarkborren har i vindfällena efter stormfällningar innebär detta en mångdubblad populationsstorlek och därmed en större risk för angrepp på levande skog under de kommande åren. En annan faktor av stor betydelse för risken för skador orsakade av granbarkborren är granskogens vitalitet. Om klimatförändringen leder till att granarna blir stressade, t.ex. på grund av ökad frekvens av kraftig torka, kommer detta ovillkorligen att återspeglas i form av ökad trädmortalitet orsakad av granbarkborren. Detta gäller förstås inte bara granbarkborren utan även andra potentiella skadegörare som t.ex. den sextandade barkborren. Denna art är känd för att kunna angripa och döda ungskog av gran under torrår.

Snytbagge

Snytbaggen (*Hylobius abietis*) förekommer över hela landet och kan åstadkomma omfattande skador i skogsföryngringar, framförallt i södra Sverige, där föryngringarna kan spolieras totalt om inte åtgärder vidtas för att skydda plantorna. Fullbildade skalbaggar näringsgnager på tunnarkiga delar av tall, gran och contorta-

tall. Gnaget sker främst under vår och försommar men i Sydsverige kan betydande höstgnag också förekomma. I södra och mellersta Sverige är snytbaggeskador sannolikt den största enskilda orsaken till avgång vid föryngring och utgör ett allvarligt problem för återväxterna (Ollas 1994, Örlander & Nilsson 2000).

Snytbaggarna gynnas av trakthyggesbruk, eftersom det leder till god tillgång på lämpligt yngelmateriale i form av stubbar och grova rötter i solexponerade, varma lägen. Vid beskuggning kan snytbaggarnas utvecklingstid förlängas avsevärt. Årliga avverkningar inom samma område gynnar uppbyggnaden av stora snytbaggpopulationer.



Skogsbrukets kostnad för snytbaggeskador utan fungerande plantskydd har skattats till 0,5-1 miljard per år (Samuelsson & Örlander 2001). Skaderisken minskar ju längre norrut föryngringarna är belägna. I Norrland minskar skaderisken även när man går från kustnära områden mot inlandet (Nordlander m fl 2006).

Ett varmare klimat kan förmodligen leda till att tiden för snytbaggens utveckling från ägg till gnagande insekt blir kortare. Det kan också innebära att en större andel snytbaggar kommer att kläckas på sensommaren istället för att övervintra som fullbildade i puppkammare. Varmare och längre höstar skulle samtidigt ge en längre aktivitetsperiod för födosök och därmed mer omfattande plantskador. Skadornas omfattning bör sannolikt tillta ju längre norrut och högre upp i landet man kommer. I norr skulle en kortare utvecklingstid kanske ge kortare generationstid som i förlängningen skulle kunna leda till högre populationsnivåer av snytbagge i Norrland. Andra skadeinsekter på plantor, såsom t ex olika vivlar, kan påverkas av en klimatförändring på likartat sätt som snytbaggen.

Blad- och barrätande insekter

Det finns flera arter av barr- och bladätande insekter i Sverige som tillfälligt massförekommer och kan vålla tillväxtförluster och omfattande traddöd, t ex röda tallstekeln (*Neodiprion sertifer*). I ett varmare klimat skulle dessa arter kunna gynnas och i några fall bli lika allvarliga skadegörare som de är på kontinenten. Exempel på sådana arter är barrträdsnunnan (*Lymantria monacha*) och vanliga tallstekeln (*Diprion pini*). Träd som exempelvis är torkstressade har svårare att stå emot och återhämta sig efter angrepp av defolierare och kan då duka under av sekundära angrepp av andra insekter och svampar.

Nya skadegörare

Ett förändrat klimat kan också ge möjlighet för skadegörare att sprida sig till och etablera sig i nya områden. Ett exempel är en art av tallprocessionsspinnare (*Thaumetopea pityocampa*) som efter en serie varma vintrar börjat sprida sig norrut

och till högre altituder i Medelhavsområdet. Det finns också en risk att skadegörare som av misstag introduceras, t ex vid import av varor som innehåller växter eller jord eller genom att de följer med resenärer, kan etablera sig om klimatet ändras och angripa nya trädslag som introducerats såväl som inhemska arter. Sitkagranlusen (*Elatobium abietinum*) är en nordamerikansk art som införts i Europa och blivit ett problem, framför allt i kustnära områden med mildt klimat. För sitkagran kan jättebastborren (*Dendroctonus micans*) också bli ett problem, om arealen med detta trädslag ökas.

Tallvedsnematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*) är en ekonomiskt mycket betydelsefull skadegörare ur ett globalt perspektiv. I bl.a. Japan har den ödelagt tallskogar över stora områden under lång tid. Nematoden är beroende av vedlevande skalbaggar av släktet *Monochamus* (tallbockar) för sin spridning till nya värdträd. När de nykläckta tallbockarna gör sitt mognadsgnag på grenarna på levande tallar infekteras träden samtidigt med nematoderna. Om förhållandena är gynnsamma så att nematoderna förökar upp sig till höga antal kan följden bli att stora tallskogar dödas. Döende tallar utgör lämpligt förökningsmaterial för tallbockar vilket gör att nematoderna kan utnyttja den nya generationen av producerade tallbockar som vektorer till nya träd. Tallvedsnematoden förekommer på många håll i Nordamerika och Asien, men i Europa ännu så länge endast i Portugal. Man tror att den kom till Portugal med infekterat förpackningsmaterial av trä. Där har den under senare år dödat ett stort antal träd. I försök utförda i Nordamerika har vår tall (*Pinus sylvestris*) visat sig ha relativt låg motståndskraft mot tallvedsnematoden. Vi har också flera arter av tallbockar som vi vet fungerar som vektorer om nematoden skulle ta sig hit. Det troligaste sättet för en etablering är att den råkar komma in i landet med tallbocksangripen förpackningsmaterial eller virke. Bedömningen hitintills har varit att tallvedsnematoden förmodligen kan etablera sig i landet om den av misstag blir införd. Däremot är det mer osäkert om det skulle leda till trädmortalitet men med ett varmare klimat och om träden blir stressade av t.ex. torka ökar risken för detta.

4.4 Viltskador

I ett framtida klimat förutspås en högre primärproduktion i Sverige framförallt genom att tillväxtperioderna blir längre. En ökad skogsproduktion möjliggör kortare rotationsperioder inom skogsbruket, vilket i sin tur ger en större areal ungskog i landskapet. En ökad produktion av växtbiomassa och ungskog på en större areal möjliggör tätare stammar av hjortvilt eftersom producerat foder räcker till fler individer. Snöfattiga vintrar och kortare vinterperioder kommer att förbättra förhållandena för hjortdjuren eftersom de kan beta i fältskiktet, det vill säga av bärris, gräs och ljung, under en längre säsong. I delar av norra Sverige kan möjliga perioder av skare öka i omfattning, vilket då försvårar bete i fältskiktet. Sammantaget kommer sannolikt foderbetingelserna för hjortdjuren att förbättras i framtiden, men troligen inte så mycket att det motsvarar den potentiella ökningen i viltantal som kan bli följden av mildare vintrar. Den ökande fodertillgången kan till viss del motverkas av en förändrad sammansättning av trädslag i landskapet då vissa trädslag är mindre begärliga som föda för hjortdjuren.

Sammansättningen av landskapets trädslag i våra skogar beror till del på hur skogsskötseln förändras av ett varmare klimat. Där granandelen ökar påverkas landskapets foderkvalitet negativt för både älg och rådjur. Skötsel aspekter av

skogsbruket påverkar därmed foderbetingelserna för hjortviltet och därmed också viltstammarnas utbredning och numerär. Lövträd som idag är vanligare söderut kommer att kunna spridas mot norr vilket i så fall främjar fodermängd och -kvalitet.

Enligt klimatscenerierna ökar risken för perioder med sommartorka i delar av Götaland. Detta kan leda till att fodrets tillgång och kvalitet försämras sommartid, eller åtminstone att klimatförändringens positiva effekt på växtproduktion hämmas något. Födans kvalitet under sommaren är viktig eftersom hjortdjur på våra breddgrader behöver lagra fett inför vinterhalvåret. Det är svårt att bedöma omfattningen av sommartorkans effekt på foderkvaliteten och om den i sin tur kommer att påverka hjortviltets dödlighet och reproduktion.

Älgens sydliga utbredning har historiskt varit större än vad den är idag. Under den tidiga delen av holocen (förra värmeperioden för ca 10-80 tusen år sedan) fanns det älg ända ner till Pyrenéerna (Schmölcke och Zachros 2005). För ca två tusen år sedan fanns det älg på låglandet i södra Tyskland. Idag finns också livskraftiga stammar av älg längre söderut, t.ex. i Polen, Tjeckien och Kazakstan. Utbredningen av rådjur, kronhjort och dovhjort sträcker sig idag längre söderut än älgens. Orsakerna till att älgens utbredning under Holocen minskade söderut vet man inte så mycket om. Det kan ha berott på människans jakt, förändrad konkurrenssituation, förändrad vegetation och/eller parasiter (Schmölcke och Zachros 2005). Klimatet spelar sannolikt en indirekt roll för alla dessa faktorer. Om en framtida förändring av dessa faktorer kommer att påverka älgens (eller andra hjortdjurs) utbredning beror på hur vi väljer att förvalta viltstammarna och skogen. Vi har dock sämre möjligheter att påverka utbredningen för parasiter, som exempelvis älgglusen (*Lipoptena cervi*).

Ett varmare klimat ökar den direkta stress som temperaturen innebär för hjortdjuren. Älgen verkar t.ex. påverkas negativt av både varma vintrar och varma somrar (Karns 1997). Det kan därför mycket väl vara så att framförallt älgens utbredning minskar i södra Sverige till följd av de direkta effekterna av höga temperaturer (Sonesson m fl 2004). Rådjur, kron- och dovhjort är troligtvis mindre känsliga än älg mot högre temperaturer.

Älg och rådjur konkurrerar relativt lite med kron- och dovhjort eftersom deras födoval och levnadssätt skiljer sig åt. Överlappet i födoval mellan älg och rådjur är mindre än mellan kronhjort och får (Mysterud 2000). Eftersom älgen och rådjurens levnadssätt ligger relativt nära varandra – de är båda solitära större delen av året och skogslevande – kan det ändå finnas en konkurrenseffekt med potentiell betydelse för stamtätheten. I första hand bör älgen då vara mer störd av rådjur än tvärtom. Konkurrenssituationen påverkas dock främst av hur jakten reglerar tätheten av älg respektive rådjur.

Tätare stammar av hjortvilt resulterar generellt i ett ökat betestryck, dvs en högre andel av tillgängligt bete betas. Om granens expansion dessutom ökar norrut förväntas betestrycket på kvarvarande arealer löv- och tallungskog öka vilket i sin tur genererar höga kostnader för skogsbruket. En ökad primärproduktion, en kortare vintersäsong och en större areal ungskog kan dock motverka betestryckets ökning i viss utsträckning.

4.5 Frost och snöbrott

En modellsimulering av risken för skador till följd av vårfrost i ett förändrat klimat pekade på att risken ökar i hela landet - mer i söder, där den redan nu är störst, och avtagande mot norr (Jönsson m fl 2004). En avgörande faktor för skaderisken är hur låg temperatursumma som granplantor av en viss proveniens behöver för att sätta igång tillväxten på våren. Å andra sidan bedömdes risken för höstfrostskaador minska i hela landet. Vårfroster är ett mindre problem för björk, tall och lärk än för många övriga träslag.

Snöbrott drabbar både våra barr- och lövträd. Risken för snöbrott är störst då snö faller vid temperaturer nära nollstrecket. Eftersom temperaturhöjningen på vintern är större i norr samtidigt som nederbördsmängderna ökar finns det möjligt att risken för snöbrott ökar under kommande decennier i Norrland och kanske också Svealand. Dessutom ökar kanske frekvensen av höga vindhastigheter (jfr 2.4 ovan). På sikt bör dock risken för snöbrott minska i Götaland, och på längre sikt även i Svealand, då mängden nederbörd som faller i form av snö minskar.

