

Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket



Hillevi Eriksson, Jonas Bergqvist, Per Hazell, Gunnar Isacsson,
Anja Lomander, Sanna Black-Samuelsson

© Skogsstyrelsen, maj 2016

Författare

Hillevi Eriksson
Jonas Bergqvist
Per Hazell
Gunnar Isacsson
Anja Lomander
Sanna Black-Samuelsson

Omslagsfoto

Gunnar Isacsson

*Blåsvart björkstekel, öv,
Granbarkborre, öh
Ungersk gransköldlus, nh*

Michael Ekstrand
Rotröta, nv

Upplaga

Finns endast som pdf-fil för egen utskrift

Best nr

1878

Skogsstyrelsens böcker och broschyrer
551 83 Jönköping

Innehåll

Förord	5
Sammanfattning	6
1. Bakgrund och syfte	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	9
2. Slutsatser från FN:s klimatpanel	10
2.1 Rapporter från FN:s klimatpanel	10
2.2 Observerade globala förändringar i klimatsystemet	10
2.3 Ökning i koncentrationer av växthusgaser	10
2.4 Drivkrafter bakom klimatets förändring	10
2.5 Framtida klimatförändring och behov av åtgärder	11
3. Hur ändras klimatet i Sverige?	13
3.1 Vilka beräkningar har gjorts	13
3.2 Temperatur och vegetationsperioder	15
3.3 Nederbörd och torka	17
3.4 Frekvens av nollgenomgångar	21
3.5 Vattenflöden	21
3.6 Vindklimat	21
3.7 Havsyttans läge	22
3.8 Jämförelse med dagens klimat söder över	22
4. Hur påverkas skogen?	24
4.1 Biologisk mångfald, friluftsliv och rennäring	24
4.2 Skogstillväxt, självföryngring och virkeskvalitet	25
4.3 Risken för stormfällning	32
4.4 Risken för insektsskador	34
4.5 Risken för angrepp av skadesvampar	39
4.6 Risken för skador till följd av plantbete och fejning	42
4.7 Risken för torka, frost och annan klimatrelaterad stress	43
4.8 Risken för skogsbrand	46
4.9 Hur påverkas drivning och annan körning i skog?	48
5. Vilken klimatanpassning kan göras?	50
5.1 Riskhantering och resiliens	50
5.2 Möjligheter att motverka ökade skaderisker	50
5.3 Förädling och förflyttning av genetiskt material	59
5.4 Trädslagsval – bakgrund och diskussion	61
5.5 Vilken roll kan hyggesfritt skogsbruk spela?	68
5.6 Klimatanpassning för bibehållen biologisk mångfald	70
5.7 Utveckling mot klimatanpassade transporter i skogen	70
6. Forskningsbehov	73
Litteratur/källförteckning	75

Förord

Föreliggande rapport syftar till att ge en samlad beskrivning av kunskapsläget om hur klimatet kan förändras och påverka den svenska skogen, och kring olika tänkbara anpassningsåtgärder. Rapporten är en uppdatering av den rapport som togs fram i samband med Klimat- och sårbarhetsutredningen 2006–2007 (Skogsstyrelsen Rapport 2007:8).

En betydande del av arbetet har utförts inom projektet Adaptiv skogsskötsel.

Den stora utmaningen för skogens del ligger i att försöka förutse hur den medelålders och äldre skogen kan komma att påverkas i ett framtida klimat. Och vad betyder det för hur man kan tänka redan idag när det gäller bestånds- och landskapsdaning? Denna rapport avser att ge ytterligare underlag för fortsatt analys och diskussion kring dessa frågor.

Rapporten ingår i Skogsstyrelsens rapportserie där författarna står för innehållet. Innehållet utgör inte i alla delar nödvändigtvis Skogsstyrelsens officiella syn.

För råd och synpunkter – tack till:

Bengt Andersson Gull, Skogforsk (förädling), Mats Berlin, Skogforsk (förädling), Christer Björkman, SLU (insektsskador), Kristina Blennow, SLU (stormskador), Johanna Boberg, SLU (insektsskador), Jörg Brunet, SLU (biologisk mångfald), Lars Edenius, SLU (plantbete), Sten Edlund, Skogsstyrelsen (alternativa skogsskötselsystem), Adam Felton, SLU (biologisk mångfald), Clas Fries, Skogsstyrelsen (skogsskötsel), Karl-Anders Högberg, Skogforsk (frost), Anna-Maria Jönsson, Lunds Universitet (skogsskador), Bo Karlsson, Skogforsk (frost), Magnus Löf, SLU (lövskog), Kristina Nilson, Skogsstyrelsen (alternativa skogsskötselsystem), Urban Nilsson, SLU (stormskador), Sverker Rosell, Skogsstyrelsen (alternativa skogsskötselsystem), Johan Sonesson Skogforsk (förädling), Jan Stenlid, SLU (patogener) och Karin Vestlund Ekerby, LRF.

Jönköping i maj 2016

Peter Blombäck
Enhetschef, Skogsstyrelsen

Sammanfattning

Pågående klimatförändringar

De pågående klimatförändringarna kan få många negativa effekter runtom i världen. Effekternas omfattning beror på i vilken grad det går att begränsa den globala uppvärmningen. Parisavtalet säger att jordens medeltemperatur inte ska stiga med mer än två grader och helst ska ökningen hållas under en och en halv grad.

En global uppvärmning på två grader innebär sannolikt för Sverige att:

- årsmedeltemperaturen ökar med cirka tre grader – mer i norr än i söder och mer på vintern än på sommaren,
- tillväxtsäsongen blir 1–2 månader längre
- nederbörden ökar med 15–20 procent till nästa sekelskifte.

Det blir blötare i hela landet under vinter och vår, men risken för torka ökar ändå sommartid i Götaland, Svealand och längs delar av Norrlandskusten. Vindarna påverkas inte så mycket, även om vindhastigheterna kan öka något i söder.

Den svenska skogen påverkas

Effekten på den biologiska mångfalden kan bli negativ av flera skäl, exempelvis till följd av ändrad konkurrens mellan arter, mörkare skogar, ökat betetryck och mer körning på fuktig mark. Skogens värde för friluftslivet kan minska om skador på skogen ökar.

Om jorden blir två grader varmare beräknas att skogstillväxten i Sverige ökar med drygt 25 procent till slutet av seklet, och det innebär att virkeskvaliteten försämras i vissa avseenden och förbättras i andra. Självföryngring av fler träarter gynnas. Risken för stormfällning ökar som ett resultat av mindre tjäle och högre grundvattenstånd under vinterhalvåret. Om andelen gran ökar bidrar det till risken. Vidare ökar risken för skador från granbarkborre till följd av mer stormfällning och den torkstress som blir vanligare i vissa delar av landet. Utan klimatanpassning finns risk för mångdubbelt större granbarkborreangrepp mot andra halvan av seklet.

Älgstammen minskar troligen i sydsverige, medan övrigt klövvilt gynnas i hela landet till följd av en längre tillväxtsäsong. Hjortdjurens bete på unga plantor kommer därför sannolikt att öka om inget görs i motverkande syfte. Då blir det ännu svårare att sprida riskerna genom att välja olika trädslag jämfört med idag.

Snytbaggen och flera andra skadeinsekter gynnas. Många nya skadeinsekter har redan dykt upp i landet och fler kan väntas. Rottickans utbredning gynnas då större andel av avverkningen sker under växtsäsongen. Nyttillkomna svampsjukdomar kan bre ut sig.

När tillväxten börjar tidigare på året ökar risken för vårfrost för barrträden. I norra Norrland blir det troligen vanligare med snöbrott medan risken för skogsbrand ökar i söder och öster. Med varmare och blötare vintrar ökar utmaningen i att klara terrängkörning och vägtransporter utan att skada mark och vattendrag. Risken för kraftig erosion ökar.

Klimatanpassning behövs

Skogsägaren bör möta klimatförändringarna och deras effekter aktivt och med en bild av den framtida skogen för ögonen. Med ökade risker för skador blir det mer angeläget skapa en skog där riskerna sprids på olika sätt.

Stormfällningsrisken motverkas om man röjer och gallrar hårt och tidigt i grandiminerad skog för att göra den mer stormfast, och sedan avverkar när bestånden är färdigvuxna så att skogen inte befinner sig alltför länge i riskhöjd. Vidare kan man minska andelen gran i vindexponerade delar av terrängen, men på många håll är det svårt utan att först minska skadorna från klövvilt. Det problemet kan motverkas med anpassad avskjutning, och även viltanpassad skötsel om den görs på landskapsnivå. Åtgärder som motverkar stormfällningsrisken minskar samtidigt risken för granbarkborreangrepp. Den minskas ytterligare genom att man undviker att föryngra med gran på torra marker, speciellt i de områden där torkrisken ökar.

Att öka arealen med lövskog och löv- och barrblandskog minskar skaderisken på flera sätt samtidigt som mångfalden gynnas. Användning av exoter kan också bidra till riskspridningen i viss omfattning, speciellt i Götaland. Också rotrötans expansion kan motverkas genom trädslagsbyte. Den motverkas även genom ökad användning av biologisk bekämpning efter gallring och slutavverkning.

Sammantaget gör författarna bedömningen att granandelen i Götaland inte bör öka mer. På sina håll bör den antagligen minska för att riskerna sammantaget ska spridas bättre.

Ökade risker för större angrepp av olika skadegörare kan också bättre hanteras via god aktionsberedskap och ett mer utvecklat internationellt samarbete som ger tidig varning. Lagstiftningen kan anpassas bättre till risken för nya skadegörare, inspektionssystemen kan utvecklas vidare och importreglerna kan skärpas kring handel med plantor och biomassa.

Risken för att skogsbrand uppstår kan minskas genom att skogsbrukets egna säkerhetsrutiner utvecklas. Möjligheterna att släcka snabbt kan förbättras genom att brandförsvarets organisation, teknik och samverkan med grannländer utvecklas.

I dag förädlas gran och tall för att träden ska anpassas till det kommande klimatet och få bättre resistens mot vissa skador. Även andra trädslag behöver förädlas på ett liknande sätt. Det är angeläget att en stor genetisk variation behålls eftersom resistensen mot nya sjukdomar kan skilja starkt mellan olika trädindivider.

Det blir ännu viktigare med en ”grön infrastruktur” för den biologiska mångfalden, bland annat genom tillräckliga kantzoner längs vatten och våtmarker. Mer hyggesfritt skogsbruk och bättre hänsyn kan också ge viktiga bidrag. Vidare behövs renbruksplaner som långsiktigt säkrar tillgången på renföda under olika väderförhållanden.

Planeringen av transporter och transportvägar i skogen behöver utvecklas ytterligare, så att risken för körskador på mark, vatten och kulturlämningar motverkas. Slutligen behövs en kartläggning av var risken för kraftig erosion är störst i landskapet, och en analys av hur den kunskapen bör användas i det praktiska bruket.

1. Bakgrund och syfte

1.1 Bakgrund

Klimatförändringarna påverkar redan skogsbruket på flera sätt; genom klimatets direkta påverkan på skogen, genom de klimatpolitiska styrmedlens påverkan och genom hur motåtgärder och anpassningar påverkar samhället i stort när det gäller energiomställning och global utveckling. År 2004 gjordes en första litteraturöversikt över kunskapsläget kring hur ett förändrat klimat kan komma att påverka den svenska skogen ur ett skogsbruksperspektiv (Sonesson m.fl. 2004). Under åren 2005–2007 genomfördes den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) med huvuddelen av de skogliga resultaten sammanfattade i en skogsstyrelserapport (Eriksson 2007). Efter detta arbete reviderades Skogsstyrelsens klimatpolicy år 2009 till att mer handla om klimatanpassning än tidigare.

På senare år har flera bredare studier/sammanställningar gjorts kring om olika skadeeffekter och hur de skapar behov av klimatanpassning inom skogsbruket, varav flera inom forskningsprogrammen Mistra-SWECIA, Future Forests och BECC (t.ex. Jönsson m.fl. 2013, Björkman m.fl. 2015, Mistra-SWECIA syntesrapport 2015, Felton m.fl. 2016 a, b och andra artiklar i Future Forests Ambio-nummer, våren 2016). En sammanställning kring problem och möjliga åtgärder har även gjorts för Östersjöregionen (Krug m.fl. 2015).

Skogsstyrelsen har sedan 2009 bedrivit en omfattande rådgivningsverksamhet kring klimatfrågan med hjälp av medel från EU:s landsbygdsprogram. Runt 25 000 skogsägare och skogstjänstemän har deltagit i utbildningsdagar, kvällsseminarier eller fått personlig rådgivning runtom i landet. Broschyrer, filmer och en bok och en internetbaserad kurs har producerats. För att nå ut till ännu fler har Skogsstyrelsen också sammanfattat rådgivning på ett sätt som är tänkt att möta skogsägare med olika målsättning i ett internetbaserat rådgivningsinstrument kallat Skogens klimatråd¹. Parallellt har skogsägarföreningar och andra rådgivande organ och intresseorganisationer också gjort stora insatser för att sprida information om klimatförändringen och tänkbara anpassningsåtgärder.

Det har på senare år gjorts en del forskning om vilken anpassning som sker i skogsbruket, om rådgivning om klimatanpassning, om olika tänkbara strategier för anpassning och om skillnader i uppfattningar mellan skogsägare och skogstjänstemän som visar på betydelsen av att man förmedlar ett brett kunskapsunderlag till alla inblandade och att rådgivningen möter skogsägarna i deras egna mål för det egna brukandet (t.ex. Bolte m.fl. 2009, Blennow m.fl. 2012, André 2013, Jönsson & Swartling 2014, Lidskog & Löfmarck 2015a, b, Ulmanen m.fl. 2015, Vulturius & Swartling 2015, Keskitalo m.fl. 2016). Här finns ytterligare lärdomar att dra inför det fortsatta informationsarbetet.

¹ www.skogsstyrelsen.se (sök efter Skogens klimatråd)

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att komplettera ovan nämnda analyser och litteraturgenomgångar och bidra till den pågående diskussionen om hur det svenska skogsbruket i olika landsdelar kan påverkas av och anpassas till kommande klimatförändringar, med hänsyn tagen till den osäkerhet som råder kring hur omfattande förändringarna blir. Syftet är vidare att tjäna som en ytterligare en länk mellan forskning och praktik.

2. Slutsatser från FN:s klimatpanel

2.1 Rapporter från FN:s klimatpanel

För en genomgång av kunskapsläget kring klimatförändringarna, deras påverkan på människa och natur samt möjliga motåtgärder på global nivå hänvisar vi till FN:s klimatpanels senaste rapporter (IPCC 2013 och 2014, WG1–3 AR5⁵). Här nedan följer några av nyckelbudskapen när det gäller den globala klimatutvecklingen och dess effekter.

2.2 Observerade globala förändringar i klimatsystemet

Uppvärmningen av klimatet är otvetydig. Atmosfären och världshaven har blivit varmare, mängden snö och is har minskat, havsnivåerna har stigit och halterna av växthusgaser har ökat sedan början av 1900-talet.

Vart och ett av de tre senaste årtiondena har varit varmare än samtliga tidigare årtionden sedan 1850. På norra halvklotet har perioden 1983–2012 sannolikt varit den varmaste 30-årsperioden under de senaste 1 400 åren.

Den ökade energin som lagrats i klimatsystemet är dominerande orsak till uppvärmningen av världshaven, mer än 90 procent av denna energi har ackumulerats mellan 1971 och 2010. Under perioden 1901–2010 har den globala, genomsnittliga havsnivån stigit med två decimeter.

Under de senaste två årtiondena har istäcket på Grönland och Antarktis minskat, glaciärer fortsätter att krympa över nästan hela världen, och Arktis havsis och norra halvklotets vårsnötäcke har fortsatt att minska i omfattning.

2.3 Ökning i koncentrationer av växthusgaser

Den atmosfäriska koncentrationen av koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och dikväveoxid (lustgas, N₂O) i atmosfären har ökat till nivåer som inte förekommit under åtminstone de senaste 800 000 åren. Koldioxidhalten har ökat med 40 procent sedan förindustriell tid (1750), främst genom utsläpp från fossila bränslen och i andra hand på grund av markanvändningen. Haven har tagit upp ungefär 30 procent av människans utsläpp av koldioxid, vilken genom kolsyrebildning har orsakat försurning av havsvattnet.

2.4 Drivkrafter bakom klimatets förändring

Människans påverkan på klimatsystemet är tydlig. Analyser av observerade data och modellstudier över temperaturförändringar, återkopplingar i klimatet samt förändringar i jordens energibudget ger tillsammans stöd för att storleken på den globala uppvärmningen är ett svar på tidigare och framtida effekter av ökade halter av växthusgaser.

⁵ Källa: Naturvårdsverkets hemsida 2014–07.

Dessa haltökningar har i sin tur en otvetydig koppling till människors aktiviteter, som exempelvis förbränning av fossila bränslen, avskogning, dikning och annan degradering av mark som innebär minskade kollager, djurhållning av idisslare som avger metan och förbränning och användning av gödselmedel på sätt som medför utsläpp av lustgas.

2.5 Framtida klimatförändring och behov av åtgärder

Ökningen i den globala medeltemperaturen jämfört med förindustriella nivåer kommer sannolikt att överstiga 1,5°C för samtliga klimatscenarier (Representative Concentration Pathways, RCP, se avsnitt 3.1 nedan) med undantag för RCP2.6. Den kommer sannolikt att överstiga 2°C för RCP6.0 och RCP8.5, och mer sannolikt än inte, överstiga 2°C för RCP4.5. Samtliga RCP-scenarier utom RCP2.6 visar på fortsatt uppvärmning bortom år 2100. Den globala uppvärmningen kommer att fortsätta uppvisa variationer mellan år och årtionden och kommer inte att vara lika i alla regioner.

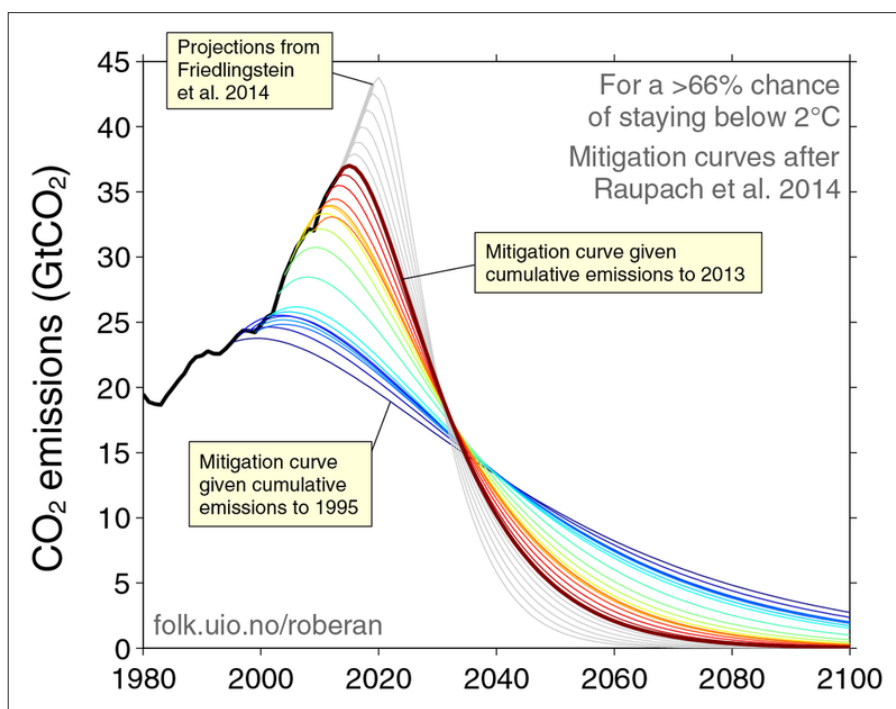
Det är mycket sannolikt att Arktis havsis fortsätter att krympa och bli tunnare samt att det norra halvklotets vårsnötäckning fortsätter att minska i takt med uppvärmningen.

Kontrasten i nederbörd mellan blöta och torra regioner och mellan blöta och torra årstider kommer att öka, även om det kan förekomma regionala undantag. Världshaven kommer att bli varmare och den genomsnittliga havsytenivån kommer sannolikt att stiga snabbare under 2000-talet, för alla utsläppsscenarier.

Klimatförändringen kommer att påverka processer i kolets kretslopp på ett sätt som kommer påskynda ökningen av koldioxid i atmosfären. Ytterligare upptag av kol i haven kommer att öka havsförsurningen.

De kumulativa koldioxidutsläppen avgör till stor del ökningen i den globala medeltemperaturen fram till slutet av 2000-talet och bortom. De flesta aspekter av klimatförändringen kommer att vara bestående under många århundraden även om koldioxidutsläppen upphör. Detta innebär ett omfattande åtagande över flera århundraden skapat av tidigare, nuvarande och framtida koldioxidutsläpp.

Fortsatta utsläpp av växthusgaser kommer att orsaka fortsatt uppvärmning och förändringar i alla delar av klimatsystemet. För att begränsa klimatförändringen krävs omfattande beständiga minskningar av växthusgasutsläppen. Figur 2.1 visar hur mycket de globala emissionerna av växthusgaser måste minska för att det finnas minst 66 procent chans att den globala temperaturökningen håller sig under 2°C (det så kallade tvågradersmålet). Figuren åskådliggör hur mycket snabbare utsläppsminskningen måste ske för varje år vi skjuter den framåt.



Figur 2.1. Beräkning över hur de globala emissionerna av växthusgaser (räknat som koldioxidekvivalenter) behöver minska för att chansen ska vara minst 66 procent att den globala temperaturökningen håller sig till maximalt två grader över den temperatur som rådde i det förindustriella klimatet (Raupach m.fl. 2014).

I medeltal ger RCP4.5 en höjning av den globala medeltemperaturen på ca två grader i de meteorologiska simuleringarna. Sannolikheten att det blir mer är således ganska stor. Om målet att hålla klimatförändringen under två grader ("tvågradersmålet") inte klaras innebär det att människan med större säkerhet orsakar "en farlig påverkan" på det globala klimatet. Det är således högst önskvärt att vi (globalt) snarare lyckas följa RCP2.6 så nära som möjligt. Även i detta scenario blir klimatförändringen påtaglig på våra breddgrader jämfört med det man oftast menar när man säger "normalklimatet", det vill säga det klimat som rådde 1961–1990. Redan perioden 1991–2010 var cirka en grad varmare för svensk del.

Fortsatt klimatförändring hotar ekosystem och arters existens, i allt högre grad ju större den blir. Den hotar människors tillgång till vatten, matförsörjning och hälsa i stora regioner, i synnerhet där den kombineras med fattigdom. Där sådan påverkan finns är risken stor att klimatförändringar kan finnas med som en av flera bakomliggande orsaker till politiska konflikter befolkningsgrupper emellan.

3. Hur ändras klimatet i Sverige?

Källa till informationen i hela detta kapitel är SMHI:s hemsida Klimat i förändring där inget annat anges³. Förändringarna som beskrivs gäller för perioden 2071–2100 relativt 1961–90 om inget annat anges.

Om de globala utsläppen utvecklas enligt scenariot RCP4.5 beräknas det svenska klimatet att ha ändrats enligt följande till perioden 2071–2100 jämfört med 1961–1990:

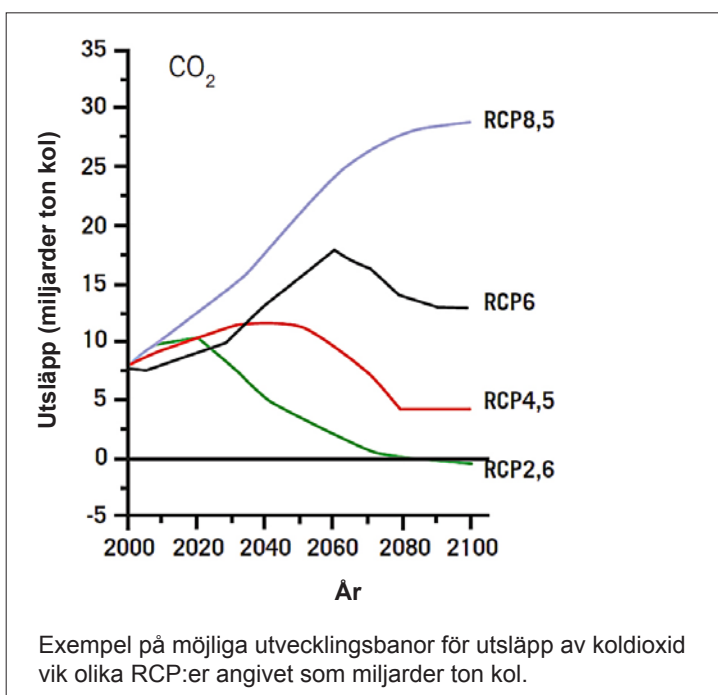
- Årsmedeltemperaturen har ökat med runt tre grader. Mer av höjningen infaller vintertid än sommartid. Höjningen är större i norr än i söder.
- Vegetationsperioderna är 1–2 månader längre, med större skillnad i söder än i norr.
- Årsnederbörden har ökat med 15–20 procent, mer i norr och mindre i söder. Förändringen beräknas bli större under vår- och vintermånader, speciellt i norra Sverige och mindre under sommar och höst, speciellt i södra Sverige.
- Frekvensen av åskväder har troligen ökat.
- Grundvattennivåerna är i medeltal högre vinter och vår, speciellt i Norrland.
- Markerna har överlag blivit torrare under våren och sommaren i Götaland, Svealand och längs delar av norrlandskusten.
- De starkaste byvindarna har blivit något kraftigare i södra Götaland och något svagare i norra Norrland.

3.1 Vilka beräkningar har gjorts

I rapporten från arbetsgrupp 1 inom FN:s klimatpanel återfinns en redogörelse av de utsläppsscenarioer man räknat på denna gång. Utsläppsscenarioet RCP8.5 innebär att världen och energianvändningen fortsätter att förändras enligt business-as-usual, inklusive befolkningstillväxt och ökad energianvändning, samt att man inte lyckas sänka utsläppen alls ytterligare. RCP2.6 förutsätter omfattande sänkningar av utsläppen i industriländerna relativt snart medan RCP4.5 beskriver en medelväg. Det är mycket sannolikt att RCP4.5 innebär att 2-gradersmålet överskrids, vilket i så fall innebär att vi människor med större säkerhet orsakar ”en farlig påverkan” på det globala klimatet. Det är således högst önskvärt att man kommer överens om att följa RCP2.6 så nära som möjligt. Om man skulle lyckas med det blir klimatförändringen för Sveriges del mindre än för RCP4.5, men fortfarande påtaglig jämfört med normalklimatet.

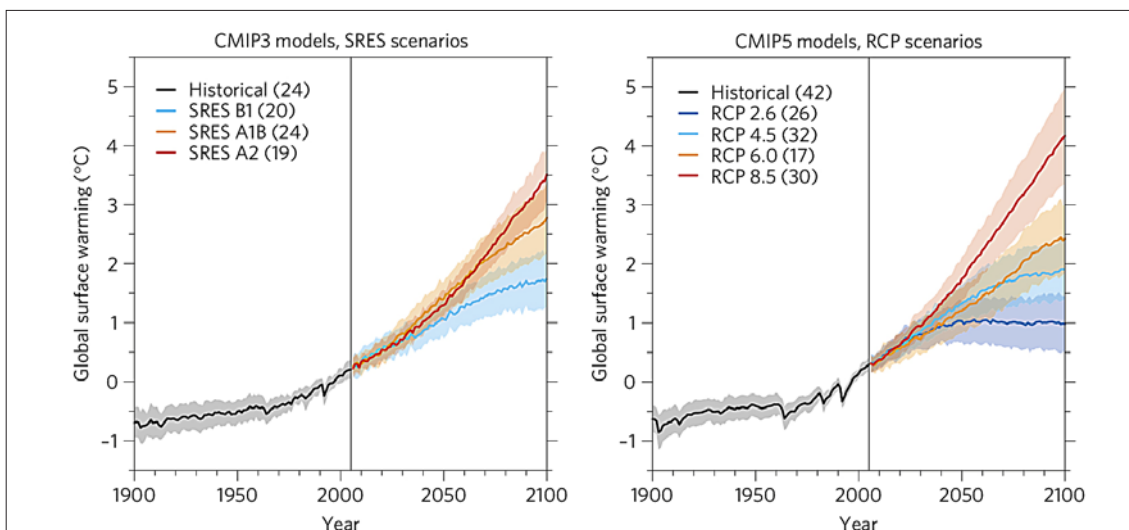
Utifrån globala indata har man på det forskningscentrum som är knutet till SMHI (Rossby Centre) räknat på effekter i norra Europa utifrån en geografisk beskrivning med högre upplösning än vad man har i de globala modellerna. Man har hittills främst försökt skatta fortsatta förändringar för utsläppsscenarioerna RCP4.5 och RCP8.5 (*figur 3.1*), samt för ett äldre scenario (A1B) som ligger emellan dessa, med hjälp av en ensemble av olika globala och regionala klimatmodeller.

³ www.smhi.se/klumat/ (nov 2015).



Figur 3.1. Utsläppens utveckling för några olika scenarier som IPCC tagit fram på senare år³.

RCP4.5 påminner om tidigare ofta använda B2 i det att båda scenarierna runt år 2100 har nått en ökad uppvärmning som motsvarar cirka 4,5 W/m² eller nära två grader i medeltal på jordytan (figur 3.2). Tidigare använda A2 når cirka 6 W/m² medan RCP8.5 når 8,5 W/m² och beräknas ge över 4 grader ökning av den globala medeltemperaturen. A1B låg mellan B2 och A2.

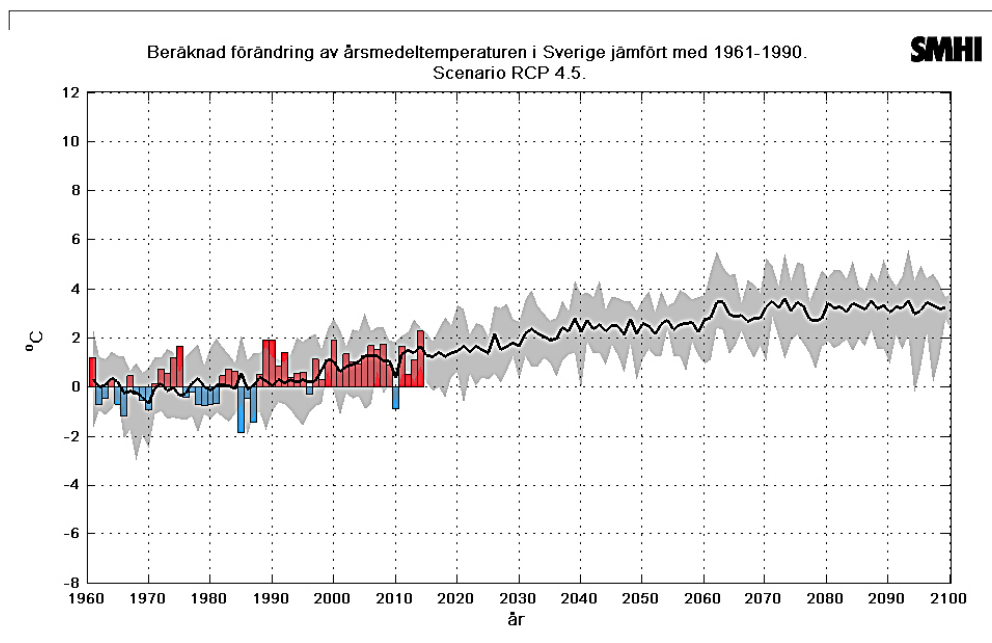


Figur 3.2. Jämförelse mellan skattad global uppvärmning för några äldre och några nyare scenarier för utsläppens utveckling (källa: www.IPCC.ch)⁴.

⁴ Sammanställd av Lars Barring till Klimatforum – nov 2014.

