

SKADOR PÅ SKOG



DEL 2

Gamla och nya epidemier och utbrott
Intensivare skogsbruk och framtidens tekniker
Klimat och skogsskador

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

I Skogsskötselserien ingår:

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

Skogsskötselserien har tagits fram med finansiering av Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, Sveriges lantbruksuniversitet och LRF Skogsägarna. Bidrag har även lämnats av Energimyndigheten för behandling av frågor som rör skogsbränsle och av Stiftelsen Skogssällskapet.

Omarbetningar (revisioner) för att ta fram andraupplagor har till stor del även bekostats av Erik Johan Ljungbergs Utbildningsfond och Stiftelsen Skogssällskapet.

Från januari 2017 utgörs Skogsskötselseriens partnerskap av Skogsstyrelsen, Linnéuniversitetet och SLU.

Skogsskötselserien – Skador på skog, del 2

Första upplaga, december 2009

Andra omarbetade upplagan, maj 2017 (uppdelad i del 1 och del 2)

Författare till del 2: Johanna Witzell, SLU (tematiska inledningar, redigering, *Phytophthora*); Martin Ahlström, SLU (revision abiotiska skador); Pia Barklund, SLU (almsjuka, askskottsjuka); Andreas Bernhold, SLU (törskate); Kristina Blennow, SLU (vindskador); Mimmi Blomquist (*Phytophthora*); Michelle Cleary (*Phytophthora*); Clas Fries, Skogsstyrelsen (revision abiotiska skador); Anna Gunulf Åberg, SLU och Holma Folkhögskola (redigering); Gunnar Isacsson, Skogsstyrelsen (lärkborre, lilla granbarkborren); Åke Lindelöw, SLU (granbarkborre); Berit Samils, SLU (revision törskate); Erik Valinger, SLU (abiotiska skador); Jesper Witzell, Skogsstyrelsen (*Gremmeniella*, knäckesjuka); Inger Åhman, SLU (skador på salixodlingar).

Redaktör: Clas Fries, Skogsstyrelsen

Typografisk formgivning: Michael Ernst, Textassistans AB

Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen

Foto omslag: Pia Barklund (askbestånd svårt skadat av askskottsjuka)

Utgivning: Skogsstyrelsen, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien

Innehåll

Förord.....	6
SKADOR PÅ SKOG	7
TEMA II: GAMLA OCH NYA EPIDEMIER OCH UTBROTT – VAD HAR VI LÄRT?.....	8
Epidemier och utbrott kan långvarigt skada skogsbrukets förutsättningar	8
Epidemier och utbrott – vad har vi lärt?	11
Tallens knopp- och grentorka (Gremmeniella).....	15
Förekomst	15
Biologi.....	17
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	19
Förebyggande skogsskötsel	19
Trädslagsval, proveniens och ståndort	19
Markberedning, planttyp och plantering.....	20
Röjning.....	21
Gallring	21
Skötsel av infekterade bestånd	21
Hyggesrensning.....	21
Sanerande röjning, gallring och stamkvistning.....	22
Knäckesjuka	23
Förekomst	23
Biologi.....	24
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	26
Ståndortsfaktorer.....	26
Växtmaterial.....	27
Törskate.....	28
Förekomst	28
Biologi.....	29
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	31
Beståndsanläggning	31
Röjning och gallring	32
Stamkvistning	32
Gödsling.....	33
Slutavverkning	33
Almsjuka	34
Förekomst	34
Almsjuka i Sverige.....	35
Biologi.....	36
Insekter sprider svampen	36
Svampangreppet orsakar vissnesjuka hos almen	37
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador.....	38
Förebyggande behandling av enstaka friska almar	39
Askskottsjuka	41
Förekomst	41
Biologi.....	42
Skogsskötsel för att minska skador.....	44
Skötsel av drabbade bestånd	45
Phytophthora	47
Förekomst och biologi	47
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	49

Granbarkborre	53
Förekomst	53
Biologi.....	54
Populationsdynamik.....	56
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador.....	56
Övervakning.....	57
Bekämpning	58
Fångstmetoder.....	59
Lilla granbarkborren	61
Lärkborren.....	62
TEMA III: INTENSIVARE SKOGSBRUK OCH FRAMTIDENS	
TEKNIKER – MÖJLIGHETER OCH RISKER	63
Uttag av GROT och stubbskörd.....	63
Intensivgödsling.....	67
Klonskogsbruk	69
Skador på salixodlingar – ett exempel på intensiv skötsel	70
Bladrost	70
Förekomst	70
Biologi.....	70
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador.....	71
Bladbagg på vide	72
Förekomst	72
Biologi.....	72
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador.....	73
Molekylärbiologi och bioteknik.....	75
Andra möjligheter att öka trädens motståndskraft	78
TEMA IV: KLIMAT OCH SKOGSSKADOR	79
Komplicerade samband mellan klimat och skador	79
Framtida klimatscenarier och skogsskador	82
Aktivt val av skogsskötselåtgärder kan minska klimatrelaterade skador	84
Abiotiska skador orsakade av vind, snö och frost.....	86
Makroklimatets betydelse för skadornas uppkomst.....	86
Klimatzoner.....	86
Altituden	86
Temperaturen	87
Nederbörden.....	87
Vind och snö	87
Mikroklimatets betydelse för uppkomst av skador	89
Frost	89
Tjäle	92
Skadebilder	93
Frostskador.....	93
Snöskador.....	93
Vindskador.....	96
Torkskador	96
Luftföroreningsskador.....	96
Skogsskötsel för att förebygga och minska abiotiska skador	97
Föryngringsfasen.....	97
Frostskydd.....	97
Uppfrysningsskydd	98

Markbehandling	99
Sådd.....	99
Plantornas härkomst.....	100
Ungskogsfasen	100
Röjning.....	100
Gallringsfasen	101
Slutavverkningsfasen	102
Avverkningsplanering.....	102
Beståndsavveckling.....	102
Litteratur	103

Förord

Skogsskötselseriens kapitel *Skador på skog* är på grund av sin omfattning uppdelad i två delar. Tillsammans beskriver de några grundläggande kopplingar mellan skogsskötselåtgärder och skogsskadornas förekomst och omfattning. Genom att presentera ett urval av enskilda skadeorsaker, svampar, insekter, däggdjur och klimatrelaterade skador får läsaren en inblick i den kunskapsutveckling som under senare år skett inom ämnet skogsskydd i Sverige. Däremot är avsikten med denna del inte att vara en handbok för praktisk bekämpning eller en komplett lista på skadegörare i våra skogar. För omfattande listor av skadegörararter och för mer detaljerade beskrivningar av deras biologi och effekter hänvisas till böcker^{1,2,3} och webbportaler.⁴

De utvalda skadegörarna behandlas i fyra tematiska avsnitt, varav Tema I utgör del 1 av kapitlet och Tema II–IV utgör del 2 av kapitlet:

- Skogsskador i skogens olika utvecklingsfaser. (Tema I.)
- Gamla och nya epidemier och utbrott – vad har vi lärt? (Tema II.)
- Intensivare skogsbruk och framtidens tekniker – möjligheter och risker. (Tema III.)
- Klimat och skogsskador. (Tema IV.)

Varje avsnitt inleds med en generell introduktion till temat. Därefter beskrivs enskilda skadegörare, deras förekomst och biologi, och de praktiska möjligheter som finns att minska skadorna genom skogsskötselåtgärder. Inom varje tematisk avsnitt fortskrider texten alltså från det generella mot det detaljerade.

Flera författare med expertis på olika skadegörare har bidragit till avsnittet. Ytterligare information om skadegörareproblematiken vid olika skogsskötselåtgärder finns även i Skogsskötselseriens övriga delar.

¹ Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag, Stockholm. 355 s.

² Pettersson, B. & Samuelsson, H. (1995). *Skador på barrträd*. Skogsstyrelsens Förlag. 304 s. ISBN 91-88462-22-6.

³ Jukka, L. (red.) (1988). *En bok om skogens hälsa: skogsskador och bekämpning av dem*. ISBN 951-9176-45-4 Helsingfors. 168 s.

⁴ <http://www-skogsskada.slu.se>.

SKADOR PÅ SKOG

DEL 1

Skador i skogens olika utvecklingsfaser. I måttligt stora populationer och inom sina naturliga utbredningsområden är olika skadegörare viktiga för skogens ekologiska balans och hälsa. Genom att orsaka selektiv dödlighet bland träd och förlust av trädens olika delar bidrar de till styrning av skogens artsammansättning samt dess strukturella och funktionella mångfald.

DEL 2

Gamla och nya epidemier och utbrott. Trädens död är en naturlig del av det fungerande skogsekosystemet och skadegörare som ofta angriper försvagade träd har sin roll i denna process. Om skogens ekologiska balans förändras till exempel på grund av klimatvariationer eller människans verksamhet, kan skadegörarpopulationer dock föröka sig ovanligt snabbt och kraftigt, samt spridas över stora arealer. Skadornas omfattning på enskilda träd och i bestånd ökar då till en nivå som medför stora och oväntade ekonomiska förluster för skogsägaren.

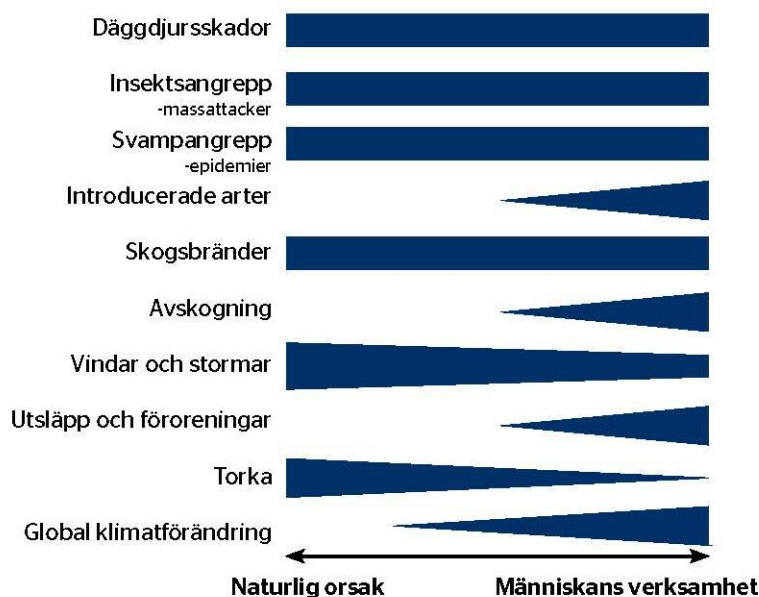
Intensivare skogsbruk och nya tekniker ger risker och möjligheter. I och med att kostnadseffektiviteten blir allt viktigare och inriktningen av skogsbruket mot produktion ökar, växer även intresset för intensivare skogsbrukskoncept som uttag av GROT, energived vid gallring, stubbskörd, intensivare gödslingsregimer, klonskogsbruk, åkerplantering, användning av främmande trädslag och genmodifierade träd. I dagsläget saknas vetenskapligt underlag för många frågor kring de nya konceptens inverkan på skogsskador. Teoretiskt sett medför dock alla nya koncept såväl risker för ökade skogsskador som möjligheter för ökad hälsa och tillväxt hos skogen.

Klimatförändringar och skogsskador. Skogens hälsa påverkas starkt av klimatet. I samband med att osäkerheten om kommande klimatförhållanden har fått ökad uppmärksamhet inom forskningen och i debatten, har även intresset för klimatets direkta och indirekta påverkan på skogsskador ökat under de senaste åren.

TEMA II: GAMLA OCH NYA EPIDEMIER OCH UTBROTT – VAD HAR VI LÄRT?

av Johanna Witzell

Trädens död är en naturlig del av det fungerande skogsekosystemet och skadegörare som ofta angriper försvagade träd har sin roll i denna process.⁵ Om skogens ekologiska balans förändras till exempel på grund av klimatvariationer eller människans verksamhet (figur SPS62), kan skadegörarepopulationer dock föröka sig ovanligt snabbt och kraftigt, samt spridas över stora arealer. Skadornas omfattning på enskilda träd och i bestånd ökar då till en nivå som medför stora och oväntade ekonomiska förluster för skogsägaren.



Figur SPS62 Olika typer av skador förekommer i skogar även utan människans medverkan men förekomsten av massutbrott och epidemier hänger ofta ihop med människans verksamhet (efter Lowett m.fl. 2006⁶). Bild Johanna Witzell.

Epidemier och utbrott kan långvarigt skada skogsbrukets förutsättningar

Medan småskaliga skador generellt gynnar skogens biologiska mångfald kan storskaliga utbrott och epidemier minska mångfalden. Detta kan bero på störningar i näringskedjor⁷ och förändringar i skogens struktur som habitat⁸

⁵ Karlsson, P. S., Bylund, H. & Tenow, O. (2004). Fjällbjörkskogen – ett helt ekosystem som styrs av en liten fjäril. *Svensk Bot. Tidskr.* 98: 162–172.

⁶ Lovett, G. M., Canham, C. D., Arthur, M. A., Weathers, K. C. & Fitzhugh, R. D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *BioScience* 56: 395–405.

⁷ Näringsvävnadens spridning och omvandling igenom en kedja av organismer (djur, växter och liknande) som äter och/eller äts av varandra i ett ekosystem.

⁸ En miljö där en viss växt- eller djurart lever.

för andra organismer (på grund av förlust och fragmentering⁹ av habitat). Epidemiska svampsjukdomar kan till exempel leda till massdöd av mogna träd och därmed kraftigt minska fröproduktionen, vilket i sin tur leder till brist på föda för fröätande insekter och djur.¹⁰ Storskaliga skogsskador kan även påverka stora delar av samhället eftersom skogens ekologiska tjänster, som kretsloppen för kol, kväve, fosfor och vatten kan förändras.^{11,12,13}

Till skillnad från skador som sker på en kronisk nivå, är epidemier och massutbrott ibland svåra att förutse, och oftast är det svårt att tillräckligt snabbt motverka dem med hjälp av skötselinsatser (Tabell SPS2). Klimatförändringar komplicerar prognoserna ytterligare.¹⁴ Skador som förekommer vid periodiska toppar i insekt- och däggdjurpopulationer (till exempel fjällbjörkmätarens populationstoppar förekommer med ungefär tio års mellanrum¹⁵) är något lättare att förutse och ta hänsyn till i skoglig planering.

⁹ Uppdelning av en tidigare sammanhängande habitatarea i flera mindre ytor som är mer eller mindre isolerade från varandra.