4.6 Torka och komplexa klimatskador

Träd blir gamla och de har en nedärvd god förmåga att klara av väderlekspåfrestningar, som inträffar under den långa livstiden. Extrem väderlek, torka eller frost, vid en för trädet känslig tidpunkt, innebär dock stress, som kan leda till direkta väderleksskador. Väderleksstress kan också, utan att ge synliga skador, även göra trädet känsligt för insekts- och svampangrepp. När det gäller skador på träd är ett långsiktigt perspektiv nödvändigt. Sjukdomsförlopp kan dra ut över många år och blir därmed svåra att överblicka. Risken är stor att man drar felaktiga slutsatser. Det långsiktiga perspektivet innebär också att vi behöver knyta ihop äldre beprövad kunskap om skador med vår tids erfarenheter och med ny forskning.

Man har i olika sammanhang pekat på att granen i högre grad drabbas av olika typer av mer diffusa klimatskador då den odlas utanför sitt naturliga utbredningsområde (se Sonesson 2004). Granen växer naturligt i bergsområden i den nemoral zonen av Centraleuropa, i boreala Skandinavien och i stora områden i Baltikum, Ryssland och Sibirien (Spiecker m fl 2004). I Danmark har man kunnat urskilja ståndortsfaktorer som är speciellt ogynnsamma, hög lerhalt samt omväxlande hög och lägre grundvattennivå (Henriksen 1988) eller provenienser som varit känsliga, t ex rumänska och sydpolska (Ravensbeck 1991). Sommaren 1987 hade man omfattande problem med syrebrist i granplanteringar framförallt på lerjordar i sydvästra Sverige i Västergötland och Dalsland (Barklund 1994). Många träd dog och hela bestånd förstördes. De bestånd som drabbats av syrebristskador drabbas året efter av torkskador och eftersom endast ytliga rotsystem överlevt, blev granarna extra känsliga för torka.

När man under första halvan av 1990-talet sökte förklaringar till en ökad förekomst av granar med kådflöden längs stammen ("gråtande granar") framstod någon form av klimatinducerad skada som en av de mer troliga hypoteserna. Skadorna kunde antingen bero på torkstress, som i sin tur antingen kan bero på låga grundvattennivåer eller på varma vintrar, eller vara en effekt av varma vintrar som givit tidig start med åtföljande frostskaador, speciellt i april-91 (Barklund m fl. 1995). För dessa skador såg man istället en viss ökad känslighet för nordliga provenienser. Kådflödesskadorna, som även observerats i Danmark, blev emellertid

inte speciellt omfattande denna gång. De värst drabbade bestånden avverkades och andra återhämtade sig, i vissa fall dock med bestående kvalitetsskador. Man kan dock förvänta sig att frekvensen av torrsomrar med låga grundvattennivåer ökar, speciellt i Götaland. Frekvensen av varma vintrar kommer med stor säkerhet att öka i hela landet. Risken finns därför för att torkskador och kådflödesskador ökar i omfattning.

Det har också funnits skadebilder i olika delar av Europa, framförallt under 70-, 80- och början av 90-talet, som sannolikt haft med extra hög exponering till sura luftföroreningar att göra, i form av exempelvis magnesiumbrist i grönkronan till följd av utlakning från marken eller direkta syraskador på barrens vaxskikt.

Sedan 1980-talet har vi haft en lång period med ekar som dött i Sverige och övriga Europa. Omfattande ekdöd har dock inträffat flera gånger tidigare. I Nordtyskland räknar man under 1900-talet med tre perioder med ekdöd före den nu pågående. Den längsta av dessa började 1911 och varade till 1925 (Barklund 2002). De tre föregående ekdödsperioderna i Nordtyskland har alla initierats av svår torka och/eller frost. Extrema väderleksförhållanden är i allmänhet inte tillräckligt för att ekar ska duka under, men de blir nedsatta och får minskad motståndskraft mot sekundära skadegörare. Sannolikt kan perioder av sommartorka och extrem kyla under 80-talet förklara den nu pågående ekdöden (Barklund 2002). Om perioder med extrem kyla är en viktig faktor skulle problemen kunna minska i framtiden. Den återkommande förekomsten av liknande problem i Tyskland indikerar dock att komplexa skador kan uppstå även i ett mildare klimat.

4.7 Skogsbrand

Skogsbränderna ökade under 50- och 60-talen i Sverige (Skogsstatistisk Årsbok 1954-1980), men har därefter minskat igen tack vare en förbättrad brandbekämpning. På senare år har emellertid den statliga finansieringen av brandövervakning med flyg ifrågasatts.

Risken för skogsbrand kommer sannolikt att öka i hela landet till följd av en ökad frekvens av heta sommarperioder med stort vattenunderskott (Suffling 1992), sannolikt mest i Götaland där somrarna i genomsnitt blir torrare.

5. Hur påverkas skogbruket i övrigt?

5.1 Markberedning och föryngring

Faktorer som påverkar hur kraftig markberedning som behövs för att möjliggöra en godtagbar föryngring är bland annat markens bördighet och fuktighet, mårlagrets tjocklek, förekomst av snytbaggas, hur stark påverkan av vilt och gnagare man kan räkna med och risk för torka. Med ökande bördighet ökar konkurrensen från hyggesvegetationen, sannolikt i högre grad norröver. Både hjortvilt och snytbaggas kommer troligen att uppskatta ett varmare klimat, också de i speciellt hög grad norröver (jfr kap 4). En anpassning kommer dock att kunna ske gradvis över tiden eftersom problemen är av direkt natur.

5.2 Drivning och uttransport av virke

Drivning

I avverkningsplaneringen klassar man idag vissa områden som s.k. "vintertrakter", vilket innebär att man behöver tjälad mark för att klara avverkning utan oacceptabla markskador. I ett klimat med kortare perioder med tjälad mark alternativt endast sporadiska tjälepisoder uppstår problem för skogsbruket med kostnader för ojämn resursallokering eller skadeförebyggande åtgärder. Vissa skogsområden, t.ex. myrholmar, är dessutom tekniskt svåra eller omöjliga att nå utan tjäle.

En mycket begränsad andel av drivningen kommer att kunna genomföras på tjälad mark, och då främst i norra Sverige. Studier har dock visat att det inte i första hand är markens bärighet som påverkar åtkomsten av virket utan snarare hur beståndet ligger i terrängen och i förhållande till väg samt statusen på skogsbilvägen. Kortare perioder med tjälad mark och ökad nederbörd under höst och vinter kommer sannolikt att medföra ökad risk för körskador, vilket i sin tur kan ge skador på den biologiska mångfalden då sediment, organiskt material, kvicksilver eller stora näringsmängder transporteras ut i avrinnande vatten.

Risken för ökade problem med drivning pekar mot att dikesrensning på vissa håll kan bidra till att motverka problemen.

Uttransport av virke via skogsbilväg

Varje år utförs skogsbruksåtgärder i flera hundra tusen skogsbestånd i landet. Varje sådan åtgärd ger upphov till transporter av olika slag, både i terräng och på väg. Det handlar om förflyttning av virke, maskiner, plantor och personal som arbetar med avverkning, maskinservice, skogsvård och planering etc. Betydelsen av att ha fungerande vägar i det skogliga transportsystemet ökar i takt med att avverkning och transport alltmer kan ses som en integrerad del av industrins produktionsprocess. Det totala vägnätet i Sverige är ca 419 000 km, varav ca hälften utgörs av skogsbilvägar. Omfattningen av nybyggnad och förbättring av dessa uppgår till ca 1500 km/år.

Klimatförändringarna innebär sannolikt ökad vintertemperatur, ökad årlig medelnederbörd samt att den ökade nederbörden kommer mer i form av regn och mindre i form av snö, och främst under höst, vinter och vår. Förändringen blir större i norra Sverige och mindre i södra Sverige. Detta innebär att tjälperioden

reduceras uppemot 40 % och perioden med tjällossningsförhållanden ökar i såväl frekvens som varaktighet. Följderna blir en ökad belastning på vägtrummor och väggropparnas stabilitet samt en reduktion i vägarnas tillgänglighet. En sådan utveckling ökar således kraven på skogsbilvägsystemet. En bedömning utifrån klimatscenerierna är att det är i synnerhet i sydvästra Götaland och i södra Norrland som problemen kan bli stora.

Underhåll av skogsbilvägar kan påverka miljön på flera sätt och i olika grad beroende på hur åtgärderna utförs. Äldre vägar har byggts med sämre avrinningsteknik än nya, ofta med direkt utsläpp i vattendrag. Äldre vägar följer ofta kulturella stråk i geografin dvs längs vattendrag och lågt placerade i terrängen. Detta kan få framtida följder vid ökad nederbörd så som okontrollerade utsläpp eller erosion av vägar. Vägsystem med dåliga väggroppar som nyttjas under svåra förutsättningar kan leda till väggkollaps, där körspår blir djupa och kan fungera som avrinningsdiken. Ökad avrinning i kombination med bristfälliga dikessystem kan resultera i ökad urlakning som skadar livet i mottagande vattendrag. I värsta fall kan även vattentäkter för dricksvatten påverkas. Nybyggnation kan ibland medföra att effekterna på miljön reduceras. Graden av påverkan på värdefulla natur- och kulturmiljövärden, respektive på mark och vatten generellt, beror i hög grad på kunskap och förmåga hos dem som jobbar med planering och byggande att uppnå en funktionell miljöhänsyn. Sammantaget bedöms klimatförändringens påverkan på skogsbilvägarna som stor och att det finns behov av ökad kunskap om hur man skall sköta och anpassa befintliga och tillkommande vägar till framtida förhållanden.

Det allmänna vägnätets betydelse för virkestransporter

Den minskade tillgängligheten på råvara och bristande standarden på de statliga vägarna orsakar skogsnäringen stora kostnader redan idag. Tidigare analyser av skogsnäringens kostnader för bristande vägstandard i det allmänna vägnätet gjorda på Skogforsk 1994 respektive 1999 visade på en total årlig kostnad på ca 750 respektive 900 miljoner kr per år eller 15 – 17 kr/m³fub. I kostnaderna ingick både direkta transportkostnader och lagerkostnader.

För att klara industriförsörjningen i ett framtida klimat måste skogsbruket sannolikt öka virkeslagren avsevärt vid bäriga vägar. Instabila vintrar med svårare tjällossning och större nederbörds mängder under höst och vår kommer att skapa större variationer mellan åren vilket innebär att säkerhetsmarginalerna i planeringen måste öka.

En lagerökning med 50 – 100 % jämfört med 1994 och 1999 års utredningar skulle motsvara en ökad kostnad med ca 8 – 16 kr/m³fub i dagens penningvärde för ökade transport- och lagerkostnader. En avverkningsvolym på 100 miljoner m³fub skulle därmed ge skogsindustrin en ökad kostnad på 0,8 – 1,6 miljarder kronor.

5.3 Hur påverkas den svenska skogssektorn av effekter i omvärlden?

Ett tänkbart framtidsscenario

Utifrån föreliggande klimatscenerier (IPCC) bedöms att skogstillväxten på medellång sikt ökar svagt i den boreala zonen, minskar svagt i den tempererade zonen – dock starkt i Europa – och minskar starkt i den tropiska zonen.

En möjlig-trolig utveckling är att den ekonomiska utvecklingen i relativa tal – kort- och långsiktigt - kommer att bli måttlig i de mest utvecklade länderna (USA, Kanada, EU 15, Japan, Australien, Nya Zeeland), relativt hög i östra Europa och länder i en tidig industrialiseringsfas i övriga världen (framför allt Asien men även Latinamerika) och relativt låg i övrigt. Det förutsätts att förnybara råvaror och energikällor, som träfiber, kommer att ha god konkurrenskraft gentemot de icke förnybara.