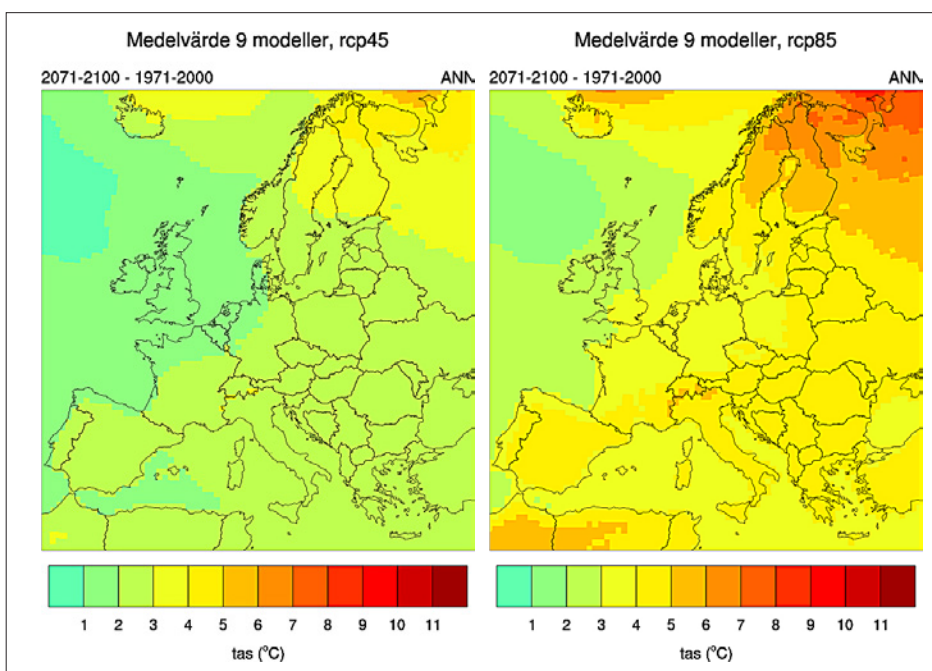
3.2 Temperatur och vegetationsperioder

För nordliga latituder beräknas temperaturökningen bli större än för det globala medelvärdet. För Sverige som helhet var perioden 1991–2010 cirka en grad varmare än perioden 1961–1990 (*figur 3.3*), medan den globala temperaturförändringen samma period skattas till cirka en halv grad.

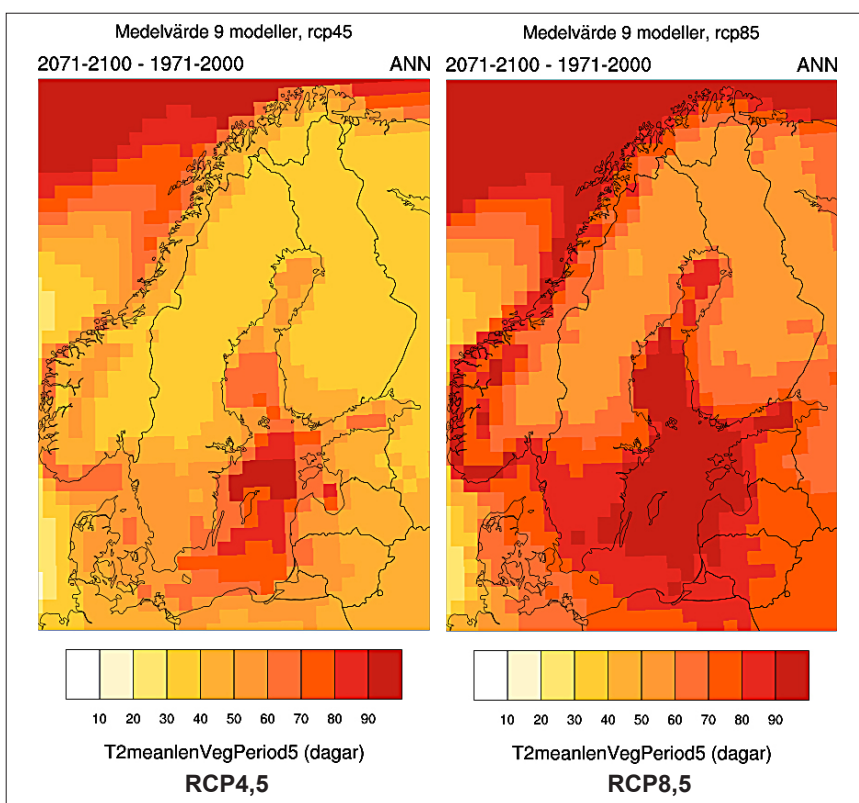


Figur 3.3 Beräknad förändring av årsmedeltemperaturen jämfört med 1961-90 för scenario RCP4.5³. Staplarna visar uppmätta värden.

RCP4.5 beräknas ge en höjning på 2–3 grader i södra Sverige och 3–4 grader i norra Sverige (*figur 3.3*). Med en sådan temperaturhöjning kommer trädgränsen att flytta sig ca 500 m uppåt i höjdlängd. Om RCP8.5 blir verklighet blir ökningen nära dubbelt så stor (3–7 grader). Så länge utsläppen fortsätter att ligga närmast detta scenario fortsätter medeltemperaturen i Sverige således att öka med 0,3 till 0,7 grader per decennium. Varje grads höjning motsvarar ungefär 15 mils sydflyttning av temperaturklimatet eller 140 meter nedåt i höjd över havet (*figur 3.4*).



Figur 3.4. Skattad temperaturökning i grader för Europa till perioden 2071–2100 jämfört med 1971–2000 för RCP4.5 (vänster) och RCP8.5 (höger)³.



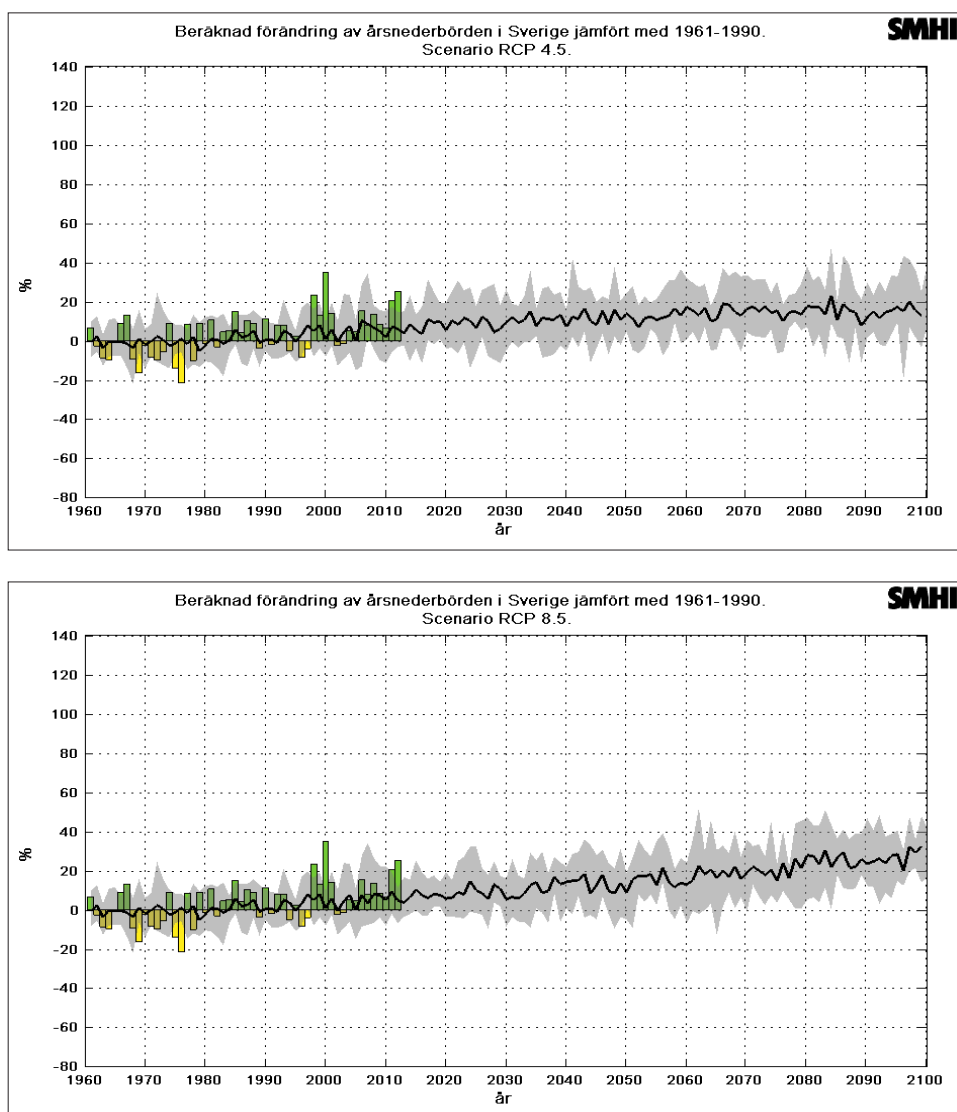
Figur 3.5. Vegetationsperiodens förändring 2071–2100 jämfört med 1971–2000 skattad för RCP4.5 respektive 8.5³.

Vegetationsperiodens längd beräknas öka med en till två månader i hela landet för RCP4.5 och 2–3 månader för RCP8.5 till 2070–2100 relativt 1960–90. Trots att temperaturökningen blir större i absoluta tal i norra Sverige (*figur 3.4*) förlängs vegetationsperioderna mer i söder (*figur 3.5*). Det beror på att det framförallt är minusgraderna som flyttar sig närmare nollan.

Sådana värmeböljor som uppträdde med tjugo års mellanrum 1961–90 beräknas uppträda med fem års mellanrum 2071–2100 om utsläppen följer A1B (Nikulin m.fl. 2010). Perioder med tvåsiffriga kallgrader blir ovanligare.

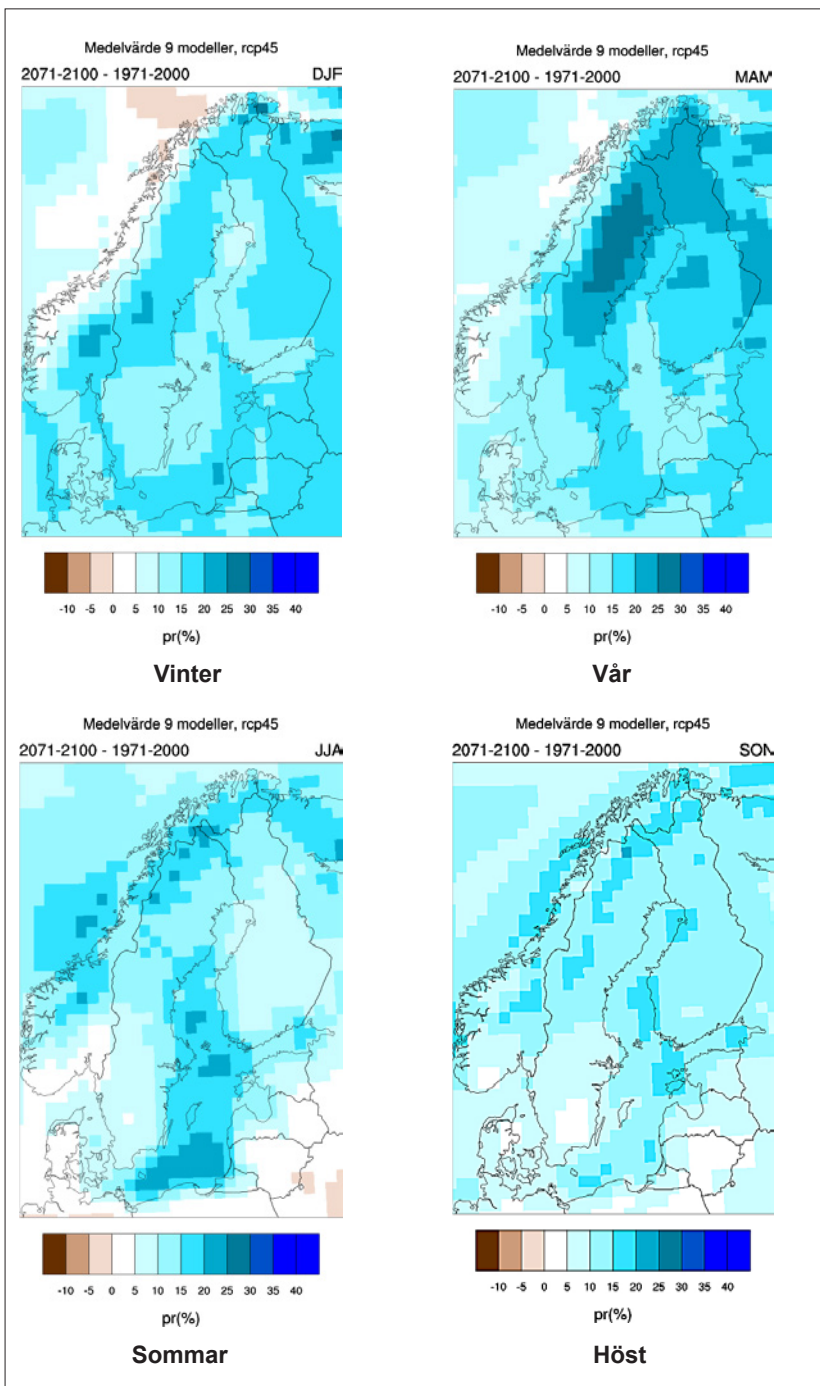
3.3 Nederbörd och torka

Nederbörden över Sverige förväntas öka till perioden 2071–2100 med 15–20 procent jämfört med 1960–90 för RCP4.5 och ytterligare cirka 10 procent för RCP8.5 (*figur 3.6*). En viss ökning syns redan i SMHI:s statistik för senare decennier.



Figur 3.6. Beräknad förändring av årsnederbörden i Sverige i procent jämfört med 1961-1990 för RCP4.5 (ovan) och RCP8.5 (nedan)³.

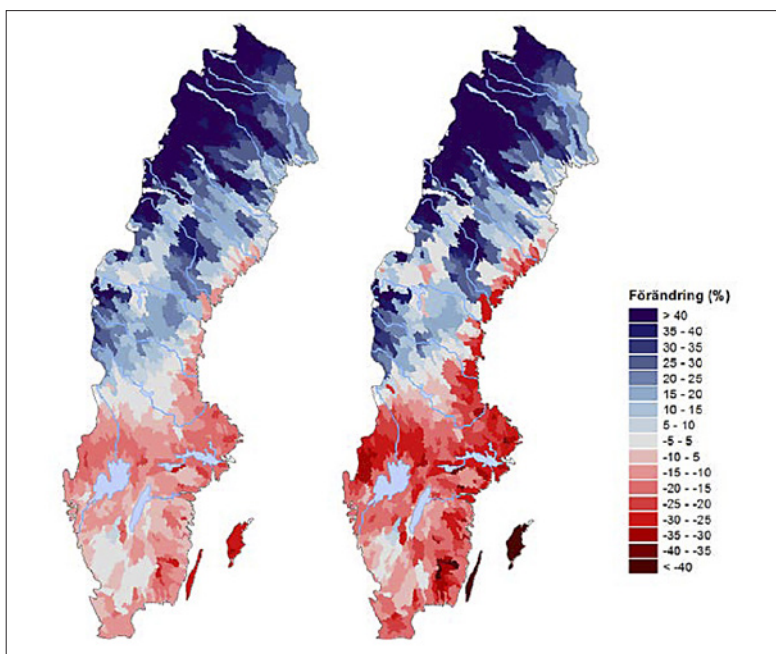
I högre grad än för temperaturen gäller att variationen är stor mellan olika år och olika decennier. Nederbördsökningen för RCP4.5 beräknas bli allra störst under mars till maj i Norrland (*figur 3.7*). I Götaland och större delen av Svealand beräknas ökningen bli liten eller ingen alls under sommar och höst.



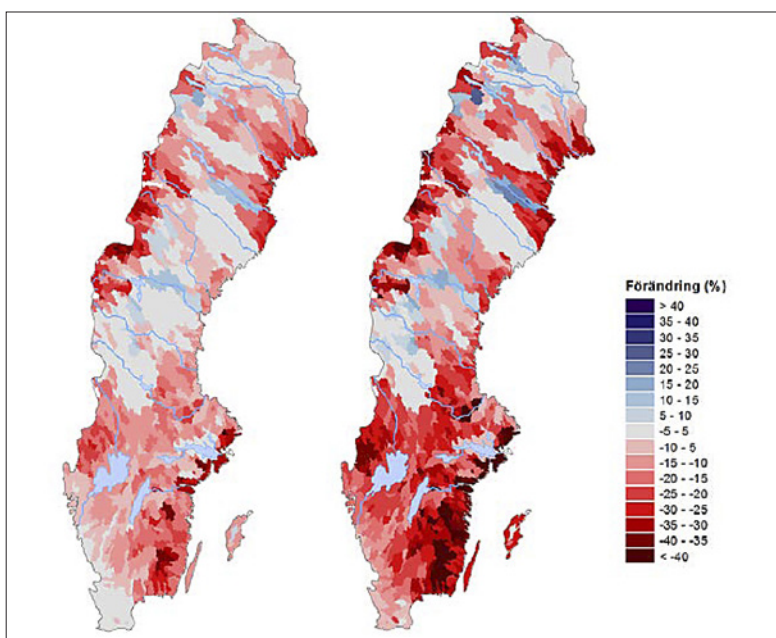
Figur 3.7. Skattad nederbördsförändring (procent) 2070–2100 jämfört med 1971–2000 för RCP4.5. Förändringen i nederbörd beräknas bli större under vår- och vintermånader, speciellt i norra Sverige och mindre under sommar och höst, speciellt i södra Sverige³.

I hela landet gäller att antalet dagar med kraftig nederbörd förväntas öka, för RCP4.5 med 4–8 dagar och för RCP8.5 med 6–12 dagar (www.smhi.se). Dessa dagar är spridda över året. Att regnet i något högre grad faller i samband med åska kan också göra att

nederbörden blir ojämnare fördelad i landskapet under sommaren. Som följd av varmare vintrar med mer nederbörd blir snöfallet ojämnare och blötare. I medeltal minskar snötillgången över tiden. För RCP8.5 beräknas förändringsmönstret bli likartat trots att ökningen blir dubbelt så stor. Ökningen blir emellertid då stor även under december-februari i Norrland och sommaren blir jämförelsevis torrare i södra Sverige.

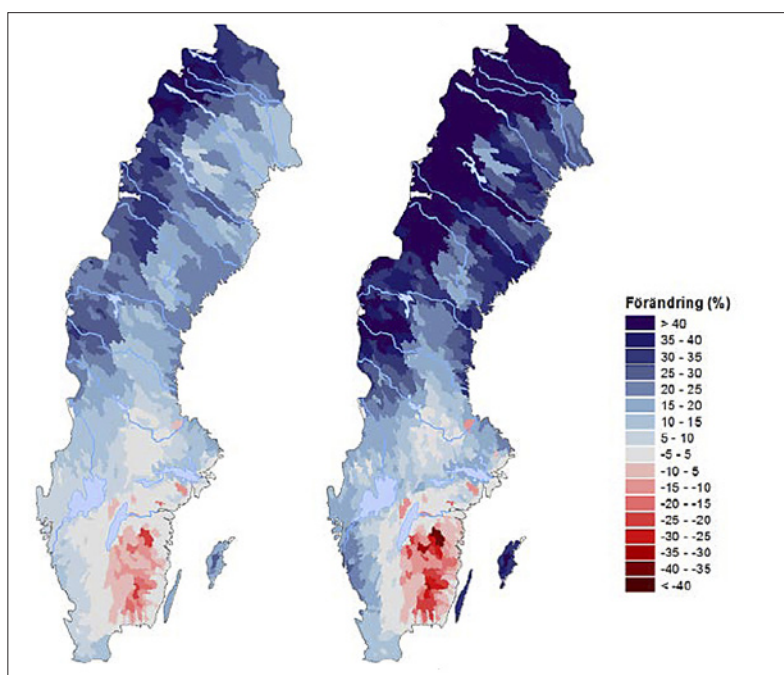


Figur 3.8a. Skattad förändring (procent) av vattentillgång för våren (mars, april och maj) mellan referensperioden 1963–1992 och perioden 2069–2098 för RCP4.5 till vänster och RCP8.5 till höger⁵.

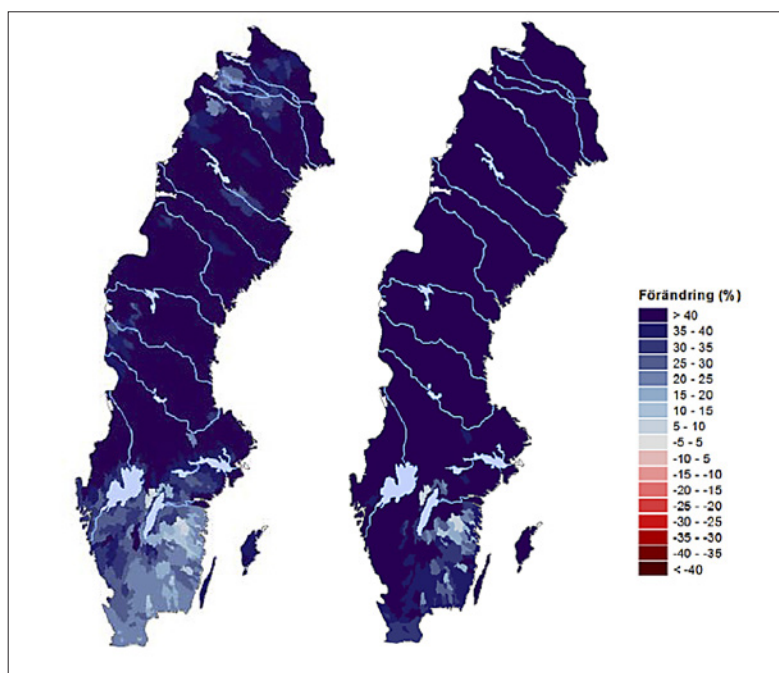


Figur 3.8b. Skattad förändring (procent) av vattentillgång för sommaren (juni, juli och augusti) mellan referensperioden 1963–1992 och perioden 2069–2098 för RCP4.5 till vänster och RCP8.5 till höger⁵.

⁵ Eklund m.fl. (2015).



Figur 3.8c. Skattad förändring (procent) av vattentillgång för hösten (september, oktober och november) mellan referensperioden 1963–1992 och perioden 2069–2098 för RCP4.5 till vänster och RCP8.5 till höger⁵.



Figur 3.8d. Skattad förändring (procent) av vattentillgång för vintern (december, januari och februari) mellan referensperioden 1963–1992 och perioden 2069–2098 för RCP4.5 till vänster och RCP8.5 till höger⁵.

Den del av året som det finns ett sammanhängande snötäcke blir minst en månad kortare i alla scenarierna för 2071–2100 relativt 1961–90. I Skåne och längs Götalandskusten försvinner snön så gott som helt i medeltal. Delar av Svealand och Norrlandskusten får mellan två och fyra månaders förkortning av snösäsongen. 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.

Risken för sammanhängande perioder utan regn kommer att ändras relativt lite i Sverige, med en-två dagars förkortning av den i genomsnitt längsta regnfria perioden per år i större delen av landet och en viss ökning bara längs kusten längst i söder (www.smhi.se). Avdunstningen och växternas transpiration ökar emellertid till följd av högre temperaturer under växtsäsongen och risken för marktorka beräknas sammantaget öka under våren i nästan hela Götaland och Svealand och längs kusten i södra Norrland (*figur 3.8a*). Under sommaren beräknas risken för marktorka öka i större delen av landet (*figur 3.8b*). Även under hösten beräknas risken för marktorka öka i östra Götaland (*figur 3.8c*).

Vintertid beräknas markvattentillgången öka i större delen av landet, liksom den gör höst och vår för stora delar av Norrland (*figur 3.8b-d*).

Nettoeffekten av ökad nederbörd och avdunstning beräknas innebära genomsnittligt höjda grundvattennivåer med mellan en och ett tiotal centimeter i större delen av landet. I de sydöstra delarna av landet kan grundvattennivåerna däremot komma att sjunka.

3.4 Frekvens av nollgenomgångar

Enligt redovisningen på SMHI:s hemsida kommer antalet nollgenomgångar – tillfällen då temperaturen passerar nollstrecket uppåt eller nedåt – totalt sett att minska över året i hela landet. Under själva vintermånaderna ökar emellertid frekvensen i norra Sverige för både RCP4.5 och 8.5. Eftersom nederbörden vintertid ökar kan ändå risken för en kombination av nederbörd och temperatur nära nollan öka.

3.5 Vattenflöden

I landets södra delar väntas mycket av vinternederbörden att falla som regn istället för snö. Det leder till att vattenflödena under vintern beräknas öka och att vårfloren blir mindre tydlig eller uteblir helt. Under vintern ökar här risken för översvämning i många vattendrag och sjöar, främst i systemen med stora tillrinningsområden. Även i de norra delarna av landet förväntas vårfloren minska och komma tidigare. Under somrarna, däremot, visar klimatscenerierna på lägre vattenflöden och längre perioder med låga flöden. Sammantaget minskar översvämningens riskerna i medeltal.

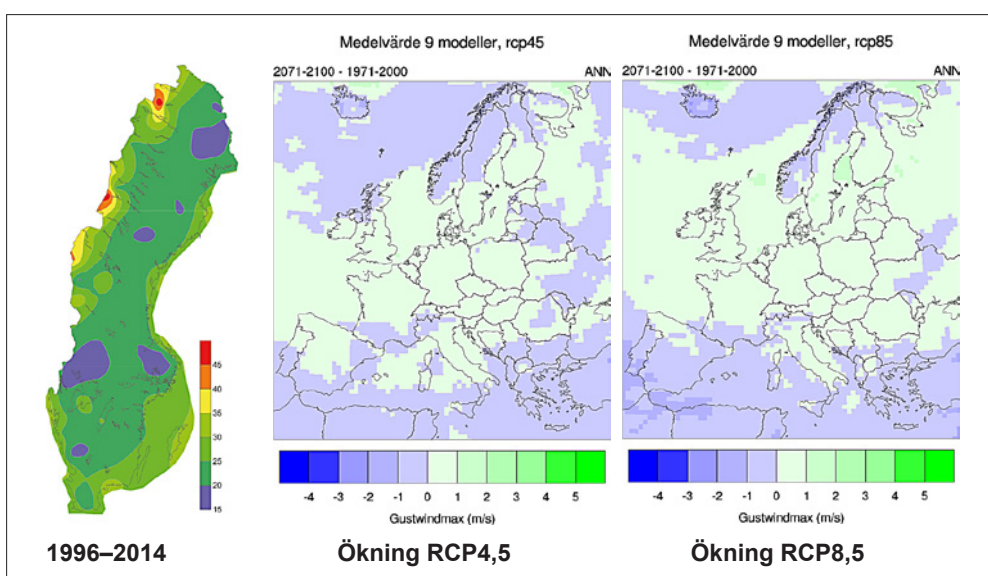
De allra högsta vattenflödena (med en återkomsttid av 100 år) i vattendragen beräknas öka i stora delar av landet, utom i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand där de högsta flödena skapas av snösmältning under våren (Eklund m.fl. 2015).

3.6 Vindklimat

SMHI har genomfört en historisk analys av hur den geostrofiska vinden varierade mellan 1951 och 2008 (Wern och Bärring, 2009). Sverige delades upp i totalt nio större triangelformade områden. Denna undersökning visade att den sammanvägda trenden av årets högsta vindhastighet i Sverige visade en svag ökning som inte var statistiskt signifikant. I gengäld minskade medelvindhastigheten med 4 procent och energin i vindarna

med 7 procent för hela landet under perioden. Medelvindhastigheten och därmed den potentiella vindenergin minskade i tio av de elva trianglarna. För fyra trianglar i norra Sverige är denna minskning statistiskt signifikant.

Vindklimatet är svårare att modellera än temperatur och nederbörd. Skattningarna tyder på relativt små förändringar, men osäkerheten är således stor. Både för RCP4.5 och 8.5 indikerar SMHI:s beräkningar att årets maximala byvind kommer att bli cirka en halv sekundmeter starkare i södra Götaland till 2071–2100 jämfört med 1960–90 (figur 3.9). Förändringen minskar sedan norrut och vänder till en lika stor minskning för norra Norrland. En skillnad är dock att RCP8.5 verkar kunna medföra en ökad hastighet på den maximala byvinden i Bottenhavet. En annan analys som också baserades på flera klimatmodeller visade en svag tendens till ökning av de starkaste vindhastigheterna norr om 45:e breddgraden i Europa med 1–2 sekundmeter för A1B (Nikulin m.fl. 2010).



Figur 3.9. (m/s) Årets maximala byvind i genomsnitt för åren 1995/96 till 2013/14 till vänster samt skattad ökning till 2071–2100 relativt 1971–2000 för RCP4.5 och 8.5³.

3.7 Havsyntans läge

Havsyntan kommer med stor sannolikhet att fortsätta stiga under detta sekel på global nivå. Det innebär då att södra Götalands stränder sjunker. Landhöjningen i norra Norrland beräknas emellertid att överstiga denna allmänna havsnivåhöjning även framåt i tiden, medan det väger mer jämnt längs kusten utmed Svealand och södra Norrland.

3.8 Jämförelser med dagens klimat söder över

För norra Sverige gäller i hög grad att man kan titta söderut inom landet för att förstå vilket klimat som kan väntas och vad det kan betyda för ökad tillväxt och förändringar i skaderisker. Varje grads ökning av årsmedeltemperaturen motsvarar cirka 15 mils sydflyttning och bor man i en höglänt del av landet kan man också titta 140 meter nedåt i höjddled (jfr avsnitt 3.2).

Frammot 2071–2100 kommer sannolikt Götalands temperaturklimat att likna det man idag finner i Polen/Tyskland (RCP4.5) eller Frankrike (RCP8.5) på jämförbara höjdlägen. Årsmedelnederbörden kommer sannolikt också att likna den i Tyskland/Frankrike i båda scenarierna, med skillnaden att den är högre på sommaren och lägre på vintern. Kombinationen av sommarnederbörd och temperaturer vår t o m höst finner man närmast på Irland och södra England.

Till följd av brantare solinstrålning söderöver är dock avdunstningen snabbare och luftfuktigheten oftare högre vid samma temperatur, så länge det finns fukt som kan dunsta. Vidare har Europas atlantnära områden högre hastigheter på de kraftigaste byvindarna än vad Sveriges kustregioner har att vänta i framtiden enligt resultaten från klimatsimuleringarna (*jfr ovan*).

Ytterligare en faktor, som påverkar möjligheterna att lära om framtida risker för skogsbrukets del ifrån länder söderöver är att berggrund och markförhållanden typiskt skiljer sig. Den skandinaviska granit- och gnejsdominerade berggrunden gör att relativt kalk- och näringsfattiga och grovkorniga jordar dominerar här, speciellt för skogsmarkens del. Skåne och Halland har emellertid en hel del skogsjordar av mer europeiskt snitt. Det finns också stora arealer sandmarker som liknar de svenska sandmarkerna i länderna söder om Östersjön.

4. Hur påverkas skogen?

4.1 Biologisk mångfald, friluftsliv och rennäring

Även med en lyckad global omställning till mindre utsläpp av växthusgaser blir förändringarna i temperatur och nederbörds klimat betydande ur biologisk synvinkel i Sverige och kommer att påverka alla delar av den biologiska mångfalden (jfr FU Levande skogar 2015 och Naturvårdsverket 2015). Exempelvis kommer torkkänsliga arter att få mindre utrymme där det blir vanligare med sommartorka, vilket ser ut att kunna gälla Götaland, Svealand, nordöstra Norrland och även fjällen. Färre stränga vintrar bör innebära att vissa arter kommer att trängas norrut när konkurrensen ökar från arter anpassade till ett sydligare klimat ("termophilization"). En sådan trend är redan påvisad för provytor som följs med avseende på markvegetation i södra Sverige (Brunet & Hedwall 2015) och i tempererade skogar i Europa och Nordamerika (De Frenne m.fl. 2013). Skogarna tätar till följd av ökad tillväxt, vilket också påverkar fält- och markvegetationens mängd och artsammansättning (Brunet & Hedwall 2015, jfr trenden för "mark utan fältskikt" i Skogsdata 2014).