¹⁰ Geils, B.W., Hummer, K.E., & Hunt, R.S. (2010). White pines, Ribes, and blister rust: a review and synthesis. *For. Path.* 40:147–185.

¹¹ Magnusson, T. (2008). Skogsbruk – mark och vatten. *Skogsskötselserien* nr 13. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

¹² Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J. & Wotton, B.M. (2001). Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51: 723–734.

¹³ Tobin, P.C. (2015). Ecological consequences of pathogen and insect invasions. *Curr. For. Rep.* 1:25–32.

¹⁴ Pautasso, M., Schlegel, M. & Holdenrieder, O. (2015). Forest health in a changing world. *Microb. Ecol.* 69: 826–842.

¹⁵ Karlsson, P. S., Bylund, H. & Tenow, O. (2004). Fjällbjörkskogen – ett helt ekosystem som styrs av en liten fjäril. *Svensk Bot. Tidskr.* 98: 162–172.

Tabell SPS2 Exempel på epidemier och massutbrott. Observera att med "geografiskt område" hänvisas här till områden där epidemier eller utbrott på nämnda träd har varit särskilt omfattande. Samma skadegörare kan dock återfinnas frekvent även i andra geografiska områden.

EPIDEMI/MASS-UTBROTT OCH DESS GEOGRAFISKA OMRADE	TRÄD	SKADEGÖRARE	BEKÄMPNINGSÅTGÄRDER
White Pine Blister Rust (WPBR) Nordamerika	Fem-barriga tallar, t.ex. Weymouthtall (<i>Pinus strobus</i>) och västlig vittall (<i>Pinus monticola</i>)	<i>Cronartium ribicola</i>	Utrotning av alternativa värdväxter (<i>Ribes</i> sp.), stamkvistning, resistensförädling
Kastanjesjuka Nordamerika	Äkta kastanj (<i>Chastanea dentata</i> , <i>C. sativa</i>)	<i>Cryphonectria parasitica</i>	Resistensförädling
Almsjuka Hela almens distributionsområde	Almar (<i>Ulmus</i> sp.)	<i>Ophiostoma ulmi</i> , <i>O. novo-ulmi</i>	Sanerande beskärningar och fällningar, Preventiva injektioner (Dutch Trig®), brytning av rotkontakter (genom att ringskära stubbar och gräva), resistensförädling
SOD ("Sudden Oak Death") Nordamerika	Ekar (<i>Quercus</i> sp., ffa rödek, <i>Q. rubra</i>), barkek (<i>Lithocarpus densiflorus</i>)	<i>Phytophthora ramorum</i>	Byte av trädslag, hyggesbränning, utrotning av andra värdväxter, preventiv behandling med Agri-fos® för att öka trädens resistens, sanitet och inspektioner vid plantskolor, karantäner
Tallens knopp- och grentorka Sverige, Nordamerika	Tall (<i>Pinus sylvestris</i>)	<i>Gremmeniella abietina</i>	Trädslagsval, ståndortsval, gallring, hyggesvilda och hyggesrensning, sanerande röjning/gallring/stamkvistning
Lövskogsnunna Nordamerika	Lövträd	<i>Lymantria dispar</i> (eng. Gypsy moth)	Feromonfällor, gallring och andra åtgärder som främjar trädens vitalitet, Bt-toxin (organisk insekticid), (kemisk bekämpning), ståndortsval, sanerande gallringar
Barkborrar Södra Sverige, Nordamerika	Gran (<i>Picea abies</i>), tallar (<i>Pinus</i> sp.)	<i>Ips</i> spp. (åttatad barkborre), <i>Dendroctonus ponderosae</i> (engl. Mountain Pine Beetle, MPB)	Utläggning av fångstvirkes- och aggregations-feromonfällor, upparbetning av stormfälld skog, korrekt virkeslagring, skördarbarkning, "sök och plock", inventeringar
Fjällbjörkmätare Norra Skandinavien	Fjällbjörk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanovii</i>)	<i>Epirrita autumnata</i>	Bekämpas i regel inte

Epidemier och utbrott – vad har vi lärt?

Generellt minskar skogens strukturella, åldersmässiga och genetiska likformighet urvalet av mekanismer och processer som kan hindra skadegörare att föröka sig över en acceptabel nivå. Från skogsskyddssynpunkt ter sig alltså skogsskötsel som på olika nivåer försäkrar mångfald i skogens art- och klonkomposition och i åldersstruktur som ett hållbart alternativ.

Främmande trädslag

Att öka mångfalden genom att odla främmande trädslag (exoter) kan dock vara riskabelt. Erfarenheter i Sverige¹⁶ och andra länder^{17,18,19} visar en tydlig risk för epidemier och utbrott vid användning av introducerade trädarter.²⁰

Inom sitt naturliga utbredningsområde har exoter kanske inte blivit exponerade för våra inhemska patogener och har därmed inte utvecklat någon aktiv resistens mot dessa patogener. Trots detta kan exoter under en tid efter de introducerats i sin nya miljö visa god motståndskraft mot lokala skadegörare.²¹ Många skadegörare, till exempel svampar, utvecklas dock snabbt på grund av sin korta generationstid²² och balansen kan snabbt ändras. Det är högst sannolikt att svampraser som bryter det främmande trädslagets resistens förr eller senare uppkommer.

Detta är väl exemplifierat av den amerikanska Weymouthtallens (*Pinus strobus*) öde i Europa. I slutet av 1800-talet och under 1900-talet planterades Weymouthtall i omfattande skala i hela Europa, framförallt i Tyskland, på grund av dess överlägsna tillväxtresultat. Man tvingades dock ge upp plantering av Weymouthtall pga artens stora mottaglighet för white pine blister rust (*Cronartium ribicola*) och idag är arten inte ett alternativ för europeiskt skogsbruk.^{23,24}

Motståndskraftiga värdväxtpopulationer kan även främja utvecklingen av nya, *virulenta* svampraser (det vill säga raser som har förmåga att infektera

¹⁶ Witzell, J. (1999). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with special attention to *Gremmeniella abietina* and North American rusts. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. *Silvestria* 89.

¹⁷ Wingfield, M. (2003) Increasing threat of disease to exotic plantation forests in the Southern hemisphere. Lessons from *Cryphonectria* canker. *Austral. Plant. Pathol.* 32: 133–139.

¹⁸ Boyce, J. S. (1951). Introduction of exotic trees. *Unasilva* 8.

¹⁹ Boyce, J. S. (1941). Exotic trees and diseases. *J. For.* 39: 907–913.

²⁰ Lovett, G. M., Canham, C. D., Arthur, M. A., Weathers, K. C. & Fitzhugh, R. D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *Bio-science* 56: 395–405.

²¹ Colautti, R.I., Ricciardi, A., Grigorovich, I.A. & MacIsaac, H.J. (2004). Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? *Ecology Lett.* 7: 721–733.

²² McDonald, B.A. & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 349–379.

²³ Bingham, R.T. & Gremmen, J. (1971). A proposed international program for testing white pine blister rust resistance. *Eur. J. For. Path.* 1: 93–100.

²⁴ Blada, I. & Popescu, F. (2004). *Genetic Research and Development of Five-Needle Pines (Pinus subgenus Strobus) in Europe: An Overview*. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-32, s. 51–60.

värdväxtens olika genotyper).²⁵ Det är också möjligt att exoter bär med sig skadegörare som inte ger allvarliga symptom på exoterna men som kan visa aggressivitet på våra inhemska träd.

I Sverige påbörjades storskaliga försök med plantering av främmande trädslag på 1950-talet och till exempel contortatall introducerades i större skala i de svenska skogarna under 1970-talet.²⁶ Det uppges ofta att contortatall har bättre motståndskraft än svenska tall.²⁷ Tiden från 1950-talet till idag är dock mycket kort jämfört med den tidsrymd som träden utvecklat motståndskraft mot skadegörare. Som till exempel erfarenheterna med Weymouthtall visar är en pålitlig bedömning av hur hållbar den ”nya” trädgenotypens (till exempel en klon eller ett främmande art) motståndskraft är möjligt först efter rigorös vetenskaplig och praktisk testning under flera trädgenerationer och i varierande miljö.²⁸

Ståndortsanpassning

Med inhemska trädarter bör stor hänsyn visas till *ståndortsanpassning* för att undvika att träden blir kroniskt stressade och därför mer mottagliga för skadegörare. Trädens generella *livskraft* anses viktig för god motståndskraft mot skadedjur och skadepampar och till exempel gödsling används ofta för att öka trädens livskraft.

Det är dock viktigt att komma ihåg att även skadegörare kan gynnas av den kvalitetsökningen (höga halter av fotosyntesprodukter och näringsämnen) som värdväxtens höga livskraft kan innebära.²⁹ Framförallt *biotrofer*³⁰ som rostsvampar gynnas av livskraftiga värdväxter, även många insekter och däggdjur visar preferens för vitala födoväxter.

Övervakning av skadegörare

För att effektivt kunna motverka epidemier och utbrott behövs solida kunskaper i de enskilda skadegörarnas biologi och ekologi. Till exempel har kunskaper om värdväxling varit avgörande för utformningen av kontrollstrategier mot rostsvampar.^{31,32} Betydelsen av grundläggande kunskaper kring skadegörarens biologi blir ofta särskilt uppmärksammat när det gäller ”nya” epidemier och utbrott (till exempel askskottsvampen *Hymenoscyphus fraxineus*).

Viktigt verktyg i förebyggande skogsskötsel för minskade epidemier och utbrott är även att noggrant övervaka populationsdynamiken hos inhemska

²⁵ Thrall, P.H. & Burdon, J.J. (2003). Evolution of virulence in a plant host-pathogen metapopulation. *Science* 299: 1735–1737.

²⁶ Anon. (2006). *Främmande trädslag – en naturlig del av svenskt skogsbruk*. PM Skogsindustrierna, 12 s.

²⁷ Anon. (2006). *Främmande trädslag – en naturlig del av svenskt skogsbruk*. PM Skogsindustrierna, 12 s.

²⁸ Boyce, J. S. (1951). Introduction of exotic trees. *Unasilva* 8.

²⁹ Piri, T. (1998). Effects of vitality fertilization on the growth of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce roots. *Eur. J. For. Path.* 28: 391–397.

³⁰ Parasiter som är beroende av levande celler.

³¹ Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2003). *Cronartium flaccidum* produces uredinia and telia on *Melampyrum nemorosum* and on Finnish *Vincetoxicum hirsutifolium*. *For. Pathol.* 33: 205–213.

³² Toome, M., Heinsoo, K. & Luik, A. (2006). Abundance of willow rust (*Melampsora* sp.) on different willow clones in Estonian energy forest plantations. *Proc. Est Acad. Sci. Biol. Ecol.* 55: 308–317.

skadegörare. Aktuell information om förväntade utbrott ger bättre underlag för den kortsiktiga skogliga planeringen (till exempel val av tidpunkt för avverkningar). Vidare behövs övervakning och kartläggning av nya och potentiella skadegörare vars skogliga betydelse kan växa i framtiden.³³ Exempel på dessa skadegörare är svampar av släktet *Nectria* som infekterar bokens stam via sår som orsakas av boksköldlus (*Cryptococcus fagisuga*) och som har dödat bokar såväl i Nordamerika som i Europa,³⁴ samt *Phytophthora ramorum* som har orsakat omfattande dödlighet bland amerikanska ekar och som i Europa återfinns på prydnadsväxter som alprosor och camellia.³⁵

Transporter

Många av de värsta skadorna på skogsträd har orsakats av invasiva arter som har spridit sig till nya områden och på nya värdväxter, oftast till följd av människans verksamhet. Exempelvis introducerades lövträdsnunna (*Lymantria dispar*) med eurasiatiskt ursprung till Nordamerika under andra halvan av 1800-talet och kastanjesjukasvamp (*Chryptonectria parasitica*) i början av 1900-talet. I Sverige har vi sett effekterna av invasiva skadegörare i form av till exempel askskottsjukan (*Hymenoscyphus fraxineus*) och almsjukan (*Ophiostoma novo ulmi*). Invasiva *Phytophthora*-arter är ett annat exempel på allvarliga skadegörare som gynnas av internationell växthandel.³⁶

En viktig förebyggande åtgärd såväl på lokal som på global nivå vore därför att hindra okontrollerade transporter av skogsprodukter som bär skadesvampar eller insekter.³⁷ Svårigheten är att skadegörare i regel redan har transporterats och i värsta fall hunnit sprida sig i den nya omgivningen innan kontrollåtgärder blir verksamma. Dessutom kräver effektiva åtgärder oftast internationell koordinering av regelverket och verksamhet. Avstämning av transportkontroller med samhällets ökade vilja för marknadernas globalisering är inte helt enkel.

Ett aktuellt exempel är EU:s hantering av den invasiva tallvedsnematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*) en allvarlig skadegörare på barrträd. Tallvedsnematoden upptäcktes i Europa 1999 och har sedan dess etablerat sig i Portugal och i delar av Spanien. Eftersom den kan spridas långa sträckor i trä, bark och trävaror tog EU-kommissionen 2012 ett beslut som innebar inskränkningar av den fria rörligheten av dessa varor inom EU från de drabbade områdena. Bekämpningsregler om tallvedsnematod ändrades 2017.³⁸

³³ Europeiska växtskyddsorganisationen EPPO:s (www.eppo.org) databas.

³⁴ Houston, D.R. (1994). Major new tree disease epidemics: Beech bark disease. *Annu. Rev. Phytopath.* 32: 75–87.

³⁵ Rizzo, D.M., Garbelotto, M. & Hansen, E. M. (2005). *Phytophthora ramorum*: integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 309–35.

³⁶ Jung, T., Vettraino, A.M., Cech, T. & Vannini, A. (2013). The impact of invasive *Phytophthora* species on European forests. *Phytophthora: A Global Perspective*. Ed. by Lamour, K. Wallingford, UK: CABI, s. 146–158.

³⁷ Skarpaas, O. & Økland, B. (2009). Timber import and the risk of forest pest introductions. *J. Appl. Ecol.* 46(1): 55–63.