Det finns ganska starka samband mellan ett lands ekonomiska utvecklingsnivå mätt t.ex. som BNP per capita och konsumtionen av skogsindustriprodukter och virke för energiändamål. Särskilt starkt är sambandet för papper. När välfärden ökar stiger konsumtionen av t.ex. tidnings-, tryck-, förpacknings- och mjukpapper. I de allra mest utvecklade länderna kan man dock i dag skönja en utplaning av papperskonsumtionen. Ser man till hela världsdelar med en stor variation i utvecklingsgrad mellan länderna, som t.ex. Europa och Nordamerika inkl. Mexico, stiger konsumtionen fortfarande men i relativa tal ofta mindre än tidigare. Konsumtionen av solidträ och skivor är förutom av BNP även beroende av hur lämpligt trä är som byggmaterial i det aktuella klimatet och på traditioner, som i sin tur kan bero på historisk tillgång på trä.

Tabell 5.1. Ett tänkbart framtidsscenario för tillgång på träfiber, efterfrågan på skogsindustriprodukter resp. skogsbränsle och balans mellan tillgång och efterfrågan på träfiber i olika regioner i världen baserat på antaganden i texten och andra bedömningar.

Område	Tillgång på träfiber	Efterfrågan på		Balans tillgång/ efterfrågan på träfiber
		Skogsindustriprodukter	Skogsenergi	
Norden	Svag ökning	Svag ökning	Stark ökning	Försämrad
EU 15 exkl. Norden	Stark minskning	Svag ökning	Stark ökning	Försämrad
Östeuropa och CIS utom Ryssland	Stark minskning	Stark ökning	Stark ökning	Försämrad
Ryssland	Svag ökning	Stark ökning	Stark ökning	Oförändrad
Afrika	Stark minskning	Svag ökning	Oförändrad	Försämrad
Asien	Stark minskning	Stark ökning	Oförändrad	Försämrad
USA-Oceanien	Svag minskning	Oförändrad	Svag ökning	Försämrad
Kanada	Svag ökning	Svag ökning	Stark ökning	Oförändrad
Latinamerika	Stark minskning	Stark ökning	Svag ökning	Försämrad

Användningen av virke för energiändamål i länder med låg utvecklingsnivå är generellt stor. Bristande tillgång pressar dock ner användningen i många länder. Det gäller t.ex. stora delar av Asien. Med stigande välstånd i de utvecklade länderna har användningen, åtminstone fram till i dag, minskat kraftigt. Det har skett en övergång till andra tillgängliga och mer effektiva energikällor. Men med införandet av mål om hållbar utveckling samt befarade klimatförändringar har an-

vändningen av virke i många utvecklade länder börjat ta ny fart. Användningen ökar framför allt till följd av politiska styrmedel, t.ex. skatter och utsläppsrätter.

Ovan nämnda antaganden tillsammans med andra bedömningar leder till ett tänkbart framtidsscenario som redovisas i tabell 5.1 Enligt scenariot sjunker tillgången på träfiber i hela världen utom i den boreala zonen där den ökar. Där tillgången minskar, t.ex. i Mellan- och Sydeuropa, är det främst en följd av klimatförändringarna. Dessa leder troligen till att en del av den befintliga skogen med tiden skadas av klimatrelaterade orsaker (s.k. naturlig avgång).

Enligt scenariot ökar efterfrågan på träfiber i alla områden. Det är dock endast Ryssland och Kanada, med sina stora och sannolikt ökande volymer stående skog, som har goda förutsättningar att klara av att tillgodose en betydande del av den ökade globala efterfrågan. Det är emellertid tveksamt om det är möjligt att bygga ut avverkningskapaciteten så kraftigt ens fram till år 2050. Allra svårast att tillgodose behovet blir det i Asien med en mycket stor befolkning, en god ekonomisk tillväxt och en liten virkestillgång per capita.

Effekter på svensk skogsindustri och svensk skogsproduktion

Efterfrågan på produkter från skogsindustrin kommer enligt scenariot att öka både nationellt och på exportmarknaderna. Ökningen blir svag i relativa tal på de traditionella marknaderna (Sverige och Västeuropa) men nästan lika stark i absoluta tal (efterfrågan per capita) som i t.ex. Östeuropa. Ökningstakten blir större för papper än för solidträ. I Asien blir den totala ökningen stark både i absoluta och relativa tal. Asien kan mycket väl bli en viktig framtida marknad för svenska skogsindustriprodukter.

Pappersproduktionen och då framför allt den produktion som baseras på mekanisk massa kan komma att bli drabbad av konkurrens om virket från energisektorn. Enligt scenariot ser framtidsutsikterna för svensk skogsindustri ändå relativt gynnsamma ut. En svagt ökande tillgång på råvara ger ett visst expansionsutrymme och efterfrågan på exportmarknaderna blir god. Till följd av att efterfrågan ökar mer än virkesproduktionen i världen finns goda förutsättningar för högre produktpriser. Samtidigt kommer sannolikt råvarupriserna att stiga vilket sätter press på lönsamheten.

Enligt scenariot har också det svenska skogsbruket mycket gynnsamma framtidsutsikter. En ökad efterfråga på skogsprodukter och breddad avsättningsmarknad (energi- och drivmedelsmarknaden) medför sannolikt stigande virkespriser och ökad lönsamhet. En förbättrad lönsamhet resulterar troligen i ökade investeringar i virkesproduktion vilket troligen ger större råvaruutbud på lång sikt. Konkurrensen på ett par decenniers sikt kommer framför allt från Ryssland. Kostnaderna för att utnyttja de enorma ryska virkestillgångarna kan dock bli höga till följd av dålig infrastruktur och låg befolkningstäthet där tillgångarna finns. Rysslands utrikespolitik spelar också en avgörande roll för utbudet därifrån, t.ex. kan de nyligen införda exporttullarna medföra en prisuppgång för rundtimmer i Sverige.

En alternativ utveckling är att den ökade efterfrågan på biobränsle så småningom genererar en påtagligt ökad produktion i Afrika och andra delar av världen där den ovan antagits minska. Vidare kan man tänka sig att i-ländernas pappersförbrukning så småningom sjunker till följd av datorutveckling och ökat miljötänkande

när det gäller pappersförpackningar, samt att många utvecklingsländer i och med det kan utvecklas utan att passera det skede av hög förbrukning av primärvirke till papper där många i-länder nu är. Totalt sett innebär detta en positiv ekonomisk utveckling sett ur ett globalt perspektiv, vilket sannolikt medför en större ökning av efterfrågan på biomassa än i scenariet ovan (mer för energi). Sannolikt förändras därför inte slutsatserna nämnvärt.

5.4 Hur påverkas arbetet med klara miljömålet Levande skogar?

Bevarande av skyddsvärd skogsmark

Arbete för bevarandet försåras redan i dagsläget av en rad stressande faktorer som till exempel fragmentering, försämring och förstörelse av livsmiljöer och spridning av invasiva introducerade arter. Man bedömer att det finns en så kallad utdöendeskuld: att vissa arter blivit fragmenterade i små isolerade populationer som inte är stora nog att klara oförändrade förutsättningar. I några fall, för vissa större däggdjur och rovfåglar har dock utvecklingen varit positiv de senaste decennierna.

Arterna kan reagera på klimatförändringarna med att förskjuta sitt utbredningsområde, anpassa sig eller bli utrotade. Deras spridning försåras emellertid av fragmenteringen av deras livsmiljöer och att förändringarna sker så snabbt att möjligheten till anpassning är liten.

Mildare och fuktigare vintrar samt ökad näringsomsättning gör i många fall att fler arter kommer att kunna vara med och konkurrera om utrymmet på en viss ståndort, ibland till nackdel för en art med skyddsbehov på plats, ibland till fördel för en art söderifrån. Arter som nu finns naturligt i landskapet riskerar således att ersättas av andra, konkurrensstarka arter. Om skogen sköts på samma sätt som idag kommer dessutom större arealer skog att ha så täta kronskikt att endast lite kan växa på marken, speciellt om skogsägare väljer att öka satsningen på rena granbestånd i Svealand och Norrland. Vissa sydliga arter, som begränsas starkt av kalla vintrar, kan emellertid få lättare att sprida sig.

Arter med begränsad spridningsförmåga och speciella ståndortskrav eller krav på ljusklimat kan få särskilt svårt att hinna flytta norrut. Detta gäller exempelvis många kalkkrävande arter, eftersom det på många håll är långt mellan de kalkrika biotoperna. Att det i relativt hög takt uppstår nya kombinationer av ljus-, temperatur- och fukt klimat och geologi som färre arter är anpassade till, medan vissa gamla kombinationer försvinner kan också bidra till artutarmning.

För att miljö kvalitetsmålet Levande skogar ska kunna nås ökar således behovet av tillgång till gynnsamma substrat, biotoper och händelser som ett produktionsoptimerat skogsbruk normalt minskar förekomsten av. Detta understryker behovet av generella hänsynsåtgärder på all brukad skogsmark och genomtänkta strategier för biotopval vid olika former av avsättningar.

Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket har tagit fram en nationell strategi för formellt skydd av skog för att åstadkomma ett kostnadseffektivt skydd för de mest skyddsvärda skogarna. Där beskrivs hur olika kombinationer av bevarandeformer, inklusive frivilliga avsättningar (eget bevarande) och generell hänsyn kan kombineras för att nå den samlat bästa lösningen utifrån de förutsättningar som finns i varje enskilt fall. Målen om bevarande av skyddsvärd skogsmark bygger på denna strategi. Om kombinationen av frivilliga avsättningar och formellt skydd i hög

utsträckning avser värdekärnor, samt om deras geografiska utsträckning och kvalitet är känd, ökar möjligheten att anpassa det totala skyddet för att nå en mer effektiv naturvård.

Skötsel av skyddsvärd skogsmark

Skötselåtgärder kan bidra till att minska stressen för ett flertal arter genom att kvaliteten på arternas livsmiljöer förbättras. För vissa biotoper är rätt skötsel av avgörande betydelse för bibehållande och utveckling av den biologiska mångfalden, i andra fungerar fri utveckling tillfredsställande.

Biologiskt värdefulla strukturer och processer på produktiv skogsmark

Det finns flera exempel på betydelsen av val av anpassningsstrategi för den biologiska mångfalden. Om en ökad antändningsrisk till följd av ökad frekvens av sommartorka möts med ökad brandövervakning kan antalet oplanerade skogsbränder minska snarare än öka, vilket skulle vara negativt för den biologiska mångfalden eftersom många arter i den boreala skogen är brandberoende. Ökad stormfällning kan leda till ett ökat uttag av död ved för att minska risken för insektsskador. Toleransen mot död ved kan också minska om man ser ett samband med risk för spridning av bränder. Å andra sidan kan risken för skador som tidigare nämnts leda till ett behov av (eller önskan om) ökad riskspridning i skogsbruket, vilket kan leda till ökad arealandel lövrik skog. Viltvårdens utveckling är emellertid av central betydelse för lövträdens utbredning (se ovan). Satsningar på att bevara biologiskt värdefulla strukturer (t ex död ved, gamla lövträd, lekbottnar i vattendrag) och processer (t ex brand, översvämning) är till fördel för den biologiska mångfalden, vilket kan minska känsligheten för klimatförändringar.

Om intensiteten ökar generellt inom skogsbruket till följd av att efterfrågan på biomassa ökar, ökar samtidigt behovet av hänsyn av alla slag.

Miljön i och kring vatten i skogslandskapet

Skogsbrukets negativa inverkan på avrinnande vatten är redan i dagsläget stor på många håll. Mest skadlig är uttransporten av sediment och organiskt material till vattendrag, vilken stör eller förstör livsförutsättningarna för många arter. Klimatförändringarna medför att vintrarna blir mildare, tjälperioderna kortare, väderextremerna bli starkare och vattenstånden högre under vinterhalvåret. Allt större andel av drivningen kommer därför att ske på tjälfri, fuktig mark med låg bärlighet. Risken är således stor att effekterna av körskadorna på avrinnande vatten förvärras (se nedan). Om frekvensen av större skadeutbrott ökar kan det dessutom oftare bli "bråttom" att få ut virket, vilket i sig minskar frihetsgraderna i planeringen och ökar risken för körskadorna. Om det föreslagna delmålet om bättre hänsyn till vattendrag och deras kantzoner inom miljömålet Levande skogar kan uppfyllas av skogsbruket motverkas vissa av de negativa effekterna av klimatförändringarna.