En positiv faktor är att Fennoskandia tillhandahåller geologiskt sett likartade förhållanden för många livsmiljöer i en nordsydlig gradient (kustfjällgradient i norra delarna). Det är dock osannolikt att anpassningen till ett nordligare ljusklimat kan hålla samma takt som klimatförändringens hos alla arter. Mönster för betes-, skade- och predationstryck och konkurrensförhållandena mellan arter kommer således att förändras i viss mån under migrationen norrut.

Det finns sannolikt även en indirekt påverkan på många arter via förändringar i markanvändning som beror av klimatförändringen, dels i form av klimatanpassning, dels via åtgärder som görs för att motverka klimatförändringen (jfr Felton m.fl. 2016a). Omloppstider kan förkortas eller förlängas. Ökade ambitioner att ge fler trädslag plats i landskapet och att spara löv för viltets skull kan verka i positiv riktning. Varmare vintrar gör att problemen med körskador på mark lättare ger följdverkningar i vattendrag via uttransport av sediment och humusämnen, såvida man inte motverkar detta via bättre planering och teknik i skogsbruket (jfr *nedan*). Varmare vintrar möjliggör också förändringar i populationerna av växtätare, vilket dels kan ge en direkt påverkan om inte avskjutningen av jaktvilt anpassas⁶, dels en indirekt påverkan om granskog breder ut sig på tallskogens bekostnad och självföryngring av värdefulla trädslag (till exempel rönn, asp, sälg och ek) betas bort i högre grad än vad som är önskvärt för att återställa tillgången på dessa trädslag i skogen.

Ökad frekvens av skogsskador kan påverka både positivt och negativt. En ökad vilja att motverka riskerna för klimatgynnade skador kan å andra sidan medföra ökad satsning på blandskog och andra trädslag än gran, samt ökad tillämpning av hyggesfria metoder (jfr *kapitel 5*). Tillåtelse att få använda giftbekämpning vid extrema skadehändelser skulle å andra sidan även kunna skada populationer av arter som är besläktade med skadegöraren.

⁶ Även rovdjurens populationsutveckling påverkar.

Åtgärder för att minska användningen av icke förnybara energi- och råvarukällor kan resultera i ökad efterfrågan på skogsbiomassa. Det kan medföra ökat intresse för uttag av grenar, toppar och stubbar, gödsling och annan produktionsoptimering (kortare omloppstider, färre gläntor, enbart högproduktiva trädslag, med mera), vilket i sin tur kan få negativa effekter på mångfalden, såvida man inte samtidigt utvecklar naturhänsynen i andra delar av skogen (Ranius m.fl. 2014). Ett areellt omfattande uttag av stubbar har betydligt större potential att reducera populationer av hotade arter än motsvarande uttag av grenar och toppar (Johansson m.fl. 2015).

Skogens värde för rekreation kan påverkas olika sätt, dels via ovan nämnda faktorer, dels om det blir vanligare med olika sjukdomsspridande organismer (jfr Gubler m.fl. 2001) (här exempelvis fästingar och dvärgbandmask). Kortare omloppstider minskar blåbärstillgången och kan öka hyggesandelen i landskapet. Möjligheterna till skidåkning kommer sannolikt att försämrats över tiden, även om ökad nederbörd under vintern håller emot under en övergångstid.

Rennäringen påverkas negativt av klimatförändringen på flera sätt, bland annat genom att risken för hård skare på vinterbetesmarkerna sannolikt ökar (Löf m.fl. 2012a). Genom en utvecklad samplanering mellan rennäringen och skogsbruket kan tillgången på vinterbete bättre säkras och en negativ utveckling motverkas eller lindras (Löf m.fl. 2012a).

4.2 Skogstillväxt, självföryngring och virkeskvalitet

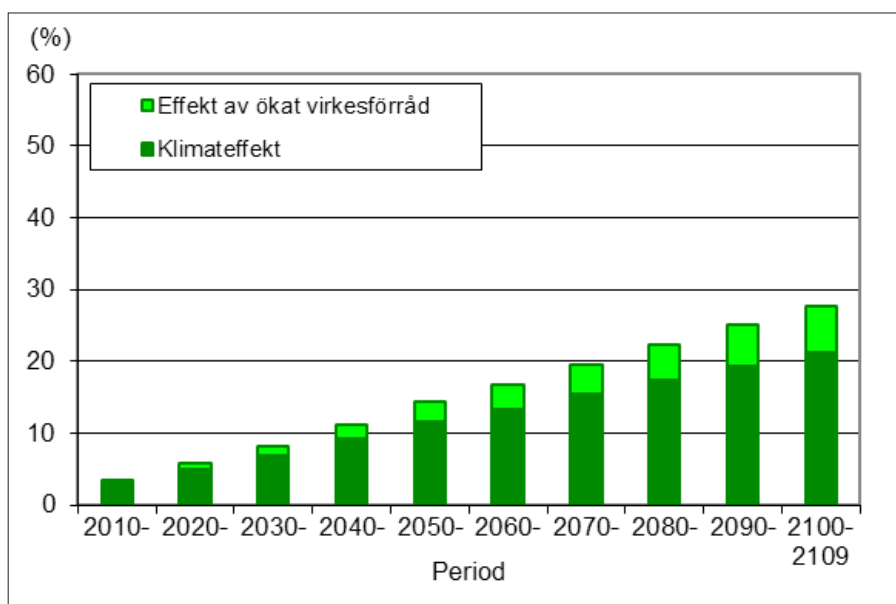
Tillväxt

Effekten på skogstillväxten av fortsatta klimatförändringar och fortsatt höjning av koldioxidhalten är komplex till sin natur. Nettoeffekten på en viss ståndort går via förändringar i värme, vattentillgång, molnighet och vegetationsperiodens längd. Den sistnämnda faktorn är oftast den allra viktigaste i Sverige tillsammans med förändringar i vattentillgång på marker där vattenunderskott kan förekomma. För större delen av landet (i söder och öster) minskar vattentillgången under större delen av vegetationsperioden (jfr figur 3.8a-c och avsnittet om torka nedan). Gran och tall styrs av temperaturen i tillväxtstarten, och kan därför börja växa allt tidigare med tiden. Tillväxtens avslutning styrs emellertid mer av ljusklimatet så för att träden ska kunna ta tillvara mer av de allt varmare höstarna krävs ett klimatanpassat plantmaterial. För vissa lövträd, till exempel bok, styrs även tillväxtstarten av ljusklimatet (Eriksson (red), 2007⁷).

Inom SKA 15-projektet (Skogliga konsekvensanalyser 2015) utvecklades den del i modellpaketet Heureka som baseras på en processbaserad tillväxtmodell och som förmår hantera förändringar i klimatet (Eriksson m.fl. 2015). Modellen är avsedd att någorlunda riktigt beskriva effekten av förlängd tillväxtperiod och förändrad temperatur och vattentillgång dag för dag i det prognosticerade klimatet för respektive utsläppsscenario (dygnsmedelvärden fås från SMHIs regionala klimatmodell). Modellen tar hänsyn till att bestånd med hög barr- eller lövbiomassa förbrukar mer vatten men kan också bättre tillgodogöra sig mer solinstrålning under växtsäsongen. Denna processmodell tilläm-

⁷ Input av J. Bergh, Linnéuniversitet.

pades sedan i kombination med etablerade empiriskt baserade tillväxtfunktioner vars styrka är att de väl speglar hur tillväxten varierar med trädslag, ståndortsfaktorer och beståndets ålder och utformning. Heureka har sedan några år ersatt HUGIN som det modellpaket som används till Skogsstyrelsen och SLU:s återkommande avverkningsberäkningar och skogliga konsekvensanalyser.

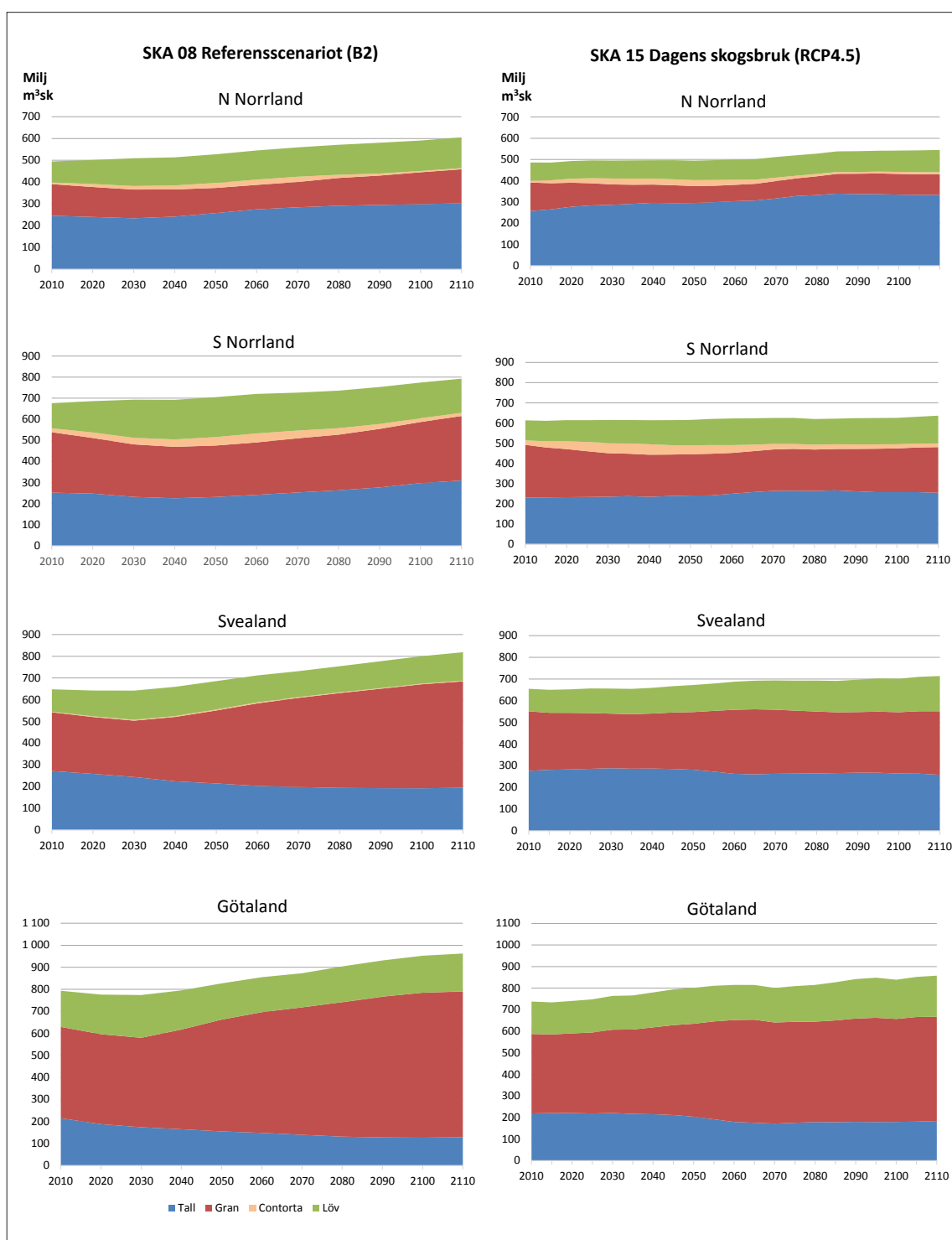


Figur 4.1. För så kallade virkesproduktionsmark: Tillväxtens ökning uppdelat på klimat effekt (mörkgrönt) och effekt av ökat virkesförråd (ljusgrönt) för Dagens skogsbruk (RCP4.5)⁸.

SKA 15-analysen pekade mot att utsläppsscenario RCP4.5 i kombination med ett skötselscenario som kallas Dagens skogsbruk (se Claesson m.fl. 2015) kommer att ha resulterat i en tillväxt som, om virkesförrådet då är detsamma, är cirka 20 procent högre 2070–2100 än 1970–2000 i genomsnitt för landet (figur 4.1). Procentuellt beräknas ökningen i tillväxt bli högre i norr och i absoluta tal beräknas ökningen bli högre i söder.

Enligt SKA 15-analysen kommer scenariot Dagens skogsbruk (RCP4.5) att ge mer ensidig trädslagsfördelning på produktionsmark i Götaland (mer gran) och i norra Norrland (mer tall) (figur 4.2). Både i Svealand och södra Norrland leder dock nuvarande utveckling mot mer jämn fördelning mellan gran, tall och löv. Jämfört med resultatet från SKA 08 blir ”förgraning” av produktionsmarken i Götaland dock mindre påtaglig i SKA 15. Det beror till viss del på att mer av tillväxten avverkas i SKA 15 och att virkesförråden hindras därmed från att växa lika mycket.

⁸ Källa: Eriksson m.fl. (2015)



Figur 4.2. (milj m³sk) Utveckling och virkesförrådets fördelning på trädslag för SKA08 – referensalternativet (klimatscenariot B2) till vänster 14⁹ och SKA 15 – Dagens skogsbruk (RCP4,5) till höger på virkesproduktionsmark. Blå = tall, beige = contorta, röd = gran, grön = löv¹⁰.

⁹ Claesson m.fl. (2008).

¹⁰ Eriksson m.fl. (2015).

Självföryngring

Naturlig föryngring av barrträd underlättas på magra marker (framförallt tall) och på marker med hög markfuktighet (framförallt gran). På magra marker är det främst bristen på konkurrerande markvegetation som är förmånlig för etablering. Ett varmare klimat kommer att leda till produktivare marker och därmed sämre förutsättningar för naturlig föryngring. Ett fuktigare klimat under sommarhalvåret kommer å andra sidan ge bättre förutsättningar samtidigt som förekomsten av torrsomrar kommer att göra förutsättningarna ojämnare mellan år. Fröutvecklingen gynnas vid högre temperatur (Skogsstyrelsen 2009) vilket kommer att innebära bättre förutsättningar i norra Sverige, särskilt på höglägen där tillgången på frö med hög grobarhet är låg idag. I södra Sverige är förutsättningarna redan i dag tillräckligt goda för fröutveckling och därmed sker ingen större förändring i frötillgång. Dock kan andelen fröplantor som dör av torka öka i söder och öster.

Tillgång till lämpliga fröträd är en viktig förutsättning. Den ökade risken för stormfällning kommer att innebära en försvarande omständighet, eftersom fröträd är extra utsatta. Detta går delvis att hantera genom så kallade frihuggningar av fröträdkandidater i gallringarna, en metodik som nästan är bortglömd idag men som går enkelt att återupptäcka. Ett stort bekymmer för tallen är den kraftiga minskningen av tallföryngring idag, särskilt i södra Sverige. Detta kommer att leda till stora begränsningar i möjligheten att använda sig av naturlig föryngring av tall framöver. Granen är så pass stormkänslig att fröträdställning inte är att rekommendera idag och än mindre i framtiden. Här finns ändå vissa möjligheter att genom utglesning, luckhuggning, kanthuggning eller småhyggen tillämpa naturlig föryngring.

Det finns ett stort antal skadegörare på frön och naturligt föryngrade småplantor som kan orsaka svåra skador. Svampsjukdomar till exempel snöskytte och tallskytte som angriper tallplantor under fuktiga förhållanden är ett par exempel. Det är svårt att prognosticera svampskadegörare men mer talar för att de kommer att bli ett större problem i norr än i söder. Uppfrysning är ett stort problem vid naturlig föryngring i områden där vintertemperaturen pendlar runt noll grader. Så är fallet i södra Sverige idag och problematiken kan därför förväntas att successivt att flytta norrut.

De så kallade triviala eller ordinära lövträden (främst björk, asp och al) självföryngrar sig ofta villigt och rikligt efter olika former av störningar (björk, asp och gråal efter kalavverkningar, markberedning, bränder, översvämningar) eller på specifika ståndorter (klibbal på fuktig och blöt mark). Björk, inte minst glasbjörk gynnas av mer fuktiga förhållanden, varför man kan förvänta sig en ökning av självföryngrad björk i norr. Å andra sidan kommer ett varmare och fuktigare klimat att även gynna mark- och fältvegetation, vilket kan öka konkurrensen och motverka självföryngring av löv. Dock har troligen det sätt vi sköter skogen, inte minst kalavverkning och markberedning, betydligt större inverkan på självföryngringen av ordinära lövträd än klimatförändringarna, åtminstone på kort sikt (Holmström 2015). Asp är ett utpräglat pionjärträdsdrag och förökar sig vegetativt genom rotskottsuppslag vid störningar, exempelvis kalavverkning, framförallt om äldre aspar avverkas. Frösådd asp är däremot mer ovanligt och förekommer i princip endast i större mängd efter brand (Zackrisson 1985), varför en eventuell ökning av skogs-

bränder kan gynna förekomsten av frösådd asp. Den viktigaste faktorn för omfattningen av, och trädslagsfördelningen i, självföryngrat löv är emellertid viltstammarnas storlek. Dessa påverkas direkt av klimatförändringarna (*se nedan*) men i högre grad av hur viltförvaltningen utformas och anpassas framåt i tiden. Asp, sälg, rönn och i viss mån ek har med dagens viltstammar svårigheter att växa ur beteshöjd och bli trädbildande.

De ädla lövträden (alm, ask, avenbok, bok, ek, fågelbär, lind och lönn) begränsas av klimatet och har alla en nordlig utbredningsgräns i Sverige. Det är till stor del blomningen och frösättningen som är begränsande (Övergaard m.fl. 2007), vilket innebär att trädslagen kommer att expandera norrut i ungefär samma takt som klimatet (Koca m.fl. 2006). Expansionstakten och förmågan till självföryngring kan skilja sig åt mellan trädslag beroende på att det även kan krävas anpassning till ljusklimat. Det är inte heller troligt att de ädla lövträden kommer att expandera på bred front, då vissa arter kräver näringsrika, gärna kalkhaltiga och lerrika marker för en lyckad självföryngring, vilket inte finns i samma utsträckning i Småland och norr däröver, som i Skåne, Halland och Blekinge. Möjligheten till självföryngring och expansion norrut, beror dock troligen i ännu högre grad för de ädla lövträden, framförallt ek, på viltstammarnas storlek och omfattning.

Det finns således faktorer som talar både för ökad och minskad naturlig föryngring i framtiden. Det är svårt att värdera och väga negativa och positiva aspekter, dessutom går flera av dessa att påverka genom skogsskötselåtgärder, till exempel markberedning (Skogsstyrelsen 2009a). Naturlig föryngring innebär en mer komplicerad föryngringsprocess med fler beslut att ta i rätt tid och behov av viss skicklighet hos skogsskötaren. En allt mindre bemanning i skogsbruket kan synas motverka aktiv naturlig föryngring och gynna ett mer generaliserat förhållningssätt. Å andra sidan kan möjligheter att ståndortsanpassa föryngringsåtgärderna öka igen med hjälp av till exempel markfuktighetskartor och skogsskattningar via fjärranalys.

Effekten på virkeskvalitet

Klimatförändringarna innebär att skogsträdens förutsättningar att producera virke av olika kvalitet påverkas. Kvalitet definieras vanligen som ”lämplighet för ett ändamål” och här i texten refereras i huvudsak till de viktigaste ändamål som vi känner idag (sågtimmer, massaved och bränsleved) och som påverkar priset på rundvirke. Dock pågår en del utvecklingsarbete om förädling av virkesråvara inom kemisk industri, det vill säga en förädling av träfibrer och cellulosamolekyler till exempelvis olika bränslen samt produkter för ersättning av dagens plaster, tyger med mera. 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. Sannolikt har utformningen av skogsskötseln större inverkan på kvalitetsutvecklingen av träd än själva klimatförändringarna. Vissa förändringar och anpassningar som inverkar på virkets kvalitet kan dock komma till följd av klimatförändringarna, som exempelvis hårdare röjning och tidig gallring (*kapitel 5*).

Viktiga kvalitetsegenskaper som avspeglas i prislistor för olika virkessortiment är dimensionen på träden (diametern till en viss nivå), rakvuxenhet, mängd, storlek och typ av kvist, densitet, mekaniska skador samt skador av olika skadegörare. Flera av dessa kan påverkas av klimatförändringar på kort och lång sikt.

Sågtimmer av barrträd: Virkeskvaliteten för gran varierar mycket litet inom Sverige. 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 1*).

En hög densitet på virket brukar anses vara en viktig kvalitetsfaktor. Detta uttrycks huvudsakligen som ett krav på viss täthet på årsringarna nära mårgen. 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. 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, till exempel genom att kvistiga delar av virket avlägsnas och det kvistrena virket skarvas ihop.

Initialt kan en ökad tillväxt till och med påverka kvaliteten positivt på medelålders och äldre träd genom att dessa snabbare vallar in befintliga kvistresten 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, kvistgrovlek och densitet är faktorer som kan påverkas genom skogs-skötselåtgärder. Genom att exempelvis minska planterings- och/eller röjningsförbandet, så att träden står tätare, bromsas dimensionsutvecklingen och kvistgrovleken, medan densiteten ökar. 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 väderskador, 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 kopplad till tillväxthastighet i ungdomen. Senare i trädets liv tenderar krökarna att gradvis minska. På kort sikt innebär detta att krökarna minskar i betydelse, men att den nya skogen kan få något ökade problem med krökar.

Massaved av barrträ: Densitet har hittills inte utgjort direkt grund för prissättning på massaved. Dock finns skillnader mellan olika regionala prislistor 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 i någon högre grad hittills, även om vissa köpare betalar per vikt, men här spelar torrhalten av virket en större roll än skillnader i densitet. Däremot speglar olika prissättning för olika trädslag naturligtvis till en del olika densitet och energivärde. System för att sätta pris på bränsleveden utifrån energivärdet är nu delvis i bruk. En ökad tillväxt innebär sämre energivärde för barrträd genom lägre densitet men detta gäller inte för lövträd där densiteten i vissa fall till och med ökar vid ökad tillväxt varvid bränslevärdet förbättras.

Tabell 1. Bedömda förändringar i virkeskvalitetsegenskaper 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 ³	-	-
Bränsleved	Densitet ³	-	-
	Dimension ²	++	+++

¹ Till exempel röta, missfärgning, barkdragande kvist, sprötkvist etc.

² Påverkar vanligen inte avsalupriset idag, men påverkar skogsbrukets lönsamhet.

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

Lövträd: Effekten av klimatförändringar på virkeskvaliteten i 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, till en viss gräns. 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 lövvirkessortimentet 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, 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. Exempelvis har boktimmer av hög kvalitet haft låg efterfrågan under flera år i huvudsak beroende på modets växlingar avseende möbler och inredning.

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.

4.3 Risken för 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 stormen Gudrun 2005 fälldes 100 miljoner kubikmeter skog, varav cirka 75 miljoner kubikmeter i Sverige (Skogsstyrelsen 2006). Gudrun medförde drygt 10 procent nedsättning av tillväxten hos den kvarvarande skogen i de värst drabbade områdena under de följande tre åren (Seidl & Blennow 2012). Även under åren efter Gudrun har det skett stora vindfällningar i olika delar av landet.

Åtminstone för södra Sverige, där stormskadorna historiskt varit mest omfattande, kan trenden av ökande stormskador inte förklaras av det skulle ha blivit vanligare med stormfällande vindar. Vindklimatet har varierat i förhållandevis liten omfattning (Alexandersson & Vedin 2002, Barring & Fortuniak 2009). Att klimatet blivit mildare och blötare, vilket ger mindre fasthållande tjäle och högre grundvattenstånd vintertid, båda dera med minskad rotstabilitet till följd, kan till del förklara varför det blivit vanligare med stormskador. Samtliga större vindfällningar under senare decennier har skett under

tjälfräa förhållanden (Urban Nilsson, SLU, muntligen). Vidare har skogsbruket och skogen förändrats på flera sätt som ökar riskerna under den aktuella perioden (Blennow & Eriksson 2006). Kanske allra viktigast är att den stående volymen skog har ökat, både till följd av förändrat klimat (t.ex. Luyssaert m.fl. 2010), dikningsåtgärder, utvecklad skogsskötsel på befintlig skogsmark och återbeskogning av jordbruksmark, främst med gran. Utöver detta har skogens tillväxt även ökat till följd av kvävenedfall och den ökade skogsvolymen i sig. Trakthyggesbruket infördes på bred front på 1950-talet, blev allt mer utbrett 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 södra Sverige har dessutom ökat fram till 1990-talet och har sedan legat på en konstant nivå. Skogsbruket har i hög grad varit inriktat på att skapa trädslagsrena bestånd.

Under stormen Gudrun 2005 drabbades trädslagsblandade bestånd av mindre stormskador än trädslagsrena, särskilt vid inblandning av lövträd (främst björk) i granskog (Valinger och Fridman, 2011). 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 inte blivit vanligare med stormfällande vindar (Blennow & Olofsson 2004, Blennow m.fl. 2010).

Ytterligare minskad förekomst av tjäle kan förväntas leda i riktning mot ytterligare ökad vindkänslighet, liksom ökad frekvens av stora nederbördsmängder under stormsäsongen i enlighet med vad klimatscenerierna indikerar. Hur pass vindkänsligt det framtida skogstillståndet blir påverkas också av vilken skötsel som tillämpas och vilka trädslag vi väljer. Den förväntade ökningen av biomassaproduktionen kan innebära att träden blir vindkänsliga vid en lägre ålder.

Risken för viltbetesskador bedöms öka (*se nedan*). Det innebär att, såvida inte viltförvaltningen och/eller tekniken/ambitionen när det gäller förnygring av övriga trädslag förbättras, kommer granandelen att öka ytterligare. De flesta lövträd är mindre känsliga för storm än barrträd i allmänhet och gran i synnerhet. Detta beror till stor del på att de är avlövide när höst- och vinterstormarna kommer och utgör därmed ett mindre vindfång. I ett varmare klimat kommer emellertid lövträden att vara lövide en större andel av året och därmed bli mer utsatta för stormskador.

I den skogliga diskussionen och inom skogspolitiken lyfts det fram att en ökad användning av hyggesfria metoder är önskvärd. En sådan omläggning kan slå på olika sätt för stormskaderisken. Rent allmänt tycks skogar som har varit flerskiktade under en längre tid vara mindre känsliga för stormskador. Vid storskalig tillämpning innebär det även att andelen vindkänsliga beståndskanter minskar. Samtidigt kommer skogar som är under omställning till en flerskiktad struktur att bli känsliga för stormskador under lång tid. Hyggesfria skogsbruksmetoder gynnar dessutom gran, vilket i sig innebär ökad stormskaderisk.

4.4 Risken för insektsskador

Granbarkborre

Åren efter stormarna Gudrun och Per, 2006–2009, dödades över tre miljoner kubikmeter stående skog av granbarkborre (källor i Jönsson m.fl. 2011). Den åttatandade barkborren = granbarkborren (*Ips typographus*) hinner idag ofta med två färdigutvecklade generationer under en vegetationsperiod i Danmark och söderut, vilket hittills varit ovanligt i Sverige. Med längre och varmare växtsäsonger (figur 3.4 och 3.5) kan troligen en allt större andel av årets avkommor hinna bli klar och själv svärma mitt på sommaren och få en fullt utvecklad andra generation till hösten. Datasimuleringar utifrån IPCCs klimatscenarier talar för att detta kan bli i stort sett årligen förekommande ända upp i mellersta Sverige när vi når perioden 2071–2100 (Jönsson m.fl. 2007, Jönsson & Bärning 2011b). År 2014 förekom sannolikt dubbla generationer så pass långt norrut som i norra Ångermanlands kustland. Tidigare observationer av dubbla generationer finns beskrivna från SLU:s försöksparker i södra Sverige 2006 och från Dalarna på 1930-talet (Långström 2006). Dubbla generationer kan få allvarliga konsekvenser för skadeutvecklingen både efter perioder av torka och efter stormfällningar.

Stormfällningen bedöms komma att öka om inte motverkande anpassning görs (se ovan). Klimatförändringarna beräknas även öka risken för torkstress i delar av landet (figur 3.8 a-c och nedan).

Om stora mängder vindfällna av gran blir liggande över sommaren efter en stormfällning innebär två generationer per sommar att en mycket större del av vindfällena kan koloniserar av granbarkborren jämfört med ett scenario med en generation. Granbarkborren får som regel betydligt fler avkommor i vindfällna än i stående träd. Förekomst av dubbla generationer kan då leda till mångdubblad populationsstorlek och därmed ökad risk för angrepp på stående levande granskog. Om många granskogars vitalitet dessutom är tillfälligt nedsatt under en eller flera 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.

Föryngringen för barkborrarna går emellertid inte lika bra i stående friska träd som i nyligen stormfällna (Komonen m.fl. 2011). Ökningen i barkborreangrepp till följd av varmare klimat kommer således sannolikt främst i form av kraftigare men inte längre utbrott efter stormfällningar.

Sammantaget, om ingenting ytterligare görs jämfört med idag för att motverka risken för stormfällning och för att motverka trenden att plantera gran även på torrare mark där tallen passar bättre (för att undvika betesskador av älg på tallen) – samt om inte än mer aktiva åtgärder vidtas i samband med påbörjade angrepp – bedömer vi att risken för storskaliga granbarkborrehärjningar kan komma att öka avsevärt mot slutet på detta sekel jämfört med slutet på förra (jfr Eriksson m.fl. 2015).

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. Tidigare har olika insektsgifter använts för detta syfte, men dessa är på väg att totalförbjudas. Mekaniska plantskydd används därför alltmer. Fullbildade skalbaggar näringsgnager på tunnbarkiga delar av barrträdsplantor och större barrträds kvistar, men kan i brist på annat även ge sig på lövträdsplantor (Löf m.fl. 2004). 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 plantavgång vid föryngring (Ollas 1994, Örlander & Nilsson 2000). Skaderisken minskar ju längre norrut föryngringarna är belägna och även när man går från kustnära områden upp mot inlandet (Nordlander m.fl. 2007). På senare år har omfattande snytbaggeskador konstaterats så pass långt norrut som Västerbottens kustland.

Snytbaggarna gynnas av trakthyggesbruk, eftersom det leder till god tillgång på lämpligt yngelmaterial 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, exempelvis om man tvingas avverka kanterna på hyggen efter återkommande stormfällningar och barkborreangrepp.

Ett varmare klimat leder förmodligen 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 kan samtidigt ge en längre aktivitetsperiod för födosök och därmed öka risken för mer omfattande plantskador. Den relativa effekten av klimatförändringen på ökad skaderisk bör således sannolikt tillta ju längre norrut och högre upp i landet man kommer.

Blad- och barrätande skadeinsekter

Det finns flera arter av barr- och bladätande insekter i Sverige som vissa år kan uppträda i mycket stora populationer och då orsaka tillväxtförluster och vid fleråriga angrepp även traddöd. Några av dessa arter, exempelvis röda tallstekeln (*Neodiprion sertifer*) och fjällbjörkmätaren (*Epirrita autumnata*), gynnas av mildare vintrar och kan förväntas oftare uppträda i stora mängder, särskilt i norra Sverige.

Kollberg (2013) redovisar emellertid en serie laboratorie- och fältstudier av temperaturens betydelse för olika faktorer som påverkar risken för skador av röd tallstekel (*Neodiprion sertifer*); larvöverlevnad, födokvalitet, predation, virusangrepp, etc. Analysen belyser hur komplext en enskild art påverkas av olika faktorer. Sammantaget indikerar resultaten att ökad temperatur inte självklart ökar risken för större angrepp, ibland kan det vara tvärtom.