³⁸ Grunddokument och ändringar finns på: <https://www.notisum.se/rnp/eu/fakta/312D0535.htm>

Exempel på epidemier och utbrott

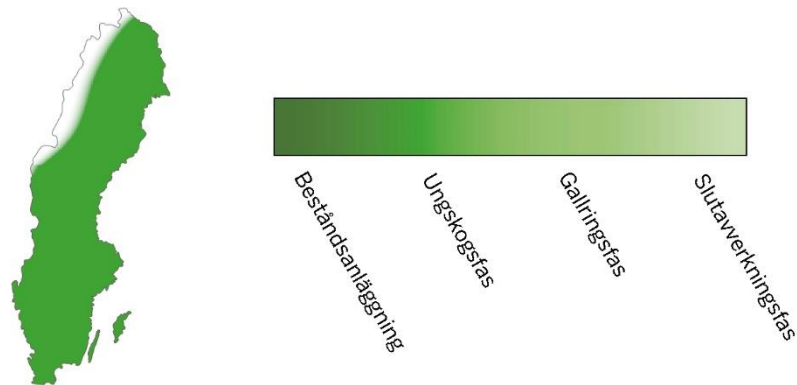
Nedan beskrivs några epidemier och massutbrott som har varit särskilt stor-skaliga och ekonomiskt betydelsefulla under senaste åren i Sverige och andra länder, och som aktivt bekämpas med skötselåtgärder baserade på forskningsresultat.

Det är dock viktigt att komma ihåg att många av dessa skador även återfinns som kroniska i våra skogar. Å andra sidan bör man notera att många av de skadegörarna som redan beskrivits (i föregående tematiska avsnitt) har visat en epidemisk karaktär i vissa områden och under gynnsamma för-hållanden (till exempel snöskytte och många insekter).

Tallens knopp- och grentorka (*Gremmeniella*)

av Jesper Witzell

Gremmeniella är en av de ekonomiskt mest betydelsefulla skadegörarna på tall och contortatall. Svampen orsakade under 1950-talet så omfattande skador att den fick namnet ”den röde djävulen”.



Figur SPS63 *Gremmeniella* finns över hela landet och angriper gran, tall och contortatall i alla åldrar. Den nordliga typen är knuten till områden med långvarigt snötäcke och skadar unga träd och plantor medan den sydliga typen främst förekommer i sydliga och mellersta Sverige.

Förekomst

Gremmeniella-svampar förekommer över hela det norra halvklotet. Ett stort antal barrträdsarter – tallar, granar, ädelgranar, lärkar och enar^{39,40} – är mottagliga.

Den i Sverige första betydelsefulla epidemin förekom i plantskolor under 1950-talet och första delen av 1960-talet. Under senare delen av 1950-talet rapporterades också svåra skador i unga naturliga tallföryngringar i norra Sverige. Vid samma tidpunkt angreps 30- till 50-åriga tallföryngringar med tyska provenienser i södra Sverige.⁴¹ I de nordliga föryngringarna uppträdde en typ av stranguleringskadorna i såväl plantor som 15–20-åriga träd. De flesta skadorna var belägna i markhöjd men uppträdde även något högre upp på stammarna, 40–60 cm över marken. Inledningsvis syntes träden utan yttre skador, men snart kunde man observera ett kådflöde från skadade partier. Kådfyllda håligheter bildades under barken och xylemet mörknade. Skadan orsakade en karaktäristisk ansvällning av stammen ovan angreppspunkten och stamformen förändrades i såväl horisontell som vertikal led.

³⁹ Donaubaue, E. (1972). Distribution and hosts of *Scleroderris lagerbergii* in Europe and North America. *Eur. J. For. Path.* 2: 6–11.

⁴⁰ Skilling D.D. & Riemenschneider, D.E. (1984). Screening conifers for resistance to *Gremmeniella abietina*. – I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. – Martinus Nijhoff – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 189–196.

⁴¹ Kohh, E. (1964). Om tallens knopp- och grentorka och dess bekämpning. *Skogen*. 51: 200–203.

I slutet av 1980-talet, efter en period med kalla och nederbördsrika somrar följda av en mild vinter med ovanligt djupt snötäcke, orsakade en omfattande *Gremmeniella*-epidemi svåra skador i unga föryngringar av contortatall i norra Sverige.⁴² Skadorna försvårades ofta av stabilitetsproblem i föryngringarna. Contortatallens stora krona med långa barr gör trädet känsligt för upplega – is och snö som ansamlas i kronan – som böjer ned eller välter trädet. Dessutom tillkom problem med rotsnurr, orsakat av 1970-talets Papperpot-plantor och andra plantsystem som ledde till inoptimal rotutveckling.

Den mest omfattande *Gremmeniella*-epidemin i Sverige hittills förekom under 2001–2003 i 30–60-åriga tallbestånd inom främst tre områden – Småländska höglandet, Bergslagen och mellersta Norrland. Enligt 2003 års Riksskogstaxering omfattade angreppen 484 000 ha varav 70 000 ha skadades svårt (figur SPS64). Angreppen tvingade skogsbruket att gallra och saneringsavverka mer än 50 000 ha under epidemins två första år.⁴³ Skadorna uppskattas kosta det svenska skogsbruket mer än en miljard kronor med avseende på ökade skötselkostnader och reducerade intäkter efter sanerande gallringar och avverkningar.⁴⁴



Figur SPS64 *Gremmeniella*-skador i ett tallbestånd. Foto Jesper Witzell.

⁴² Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). *Scleroderris* canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

⁴³ Wulff, S., Hansson, P. & Witzell, J. (2006). The applicability of national forest inventories for estimating forest damage outbreaks – Experiences from a *Gremmeniella* outbreak in Sweden. *Can. J. For. Res.* 36: 2605–2613.

⁴⁴ 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. & Stanosz, J. C. (red.), *Foliage, Shoot and Stem Diseases*. Proceedings of a IUFRO Working Party, June 13–19. 2004, Corvallis, Oregon, USA, s. 67–69.

Också Finland,⁴⁵ Norge⁴⁶ och Danmark⁴⁷ har drabbats av svåra Gremmeniella-epidemier. I Nordamerika har Gremmeniella främst angripit inhemsk red pine (*Pinus resinosa*) och den introducerade *P. sylvestris*-tallen.⁴⁸

Väderlek påverkar epidemiernas förekomst

Väderförhållandena innan en epidemi bryter ut har ansetts vara av stor betydelse för epidemins omfattning.⁴⁹ En analys av de gemensamma väderleksförhållandena för de mest omfattande nordiska Gremmeniella-epidemierna visade följande: Hög nederbörd under sommaren året innan epidemins utbrott och få soltimmar under utbrottssäsongen. Riklig nederbörd anses gynna såväl sporproduktion, sporspridning och sporgroning. Också sena sommarfroster ökar tallens mottaglighet för Gremmeniella.

Vinterförhållandena har troligen inte lika stor betydelse eftersom sporena sprids under sommaren och hösten då också den strukturella resistensen hos tall utvecklas. Det är dock något annorlunda för den nordliga typen (STT) av Gremmeniella då denna ofta växer i perenna, basala sårskador under snön. Innan mycelet börjar växa och invadera skottet krävs en period av sammanlagt 43 dagar med en temperatur över -6°C . I Sverige och Finland förekommer sådana perioder i stort sett varje år. Därför kan inte enbart väderförhållandena under vintervilan förklara mellanårsvariationen i Gremmeniella-förekomsten.

Biologi

Gremmeniella abietina orsakar skada genom att döda unga skott och knoppar (figur SPS65), samt genom att orsaka sårskador eller kräftskador på stammar (figur SPS66) och grenar. I Sverige förekommer arten *G. abietina* var. *abietina* i två biotyper.^{50,51} Den nordliga typen (STT) angriper gran,⁵² tall och contortatall. Den europeiska typen (LTT) angriper tall och gran.

⁴⁵ Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1992). Disease history of *Gremmeniella abietina* in a *Pinus sylvestris* stand. *Eur. J. For. Path.* 22: 371–378.

⁴⁶ Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1973). *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state, and mode of attack. *Medd. Norske Skogsforsoksesen* 30, 442–459.

⁴⁷ Thomsen, I. M. (2009). Precipitation and temperature as factors in *Gremmeniella abietina* epidemics. *For. Path.* 39: 56–72.

⁴⁸ Dorworth, C. (1972). Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii* in central Ontario. *Can. J. Bot.* 50: 751–765.

⁴⁹ Uotila, A. & Petäistö, R.-L. (2007). How do the epidemics of *Gremmeniella abietina* start? *Acta Silv. Hung.*, Spec. Ed., s. 147–151.

⁵⁰ Hellgren, M. & Högborg, N. (1995). Ecotypic variation of *Gremmeniella abietina* in northern Europe – disease patterns reflected by DNA variation. *Can. J. Bot.* 73: 1531–1539.

⁵¹ Hamelin, R. C., Lecours, N., Hansson, P., Hellgren, M. & Laflamme, G. (1996). Genetic differentiation within the European race of *Gremmeniella abietina*. *Mycol. Res.* 100: 49–56.

⁵² Kaitera, J., Mäkitalo, K. & Hantula, J. (2014). Incidence of *Gremmeniella abietina* in planted seedlings of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in northern Finland. *For. Path.* 45: 14–20.



Figur SPS65 Gremmeniella-skador på tallskott. Foto Jesper Witzell.



Figur SPS66 Gremmeniella orsakar stamsår. Foto Jesper Witzell.

Gremmeniella sprids med sporer, dels med vinden, dels med vattendroppar som träffar fruktkropparna vid regn och stänker till närliggande träd. Svampen har en tvåårig livscykel och bildar två typer av fruktkroppar och sporer.

Ett år efter infektion bildas *pyknider* som producerar *konidiesporer* och efter två år bildas *apothecier* som producerar *ascosporer*.^{53,54} Mycel från de

⁵³ Hellgren, M. & Barklund, P. (1992). Studies of the life-cycle of *Gremmeniella abietina* on Scots pine in southern Sweden. *Eur. J. For. Path.* 22: 300–311.

groende sporer infekterar värdväxtens skott under sommaren och hösten, men först sedan värdträdets vintervila inträtt koloniserar svampen, som kan växa i temperaturer ner till -6°C , djupare in i skottets ledningsbanor. Svampmycelet blockerar transporten i ledningsbanorna och under den följande vegetationsperioden framträder symptomen i de koloniserade skotten som torkar och dör (knopp- och grentorka). Om svampen når stammen bildas sårskador.⁵⁵

Trädets försvarsrespons är att bilda *kallus* (samling av odifferentierade parenkymceller) runt den svampdödade vävnaden. Ofta kan svampen växa genom kallusvävnaden under den påföljande vinterperioden och trädet formar ytterligare ny kallus under den kommande växtsäsongen. Om detta upprepas under flera år kan sårskadorna bli både stora och djupa. Om svampen inte lyckas bryta igenom kallusen kan trädet valla över sårskadan. Svampen kan leva och producera fruktkroppar upp till två år i de döda skotten⁵⁶ och ännu längre i sårskador på stammen, också i sådana som blivit övervallade.⁵⁷

I samband med *Gremmeniella*-epidemier förekommer ofta sekundära angrepp av större mörghorre (*Tomicus piniperda*).⁵⁸ Insekten angriper såväl nyligen döda träd som träd med stora (>90 %) barrförluster.^{59,60}

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Förebyggande skogsskötsel

Det effektivaste sättet att förhindra och kontrollera utbrott av *Gremmeniella* är genom *förebyggande skogsskötsel*.

Trädslagsval, proveniens och ståndort

Vid förnygring av områden där *Gremmeniella* redan förekommer i närliggande bestånd kan skadorna begränsas genom val av contortatall om den närvarande *Gremmeniella*-typen är LTT. Contortatallen har visat sig vara resistent mot LTT.⁶¹ Det finns även andra alternativ till tall, till exempel

⁵⁴ Uotila, A. (1992). Mating system and apothecia production in *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 22: 410–417.

⁵⁵ Patton R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. (1984). The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 14: 193–202.

⁵⁶ Kaitera, J., Hantula, J. & Jalkanen, R. (1997). Development of fruiting bodies of large tree type of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* and timing of infection on Scots pine in northern Finland. *Eur. J. For. Path.* 27: 115–124.

⁵⁷ Witzell, J. (2001). Formation and growth of stem cankers caused by *Gremmeniella abietina* on young *Pinus contorta*. *For. Path.* 31: 115–127.

⁵⁸ Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1994). The history of shoot damage by *Tomicus* spp. (Col., Scolytidae) in a *Pinus sylvestris* L. stand damaged by the shoot-disease fungus *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet. *J. Appl. Entom.* 117: 307–313.

⁵⁹ Annala, E., Långström, B., Varama, M., Hiukka, R. & Niemelä, P. (1999). Susceptibility of defoliated Scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor*. *Silva Fenn.* 33: 93–106.

⁶⁰ Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. *SLU. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 27.

⁶¹ Bernhold, A., Hansson, P., Rioux, D., Simard, M. & Laflamme, G. (2009). Resistance to *Gremmeniella abietina* (European race, large tree type) in introduced *Pinus contorta* and native *Pinus sylvestris* in Sweden. *Can. J. For. Res.* 39: 89–96.

sibirisk lärk i norra Sverige och sitkagran i södra Sverige. Trots att dessa arter har konstaterats mottagliga i infektionsförsök⁶² har ännu inga skador rapporterats från kommersiella föryngringar.⁶³

Också *proveniensen* har visat sig ha stor betydelse för mottagligheten.⁶⁴ Tall av lokal proveniens eller sydförflyttade provenienser har betydligt större motståndskraft mot Gremmeniella-angrepp än nordförflyttade provenienser. För contortatall är de nordligaste provenienser, med ursprung i centrala Yukon (latitud 62–63,5 °N), mer motståndskraftiga än sydligare provenienser. I områden med kärvt klimat och på hög höjd över havet angrips dock även de hårdigaste provenienser svårt av Gremmeniella.⁶⁵

Många studier visar på *ståndortsvalet* som en av de viktigaste faktorerna för att minska risken för Gremmeniella-skador. En stor andel av de föryngringar som drabbades svårt av Gremmeniella under slutet av 1980-talet i norra Sverige, var belägna i områden som ursprungligen var bevuxna med gran. Till och med år 1986 växte contortatallen väl i dessa områden men därefter har en studie visat att Gremmeniella-skador oftare förekommer på tall och contortatall planterade på marker som ursprungligen höll gran jämfört med på marker som ursprungligen höll tall. Också frekvensen Gremmeniella-dödade träd var högre på gamla granmarker än på gamla tallmarker.⁶⁶

De svåraste Gremmeniella-skadorna uppträder ofta i svackor i terrängen. Svampen gynnas av det fuktiga mikroklimatet och, i boreala områden, av att snön ligger längre och i ett djupare täcke. Från svackorna sprids svampsjukdomen ut i den omkringliggande föryngringen. Även föryngringar i nord- och nordväst-sluttningar drabbas i allmänhet svårare än föryngringar i sydsluttningar.⁶⁷

En studie av skador i contortaföryngringar i norra Sverige⁶⁸ visade på ett starkt negativt samband mellan Gremmeniella-skador och områdets kärvhet. Temperatursumman var den enskilt viktigaste förklaringen till hur svårt ett område drabbades av Gremmeniella. Ökande höjd över havet gav mer omfattande Gremmeniella-skador.