Kulturmiljövärden och sociala värden

I förhållande till dagens skogsbruksmetoder bedöms klimatförändringarnas påverkan på skogens kulturmiljövärden vara ringa under överskådlig framtid. En ökad skoglig tillväxt eller förändringar i brukandet av skog, t ex stubbrytning, medför möjligen ett ökat behov av regler som säkerställer skyddet för kulturlämningar och skötselmetoder för att synliggöra dem.

Klimatförändringar kan påverka skogens sociala värden på flera sätt. Ökad tillväxt kan ge en något mörkare skog med lägre frekvens av andra arter i. Kortare omloppstider ger yngre skog och en högre andel hyggen och ungskog. Kortare vintrar och fler djur i skogen kan betyda fler fästingar, hjortflugor, parasiter o dylikt. Ett otäckt exempel är rävens dvärgbandmask som kan ge människor obotliga lever-skador. Den sprids med torkad avföring som kan finnas på bär och svamp. För närvarande finns den i Tyskland och Polen men har också påträffats vid fyra tillfällen i Danmark. Kortare vintrar och ökad skadefrekvens kan också innebära fler sönderkörda vandringsstigar. Om det blir vanligare med stora arealer skadad skog är det också negativt för flertalet människor. Å andra sidan, om markägare väljer att sprida riskerna inför framtiden genom ett mer diversifierat skogsbruk med ökad trädslagsblandning kan det verka i positiv riktning för upplevelsen.

I skattningarna av det framtida klimatet i Europa förutspås ett ännu torrare Medelhavsklimat än idag. Detta, i kombination med relativt sett dyrare flygtransporter och ett mildare klimat i norr, kan med tiden möjligen bidra till att vi väljer att turista på hemmaplan, men även att turismen söderifrån ökar. Ekonomin i ett mer turistanpassat brukande av skogslandskapet kan då öka på många håll, vilket skulle kunna gynna den biologiska mångfalden.

Det finns flera åtgärder som kan motverka möjliga negativa effekter av klimatförändringar på människors upplevelse av skogen. Man kan utveckla bättre drivningsplanering och användningen av tekniska hjälpmedel så att uppkomsten av körskador minskar (jfr ovan). Man bör helt freda vandringsstigar som används av människor från skogsmaskiner. Helt mörka granskogar undviks genom att man tillskapa någon glänta här och där eller blandar in/släpper upp andra trädslag vid plantering och gallring. En tät förekomst av så kallade evighetsträd kan motverka den negativa effekten av kortare omloppstider.

6. Hur kan skogsbruket anpassas?

6.1 Medveten riskhantering

I projekt "Stormanalys" efter stormen Gudrun år 2005 drogs slutsatsen att risk-medvetandet, exempelvis när det gäller risken för stormfällning, inom det svenska skogsbruket inte är speciellt stort (Blennow och Eriksson 2006). Ur ett nationellt virkesförsörjningsperspektiv kanske risken för vindfällning bedöms vara liten i relation till kostnaden för att reducera den, men ur en privat skogsägares perspektiv kan motåtgärder bedömas vara betydligt mer prisvärda. Det kan bero på att man inte ekonomiskt kan klara eller är beredd att ta risken för ett dåligt utfall i form av omfattande skador som ger en starkt reducerad inkomst per kubikmeter. Det kan också bero på att man har andra mål med sitt skogsäggande än rent produktionsmässiga.

I analysen pekas bland annat följande faktorer ut som viktiga vid skoglig rådgivning för en förbättrad medvetenhet: tydlighet rörande vilka principer som tillämpas vid riskbedömning, strävan efter många handlingsalternativ, riskinformation och stöd när det gäller att balansera flera olika mål inom skogsbruket. I rådgivningen bör man i ökad grad redovisa möjligheter och risker med olika handlingsalternativ, och vara öppen för att varje skogsägare har en egen kombination av mål med sitt brukande. I "strävan efter många handlingsalternativ" kan man också se ett budskap till forskarsamhälle och forskningsfinansiärer. Eftersom skogsvårdslagen lägger stor vikt vid "beprovad erfarenhet" då ett handlingsalternativ ska godkännas är det angeläget att det i så liten grad som möjligt är ren brist på kunskap som lägger hinder ivägen.

Även om klimatförändringen på många sätt ökar möjligheterna för skogsbruket i Sverige, åtminstone under de närmaste decennierna, så ökar också riskerna påtagligt. Om varje skogsägare på ett medvetet sätt sprider riskerna i sitt brukande så som han eller hon finner lämpligt, så sprids riskerna även för samhället i stort. Riskerna kan spridas via odling av fler trädslag, ökad trädslagsblandning inom bestånden, ökat försäkringsskydd och/eller ökad variation i avverkningsålder och gallringsregim. Om ett medelålders trädslagsblandat bestånd framöver drabbas hårt av någon trädslagsspecifik skadeinsekt eller patogen kommer träden av den/de skonade arten/-erna att stå kvar och direkt kunna tillgodogöra sig näring, solljus och vatten på ett relativt effektivt sätt. Man kan variera proveniensen (geografiskt ursprung) hos plantor och frön, dock inom vissa gränser som anges av kunskap om vad som kan fungera i nuvarande och framtida klimat (jfr nedan). För markägare som har andra huvudsyften med sitt skogsäggande än produktionbaserad avkastning, men ändå har önskemål om vissa inkomster från försäljning av virke, kan olika godkända former av blädnings- eller kontinuitetsskogsbruk vara intressanta att tillämpa.

6.2 Trädslagsval

Gran

För hela Norrland gäller att vattentillgången under vegetationsperioden normalt sätt bibehålls i stora drag. I kombination med att vegetationsperiodens längd ökar medför det att boniteterna sannolikt kommer att öka relativt sett mer än i södra Sverige (jfr ovan). På många av dagens medelgoda marker, där tallen idag växer

lika bra eller bara lite bättre än granen, kommer sannolikt granens produktion att vara högre i framtiden (fig 3.2). Klimatförändringarna ger därför anledning att i högre grad satsa på granföryngring på sådana medelgoda marker.

För Götalands del debatteras granens framtid nu när klimatet sannolikt blir varmare och de senaste årens stormar har slagit hårt mot granskogen. Vår vanliga gran har länge varit ett populärt trädslag för virkesproduktion, även utanför dess naturliga utbredningsområde. Odling av gran har väsentligt bidragit till att öka skogstillväxten och virkesförrådet i centrala, västra och norra Europa (Spiecker m fl 1996). Trots detta finns inom delar av detta område, främst i statsägd skog, för närvarande en trend mot minskad odling av gran, främst till förmån för ett skogsbruk som ger en mer naturlig skog (Spiecker m fl 2004). Den ökade medvetenheten om behoven hos andra skogslevande arter med naturlig hemvist i skog spelar roll för denna omställning i många regioner, liksom en växande efterfrågan på rekreationsskogar. Granens känslighet för stormfällning, snöbrott och torka med åtföljande barkborreskadorna har påverkat bilden av dess produktionspotential och ekonomi. Till detta kommer insikten om att skaderisken för ett bestånd ökar med beståndshöjden. Om skogen därför avverkas tidigare, minskar frihetsgraden när det gäller produktion av sortiment som kräver grova träd. Detta kan vara en nackdel, dels då prisläget varierar med konjunkturerna, dels då man kan vilja vänta med avverkning till en tidpunkt då inkomsterna behövs.

En del forskare menar eller beräknar att granen kommer att drabbas alltmer av olika klimatinducerade skador och/eller kommer att få svårare att självföryngra sig då den framöver kommer allt längre ifrån sitt naturliga klimat (jfr Larsen 2006), kanske främst i södra Sverige (Bradshaw m fl 2000, Koca m fl 2006). Andra menar att granen, när den väl är etablerad via aktiva föryngringsåtgärder och röjning, har goda möjligheter att fortsätta producera bra, även i ett starkt förändrat klimat (Sonesson m fl 2004). De relativt låga kostnaderna för föryngring och tåligheten mot ett högt viltryck talar också för granen. I stora delar av Göta- och Svealand är granen naturlig och bidrar till bevarandet av en naturlig artdiversitet, framförallt på lägre till medelgoda boniteter och i blandning med andra trädslag.

Klimatförändringarna innebär dock att tillväxt och andel tjälfria vintrar ökar och kan dessutom innebära att fällande vindar blir vanligare (jfr kap 2). För mindre skogsägare i Sverige gäller också, i högre grad än för större, att man vill kunna styra över tidpunkten när tillgången realiserar. Dessutom ökar frekvensen av mycket torra somrar i Götaland, för vilka gran är känsligare på många marker än exempelvis tall och ek. För många skogsägare - kanske en ökande andel - kan det känslomässiga värdet av att ha skog som är rik på variation eller som producerar mycket vilt överstiga värdet av en maximerad genomsnittlig intäkt från skogsbruket. Det finns också ett mindre antal markägare som får goda inkomster från turism och/eller jakt och för dem kan det helt enkelt löna sig att satsa extra på variation och estetiska värden i skogen.

Sammantaget är bedömningen att södra Sveriges skogsägare även fortsatt har skäl att satsa på föryngring av gran, om än i något reducerad omfattning (jfr avsnitt 6.1 *Medveten riskhantering* ovan). De klimatinducerade skadorna på vuxen granskog, stormfällning inräknat, har trots allt inte varit så kvantitativt omfattande, ens i regioner med ett klimat som liknar det som kommer, att de på något radikalt sett

minskat granens lönsamhet i produktionshänseende i relation till övriga trädslag (jfr Spiecker m fl 2004, Skogsstyrelsen 2005). Skogindustrin i södra Sverige efterfrågar först och främst granvirke och kommer sannolikt att göra så ett bra tag framöver. I Sverige har priserna för de flesta lövträsortiment hittills varierat ännu mer med konjunkturerna än de för barrvirke. En risk med att satsa på mindre vanliga trädslag är att tillgången blir så liten att ingen förädlingsindustri väljer att bygga en produktion runt det. Det finns dock en tendens att industrier med teknikens hjälp blir bättre på att ta tillvara olika trädslag och kvaliteter - en tendens som möjligen kan förstärkas i framtiden. Dessutom kanske höjda priser på energisortiment kommer att innebära betalning nog för alla trädslag med någorlunda bränslevärde.

Tall

Tallen (*Pinus sylvestris*) saknas till stor del naturligt i de maritima atlantiska områdena, men odlas framgångsrikt även inom detta område. I de delar av Götaland där risken för sommartorka ökar förväntas tallens konkurrenskraft i produktionshänseende öka relativt de flesta andra inhemska trädslag (fig 3.2) och det kan där finnas anledning att öka tallandelen i skogen, gärna i blandning. Tallen är förhållandevis viltskadekänslig vid föryngring vilket kan försvåra en sådan satsning om inte viltskadorna kan motverkas bättre framöver. I mellersta och norra Sverige förväntas tillväxten för gran och löv öka mer än för tall (fig 3.2).

Contortatallen (*Pinus contorta*) är allra mest till sin produktionsmässiga fördel i relativt kärva klimatlägen i Norrlands inland. Den kommer därför sannolikt att tappa något i konkurrenskraft till följd av klimatförändringen.