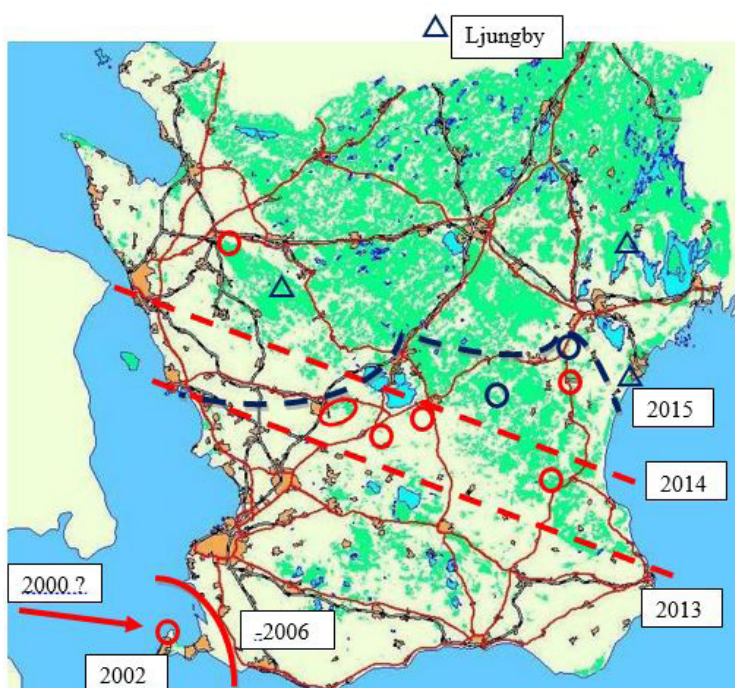
Ett varmare klimat kan också underlätta för främmande arter att etablera sig i våra skogsekosystem. Det kan gälla arter som lever längre söderut i Europa och som tar sig hit av egen kraft, men också exotiska arter som införs som ”fripassagerare” via handel.

Exempel på nya typer av skogsskador orsakade av insekter

Sommaren 2010 drabbades granskog i södra Skåne av ett mycket kraftigt angrepp av ungersk gransköldlus (*Physokermes inopinatus*), en art som tidigare endast har konstaterats i Ungern, Österrike, Ukraina, Rumänien och Grekland (Gertsson & Isacson 2012). Arten beskrevs som ny för vetenskapen 1973 då den skildes ut från en snarlik inhemsk art, större gransköldlusen (*Physokermes piceae*). I Skåne skadades cirka 1 000 hektar med främst medelålders granskog, varav cirka 400 hektar så svårt att skogen avverkades i förtid (cirka 120 000 m³ virke). I södra Skåne var cirka 15 procent av den totala arealen granskog skadad 2010 (Olsson m.fl. 2012). Skadorna förvärrades av att barren täcktes av en svart svampfilt av sotdaggschamp som växte på sköldlössens klubbiga honungsdagg och fick trädens barr att se grönsvarta ut, förutom årsskotten som var ljusgröna och förkrympta. Hösten 2010–våren 2011 kraschade populationen. Så här långt har sedan dess endast få exemplar av ungersk gransköldlus observerats i Sverige.

Sköldlösskador har också uppträtt i Lettland av *Physokermes piceae* samt i norra Polen under senare år, men det är oklart vilken art det var frågan om där. Den ungerska gransköldlusen har aldrig tidigare orsakat större skogsskador i dess ursprungliga utbredningsområde, vilket understryker hur svårt det är att kunna förutsäga vilka organismer som blir skadliga hos oss. Det är okänt när arten etablerade sig i Skåne. En bedömning är att det sannolikt skedde senast 2008 (McCarthy & Skovsgaard 2011). Tänkbara orsaker är spridning av förstastadienymfer med hjälp av vind, fåglar eller plantmaterial. Det är inte orimligt att ökande temperaturer underlättat artens etablering hos oss.

Den blåsvarta björkstekeln (*Arge pullata*) påträffades första gången i Sverige 2002 i Skanör på Skånes sydvästligaste udde. Insekten förekommer sällsynt i centrala och östra Europa. Tillfälliga massförekomster har dock noteras i Danmark och Finland. Sedan 2013 har arten expanderat kraftigt i Skåne (figur 4.3).



Figur 4.3. Utveckling av förekomstzon för den blåsvarta björkstekeln (www.skogsstyrelsen.se)

Larverna äter blad av björk under juli–augusti och kan då sänka tillväxten i samband med kalätning. De dödar dock inte träden och skadar inte nästa års knoppar. Larverna har tydlig varningsteckning i form av gula och svarta längsgående linjer som annonserar dess dåliga smak och giftighet för fåglar och andra predatorer. Larven innehåller giftet lophyrotomin, vilket är känt för att kunna orsaka dödliga skador på levern hos en lång rad olika däggdjur (Kannan m.fl. 1988). Djur som tuggar på grenarna eller betar under träden när larverna är på väg att gräva ner sig under gräs och mossa i augusti–september kan skadas om de inte reagerar mot smaken och spottar ut larverna. I Danmark uppges ett 50-tal får ha dött 1984 efter att ha fått i sig ett okänt antal larver (Thamsborg m.fl. 1987). De övervintrande larverna är känsliga för stark kyla. De enda naturliga fienderna lär vara parasitsteklar och parasitflugor. Inga naturliga fiender har hittills påträffats i Sverige (Skogsstyrelsens hemsida).

Lärkbocken (*Tetropium gabrieli*) har snabbt spridit sig i Sydsverige efter att ha påträffats för första gången i Blekinge 2007 (Ericson 2010, Lindelöw m.fl. 2015). Tetropiumarter är normalt ganska sekundära i sitt uppträdande, men om lärkbestånd är stressade kan arten snabbt föröka upp sig och ge träden dödsstöten. Lärkar som dödats av lärkbock har observerats i Blekinge och Skåne.

Lärkborren (*Ips cembrae*), som har sitt kärnområde i Centraleuropas bergstrakter, har under en följd av år avancerat norrut och upptäcktes i Danmark 1995 (Ravn & Harding 1995 och Ravn 2011). År 2011 fångades lärkborrar för första gången i feromonfällor på två platser i Skåne i ett treårigt SLU-projekt 2009–2011. I brist på annan finansiering har projektet fortsatt i Skogsstyrelsens regi i samarbete med SLU och Jordbruksverket. Fram till 2015 har lärkborren visat sig vara utbredd i västra halvan av Skåne samt med enstaka fynd i sydöstra Skåne samt Halland och Blekinge (Skogsstyrelsens hemsida, Lindelöw m.fl. 2015). På flera av platserna har gångsystem hittats på lärkträd som dött eller stressats av andra orsaker, men ännu tycks inget lärkträd ha dött av primära angrepp av lärkborre i Sverige. Sannolikt kan även döende grövre grenar på friska träd utnyttjas som yngelmaterial eftersom gångsystem kan hittas på virke ner till cirka 5 cm diameter.

Den lilla granbarkborren (*Ips amitinus*) hittades för första gången i Sverige i nordöstra Norrbotten genom ett slumpmässigt fynd sommaren 2012 (Lindelöw 2013). Arten, som annars är utbredd i centrala och sydöstra Europas bergstrakter, kom till Finland efter andra världskriget och har sedan dess långsamt spridit sig i hela Finland. Där har den ännu inte gjort särskilt mycket skada men har nyligen observerats göra ståndskogsangrepp på contorta i sydöstra Finland 2014 (Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa, muntl.). Det är osäkert hur den kommer att uppträda i Sverige, inte minst eftersom den kan använda alla i Sverige odlade gran- och tallarter som yngelsubstrat. Sommaren 2013 observerades att den kan föröka sig med stor framgång på färsk contortabark på nyavverkat virke i Norrbotten (Gunnar Isacsson och Jan-Erik Bragfors, Skogsstyrelsen, egen obs.).

Exempel på skogsskadegörare som kan dyka upp

En gemensam faktor för de arter som nämns nedan är att de sprids med internationell handel. Ytterligare en gemensam faktor är att dessa arter är reglerade i växtskyddslag-

stiftningen. Fynd av sådana ska anmälas till Jordbruksverket. Mera information om alla reglerade skadegörare på träd finns på Jordbruksverkets hemsida. Klimatförändringen ökar sannolikheten, åtminstone för vissa av dem, för att de förmår att etablera sig i svensk skog.

Tallvedsnematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*) lever inuti vattentransporterande celler hos tallarter och har sitt ursprung i Nordamerika. Den har troligen anlänt med virkestransporter från Sydostasien och sedan spridits och etablerat sig på Portugals fastland och på Madeira. I Portugal bedöms tallvedsnematoden vara omöjlig att utrota, så därför har man upprättat en buffertzona för att hindra tallvedsnematoden att sprida sig utanför landets gränser. I Spanien har den hittills påträffats på fyra platser nära gränsen mot Portugal, där den sedan utrotats genom radikala bekämpningsmetoder (borttagande av all levande och död barrved inom 0,5–3 km radie) i kombination med ett fyraårigt kontrollprogram runt varje sådant utrotningsområde. I kontrollen ingår destruktion av alla visnande tallar, kontroll av förekomst av tallvedsnematod i sådana träd och på kronbock (*Monochamus galloprovincialis*) som fångats med feromonfällor.

Bekämpning av tallvedsnematod är reglerad av ett EU-gemensamt beslut (2012/535/EU) som bland annat stadgar att alla medlemsstater ska upprätta en beredskapsplan för åtgärder om tallvedsnematoden påträffas i skogsmark. I Sverige har nematoden vid några tillfällen hittats vid kontroller av emballagevirke från Ostasien (främst Kina) eller Portugal, trots att internationella regler om behandling av sådant virke är tänkta att undanröja risken för spridning denna väg. Tallvedsnematoden kan spridas till friska träd i skogen genom att lifta med tallbocken eller dess släktingar (*Monochamus spp.*). När tallbockar utvecklats i infekterat virke kryper tusentals juvenila tallvedsnematoder in i andningsrören på den nykläckta skalbaggen. Därefter lämnar tallbocken yngelveden, flyger upp i kronan på tallar och näringsgnager på tunna kvistars bark. Tallvedsnematoderna kryper då ut ur andningsrören och infekterar såren på kvistarna. I dagens nordiska klimat anses tallvedsnematoden endast undantagsvis kunna orsaka träddöd, vilket skulle göra angreppen ytterst svåra att lokalisera. Under år med extrem sommartorka riskeras dock omfattande träddöd även i Sverige. I Portugal dör en nyinfekterad tall inom cirka sex veckor på sommaren.

De asiatiska långhorningarna (*Anoplophora chinensis* resp. *A. glabripennis*) är cirka 3 cm långa. Formen påminner om tallbockens och färgteckningen är iögonfallande med vita fläckar på svart bakgrund. Införseln till Europa sker främst i form av larver och puppor i importerade prydnadsträd och buskar samt i obehandlat träemballage. Larverna gnager långa gångar i veden av levande lövträd och kan döda hela trädgrupper åt gången. *A. chinensis* lever främst i rötter och i stammens nedre del och kan utnyttja ved ner till 1 cm i diameter. *A. glabripennis* lever högre upp i träden i ved som är minst 5 cm grovt. Frilevande populationer av båda arterna finns bland annat i norra Italien. Sommaren 2011 upptäcktes flera exemplar av *A. chinensis* vid nyinköpta plantor av prydnadslönn i Danmark. I Sverige har ett exemplar av *A. glabripennis* hittats efter att ha kläckts ur träemballage i en sändning med prydnadssten 2009, men arten har hittills inte påträffats utomhus i Sverige. Under senhösten 2015 hittades dock ett antal exemplar som förökats sig i björkar på ett industriområde i Finland (Jordbruksverkets hemsida).

Smaragdgrön asksmalpraktbagge (*Agrilus planipennis*) kommer ursprungligen från centrala och östra Asien, men har spridits till USA och Kanada där den sedan början av 2000-talet dödat ca 20 miljoner lövträd av släktet *Fraxinus* (ask). I Europa upptäcktes den i Moskva 2005 och har sedan dess spritt sig någon mil om året runt Moskva. Larven lever under barken på levande askar, särskilt torkstressade träd. Gnaget skär av ledningsbanorna som förser rötterna med näring och dödar trädet inom 2–3 år. Den fullvuxna larven förpuppar sig ett par cm in i veden och kan spridas om angripet virke transporteras utan att ha värmebehandlats, exempelvis i form av emballage eller som energived, även grovflisad sådan.

4.5 Risken för angrepp av skadesvampar

Rotröta

Den rotröta i granstammar som orsakas av rottickan (*Heterobasidion annosum* och *H. parviporum*) är den svampskada som ger de största ekonomiska förlusterna i skogsbruket, mellan en halv och en miljard kronor årligen (Thor m.fl. 2005). Utbredningen är störst i södra Sverige men är påtaglig även norröver. Röta är även vanlig i ogallrade fjällnära skogar, fast där rör det sig främst om andra arter än rottickan. Rotröta kan uppträda på de flesta marker men är vanligare på bördiga marker, på marker med högt pH och på torra marker. Torvmarker har relativt sett mindre rotröta.

Rottickan infekterar färska stubbar med luftspridda sporer. Via rotkontakt med dessa (eller med andra redan rötskadade träd) infekteras nya träd. Med ett varmare klimat ökar antalet dagar per år som sporer kan infektera nya träd, samtidigt som antalet dagar med tjäle minskar. Med minskande tjäle följer ökad risk för sönderkörda rötter och därmed fler inkörsportar för rötan. Med mildare klimat kan man också förvänta sig att den variant av rottickan (*H. annosum*) som man brukar kalla för p-formen (p står för det engelska namnet på tall, ”pine”) sprider sig norrut. Idag finns p-formen som nordligast i Hälsingland. P-formen kan orsaka rotröta på de flesta trädslag, medan s-formen (eng. ”spruce” = gran) och *H. parviporum* främst drabbar gran och finns i hela landet.

Svensk och finsk forskning har visat att spridningen av rottickan främst sker via sporspridning till färska stubbar i samband med avverkning – då fria stubbytor exponeras – under växtsäsongen (jfr Pukkala m.fl. 2005). Från stubbarna sprider sig sedan rottickan via rotkontakt i marken över till rötter hos levande träd. Ju längre vegetationsperioden varar, desto längre finns en risk för sporinfektioner av rotticka. Spridning sker också där skogsmaskiner givit upphov till stam- och rotskador och genom rotkontakter i marken.

Spridningen går långsammare i trädslagsblandade bestånd på grund av färre rotkontakter mellan träd av samma art (Korhonen m.fl. 1998, Thor m.fl. 2005). En hög andel trädslagsrena bestånd innebär därmed en ökning av problemet. Det finns även andra skogsskötselåtgärder som leder till ökad risk för angrepp, exempelvis täta planteringsförband, sen röjning, förröjning och många gallringar. Förr i tiden avverkade främst under vintrarna, men sedan ett antal decennier tillbaka avverkar man året om. Sannolikt skulle andelen rötskadad skog därför nu öka i viss mån även utan klimatförändring (Samuelsson & Örlander 2001).

I en studie av rötförekomsten i gran från Riksskogstaxeringen 1983–2001 (exklusive norra Norrlands inland) fanns i snitt röta i 7 procent av stammarna i brösthöjd, mest i den region som innefattade östra Svealand och centrala och östra Götaland (Thor m.fl. 2005). Då materialet delades i två tidshalvor var förekomsten 6,4 procent i första perioden och 7,9 procent den andra, vilket indikerar en pågående ökning.

I en modell baserad på nordiska data ökar sannolikheten för sporinfektion av en enskild stubbe med högre temperatursumma (Pukkala m.fl. 2005). Vegetationsperiodens längd beräknas öka med 1–3 månader till 2071–2100 jämfört med 1961–90 (för RCP4,5 och 8,5), mer i söder och mindre i norr (*jfr kapitel 3*). Utan nya motstrategier skattas, baserat på nämnda modell, att rötförekomsten kommer att öka påtagligt jämfört med idag till följd av det förändrade klimatet – från cirka 8 procent av landets granstammar (i brösthöjd) 1993–2001 kanske upp emot 12–15 procent mot slutet på seklet (Eriksson m.fl. 2015). Till detta kommer en ökning som beror av fortsatt genomslag av förändrad skötsel.

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 blödskins (*Stereum sanguinolentum*) rötsvampar med relativt stor skadeutbredning. Blödskins angriper typiskt gran som drabbats av körskador, snöbrott (*ändring i risk – se nedan*) eller av barknag/barkflängning av älg eller kronhjort. Honungsskivlingar angriper både våra barr- och lövträd och svampen gynnas då värdrädet utsätts för torkstress, varför ökade angrepp i delar av landet kan förväntas (Pia Barklund, SLU, muntl.).

Gremmeniella

Gremmeniellasvampen (*Gremmeniella abietina*), som orsakar 'tallens knopp- och gren-torka' och 'granens topptorka', gynnas framför allt av svala och fuktiga nederbördsrika somrar (Thomsen 2009), men även av milda vintrar (Johanna Boberg, SLU, muntl.). Den nordliga typen av Gremmeniella (kallad STT) utvecklas även vintertid under snön. Den nordliga typen (STT) angriper främst tall och contortatall medan den sydliga typen (LTT) angriper framförallt tall men även gran (Skogsstyrelsen 2009b). Risken för stora skadeutbrott är svårbedömd i Götaland och Svealand; sannolikt minskar risken för stora skadeutbrott på tall då somrarna förväntas bli varmare och frekvensen av torra somrar öka (*jfr kapitel 3*). Mot bakgrund av de predikterade klimatförändringarna kan dock risken för utbrott öka i södra Norrland och så småningom även i norra Norrland (Hansson 2007). Det senaste stora skadeutbrottet 2001–2003 beräknades ha kostat markägarna sammanlagt runt en och en halv miljard kronor (Hansson m.fl. 2005). Lokala och nordliga provenienser klarar sig bättre mot Gremmeniella än sydliga (Hansson 1998).

Övriga skadesvampar

Törskatesvampen (*Cronartium flaccidum*) har observerats ge svåra skador på unga tallbestånd i Norrbotten under senare år (Wulff & Hansson 2013). Skador på ungskog tycks uppstå till följd av hög nederbörd på hösten och det finns farhågor om att skadorna skall sprida sig söderut. Skador uppstår främst på bättre marker, särskilt vid förekomst

av kovallarter som svampen värdväxlar med. Spridning söderut tycks för närvarande gå långsamt och förutsatt att skadorna inte förvärras så torde en omläggning från att plantera tall på goda marker till gran, lärk eller möjligen contortatall kunna vara ett sätt att minska skadorna framöver. Tall planterade på gamla granmarker tycks även drabbas hårdare (Skogsstyrelsen 2009b). Det finns även en variant på törskate som inte behöver värdväxla (*Peridermium pini*) och liksom den värdväxlande formen ger upphov till de typiska döda tjärtopparna hos tall. Tallens mottaglighet för törskate är starkt knuten till genetiska faktorer och man bör därför undvika att ställa tallar med törskatesymptom som fröträd.

Knäckesjuka (*Melampsora pinitorqua*) angriper tallens årsskott. Den värdväxlar mellan asp och tall och förekommer i hela landet där asp finns i närheten. Aspsly tycks fungera bättre som värdväxlare än gamla kvarlämnade hänsynsaspar (Skogsstyrelsen 2009b). 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. Stora hyggen planterade med tall tycks gynna spridningen (Skogsstyrelsen 2009b). Den stora utbredningen av knäckesjuka idag innebär att klimatförändringarna inte kan förväntas förändra skadebilden påtagligt.

Tallskyttesvampen (*Lophodermium seeditiosum*) 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. Vid ett varmare klimat kan utbredningen bli mer nordlig.

Snöskyttesvampen (*Phacidium infestans*) sprider sig under lös snö och angriper tallplantor. Skadorna förekommer i norra halvan av landet och bör få minskad utbredning i medeltal då snövintrarna kortas och drar sig norrut. Möjligen kan problemen öka temporärt i norra Norrland. Snöskytte kan delvis hanteras genom skogsskötselåtgärder. Genom att ta upp relativt stora och öppna avverkningar ger man snön större möjligheter att packas. Sydliga provenienser skadas mer än nordliga och relativt glesa föryngringar klarar sig bättre är gruppställda. På platser med långsam snösmältning (till exempel svackor och nordslutningar) är det bättre att byta till ett annat trädslag som gran eller contortatall (Skogsstyrelsen 2009b).

Algsvampar av olika *Phytophthora*-arter har under senare decennier påvisats uppträda som skogsskadegörare även i Sverige (Skogsstyrelsen 2012). Vissa av dem kan sannolikt gynnas av temperaturökningen som till exempel *P. alni* som angriper al (Redondo m.fl. 2015). Gemensamt för de flesta av dem är att de infekterar finrötter och orsakar värdväxtens kraftigt nedsatta vitalitet eller död. Gemensamma symptom är tjärliknande utsöndringar från barken på infekterade stamdelar och gradvis avdöende av kronan utifrån och in. Algsvampar sprids via zoosporer som aktivt simmar och söker upp en värdväxt i vattenfilmen runt markpartiklar. God kvävetillgång har visat sig öka angreppsriskerna för Rhododendron (Robinson 1995).

Nya patogener kan komma att ta sig in i Sverige och skada skog i större omfattning, både till följd av klimatförändringen och till följd av ökad handel med plantor och växtmaterial (Santini m.fl. 2013). Ett par viktiga patogener som kan orsaka stora problem om temperaturen ökar är:

Diplodiasjuka (*Sphaeropsis sapinea*) som angriper tallskott med en sjukdom liknande Gremmeniella. Liksom honungsskivlingsarter gynnas den av torkstress. Enligt en simulering (för klimatscenariet A1B) ökar riskområdet för möjlig etablering från allra sydligaste Sverige till i princip hela Götaland och Svealand för denna skadegörare från 1960-90 till 2055-85 (Johanna Boberg 2012). Arten påträffades på fyra platser i Götaland och Svealand år 2013 (Oliva m.fl. 2013). *Dothistroma septosporum* orsakar rödbandsjuka på tall, vilken ger för tidigt avdöende av tallbarr, och i allvarliga fall tr addedöd. Diplodiasjuka och rödbandsjuka har redan etablerats i Sverige och kan förväntas öka i spridning med ett förändrat klimat och ge betydande problem i framtiden (Woods m.fl. 2016). Mjöldagg gynnas också av värme. Ett antal mjöldaggsarter angriper olika trädarter.

Lärkskytte (*Meria laricis*) är en nyinkommen barrsjukdom på lärk. Den orsakar barrdöd och tillväxtnedsättningar på yngre lärkbestånd och har 2015 orsakat skador på flera platser i södra Sverige.

4.6 Risken för skador till följd av plantbete och fejning

Skador av hjortdjur (älg, rådjur, kronhjort och dovhjort) på föryngringar och unga skogar är ett stort problem för skogsbruket. Skador uppstår när djuren äter på skotten, gnager bark, bryter av toppar, fejar sina horn mot träden eller trampar på små plantor. Skadorna leder i värsta fall till att trädet dör men vanligen sätts tillväxten ned, vilket riskerar leda till att trädet senare konkurreras ut av andra träd eller annan vegetation. Skadorna leder ofta till lägre tillväxt och/eller lägre sågtimmerkvalitet på träd som ändå lyckas utvecklas. Olika trädslag drabbas i olika grad. Tall och flera lövträdslag drabbas hårt medan gran vanligen klarar sig bra. Björk, särskilt glasbjörk, klarar sig ofta, trots en del skador. I områden med högt betstryck lägger skogsägarna ofta om sitt skogsbruk och odlar främst trädslag som är mindre känsliga för skador. I stora delar av Sverige (särskilt i söder) undviker skogsägarna numera att föryngra med tall eller lövträd, vilket innebär att gran planteras även på för trädslaget mindre lämplig mark.

Ett varmare klimat kommer sannolikt innebära att älgstammarna går tillbaka i södra Sverige (Karns 1997) medan rådjur, kronhjort och dovhjort gynnas i hela landet, främst genom längre vegetationssäsong. Utöver detta kan nya arter förväntas etablera sig, främst vitsvanshjort som väntas invandra från Finland. Sammantaget finns i dagsläget inget som tyder på att viltpopulationerna kommer att minska utan den sannolika trenden är snarare en ökad och mer diversifierad klövviltfauna (med undantag från älgen i söder). Förutsättningar ges således för ökade skador av hjortdjuren i hela landet, men eftersom älgen är det största hjortdjuret kan betesskadorna komma att minska något på äldre plantor i södra Sverige.

Huvuddelen av skadorna sker idag under vintern och kortare vintrar skulle hypotetiskt kunna leda till ett lägre skadetryck. En ökad förekomst av snöfattiga vintrar leder även till ett ökat alternativt födoutbud i fältskiktet. Erfarenheter från Mellaneuropa visar dock att skadetrycket där kan vara väl så högt som i Sverige. I kalkylen måste även läggas att snön under långa vintrar även innebär ett skydd för plantorna. Utöver detta kan även en del skador ske under vegetationsperioden.

Det skulle idag vara önskvärt att öka andelen lövskog särskilt i söder och andelen tall i områden med hög risk för torka. Den största effekten på skogsskötseln av de stora stammarna av hjortdjur innebär att anpassningar i trädslagsanvändningen försvåras och fördyras.

4.7 Risken för torka, frost och annan klimatrelaterad stress

Torka och diffusa skador

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 och under längre perioder, innebär dock stress, som kan leda till direkta väderleksskador. Väderleksstress kan också, utan att i sig ge synliga skador, 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. Risker 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.

Torka anses globalt vara en av de största riskfaktorerna för skador på träd och skog till följd av ökad temperatur och förändrade nederbördsmonster och vattentillgång som ett resultat av klimatförändringarna, även i områden där vattentillgången normalt inte är en begränsande faktor (Allen m.fl. 2010). Under den senaste tjugoårsperioden har ett ökande antal skadehändelser på skog uppmärksamats där torka och höga temperaturer anses vara de viktiga primära orsakerna. Hur träd och skogsbestånd reagerar på torka är relativt komplicerat och inte fullt ut klarlagt (Sevanto m.fl. 2014). Högre temperaturer leder till ökad transpiration och alltså högre vattenförbrukning hos träden. Om vattentillgången då dessutom är låg innebär detta att vattenåtgången i träden kan vara större än det möjliga upptaget. Det kan i sin tur leda till skador på trädens vattentransporterande system och resultera i ytterligare försämrat vattenupptag.

En motreaktion mot den ökade transpirationen är att växterna, träden, stänger klyvöppningarna i barren och bladen. Detta innebär en mindre vattenåtgång men dock även att fotosyntesen avstannar, medan respirationen till stor del fortsätter. Resultatet i det fallet blir att träden använder mer kolhydrater än de producerar och drabbas i princip av ”svält”. Kombinationen av minskad förmåga till transport av vatten och näringsämnen och mindre tillgång till kolhydrater kan självklart ytterligare förvärra situationen. Träden blir försvagade och i högre grad känsliga för patogener. Med en ökad mängd koldioxid i atmosfären behöver, i gengäld, klyvöppningarna inte vara öppna lika länge – upptaget till fotosyntesen blir effektivare – vilket i viss mån motverkar trädens kän-

lighet för torka. I vilken grad träden genom detta blir mindre torkkänsliga återstår att ta reda på (Way 2013).

Det förhållandet att vattentillgången, på lång sikt, förväntas minska under våren och sommaren i princip i hela landet utom delar av Norrlands inland, med störst minskning i sydöstra Götaland (*figur 3.8 a-c*), innebär att det finns en ökad risk för skador som har sin grund i torkstress. Eftersom vattentillgången under vintern förväntas öka, kommer vattenfluktuationerna över året att öka. Sammantaget kan förändringarna i vattentillgång på sikt innebära en permanent ståndortsförändring, framförallt i sydöstra delen av landet och kanske mest uttalat på friska marker gränsande till torrt.

I SKA 15-analysen är vattenbristfaktorn inbyggd i modellen som använts och perioder med brist på vatten bidrar till att hålla igen tillväxtökningen (*jfr figur 4.1*). I vilken grad den använda modellen lyckas spegla den verkliga effekten av respektive klimatscenario i detta avseende behöver dock undersökas vidare.

I framförallt Götaland kan den stora dominansen av gran i kombination med minskad vattentillgång på sikt innebära större problem med torkrelaterade skador på gran (Zang m.fl. 2014, Schlyter m.fl. 2006). Detta inte minst då granen i viss mån odlas i gränssområdet av för granen lämpliga ståndorter, framförallt då på torrare mark mer lämpad för tall, till stor del som en följd av problem med viltskador på tall. Gran som växer under vattenbegränsade förhållanden drabbas av tillväxtnedsättningar (Jyske m.fl. 2009, Sohn m.fl. 2013), samt får en försämrad resistens mot angrepp av granbarkborre (Netherer m.fl. 2015). Dessa faktorer sammantaget, minskad vattentillgång under vegetationsperioden, gran odlad på torra och mer typiska tallboniteter i kombination med risken för ökade stormfällningar och ett gynnsamt klimat för granbarkborren, kan komma att få förödande konsekvenser med stora skador på granskog framförallt i sydöstra Sverige.

Frösådd av tall är en förnyingsmetod som är känslig för långvarig torka och man avråder därför användning av den i sydöstra Sverige. Området där frösådd bör avrådas kan komma att utökas till följd av ökade risk för marktorka i södra och östra Sverige (Sonesson 2004).

Man har tidigare 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 och Ryssland (Spiecker m.fl. 2004). I Danmark har man kunnat urskilja ståndorsfaktorer som är speciellt ogynnsamma, hög lerhalt samt omväxlande hög och lägre grundvattennivå (Henriksen 1988) eller provenienser som varit känsliga, till exempel 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 syrebristsskador drabbas året efter av torkskador och eftersom endast ytliga rotsystem överlevt, blev granarna extra känsliga för torka.

Tillväxtminskningar och skador till följd av torka eller minskad tillgång på vatten kan troligen komma att drabba alla trädslag och de flesta skogstyper i högre grad i framtiden i de berörda områdena. På lång sikt kommer det innebära en förändring eller förskjutning i trädslagsfördelningen mot mer torktåliga arter som exempelvis tall.

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 frostsador, speciellt i april-91 (Barklund m.fl. 1995). För dessa skador såg man istället en viss ökad känslighet för nordliga provenienser. De värst drabbade bestånden avverkades och andra återhämtade sig, i vissa fall dock med bestående kvalitetskadorna. Man kan dock förvänta sig att frekvensen av torrsomrar med låga grundvattennivåer ökar i delar av landet (*se ovan*). Frekvensen av varma vintrar kommer med stor säkerhet att öka i hela landet. Om dessa faktorer var viktigast finns risken att kådflödesskador på gran igen ökar i omfattning.

Under 1980- och 90-talet var det en lång period med ekar som dog i Sverige och övriga Europa, på vissa håll även in på 2000-talet (Haavik m.fl. 2015). 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. Det är ofta frågan om en växelverkan där olika skadegörare, exempelvis kalätning av frostfjäril eller ekvecklare eller andra skadegörare, i sig gör träden mer känsliga för torka (Haavik m.fl. 2015). Sannolikt kan perioder av sommartorka och extrem kyla under 80-talet även förklara ekdöden under 80- och 90-talen (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.

Frost

Klimatförändring kommer att medföra både en ökad risk för vårfrostskador på grund av en tidigare start på växtsäsongen och en minskad risk på grund av ett generellt varmare klimat. Vilken process som dominerar beror på 1) utgångsläget vilket skiljer sig stort mellan de södra och norra delarna av landet, 2) hur mycket och hur fort klimatet ändrar sig, samt 3) hur olika trädslag och provenienser reagerar på högre temperaturer tidigt under året.

Modellsimuleringar baserade på den skattade klimatutvecklingen för utsläppsscenarierna A2 och B2 (en klimatmodell, Jönsson m.fl. 2004) respektive A1B (flera klimatmodeller, Jönsson & Barring 2011a) visade att det är sannolikt att risken för skador av vårfrost på granplantor kan öka i takt med klimatförändringarna. Det beror på att trädens avhård-

ning och knoppsprickning till följd av högre dagstemperaturer kan ske tidigare på våren när skillnaden i temperatur mellan dag och natt är större, till följd av längre nätter. Den negativa förändringen blir större i södra Sverige där risken grovt skattat kan öka med 50 procent till i slutet på seklet, och avtar norrut där tillväxten även mot slutet av detta sekel sätter igång vid tidpunkter på våren då temperaturökningen är snabbare och risken för vårbakslag lägre (Jönsson m.fl. 2004).