Markberedning, planttyp och plantering

⁶² Skilling D.D. & Riemenschneider, D.E. (1984). Screening conifers for resistance to *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. – Martinus Nijhoff – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 189–196.

⁶³ Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 27.

⁶⁴ Romeralo, C., Witzell, J. & Diez, J. J. (2016). Aleppo pine provenances vary in susceptibility and secondary chemical response to *Gremmeniella abietina* infection. *Plant Pathol.* 65: 664–672.

⁶⁵ Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). Scleroderris canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

⁶⁶ Witzell, J., Karlman, M. (2000). Importance of site type and tree species on disease incidence of *Gremmeniella abietina* in areas with harsh climate in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 15: 202–209.

⁶⁷ Uotila, A. (1988). The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker. *Folia For.* 721: 1–23.

⁶⁸ Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. 1994. Scleroderris canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

Ett visst samband har observerats mellan typ av markberedning och Gremmeniella-förekomst. Högläggning tycks vara att föredra medan plöjning och fläckmarkberedning ger sämre resultat.⁶⁹ En god rotutveckling är nödvändig för friska plantor. 1970-talets Paperpot-plantor medförde stabilitetsproblem med påföljande kvalitetsnedsättningar och Gremmeniella-angrepp.

Röjning

Lövröjning i unga contortabestånd har troligen ingen effekt vad gäller Gremmeniella-förekomsten.⁷⁰ Det finns dock studier som antyder att kvarlämnande av lövsly förhindrar svampens spridning.

Gallring

Täta bestånd anses mer mottagliga för Gremmeniella-angrepp än glesa. Detta kan bero på såväl effekten av beskuggning,⁷¹ förändrat beståndsklimat som på konkurrens.⁷² Studier har visat att gallring av såväl contortatall⁷³ som tall⁷⁴ minskar förekomsten av Gremmeniella.

Skötsel av infekterade bestånd

Hyggesrensning

Gremmeniella-svampen kan överleva i åtminstone 18 månader i infekterat ris efter avverkning av tall.⁷⁵ Plantering efter avverkning av ett Gremmeniella-skadat bestånd, bör därför ske först efter minst två års hyggesvila. I annat fall bör infekterat ris bortföras. En hyggesrensning kan då reducera antalet skadade plantor med upp till 50 %.⁷⁶

Nordamerikanska studier visar dock att efter stamkvistning av Gremmeniellainfekterade träd kan ris och grenar lämnas på marken.⁷⁷ I en studie där man använde planterade plantor som bioindikatorer fann man ingen skillnad i infektionsstyrka mellan provytor där grenar kvarlämnats och ytor

⁶⁹ Hansson, P. (1996). *Gremmeniella abietina* in northern Sweden: silvicultural aspects of disease development in the introduced *Pinus contorta* and in *Pinus sylvestris*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvicultura* 10. Umeå.

⁷⁰ Hansson, P. (1996). *Gremmeniella abietina* in northern Sweden: silvicultural aspects of disease development in the introduced *Pinus contorta* and in *Pinus sylvestris*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvicultura* 10. Umeå.

⁷¹ Read, D. J. (1968). Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytol.* 67: 39–48.

⁷² Niemelä, P., Lindgren, M. & Uotila, A. (1992). The effect of stand density on the susceptibility of *Pinus sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. *Scand. J. For. Res.* 7: 12–133.

⁷³ Kujala, V. (1950). Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Comm. Inst. For. Fenn.* 38 : 1–121.

⁷⁴ Read, D. J. (1968). Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytol.* 67: 39–48.

⁷⁵ Witzell, J., Bernhold, A. & Hansson, P. (2006). Survival and vitality of *Gremmeniella abietina* on *Pinus sylvestris* slash in northern Sweden. *For. Path.* 36: 406–412.

⁷⁶ Bernhold, A., Witzell, J. & Hansson, P. (2006). Effect of slash removal on *Gremmeniella abietina* incidence on *Pinus sylvestris* after clear-cutting in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21: 489–495.

⁷⁷ Laflamme, G. (1991). Scleroderris canker on pine. *Information Leaflet LFC 3*. Forestry Canada, Quebec, Canada. 12 s.

där de avlägsnats. En annan studie observerade däremot återinfektion med *Gremmeniella* efter stamkvistning utan att riset avlägsnats.⁷⁸

Sanerande röjning, gallring och stamkvistning

Om man tidigt observerar begynnande *Gremmeniella*-angrepp finns möjligheten till *sanerande åtgärder* – *avverkning, gallring eller stamkvistning*.⁷⁹ Det är dock troligt att den europeiska biotypen (LTT) är svårare att kontrollera än den nordliga (STT) eftersom den förra angriper träd i alla åldrar och storlekar. I svårt angripna områden kan avlägsnandet av hela bestånd vara den enda möjligheten att sanera och begränsa svampens spridning.

I ett tidigt stadium av angrepp kan stamkvistning av infekterade grenar vara tillräckligt som sanerande åtgärd och därigenom möjliggöra för beståndet att nå normal avverkningsålder. Däremot bör samtliga träd med mer än 80 % av kronan angripen och samtliga döda och döende träd avlägsnas ur beståndet.⁸⁰ Små och undertryckta träd angrips svårare av *Gremmeniella* än beståndets större träd och bör därför avverkas i första hand vid sanerande åtgärder.

⁷⁸ French, W.J. & Silverborg, S-B. (1967). *Scleroderris* canker of red pine in New York state plantations. *Plant Dis. Rep.* 51: 108–109.

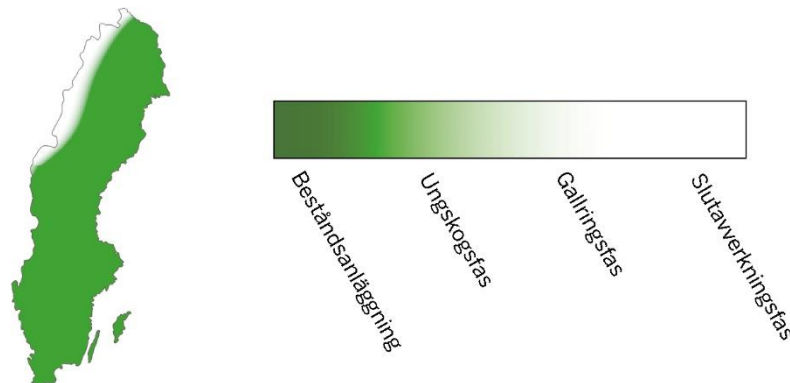
⁷⁹ Bergdahl, D. R. & Ward, T. M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. Martinus Nijhoff – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.

⁸⁰ Sikström, U., Jacobson, S., Pettersson, F. & Weslien, J. (2011). Crown transparency, tree mortality and stem growth of *Pinus sylvestris*, and colonization of *Tomicus piniperda* after an outbreak of *Gremmeniella abietina*. *For. Ecol. Manag.* 262: 2108–2119.

Knäckesjuka

av Jesper Witzell

Rostsvampen *Melampsora pinitorqua* orsakar knäckesjuka hos tall. Svampen värdväxlar mellan tallar och asp, vilket har varit en anledning till en hård bekämpning av asp i tallföryngringar.



Figur SPS67 Knäckesjuka förekommer över hela Sverige och drabbar främst unga träd och plantor.

Förekomst

Knäckesjuka är en allvarlig sjukdom hos tall och orsakas av rostsvampen *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. Angrepp har rapporterats sedan 1870-talet då skador i en 2–3-årig tallplantering i Västergötland beskrevs.⁸¹ Knäckesjuka förekommer i hela Sverige på 1–2-åriga plantor i plantskolor likväl som i planteringar upp till 15 års ålder. Allvarliga angrepp orsakar svåra kvalitetsnedsättande skador på grund av deformation av toppskottet och de övre grenvarven. Mycket unga plantor kan dö efter angrepp. Svampen värdväxlar mellan tvåbarriga tallarter och asp (figur SPS68). I unga föryngringar har de svåraste skadorna observerats i anslutning till aspskott.

⁸¹ Wilke, W. (1874). En parasitsvamp på tall. *Tidskr. för Skogshushålln.* 2: 247.



Figur SPS68 Knäckesjuka värdväxlar mellan tall och asp. Vänster bild: deformerade toppskott hos tall. Höger bild: orangea uredosporsamlingar på asplad. Foto Jesper Witzell.

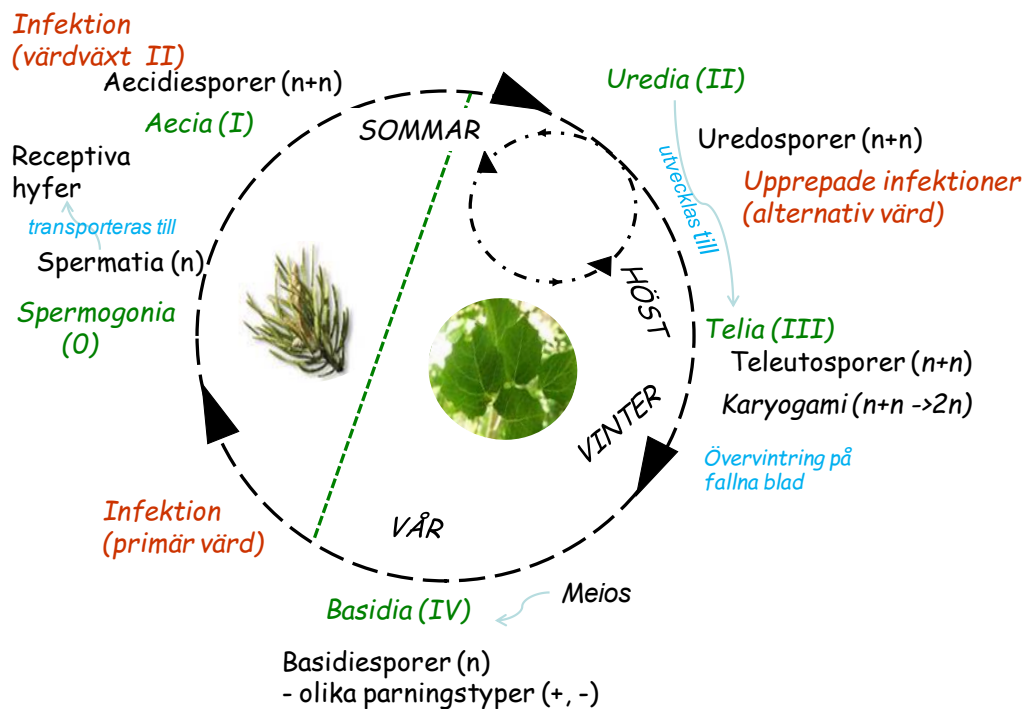
Biologi

Tallens årsskott angrips vid skottsträckningen under försommaren. En till tre centimeter långa aecidiesporsamlingar med orangea sporer bildas på skotten från mellersta juni till början av juli – i norra Sverige något senare. Infektionen koncentreras till toppskottet och de övre grenvarven. Svåra angrepp dödar årsskotten. Om endast ena sidan av skottet angrips böjs det i en S-form och kan knäckas.^{82,83}

Likt andra rostsvampar har *M. pinitorqua* en komplex livscykel med flera olika utvecklingsstadier (figur SPS69). Aecidiesporerna sprids till asp och infekterar bladen. Små uredosporsamlingar (sommarsporer) bildas på aspladens undersidor och sprider sjukdomen från asp till asp under sommaren. Följaktligen kan infektionen under detta stadium accelerera och bygga upp ett högt sportryck. Under hösten bildas tjockväggiga teleutosporer (vintersporer) på aspladens undersidor vid regnväder under maj–juni bildar teleutosporerna basidiesporer som överför rosten till växande tallskott.

⁸² Kurkela, T. (1973a). Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Aspen (*Populus tremula* L.). *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 79(4), 68 s.

⁸³ Kurkela, T. (1973b). Release and germination of basidiospores of *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. and *M. larici-tremulae* Kleb. at various temperatures. *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 78(5), 22 s.



Figur SPS69 Rostsvampar (Uredinales), som till exempel knäckesjuka-svampen har ofta komplexa livscyklar med upp till fem olika sporstadier. Karakteristiskt för svampar är att cellkärnan innehåller en enkel kromosomuppsättning och kallas *haploid* (n). Basidiesvamparna dit rostsvamparna hör har dock två kärnor i varje cell. Det beror på att mycel från två olikkönade sporer (parningstyper) förenas och bildar *parkärnmycel* och det gäller de tre sportyperna *aecidie*-, *uredo*- och *teleutosporer*. I den svarta lilla fruktkroppen på aspbladet sker en kärnsammansmältning (*karyogami*) och celler med en *diploid* kärna med dubbel kromosomuppsättning bildas. I rostsvampens livscykel är det diploida stadiet kortvarigt, då det snabbt följs av reduktionsdelning (*meios*) i kärnan och nya haploida *basidiesporer* bildas. Dessa basidiesporer landar på de växande tallskotten och där bildas *spermogon* och *spermatier*, som medverkar till att *parkärnmycel* bildas igen i *aecidiesporerna*. Bild Johanna Witzell.

Svenska forskare har under senare delen av 1900-talet fokuserat på resistens hos tall (*Pinus sylvestris*).^{84,85,86,87} Moderna studier av svampens biologi har utförts i Italien⁸⁸ och i Frankrike,^{89,90} där även nya metoder för

⁸⁴ Klingström, A. (1963). *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. – Pine twisting rust: some experiments in resistance-biology. *Stud. For. Suec.* No. 6, 23 s.

⁸⁵ Gref, R. (1987). Resin acids and resistance of *Pinus sylvestris* to *Melampsora pinitorqua*. *Eur. J. For. Path.* 17: 227–230.

⁸⁶ Martinsson, O. (1985). The influence of pine twist rust (*Melampsora pinitorqua*) on growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Eur. J. For. Path.* 15: 103–110.