Björk

Både vårtbjörk (*Betula pendula*) och glasbjörk (*B. pubescens*) har en utbredning över hela Europa med undantag av de sydligaste områdena runt Medelhavet. Dess betydelse för skogsbruket påverkas därmed inte så mycket av klimatförändringarna. Förändringar i nederbörds klimat och humiditet kan innebära att vårtbjörken ökar sin andel i självföryngringar i områden som blir torrare medan glasbjörken ökar där det blir fuktigare. Vid kraftiga klimatförändringar kan det bli aktuellt att expandera förädlingsverksamheten genom att korsa in mellaneuropeiska provenienser i förädlingspopulationerna. Självföryngrad björk är måttligt viltskadekänsligt och man kan förvänta sig att trädslaget kan öka i intresse relativt granen särskilt hos markägare med mer extensiv inriktning på sitt skogsbruk. Björk går relativt enkelt att samodla med gran i blandade bestånd, vilket i viss mån kan motverka de ökade problemen med patogener och skador för granen, tex rotröta. I norra Norrland förväntas björken öka sin produktion speciellt mycket (fig 3.2)

Övriga lövträslag

Båda ekarterna som förekommer i Sverige, skogsek (*Quercus robur*) och bergesk (*Q. petraea*), har en utbredning som omfattar nästan hela Europa söder om Sverige. Båda arterna borde gynnas av ett varmare klimat och kunna odlas med kortare omloppstider. Virkeskvaliteten höjs i vissa avseenden då tillväxten ökar. Ekens möjliga skogsodlingsgräns flyttas norrut. Viltskadekänsligheten vid föryngring, den fortfarande relativt långa odlingstiden, dyra skötseln och svårigheten att konkurrera med ek från t ex Tyskland och Polen med högre kvalitet kan motverka ett ökat intresse för ekproduktion. Eken drabbas också återkommande av olika ska-

degörare, t ex ekvecklare (*Tortrix viridana*), och mer komplexa skadebilder (se ovan).

Bokens (*Fagus sylvatica*) utbredning är påtagligt förlagd till centrala Västeuropa. Den tycks undvika utpräglat kustnära atlantiska områden där förhållandevis svala och fuktiga somrar förhindrar naturlig reproduktion. Österut så är det främst vinterkylan som sätter gräns för utbredning ungefär vid östra Polen och västra Ukraina. Den odlas dock långt utanför sitt naturliga utbredningsområde. Boken är förhållandevis vilttålig när plantan blivit ett par år och med en liknande ekologi som granen så kan den förväntas vinna mark mot granen både genom naturliga processer och genom medvetna val av skogsbruket inom stora delar av södra Sverige, möjligen med undantag för de sydöstra delarna. Virkeskvaliteten påverkas inte på samma sätt som för ek. En expansion norrut blir möjlig.

Övriga ädla lövträd följer liknande mönster som för ek och bok, där lönn (*Acer platanoides*) och avenbok (*Carpinus betulus*) mest liknar boken i respons och fågelbär (*Prunus avium*) mer påminner om ekens respons. Ask (*Fraxinus excelsior*) och särskilt alm (*Ulmus glabra*) är för närvarande svårt drabbade av patogener vilket medför ett lågt intresse från skogsbruket. Almsplintborren (*Scolytus sp.*) som sprider den mest virulenta formen av almsjuka (*Ceratocystis ulmi*) verkar sprida sig norrut lika fort som almen. Vad som orsakar askskottsjukan är för närvarande under utredning (Thomsen & Skovsgaard 2006, Thomsen m fl 2007).

Gråal (*Alnus incana*) har en utpräglad nordlig och östlig utbredning och kan förväntas retirera norrut. Klibbal (*Alnus glutinosa*) har en utbredning över större delen av Europa och kan förväntas expandera i norra Sverige där den i dag saknas eller är ovanlig. För asp (*Populus tremula*) gäller ungefär detsamma som för björk med undantag av att dess känslighet för viltskador sannolikt gör att intresset från skogsbruket kommer att minska.

En mångfald av trädslag bidrar till ett vackert landskap och till artmångfalden i skogen. Dessutom sprids riskerna inför ökade skaderisker i framtiden. Många skogsägare kan av dessa anledningar vilja öka lövträdandelen i sin skog, både i blandbestånd och trädslagsrena bestånd. För många kommunägda skogar är rekreativt värde högt prioriterat, men det är positivt för både regionens biobränsleförsörjning och kommunens ekonomi om ett högt rekreativt värde kan kombineras med en relativt hög virkesproduktion.

Nya trädslag

Vilka nya trädslag kan komma att passa i ett förändrat klimat? Silvergran (*Abies alba*), poppel, hybridlärk, sitkagran (*Picea sitchensis*) och douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*) har provats i trädslagsförsök sedan lång tid tillbaka och fungerar egentligen redan i dagens klimat i delar av landet. Vilken användning de kan få i skogsbruket och på nedlagd jordbruksmark är mer en fråga om inställning till främmande trädslag, kostnader vid etablering, produktionsnivå och förväntad efterfrågan på virket. Ett ökande värde på olika biobränslesortiment, inkl sådana som kan användas till framställning av fordonsbränslen, skulle kunna förändra prisrelationerna i en framtida virkesprislista.

De flesta träd är känsligast för extrema klimatyttringar i plantstadiet. Det går därför inte i någon högre grad att introducera sydligare arter nu som man tror ska

kunna dra fördel av ett varmare klimat i framtiden. Överlevnad under dagens rådande klimat avgör vilken anpassning som är möjlig att göra i förväg. Frågan är därför inte så aktuell utan kan återkomma när man ser vilka arter som börjar överleva och producera bättre än andra i olika försök allteftersom klimatet ändras.

Resultat från tretton danska trädslagsförsök med barrträd gav följande ungefärliga rangordning när det gäller överlevnaden efter tio år: vanlig gran, sitkagran, silvergran, kustgran (*Abies grandis*), japansk lärk (*Larix leptolepis*), douglasgran, contortatall, cypress (*Chamaecyparis lawsoniana*), *Abies nobilis* (Jørgensen & Skovsgaard 2004). Slutsatsen från en serie försök med lövträdarter på frostutsatt sandjord var att ek och lönn uppvisade en tillfredsställande kombination av överlevnad, tillväxt och kvalitetsutveckling, medan bok och speciellt rödek (*Quercus rubra*) fungerade sämre (Skovsgaard och Jørgensen 2004). Detta kan ge en bild av situationen på liknande marker i Mellansverige om ca 50 år.

6.3 Utnyttjande av förädlad och förflyttad genetiskt material

De flesta av våra trädslag har en betydande genetisk variation för egenskaper som är av stor vikt för klimatanpassning. Den genetiska variationen finns dels mellan populationer dels mellan individer inom samma population. Variationen mellan populationer är ofta kontinuerlig från syd till nord för viktiga anpassningsegenskaper, som t.ex. tidpunkten för knoppsättning och invintring. Inom skogsbruket finns en lång tradition av att utnyttja denna variation genom att flytta bra genetiskt material. Det finns en lång tradition av proveniensforskning med omfattande serier av proveniensförsök med våra viktigaste trädslag. I ett klimat som snabbt förändras kommer behovet av att förnygra med nordförflyttat material att öka om man vill bättre utnyttja möjligheten till ökad produktion. Det finns idag en god kunskapsgrund att stå på för att göra dessa förflyttningar på ett bra sätt.

Många egenskaper av stor betydelse för klimatanpassning uppvisar även en stor genetisk variation mellan individer inom samma population. Detta utnyttjar man i förädlingsprogram för våra skogsträd där man systematiskt testar och väljer allt bättre träd för massförökning i våra plantskolor. Massförökningen sker idag i huvudsak genom fröplantager. Förädlingsprogrammen för tall, gran, contortatall och vårtbjörk bygger på en strategi som ger en god beredskap inför ett förändrat klimat. En allt större andel av de plantor som används kommer från förädlad frö från fröplantager. Nuvarande regelsystem anger att plantmaterialet som används vid en viss förnygring alltid ska innehålla en hög genetisk variation.

Även i framtiden kommer det att finnas ett behov av att välja bästa tillgängliga genetiskt material vid förnygring. Allteftersom klimatet förändras kommer självförnygring med frö från det gamla beståndet, som är anpassat till det gamla klimatet, att bli ett, ur produktionssynpunkt, allt sämre alternativ. Man kan därför förutse att en större andel av förnygringen i framtiden kommer att ske med skogsodling med förflyttat och/eller förädlad genetiskt material medan självförnygring blir mindre vanlig. Även behovet av att byta trädslag på vissa marker talar för mer skogsodling och mindre självförnygring. En satsning på ökad riskspridning kan dock ge utrymme för ökat tillvaratagande av självförnygrat löv på många håll.

6.4 Kortare omloppstider

Den framtida skogen kommer att växa bättre, vilket innebär att medeltillväxten kommer att kulminera tidigare. Risken att skogen drabbas av någon skada ökar i det framtida klimatet. Risken för stormfällning av barrträd ökar speciellt starkt med beståndshöjd och ålder. Allt detta talar för att man i normala fall kommer att avverka bestånden vid yngre åldrar i framtiden.

Medeltillväxten för biomassan som helhet kulminerar tidigare än medeltillväxten för stammen. Om bränslesortiment kommer att betalas bättre relativt andra sortiment i framtiden kan det sänka genomsnittsåldern för optimala omloppstider ytterligare.

6.5 Skötsel för minskad vindfällningsrisk

Det finns klarlagda positiva samband mellan gallringsstyrka och vindskadefrekvens för både tall och gran (Persson 1972, 1975). Ett skötselsystem som bör minska risken är därför att gallra hårt tidigt under beståndets livstid och sedan mycket försiktigt eller inte alls när skogen börjar bli högväxt (Skogsstyrelsen 2006). Samtidigt förlorar man viss tillväxt av att träden står glesare och riskerar att få ett sämre kvalitetsutbyte då träden blir kvistigare i ungdomen. Det är också svårt att kvantifiera hur mycket vindfällningsrisken verkligen minskar (Skogsstyrelsen 2006). En annan möjlighet är att föryngras med större andel av trädslag som inte blåser omkull så lätt som granen (tall, björk, andra lövträd). Även då kan man förlora i virkesproduktion. En strikt ekonomisk analys visar att vindfällningsrisken måste öka rejält innan det i genomsnitt lönar sig att byta från gran till björk (Nilsson & Sallnäs 2006).

Röjning är också en åtgärd som har betydelse för hur beståndet skall klara framtida klimatpåfrestningar. Beståndets framtida trädslagsblandning, tillväxt och stabilitet regleras vid röjningsingreppet (Skogsstyrelsen 2007). För att förebygga framtida stormskador kan man försöka skapa stormfasta bryn i utsatta områden och lägen. Man röjer då hårt i en bred kantzonen i syfte att de stammar som lämnas ska bli kraftiga och stabila. Lövträd bör gynnas och ges gott om utrymme.

Ett systematiserat informationsutbyte och ett ökat planeringssamarbete rågångsgrannar emellan skulle kunna innebära en minskad förekomst av speciellt vindutsatta hyggeskanter (Skogsstyrelsen 2006).

6.6 Körning på otjälad mark och skogsbilväg

Körning med skogsmaskiner på otjälad mark

Det finns redan idag anledning att planera körningen i skogen bättre för att minska skadorna på livet i vattendrag. Idag är det vanligt att körskador på mark med ytnära grundvatten medför uttransport av sediment, organiskt material, näringsämnen och i värsta fall även giftigt metylkvicksilver till vattendrag som skadar livet i vattnet eller ger problem högre upp i näringskedjan. Eftersom klimatförändringarna ökar den tjälfria andelen av säsongen samt frekvensen av extrema regn stärks motiven för utvecklad hänsyn vid körning i skogsmark (se Fördjupad utvärdering av Levande skogar, remissversion juni 2007).

Det finns metoder för att helt eller delvis undvika körskador i skogen. Vid överfarter över vattendrag kan mobila broar användas eller fasta broar som byggs för att hålla några år och för samtliga operationer som hör till en förnygringsavverkning. På övrig mark med sämre bärighet finns olika förebyggande åtgärder/tekniska hjälpmedel som t.ex. risning, kavelbroar och markskonare. Att utrusta maskinerna med miljöband och bredare däck, alternativt variabelt lufttryck är också effektiva metoder att minska marktryck och risk för markkompaktering.