När träden inte hinner invintra i tid riskerar de skadas av de första höstfroster. I genomsnitt kommer frosten att inträffa senare på hösten vilket skulle tala för minskade skador (Jönsson m.fl. 2004). Processerna för tillväxtavslutning är genetiskt styrda och initieras av dagslängden. Samtidigt tenderar plantor som sätter knopp tidigt att väckas igen under en varm förhöst och skjuta nya skott (så kallade prolepsis) eller att plantorna kommer i fri tillväxt (så kallade syllepsis). I så fall skadas de lättare av höstfrost. Om man använder befintligt skogsodlingsmaterial som är anpassat till skattat klimat ett par decennier in i kommande omloppstid kan problemen med höstfrost i ungdomsfasen öka något. Vid snöfattiga senvintrar i kombination med tjäle och hög solinstrålning stressas bristfälligt invintrade plantor. De avdunstar genom klyvöppningarna och kan inte kompensera detta genom vattenupptag i marken. Blåsiga väderlek förvärrar ytterligare problemen. Emellertid är knoppsättning och skottskjutning två egenskaper som kontrolleras i förädlingsarbetet. Därigenom finns möjligheter att anpassa plantmaterialet framgent för att minska risken för höstfrosts skador efter nuvarande och prognosticerat klimat.

Snöbrott

Snöbrott drabbar både våra barr- och lövträd. Risken för snöbrott är störst då snö faller vid temperaturer nära nollstrecket. Speciellt i norra Norrland kan temperaturen mot mitten av seklet komma att passera nollgradersstrecket oftare under vinterhalvåret, vilket i kombination med den beräknade ökade nederbörden samma årtider skulle kunna öka risken för snöbrott. I Götaland och Svealand beräknas temperaturen komma att passera nollgradersstrecket vid klart färre tillfällen än 1970–2000. Kombinationen med ökad nederbörd och marginellt starkare byvindar skulle kunna innebära att risken för snöbrott då inte ändras eller möjligen minskar. För södra Norrland kan således risken för snöbrott bli oförändrad eller möjligen öka något.

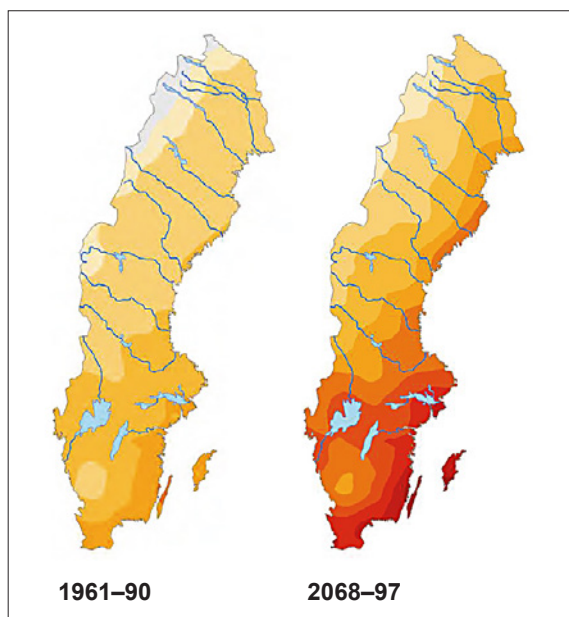
Under sista trettioårsperioden av seklet beräknas antalet nollgenomgångar totalt sett ha minskat något jämfört med perioderna innan. Ju större klimatförändring, desto snabbare minskar troligen risken för snöbrott i genomsnitt i landet, förutsatt att vindklimatet inte ändras på något oförutsett sätt.

4.8 Risken för skogsbrand

Skogsbränderna ökade under 50- och 60-talen i Sverige, men har därefter minskat igen tack vare en förbättrad brandbekämpning (Skogsstatistisk årsbok 1954–1980). Sommaren 2014 inträffade emellertid en skogsbrand i västra Västmanland som är den största skogsbranden i modern tid i Sverige. En person omkom och en skadades svårt. Byar och mindre orter som Engelsberg fick tillfälligt utrymmas. Branden förstörde skog på cirka 13 000 hektar och var i stora delar så kraftig att humuslagret brann upp, vilket kommer

att sänka markens bördighet för lång tid framöver. Sommaren hade sedan slutet av juni varit relativt torr men framförallt ovanligt het i regionen.

Studier som genomförts på senare år har gett ökat tyngd till slutsatsen från Klimat- och sårbarhetsutredningen, att bränder kan bli vanligare som en effekt av klimatförändringar (Granström 2012, MSB 2013). I en analys som genomförts av SMHI på uppdrag av MSB har förändring av brandrisksäsongens start, slut och längd undersöks, såväl som frekvensen och längden av högriskperioder (*figur 4.4*).



Figur 4.4. Framtida utveckling av brandrisksäsongens längd förutsatt utsläpp enligt ungefär A1B. Den blekgula färg som täcker det mesta av Norrland 1961–90 står för 15–28 dagar per år och varje nivå i rödare riktning står för i snitt 14 dagars ökning (MSB 2013).

Brandrisken beräknas öka, framförallt i de områden som redan med dagens klimat är mest utsatta, det vill säga Östersjölandskapen, men i princip överallt där markerna blir torrare under sommaren (Götaland, Svealand, delar av norrlandskusten, se figur 3.8). Starten på brandrisksäsongen i dessa områden tidigareläggs mot slutet av seklet med runt en månad. Slutet av säsongen påverkas inte lika mycket. I södra Sverige bedöms säsongen för brandrisk förlängas med cirka 10 dagar. Sammantaget innebär det en ökning av brandrisksäsongens längd med cirka en, en och halv månad.

Till slutet av seklet beräknas södra och östra Götaland samt östligaste Svealand nå en brandrisksäsong på cirka 100 dagar och på Öland och Gotland möjligen upp till 120 dagar (*figur 4.4*). I studien har ändå inte hänsyn tagits till en sannolik ökad frekvens av åskväder och blixurladdningar. Sammantaget bedömer vi därför att risken för skogsbrand ökar mer än enbart vad ökningen i frekvensen av torra perioder ökar. De flesta skogsbränder nuförtiden tänds dock med människans hjälp, exempelvis via gnistor från skogsmaskiner eller tåg eller dåligt släckta småbräsar, engångsgrillar eller cigarettfimpar.

4.9 Hur påverkas drivning och annan körning i skog?

Körning i terräng

Skogsavverkning innebär att det är flera maskiner som ska köra runt i det avverkade området (skördare, skotare och ofta också markberedare och grotskotare). Arbetet i skogen pågår året om. I de fall maskinerna kör på fuktig eller blöt mark är risken stor att de orsakar körskador i form av mer eller mindre djupa spår som vattenfylls delar av året. Speciellt då vattnet i spåren ansluter till bäck eller dike blir följden ofta uttransport av slam, organiskt material och näring till vattendrag och därigenom inverkar körskador negativt på många strand- och vattenlevande växter och djur. Vidare finns det ett samband mellan körning i fuktig mark och uttransport av kvicksilver till vatten, i en form som fisk kan ta upp och som sedermera kan anrikas i näringskedjan (Bishop m.fl. 2009). Spårbildning i samband med gallring eller i tillfartsvägar kan förstöra rötter på träd längs vägen och öka risken för rotröta och stormfällning (t.ex. Wästerlund m.fl. 1983 och 1986, Frohm & Thor 1995). Skador kan också uppstå på kulturlämningar som inte märkts ut eller observerats på plats. Slutligen upplevs spårbildning i princip alltid negativt ur estetisk synvinkel och stör också framkomligheten till fots. Drygt en tredjedel av den produktiva skogsmarken klassas som frisk-fuktig eller blötare.

Klimatförändringen innebär varmare och blötare vintrar, vilket ger mindre tjäle och högre grundvattenstånd. Det betyder att andel mark med dålig bärighet ökar vintertid, samt vår och höst främst i stora delar av Norrland (jfr figur 3.8b-d), och därmed ovan nämnda risker. Förändringen kommer sannolikt att bli mer betydande i Svealand och Norrland än i södra Götaland, där man mer sällan räknar med tjäle heller idag.

I avverkningsplaneringen klassar man idag vissa områden som så kallade ”vintertrakter”, vilket innebär att man behöver tjälad mark för att klara avverkning utan oacceptabla mark- eller vägskadorna. I ett klimat med kortare perioder med tjälad mark uppstår ökade kostnader för skogsbruket för längre körsträckor och/eller dyrare och tekniskt osäkrare uttransporter. I Klimat- och sårbarhetsutredningen gjordes en scenarioanalys av effekten på drivning till följd av varmare klimat enligt scenario B2 (Sonesson m.fl. 2007). Tjälperiodens längd i skogsmark skattades komma att minska enligt tabell 2. Uppvärmningen bedömdes ge en ökad kostnad för drivningen på i medeltal på i storleksordningen 5–10 kr per avverkad m³, vilket kunde sägas spegla behovet av utvecklad teknik och planering.

Tabell 2. Tjälperiodens längd i genomsnitt, uppmätt och beräknad för scenario B2 (hämtad från Sonesson m.fl. 2007)

År	Götaland	Svealand	S. Norrland	N. Norrland
1975	60	100	160	170
2025	20	60	120	140
2050	0	30	100	120

I viss utsträckning har sådan utveckling skett sedan dess. En policy har tagits fram som alla större branschorganisationer, skogsägarföreningar och skogsbolag skrivit under. System för säkrare drivningar har utvecklats (till exempel Rätt Teknik) och vissa aktörer lämnar en markskadegaranti på sina avverkningsuppdrag. Olika metoder för bättre

identifikation av fuktig mark inför drivningsplaneringen har tagits fram (t.ex. Sonesson m.fl.2012). Uppföljning visar emellertid ännu att dåligt planerad terrängkörning fortfarande årligen medför stora skador på kulturlämningar i skogen (Unander, 2015) och på mark och vatten (jfr årlig uppföljning av miljömålet Levande skogar¹¹).

Risk för kraftig erosion och ras

En mark med en hög andel sand, mo eller mjåla är extra känslig för erosion. I de fall dessa jordarter förekommer i områden där släntlutningen överskrider tjugofem grader och grundvattenytan ligger ytligare än en meter under markytan finns risk för kraftig erosion och ras. Efter en avverkning eller gallring stiger grundvattenytan och avrinningen ökar. Det innebär att risken för kraftig erosion/ras ökar på dessa områden men även i angränsande områden med lägre marklutning. Vidare medför avverkning och efterföljande åtgärder som markberedning att rötternas sammanhållande och stabiliserande förmåga minskar. Körskador, som blottlägger mineraljord, leder vatten olämpligt eller skadar rötter kan också vara utlösande faktorer för kraftig erosion och ras. I brant och erosionskänslig terräng är felaktigt konstruerade vägsränningar eller felaktigt ledande av vatten i anslutning till vägen en vanlig orsak till erosion och ras. Framtida klimatförändringar ökar i sig erosionsriskerna ytterligare där grundvattennivåerna höjs under delar av året och extremregnen ökar i omfattning.

Virkestransporter på väg

Varje år utförs skogsbruksåtgärder i flera hundra tusen skogsbestånd i landet. De flesta skogsbruksåtgärder 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.

Förändringen i nederbördsmonster innebär att belastningen på vägtrummor förändras. Enligt SMHI kan man grovt säga att höga vattenflöden till följd av extrema vattenflöden kan bli vanligare i stora delar av Götaland, södra Svealand samt nordvästligaste Norrland medan risken beräknas bli lägre i norra Svealand och övriga Norrland. Samtidigt ökar frekvensen av extremt låga flöden till följd av högre avdunstning sommartid, speciellt i södra Sverige. Det blir därmed svårare att dimensionera vägtrumorna för alla sorters flöden.

Ett annat problem är den minskande förekomsten av tjäle i hela landet. Vägsystem med dåliga vägkroppar som nyttjas under svåra förutsättningar kan leda till så kallad ”tvättbräda” eller att vägen blir så mjuk att den blir ofarbar eller i värsta fall till vägkollaps, då körningen leder till att delar av vägen spolats bort. I de delar av landet som redan har ett mildare klimat är man emellertid redan van vid att tjäle sällan förekommer och har anpassat vägnas utformning efter detta.

Sammantaget bedöms klimatförändringens påverkan på skogsbilvägarna som stor och att det finns behov av ökad kunskap om hur man skall konstruera och sköta befintliga och tillkommande vägar på sätt som är anpassade till framtida förhållanden.

¹¹ www.naturvardsverket.se

5. Vilken klimatanpassning kan göras?

5.1 Riskhantering och resiliens

Resiliens betyder ”förmåga hos ett system att klara av förändring”. Man använder det ofta i generell mening, men egentligen är det bra att klargöra i vilket avseende man vill att skogen ska vara resiliens; som virkesproducent, som rum för skogens många olika arter, som miljö för skogspromenaden eller jakten eller som kapitalplacering? Ju tydligare man kan beskriva vilka egenskaper man önskar att den framtida skogen ska ha och sedan titta på dessa i ljuset av hur riskbilden förändras, desto bättre kan man sedan väga den möjliga nyttan mot kostnaden för olika handlingsalternativ (jfr rådgivningsverktyget Skogens klimatråd på www.skogsstyrelsen.se).

Även om klimatförändringarna på flera sätt ökar möjligheterna, ökar också en rad olika risker så som beskrivits i förra kapitlet. Hur ser riskbilden ut för de bestånd vi skapar nu fram emot mitten och slutet av omloppstiden? Analysen säger att riskerna för stormfällning, betesskador, insektskador, rotröta och körskador ökar om vi gör allt lika som tidigare. Vad kan skogsägaren då göra för att motverka att de faktiska skadorna ökar och för att skapa den skog hen vill ha i framtiden?

5.2 Möjligheter att motverka ökade skaderisker

Motverka stormfällning

Stormfällning innebär att skogsägaren inte får välja tidpunkt för avverkningen själv, att avverkningen blir dyrare och tekniskt svårare och att risken för körskador ökar.

Ett sätt att minska risken för framtida stormfällning är att välja trädslag med mindre benägenhet att skadas av stormar. I södra Sverige dominerar skogsbruket av gran som är ett relativt stormkänsligt trädslag. I teorin finns ett stort antal mer vindstabla trädslag att välja på. De mest uppenbara är inhemska trädslag som tall och olika lövträd, men det finns även ett antal främmande trädslag som kan fungera som alternativ till exempel lärk, sitkagran, Douglasgran, hybridasp och poppel. Löf m.fl. (2010) förmedlar erfarenheter och vetenskapligt baserade råd kring omföring av granskog till lövskog.

Strategin att byta trädslag har dock ett antal begränsningar som komplicerar. Det är endast vid förnygring som detta är genomförbart, i existerande bestånd måste man hitta andra strategier att minska skadorna. De alternativa trädslagen har ofta andra begränsningar som andra skador, lägre tillväxt eller sämre prissättning på virket. Särskilt risken för viltskador verkar kraftigt hämmande för möjligheten att välja trädslag. I norra Sverige har markägarna sämre möjlighet att välja alternativa trädslag än i söder. Skogsbruket dominerar där redan av tall och de främsta alternativen gran och contortatall har högre vindfällningsrisk. Granen är dessutom underlägsen tallen i produktionsförmåga på flertalet marktyper. Återstår gör björk (oftast med lägre produktion) eller lärk (med annorlunda virke).

Ett relativt glest odlingsförband leder till en ökad individuell stormstabilitet hos träden, genom att rotsystemen utvecklas väl och genom en mer vindtålig avsmalnande stamform. Detta kan uppnås genom glest planteringsförband, hårda röjningar eller hårda tidiga gallringar. Ju äldre träden blir desto längre tid tar det att utveckla en stormstabil fysiologi och därför är det olämpligt att påbörja en anpassning i medelålders eller äldre bestånd eftersom risken för stormfällning är mycket stor i nygallrade bestånd. I täta bestånd finns en så kallad social stabilitet som består i att trädens kronor slår i varandra och fördelar vindens kraft på flera träd. En gallring minskar denna sociala stabilitet under en tid tills kronorna har byggts ut. Det brukar rekommenderas att granskog ska vara färdiggallrad innan beståndet nått 20–22 meters höjd. Eftersom gallring innebär både en destabilisering av beståndet och potentiellt en inkörsport till rotröta kan en helt gallringsfri skogsskötsel i stormutsatta områden ibland vara det bästa ekonomiska alternativet (Bergh 2012). Genom att undvika att öppna upp nya kantzoner mot öppen mark vid avverkning kan risken för stormskador minskas kraftigt.

Att minska omloppstiderna är ett sätt att motverka att träden under lång tid har de höjder som innebär starkt förhöjd risk för stormfällning, speciellt i kombination med vissa terränglägen. I en analys där ökade risker för stormfällning, rotröta och granbarkborreangrepp analyserades enskilt och sammantaget för granskog i södra Sverige drogs slutsatser att både volymproduktion och lönsamhet kan öka om gallringsintensiteten och omloppstiden minskas (Subramanian m.fl. 2016).

Efter Gudrun fann man att granar som växte i blandning med björk löpte mindre risk att fällas än granar som växte i trädslagsrena bestånd (Valinger & Fridman 2011). Blandning mellan gran och tall gav en betydligt svagare effekt. En inblandning av björk i granbestånd skulle således kunna innebära en strategi att minska vindfällningsrisken. En sådan strategi hämmas i dagsläget av brist på enkla skogsskötselrekommendationer för odling av blandskog. Studier i Danmark har pekat på ökade stormskador i blandbestånd (DST 2001) varför det fortfarande finns en osäkerhet kring i vilka fall man har en positiv effekt av blandskog och hur stor effekten är.

Inom SKA 15-projektet gjordes en grov analys av skötselns betydelse för stormfällning för Jönköpings och Västerbottens län. Resultaten indikerade att generell skötsel för ökad stormfasthet visserligen kan minska stormfällningen påtagligt men eftersom den samtidigt kan minska tillväxten bör den koncentreras till de bestånd eller delar av bestånd som har högre risk att råka ut för stormfällning för att bli lönsam i medeltal (Eriksson m.fl. 2015). Ofta vet markägare i vilka delar av fastigheten som träd oftare faller.

När det ändå skett stormfällning rekommenderas markägaren att först skaffa sig en bild av skadornas omfattning på fastigheten och sedan kontakta den tänkta virkesköparen. Skogsstyrelsen rekommenderar att upparbetningen av stormskadat virke sker med maskin och utbildad arbetskraft. Om upparbetningskapaciteten är begränsad bör man prioritera gran före tall och tall före lövträd. På detta sätt minskar risken för senare granbarkborreangrepp och även risken för märgborreangrepp.

Motverka betesskador

Populationsstorleken av klövviltet kontrolleras huvudsakligen genom mänskliga beslut. Det kommer att innebära en stor utmaning att inte låta populationerna av hjortdjur öka i takt med att klimatet tillåter högre populationer.

Risken för viltskador kan, utöver trädslagsvalet, påverkas genom olika tekniker som syftar till att minska hjortdjurens intresse för plantorna, men i de flesta fall är metoderna antingen dyra, effekten svag eller svår att styra. Ekonomiskt rimligt är att genom sådd eller naturlig föryngring öka plantantalet så mycket att djuren inte kommer åt att skada alla. Dessutom är självföryngrade plantor vanligen mindre begärliga än planterade plantor som föda. Skogsbruket har på senare år vid tallföryngring ökat andelen sådd, men minskat den naturliga föryngringen och detta är en utveckling som väntas fortsätta. Ett varmare klimat medför en ymnigare fältvegetation, vilket erbjuder mer foder för klövviltet, särskilt sommartid. Samtidigt kommer detta innebära större svårigheter att föryngra genom sådd eller självföryngring.

Man kan också aktivt sköta skogen för bättre tillgång på bra bete, för att minska trycket på de tall- och lövplantor man vill ska klara sig oskadade. Rolander (2014) råder markägaren bland annat att gynna foderproduktion i kantzoner intill skogsbilväg (så länge väggkroppen inte tar skada), inte onödigtvis röja bort foder vid ungskogsröjning, gärna spara rönn, asp, sälg och ek vid förröjning, frihugga naturvärdesträd vid gallring och gynna lövträd och buskar i skogsbryn och andra kantzoner. Skogsägaren kan också anlägga, röja och gallra fram blandskog istället för ren granskog. Om dessa skötselåtgärder genomförs över en större yta (exempelvis ett älgförvaltningsområde eller större älgskötselområde) kan de, tillsammans med balanserande avskjutning, minska betesskadorna.

Motverka insektsskador

Man kan utnyttja möjligheterna till variation i skogsbruksmetoderna. Rent generellt gynnas de flesta skadegörande insekter av torka och värme. Värmen kan man inte göra så mycket åt, men om man på något sätt kan undvika att skogen blir drabbad av torka är detta ett skydd i sig mot de flesta skogsskadegörande insekter, och även mot vissa skadesvampar (till exempel *Armillaria* och *Sphaeropsis*).

Det viktigaste valet görs vid beståndsanläggningen genom att välja ett eller flera trädslag som är väl anpassade till den ståndort och det klimatläge som är aktuellt att föryngra. Träden ska kunna växa där under hela sin livstid och de måste kunna överleva de kallaste, de varmaste och de torraste dagarna de står där.

I befintlig ungskog kan man röja ståndortsanpassat. Gynna björk och al på fuktigare mark, tall på torrare och gran på mellanmarkerna. Ta vara på möjligheterna att skapa bestånd av vårtbjörk, asp och andra lövträd där det finns riklig självsådd, särskilt i beståndskanter för att minska risken med exponerade grankanter. Røj gran hårdare om den står på torrare mark så att varje träd kan suga vatten från lite större yta.

I medelålders till äldre skog är det inte så mycket man kan påverka för att minska torkstressen. Rent generellt bör man undvika att gallra i äldre skog. Granskog bör vara

färdiggallrad innan beståndet nått 20–22 meters höjd, då risken för stormfällning ökar markant i nygallrade bestånd ju högre träden är.

Blandskogar brukar anses vara mera robusta mot skador än monokulturer. Om inte annat så är blandskog ett sätt att sprida riskerna. Bli ett trädslag drabbat finns det andra träd kvar i beståndet som kan producera virke. En blandskog har också fördelen att det blir större avstånd mellan träd av samma art (spridningsbarriärer), samt att det blir en mångfald av dofter som förvirrar skadeinsekter på jakt efter lämpliga träd att yngla av sig i (Schlyter 2012).

Ett ytterligare sätt att klimatanpassa skogsskötseln är att odla skog med lägre gallringsintensitet (tidig hård gallring) och med kortare omloppstider. Det är sannolikt att man därigenom minskar risken för stormfällning, och det finns nu analyser som pekar på att även risken för angrepp av insekter och röta därigenom minskar i granskog i södra Sverige (Subramanian m.fl. 2016). Samma analys visar att trädslagsbyte till hybridasp eller hybridlärk ofta är ett lika lönsamt alternativ som gran, medan björk och bok drar ner lönsamheten även när ökade skaderisker är beaktade. Ett resonemang kring skaderisker i förändrat klimat finns också i Björkman m.fl. (2015).

Sök och plock-metoden går ut på att söka upp nyangripna granar i maj månad, avverka dessa och frakta bort dem till industri eller terminal innan den nya generationen börjar lämna virket i juli. I teorin är metoden perfekt: Den slår mot granbarkborren vid en tidpunkt när praktiskt taget hela populationen befinner sig i träden. I praktiken kräver metoden att det finns aktiva skogsägare som själva har tid, utrustning och kunskap att leta upp, avverka och transportera ut eller barka angripna granar. I takt med minskande självverksamhet har det visat sig fungera sämre och sämre att förlita sig på sök-och-plockmetoden. Avverkningskapaciteten i skogsbruket har mer och mer anpassats till att löpande kunna förse skogsindustrin med de virkesvolymerna som industrin behöver. När en större barkborrehärjning bryter ut räcker inte avverkningskapaciteten både till att följa uppgjorda avverkningsplaner som är anpassade till industrins virkesförsörjning och till att genomföra sök-och-plock med tillräckligt gott resultat. Barkborrehärjningen i Medelpad med omnejd på senare år är ett tydligt exempel på denna utveckling, där avverkningskapaciteten inte ens varit tillräcklig för att upparbeta stora delar av vindfällena efter stormarna 2011 och 2013, med omfattande uppförökning av barkborrar som följd (Wulff 2015).

Andra exempel på populationsbegränsande metoder som behöver testas mera är feromonfällor eventuellt i kombination med avskräckande dofter (push and pull), att använda avverkat virke som fångstvirke, samt att förse slutavverkningsbestånd av gran med feromon innan avverkning för att sedan avverka och transportera bort virket innan den nya generationen hinner kläckas.

Den allra viktigaste åtgärden för att minska risken för skador av granbarkborre är att begränsa mängden färska vindfällena som de kan föröka sig i. Populationen av granbarkborre ökar betydligt mer om den kan föröka sig i vindfällena än om det bara finns stående friska granar att angripa. Detta beror på att angreppstätheten behöver vara mycket högre

i friska granar för att bryta trädets försvar. Täta angrepp innebär tätt mellan modergångarna och då blir det så tätt med barkborrelarver att maten inte räcker till mer än ett fåtal av dem (Schroeder 2014). Konkurrenten om mat mellan granbarkborrens larver är den enskilt viktigaste faktorn som gör att populationen börjar minska ett par år efter en större storm (Marini m.fl. 2013).

Att minska mängden lämpligt yngelsubstrat gäller även för andra arter av barkborrar. Den större mörkborren förökar sig i färskt tallvirke med skorp bark. Till skillnad från granbarkborren har den god förökningsframgång även i färska högstubbar. Större mörkborren brukar endast i undantagsfall döda tallar, men kan genom sitt näringsgnag i årsskotten minska tillväxten. I kombination med skador på äldre barr av andra skadegörare, till exempel röda tallstekeln, ökar risken för att träd dödas.

Almsjukan sprids av olika sorters almsplintborrar genom att svampsporer överförs till friska almar av almsplintborrarnas näringsgnag i barken på tunna levande almkvistar. Om man ska kunna minska mängden almsplintborrar är det mycket viktigt att avverka och bränna almar som insjuknat under sommaren redan samma höst-vinter eftersom almsplintborrar övervintrar i veden eller i tjockare bark (Skogsstyrelsen 2008).

I sydligaste Sverige ses lärken ofta som ett av de viktigare alternativen till gran. Förekomst av den relativt nyinvandrade lärkborren ökar betydelsen av god virkeshygien även för lärkvirke. Lärkborren kan angripa och döda levande friska lärkträd, i synnerhet i samband med torkstress. Lärkvirke ner till 5 cm grovlek duger som yngelvirke. Klent lärkvirke som används som biobränsle bör därför inte lämnas kvar i närheten av lärkbestånd för att torka över sommaren (Skogsstyrelsens hemsida).

En annan faktor som kan ha potential att påverka populationsstorleken är mängden naturliga fiender till barkborrarna. Åtminstone för vissa arter och i vissa situationer tycks de naturliga fienderna kunna påverka populationsutvecklingen hos skadliga barkborreararter (Wermelinger 2004). En komplicerande faktor är att om man ska gynna barkborrefiender så måste man också lämna kvar virke i skogen som barkborrar och dess fiender kan föröka sig i. En metod som tillämpats lokalt av vissa skogsägare kan vara att lämna kvar de vindfällda granar som koloniserats av harmlösa barkborreararter, men noggrant upparbeta dem som har larver av granbarkborre. Naturreservat med kontinuitet av kvarlämnade granvindfällan har i många fall betydligt högre populationer av naturliga fiender (Weslien & Schroeder 1999).

Motverka svampskador

Förlängda vegetationsperioder och ökade temperaturer ger i förlängningen ökad förekomst av rotröta i växande skog, såvida inte motstrategier anläggs som är effektivare än vad som tillämpas idag. Ju större granandel i landskapet och ju vanligare det är att avverkad granskog förnygras med granskog, desto lättare sker spridningen. Ju större tillämpning av biologisk bekämpning och ju större andel av avverkningsarna som förläggs till icke växtsäsong, desto mer motverkas den.

Svampsjukdomar gynnas oftast av fuktig väderlek vid något tillfälle i deras utveckling. Åtgärder som minskar fuktigheten i beståndet eller föryngringsytan kan därför ha en positiv inverkan, till exempel hyggesrensning, röjning, gallring etc. Särskilt tall är känslig för flera olika svampsjukdomar. Problemen kommer sannolikt att öka med tiden för både för gran och tall eftersom de förväntade klimatförändringarna innebär att nederbördsmängderna blir större och perioder med tjäle kommer att bli kortare.

Till en del går risken för Gremmeniellaskador att kontrollera genom skogsskötseln. Sydliga provenienser av tall drabbas ofta hårdare än nordliga dito (Hansson 1998, Rosvall 2002), välgallrade bestånd tycks även drabbas mindre och lövinblandning kan minska spridning inom beståndet (Skogsstyrelsen 2009b). Hittills har inget framkommit som tyder på att förädlat material skulle vara mer känsligt än lokal proveniens. Det finns dock anledning att ständigt följa upp risken för skador, särskilt i de fall då de förädlade plantorna har ett tillväxtmönster som påminner om plantor med sydlig härkomst. Strategin att använda plantor som passar ett klimat som motsvarar en fjärdedel framåt i omloppstiden bör stämma till vaksamhet. Detta innebär att man använder plantor med ännu mer ”sydligt” tillväxtmönster.

Flera svampskadegörare sprider sig från träd till träd vilket innebär att spridningen bör minska i trädslagsblandande skogar. Detta gäller dock inte alltid. Det finns exempel på mindre lyckade trädslagsblandningar till exempel tall och asp där båda trädslagen hyser olika stadier av knäcksjuksvampen.

Om man ska kunna begränsa förekomsten av rotticka bör man vidta en mängd olika åtgärder som exempelvis avverkning och förröjning vintertid, behandling av stubbarna med preparat innehållande sporer av pergamentsvamp vid avverkning och gallring av friska bestånd när det inte är fruset, samt anläggning av blandbestånd eller trädslagsbyte (hjälpfrämst mot s-formen). En god översikt över val av olika åtgärder mot rotröta i olika typer av bestånd finns i Rönnberg m.fl. (2011).

Många nya patogener har etablerat sig i landet under senare decennier. Möjligheterna motverka skador är oftast större ju större kunskap man har om riskerna och ju tidigare man agerar (Stenlid m.fl. 2011).

Internationellt samarbete

Det pågår ett intensivt arbete med att kartlägga och begränsa riskerna med växt-skadegörare världen över. IPPC, International Plant Protection Convention, är en stor organisation för att sprida kunskaper om olika skadegörare och hur man kan undvika att sprida dem genom olika åtgärder vid handel och transport mellan olika länder (IPPC:s hemsida). Sveriges kontakter med IPPC sköts av Jordbruksverket, som är behörig myndighet i växtskyddsfrågor.

Inom EU finns en EU-gemensam växtskyddslagstiftning som reglerar handel som innebär förflyttning eller risk för förflyttning av en lång rad namngivna organismer som kan orsaka sjukdomar och skador på kommersiellt nyttjade växter inklusive skogsträd. På Jordbruksverkets hemsida finns information om gällande nationell och internationell lagstiftning.

Invasiva främmande arter som kan göra skador på icke kommersiellt utnyttjade växter och ekosystem är på samma sätt reglerade i EU-gemensam lagstiftning. Ett nationellt regelverk om detta kommer snart (troligen senare i år). Behöriga myndigheter i Sverige kommer att vara Naturvårdsverket (landekosystem) och Havs- och vattenmyndigheten (marina och limniska ekosystem). Information kommer att finnas på dessa myndigheters hemsidor.

För Europa och Medelhavsområdet finns en samarbetsorganisation, EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), som gör riskbedömningar och utfärdar varningar för skadegörare som kan hota kommersiella grödor, inklusive träd, inom verksamhetsområdet (EPPO:s hemsida). Sverige representeras i EPPO av forskare från SLU.

Santini m.fl. (2013) har analyserat förekomsten och spridningen av en mängd olika invasiva och relativt nytillkomna skogsskadegörare. Analysen visade att ökad handel med skoglig biomassa kunde pekas ut som huvudorsaken till den ökade artspridning som noterats under senare decennier, men man diskuterade också klimatförändringarnas roll för att påskynda både spridning och etablering. En slutsats var att ett väl utvecklat internationellt (fytosanitärt) samarbete med syfte att motverka spridningsriskerna via handel med skogligt biologiskt material är angeläget.