⁸⁷ Andersson, B. & Danell, Ö. (1997). Is *Pinus sylvestris* resistance to pine twist rust associated with fitness costs or benefits? *Evolution* 51: 1808–1814.

⁸⁸ Strazzullo, A., Mugnai, L. & Naldini, B. 1993. Observations on the survival of *Melampsora pinitorqua* teliospores during overwintering. *Petria* 3: 73–79.

⁸⁹ Desprez-Loustau, M. L. & Dupuis, F. (1992). A time-course study of teliospore germination and basidiospore release in *Melampsora pinitorqua*. *Mycol. Res.* 96: 442–446.

⁹⁰ Desprez-Loustau, M. L. & Dupuis, F. (1994). Variation in the phenology of shoot elongation between geographic provenances of maritime pine (*Pinus pinaster*) – implications

inokuleringsexperiment har utvecklats.⁹¹ Dessa studier har huvudsakligen gällt terpentintall (*P. pinaster*) i tempererade regioner i södra Europa. Ett flertal frågor rörande svampens biologi i den boreala delen av Skandinavien, samt inverkan av de moderna skogsskötselmetoderna på svampens epidemiologi återstår dock att besvaras.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Ståndortsfaktorer

Redan tidigt observerades de allvarligaste angreppen av knäckesjuka på stora kalhyggen uteslutande föryngrade med tall.⁹² Detta antogs bero på att basidiesporerna är relativt svårspredda och att starka vindar är nödvändiga för långdistansspridning. Flera av de allvarligaste angreppen rapporterades efter skogsbränder då asp föryngrades genom ett stort antal rotskott. Detta antyder en större risk för infektion av unga tallar om beståndet innehåller rotskott av asp än om det innehåller gamla aspträd.

I Finland har man visat på positiva samband mellan knäckesjuka och aspförekomst i beståndet, ytans bördighet samt markens stenighet,⁹³ men även andra faktorer kan vara betydelsefulla. Vid naturvårdsinriktad skogsskötsel lämnas beståndsföryngring och avverkningsrester på hygget efter avverkning. Förekomsten av ris, beståndsföryngring och små träd är av stor betydelse för mikroklimatet.

Vissa studier har visat på en avsevärt lägre groning hos teleutosporer som övervintrade i ris än hos teleutosporer som övervintrade på öppen mark.⁹⁴ Resultatet antyder att hyggesrensning gynnar groningen av teleutosporer. I en annan studie⁹⁵ rapporteras temperatur och fuktighet att vara mest betydelsefulla faktorer att gynna basidiesporgroningen – huvudsakligen fukthalten i substratet medan humiditet och ljus är av mindre betydelse.

Förekomst av buskar, ris och avverkningsrester som reducerar avdunstningen från substratet skulle sålunda öka groningen av basidiesporer. Aspsly som lämnas på avverkningsytan innebär alltid en ökad infektionsrisk för tallkulturen. Ett rikligt täcke av högt gräs på tallplantorna kan däremot skydda från infektion genom att absorbera luftspridda basidiesporer.⁹⁶

for the synchrony with the phenology of the twisting rust fungus, *Melampsora pinitorqua*. *Ann. Sci. For.* 51: 553–568.

⁹¹ Desprez-Loustau, M. L. 1990. A cut-shoot bioassay for assessment of *Pinus pinaster* susceptibility to *Melampsora pinitorqua*. *Eur. J. For. Path.* 20: 386–391.

⁹² Sylvén, N. (1917). Om tallens knäckesjuka. *Medd. Statens Skogsförs. Anst.* (13–14): 1077–1140.

⁹³ Mattila, U., Jalkanen, R. & Nikula, A. (2001). The effects of forest structure and site characteristics on probability of pine twisting rust damage in young Scots pine stands. *For. Ecol. Man.* 142: 89–97.

⁹⁴ Longo, N., Moriondo, F. & Naldini-Longo, B. (1976). Germination of teleutosporer of *Melampsora pinitorqua* Rostr. *Eur. J. For. Path.* 6: 12–18.

⁹⁵ Desprez-Loustau, M. L. (1986). Physiology of in vitro germination of *Melampsora pinitorqua* Rostr. Basidiospores; consequences for the understanding of the infections process. *Eur. J. For. Path.* 16: 193–206.

⁹⁶ Nabatov, N. M. (1968). Influence of grass cover on expanding of pine pathology caused by *Melampsora pinitorqua* Rostr. in pine cultures. *Lesovedeije*, s. 91–94.

Växtmaterial

I motsats till tall har contortatall hittills förefallit resistent mot knäckesjuka i praktiska föryngringar.^{97,98} I en studie av fyra tallarters mottalighet för knäckesjuka i fem europeiska länder var contortatallen fri från infektion medan svensk tall (*P. sylvestris*) visade på högsta skadeförekomsten.⁹⁹ Det är möjligt att denna resistens endast är temporär. Lätta angrepp av knäckesjuka på enstaka contortatallar observerades under sommaren 1981 efter en svår epidemi på den inhemska tallen året innan.¹⁰⁰ Även italienska studier¹⁰¹ visar att contortaplantar kan bli infekterade. Eventuellt är det frågan om *expositionsresistens*, det vill säga mottagligheten hos contortatallens skott är ur fas med den period basidiesporproduktionen sker.¹⁰²

Inom sitt naturliga utbredningsområde är contortatallen inte exponerad för knäckesjuka¹⁰³ och har därmed inte utvecklat någon aktiv resistens mot patogenen. Sålunda är det möjligt att en extrem vädersituation kan trigga en epidemi (jämför med *Gremmeniella*-situationen i norra Sverige). Hösten 1998, efter den regniga sommaren observerades symptom av knäckesjuka på contortatall på flera platser i Västerbotten och Norrbotten.¹⁰⁴

Bladegenskaper

Skillnader i *bladmorfologi* mellan äldre och yngre aspar kan påverka myceltillväxten och svampens sporproduktion. Nätet av bladnerv i asplad reducerar myceltillväxten, och ett tätt nätverk förhindrar bildandet av flera uredia från samma mycel.¹⁰⁵ Svampens reproduktionskapacitet minskar avsevärt om inte varje spor som gror på aspladet kan resultera i ett flertal uredia. Detta antyder att sporproduktionen, och därmed risken för en epidemi, är större om svampen infekterar aspsly med stora blad och ett glest nervnät jämfört med om mindre blad från äldre aspträd och med ett tätt nervnät infekteras.

De *kemiska karaktärer* i tall och asp som påverkar tillväxt och utveckling av knäckesjuka är fortfarande otillfredställande definierade. Ny information angående den kemiska basen för parasitresistens, det vill säga sekundärmetaboliter, hos tall och asp är sålunda nödvändig. En aspekt som fått liten uppmärksamhet är betydelsen av ytkemikalier (epikuticulära kemikalier). Läckage av vattenlösliga försvarssubstanser från ytan på tallskott och asplad under regniga somrar kan eventuellt förklara en del av en ökad mottaglighet för knäckesjuka.

⁹⁷ Martinsson, O. (1985). The influence of pine twist rust (*Melampsora pinitorqua*) on growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Eur. J. For. Path.* 15: 103–110.

⁹⁸ Karlman, M. (1986). Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Stud. For. Suec.* 176, 42 s.

⁹⁹ Longo, N., m. fl (1980). I: Powers, H. R. m.fl. (red.): Rusts of hard pines. Proceedings of the meeting of IUFRO working group S2.06.10, September 5–7, 1979, Florence, Italy. *Phytopath. Mediterr.* 19: 30–34.

¹⁰⁰ Karlman, M. (1986). Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Stud. For. Suec.* 176, 42 s.

¹⁰¹ Longo, N., Moriondo, F. & Naldini, B. (1970). Biology and epidemiology of *Melampsora pinitorqua* (1). *Ann. Accad. Ital. Sci. For.* 19: 83–175.

¹⁰² Karlman, M. (1980). Skador på *Pinus contorta* i norra Sverige 1979. *SST* 1980–3.

¹⁰³ Molnar, A. C. & Sivak, B. (1964). *Melampsora* infection of Pine in British Columbia. *Can. J. Bot.* 42: 145–158.

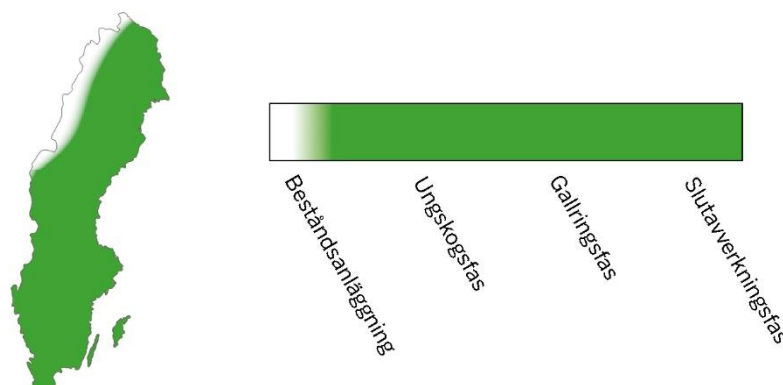
¹⁰⁴ Karlman, M. (2001). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *For. Ecol. Man.* 141: 97–105.

¹⁰⁵ Kurkela, T. (1973a). Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Aspen (*Populus tremula* L.). *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 79(4), 68 s.

Törskate

av Andreas Bernhold (revision av andra upplagan: Berit Samils)

Törskatesvampen är känd sedan slutet av 1800-talet och orsakar stora skador på ett flertal olika tallarter över hela Europa. I Sverige är törskatesvampen en av de allvarligaste skadegörarna och beräknas orsaka 12–15 % av den naturliga avgången av tall samt en årlig produktionsförlust av timmer på 350 000 m³.¹⁰⁶ Vidare beräknas diametertillväxten på svårt skadade träd (med dödad topp) minska med 40–70 % och på lättare skadade träd med 20–40 %.¹⁰⁷ Under senare år har allvarliga angrepp skett i unga tallplanteringar i Norrbotten och Lappland.



Figur SPS70 Skador från törskatesvampen återfinns på vår inhemska tall över hela landet. Skadorna ackumuleras troligen med tiden och ses därför oftare på äldre tallar men angrepp sker på tallar i alla åldrar.

Förekomst

I Sverige angrips inhemsk tall (*Pinus sylvestris*) i alla åldrar och över hela landet. Contortatallen har däremot visat sig resistent mot törskate.¹⁰⁸ Skador från törskate är vanligast på äldre träd (figur SPS71) men på senare år har allvarliga angrepp noterats i *unga tallplanteringar* i Norrbotten och Lappland, särskilt vanliga är angreppen på bördig mark.¹⁰⁹ Unga träd dör ofta inom några år efter att symptom uppträder på stammen medan äldre träd kan överleva angrepp under mycket lång tid.

¹⁰⁶ Bengtsson, G. (1976). *Skogs- och virkesskydd*. Sveriges skogsvårdsförbund, s. 58–78.

¹⁰⁷ Martinsson, O. & Nilsson, B. (1987). The impact of *Cronartium flaccidum* on the growth of *Pinus sylvestris*. *Scand. J. For. Res.* 2: 349–357.

¹⁰⁸ Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2008). Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *For. Ecol. Man.* 255: 973–981.

¹⁰⁹ Wulff, S. & Hansson P. (2012). Nationell Riktad Skadeinventering (NRS) 2012. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 386 2013. ISSN 1401–1204



Figur SPS71 Törskateskadade äldre tallar, så kallade tjärgaddar, är en vanlig syn i skogslandskapet. Foto Andreas Bernhold.

Biologi

Det har tidigare ansetts vara två olika svamparter som ger upphov till törskate: en art (*Cronartium flaccidum*) som värdväxlar mellan tall och olika örter och en art (*Peridermium pini*) som sprids direkt från tall till tall. Idag anses de däremot vara två olika typer av samma art, där *P. pini* kan tänkas ha utvecklats ur *C. flaccidum* genom mutation.¹¹⁰ Det går inte att se på en drabbad tall vilken typ av törskate som orsakat skadorna men man har nu tagit fram DNA-markörer för att kunna särskilja de två typerna i labb.¹¹¹

Båda typerna av törskate uppträder på träd i alla åldrar men *P. pini* är vanligast på äldre träd på något magrare marker medan *C. flaccidum* gör störst skada i unga och medelålders bestånd på näringsrika marker med rikliga inslag av alternativa värdar. I norra Sverige anses skogs- och ängskovall vara de viktigaste alternativa värdarna och i södra Sverige tulkört och pion. Dock har en ny studie visat att spannet av alternativa värdväxter troligen är mycket större än man tidigare trott.¹¹² De svåra skadorna på tallungskog i Norrbotten under 2000-talet orsakades främst av den värdväxlande typen av törskate (*C. flaccidum*) varför risken för framtida angrepp kan antas vara störst i bestånd med mycket förekomst av alternativvärdar.¹¹³

¹¹⁰ Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J. & Moricca, S. (2002). Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycol. Res.* 106: 203–209.

¹¹¹ Samils, B., Ihrmark, K., Kaitera, J., Stenlid, J. & Barklund, P. (2011). New genetic markers for identifying *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* and examining genetic variation within and between lesions of Scots pine blister rust in Sweden. *Fung. Biol.* 115: 1303–1311.

¹¹² Kaitera, J., Hiltunen, R. & Samils, B. (2012). Alternate host ranges of *Cronartium flaccidum* and *Cronartium ribicola* in northern Europe. *Botany* 90: 694–703.

¹¹³ Samils, B., Ihrmark, K., Kaitera, J., Stenlid, J. & Barklund, P. (2011). New genetic markers for identifying *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* and examining genet-

Flerårig livscykel

Törskatesvampen hör till rostsvamparna och har en flerårig livscykel. Den icke värdväxlande typen (*P. pini*) sprider sina sporer från tall till tall under försommaren. Den värdväxlande typen (*C. flaccidum*) har en komplicerad livscykel med fem olika sporstadiet där varje ny infektion på tall föregås av en infektion på den alternativa värdväxten. De olika sporstadierna bidrar på olika sätt till en effektiv spridning av svampen. På den alternativa värdväxten sker upprepade infektionscykler under sommaren vilket medför en uppförökning av sporer som kan spridas med vinden långa sträckor (kilometer-vis) till nya plantor av alternativvärden.