Merkostnaden för anpassning till fuktigare och varmare klimat i avverkningsarbetet uppskattas till mellan 5 och 10 kr per m³ fub eller totalt 500 – 1000 miljoner kr för skogsbruket (Sonesson 2007).

Skogsbilvägar

Skogsstyrelsen bedömer att vägnätets standard sjönk under 1990-talet pga minskat underhåll. Situationen bedöms vara sämst på privatskogsbrukets vägar. Inom storskogsbruket koncentreras löpande underhåll i hög grad till skogliga huvudvägar, vilket medför att behovet av mera genomgripande underhålls- och förbättringsåtgärder ackumuleras och att kostnader skjuts på framtiden.

Vägnätets standard påverkar direkt skogsnäringens konkurrens- och utvecklingsmöjligheter liksom betalningsförmågan för virket. Vid anläggning av skogsbilväg försöker man hålla de sammanlagda kostnaderna för transporter i terräng och på väg plus väghållningskostnad så låga som möjligt. Intentionen är att anpassa vägstandarden till utnyttjandegraden. Ofta innebär det att skogsbilvägar byggs med en tillgänglighetsstandard motsvarande klass C, det vill säga farbar hela året utom under tjällossning och perioder med ihållande regn.

Idag byggs all skogsbilväg inom privatskogsbruket med en standard motsvarande klass C eller sämre. Vägstandarden inom storskogsbruket håller högre klass - B eller C - där vägarnas tillgänglighet ingår i företagets strategier. För att klara framtida klimatförutsättningar bör vägstandarden generellt höjas. Det innebär att omfattningen av bärighetsklasserna D och C bör reduceras på ett strategiskt genomtänkt sätt. För att uppnå ökad bärighet i relation till ökad nederbörd och vintertemperatur krävs ofta både att ”slitytans” tjocklek ökar och att själva vägkroppen modifieras. Idag ligger dessutom en stor del av vägnätet lågt i terrängen, intill vattenmiljöer eller våtmarker, vilket ger en kontinuerlig vattenpåverkan.

Behovet av åtgärder på skogsbilvägnätet varierar till omfattning och karaktär såväl över tiden som geografiskt. I Vägplan 90 (Skogsstyrelsen 1991) beräknades för perioden 1990-2005 ett årligt behov på 2200 km nybyggnad och 2700 km förbättringar för landet som helhet. Förbättringsåtgärderna i Vägplan 90 tog inte hänsyn till eventuell klimatförändring utan pekade mer på ett akut behov av ökad bärighet generellt. I södra Sverige utgjordes behovet till 80 % av förbättringar och resten av nybyggnad och i norr var förhållandet det omvända. Förbättringsbehovet (uttryckt i km) var enligt Vägplan 90 större än nybyggnadsbehovet. För södra Norrland skattades det årliga behovet av förbättring till ca 700 km och för västra Götaland till ca 600 km. Tar man hänsyn till framtida klimatförändringar är det i synnerhet vägarna i södra Norrland och västra Götaland som behöver förbättras och förstärkas. Vägnätets status påverkar även sårbarheten för ekonomiska förluster när omfattande skador hastigt uppkommer, exempelvis stormskador.

Ett grundläggande problem är att det ofta saknas en aktör med överblick över större sammanhängande vägsystem. Sådan överblick behövs för att t.ex. kunna identifiera flaskhalsar och bedöma var i systemet en förbättring av bärigheten ger störst nytta. Drivkrafterna för att samverka kring kvalitetshöjande åtgärder för vägar är många gånger för svaga och kunskaperna för bristfälliga för att samverkansprojekt ska kunna initieras och genomföras. Nuvarande skogspolitik bedöms inte bidra till att stimulera samordning och samverkan vid nybyggnad eller förbättring av skogsbilvägar.

6.7 Åtgärder för att motverka skador på skog

Bättre inrapportering och statistik

Ett mer utvecklat system för insamling av data kring skador i skogen än det som redan finns i befintliga skogsinventeringar kan vara värdefullt av flera anledningar. Dels kan förbättrad statistik ge en bild av trender i skadeangrepp och därmed bättre underlag för anpassning och/eller förebyggande motåtgärder. Dels kan man tidigt få grepp om angrepp under utveckling och därmed underlag för beslut om insatser av mer akut karaktär.

Rotröta

Förutsättningarna för spridning av rotröta ökar och andelen angripet virke kan mycket väl komma att öka om inte motverkande åtgärder vidtas. Den viktigaste förebyggande åtgärden för att minska risken för rotröteangrepp är att avverka under vintern eller att behandla stubbarna om avverkningsen sker under vegetationsperioden. För stubbehandling finns ett biologiskt preparat (pergamentsvamp) och ett kemiskt (urea) registrerade. Appliceringen av preparaten kan ske maskinellt i samband med avverkning eller manuellt omedelbart efter det att trädet fällts. Behandling sker idag främst i samband med gallring. Kostnaden är i storleksordning 2-10 kronor per fälld kubikmeter - lägre i slutavverkning och högre i tidig gallring. De väntade klimatförändringarna ger således skogsägarna, åtminstone upp till och med södra Norrland, anledning att förebygga spridning av rotröta genom att stubbehandling större andel av den avverkade arealen, både i slutavverkning och i gallring.

På speciellt drabbade marker kan man överväga att byta trädslag vid förnyringen för att på så sätt bryta möjligheten till smitta via överlevande stubb/rotssystem.

Granbarkborre

De viktigaste förebyggande åtgärderna mot granbarkborreskadorna är att öka granbeståndens stormfasthet och använda skötselmetoder som minimerar risken för att granskogsbestånd ska få nedsatt vitalitet. Dessutom kan man undvika att plantera gran på torra marker i södra Sverige där risken för framtida torkstress är stor. Efter stormfällningar är det angeläget att vindfällda träd kan forslas ut ur skogen innan den nya generationen insekter hunnit lämna dem.

I den pågående bekämpningen av de granbarkborreangrepp som följt på stormfällningarna under Gudrun och Per används för närvarande ett antal direkta bekämpningsåtgärder, främst ”sök och plock” av stående angripna träd och massfångst med feromonfällor eller med giftbehandlat lockvirke. Hur kostnadseffektiva dessa åtgärder egentligen är, i termer av mängd räddad skog per krona, är dock

i nuläget okänt. ”Sök och plock” innebär att angripna träd forslas ut ur skogen innan den nya generationen barkborrar lämnat dem.

Den ökade risken för angrepp av granbarkborre innebär att man bör utveckla rekommendationerna för saneringsavverkning och uttransport av virke från skogen där man annars riskerar att få stora ansamlingar av döende träd. Angripna träd kan gärna lämnas kvar i skogen om våren och försommaren för att fungera som fångstvirke men bör sedan huggas och forslas bort innan den nya generationen svärmar, dvs innan lufttemperaturen når 17-18 °C.

Snytbagge

Snytbaggen åstadkommer stora skador på föryngringar. Snytbaggen behöver försöka stubbar och rötter för sin fortplantning. Ett förändrat klimat med mer frekventa stormar och kortare omloppstider borde således gynna snytbaggepopulationens tillväxt. Hittills har insekticidbehandling av plantor varit en vanlig åtgärd för att skydda barrträdsplantor mot snytbagge. Sådan plantbehandling kommer troligen att förbjudas på sikt men till och med år 2009 är behandling med imidakloprid och cypermetrin tillåten. Hyggesvila, högskärm (plantering under skärmställning), effektiv markberedning och rätt planteringspunkter samt mekaniska gnagskydd runt stammen är metoder som enskilt eller i kombination har visat sig väsentligt bidra till minskade plantskador.

Då ett förbud träder i kraft kommer sannolikt utvecklingen av alternativa åtgärder att påskyndas och kostnaderna för dem att reduceras.

Viltskador

Hjortvilt verkar i huvudsak att gynnas av klimatförändringarna, speciellt norröver. Dagens förvaltning av viltstammarna brister i kopplingen till rådande foderbetingelser och betesskador. En utveckling av förvaltningen bör därför ske så att viltstammarnas täthet på ett mer förfinat sätt anpassas efter fodertillgång, acceptabla betesskador på skog och lokalt socialt och ekonomiskt värde av jakten. För att detta ska vara möjligt behövs bättre dataunderlag för ingående faktorer samt att förvaltningsmodellerna utvecklas. Kanske behöver även ”skötseln” av fodertillgångarna utvecklas på vissa håll.

Övrigt

Utvecklingen mot ökad brandrisk, speciellt i södra Sverige, pekar på att behovet av en reguljär brandövervakning består.

Vidare bör man utveckla krisberedskapen för olika extrema händelser, kända såväl som mer hypotetiska, som kan drabba skogen. Beredningsplanen bör innehålla tänkbara krisåtgärder, fördela ansvaret för att ta avgörande åtgärdsbeslut mellan berörda myndigheter, markägare, skogsindustrier, etc samt ange vilka aktörer som ska stå för vilka kostnader (för skador såväl som åtgärder). En krisberedningsplan utvecklas för närvarande av Jordbruksverket som exempelvis ska kunna användas vid ett eventuellt påträffande av tallvedsnematod inom landets gränser.

Mot bakgrund av risken för att klimatet kan möjliggöra en etablering av helt nya skadegörare kan det vara lämpligt att fortsätta utvecklingen av Jordbruksverkets sundhetskontroll av importerade träprodukter. På längre sikt kan det kanske vara svårt att undvika nya skadegörare i skogen, men Skandinaviens gynnsamma läge

med kust åt öster, söder och väster kan göra det möjligt att försena en invasion med flera decennier för vissa typer av skadegörare.

Den ökade risken för översvämningar till följd av ökad frekvens av extremt hög eller långvarig nederbörd kan på sina håll medföra att nivåer på vattendorar behöver justeras uppåt. I sådana fall bör möjligheten att ersätta markägare för ökad översvämningrisk övervägas.

7. Slutord

Skogsägarna i Sverige har i ökande grad andra syften med sitt ägande än optimerad virkesproduktion och kan dessutom vilja sprida riskerna i sitt brukande som en anpassning till klimatförändringarna. Vidare ska natur- och kulturvärden bevaras i enlighet med uppställda mål. Samtidigt ökar samhällets behov av klimatneutrala råvaror för energiproduktion och tillverkning. En av de viktigaste slutsatserna i detta arbete är således att klimatproblemet tydligt förstärker behovet av breddad kunskap kring skonsamma avverknings- och drivningstekniker och skötsel för hög och säker virkesproduktion i skogar av *många olika slag*, inklusive sådana som brukas med andra värden som viktiga eller primära mål. Vidare ökar behovet av en utvecklad forskningsbaserad skoglig rådgivning, genom vilken en bred kunskap kan förmedlas. Klimatförändringarnas inverkan på vilka strategier som krävs för att skydda hotade arter i skogen behöver också studeras mer.

Flera av experterna som bidragit med synpunkter och underlag till denna rapport har ännu inte haft möjlighet att göra en grundligare analys inom sitt expertområde. En ökad tilldelning av forskningsmedel nu och framöver bör förhoppningsvis kunna ge fler möjlighet att göra sådana analyser. Parallellt kommer kunskapen om själva klimatförändringarna att öka liksom insikten om vilken riktning utvecklingen tar när det gäller människors växthusgasutsläpp i olika delar av världen. Det kommer således att finnas ett kontinuerligt behov av nya sammanställningar och övergripande analyser inom detta område.