På nordisk/baltisk nivå har Hopkins & Boberg (2012) sammanfattat synpunkter kring patogenrisker och klimatförändringar i en rapport. Slutsatserna var följande:

- Att det är viktigt med aktionsberedskap och en genomtänkt ansvarsfördelning inför större skadehändelser, att möjliga motåtgärder tänks igenom och strategier utformas,
- Att skogslagstiftning ofta bör anpassas bättre till risken för nya skadegörare, att det fyto-sanitära regelverket (på EU-nivå och global nivå) med tillhörande inspektionssystem behöver utvecklas vidare och att importregler kring handel med plantor bör skärpas, speciellt rörande maxgräns för plantstorlek, jordinnehåll och högriskfamiljer (typ Rhododendron),
- Att system för detektering och övervakning behöver förbättras, att man bör samarbeta mer organiserat, framförallt internationellt, kring ”tidig varning” och att fortsatt forskning behövs.

Tidig upptäckt, snabb inventering och god kommunikation

Både Jordbruksverket (2012) och Skogsstyrelsen (2012) har tidigare publicerat rapporter och meddelanden om vilka åtgärder som behövs för att upptäcka och stoppa främmande skogsskadegörare så tidigt som möjligt innan kostnaderna för att åtgärda skadorna och utrota skadegöraren blir alltför stora. De behov och åtgärder som listas i Skogsstyrelsen (2012) är:

- En god omvärldsbevakning som kan ge information om hur olika arter etablerar sig i andra länder eller förflyttar sig och sprids inom länderna och som tidigt kan varna för nya skadegörare som kan bli aktuella i landet.

- En riskvärdering av nya skadegörare, inklusive sådana som vi genom omvärldsbevakning ser kan komma att utgöra ett hot, för att kunna bedöma konsekvenserna av om skadegöraren etablerar sig i landet och vilka åtgärder som bör vidtas för att förhindra detta respektive åtgärder för att hantera en etablering.
- Övervaknings- och inventeringsmetoder som tidigt kan upptäcka när för Sverige nya skadegörare kommer in i landet och som kan dokumentera trender över tid vad gäller sådana introduktioner.
- Väl utvecklade övervaknings- och inventeringssystem för att följa och bevaka utvecklingen av redan etablerade skadegörare för att tidigt fånga upp förändringar i populationsstorlek, skadeläge och utbredning. Metoder för bedömning av uppkommet skadeläge och prognoser för kommande år för att kunna ge rekommendationer för hur man bör agera.

Följande punkter bedöms utgöra viktiga förutsättningar för att det föreslagna arbetssättet ska fungera som det är avsett:

- Klargörande av möjligheter att finansiera inventeringar mm för att fastställa skadeläge och vidta åtgärder vid olika typer av skadesituationer.
- Tydlig ansvarsfördelning och anpassade regelverk för att kunna hantera situationer när skador uppstår.
- Bättre samverkan mellan myndigheter och skogsnäring.

Motverka skogsbrand

De flesta och svåraste skogsbränderna inträffar vid stor torka. Som visas i föregående kapitel ökar risken för sådan marktorrhet sommartid påtagligt med klimatförändringarna i delar av landet, främst i Götaland, Svealand och längs Norrlandskusten. Den stora branden i Västmanland sommaren 2014 visade att det finns anledning att fortsätta att utveckla brandförsvarets organisation och beslutsordning, tillgång till teknik för lokalisering av bränder och för släckning, och slutligen dess möjligheter till samverkan med grannländer.

Skogsskötseln påverkar också. Uttag av avverkningsrester minskar bränslemängden på marken (jfr MSB 2012). På lite längre sikt kan man se till att barrdominerad skog bryts av med stråk av lövskog eftersom den senare minskar risken för toppbrand med snabb spridning påtagligt (MSB 2012, jfr även Granström 2012). Lövskog får av denna anledning även gärna omge gårdar.

Sannolikt kan risken för skogsbrand framförallt minskas genom att skogsbrukets egna säkerhetsrutiner utvecklas. Det kan exempelvis finnas anledning att fundera över hur man fördelar risken för maskinstillestånd mellan uppdragsgivare och maskinentreprenör så att inte den senare hamnar i en svår ekonomisk sits vid långvarig torka.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ger följande råd för att motverka risken för skogsbrand¹²:

- När risken för skogs- och vegetationsbrand är stor krävs extra uppmärksamhet och bevakning för att upptäcka och släcka små bränder tidigt. Brandriskprognoser är ett naturligt hjälpmedel för att följa brandrisken¹³. Man måste också följa väderutvecklingen lokalt för att få en samlad riskbild.
- Förna och hyggesrester torkar upp snabbare än levande vegetation. God tillgång på sådant material på markytan ger därmed en snabbare förändring i brandrisk än om ytan täcks av levande växter. Hur torrt det är i markytan spelar emellertid stor roll för hur lätt antänt material ger en eld som sprider sig.
- Arbete i skogen under stark torka innebär ökade risker för antändning både under arbetets gång och den närmaste tiden därefter. En naturlig del i att förebygga skogsbrand är uppmärksamhet och kontroll i området där arbete pågår eller har skett. Det säkraste är att stoppa arbetet vid en viss nivå på marktorrhet, alternativt att vidta extra brandskyddsåtgärder. Vid vilken nivå på antändningsrisk som maskinarbete ska stoppas bör vara tydligt överenskommet i avtal.
- En skogsägare bör säkerställa att alla som arbetar med maskin i dennes skog har grundläggande skogsbrandutbildning. Skogsägaren bör ställa krav på att de som arbetar i skogen redovisar vad man gör för att förhindra skogsbrand och begränsa tillbud. Vid arbete under torka, eller när brandrisken av andra skäl är stor, bör skogsägaren också kräva att lämplig släckutrustning, som handredskap, vatten, etc. medförs. Dessutom bör den som utför arbete i skogen alltid ha möjlighet att larma om något händer. Huvuddelen av detta bör kunna regleras genom avtal mellan skogsägaren och berörda parter.
- Vid stor brandrisk bör skogsägaren även vara extra uppmärksam på risker för pyrande brand (glödhårdar) efter blixtnedslag eller besök av allmänhet.
- Den som arbetar i skogen bör tänka igenom vilka brandrisker som kan finnas på det område där arbete ska ske. En riskfaktor är alltid maskiner som kan antända torrt material om de slirar med kedjor eller hasar på sten och gnistor bildas. Innan arbetet startar bör skogsarbetaren också ha tänkt igenom vilka åtgärder denne ska vidta för att ta hand om tillbud. Alla som arbetar med maskin i skogen bör ha grundläggande brandutbildning. Utbildningen bör ha behandlat de vanligaste riskerna, enkla släckmetoder och tillvägagångssätt vid släckning av större bränder där brandgator kan bli aktuella.

Om det ändå börjat brinna ges ett antal tips till släckningsarbetet i MSB (2012).

¹² www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skogsbrand--vegetationsbrand/Forebygga-skogs--och-vegetationsbrand/

¹³ www.msb.se/brandriskprognoser

5.3 Förädling och förflyttning av genetiskt material

Klimatanpassad förädling

Användning av förädlad skogsodlingsmaterial innebär generellt att skogen växer fortare och att gallring och slutavverkning inträffar tidigare än i en skog med oförädlad material. Skogssträdsförädlingen erbjuder goda möjligheter att anpassa skogssträd till nya klimatiska förhållanden och till en del skadegörare. För gran och tall finns förädlingspopulationer om ungefär 1 000 träd per trädslag vilka uppdelas i cirka 20 separata delpopulationer. Dessa är anpassade till olika klimatzoner eller egentligen till olika kombinationer av ljusklimat (fotoperiod) och temperatur. För varje breddgrad, latitud, finns delpopulationer anpassade till både ett kärvtare och ett mildare klimat. Ur förädlingspopulationerna väljer förädlarna genom tester i fältförsök (avkommetester) ut önskade träd främst med avseende på deras tillväxt, vitalitet och virkeskvalitet. De utvalda plusträden förädlas vidare eller massförökas i fröplantager. Förädlingen har ett återkommande cykliskt förlopp med fälttester, urval och korsning av plusträd till vidare förädling (Skogsstyrelsen 2010).

I slutet av 1940-talet anlades i Sverige den första omgångens fröplantager av utvalda plusträd av gran och tall. Den andra omgångens fröplantager anlades under 1980-talet och den tredje anläggs nu med början för ca tio år sedan. De skogar som växer idag och som föryngrats med förädlad material kommer ofta från den andra omgångens fröplantager. Skogsodling med förädlad material har varierat över tid men har ökat under senare år. Under senare år har även den naturliga föryngringen av tall minskat och ersatts med planterade tall- och granplantor. Cirka 200 miljoner granplantor planteras nu årligen, varav 69 procent drogs upp från förädlad frö under 2013. Andelen förädlade granplantor var knappt 50 procent under perioden 2002–2008. Andelen förädlade tallplantor ökade från cirka 60 procent under 2001 till 91 procent under 2013.

En anpassning av ett förädlad material görs genom att man förskjuter användningen av förädlingspopulationerna geografiskt i takt med klimatförändringarna. Väljer man ett plantmaterial som är anpassat till det klimat som förväntas först om flera decennier kan överlevnaden inledningsvis bli sämre och klimatskadorna fler, men i gengäld växer de plantor som överlever fortare då de bättre tar tillvara på hela tillväxtsäsongen i genomsnitt under omloppstiden. En lämplig avvägning har bedömts vara att man väljer skogsodlingsmaterial som är anpassat till det klimat som väntas råda ca tjugo år fram (Andersson 2010). Genom att studera information om överlevnad och tillväxt från förädlingsprogrammen kan en markägare välja plantmaterial utifrån sin kännedom om olika skaderisker på fastigheten i kombination med sin riskbenägenhet.

Väl utbyggda förädlingsprogram finns endast för gran och tall och i viss utsträckning även för contortatall och vårtbjörk. För ett antal trädslag som lärk, ek, bok, hybridasp, poppel, ask fågelbär, sitkagran och Douglasgran finns mindre förädlingsaktiviteter och för övriga trädslag knappt någon förädlingsverksamhet alls (Rosvall & Stener 2014). Bristen på förädlingsprogram och fröförsörjning för många trädslag försvårar möjligheten för skogsägare att kunna anpassa valet av skogsodlingsmaterial till klimatförändringar. Behov finns därför att utveckla olika slags förädlingsprogram för fler trädslag,

särskilt för sådana som blir mer intressanta för skogsodling till följd av klimatförändringarna.

Förädling och skadegörare

Olika individer (kloner) av ett trädslag skiljer sig ofta i sin motståndskraft mot skadegörare. Exempelvis finns genetiska skillnader hos olika askkloner i hur mottagliga de är att angripas av askskottsjukan. Genetisk variation i resistens ger möjlighet att förädla för individer med låg mottaglighet för vissa skadegörare. Denna typ av förädling görs redan idag för ett begränsat antal skadegörare, framför allt rotröta (*Heterobasidion*). Huvudsakligen är det benägenheten till klimatskador som frost och vinterkyla som förädlingen fokuserar på.

Genom att testa plusträd i fältförsök studerar man vilka träd som har större benägenhet att skadas av olika skadegörare. Genotyper som visar sig känsliga för befintliga skadetyper och sjukdomsalstrare gallras bort. Dessutom samlas kottar endast in (särplockas) från vitala träd. Exempelvis har motståndskraft mot törskatesvamp värderats högt i norra Sverige och genotyper med dålig motståndskraft har plockats bort. I det fallet har tillväxten inte påverkats negativt (Persson m.fl. 2008). En hård särplockning kan emellertid leda till minskad genetisk variation. Ett projekt kring förädling av ask mot ökad resistens mot askskottsjuka har nyligen initierats.

Riskspridning med variation i skogsodlingsmaterial

Klimatförändringarna innebär ändrade förutsättningar för skogsskador, med bland annat introduktion av nya skadegörare av insekter och svamp. Dessutom kommer mönster i hur mottagliga värdträden är för redan etablerade skadegörare att förändras, liksom de ekologiska samspel som påverkar skadegörarnas inverkan på sin omgivning (Boberg m.fl. 2014).

Med förädling kan såväl trädens egenskaper som genetiska variation påverkas. Beroende på förädlingens dimensionering och design kan den genetiska variationen öka eller minska i jämförelse med naturpopulationen. De svenska förädlingsprogrammen har för närvarande en uttalad målsättning att hålla en relativt hög genetisk variation (muntlig ref. Bengt Andersson Gull, Skogforsk). En studie på tall visade att användning av förädlad material inte innebar en minskad genetisk variation på beståndsnivån jämfört med naturligt föryngrad skog på flera lokaler i landet (Garcia m.fl. 2015). Förädlad gran håller också ännu en hög genetisk variation, åtminstone i norra Sverige (Androsiuk m.fl. 2013). Risken för att det kommer nya sjukdomar för vilka det finns en känslighet som inte samvarierar med vitalitet i övrigt (jfr askskottsjukan) innebär att det finns en risk med att reducera genetisk variation för en art även i den större skalan. Det är svårt att veta vilka gener som blir viktiga i framtiden. Det är därför angeläget att förädlingsarbetet inte tillåts leda till en minskning i genetisk variation på landskapsnivån¹⁴, inte heller på längre sikt då förädlade träd börjar bli föräldrar även till naturligt föryngrade träd (jfr Black-Samuelsson 2015). Även om nivån på genetisk variation upprätthålls är det önsk-

¹⁴ Fortsatta studier behövs för att visa hur utvecklingen ser ut idag på landskapsnivån och hur prognosen för framtiden ser ut med nuvarande program, förutsatt olika genomslag i praktiken.

vårt att gener inte förloras i alltför stor omfattning på vägen. Det kan också finnas andra arter i skogen som är beroende av egenskaper hos lokala provenienser.

Med tanke på klimatförändringarna och tilltagande hot från både kända och okända skadegörare kan markägare rekommenderas att använda ett varierat skogsodlingsmaterial, framförallt genom att odla flera trädslag ("trädslagsportfölj"), men också genom att använda flera lämpliga frökällor ("frökälleportfölj") med bred genetisk variation för de vanligaste trädslagen. En viss andel kan även gärna vara oförädlat material om den naturliga föryngringen är liten i landskapet. Man kan även variera föryngringsmetoden (plantering, sådd och naturlig föryngring) och skötselsystemet (trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk) för att ytterligare sprida riskerna.

Det är önskvärt att valet av skogsodlingsmaterial (stambrevsnumret) dokumenteras i skogsbruksplanen för eventuell framtida utvärdering av förädlingens effekter.

5.4 Trädslagsval – bakgrund och diskussion

Gran

För Norrland (utom kusttrakterna i norra 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 (Eriksson (red) 2007). Klimatförändringarna ger därför anledning att i högre grad satsa på granföryngring på sådana medelgoda marker. Det är dock oklart när i framtiden detta skifte i produktionsförmåga kommer i norra Sveriges inland då tallens produktion där har visat sig vara högre relativt granen än vad man tidigare ansett (*se Tall*).

Vår vanliga gran (*Picea abies*) 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. Vidare har granens känslighet för stormfällning, snöbrott och torka med åtföljande barkborreskador påverkat bilden av dess produktionspotential och ekonomi. Till detta kommer insikten om att skaderisken för ett bestånd ökar med beståndshöjden och under åren efter sena gallringar. 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.

De relativt låga kostnaderna för föryngring, tåligheten mot ett högt viltryck, att den normalt är lätt att sköta och en god efterfrågan på dess virke talar ändå för granen även

framöver. Erfarenheterna av återväxtarbetet efter stormen Gudrun 2005 visade också att flertalet skogsägare valde att återplantera stormhyggen med gran trots att det främst var granskog som föll i stormen. Man får oftast ändå en tydlig lövinblandning genom naturlig föryngring.

På grund av vilttrycket planteras numera gran även på magra och torra marker där tall normalt hade varit alternativet (Claesson m.fl. 2015). Risken för perioder med marktorka ökar dessutom i stora delar av Götaland och östra Svealand och i någon mån även längs delar av Norrlandskusten. Med tanke på de ökade skaderiskerna för torkstressad gran kan det finnas risker med denna utveckling. Granskog på torr och mager mark kommer även under måttligt torra år att ha en hög grundläggande nivå av stress och lättare drabbas av rotröta och granbarkborre.

Om man efter en svår stormskada drabbas av flera långa torrsomrar, som både gynnar barkborrarnas föryngringsframgång och stressar granar, kan det leda fram till rent katastrofscenariot, en okontrollerbar skogsskadesituation liknande den som drabbat tallskogar i nordvästra Nordamerika. Sannolikheten för en sådan utveckling är liten, men ökande, och bör stämma till eftertanke. Eventuellt bör man i vissa områden aktivt öka andelen av andra trädslag i föryngringen redan nu – för att förekomma en sådan utveckling?

Ett alternativt scenario är att skogsägare i områden med ökande skogsskador på gran successivt får ett minskat intresse för trädslaget och efterhand börjar testa/gynna andra trädslag i högre grad vid föryngring, röjning och gallring. En tendens till detta kan idag ses i sydsverige där granen på många håll väljs bort till förmån för lövträd, lärk och andra främmande barrträd.

För mindre skogsägare i Sverige gäller, i högre grad än för större, att man vill kunna styra över tidpunkten när tillgången realiserar. Man har således större anledning att sprida riskerna i brukandet. 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. I stora delar av Göta- och Svealand är dock granen naturlig och bidrar till bevarandet av en naturlig artdiversitet, framförallt på lägre till medelgoda boniteter och i blandning med andra trädslag.

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 och det kan där finnas anledning att öka tallandelen i skogen. Tallen är förhållandevis viltskadekänslig vid föryngring vilket kan försvåra en

sådan satsning om inte viltskadorna kan motverkas bättre framöver¹⁵. I mellersta och norra Sverige förväntas tillväxten för gran och löv öka mer än för tall.

På senare år har ett antal studier visat att tallens produktionsöverlägsenhet över granen i norra Sveriges inland är betydligt större än vad man tidigare har ansett (Nilsson m.fl. 2012). Detta kan komma att senarelägga den framtida växlingen mellan tall och gran i produktionsförmåga på många marker i norr. Tall är samtidigt utsatt för fler svampskadegörare, jämfört med gran, vilket kan påverka tillväxtförutsättningarna. Flera av tallens svampskadegörare som Gremmeniella, tallskytte, snöskytte, törskate med mera kan förväntas öka i norra Sverige till följd av ett fuktigare klimat och kortare vintrar och därmed försvaga tallens reala produktionsförmåga.

I likhet med dagens överanvändning av gran i söder finns kanske en nordlig parallell med viss överanvändning av tall. Det är dock idag oklart om denna överanvändning potentiellt kan resultera i en ökande skogsskadeproblematik liknande den med gran i söder.

Stormskadorna i norra Sverige tycks i större grad ha drabbat tallskogar jämfört med i söder. De bakomliggande faktorerna till denna tendens är inte klarlagd.

Contortatall

Contortatallen (*Pinus contorta*) har planterats på cirka 600 000 hektar i norra Sverige. För närvarande planteras betydligt mindre arealer (cirka 7 000 hektar per år) än på 1980-talet (cirka 30 000 hektar per år). Den används i allt väsentligt som ett alternativ till tall. Virkesmässigt är den relativt lik gran och tall. Contortatallen är allra mest till sin produktionsmässiga fördel gentemot tallen i relativt kärva klimatlägen i mellersta Norrlands inland. Klimatförändringarna kan därför möjligen förskjuta det optimala området för odling contortatall norrut. I södra delen av landet vinner den i mycket lägre grad eller inte alls och är inte heller tillåten att använda.

En ökad stormskadefrekvens till följd av mindre tjäle och högre grundvattennivåer kan förväntas påverka contortatallen i negativ riktning eftersom den är betydligt mer vindkänslig än tallen. Detta kan till en del hanteras genom skötselmetoder, sådd till exempel leder till träd med bättre rotstabilitet, även gallringsfri odling kan vara en möjlighet. Contortatallen är känslig för flera typer av svampsjukdomar men det är oklart om detta kommer att försvaga den gentemot tallen. En betydande fördel för contortatallen jämfört med tallen är att den skadas mindre av älg.

Ibland har det framförts önskemål om att kunna odla contortatall i södra Sverige där den idag är förbjuden för att få ett alternativ till tall och gran på magra torra marker. Contortatallen har dock ingen betydande produktionsöverlägsenhet mot tall i söder och den stora stormskaderisken (sannolikt större än för gran) gör den inte till ett särskilt intressant alternativ.

¹⁵ I projektet Mera tall arbetar Skogsstyrelsen och delar av svensk skogsnäring tillsammans för att hitta lösningar på detta problem.

Björk

Våra inhemska trädbildande björkarter; vårtbjörk (*Betula pendula*) och glasbjörk (*Betula pubescens*) har en utbredning över hela Europa med undantag av de sydligaste områdena runt Medelhavet. Dess betydelse för skogsbruket påverkas därmed inte i så stor utsträckning av klimatförändringarna. I Sverige förekommer björkarna över hela landet, där glasbjörk dominerar i mellersta och norra Sverige, medan fördelningen är relativt jämn i Götaland. Sammantaget är björkarterna våra vanligaste lövträdslag med cirka 12 procent av det totala virkesförrådet och cirka 67 procent av lövvirkesförrådet (Skogsstyrelsen 2014). Vårtbjörken trivs på frisk mark, medan glasbjörken föredrar fuktigare mark. 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. Om glasbjörkens dominans i norra Sverige är klimatrelaterat, kan det innebära att den minskar i förhållande till vårtbjörken i norr. Vid kraftiga klimatförändringar kan det bli aktuellt att expandera förädlingsverksamheten för björk, genom att korsa in mellaneuropeiska provenienser i förädlingspopulationerna. Självföryngrad björk (särskilt glasbjörk) är måttligt viltskadekänsligt och man kan förvänta sig att träds laget kan öka i intresse relativt granen särskilt hos markägare med mer extensiv inriktning på sitt skogsbruk. Björk går att samodla med gran i blandade bestånd, vilket i viss mån kan motverka de ökade problemen med patogener och skador för granen, tex rottröta (*se nedan*). I norra Norrland förväntas björken öka sin produktion speciellt mycket. En tydlig inriktning på intensiv skötsel av självföryngrad björk, men kanske i ännu högre grad på planterad björk av förädlad material, innebär möjligheter till att producera högkvalitativt björkvirke, med relativt korta omloppstider, troligtvis 40 år eller möjligen ännu kortare, i södra Sverige (Skogsstyrelsen 2014).

Övrigt löv

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.

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 kan gynnas av ett varmare klimat och skulle troligen kunna odlas med kortare omloppstider. Virkeskvaliteten höjs i vissa avseenden då tillväxten ökar. Ekens möjliga skogsodlingsgräns kommer att flyttas norrut. Viltskadekänsligheten vid föryngring, den fortfarande relativt långa odlingstiden, den intensiva och dyra skötseln och svårigheten att konkurrera med ek odlad i exempelvis Tyskland och Polen med högre kvalitet kan motverka ett ökat intresse för ekproduktion. Eken drabbas också återkommande av olika skadegörare, till exempel ekvecklare (*Tortrix viridana*), och mer komplexa skadebilder som kan initieras av svår torka och/eller frost (Barklund 2002).

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 alm (*Ulmus glabra*) är för närvarande svårt drabbade av patogener vilket medför ett lågt intresse från skogsbruket. Den svamp som orsakar askskottsjukan (*Hymneoscyphus fraxineus*) sprids med luftburna sporer och har på kort tid spridit sig inom askens hela utbredningsområde (Skogsstyrelsen 2013a). Den kommer troligen inte ha någon svårighet att sprida sig norrut tillsammans med en eventuell klimatrelaterad nordförflyttning av asken. Askskottsjukan är ett exempel på en ny skadegörare som introducerats genom handel med växtmaterial (Skogsstyrelsen 2013b). Almsplintborren (*Scolytus sp.*) som sprider den mest virulenta formen av almsjuka (*Ophiostoma novoulmi*) verkar sprida sig norrut lika fort som almen.

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. Idag är ofta betetrycket för högt i södra Sverige för att tillåta andra lövträdslag än björk att passera plantstadiet (Holmström 2015).

Främmande trädslag

Användning av främmande trädslag eller nya trädslag kan erbjuda alternativ när de inhemska trädslagen av klimatiska skäl inte går att använda längre. Det kan även finnas anledning att använda främmande trädslag med syfte att öka skogsproduktionen eller för att undvika skadegörare. Hittills har intresset för att använda främmande trädslag, bortsett från contortatall, varit relativt begränsat. På senare år har en viss ökning i användning kunnat noteras, särskilt av olika lärkarter men även sitkagran, Douglasgran, hybridasp och poppel. Denna ökning återfinns huvudsakligen i södra Sveriges stormdrabbade områden (Fries m.fl. 2013, Skogsstyrelsen 2013c). Trädslag som finns söder om Sverige kan komma att spontant sprida sig till södra Sverige då deras naturliga klimatzon flyttar hitåt och frågan kompliceras då om vad som ska räknas som inhemskt.

Att introducera ett främmande trädslag är ingen enkel process, det tar tid och bakslag är vanliga. Det gäller sådana grundläggande saker som att fastställa någon form av produktionsöverlägsenhet (tillväxt, kvalitet, skaderesistens) som gör det rimligt att satsa på trädslaget. Därefter ska man hitta ett genetiskt material som passar för de inhemska förhållandena och därefter utveckla skötselråd.

Främmande trädslag kan även ha negativa effekter på människa och/eller miljö så kallade invasiva effekter. Ofta tänker man sig då en okontrollerad spridning i naturen men det kan även vara frågan om en lägre biodiversitet i skogarna. Trädslaget kan hybridisera med nära inhemska släktingar. Ett nytt trädslag kan även vara bärare av nya skadegörare som kan sprida sig till inhemska trädslag så kallade vektorsproblematik. Risken för invasiva effekter måste vägas in i de bedömningar man gör om ett nytt trädslags lämplighet (Kjaer m.fl. 2014).

Både risken för odlingsmässiga bakslag och risken för invasiva effekter medför att en introduktion endast bör göras stegvis under kontinuerligt adaptivt utvärderande (Skogsstyrelsen 2013c). Detta gäller såväl på nationell nivå som för enskilda skogsägare. Skogsstyrelsen bedriver försöksverksamhet med adaptiv skötselutveckling.

Lärk (huvudsakligen hybridlärk i söder och sibirisk lärk i norr) har ökat i användning och då särskilt i sydvästra Sverige. Trädslagen anses vanligen vara relativt lättodlade men bekymmer finns med frostsador och i synnerhet viltskador. Tillväxten är hög och de hittills identifierade invasiva effekterna tycks vara begränsade (Felton m.fl. 2013). En viktig begränsning är att virket inte är jämförbart med tall och gran och det råder osäkerhet om den framtida användningen.

Poppel, poppelhybrider och hybridasp har ökat i användning, främst på stormfäld mark och på nedlagd jordbruksmark. Det finns betydande odlingsproblem som svåra viltskador (i synnerhet på hybridasp) och svårigheter att etablera föryngringar (särskilt för poppel). Tillväxten är mycket hög och de invasiva effekterna begränsade. För hybridasp finns dock en uppenbar och oönskad risk för hybridisering med den inhemska aspen (Felton m.fl. 2013).

En analys av Subramanian m.fl. (2016), där ökade skaderisker kopplade till klimatförändringar räknades med, indikerade att hybridlärk och hybridasp kan ge lika bra produktionsekonomi som gran på många ståndorter i södra Sverige.

Sitkagranen är nära släkt med vår inhemska gran men arterna hybridiserar inte naturligt med varandra. Odlingsmässigt och virkesmässigt är den lik granen men kräver stor vattentillförsel genom nederbörd eller översilning för att ge lika stor tillväxt som granen. Sitkagranbestånd får anses ha lågt värde när det gäller biodiversitet och rekreation.

Douglasgran är inte nära släkt med något annat naturligt förekommande barrträd i Sverige. Trädslaget anses vara trögt att föryngra på grund av skador (vilt, frost med mera). Virkesegenskaperna skiljer det sig en del från gran och tall men virket anses vara vackert och värdefullt. Spridning genom självföryngring har konstaterats i andra länder men har ännu inte rapporterats som något betydande problem i Sverige (Felton m.fl. 2013).

Diskussion om trädslagsval och blandskog

SKA 15-analysen pekar på att dagens skogsbruk kommer att leda till att fördelningen mellan tall, gran och löv blir jämnare i både södra Norrland och Svealand men att tall-dominansen ökar i norra Norrland och grandominansen ökar i Götaland (*figur 4.2*). Är

detta en lämplig utveckling när alla aspekter av skogens värden beaktas, inklusive ökade skaderisker i ett förändrat klimat? Detta är en fråga som bör engagera alla skogsintresserade.

Skogsägarna i södra Sverige har inte varit benägna att byta trädslag i någon betydande omfattning efter Gudrun, Per och andra stormar på senare år (Skogsstyrelsen 2011, Valinger m.fl. 2014). Möjliga förklaringar är bristande övertygelse om klimatförändring verkligen håller på att ske (Blennow 2012), att man upplever risken med ett trädslagsbyte (särskilt bristande odlingskunskap) är större än risken med att fortsätta odla gran (Lidskog & Sjödin 2014) eller att man uppfattat att budskapet från forskningen trots allt är att granen är det bästa valet ur ekonomisk synvinkel av de inhemska trädslagen. Det senare stöds av analyser av Subramanian m.fl. (2016), gällande typisk granmark.

Vi gör dock bedömningen att det finns flera anledningar för skogsägare i Götaland att motverka ökad granandel på fastigheten och i vissa fall rentav minska den. Dels ökar risken med att ha gran på torrare mark till följd av ökad marktorka, dels har vi sannolikt ökande insektskador att vänta (*jfr ovan*). Riskerna för stor stormfällning, med sänkta virkespriser som följd, och omfattande barkborreangrepp motverkas. Vidare är det viktigt för många mindre markägare att något säkrare kunna välja tidpunkt för avverkning och inkomst. Många värderar också att ha en viss variation i skogen för den egna naturupplevelsen. En motsvarande diskussion kring om ökningen i tallandel i norra Norrland bör motverkas behöver föras.

Genom att anlägga och sköta blandskogar kan flera olika skadetyper minskas (Jactél m.fl. 2012). Detta tycks vara giltigt för flera av de svåraste skadeorsakerna i svenskt skogsbruk, till exempel vindfällning, rotröta, granbarkborre och röd tallstekel. Förutsättningarna för blandbestånd är vanligen att planteringar fylls upp med en stor andel naturligt förnygrade plantor och det finns möjligheter att tillämpa och utveckla metoder för att gynna större variation av både trädslag och ursprung i planteringar (Hallsby m.fl. 2015, Holmström 2015). Det spelar dock roll vilka trädslag som ingår. Exempelvis verkar de positiva effekterna av att blanda upp granbestånd med andra träd för att minska risken för stormskador främst gälla för lövträd (eller egentligen björk) men inte för tall (Valinger & Fridman 2011, Valinger m.fl. 2014). Det går inte att generalisera att alla trädslagsblandningar är positiva för att minska alla skador. Många praktiker har även observerat negativa blandskogseffekter som att björkar tenderar att orsaka piskskador på granar, att inblandat aspely i tallföryngringar orsakar knäckesjuka på tall (genom värdväxling) eller att älgskador på tall ofta blir svårare i trädslagsblandade föryngringar.

Sammantaget innebär de flesta typer av blandskogar sannolikt fler fördelar än nackdelar när det gäller att minska olika skador (Jactél & Brockerhoff 2007). Utöver minskad risk för skador innebär även trädslagsblandade skogar att det finns träd kvar om en trädart skulle bli kraftigt reducerad till följd av angrepp. Blandskogar har även en positiv effekt på den biologiska mångfalden och ger högre rekreativvärden (*jfr Felton m.fl. 2016b*). Samtidigt sänks oftast den högsta potentiella virkesproduktionen jämfört med ett trädslagsrent bestånd av det mest produktiva trädslaget för ståndorten. Artmångfalden i landskapet ökar om viltförvaltningen sköts så att självföryngring av rönn, asp, sälg och ädellöv medges i högre grad.