Det är sedan en annan typ av sporer som sprids från den alternativa värdväxten till tallskotten på sensommaren där spridningen gynnas av fuktig väderlek. Dessa sporer är bräckliga och sprids endast kortare sträckor (vanligtvis något tiotal till hundratal meter) och därför är möjligheten för nya infektioner på tall störst i närheten av alternativvärden. På försommaren, två till sju år efter skotten infekterats, spricker barken upp på stammen eller grenarna och det bildas ett stamsår med orangea blåsor, det så kallade *blåsroststadiet* (figur SPS72). Då stamsår ofta bildas i nedre delen av kronan på unga tallar är det vanligt att träden dör inom ett par år efter det att symptomen syns på stammen.

”Tjärgaddar” och ”torrtoppar”

Infektionen på tall sker främst i barr eller unga skott, varefter den växer in till stammen och bildar stamsår. När svampen når runt en gren eller en stamsnörns ledningsbanorna av och grenen eller trädets topp dör. Trädet försvarar sig med kraftig kådbildning och det bildas så kallad tjärved (”töre”). Törskateangripna tallar med döda toppar är en vanlig syn i äldre tallskogar och kallas bland annat ”tjärgaddar” eller ”torrtoppar”. Kampen mellan trädet och svampen kan pågå i tiotals år och de svarta, kådindränkta stamsåren kan bli flera meter långa på vuxna träd.

Sporspridningen från tall tillbaka till den alternativa värdväxten sker under maj–augusti och det är under denna tid, då stamsåren är fulla av orangea sporer, som det är lättast att identifiera skadorna. Sporspridningen från tallens stamsår kan ske under flera års tid.¹¹⁴ Under sommaren kan svampen massförökas på den alternativa värdväxten och sprids sedan tillbaka till tallen på sensommaren vilket sluter den fleråriga livscykeln.

ic variation within and between lesions of Scots pine blister rust in Sweden. *Fung. Biol.* 115: 1303–1311.

¹¹⁴ Kaitera, J. (2003). Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *For. Pathol.* 33: 353–362.



Figur SPS72 Ung tall med stamsår av törskate. Barken spricker upp och det bildas blåsor med orangea sporer. Foto Andreas Bernhold.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Det finns få studier i Sverige som behandlar skötseln av törskateangripna tallbestånd och forskningsbehovet är stort. Forskning från Finland under de senaste 20 åren har starkt bidragit till en ökad kunskap om svampens grundläggande biologi, dess symtom på tall och dess olika alternativa värdar. Denna kunskap kommer att underlätta för mer praktiskt inriktade forskningsinsatser vilket är viktigt för att vi ska kunna begränsa skadorna av törskate i våra tallskogar.

Beståndsanläggning

Då törskatesvampen endast angriper inhemsk tall i Sverige bör man överväga att byta trädslag till exempelvis gran, contortatall eller lärk vid föryngring i svårt drabbade områden. Det finns inget tydligt samband mellan tallproveniensen och mottaglighet för törskateangrepp och ett felaktigt proveniensval anses inte vara en avgörande faktor för utbrott av en törskateepidemi.¹¹⁵ Finska studier har dock visat att nordliga tallprovenienser generellt har en hög resistens mot törskate av typen *P. pini*.¹¹⁶ Man har även sett en lägre grad av angrepp efter föryngring med fröträdställning vilket kan vara en följd av att denna metod används oftare på fattigare ståndorter (det vill säga ståndorter med låg risk för angrepp), men det kan även vara en fingervisning om att lokala provenienser är att föredra.¹¹⁷ Variationen i *viru-*

¹¹⁵ Kaitera, J. Muntlig uppgift.

¹¹⁶ Kaitera, J. (2003). Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *For. Pathol.* 33: 353–362.

¹¹⁷ Wulff, S. & Hansson P. (2012). Nationell Riktad Skadeinventering (NRS) 2012. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 386 2013. ISSN 1401–1204.

*lens*¹¹⁸ mellan törskate från olika regioner har visat sig vara stor men i en färsk studie från Finland visade sig virulensen hos *P. pini* vara högre i sporrer från norra Finland än från södra Finland.¹¹⁹

Det finns för närvarande inga vetenskapliga studier som visar hur en hyggesbränning påverkar angreppsfrekvensen av värdväxlande törskate i infekterade tallföryngringar. Det är dock rimligt att tro att en grundlig (hård) hyggesbränning skulle vara en bra sanerande åtgärd för att tillfälligt minska förekomsten av alternativa värdväxter i fältskiktet, och sålunda även förekomsten av törskatesvamp av typen *C. flaccidum*.

Röjning och gallring

Effekter av sanerande åtgärder i törskateangripna bestånd är dåligt kända. Skogsstyrelsen rekommenderar att prioritera inväxande gran och björk vid röjning i skadedrabbade ungskogar, samt att överväga tidigarelagd slutavverkning istället för gallring i hårt drabbade äldre bestånd.¹²⁰ Studier på effekten av sanerande röjningar eller gallringar på törskateförekomsten är dock få och i Nordamerika har studier av närbesläktade rotsvampar visat att effekten varierar kraftigt mellan olika svamparter.

Den senaste studien som gjorts i Skandinavien visade att sanerande gallringar av medelålders tallbestånd, svårt infekterat med *C. flaccidum*, inte alltid har någon positiv effekt.¹²¹ Den främsta anledningen till detta är förmodligen att man missar ett stort antal latent infekterade träd vid gallringen. Med tanke på den flera år långa latent perioden mellan infektion och symptom är därför viktigt med regelbundna saneringsåtgärder för att åtgärden ska vara effektiv.

En annan effekt av gallringen kan vara en ökad svampvitalitet och sporproduktion i de välväxande friställda stammarna. Vidare kan ett bättre ljusklimat för de örter i fältskiktet som fungerar som mellanvärdar i värdväxlingen samt ökade sporspridningsmöjligheter mellan fältskiktet och trädskiktet påverkas. Då det är omöjligt att utrota dessa örter är det således svårare att sanera ett bestånd angripet av *C. flaccidum* än med *P. pini* genom röjning eller gallring.

Stamkvistning

Regelbunden sanerande stamkvistning av grenar med stamsår kan utföras för att minska risken för spridning till stammen. Stamkvistade träd löper troligtvis också mindre risk för att bli infekterade då angrepp i ungskog ofta sker via de nedre grenarna i kronan. Framgångsrika försök med stamkvistning av *Pinus strobus* för att minska skadorna av den aggressiva törskatesläkten *Cronartium ribicola* har utförts i British Columbia, Kanada.¹²²

¹¹⁸ Förmåga att framkalla sjukdom.

¹¹⁹ Kaitera, J. (2007). Effect of tree susceptibility on *Peridermium pini* lesion development and sporulation on Scots pine. *Balt. For.* 13: 45–53.

¹²⁰ Se: Skogseko 3–2017.

¹²¹ Kaitera, J. (2002). Short-term effect of thinning on *Pinus sylvestris* damage and sporulation caused by *Cronartium flaccidum*. *Scand. J. For. Res.* 17: 158–165.

¹²² Hunt, R. S. (1982). White pine blister rust in British Columbia. I. The possibilities of control by branch removal. *For. Chron.* 58: 136–138.

Gödsling

Till skillnad från många andra skadesvampar som främst angriper träd med nedsatt vitalitet, till exempel Gremmeniella, så trivs rotsvampar som törskate och knäckesjuka bäst på vitala träd med välväxande skott. Gödsling med N-P-K medför således en ökad risk för angrepp av törskate. En ökad näringshalt i marken kan även öka förekomsten av örter som fungerar som mellanvärdar, till exempel skogskovall som trivs på näringsrik mark.

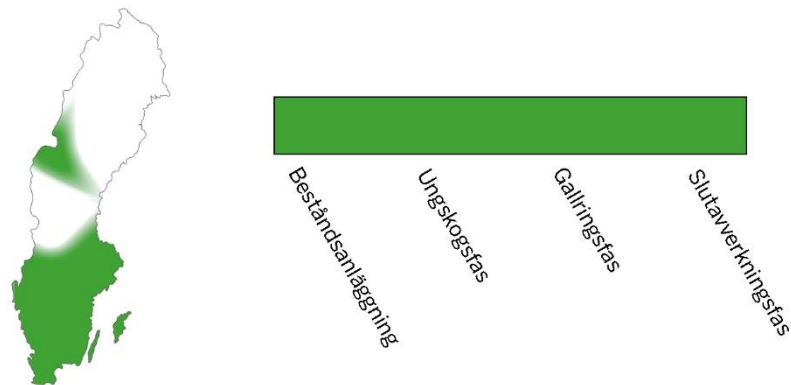
Slutavverkning

Då man funnit att tallens mottaglighet för törskate är ärftlig rekommenderas för närvarande inte att ställa kvar törskateangripna tallar som fröträd eller naturvårdsträd vid föryngringsavverkning av tallskog. Det är dock ännu inte studerat hur stor andel av dessa "tjärgaddstallar" som är angripna av den värdväxlande *C. flaccidum* och därmed skulle kunna bidra till angreppen av denna typ på närliggande ungskog.

Almsjuka

av Pia Barklund

Almsjuka är en vissnesjukdom som är utbredd i hela Europa, Nordamerika och delar av Asien. Det är kostsamt att med saneringshuggning begränsa sjukdomen och almens framtid är därmed osäker.



Figur SPS73 Almsjukan finns i almens hela utbredningsområde och kan drabba almar i alla åldrar.

Förekomst

Almsjukan kallas också *holländska almsjukan* (*Dutch Elm Disease, DED*). Skadorna uppmärksammades först i Nordvästeuropa på 1910-talet och det var i Holland som sjukdomsorsaken fastställdes. Svampen, *Ophiostoma ulmi*, orsakar vissnesjuka genom att blockera väsketransporten i kärnen i grenar och stammar (figur SPS 74).

De olika almarterna i Europa är alla mottagliga för almsjuka. I Storbritannien initierades forskning om sjukdomen tidigt och man kunde följa den snabba sjukdomsutvecklingen som nådde sin kulmen redan 1930, då mellan 10–40 % av almarna i Nordvästeuropa och Storbritannien hade dött. Angreppen avtog sedan hastigt och omkring 1950 hade angreppen så liten omfattning att sjukdomen inte längre ansågs vara ett hot mot almarna i Europa.

Almsjukan spreds också till Nordamerika på 1930-talet och där utbröt en epidemi av en ny, mycket aggressivare, form av *almsjukesvampen*, som senare beskrivits som en ny art *O. novo-ulmi*.

Den nya arten spreds till Europa i slutet av 1960-talet. Efter att man alltså blåst faran över så återkom almsjukan i en aggressivare form och mellan 1970 och 1990 dog mer än 25 miljoner av Storbritanniens uppskattningsvis 30 miljoner almar.¹²³

¹²³ Gråberg, M. & Tynelius, S. (1993). Holländsk almsjuka. *Faktablad om Växtskydd* 93 T, SLU.



Figur SPS74 Till höger står en alm där ännu bara en gren är drabbad, till vänster ett totalangripet träd. Foto Pia Barklund.

Almsjuka i Sverige

Till Sverige kom den första vågen av almsjuka inte förrän omkring 1950 (Stockholm, Norrköping) och den hade då ett liknande förlopp som beskrivits i Europa.^{124,125} Den aggressivare almsjukan kom 1980, då Örups almskog i Tomelilla kommun drabbades svårt. Därefter har den aggressiva almsjukan spritt sig norrut och den finns nu i almens hela utbredningsområde. Det finns dock fickor där almbestånd är isolerade från andra almar och där det fortfarande inte är några angrepp.

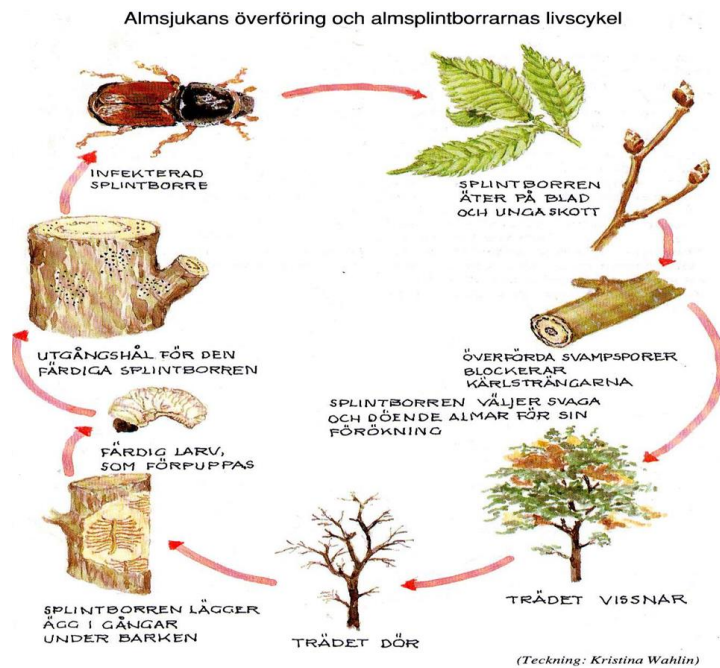
På Gotland upptäcktes almsjukan så sent som 2005, och där angrips förutom skogsalmen *Ulmus glabra* också lundalmen, *Ulmus minor*, som är vanlig i de gotländska ängarna. På Öland finns almsjuka sedan slutet av 1990-talet och där angrips de båda nämnda almarterna och dessutom den för Öland unika vresalmen, *Ulmus laevis*. Almsjukan har spritts till Sverige med almstockar eller almved med almsplintborrar och angrepp av almsjuksvamp och detsamma gäller Gotland och troligen även Öland.¹²⁶

Någon uppskattning av skadornas omfattning finns för närvarande inte. I kommuner där man bekämpar almsjukan aktivt har man kunnat hålla andelen döende träd per år till ett par procent.

¹²⁴ Gråberg, M. & Tynelius, S. (1993). Holländsk almsjuka. *Faktablad om Växtskydd* 93 T, SLU.

¹²⁵ Statens jordbruksverk 2006. Holländsk almsjuka. *Jordbruksinformation* 2–2006.

¹²⁶ Se: www.skogsskada.slu.se.



Figur SPS75 Almsjukan är ett samspel mellan almsplintborrar, almsjuksvampen och almen. Bild Kristina Wahlin.