Referenser

- Alexandersson H. & Vedin H. 2002. Stormar det mera nu? SMHI. Väder och Vatten, 10:18.
- Appelberg G. 2007. The impact of climate change on the temperature dependent swarming and development of the spruce bark beetle, *Ips typographus*, Degree thesis in Environmental Science. (handledare: docent Anna Maria Jönsson, Lund University).
- Barklund P. 1994. Skador på gran i europeiskt perspektiv. Skogsfakta konferens nr 18:46-54. Skogskonferensen 1993.
- Barklund P. 2002. Ekskador i Europa. Skogsstyrelsen Rapport 2002:1. Skogsstyrelsen ISSN 1100-0295.
- Barklund P., Wahlström K. & Weslien H. 1995. Kådflödessjukan, barknekros efter extrema väderleksförhållanden? Skog och Forskning 2/95 s.30-37
- Bendz-Hellgren M. & Stenlid J. 1997. Decreased volume growth of *Picea abies* in response to *Heterobasidium annosum* infection. Canadian Journal of Forest Research 27:1519-1524.
- Bergh J., Blennow K, Nilsson U. & Sallnäs O. 2007. Effekter av ett förändrat klimat på skogen. Inst för sydsvensk skogsforskning, SLU, Alnarp. Rapport
- Blennow K. & Olofsson E. 2004. Kan man undvika stormskador? I K. Blennow (red.). Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk. ISBN 91-576-6643-1 SUFOR www.sufor.nu. Sidorna 38–43.
- Blennow K. & Eriksson H. 2006. Riskhantering i skogsbruket. Skogsstyrelsen, Rapport 14 (2006). 51 sidor. ISSN 1100-0295.
- Bradshaw H. W., Holmqvist B. H., Cowling S. A. & Sykes M. T. 2000. The effect of climate change on the distribution and management of *Picea abies* in Southern Scandinavia. Canadian Journal of Forest Research 30: 1992-1998.
- Gessler A. et al. 2007. Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. Trees 21:1-11
- Hansson P. 2007 (ej tryckt). Slutrapport till Länsförsäkringsbolagens forskningsfond. (Per Hansson, SLU, Umeå)
- Hansson P., Persson M. & Ekvall H. 2005. An estimation of economical loss due to the *Gremmeniella abietina* outbreak in Sweden 2001 – 2003. I: Stanosz G.R. and Stanosz J.C. 2005. "Foliage, Shoot and Stem Diseases." Proceedings of the Meeting of Working Party 7.02.02 of the International Union of Forestry Research Organizations, Corvallis, Oregon, USA, June 13-19 2004. p. 67-69.
- Henriksen H.A. 1988. Skoven og dens dyrkning. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck. 664 s.

- IPCC, 2007. Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jönsson A.M., Harding S., Barring L & Ravn H.P. 200x: Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. Submitted to Agricultural and Forest Meteorology.
- Jönsson A. M., Linderson, Ingrid Stjernquist, Schlyter P. & Barring L. 2004. Climate change and the effect of temperature backlashes causing frost damage in *Picea abies*. Global and Planetary Change 44:195-207
- Jørgensen B. B. & Skovsgaard J. P. 2004. Skovrejsning på heden: Forsøg med 23 nåletræarter. Dansk Skovbrugs Tidsskrift 2/04 (89): 25-38.
- Larsen B. 2006 (ej tryckt). Skovbruget och klimaändringar. Text av J. Bo Larsen, Skov & Landskab, KVL, Danmark.
- Lennartsson T. & Simonsson L. 2007. Biologisk mångfald och klimatförändringar. - Vad vet vi? Vad behöver vi veta? Vad kan vi göra? Centrum för Biologisk Mångfald, Uppsala.
- Karns P. D. 1997. Population Distribution , Density and Trends. In: Ecology and Management of the North American Moose. Smithsonian Institution Press. pp. 125-140.
- Koca D., Smith B. & Sykes M. T. 2006. Modelling regional climate change effects on potential natural ecosystems in Sweden. Climatic Change (2006) 78: 381–406.
- Morse A.P., Gardiner B.A. & Marshall B.J., 2002. Mechanisms controlling turbulence development across a forest edge. Boundary-Layer Meteorology, 103:227–251.
- Mysterud A. 2000. Diet overlap among ruminants in Fennoscandia. Oecologia 124:130-137.
- Nilsson U. & Sallnäs O. 2006. Val av trädslag – Hur hanterar vi risken för stormskador? Skogforsk Redogörelse Nr 4 : 30-36.
- Nordlander G., Örlander G., Peterson M. & Hellqvist C. (web 2007) Skogsskötselåtgärder mot snytbagge. Version 1.1. Webbhandbok, tillgänglig på www.slu.se/snytbagge.
- Ollas R. 1994. Plantinventering 89. Meddelande 1. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Peltola H., Kellomäki S., Hassinen A., & Granander M., 2000. Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. Forest Ecology and Management, 135:143–153.
- Persson P. 1972. Vind- och snöskador samband med beståndsbehandlingen – inventering av yngre gallringsförsök. Inst f skogsprod. Rapp o uppsatser 23. Skogshögskolan, Sthlm. 205 s.
- Persson P. 1975. Stormskador på skog – uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder. Inst f skogsprod. Rapp o uppsatser 36. Skogshögskolan, Sthlm. 294 s.

- Ravensbeck L. 1991. Aktuelle nåletab i proveniensforsøg med rødgran. Skoven 1991/8: 279-282.
- SOU 2007:60. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. (Statens offentliga utredningar)
- Samuelsson H. & Örlander G. 2001. Skador på skog. Skogsstyrelsen Rapport 8 O (SUS 2001). ISSN 1100-0295.
- Schelhaas M-J., Nabuurs G.J., Schuck A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Glob. Change Biol. 9, 1620-1633.
- Schmölcke U. & Zachos F-E. 2005. Holocene distribution and extinction of the moose (*Alces alces*, Cervidae) in Central Europe. Mammalian Biology 70(6):329-344.
- Skogsstyrelsen 2004. Skogliga sektorsmål. Broschyr. Beställn.nr 0530.
- Skogsstyrelsen, 2006. Stormen 2005 – en skoglig analys. Meddelande No. 1. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Skogsstyrelsen 2007. Handbok i skogsvård – Beståndsvård.
- Skovsgaard J. P. & Jørgensen B. B. 2004. Bøg, eg, ær, løn og rødeg på midtjysk hedeflade. Dansk Skovbrugs Tidsskrift 2/04 (89): 39-56.
- Sonesson J. (red.), Bergh J., Björkman C., Blennow K., Eriksson H., Linder S., Rosén K., Rummukainen M., & Stenlid, J. 2004. Climate change and forestry in Sweden – a literature review. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift, Årg. 143, Nr 18.
- Sonesson J. 2006. Klimatet och skogen – underlag för nationell forskning. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift, Årg. 145, Nr 9.
- Sonesson J., Bergkvist I., Andersson G. & Thor M. 2007. Klimatförändringarnas inverkan på drivning och logistik i skogsbruket. Rapport fr Skogforsk, Uppsala.
- Spiecker H., Hansen J., Klimo E., Skovsgaard J. P., Sterba H & von Teuffel K. 2004. Norway spruce conversion - Options and consequences. EFI Research Report 18. ISSN 1238-8785.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M. & Skovsgaard J. P. 1996. Growth trends in European Forests. EFI Research Report 5. ISBN 3-540-61460-5.
- Suffling R. 1992. Climate change and boreal forest fires in Fennoscandia and central Canada. Catena Suppl. 22: 111-132. ISSN 0722-0723.
- Thomsen I. M. & Skovsgaard J. P. 2006. Toptørre i ask: klimaskade eller svampeangreb? Skoven 2006/9: 408-411.
- Thomsen I. M., Skovsgaard J. P., Barklund P. & Vasaitis R. 2007. Svampesygdom er årsag til toptørre i ask. Skoven 2007/5: 234-236.
- Thor M., Ståhl G. & Stenlid J. 2005. Modelling root rot incidence in Sweden using tree, stand and site variables. Scandinavian Journal of Forest Research 20:165-176.

Örlander G.& Nilsson U. 2000. Metoder för plantering av gran i södra Sverige.
Skog och forskning 2: 50-54.

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1988:2 Grusanalys i fält
- 1990:1 Teknik vid skogsmarkskalkning
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1991:2 ÖSI; utvärdering av effekter mm
- 1991:3 Utboträffar; utvärdering
- 1991:4 Skogsskador i Sverige 1990
- 1991:5 Contortarapporten
- 1991:6 Participation in the design of a system to assess Environmental Consideration in forestry a Case study of the GREENERY project
- 1992:1 Allmän Skogs- och Miljöinventering, ÖSI och NISP
- 1992:2 Skogsskador i Sverige 1991
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1992:4 Utvärdering av studiekampanjen Rikare Skog
- 1993:1 Skoglig geologi
- 1993:2 Organisationens Dolda Resurs
- 1993:3 Skogsskador i Sverige 1992
- 1993:5 Nyckelbiotoper i skogarna vid våra sydligaste fjäll
- 1993:6 Skogsmarkskalkning – *Resultat från en fyraårig försöksperiod samt förslag till åtgärdsprogram*
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – *från naturvårdssynpunkt*
- 1993:8 Seminarier om Naturhänsyn i gallring i januari 1993
- 1993:9 Förbättrad sysselsättningsstatistik i skogsbruket – *arbetsgruppens slutrapport*
- 1994:1 EG/EU och EES-avtalet ur skoglig synvinkel
- 1994:2 Hur upplever "grönt utbildade kvinnor" sin arbetssituation inom skogsvårdsorganisationen?
- 1994:3 Renewable Forests - Myth or Reality?
- 1994:4 Bjursåsprojektet - *underlag för landskapsekologisk planering i samband med skogsinventering*
- 1994:5 Historiska kartor - *underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen*
- 1994:6 Skogsskador i Sverige 1993
- 1994:7 Skogsskador i Sverige – *nuläge och förslag till åtgärder*
- 1994:8 Häckfågelinventering i en åkerholme åren 1989-1993
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1995:3 Skogsbruk vid vatten
- 1995:4 Skogsskador i Sverige 1994
- 1995:5 Långsam alkalisering av skogsmark
- 1995:6 Vad kan vi lära av KMV-kampanjen?
- 1995:7 GROT-uttaget. Pilotundersökning angående uttaget av trädrester på skogsmark
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1996:3 Landmollusker i jämtländska nyckelbiotoper
- 1996:4 Förslag till metod för bestämning av prestationstal m.m. vid självverksamhet i småskaligt skogsbruk.
- 1997:1 Sjövatten som indikator på markförsurning
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 1997:3 IR-95 – Flygbildsbaserad inventering av skogsskador i sydvästra Sverige 1995
- 1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
- 1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – *en litteraturstudie*
- 1997:7 Målgruppsanalys
- 1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (*with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals*)
- 1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – *En pilotstudie i Jönköpings län*
- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:2 Studier över skogsbruksåtgärdernas inverkan på snäckfaunans diversitet (*with English summary: Studies on the impact by forestry on the mollusc fauna in commercially used forests in Central Sweden*)
- 1998:3 Dalaskog - Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – *hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov*
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark - tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. *With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.*
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1998:8 Omgivande skog och skogsbrukets betydelse för fiskfaunan i små skogsbäckar
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 1999:3 Målklassificering i "Gröna skogsbruksplaner" - betydelsen för produktion och ekonomi
- 1999:4 Scenarier och Analyser i SKA 99 - Förutsättningar

- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten - Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 2000:2 Skogliga Konsekvens-Analyser 1999 - Skogens möjligheter på 2000-talet
- 2000:3 Ministerkonferens om skydd av Europas skogar - Resolutioner och deklamationer
- 2000:4 Skogsbruket i den lokala ekonomin
- 2000:5 Aska från biobränsle
- 2000:6 Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999
- 2001:1 Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
- 2001:2 Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland
- 2001:3 The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) - in the Swedish context
- 2001:4 Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000
- 2001:5 Effekter av kalkning i utströmningsområden *med kalkkross 0 - 3 mm*
- 2001:6 Biobränslen i Söderhamn
- 2001:7 Entreprenörer i skogsbruket 1993-1998
- 2001:8A Skogspolitisk historia
- 2001:8B Skogspolitiken idag - en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket
- 2001:8C Gröna planer
- 2001:8D Föryngring av skog
- 2001:8E Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark
- 2001:8G Framtidens skog
- 2001:8H De skogliga aktörerna och skogspolitiken
- 2001:8I Skogsbilvägar
- 2001:8J Skogen sociala värden
- 2001:8K Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen
- 2001:8L Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
- 2001:8M Skogsbruk och rennäring
- 2001:8O Skador på skog
- 2001:9 Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan
- 2001:11A Strategier för åtgärder mot markförsurning
- 2001:11B Markförsurningsprocesser
- 2001:11C Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11D Urvalskriterier för bedömning av markförsurning
- 2001:11E Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11F Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11G Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder
- 2001:12 Forest Condition of Beech and Oak in southern Sweden 1999
- 2002:1 Ekskador i Europa
- 2002:2 Gröna Huset, slutrapport
- 2002:3 Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis
- 2002:4 Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun
- 2002:5 Miljöriktig vedeldning - Ett informationsprojekt i Söderhamn
- 2002:6 White backed woodpecker landscapes and new nature reserves
- 2002:7 ÄBIN Satellit
- 2002:8 Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden
- 2002:9 Inventering av frötäktssbestånd av stjärkek, bergesk och rödek under 2001 - Ekdöd, skötsel och naturvård
- 2002:10 A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states
- 2002:11 Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler
- 2002:12 Skog & Miljö - Miljöbeskrivning av skogsmarken i Söderhamns kommun
- 2003:1 Övervakning av biologisk mångfald i skogen - En jämförelse av två metoder
- 2003:2 Fågelfaunan i olika skogsmiljöer - en studie på beståndsnivå
- 2003:3 Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk -förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande
- 2003:4 Projekt Nissadalen - En integrerad strategi för kalkning och askspridning i hela avrinningsområden
- 2003:5 Projekt Renbruksplan 2000-2002 Slutrapport, - ett planeringsverktyg för samebyarna
- 2003:6 Att mäta skogens biologiska mångfald - möjligheter och hinder för att följa upp skogspolitiken miljösmål i Sverige
- 2003:7 Vilka botaniska naturvärden finns vid torplämningar i norra Uppland?
- 2003:8 Kalkgranskogar i Sverige och Norge – förslag till växtsociologisk klassificering
- 2003:9 Skogsägare på distans - Utvärdering av SVO:s riktade insatser för utbör
- 2003:10 The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden
- 2004:1 Effektoppföljning skogsmarkskalkning tillväxt och trädvitalitet, 1990-2002
- 2004:2 Skogliga konsekvensanalyser 2003 - SKA 03
- 2004:3 Natur- och kulturinventeringen i Kronobergs län 1996 - 2001

- 2004:4 Naturlig föryngring av tall
- 2004:5 How Sweden meets the IPF requirements on nfp
- 2004:6 Synthesis of the model forest concept and its application to Vilhelmina model forest and Barents model forest network
- 2004:7 Vedlevande arters krav på substrat - sammanställning och analys av 3.600 arter
- 2004:8 EU-utvidgningen och skogsindustrin - En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier
- 2004:9 Nytt nummer se 2005:1
- 2004:10 Om virkesförrådets utveckling och dess påverkan på skogsbrukets lönsamhet under perioden 1980-2002
- 2004:11 Naturskydd och skogligt genbevarande
- 2004:12 När vi skogspolitiken mångfaldsmål på artnivå? - Åtgärdsförslag för uppföljning och metodutveckling
- 2005:1 Access to the forests for disabled people
- 2005:2 Tillgång till naturen för människor med funktionshinder
- 2005:3 Besökarstudier i naturområden - en handbok
- 2005:4 Visitor studies in natureareas - a manual
- 2005:5 Skogshistoria år från år 1177-2005
- 2005:6 Vägar till ett effektivare samarbete i den privata tätortsnära skogen
- 2005:7 Planering för rekreation - Grön skogsbruksplan i privatägd tätortsnära skog
- 2005:8a-8c Report from Proceedings of ForestSAT 2005 in Borås May 31 - June 3
- 2005:9 Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren
- 2005:10 Frivilliga avsättningar - en del i Miljö kvalitetsmålet Levande skogar
- 2005:11 Skogliga sektorsmål - förutsättningar och bakgrundsmaterial
- 2005:12 Målbilder för det skogliga sektorsmålet - hur går det med bevarandet av biologisk mångfald?
- 2005:13 Ekonomiska konsekvenser av de skogliga sektorsmålen
- 2005:14 Tio skogsägares erfarenheter av stormen
- 2005:15 Uppföljning av skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar i skog
- 2005:16 Mykorrhizasvampar i örtrika granskogar - en metodstudie för att hitta värdefulla miljöer
- 2005:17 Forskningsseminarium skogsbruk - rennärning 11-12 augusti 2004
- 2005:18 Klassning av renbete med hjälp av ståndortsboniteringens vegetationstypsindelning
- 2005:19 Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort
- 2006:1 Kalkning och askspridning på skogsmark - redovisning av arealer som ingått i Skogsstyrelsens försöksverksamhet 1989-2003
- 2006:2 Satellitbildsanalys av skogsbilvägar över våtmarker
- 2006:3 Myllrande Våtmarker - Förslag till nationell uppföljning av delmålet om byggande av skogsbilvägar över värdefulla våtmarker
- 2006:4 Granbarkborren - en scenarioanalys för 2006-2009
- 2006:5 Överensstämmer anmält och verkligt GROT-uttag?
- 2006:6 Klimathotet och skogens biologiska mångfald
- 2006:7 Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden - begreppet Model Forest som ett exempel
- 2006:8 Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun
- 2006:9 Stormskadad skog - föryngring, skador och skötsel
- 2006:10 Miljökonsekvenser för vattenkvalitet, Underlagsrapport inom projektet Stormanalys
- 2006:11 Miljökonsekvenser för biologisk mångfald - Underlagsrapport inom projekt Stormanalys
- 2006:12 Ekonomiska och sociala konsekvenser av stormen Gudrun **ännu inte klar**
- 2006:13 Hur drabbades enskilda skogsägare av stormen Gudrun - Resultat av en enkätundersökning
- 2006:14 Riskhantering i skogsbruket
- 2006:15 Granbarkborrens utnyttjande av vindfällan under första sommaren efter stormen Gudrun - (The spruce bark beetle in wind-felled trees in the first summer following the storm Gudrun)
- 2006:16 Skogliga sektorsmål i ett internationellt sammanhang
- 2006:17 Skogen och ekosystemansatsen i Sverige
- 2006:18 Strategi för hantering av skogliga naturvärden i Norrtälje kommun ("Norrtäljeprojektet")
- 2006:19 Kantzonens ekologiska roll i skogliga vattendrag - en litteraturöversikt
- 2006:20 Ägoslag i skogen - Förslag till indelning, begrepp och definitioner för skogsrelaterade ägoslag
- 2006:21 Regional produktionsanalys - Konsekvenser av olika miljöambitioner i länen Dalarna och Gävleborg
- 2006:22 Regional skoglig Produktionsanalys - Konsekvenser av olika skötselregimer
- 2006:23 Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004
- 2006:24 Trädbränslestatistik i Sverige - en förstudie
- 2006:25 Tillväxtstudie på Skogsstyrelsens obsytor
- 2006:26 Regional produktionsanalys - Uppskattning av tillgängligt trädbränsle i Dalarnas och Gävleborgs län
- 2006:27 Referenshägn som ett verktyg i vilt- och skogsförvaltning
- 2007:1 Utvärdering av ÄBIN
- 2007:2 Trädslagets betydelse för markens syra-basstatus - resultat från Ståndortskarteringen
- 2007:3 Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden
- 2007:4 Virkesbalanser för år 2004
- 2007:5 Life Forests for water - summary from the final seminar in Lycksele 22-24 August 2006
- 2007:6 Renskadorna i plant- och ungskog - en litteraturöversikt och analys av en taxeringsmetod
- 2007:7 Övervakning och klassificering av skogsvattendrag i enlighet med EU:s ramdirektiv för vatten - exempel från Emån och Öreälven

Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

- 1991:2 Vägplan -90
- 1991:3 Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
– Efterfrågade tjänster på en öppen marknad
- 1991:4 Naturvårdshänsyn – Tagen hänsyn vid slutavverkning 1989–1991
- 1991:5 Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
- 1992:1 Svanahuvudsvägen
- 1992:2 Transportformer i väglöst land
- 1992:3 Utvärdering av samråden 1989-1990 /skogsbruk – rennäring
- 1993:2 Virkesbalanser 1992
- 1993:3 Uppföljning av 1991 års lövträdsplantering på åker
- 1993:4 Återväxttaxeringarna 1990-1992
- 1994:1 Plantinventering 89
- 1995:2 Gallringsundersökning 92
- 1995:3 Kontrolltaxering av nyckelbiotoper
- 1996:1 Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning
- 1997:1 Naturskydd och naturhänsyn i skogen
- 1997:2 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996
- 1998:1 Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken
- 1998:2 Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken
- 1998:3 Föryngringsavverkning och skogsbilvägar
- 1998:4 Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning - Delresultat från Polytax
- 1998:5 Beståndsanläggning
- 1998:6 Naturskydd och miljöarbete
- 1998:7 Röjningsundersökning 1997
- 1998:8 Gallringsundersökning 1997
- 1998:9 Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden
- 1998:10 Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken
- 1998:11 SMILE - Uppföljning av sumpskogsskötsel
- 1998:12 Sköter vi ädellövskogen? - Ett projekt inom SMILE
- 1998:13 Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet
- 1998:14 Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)
- 1998:15 Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)
- 1998:16 De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter
- 1998:17 Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakningen
- 1998:18 Auswertung der schwedischen Forstpolitik 1997
- 1998:19 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
- 1999:1 Nyckelbiotopsinventeringen 1993-1998. Slutrapport
- 1999:2 Nyckelbiotopsinventering inom större skogsbolag. En jämförelse mellan SVOs och bolagens inventeringsmetodik
- 1999:3 Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990-1998
- 2001:1 Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000
- 2001:2 Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling
- 2001:3 Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000
- 2001:4 Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken
- 2001:5 Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper
- 2001:6 Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk - rennäring
- 2002:1 Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitikens effekter - SUS 2001
- 2002:2 Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning
- 2002:3 Recommendations for the extraction of forest fuel and compensation fertilising
- 2002:4 Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland
- 2002:5 Blir er av
- 2002:6 Skogsmarksgödsling - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön
- 2003:1 Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002
- 2003:2 Konsekvenser av ett förbud mot permetrinbehandling av skogsplanter
- 2004:1 Kontinuitetsskogar - en förstudie
- 2004:2 Landskapsekologiska kärnområden - LEKO, Redovisning av ett projekt 1999-2003
- 2004:3 Skogens sociala värden
- 2004:4 Inventering av nyckelbiotoper - Resultat 2003
- 2006:1 Stormen 2005 - en skoglig analys
- 2007:1 Övervakning av insektsangrepp - Slutrapport från Skogsstyrelsens regeringsuppdrag
- 2007:2 Kvävegödsling av skogsmark

Beställning av Rapporter och Meddelanden

Skogsstyrelsen,
Förlaget
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 15 55 92
vx 036 – 15 56 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: sksforlag.order@skogsstyrelsen.se
www.skogsstyrelsen.se

I Skogsstyrelsens författningssamling (SKSFS) publiceras myndighetens föreskrifter och allmänna råd. Föreskrifterna är av tvingande natur. De allmänna råden är generella rekommendationer som anger hur någon kan eller bör handla i visst hänseende.

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar m.m. av officiell karaktär. Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar m.m. för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker m.m. inom skilda skogliga ämnesområden.

Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

Denna rapport är en sammanställning av många experters kunskap och hypoteser kring hur skogen och skogsbruket i Sverige kan påverkas av kommande klimatförändringar, när det gäller exempelvis tillväxt, virkeskvalitet, naturvärden, vägstandard och skador av viltbete, insekter, svamp, vind, etc. Den behandlar också frågan om hur man kan anpassa skogsbruket för att minska sårbarheten för skador som gynnas av ett förändrat klimat och ta tillvara möjligheter till ökad produktion.