Skogsskötseln blir mer komplicerad då man har två eller flera trädslags tillväxtmönster att anpassa sin skötsel till. I hög grad saknas ännu lättfattliga instruktioner för hur man skall anlägga och sköta blandskogar. Viss hjälp kring att skapa en björk/granblandning ges emellertid i Holmström (2015), exempelvis kring vilken självföryngring av björk som är att vänta på olika ståndorter, att markberedning inte behövs i partier där björken både kommer av sig själv och är önskad av markägaren och att röjning är viktigt för beståndsutvecklingen, men att en måttlig röjning är bättre än en hård för tillväxten hos huvudplantorna i en föryngring.

5.5 Vilken roll kan hyggesfritt skogsbruk spela?

Inledning

Hyggesfria skogsskötselsystem innebär ett flertal sinsemellan ganska olika sätt att sköta skogen eller bedriva skogsbruk. Gemensamt är att marken aldrig blir helt skogfri över stora ytor. Skogen har en utjämnande effekt på avrinningen vid snösmältningen och vid mycket regn minskar risken för översvämningar lokalt där man annars skulle haft hygge. Risken för erosion/ras kan minskas, speciellt där den främst ökas av höjningen i grundvattennivå, men den beror också på hur körningen planeras eftersom körsträckorna oftast sammantaget ökar över tiden vid hyggesfritt skogsbruk. Risken för kväveläckage till vattendrag och hav minskar då trakthyggen undviks. Man sett att det räcker med en skärm på cirka 200 träd per hektar för att minska kväveutlakningen betydligt (Akselsson m.fl. 2007). Likaså minskar behovet av skyddsdikning.

Hyggesfria skogsskötselsystem kan erbjuda möjligheter att minska förekomsten och effekten av flera viktiga skadegörare (till exempel granbarkborre och andra skadeinsekter). Möjligen kan de samtidigt medföra ökade risker för andra skador, exempelvis rottröta. Genom att sköta skogen på olika sätt och därmed få en mer varierad skog sprids riskerna och eventuella skador behöver inte bli lika omfattande som om man bara tillämpar trakthyggesbruk.

För många kommunägda skogar är rekreationsvärdet högt prioriterat, såpass att det kan vara värt en reduktion i virkesproduktion (Nordström m.fl. 2013).

En bred enkätstudie visade att skogsägare (40 procent) i högre grad än skogstjänstemän (17 procent) ser hyggesfritt skogsbruk som en del av klimatanpassningen av skogsbruket (Vulturius m.fl. 2014). Detta förhållande visar att denna fråga behöver analyseras och diskuteras vidare.

Eftersom de hyggesfria skogsskötselsystemen är så olika går det inte enkelt att sammanfatta hur klimatanpassning fungerar utifrån dessa. Vi begränsar oss här till tre olika metodgrupper, blädning och liknande system, luck- och kanthuggning och skärmföryngring.

Blädning och liknande system

Här avses skogsbrukssystem där man främst avverkar grövre träd, ibland kompletterat med viss gallring i de yngre träden. Systemen kommer bäst till sin rätt om skogsägaren är intresserad och aktiv i sitt brukande.

I fullt utvecklade flerskiktade blädningsskog med träd i olika höjdklasser utvecklar träden ofta en god individuell vindhårdighet. Stormskador blir dessutom mindre kännbara eftersom man sällan behöver avveckla hela beståndet efter svåra skador. Det finns mindre träd som kan ta över och med tiden dominera beståndet. Enskiktade bestånd som är under konvertering till flerskiktade bestånd är emellertid initialt känsliga för stormskador.

När det gäller andra typer av skador saknas i hög grad dokumenterad erfarenhet. På samma sätt som vid konventionell gallring i granskog finns risk för rotröta om gallringen eller blädningen utförs då temperaturen överstiger fem grader och ingen stubbehandling utförs. Risning av stickvägar är ofta viktigt för att förhindra mark- och rotskador och rotröta. Sannolikt ökar problemen med rotröta eftersom blädningsskogar vanligen domineras av gran. En viktig inkörsport till rotröta sker genom gallring och blädning kan beskrivas som evig gallring. Möjligheten att sanera en rötinfekterad mark genom trädslagsbyte försvinner nästan helt. Sannolikt bör därför biologisk stubbehandling användas vid alla avverkningar i grandominerade blädningsskogar. Lönsamheten i uttag av avverkningsrester för energiändamål minskar eftersom avverkningarna blir mer utspridda i tid och rum.

Trädens kronor blir vanligen bättre utvecklade och mindre trängda vilket borde minska risken för angrepp av svampsjukdomar och en del barrskadegörande insekter, åtminstone bland de större träden. Å andra sidan innebär träd i olika storlekar med långa kronor att en markbrand lättare utvecklas till en förödande kronbrand. Effekterna av granbarkborreangrepp bedöms bli mindre allvarliga i skiktade granskog då det främst är de grövre träden som angrips.

Föryngring sker under ett skyddande krontak vilket gynnar gran framför de flesta andra trädslag. Många av de vanliga skadorna vid föryngring, som snytbagge och frost, bör rimligen minska.

Luck- och kanthuggning

Risken för stormskador ökar vid upptagande av luckor som successivt vidgas. Det finns dock ingen kunskap om risken är större jämfört med hyggesupptagning. Vid kanthuggning kan stormskaderisken minskas avsevärt genom att kanterna tas upp på motsidan av dominerande vindriktning.

Risken för rotröta bör inte bli högre än vid vanligt skogsbruk. Det handlar ju i allt väsentligt om små hyggen. Det finns därigenom möjlighet att få ett större inslag av andra trädslag än gran än vid blädning.

När det gäller övriga skadegörare så beror riskerna på hur åtgärderna utformas. Generellt borde risken ligga någonstans mellan trakthyggesbruk och blädning.

Skärmföryngring

Själva processen att ställa en skärm innebär att man gallrar i en äldre skog. Detta ökar således stormskaderisken. Om skärmställningen görs försiktigt och avvecklas i flera steg så kan stormskaderisken minskas. Vidare kan man undvika att använda metoden i utsatta vindlägen.

Miljön under en skärm blir relativt fuktig, vilket kan öka risken för svampsjukdomar. Samtidigt minskar skärmen en lång rad skador, exempelvis snytbaggennag, frost, uppfrysning, vegetationskonkurrens och torka.

Skärmställningar går att utforma så att de fungerar för de flesta trädslag. Det är även möjligt att byta trädslag genom plantering under skärm.

5.6 Klimatanpassning för bibehållen biologisk mångfald

Sammantaget betyder de olika förändringar som följer av klimatförändringarna (*jfr avsnitt 4.1*) att det blir svårare att bedriva artskydd med hög geografisk precision (Löf m.fl. 2012b) och att det blir än mer angeläget att säkra och/eller utveckla en god tillgång på biotoper för olika missgynnade arter i skogslandskapet ("grön infrastruktur").

Till varje trädslag hör en mängd mer eller mindre artspecifika insekter, svampar, mossor och lavar. Klimatanpassningsambitioner att skapa en skog där fler trädslag ges utrymme gynnar mångfalden. Detta kan göras vid föryngring, röjning och gallring och genom olika åtgärder för att minska viltbetet på plantor. Om viltbete motverkas genom anpassad avskjutning, eller på annat sätt, gynnas speciellt de mer begärliga trädslagen rönn, asp, sälg och ek som alla är viktiga trädslag för arter på rödlistan. Vidare ökar möjligheten för ädellövet att migrera norrut, vilket får positiv inverkan på dess anknutna arter.

Säkerhetsregler för att motverka skogsbrukets och körskadors effekter på vattendragens och den vattennära zonens biologiska mångfald måste utvecklas vidare. I en litteraturnalys pekar Gustavsson m.fl. (manus) på att hyggen inte bör tas upp samtidigt på båda sidor om ett vattendrag. Kantzonerna bör vara särskilt breda där det finns mycket upphöjda substrat som lågor och stenar och de är särskilt viktiga på blöta marker i större utströmningsområden för kärlväxter och vattenkvalitet. För landsnäcken behövs breda kantzoner även på friska till fuktiga marker (Hylander m.fl. 2004).

Användning av hyggesfritt skogsbruk (*jfr ovan*) har visat sig positivt för ett större antal känsliga skogsberoende arter (Dahlberg 2011). Ökad tillämpning av hyggesfritt skogsbruk, exempelvis på frisk-fuktig mark eller i form av breddade kantzoner längs vattendrag, våtmarker och sjöar, skulle därför kunna få stor betydelse för att säkra en del av den nu befintliga gröna infrastrukturen för dessa arter i skogslandskapet. Även den generella hänsynen, speciellt i form av lite större hänsynsytor, spelar en viktig roll i detta avseende (Artdatabanken 2014).

5.7 Utveckling mot klimatanpassade transporter i skogen

Förebygg körskador

Med varmare och blötare vintrar ökar riskerna för körskador på mark och rötter i terrängen. Att klimatanpassa terrängkörningen blir därför i hög grad detsamma som att

motverka körskador redan idag, bara att det behöver göras alltmer konsekvent ju större klimatförändringen blir¹⁶.

Det finns flera åtgärder som en skogsägare och de som avverkar kan göra för att undvika körskador. När skadan skett är det i många avseenden för sent att göra något åt den.

Baserat på god kunskap om risken för körskador på olika typer av mark görs en planering där tillåtna körstråk markeras på kartor. Skyddsvärda objekt och markområden i riskzonen för dålig bärighet markeras både på kartorna och i terrängen. Alla berörda maskinförare måste få del av planen. Effekter av snabbt ändrade väderförhållanden inkluderas i bedömningen. Stråk där det körs upprepade gånger planeras särskilt noga och förstärks redan från början med ris, toppar och eventuellt massaved. Ris bör även finnas tillgängligt för att underhålla risbädden som slits under arbetets gång.

I planeringen bör blöta och fuktiga partier, vattendrag och nödvändiga överfarter, diken och sjöar samt känsligheten för störning i dem lokaliseras. Fornlämningar, kulturmiljöer, stigar, vägar och friluftsområden ska också lokaliseras. Med detta som grund planeras dragningen av bas- och stickvägar, och var eventuella ris- och stockbroar, markskonare, flyttbara eller permanenta överfarter behövs. God planering av avläggsplatser är viktiga eftersom många allvarliga markskador uppkommer i anslutning till dessa. Utveckling av karttjänster och olika typer av GIS-skikt och digitala planeringsverktyg är snabb och kompletterar besök i fält. Fältbesök och barmarksplanering med snitsling i fält behövs dock alltid och man måste alltid räkna med att grundvattennivåerna kan höjas om det blir stora regnmängder inför någon av de planerade maskinoperationerna.

Att, vid behov, rensa diken till ursprungligt dikesdjup bidrar till att bibehålla dikenas vattenreglerande funktion i beståndet och kan ibland bidra till en förbättrad bärighet vid en framtida avverkning. En förutsättning för dikesrensning är emellertid att den inte ger negativ miljöpåverkan. I vissa fall kan pågående negativ påverkan från befintliga diken motverkas genom olika åtgärder vid dikesrensningen, exempelvis genom att dikena inte tillåts mynna direkt i något naturvatten.

Att lägga igen uppkomna spår kan vara motiverat om det motverkar erosion och transport av slam och organiskt material ut i ett vattendrag, dike eller sjö eller återställer framkomligheten till fots. Igenläggningen medför emellertid ännu en störning och det är inte säkert att skadans kemiska påverkan på mark och vatten motverkas.

Motverka risk för kraftig erosion och ras

En metodik för att identifiera områden med hög risk för ras och skred har tagits fram i ett myndighetssamarbete (Lundström m.fl. 2016) och en kartläggning är initierad. Syftet är att utifrån marklutning (över tjugofem grader) och jordart (sand, mo och mjäla) peka ut riskområden för skogsbruk och annan form av vegetationspåverkande exploatering, samt därefter diskutera vilka anpassningar som krävs för att minska riskerna inom dessa,

¹⁶ Jfr branschens körskadepolicy:

https://www.mellanskog.se/PageFiles/Dokument/Br%20gem_milj%c3%b6policy_120126.pdf

ofta relativt bördiga områden. En möjlig anpassning är att man övergår till hyggesfritt skogsbruk. Syftet är att bibehålla en skyddande och vattensugande vegetation och motverka den kraftiga avrinning som ett hygge medför. Bättre utbildning av maskinförare diskuteras också. Vidare behövs ökad kunskap kring anpassat byggande av skogsbilvägar. Möjligheten till samordning av åtgärder i ett landskapsperspektiv är en viktig faktor.

Erfarenhetsmässigt vet man att en stor andel av de känsliga områdena finns i anslutning till vissa älvdalar, till exempel Klarälven, Göta älv och Indalsälven, och utgörs av högproduktiv skogsmark till följd av markernas goda näringsstatus, rörligt markvatten och bra lokalklimat.

Bygg och underhåll vägar bättre

För att säkra tillgången på skogsbilvägar av godtagbar kvalitet på lång sikt bör man redan nu bygga och underhålla skogsbilvägar med den kvalitet det framtida klimatet kräver¹⁷. Den pågående klimatförändringen innebär varmare vintrar med mer nederbörd, och mer intensiv nederbörd vid vissa tillfällen. Det betyder att en successivt ökande större andel av avverkningarna kommer att ske under perioder som ställer höga krav på bärighet hos skogsbilvägar. Det innebär vidare att nedbrytningen av många vägar ökar. Speciellt känsliga är sannolikt områden med redan höga nederbördsmängder, områden som är starkt kuperade och, framförallt, områden där man har fuktiga marker med svaga, finkorniga, jordarter.

En viktig anpassning av skogsbilvägar till ett förändrat klimat är mer fokus på bra projektering, samverkan mellan fastighetsägare, välgjorda planer och ett gott genomförande av underhållsåtgärder. Samverkan mellan fastighetsägare gör att möjligheterna att klimatanpassa ökar, både genom större frihetsgrader i planeringen och genom bättre finansiering. Andelen vägar som är tillgängliga under sommar och höst kommer att behöva öka. Det blir mer angeläget att risken för ras och skred analyseras innan vägprojekt sätts igång, i vissa fall redan innan avverkning överhuvudtaget planeras¹⁸.

Ökad klimatanpassning i nybyggnation av väg nås genom att välja en linjeföring som ger torra väglägen och god tillgång på material. När känsliga områden passeras anpassas byggmetoden till detta och förstärkningsåtgärder vidtas. Viktiga moment i vägkonstruktionen är en anpassad utformning av diken, att undvika alltför starka motlut och utformningen av vattenpassager. Underhållsåtgärder som kantklippning, justering av tvärfall och dikning kommer att behöva öka.

6. Forskningsbehov

Man har påbörjat en klassning av arterna i rödlistan som syftar till att spegla i vilken grad klimatförändringen adderar till hotet, men ännu återstår en hel del arbete i den riktningen och att utifrån sådana analyser dra strategiska slutsatser för det konkreta naturvårdsarbetet. Hur påverkar klimatförändringen vad som krävs i form av miljöer för att bevara de skogslevande arterna? Vilka habitat riskerar att försvinna? Vilka arter får allra svårast att hänga med i utvecklingen? Kan man aktivt hjälpa dem?

Det behövs fortsatt mer arbete kring klimatförändringarnas potentiella inverkan på förekomsten och utbrotten av olika skadegörare och skadehändelser. I ekonomiskt hänseende är det angeläget att ytterligare öka kunskapen om rotröta, brand, granbarkborrar, stormfällning, andra skadeinsekter och snöbrott, och även hur samlade effekter av flera skadegörare påverkar träden. Hur kan denna kunskap inlemmas i modelleringsverktyg för skogliga långtidsprognoser (exempelvis i SLU:s Heureka) och hur bör klimatanpassningsstrategier och motåtgärder utformas?

Det behövs nya metoder att kontrollera granbarkborren efter större stormfällningar. Mer forskning behövs och befintlig forskning behöver sammanställas och publiceras. Idéer som finns behöver testas i praktiska storskaliga försök, exempelvis: feromonfällor (Larsson m.fl. 2009), ”push and pull” med feromonfällor i kombination med för granbarkborren avskräckande dofter (Schlyter 2012), att effektivisera sök-och-plockmetoden med hjälp av hundar (SLU 2011) och att stärka granens försvarsförmåga (Zhao m.fl. 2011, Schiebe 2012). Motsvarande möjligheter att tidigt detektera populationsuppgångar med hjälp av fällor är av intresse även när det gäller andra skadeinsekter.

Det är lämpligt att det finns en god flexibilitet i forskningsfinansieringen så att man snabbt kan initiera studier av pågående skadeförlopp. Skadorna av ungersk gransköldlus år 2010 gav exempelvis upphov till studier om betydelsen av abiotiska faktorer för skadeförloppet (McCarthy & Skovsgaard 2011), samt om möjligheten att upptäcka skadorna på satellitbilder (Olsson et al. 2012). Den senare studien visade att skadorna var synliga på SPOT och MODIS satellitbilder redan från 2009, innan någon lagt märke till skadorna i fält. Detta visar att övervakning med satellitbilder i vissa fall kan vara ett användbart verktyg för att upptäcka allvarliga skogsskador i ett tidigt skede.

Hur påverkas brandrisken av olika klimatparametrar, tillgång på markbränsle, trädslag, skötselmetoder och säkerhetsregler i skogsbruket? Även analyser av optimal resursallokering och alternativa insatsstrategier för släckningsarbetet behövs.

Betydelsen av genetisk variation för flera av barr- och lövträden för att stå emot såväl nya sjukdomar och skadegörare behöver belysas bättre (jfr askskottsjukan där den råder stor genetisk variation mellan individer i angreppsnivå). Det finns även behov av att klarlägga skaderisker hos förädlade och oförädlade skogsträd särskilt med koppling till klimatförändringarna. Dessutom behövs förädlingsprogram även för andra trädslag än gran, tall, vårtbjörk och contortatall, särskilt sådana där användningen kan öka vid ett förändrat klimat.

En stor del av granarna som växer i Sveriges skogar, särskilt i södra Sverige, kommer från förädlat skogsodlingsmaterial. Hur mycket förädlat material av gran respektive tall som använts vid föryngring och var det har planterats saknas uppgifter om. Kunskapsbristen skulle framöver kunna minskas om skogsägare regelmässigt dokumenterade stambrevsnumret för det skogsodlingsmaterial som används i olika bestånd, då det innehåller information om frökälla och materialets härkomst. Därigenom skulle forskare med tiden bättre kunna utvärdera effekter av användning av förädlat skogsodlingsmaterial i olika avseenden. Fortsatta studier behövs för att visa hur förädlingsprogrammet påverkar den genetiska variationen för gran och tall på landskapsnivån och hur prognosen för framtiden ser ut med nuvarande program, förutsatt olika genomslag av användning av förädlat material vid föryngringen.

Det behövs mer forskning rörande fördelar och risker med ökat inslag av blandskog, inte minst i ett landskapsperspektiv. I hög grad saknas ännu kunskap kring hur man kan anlägga och sköta löv- och blandskogar med god ekonomi och gott resultat, bland annat med avseende på plantbete och gallring. Ett väsentligt bidrag till kunskapen om hur naturlig föryngring av björk kan utnyttjas i föryngringen har dock lämnats av Holmström (2015). Kunskap som finns behöver sammanställas i form av lättfattliga instruktioner.

Vi behöver fortsatt metod- och teknikutveckling för olika hyggesfria metoder samt ytterligare analys av nyttan och problemen med ökad andel hyggesfritt skött skog i klimatsperspektivet. Indikationer finns att skog som sköts med hyggesfria metoder är mindre utsatt för granbarkborreskador. Stämmer det? Vilka effekter ger klimatförändringar på andra ekosystemtjänster än virkesproduktion?

Vilken klimatanpassning sker idag? Är det tillräckligt? Behövs ytterligare policies och styrning?

Litteratur/källförteckning

- Akselsson C., Westling O. & Örlander G. 2007. Skogsskötsel och vattenkvalitet. En sammanställning av resultat från skärm- och bårdförsök. IVL B 1752.
- Allen C. D., Macalady A. K., Chenchouni H., Bachele D., McDowell N., Vennetier M., Kitzberger T., Rigling A., Breshears D. D., Hogg E. H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J. H., Allard G., Running S. W., Semerci A. & Cobb N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259 (4): 660–684.
- Alexandersson H. & Vedin H. 2002. Stormar det mera nu? SMHI. *Väder och Vatten* 10:18.
- Andersson B. 2010. Skogsträdsförädlingen anpassas till ett varmare klimat. *Skogforsk, Resultat nr 9*.
- André K. 2013. Climate change adaptation processes: Regional and sectoral stakeholder perspectives. *Linköping Studies in Arts and Science No. 579*, Linköping University, Department of Thematic Studies –Water and Environmental Studies.
- Androsiuk P., Shimono A., Westin J., Lindgren D., Fries, A. & Wang, X.-R. 2013. Genetic status of Norway spruce (*Picea abies*) breeding populations for northern Sweden. *Silvae Genetica* 62: 127–136.
- Artdatabanken 2014. Betydelsen av skoglig miljöhänsyn för ett urval rödlistade arter samt skogslevande arter som omfattas av EU:s Art- och habitatdirektiv respektive fågeldirektivet. Projektrapport.
- 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 sidorna 30–37.
- Berg J. (red.) 2012. Är anpassning av skogsskötseln nödvändigt i dagsläget för att minska skogsskador i ett förändrat klimat? Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetsrapport nr 43. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.
- Bishop K., Craig A., Bringmark L., Garcia E., Hellsten S., Högbom L., Johansson K., Lomander A., Meili M., Munthe J., Nilsson M., Porvari P., Skyllberg U., Sörensen R., Zetterberg T. & Åkerblom S. 2009. The effects of forestry on Hg

- bioaccumulation in nemoral/boreal waters and recommendations for good silvicultural practice. *Ambio* Vol 38/7: 373–380.
- Björkman C., Bylund H., Nilsson U., Nordlander G. & Schroeder M. 2015. Forest management to mitigate insect damage in a changing climate: possibilities and uncertainties. I: C. Björkman & P. Niemelä (red.). *Climate Change and Insect Pests*. CABI climate change series 7.
- Black-Samuelsson S. 2015. Vegetativt förökat skogsodlingsmaterial. Skogsstyrelsen, Rapport 3: 2105.
- Blennow K. 2012. Adaption of forest management to climate change among private individual forest owners in Sweden. *Forest Policy and Economics*. 24: 41–47.
- Blennow K., Andersson M., Sallnäs O. & Olofsson E. 2010. Climate change and the probability of wind damage in two Swedish forests. *Forest Ecology and Management* 259: 818–830.
- Blennow K. & Eriksson H. 2006. Riskhantering i skogsbruket. Skogsstyrelsen, Rapport 14 (2006). 51 sidor. ISSN 1100–0295.
- 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., Persson J., Tomé M. & Hanewinkel, M. 2012. Climate change: believing and seeing implies adapting. *PLOS ONE*, 7(11): e50181. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0050182>
- Boberg J, Klapwijk M, Stenlid J. & Björkman C. 2014. Skadegörarna utmanar skogen. Syntes från Future Forests, SLU. 2014. www.futureforests.se
- Bolte A., Ammer C., Löf M., Madsen P., Nabuurs G.-J., Schall P., Spathel P. & Rock J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scand. J. For. Res.* 24: 473–482.
- Brunet J. & Hedwall P.-O. 2015. Klimatförändringar, kvävededfall och skogsbruk. Effekter på floran i Sveriges skogar under de senaste 20 åren. SLU Fakta Skog 13.
- Bärring L. & Fortuniak K. 2009. Multi-indices analysis of southern Scandinavian storminess 1780–2005 and links to interdecadal variations in the NW Europe–North Sea region. *Int. J. Climatol.* 29: 373–384.
- Claesson S., Andersson B., Bergh J., Duvemo K., Fridh M., Lundström A., Nilsson U., Nordfjell T., Sollander E. & Svensson S. A. 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. Rapport 25/2008. Skogsstyrelsen. ISSN 1100–0295.

- Claesson S., Duvemo K., Lundström A. & Wikberg P.-E. 2015. Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA 15. Skogsstyrelsen, Rapport 10/2015. ISSN 1100–0295.
- Dahlberg A. 2011. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk: Slutrapport för delprojekt naturvärden. Skogsstyrelsen, Rapport 2011:7.
- De Frenne P., Rodriguez-Sánchez F., Coomes D. A., Baeten L., Verstaeten G., Vellend M., Bernhardt-Römermann M., Brown C. D., Brunet J., Cornelis J., Decorq G. M., Dierschke H., Eriksson O., Gilliam F. S., Hédal R., Heinken T., Hermy M., Hommel P., Jenkins M. A., Kelly D. L., Kirby K. J., Mitchell F. J. G., Naaf T., Newman M., Peterken G., Petrik P., Schultz J., Sonnier G., Van Calster H., Waller D. M., Walther G.-R., White P. S., Woods K. D., Wulf M., Jessen Graae B. & Verheyen K. 2013. PNAS Early Edition s. 1–5 www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1311190110.
- DST (Dansk skovbrugs tidsskrift). 2001. Erfaringer om stormfæstthed fra FSLs langsigtede forsök. ISSN 0905–295X.
- Eklund A., Axén Mårtensson J., Bergström S., Björck E., Dahné J., Lindström L., Nordborg D., Olsson J., Simonsson L. & Sjökvist E. 2015. Sveriges framtida klimat. Underlag till dricksvattenutredningen. SMHI Klimatologi Nr 14, 2015.
- EPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization, www.eppo.int
- Ericson B. 2010. Två för Sverige nya skalbaggar som angriper lärk. Entomologisk Tidskrift 131 (2): 131-136. Uppsala.
- Eriksson H. (red.) 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. Skogsstyrelsen, Rapport 2007:8. ISSN 1100–0295.
- Eriksson H., Fahlvik N., Freeman M., Fries C., Jönsson A. M., Lundström A., Nilsson U. & Wikberg P. E. 2015. Effekter av ett förändrat klimat – SKA 15. Skogsstyrelsen, Rapport 2015:12.
- Felton A., Boberg J., Björkman C. & Widenfalk O. 2013. Identifying and managing the ecological risks of using introduced tree species in Sweden's production forestry. *Forest Ecology and Management* 307: 165–177. ISSN 1100–0295.
- Felton A., Gustafsson L., Roberge J.-M., Ranius T., Hjältén J., Rudolphi J., Lindbladh M., Weslien J., Riste L., Brunet J. & Felton A. M. 2016a How climate change adaptation and mitigation strategies can threaten or enhance the biodiversity of production forests: Insights from Sweden. *Biol. Conserv.* 194:11–20.
- Felton A., Nilsson U., Sonesson J., Felton A., Roberge J.-M., Ranius T., Ahlström M., Bergh J., Björkman C., Boberg J., m.fl. 2016b. Replacing monocultures with

- mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. *Ambio* 2016, 45, 124-139.
- Fries C., Bergquist J. & Svensson L. 2013. Förändringar i återväxtkvalitet, val av förnyngningsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012. Skogsstyrelsen, Rapport nr 2013:2. ISSN 1100-0295.
- Frohm S. & Thor M. 1995. Ta vara på möjligheterna vid gallring för god ekonomi idag och på sikt. *Skogforsk, Resultat nr 4*, 1995.
- FU (fördjupad utvärdering) Levande skogar 2015. Hittas på Naturvårdsverkets hemsida: www.naturvardsverket.se.
- García G. M. R., Floran V., Östlund L., Mullin T.J. & Andersson Gull B. 2015. Genetic diversity and inbreeding in natural and managed populations of Scots pine. *Tree Genetics & Genomes* 11: 28.
- Gertsson C.-A. & Isacsson G. 2012. Gransköldlöss (*Hemiptera, Coccoidea*, släktet *Physokermes*) i Sydsverige. *Entomologisk Tidskrift* 133(4): 121-128.
- Granström A. 2012. Skogsbränder under ett förändrat klimat – En forskningsöversikt. MSB:s hemsida: www.msb.se/RibData/Filer/pdf/24692.pdf
- Gubler D. J., Reiter P., Ebi K. L., Yap W., Nasci R. & Patz J. A. 2001 Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodentborne diseases. *Environmental Health Perspectives*: 109: 223–233.
- Gustavsson L., Weslien J., Hannerz M. & Aldentun Y. (manus). ”Naturhänsyn vid avverkning – en syntes av forskning från Norden och Baltikum”. Rapport från projektet Smart hänsyn. – färdiga delar, se www.slu.se.
- Haavik L. J., Billings S. A., Guldin J. M. & Stephen F. M. 2015. Emergent insects, pathogens and drought shape changing patterns in oak decline in North America and Europe. *Forest Ecology and Management* 354: 190–205.
- Hallsby G., Ulvcrona K. U., Karlsson A., Elfving B., Sjögren H., Ulvcrona T. & Bergsten U. 2015. Effects of intensity of forest regeneration measures on stand development in a nationwide Swedish field experiment. *Forestry*, Forestry first published online May 1, 2015 doi:10.1093/forestry/cpv010 (13 s.).
- Hansson P. 1998: Susceptibility of different provenances of *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta*, and *Picea abies* to *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Pathol.* 28: 21–32.
- 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. sidorna 67–69.
- Henriksen H. A. 1988. Skoven og dens dyrkning. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck. 664 s.
- Holmström E. 2015. Regeneration and early management of birch and Norway spruce mixtures in Southern Sweden. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Doctoral Thesis No 2015:122. SLU, Alnarp. ISSN 1652–6880.
- Hopkins A. & Boberg J. 2012. Risk assessment and establishment of a system to address potential pathogens in Nordic and Baltic forestry as a result of climate change. SNS-report within the Selfoss declaration on sustainable forestry.
- Hylander K., Nilsson C. & Göthner T. 2004. Effects of bufferstrip retention and clearcutting on land snails in boreal riparian forests. Conservation Biology 18(4): 1052–1062.
- IPPC (International Plant Protection Convention), www.ippc.int
- Jactél H., Branco M., Duncker P., Gardiner B., Grodzki W., Långström B., Moreira F., Netherer S., Nicoll B., Orazio C., Piou D., Schelhaas M. J. & Tojic K. 2012. A Multicriteria Risk Analysis to Evaluate Impacts of Forest Management Alternatives on Forest Health in Europe. Ecology and Society 17 (4): 52. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04897-170452>.
- Jactél H. & Brockerhoff E.G. 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. Ecology Letters 10 :835–848.
- Johansson V., Felton A. & Ranius T. 2015. Longterm landscape scale effects of bioenergy extraction on dead wood-dependent species. For. Ecol. And Man. doi. [org/10.1016/j.foreco.2015.10.046](http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.046)
- Jordbruksverkets hemsida: www.jordbruksverket.se
- Jordbruksverket 2012: Vässa växtskyddet för framtidens klimat. Rapport 2012: 10.
- Jyske T., Hölltä T., Mäkinen H., Nöjd P., Lumme I. & Spiecker H. 2009. The effect of artificially induced drought on radial increment and wood properties of Norway spruce. Tree Physiology 30: 103–115.

-
- Jönsson A.-M. & Barring L. 2011a. Ensemble analysis of frost damage on vegetation caused by spring backlashes in a warmer Europe. *Natural hazards and Earth System sciences* 11: 401–418.
- Jönsson A. M. & Barring L. 2011b. Future climate impact on spruce bark beetle life cycle in relation to uncertainties in regional climate model data ensembles. *Tellus Series A – Dynamic Meteorology and Oceanography* 63:158–173.
- Jönsson A. M., Harding S., Barring L & Ravn H. P. 2007: Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* 146:70–81. Elsevier Science B.V.
- Jönsson A. M., Harding S., Krokene P., Lange H., Lindelöw Å., Økland B., Ravn H. P., Schroeder L. M. 2011. Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. *Climatic Change* 109:695–718.
- Jönsson A. M., Lagergren F. & Smith B. 2013. Forest management facing climate change - an ecosystem model analysis of adaptation strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 20:201–220.
- Jönsson A. M., Linderson M. L, Stjernquist I., 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.
- Jönsson A. M. & Swartling Å. G. 2014. Reflections on Science-Stakeholder Interactions in Climate Change Adaptation Research within Swedish Forestry. *Society and Natural Resources* 27: 1130-1144. DOI: 10.1080/08941920.2014.906013.
- Kannan R., Oelrichs P., Thamsborg S. & Williams D. 1988. Identification of the octapeptide lophyrotomin in the European birch sawfly (*Arge pullata*). *Toxicon*, Vol. 26(2): 224–226.
- Karns P. D. 1997. Population Distribution, Density and Trends. In: *Ecology and Management of the North American Moose*. Smithsonian Institution Press. pp 125–140.
- Keskitalo E. C. H., Bergh J., Felton A., Björkman C., Berlin M., Axelsson P., Ring E., Ågren A., Roberge J.-M., Klapwijk M J. & Boberg J. 2016 Adaptation to Climate Change in Swedish Forestry. *Forests* 2016, 7(2) article 28.
- Kjaer E., Lobo A. & Myking T. 2014. The role of exotic tree species in Nordic forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29:323–332.
- 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.