Biologi

Almsjukan är ett resultat av samspel mellan träd, insekter och svampar (figur SPS75). De almsjukesvampar som finns i Europa var *O. ulmi* med lägre aggressivitet och den har ersatts av två aggressiva former: den nordamerikanska *O. novo-ulmi* (NAN) med spridningscentrum i nordvästra Europa och den eurasiatiska *O. novo-ulmi* (EAN) med spridningscentrum i sydöstra Europa. Nu har forskare kommit fram till att vår ursprungliga almsjukesvamp, *O. ulmi*, var endemisk i Japan. Andra almarter i Asien är resistent mot almsjukesvamp. I Europa tycks nu den mindre aggressiva *O. ulmi* tränas undan av *O. novo-ulmi* (NAN) och *O. novo-ulmi* (EAN) som också bildar hybrider, som sprider sig snabbt.

Insekter sprider svampen

Almsjukesvampen kan inte ta sig in till kärlen på egen hand utan den får hjälp av *almsplintborrar* (skalbaggar i familjen vivlar) som fungerar som vektorer. Mindre almsplintborre, *Scolytus laevis*, är den vanligaste arten och därefter kommer större almsplintborre, *Scolytus triarmatus*. Tandad almsplintborre, *Scolytus multistriatus*, finns i Skåne, på Öland och sällsynt i Mälardalen och är den enda almsplintborren på Gotland. *Scolytus scolytus*, vanlig på europeiska kontinenten, förekommer än så länge endast i Skåne och Halland. Arten förefaller dock att vara på snabb spridning.

Almsplintborrarna lägger sina ägg i innerbarken i almar som håller på att dö eller nyligen har dött, men där innerbarken ännu är frisk. Även almved som lagrats en tid kan ha innerbark som fungerar som yngelmateriel. Larverna övervintrar under barken och på våren fullbildas skalbaggar. Om trädet är nedsmittat med almsjuka kan svampsporer fastna på de nykläckta almsplintborrarna. De flyger till levande almar för att näringsgna i barken på grenar i almkronan och då överförs sporer till ledningsbanorna i kvistar och grenar (figur SPS76).



Figur SPS76 Vänster: almsplintborrens näringsgnag i en kvistvinkel. Höger: brunsvarta partier i yttersta årsringen är ett tecken på almsjukesvampens angrepp. Foto Pia Barklund.

Svampangreppet orsakar vissnesjuka hos almen

Sporerna som insekter sprider med sig gror och bildar mycel som växer i almens kärllsträngar, och där bildas också stora mängder sporer som kan flyta med vätskeströmmar metervis per dygn. Den snabba spridningen sker i den yttersta årsringen. Trädet försvarar sig bland annat genom att täppa till ledningsbanorna (tyllbildning) som förhindrar vattentransporten. Angreppet sprids vidare i trädet och det kan dö samma år eller året efter, om angreppet orsakas av den aggressiva formen av svampen. En annan viktig spridningsväg för svampen är via rotkontakt mellan närstående almar.

På våren och försommaren näringsgnager almsplintborrarna i innerbarken och det syns mest typiskt i kvistvinklar på friska träd. Därmed överförs sporer till de vattenledande kärlen, där svampen snabbt växer till. Det leder till att partier i kronan börjar vissna. Gröna blad skruppnar och hänger på försommaren för att redan efter några dagar bli gula och därefter bruna.

De flaggande grenarna sitter oregelbundet i kronan och är resultatet av almsplintborrens överföring av svampsporer (figur SPS77). Genom att svampen lätt sprids i kärlen omfattas efterhand större grenpartier av vissnesjukan. I angripna grenar avslöjar sig svampen som brun-violetta eller svarta stråk i vedens längsriktning (figur SPS76) och på tvärsnitt ser det ut som mörka eller svarta punkter eller en sammanhängande mörk rand i yttersta årsringen (figur SPS78). Även i stammar kan angreppet konstateras i den yttersta årsringen.



Figur SPS77 Flaggande grenar är ofta första synliga symptom.
Foto Pia Barklund.



SPS78 I tvärsnitt av grenar eller stammar från almsjuka-angripna träd syns mörka eller svarta punkter eller en sammanhängande mörk rand i yttersta årsringen. Foto Pia Barklund.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Almar, som är boträd för almsplintborrar, bör avverkas, även om de inte visar symtom på almsjuka. Detta minskar antalet insekter och ökar effekten av bekämpningen. En effektiv *saneringsavverkning* kan begränsa den årliga förlusten av almar till bara någon procent. Utan bekämpningsåtgärder kan man förvänta sig en 90-procentig förlust av almar i omgivningen inom de närmsta tio åren efter det att den aggressiva typen av svampen har konstaterats. Inom trettio år kan almbestånden inom stora områden vara reducerade till huvudsakligen buskar och unga träd.

Nya angrepp börjar visa sig i juni och under sommaren kommer allt större del av kronan att dö. Därför är det lämpligt att börja *besiktiga almbestånd*

redan i juni och ytterligare någon mer gång mellan juni och september. När almsjuka har konstaterats, ska träden avverkas så fort som möjligt, vilket i de flesta fall betyder vinteravverkning. *Stubben ska barkas*, om den inte grävs upp och fraktas bort eller eldas upp eller på annat sätt görs otjänlig för almsplintborrharna. För att hindra rotsmitta kan träd, som inte avverkas direkt, *ringskäras* med motorsåg några centimeter in i splintveden för senare avverkning. Om smittspridningen i trädet gått så långt, att symtom på smitta även finns under barken på stammen, kan rotsmittan eventuellt hejdas genom att *rötterna grävs* av runt trädet till ett djup av 75 cm.

Man kan *elda upp ved och ris* direkt på avverkningsplatsen, om eldning är tillåten. Annars ska angripna träd inklusive bark, kvistar och grenar, efter flisning föras till någon avfallsanläggning eller värmecentral för omedelbar bränning. En kvarlämnad vedhög är en utmärkt yngelplats för almsplintboren och kan vara en allvarlig smittkälla för fortsatt spridning.

Före 1 april ska stockar, ved eller flis av angripna almar vara omhändertagna och destruerade. Då kommer inte almsplintborrharna att hinna bli färdigutvecklade och flyga ut för att näringsgnaga på friska almar. På grund av smittorisken ska särskild utrustning användas, när man avverkar träd som angripits av almsjuka. Verktyg rengörs med starkt desinfektionsmedel eller genom upphettning, till exempel med gaslåga.

Bekämpning pågår på Gotland

Sedan 2007 bekämpas almsjukan på Gotland. Det handlar främst om att försöka bevara lundalmen, som här anses vara en av de största populationerna i Europa. Ett viktigt skäl till att bekämpa almsjukan är att alm och ask de dominerande trädarterna i de gotländska ängarna båda drabbats av sjukdom, almsjuka respektive askskottsjuka. Den senare kan vi inte bekämpa. Många askar dör men några överlever. Bekämpningen ingår i ett EU-projekt, som innehåller flera delar.¹²⁷ Bekämpningen är komplicerad. Inventering och avverkning av sjuka träd görs med stor precision. Direkt efter avverkning flisas almveden och därefter sänds flisen till värmeverk i täckt bil. Varje växtplats eller träd med almsjukaangrepp är koordinatbestämda och är inritade på kartor, vilket ger en tydlig bild av läget. Hos personer med vedtravar med alm i tas dessa om hand och de får ersättningsved.

Förebyggande behandling av enstaka friska almar

För närvarande finns inte någon möjlighet till storskalig behandling. Enstaka friska almar, särskilt värdefulla träd kan behandlas med preparatet Dutch Trig Verticillium WCS850.¹²⁸ Detta preparat registrerades i Nederländerna 1992 och består av sporer från *Verticillium-svampen*. Det är normalt ett släkte som orsakar vissnesjuka, men den här typen av svampen är inte patogen. Behandling leder till *inducerad resistens*, som varar i ett år. Behandlingen måste således upprepas varje år. Preparatet injiceras var tionde centimeter runtom stammen. Med särskilda verktyg som utvecklats för ändamålet tar behandlingen ett par minuter för ett träd.

¹²⁷ Se: <http://www.skogsstyrelsen.se/Lifeelmias>.

¹²⁸ Se: www.dutchtrig.com.

I Nederländerna har 32 380 träd behandlats mellan 1992–2005. I områden där denna metod använts har nyinfektionen kunnat hållas nere till mindre än 1 %, till exempel i Amsterdam och Hamburg. Preparatet används i Nederländerna, Tyskland, Schweiz och USA, och finns registrerat i Sverige. Metoden kan vara lämplig om vissa träd behöver skydd en kortare tid för att almsjuketräd i närheten ska kunna hinna tas bort.¹²⁹

Läs mer om almsjukan:

Barklund, P. (2009). Almen och asken hotas av svampsjukdomar. *Lustgården* 89: 77–84.

Brasier, C., (1996). New horizons on Dutch elm disease control. Report on forest research, Forestry commission Edinburgh, U.K.

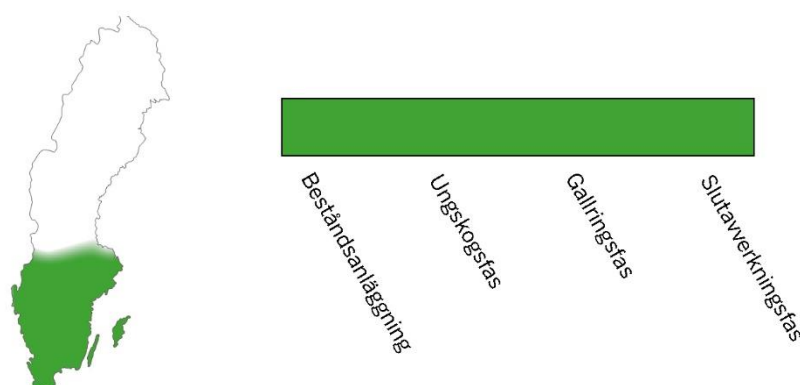
Scheffer, R. J., Voeten, J. G. W. F. & Guries. R. P. (2008). Biological Control of Dutch Elm Disease. *Plant disease* 92: 192–200.

¹²⁹ Se: www.elmcare.com/community/research/hubbes1.htm.

Askskottsjuka

av Pia Barklund

Asken angrips av den invasiva mikrosvampen *Hymenoscyphus fraxineus*, som orsakar askskottsjuka. Sjukdomen sprids till Sverige från Polen/Litauen. Första rapporterna om en okänd skada på ask kom från sydöstra delarna av Sverige, Öland och Skåne 2001. Då hade angrepp pågått i Polen och Litauen i ungefär 10 år, utan att skadegöraren kunnat identifieras. Redan 2006 hade sjukdomen spritts i askens hela utbredningsområde i Sverige. Till Finland och Norge kom askskottsjukan 2007. Sjukdomen är nu rapporterad på olika askarter i minst 27 länder i Europa.



Figur SPS79 Askskottsjukan finns i askens hela utbredningsområde och drabbar träd i alla åldersklasser.

Förekomst

Asken drabbas av askskottsjuka i hela dess utbredningsområde i Sverige, det vill säga i södra och mellersta Sverige inklusive Gotland och Öland. Varifrån har sjukdomen kommit? Det har visat sig att *H. fraxineus* har införts till Europa från nordöstra Asien, där den var känd under namnet *Lambertella albidia*. Svampen förekommer på askarten *Fraxinus mandshurica*, men utan att orsaka sjukdom. Mandschuriska askar har troligen införts från Kina till någon plantskola i östra Sovjetunionen, och inte nödvändigtvis till Polen. Ingen vet var ursprungsplantorna finns. Därifrån började sporer spridas från den mandshuriska askens bladskaft till europeiska askar och skadorna blev omfattande på några få år. De europeiska askarna har visat sig ha begränsade möjligheter att stå emot denna aggressiva och invasiva sjukdomsalstrande svampart.

Det här är ett exempel på vad handel med trädplantor kan leda till. Det är dessutom så att askfrön har visat sig kunna innehålla askskottsjukesvampen. Det betyder att det är stor risk för spridning av sjukdomen om frön säljs till områden som hittills är fria från sjukdomen.

Många askar dör för närvarande i Sverige och hela bestånd spolieras av sjukdomen. Såväl yngre som äldre askar och såväl planterade som självförnygrade träd är drabbade (figur SPS80). En riktad skadeinventering utfördes

2009 på de av riksskogstaxeringens ytor som innehåller ask i Götaland.¹³⁰ Sammanlagt undersöktes 539 träd och av dem var 25 % svårt skadade och 50 % påtagligt utglesade. År 2016 är de mest mottagliga träden döda och sjukdomsförloppet tycks vara i en lugnare fas. Många skadade träd kan tills vidare klara sig med utglesad krona lite längre än när sjukdomen var ny.



Figur SPS80 Svårt skadat askbestånd. Foto Pia Barklund.

Biologi

I Polen beskrevs 2006 den svampart som orsakar askskottsjukan, mikrosvampen *Chalara fraxinea* (asexuell form). År 2009 föreslogs att *C. fraxinea* kunde vara en form av *Hymenoscyphus albidus* (sexuell form), som är en sedan länge känd saprofytt som bildar vita mycket små fruktkroppar på askens fjolårsbladskaft. Redan 2010 stod det klart artbestämningen var felaktig och istället beskrevs den nya arten *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, som samhörande med *C. fraxinea*. Liksom *H. albidus* bildar också *H. pseudoalbidus* vita fruktkroppar på askens bladskaft. De två svamparternas fruktkroppar ser mycket lika ut, dock tycks den invasiva arten tränga ut den saprofytiska från bladskaften, så de fruktkroppar vi ser nu är vanligen skadegörarens. År 2014 kom en namnändring igen *H. pseudoalbidus* ska i enlighet men rådande nomenklatur kallas *Hymenoscyphus fraxineus* (figur SPS81).



Figur SPS81 Fruktkropparna av *Hymenoscyphus fraxineus*, som orsakar askskottsjukan på ett fjolårsbladskaft. Foto Stina Bengtsson.

¹³⁰ Wulff, S. och Hansson, P. 2015. Askskottsjukan i Götaland. Nationell riktad skadeinventering 2009 och 2010. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning. Rapport daterad 2015-01-13, tillgänglig på: <http://www.slu.se/institutioner/skoglig-resurshushallning/miljoanalys/skogsskadeovervakningen/rapporter/>

Under juli–september sprids svampens sporer, i fuktigt väder och med vindens hjälp, från fruktkropparna som bildats på fjolårets nedfallna bladskåft till askens blad, bladskåft och årsskott. Angreppsorgan, så kallade appressorier, bildas och svampen tar sig in genom bladets yta. Därefter sprider sig svampens hyfer in i blad och bladskåft och kan via bladskåftet växa in i skottet och döda innerbarken. När skadans utveckling når runt en gren eller stam, dödas efter en tid den del av trädet som snörts av. Svampen har också förmåga att angripa djupare liggande vävnader och kan sprida sig inne i grenen/stammen.