- Kollberg I. 2013. The effect of temperature on trophic interaction. Implications for the population dynamics of a forest pest insect in a warmer climate. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Doctoral thesis No 2013:57. SLU, Uppsala. ISSN 1652–6880.
- Komonen A., Schroeder L. M. & Weslien J. 2011. *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. Journal of Applied Entomology, 135: 132–141.
- Korhonen K. C., Delatour B. J., Greig W. & Schonhar S. 1998. Silvicultural control. In: Heterobasidion annosum biology, ecology and control. (Eds. S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, and A. Huttermann). S. 283–314. Wallingford: CAB International.
- Krug J., Eriksson H., Heidecke C., Kellomäki S., Köhl M., Lindner M. & Saikkonen K. 2015. Socio-economic impacts – Forestry and agriculture. The BACC II Author Team, Second assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin, Regional Climate Studies, DOI 10.1007/978–3–319–16006_21.
- Larsson P-E., Björklund N., Långström B., Gustavsson K. & Örlander G. 2009. Granbarkborrar, fångstvirkesfällor och angripen skog. Informationsbroschyr. SLU, Södra och Sveaskog.
- Lidskog R. & Löfmarck E. 2015a. Fostering a flexible forest: Challenges and strategies in the advisory practice of a deregulated forest management system Forest Policy and Economics 62: 177–183 doi:10.1016/j.forpol.2015.10.015
- Lidskog R. & Löfmarck E. 2015b. Managing uncertainty: The forest professionals' claim and epistemic authority in the face of societal and climate change. Risk Management 17(3): 145–164.
- Lidskog R. & Sjödin D. 2014. Conflicting risk evaluations made by the Swedish forest agency and forest owners. Scandinavian Journal of Forest Research 29: 275–282.
- Lindelöw Å. 2013. Väntad barkborre funnen i Sverige – fynd av *Ips amitinus* (Coleoptera; Scolytinae). Entomologisk Tidskrift 134 (4): 203–206. Uppsala.
- Lindelöw Å., Isacson G., Ravn H. P. & Schroeder M. 2015: *Tetropium gabrieli* and *Ips cembrae* (Coleoptera; Cerambycidae and Curculionidae) – invasion of two potential pest species on larch in Sweden. Entomologisk tidskrift 136 (3): 103–112, Uppsala.
- Lundström K., Lomander A., Olsson P., Andersson M. & Hedfors J. 2016. Methodology for identification of slope areas sensitive to changes in vegetation cover. The 17th Nordic Geotechnical Meeting, Abstrakt nr 76.
- Luyssaert S., Ciais P., Schulze E. D., Jung M., Zaehle S., Schelhaas M. J., Reichstein M., Churkina G., Papale D., Abril G., Beer C., Grace J., Loustau D.,

-
- Matteucci G., Magnani F., Nabuurs G. J., Verbeeck H., Sulkava M., Van Der Werf I. A. & Janssens I. A.. 2010. The European carbon balance. Part 3: forests. *Global Change Biology* 16: 1429–1450.
- Långström B. 2006. Rapport om barkborrarnas aktivitet och utveckling under 2005 och 2006 på Asa och Tönnersjöhedens försöksparker. Rapport till Skogsstyrelsen, ej publicerad.
- Löf A., Sandström P., Baer K., Stinnerbom M. & Sandström C. 2012a. Renskötsel och klimatförändring. Risker, sårbarhet och anpassningsmöjligheter i Vilhelmina norra sameby. Umeå Univ., Statsvet inst skriftserie rapp. 2012:4. ISSN 0349–0831.
- Löf M., Isacson G., Rydberg D. & Welander N. T. 2004. Herbivory by the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and short-snouted weevils (*Strophosoma melanogrammum* Forst. and *Otiorhynchus scaber* L.) during the conversion of a wind-thrown Norway spruce forest into a mixed-species plantation. *For. Ecol. Man.* 190: 281–290.
- Löf M., Bergqvist J., Brunet J., Karlsson M. & Welander N.T. 2010. Conversion of Norway spruce stands to broadleaved woodland – regeneration systems, fencing and performance of planted seedlings. *Ecological Bulletins* 53: 165–173.
- Löf M., Brunet J., Hickler T., Birkedal M. & Jensen A. 2012b. Chapter 14. Restoring Broadleaved Forests in Southern Sweden as Climate Changes. In: J. Stanturf et al. (eds.). *A Goal-Oriented Approach to Forest Landscape Restoration, World Forests* 16, DOI 10.1007/978-94-007-5338-9_14, Springer.
- Marini L., Lindelöw A., Jönsson A. M., Wulff S. & Schroeder L.M. 2013. Population dynamics of the spruce bark beetle: A long-term study. *Oikos* 122: 1768–1776.
- McCarthy R. & Skovsgaard J.P. 2011. Ungersk gransköldlus på gran i Sverige. Samband med klimat, lokal och ståndortsfaktorer. Rapport till Skogsstyrelsen, SLU, Inst. f. sydsvensk skogsvetenskap.
- Mistra-SWECIA syntesrapport. 2015. Klimatanpassat skogsbruk: Drivkrafter, risker och möjligheter. Red. Susanna Bruzell, Markku Rummukainen och Kristina Rörström. (www.mistra-swecia.se)
- Morse A.P., Gardiner B.A. & Marshall B.J. 2002. Mechanisms controlling turbulence development across a forest edge. *Boundary-Layer Meteorology*, 103:227–251.
- MSB 2012. Tumregler vid skogsbrand. MSB 350. <https://msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Tumregler-vid-skogsbrand/>
- MSB 2013. Framtida perioder med hög risk för skogsbrand – Analyser av klimatscenarier. Red: Sjökvist E, Axén Mårtensson J, Sahlberg J, Andréasson J & Hallberg K. (MSB kontakt: Sandahl L & Postgård U) MSB535: 2013.

ISBN 978–91–7383–323–3 MSB 535. www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Framtida-perioder-med-hog-risk-for-skogsbrand-analyser-av-klimatscenarioer/

- Naturvårdsverket 2015. Bevarande och hållbart nyttjande av biologisk mångfald i ett förändrat klimat, Redovisning av regeringsuppdrag 26 nov. Dnr NV–00323–15.
- Netherer S., Matthews B., Katzensteiner K., Blackwell E., Henschke P., Hietz P., Pennerstorfer J., Rosner S., Kikuta S., Scume H. & Schopf A. 2015. Do waterlimiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytologist* 2015: 1128–1141.
- Nikulin G., Kjellström E., Hansson U., Strandberg G. & Ullerstig A. 2010. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus* 63A: 41–55.
- Nilsson U., Elfving B. & Karlsson K. 2012. Productivity of Norway spruce compared to Scots pine in the interior of northern Sweden. *Silva Fennica* 46(2): 197–209.
- Nordlander G., Örlander G., Peterson M. & Hellqvist C. (web 2007) Skogsskötselåtgärder mot snytbagge. Version 1.3. Webbhandbok, tillgänglig på www2.ekol.slu.se/snytbagge.
- Nordström E.-M., Holmström H. & Öhman K. 2013. Evaluating continuous cover forestry based on the forest owner's objectives by combining scenario analysis and multiple criteria decision analysis. *Silva Fennica* vol. 47 no. 4 article 1046.
- Oliva J., Boberg J. & Stenlid J. 2013. First report of *Sphaeropsis sapinea* on Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Austrian pine (*P. nigra*) in Sweden. *New Disease Reports* (2013) 27, sidan 23.
- Ollas R. 1994. Plantinventering 89. Meddelande 1. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Olsson P-O., Jönsson A. M. & Eklundh L. 2012. A new invasive insect in Sweden – *Physokermes inopinatus*: Tracing forest damage with satellite based remote sensing. *Forest Ecology and Management* 285: 29–37.
- 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 T., Barklund P. & Andersson B. 2008. Förädling kan ge ökad resistens mot angrepp av törskatesvamp. Resultat nr 5. Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut (numera Skogforsk). Uppsala.

-
- Pukkala T., Möykkynen T., Thor M., Rönnerberg J. & Stenlid J. 2005. Modeling infection and spread of *Heterobasidion annosum* in evenaged Fennoscandian conifer stands. *Canadian Journal of Forest Research* 35:74–84.
- Ranius T., Caruso A., Jonsell M., Juutinen A., Thor G. & Rudolphi J. 2014. Dead wood creation to compensate for habitat loss from intensive forestry. *Biol. Conserv.* 169:277–284.
- Raupach M. R., Davis S. J., Peters G. P., Andrew R., Canadell J. G., Ciais P., Friedlingstein P., Jotzo F., van Vuuren D. P. & Le Quéré C. 2014. Sharing a quota on cumulative carbon emissions. *Nature Climate Change* 4, 873–879.
- Ravensbeck L. 1991. Aktuelle nåletab i proveniensforsøg med rødgran. *Skoven* 1991/8: 279–282.
- Ravn H. P. & Harding S. 1995. Ny aggressive barkbilleart på laerk. *Skoven* 4: 170–172.
- Ravn H. P. 2011. Survey af stor laerkebarkbille. Slutrapport. Skov & Landskab, Københavns Universitet.
- Redondo M. A., Boberg J., Olsson C. H. B & Oliva J. 2015. Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in Southern Sweden. *Phytopathology* 105: 1191-1197.
- Robinson F. 1995. Fighting Phytophthora. *Journal American Rhododendron Society* 49:1.
- Rolander M. 2014. Tänk vilt när du sköter skog! – För skogen och viltet (broschyr, red. R. Andersson). Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Rosvall O. (red.) 2002. ”Rätt” proveniens skadas mindre av Gremmeniella – och det går att förädla för ökad motståndskraft. *Skogforsk, Resultat nr. 5*.
- Rosvall O. & Stener L.-G. 2014. Förvaltning av lövträdens genresurs – anpassning till ett förändrat klimat och behov. *Skogforsk*. ISBN: 978-91-979694-5-1.
- Rönnerberg J., Berglund M., Norman J., Stureson C. 2011. Rottröta – om rottröta i allmänhet och rotticka i synnerhet. Bok 268 s., Studentlitteratur AB, Lund.
- Samuelsson H. & Örlander G. 2001. Skador på skog. Skogsstyrelsen Rapport 8 O (SUS 2001). ISSN 1100-0295.
- Santini A., Ghelardini L., De Pace C., Derprez-Loustau M. L., Capretti P., Chandelier A., Cech T., Chira D., Diamandis S., Gaitnekis T., Hantula J., Holdenreider O., Jankovsky L., Jung T., Jurc D., Kirisits T., Kunca A., Lygis V., Malecka M., Marcais B., Schmitz S., Schumacher J., Solheim H., Solla A.,

-
- Szabo I., Tsopeles P., Vannini A., Vettraino A. M., Webber J., Woodward S. & Stenlid J. 2013. Bio-geographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197 (1): 238–250.
DOI:10.1111/j.1469–8137.2012.04364.x
- Schelhaas M. J., Nabuurs G. J. & Schuck A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9 (11): 1620–1633.
DOI: 10.1046/j.1365–2486.2003.00684.x.
- Schiebe C., Hammerbacher A., Birgersson G., Witzell J. & Brodelius P. 2012. Inducibility of chemical defences in Norway spruce bark is correlated with unsuccessful mass attacks by the spruce bark beetle. *Oecologia* 170: 183–198.
DOI: 10.1007/s00442–012–2298–8
- Schlyter F. 2012. Semiochemical Diversity in Practice: Anti-attractant Semiochemicals Reduce Bark Beetle Attacks on Standing Trees—A First Meta-Analysis. Review Article. *Psyche* Volume 2012, Article ID 268621, 10 s. Hindawi Publishing Corporation.
- Schlyter P., Stjernquist I., Barring L., Jönsson A. M. & Nilsson C. 2006. Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Climate Research* 31: 75–84.
- Schroeder M. 2014. Förökningsframgång för granbarkborre under 2014 i Medelpad, Ångermanland och östra Jämtland. Arbetsrapport. SLU.
- Seidl R. & Blennow K. 2012. Pervasive growth reduction in Norway spruce forests following wind disturbance. *PLOS ONE*, 7(3): 1–8. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0033301>
- Sevanto S., McDowell N. G., Dickman L. T., Prangle R. & Pockman W. T. 2014. How do trees die? A test of the hydraulic failure and carbon starvation hypotheses. *Plant, Cell and Environment* (2014) 37: 153–161.
- Skogsdata 2014. Rapport från Institutionen för geomatik och resurshushållning, SLU Umeå.
- Skogsstyrelsen. 2006. Stormen 2005 – en skoglig analys. Meddelande nr 2006:1.
- Skogsstyrelsen. 2008. Almsjukan på Gotland. Broschyr Skogsstyrelsen och Life ELMIAS.
- Skogsstyrelsen. 2009a. Naturlig föryngring av tall och gran. Skogsskötselserien nr 4.
- Skogsstyrelsen. 2009b. Skador på skog. Skogsskötselserien nr 17.

- Skogsstyrelsen. 2010. Skogsträdsförädling. Skogsskötselserien nr 19.
- Skogsstyrelsen 2012. Beredskap vid skador på skog. Meddelande nr 2012:3.
- Skogsstyrelsen 2013a. Ask och askskottsjukan i Sverige. Meddelande nr 2013:4.
- Skogsstyrelsen 2013b. Återväxtstöd efter Gudrun. Rapport nr 2013:1.
- Skogsstyrelsen 2013c. Adaptiv skogsskötsel. Meddelande nr 2013:3.
- Skogsstyrelsen 2014a. Skogsstatistisk årsbok 2014. Red. Linn Christiansen. ISSN 0491-7847. ISBN 978-91-87535-05-5.
- Skogsstyrelsen 2014b. Skogsskötselserien nr 9.
- Skogsstyrelsens hemsida: www.skogsstyrelsen.se
- SMHI:s hemsida: www.smhi.se
- Sohn J. A., Gebhardt T., Ammer C., Bauhus J., Häberle K. H., Matyssek R. & Grams T. E. E. 2013. Mitigation of drought by thinning: Shortterm and longterm effects on growth and physiological performance of Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management* 308: 188–197.
- Sonesson J. (red.) 2004. Climate change and forestry in Sweden – a literature review. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, Årg. 143, Nr 18*.
- Sonesson J., Bergkvist I., Andersson G. & Thor M. 2007. Klimatförändringarnas inverkan på drivning och logistik i skogsbruket. Rapport fr Skogforsk, Uppsala.
- Sonesson J., Mohtashami S. & Bergkvist I. 2012. Beslutsstöd och metod för att minimera markpåverkan vid drivning. Skogforsk, Arbetsrapport 772.
- 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.
- Stenlid J., Oliva J., Boberg J. B. & Hopkins A. J. M. 2011. Emerging Diseases in European Forest Ecosystems and Responses in Society. *Forests* 2011/2: 486–504.
- Subramanian N., Bergh J., Johansson U. Nilsson U. & Sallnäs O. 2016. Adaptation of Forest Management Regimes in Southern Sweden to Increased Risks Associated with Climate Change. *Forests* 2016, 7, 8. (18 p)

-
- Szabò I., Tsopelas P., Vannini A., Vettraino A. M., Webber J., Woodward S. & Stenlid J. 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197: 238–250.
- Thamsborg S. M., Jörgensen R. J. & Brummerstedt E., 1987. Sawfly poisoning in sheep and goats. *The Veterinary Record* 121(11): 253–255.
- Thomson I. M. 2009. Precipitation and temperature as factors in *Gremmeniella abietina* epidemics. *Forest Pathology* Vol 39/1:56–72.
- 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.
- Ulmanen J., Swartling Å. G., & Wallgren O. 2015. Climate Adaptation in Swedish Forestry: Exploring the Debate and Policy Process, 1990–2012. *Forests*: 6(3), 708–733.
- Unander A. K. 2015. Hänsynen till forn- och kulturlämningar, Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2014. Skogsstyrelsen, Rapport 2015: 7.
- Valinger E. & Fridman J. 2011. Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 262: 398–403.
- Valinger E., Kempe G. & Fridman J. 2014. Forest management and forest state in southern Sweden before and after the impact of the storm Gudrun in the winter of 2005. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29: 466–472.
- Vulturius G., Nordén A. & Arvidsson A. 2014. National survey of forestry professionals in Sweden. *Mistra-Swecia Annual Report 2014*. www.mistra.org.
- Vulturius G. & Swartling Å. G. 2015. Overcoming social barriers to learning and engagement with climate change adaptation: experiences with Swedish forestry stakeholders. *Scand. J. For.* 30:217–225.
- Way D. A. 2013. Will rising CO₂ and temperatures exacerbate the vulnerability of trees to drought? *Tree Physiology* 33: 775–778.
- Wern L. & Barring L. 2009. Sveriges vindklimat 1901-2008. Analys av trend i geostrofisk vind. SMHI, Norrköping: METEOROLOGI Nr 138/2009. ISSN 0283–7730.
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *For. Ecol. Man.* 202: 67–82.

-
- Weslien J. & Schroeder L. M. 1999. Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged spruce stands. *For. Ecol. Man.* 115: 267–275.
- Woods A., Martín-García J., Bulman L., Vasconcelos M., Boberg J., La Porta N., Peredo H., Vergara G., Ahumada R., Brown A. & Diez J. 2016. *Dothistroma needle blight*, weather and possible climatic triggers for the disease's recent emergence. *Forest Pathology*: doi: 10.1111/efp.12248.
- Wulff S. & Hansson P. 2013. Nationellt riktad skadeinventering (NRS) 2012. SLU, Inst. f. skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 386.
- Wulff S. 2015. Nationell Riktad Skadeinventering (NRS) 2015. Inst. f. Skoglig Resurshushållning SLU, Umeå. Intern rapport. Tillgänglig på www.slu.se/skogsskadeovervakningen.
- Wästerlund I. 1983. Kanträdens tillväxtförluster vid gallring på grund av jordpackning och rotskador i stickväg. – En sammanställning och bearbetning av litteraturuppgifter. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift Nr 2: 97–109.
- Wästerlund I. 1986. Skador på mark och rötter. In: Knutell, H. Tänk till i gallringsfrågan – nya tankar kring stickvägar, skador och teknik i gallring. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst för Skogsteknik. Garpenberg. S. 56–63.
- Zackrisson O. 1985. Some evolutionary aspects of life history characteristics of broadleaved tree species found in the boreal forest. I: Hägglund B & Petersson G. (red.): Broadleaves in boreal silviculture – an obstacle or an asset? Department of Silviculture. Swedish university of agricultural sciences. Umeå. Report 14: 17–36.
- Zang C., Hartl-Meier C., Dittmar C., Rothe A. & Menzel A. 2014. Patterns of drought tolerance in major European temperate forest trees: climatic drivers and levels of variability. *Global Change Biology* Dec 20(12):3767–79 doi: 10.1111/gcb.12637.
- Zhao T., Krokene P., Hu J., Christiansen E., Björklund N., Långström B., Solheim H. & Borg-Karlson A.-K. 2011. Induced terpene accumulation in Norway spruce inhibits bark beetle colonization in a dose-dependent manner. *PLOS One*, doi: 10.1371/journal.pone.0026649.
- Örlander G. & Nilsson U. 2000. Metoder för plantering av gran i södra Sverige. *Skog och Forskning* 2: 50–54.
- Övergaard R., Gemmel P. & Karlsson M. 2007. Effects of weather conditions on mast year frequency in beech (*Fagus sylvatica* L.) in Sweden. *Forestry* 80 (5): 555–565.

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – från naturvårdssynpunkt
- 1994:5 Historiska kartor – underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 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
- 1998:3 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
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten – Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 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
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 stjäkke, 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 rennärning 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 skogspolitikens miljömål 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 utbor
2003:10	The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden
2004:1	Effektuppföljning 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 förnygring 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-utvidningen och skogsindustrin – En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier
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 skogspolitikens 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	Besöksstudier i naturområden – en handbok
2005:4	Visitor studies in nature areas – 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 Miljökvalitetsmålet 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	Överensstämmelse 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 i skogsbruket av stormen Gudrun
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	Kantzonen 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	Biomassafflöden 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	Trädslagens 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
2007:8	Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar
2007:9	Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark
2007:10	Utgör kvävegödning av skog en risk för Östersjön? Slutsatser från ett seminarium anordnat av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen
2008:1	Arenas for Sustainable Use of All Values in the Landscape – the Model Forest concept as an example
2008:2	Samhällsekonomisk konsekvensanalys av skogsmarks- och ytvattenkalkning
2008:3	Mercury Loading from forest to surface waters: The effects of forest harvest and liming
2008:4	The impact of liming on ectomycorrhizal fungal communities in coniferous forests in Southern Sweden
2008:5	Långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd
2008:6	Underlag för en nationell strategi för skötsel och skydd av sumpskogar
2008:7	Regionala analyser om kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:8	Frötäkt och frötäktsområden av gran och tall i Sverige
2008:9	Vägledning vid skogsmarkskalkning
2008:10	Områden som skogsmarkskalkats inom Skogsstyrelsens försöksverksamhet 2005–2007
2008:11	Inventering av ädellövplanteringar på stormhyggen från 1999 i Skåne
2008:12	Aluminiumhalter i skogsbäckar och variationen med avrinningsområdenas egenskaper
2008:13	Åtgärder för ett hållbart brukande av skogsmarken – resultat från studier finansierade inom Movib
2008:14	Användningen av växtskyddsmedel inom skogsbruket
2008:15	Skogsmarkskalkning
2008:16	Skogsmarkskalkningens effekter på kemin i mark, grundvatten och ytvatten i SKOKAL-områdena 16 år efter behandling

2008:18	Effekter av skogsbruk på rennärningen – en litteraturstudie
2008:19	Hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog – En litteratursammanställning
2008:20	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk i ädellövskogar – slutrapport för delprojekt Ädellöv
2008:21	Skoglig kontinuitet och historiska kartor – en metodstudie för bokskog
2008:22	Kontinuitetsskogar och Kontinuitetsskogsbruk – Slutrapport för delprojekt Skötsel – hyggesfritt skogsbruk
2008:23	Naturkultur – Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren
2008:24	Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog – analyser spå bestånds nivå baserade på simulering
2008:25	Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA–VB 08
2009:1	Åtgärdsplanering i reglerade vattendrag – arbetsgång och åtgärdsförslag i övre Ångermanälven
2009:2	Skog & Historia i Uppland – Gröna Jobb 2004–2008
2009:3	Utvärdering av metoder för kvantifiering av epifytiska hänglavar
2009:4	Kartläggning och Identifiering av kontinuitetsskog
2009:5	Skogsproduktion i stormområdet: Ett underlag för Skogsstyrelsens strategi för uthållig skogsproduktion
2009:6	Ekonomisk beskrivning av konsekvenser i samband med ledningsintrång i skogsmark
2009:7	Avverkning av nyckelbiotoper och objekt med höga naturvärden – en GIS-analys och inventeringsdata från Polytax
2009:8	Produktionsanalys i Gävleborgs län
2009:9	Skogsstyrelsens erfarenheter kring samarbetsnätverk i landskapet
2010:1	Föryngra – Vårda – Skydda – Underlag för Skogsstyrelsens strategi för hållbar skogsproduktion
2010:2	Effektiv rådgivning – Slutrapport
2010:3	Markägarenkäten. Skogsstyrelsens delrapport för undersökningarna om processen för formellt skydd 2005–2008
2010:4	Landskapsansats för bevarande av skoglig biologisk mångfald – en uppföljning av 1997 års regionala bristanalys, och om behovet av samverkan mellan aktörer
2010:5	Översyn av Skogsstyrelsens virkesmättningsföreskrifter – Analys och förslag
2010:6	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2008
2010:7	Behöver omvandlingstalen mellan m ³ f ub och m ³ sk revideras? – En förstudie
2010:8	Åtgärdsprogram för bevarande av vitryggig hackspett och dess livsmiljöer 2005–2009 – Slutrapport
2010:9	Störningskänslighet hos lavar i barrskogar
2011:1	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2009
2011:3	Möjligheter att förbättra måluppfyllelse vad gäller miljöhänsyn vid förnygringsavverkning: Rapport efter en analys och rådgivande prioritering av åtgärder
2011:4	Fastighetsavtal – vidareutveckling av modell till flygfärdig produkt, Slutrapport
2011:5	Nedre Ångermanälven och Faxälven – förslag till miljöförbättrande åtgärder
2011:6	Upprättade renbruksplaner – 2005–2010
2011:7	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk – Slutrapport för delprojekt naturvärden
2011:8	Utredningsrapport – Långsiktig plan för Skogsstyrelsens inventeringar och uppföljningar
2012:1	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan
2012:2	Förstudierapport, dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2012:3	Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011
2012:4	Kalibrering för samsyn över myndighetsgränserna avseende olika former av dikningsåtgärder i skogsmark
2012:5	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2012:6	Långsiktiga effekter på vattenkemi, öringbestånd och bottenfauna efter ask- och kalkbehandling i hela avrinningsområden i brukad skogsmark – utvärdering 13 år efter åtgärder mot försurning
2012:7	Nationella skogliga produktionsmål – Uppföljning av 2005 års sektorsmål
2012:8	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan – Är det en fungerande modell för samebyarna vid samråd?
2012:9	Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna
2012:10	Hänsynsuppföljning – grunder
2012:11	Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring
2012:12	Tillståndet för skogsgenetiska resurser i Sverige. Rapport till FAO
2013:1	Återväxtstöd efter stormen Gudrun
2013:2	Förändringar i återväxtkvalitet, val av förnygringsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012
2013:3	Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Kulturpolytaxen 2012
2013:4	Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation, En dellerans från Dialog om miljöhänsyn
2013:5	Målbilder för god miljöhänsyn – En dellerans från Dialog om miljöhänsyn

2014:1	Effekter av kvävegödsling på skogsmark – Kunskapssammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen
2014:2	Renbruksplan – från tanke till verklighet
2014:3	Användning och betydelsen av RenGIS i samrådsprocessen med andra markanvändare
2014:4	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2013
2014:5	Förstudie – systemtillsyn och systemdialog
2014:6	Renbruksplankoncept – ett redskap för samhällsplanering
2014:7	Förstudie – Artskydd i skogen – Slutrapport
2015:1	Miljöövervakning på Obsytorna 1984–2013 – Beskrivning, resultat, utvärdering och framtid
2015:2	Skogsmarksgödsling med kväve – Kunskapssammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödsling
2015:3	Vegetativt förökad skogsodlingsmaterial
2015:4	Global framtida efterfrågan på och möjligt utbud av virkesråvara
2015:5	Satellitbildskartering av lämnad miljöhänsyn i skogsbruket – en landskapsansats
2015:6	Lägsta ålder för föryngringsavverkning (LÅF) – en analys av följder av att sänka åldrarna i norra Sverige till samma nivå som i södra Sverige
2015:7	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2014
2015:8	Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering.
2015:9	Ångermanälvsprojektet – förslag till miljöförbättrande åtgärder i mellersta Ångermanälven och nedre Fjällsjöälven
2015:10	Skogliga konsekvensanalyser 2015–SKA 15
2015:11	Analys av miljöförhållanden – SKA 15
2015:12	Effekter av ett förändrat klimat–SKA 15
2015:13	Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering
2016:01	Uppföljning av biologisk mångfald i skog med höga naturvärden – Metodik och genomförande

Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

1991:2	Vägplan -90
1991:5	Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
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 miljöövervakning
1998:19	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
1999:1	Nyckelbiotopsinventeringen 1993–1998. Slutrapport
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 förnygringsavverkning
2002:4	Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland
2002:6	Skogsmarksgödsling – effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön
2003:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002
2003:2	Konsekvenser av ett förbud mot permetrinbehandling av skogsplantor
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
2007:3	Skogsstyrelsens inventering av nyckelbiotoper – Resultat till och med 2006
2007:4	Fördjupad utvärdering av Levande skogar
2007:5	Hållbart nyttjande av skog
2008:1	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:2	Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring
2008:3	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2008:4	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007 – SKA-VB 08
2009:1	Dikesrensningens regelverk
2009:2	Viltanpassad Skogsskötsel – Skogliga åtgärder för att minska skador
2009:3	Ny metod och nya definitioner i uppföljningen av frivilliga avsättningar
2009:4	Stubbskörd – kunskapsammansättning och Skogsstyrelsens rekommendationer
2009:5	Vidareutveckling av pågående viltskadeinventeringar
2009:6	En märkbar förändring i skogsägarnas vardag – Projekt Skogsägarnas myndighetskontakter
2009:7	Regler om användning av främmande trädslag
2010:1	Vattenförvaltningen i skogen
2010:2	Nationell tillämpning av FLEGT – Forest Law Enforcement, Governance and Trade
2011:1	Tillsyn enl 9 kap miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen
2011:2	Skogs- och miljöpolitiska mål – brister, orsaker och förslag på åtgärder
2011:3	Skogliga inventeringsmetoder i en kunskapsbaserad älgförvaltning
2011:4	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning samt om revidering av virkesmätningens lagstiftningen
2011:5	Uppföljning av hänsyn till rennärigen
2011:6	Översyn av föreskrifter och allmänna råd för 30 paragrafen SvL – Del 1
2011:7	Hjortdjurens inverkan på tillväxt av produktionsträd och rekrytering av betesbegärliga trädslag – problembeskrivning, orsaker och förslag till åtgärder
2012:1	Förslag på regelförenklingar i skogsvårdslagstiftningen
2012:2	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning
2012:3	Beredskap vid skador på skog
2013:1	Dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärigen
2013:2	Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning
2013:3	Adaptiv skogsskötsel
2013:4	Ask och askskottsjukan i Sverige
2013:5	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – Förslag och ställningstaganden
2013:6	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – omvärldsanalys
2013:7	Ökad jämställdhet bland skogsägare
2013:8	Naturvårdsavtal för områden med sociala värden
2013:9	Skogens sociala värden – en kunskapsammansättning
2014:1	Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL – Del 2
2014:2	Skogslandskapets vatten – en lägesbeskrivning av arbetet med styrmedel och åtgärder
2015:1	Förenkling i skogsvårdslagstiftningen – Redovisning av regeringsuppdrag
2015:2	Redovisning av arbete med skogens sociala värde
2015:3	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA 15
2015:4	Renskogsavtal och lägesbeskrivning i frågott om skogsbruk–rennärigen
2015:6	Utvärdering av ekonomiska stöd

2016:1	Kunskapsplattform för skogsproduktion – Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder
2016:2	Analys av hur Skogsstyrelsen verkar för att miljömålen ska nås
2016:3	Delrapport - Främja anställning av nyanlända i de gröna näringarna och naturvården
2016:4	Skogliga skattningar från laserdata
2016:5	Kulturarv i skogen

Beställning av Rapporter och Meddelanden

Skogsstyrelsen,
Böcker och Broschyrer
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 35 93 40
växel 036 – 35 93 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: bocker@skogsstyrelsen.se
www.skogsstyrelsen.se/bocker

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar med mera av officiell karaktär.

Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

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

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker med mera inom skilda skogliga ämnesområden. Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen SkogsEko.

Skogsstyrelsen har genomfört en ny inventering av kunskap kring vilka klimatförändringar som skett och kan komma att ske framöver, vilka effekter dessa klimatförändringar kan medföra för den svenska skogen och vilka olika möjligheter till klimatanpassning som står till buds.