H. fraxineus bildar det phytotoxiska ämnet viridiol, som visat sig orsaka brunsvart bladnekros på ask, vilken roll ämnet spelar i svampens förhållande till värdträdets resistens är inte klarlagd. Askar drabbade av askskottsjuka angrips också ofta av honungsskivling i rotsystemet.

Askskottsjukan var en ny sjukdom – vilken svamp som orsakat sjukdomen var inte känt.

För att fastställa en koppling mellan en viss mikroorganism och en observerad sjukdom används sedan mer än 100 år *Koch's postulat*. Forskare i Sverige och flera länder har genomfört proceduren och kommit fram till samma resultat, *Hymenoscyphus fraxineus*.

Koch's postulat kan kortfattat beskrivas så här:

1. Mikroorganismen (för träd oftast mikrosvampar, men också algsvampar och bakterier) ska kunna påvisas i angripna växtdelar i anslutning till skadan.
2. Det görs genom att svampen odlas ut i renkultur från den angripna delen.
3. Den framodlade svampen används för att smitta ett friskt träd och därigenom framkalla sjukdomssymptom.
4. Svampen ska därefter kunna återisolerars från det sjuka området i trädet och vara identisk med det svampisolat som använts vid infektionen.

Detta gäller för de svampar som kan odlas i laboratorium, och gäller därmed inte för till exempel rostsvampar eller virus.



Figur SPS82 Askskottsjuka. Överst till vänster: Angreppet växer in från grenen till stammen och breder ut sig i innerbarken. Överst till höger: Svampangreppet har nått huvudstammen och orsakat kräftsår. Nederst till vänster: Döda skott på våren, en del blad hinner slå ut men dör under försommaren. Nederst till höger: Döende ask. Foton Pia Barklund.

Skogsskötsel för att minska skador

Eftersom askskottsjuka är en ny sjukdom saknas fortfarande beprövade kunskaper kring dess infektionsbiologi och skogsskötselåtgärders effekter på sjukdomens utveckling.

Det är tydligt att askar har olika mottaglighet för angrepp av *H. fraxineus*. Angrepp i en askfröplantage i Skåne visar att askklonerna har olika mottaglighet, men att ingen klon är helt resistent. De mest motståndskraftiga träden har visat att de fortfarande efter minst 6 års starkt infektionstryck behåller sin resistens. Eftersom vissa askar inte blir sjuka används de i flera projekt för att få fram träd med bättre motståndskraft mot askskottsjukevampen.

Askar som har visat sig vara känsliga för angrepp men som hämtat sig ris-kerar nya angrepp. Träden förvärvar inte resistens.



Figur SPS83 Några askindivider på drabbade områden visar god mot-
ståndskraft mot asksjukan. Foto Pia Barklund.

Skötsel av drabbade bestånd

Sjukdomsförloppets hastighet varierar. Vissa träd med omfattande skador kan leva längre än träd som ser bättre ut. Yngre träd dör snabbare än äldre. Även sekundära skadegörare kan påverka sjukdomsförloppet. Honungs-skivling angriper försvagade träd och dödar dem. På träd upp till 40 års ål-der, där stambarken fortfarande är slät och tunn, ses angrepp som en röd eller brunaktig missfärgning vid stambasen. Äldre träd har oftare angreppet begränsat till rötterna. Svampens vita mycel kan ses mellan barken och ve-den. Honungsskivlingsangreppet kan leda till att trädet dör snabbare än vad kronans utseende tyder på. Träd med rötade rotsystem kan lätt blåsa omkull.

Det är bra att göra skadebedömningen sommartid då kronutglesningen är lättare att bedöma. Träd med mindre än 25 % kronutglesning betraktas som friska. Träd som har mer än 75 % kronutglesning eller har en sekundär krona av bara vattskott markeras för avverkning. Träd under 40 år med se-kundär krona av vattskott löper stor risk att dö vid nya angrepp.

Avverkning av timmer sker lämpligen vintertid. Under tiden 15/4–15/7 bör inte asktimmer avverkas, på grund av stor risk för sprickbildning och missfärgning av virket. Barkfallna träd kan inte användas som timmer på grund av sprickbildning. Träd bör avverkas i etapper i takt med efterfrågan.

Asken omfattas av ädellövskogslagen. Asken behöver stort utrymme för kronan och har den lägsta produktionsgrundytan 10–14 m² av alla trädslag enligt danska produktionsstabeller. Om grundytan efter gallring understiger 10 m² per hektar och arealen överstiger 0,5 hektar är det lämpligt att göra en normal hyggesanmälan. Dessutom att samtidigt söka stöd för förnygring av ädellövskog.

Lämpliga ersättningsträdslag på mullrika väl-dränerade marker kan vara ek, lönn och fågelbär. På fuktiga marker i rikkärr kan det vara en bra idé att söka dispens från ädellövskogslagen och plantera klibbal eller glasbjörk. På torra kalkhaltiga marker är plantering av tall eller vårtbjörk lämpligt efter dispens.

Asken lagras bäst på rot så länge det är liv i den. Timmer som blir lig-gande på marken på våren drabbas mycket hårt av sprickbildningar. Sav-avverkat timmer tål bara ungefär 30 dagars lagring. Virket får dessutom lätt missfärgningar. Det gäller i även träd med vattskott, som riskerar att få missfärgningar i stammen före avverkning.

Läs mer om askskottssjukan:

Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. & Stenlid J. (2009). In-vestigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathol.* 58: 284–92.

Bakys, R., Vasiliauskas, A., Ihrmark, K., Stenlid, J. & Menkis, A. (2011). Root rot, associated fungi and their impact on health condition of declining *Fraxinus excelsior* stands in Lithuania. *Scand. J. For. Res.* 26: 128–135.

Bakys, R. (2013). Dieback of *Fraxinus excelsior* in the Baltic Sea Region. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.

Bengtsson, S.B.K. (2013). Dieback of *Fraxinus excelsior* Biology and Ash Dieback and Genetic Variation of the Fungus *Hymenoscyphus pseudoalbi-dus*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.

Bengtsson, V., Stenström, A. & Finsberg, C. (2013). The Impact of Ash Dieback on Veteran and Pollarded Trees in Sweden. *Quarterly J. Forestry* 107: 27–33.

Cleary, M. R., Arhipova, N., Gaitnieks, T., Stenlid, J. & Vasaitis, R. (2012). Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. *For. Pathol.* 43: 83–85.

Johansson, S., (Bengtsson, S.), Stenlid, J., Barklund, P. & Vasaitis, R. (2009). Svampen bakom askskottssjukan – biologi och genetik. *Fakta skog*, SLU, Nr 3 2009.

Lygis, V., Bakys, R., Gustiene, A., Burokiene, D., Matelis, A. & Vasaitis, R. (2013). Forest self-regeneration following clear-felling of dieback affect-ed *Fraxinus excelsior*: Focus on ash. *Eur. J. For. Res.* 133: 501–510.

Skovsgaard, J.P., Thomsen, I.M. & Barklund, P. (2009). Skötsel av bestånd med askskottsjuka. *Fakta skog*, SLU, Nr 13 2009.

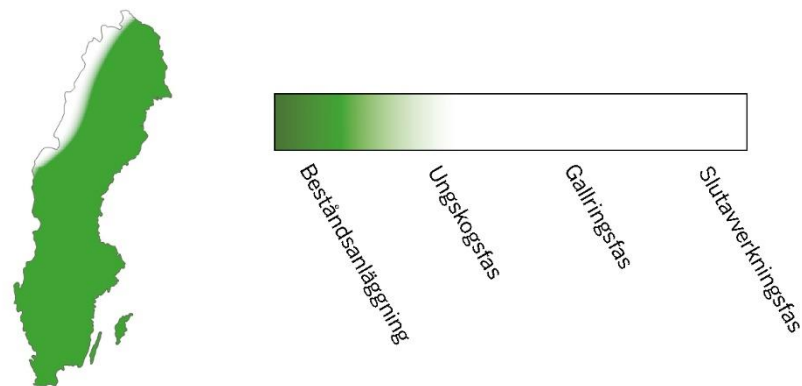
Stener, L.-G. (2013). Clonal differences in susceptibility to the dieback of *Fraxinus excelsior* in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 28: 205–216.

Vasaitis, R. (2013). New light on causes of ash decline.
<http://www.nordicforestresearch.org/news/news-views/>. 2013 (6).

Witzell, J. & Cleary, M. (2014). Askskottsjuka – ett slag mot ädellövskogs-bruket. *Ekbladet* 29: 20–28.

Phytophthora

Av Johanna Witzell, Mimmi Blomquist och Michelle Cleary



Figur SPS84 *Phytophthora*-skador har hittills upptäckts framförallt i Götaland men även i södra delar av Svealand. Rotskador orsakade av *Phytophthora* kan förekomma i alla utvecklingsfaser men symptom kan vara särskilt tydliga i unga plantor med outvecklade rotsystem och i gamla träd.

***Phytophthora*-arter är svampliknande mikroorganismer med förmågan att orsaka allvarliga skogsskador. Under de senaste 30 åren har problem med dessa introducerade skadegörare uppmärksamats hos framförallt al, ek och bok i södra Sverige, och det är tänkbart att även tall, gran och lärk kan bli angripna i framtiden. *Phytophthora*-smittan sprids lätt i mark, vatten och i växter. Den internationella växthandeln har identifierats som den viktigaste spridningsvägen för *Phytophthora* och plantskolor spelar därför en nyckelroll i smittans spridning.**

Förekomst och biologi

Phytophthora-arter är mark- och/eller luftburna växtskadegörare som orsakar stora förluster i jordbruket (till exempel potatisbladmögel). I södra Sverige har *Phytophthora*-arter under senare år upptäckts på flera lövträdarter som al,¹³¹ ek¹³² och bok¹³³. Även barrträd kan bli smittade.^{134,135} Smittan har konstaterats såväl i skyddade skogar som i produktionsskogar i Skåne.

¹³¹ Redondo, M.Á., Boberg, J., Olsson, C.H.B. och Oliva, J. (2015). Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in southern Sweden. *Phytopathology* 105: 1191–1197.

¹³² Jönsson, U., Jung, T., Sonesson, K. och Rosengren, U. (2005). Relationships between health of *Quercus robur*, occurrence of *Phytophthora* species and site conditions in southern Sweden. *Plant Pathology* 54: 502–511.

¹³³ Cleary, M., Ghasemkhani, M., Blomquist, M. och Witzell, J. (2016). First report of *Phytophthora gonapodyides* causing stem canker on European beech (*Fagus sylvatica*) in Southern Sweden. *Plant Disease* 100(10): 2174.

¹³⁴ Brasier, C. och Webber, J. (2010). Plant pathology: Sudden larch death. *Nature* 466(7308): 824–825.

Trots en svampliknande livstil, med både sporer och mycelium, är *Phytophthora*-arter närmare släkt med brunalger än svampar och kallas därför ibland ”algsvampar”. En komplex livscykel med olika sportyper gör att *Phytophthora* är välanpassade som växtskadegörare: med hjälp av vilsporer kan *Phytophthora* överleva långa perioder i marken och motstå kemiska behandlingar, och med simmande svärmsporer kan smittan snabbt spridas i markvatten och vattendrag¹³⁶. Vissa arter infekterar blad med luftburna sporer, ett exempel på detta är *P. ramorum* som orsakat en omfattande epidemi av plötslig ekdöd i Nordamerika.¹³⁷

I marken angriper *Phytophthora* främst finrötter. Skadade rötter kan inte försörja kronan med tillräckligt mycket vatten och näringsämnen, och denna därför blir utglesad (figur SPS85a). I många fall förekommer stamsår (figur SPS85b,c). Rotskador försvagar träden så de lätt får vindskador och angrips av sekundära skadegörare, till exempel vanliga röttsvampar, vilket kan leda till trädens död. *Phytophthora*-angrepp kan därför minska skogsekosystemens stabilitet samt orsaka ekonomiska förluster för skogsägaren i en mycket större omfattning än våra inhemska skadegörare hittills har gjort.



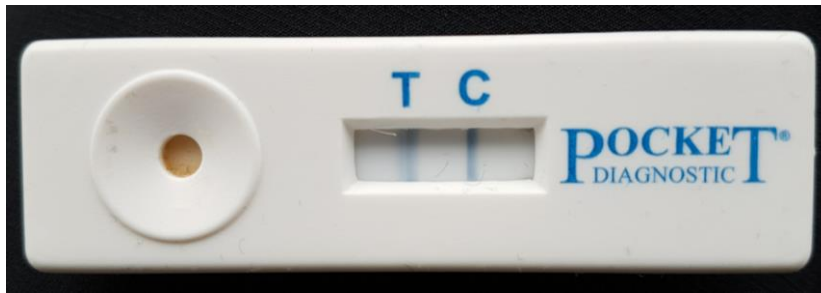
Figur SPS85 *Phytophthora*-angrepp kan orsaka kronutglesning (a) samt stamsår på bok (b) och klibbal (c).

Symptom av *Phytophthora*-angrepp är diffusa och kan lätt förväxlas med symptom som orsakas av andra biotiska eller abiotiska faktorer, vilket gör att det behövs expertis och laboratorieanalyser för att bekräfta smittan. Såväl markprover som vävnadsprover (blad, bark, ved eller rötter) kan användas i molekylärbiologiska tester eller för att fånga *Phytophthora* som sedan kan odlas i laboratorium på näringsmedium för fortsatta tester. Även snabbtester finns tillgängliga som kan vara till hjälp i fältdiagnos (figur SPS86).

¹³⁵ Rytönen, A., Lilja, A., Werres, S., Sirkiä, S. och Hantula, J. (2013). Infectivity, survival and pathology of Finnish strains of *Phytophthora plurivora* and *Ph. pini* in Norway spruce. Scandinavian Journal of Forest Research 28: 307–318.

¹³⁶ Judelson, H.S. och Blanco, F.A. (2005). The spores of *Phytophthora*: weapons of the plant destroyer. Nature Reviews Microbiology 3: 47–58.

¹³⁷ Garbelotto M, Svihla P & Rizzo DM (2001). Sudden oak death syndrome fells 3 oak species. Californian Agriculture 55: 9–19.



Figur SPS86 Två band i en snabbtest indikerar att *Phytophthora* eller vissa andra besläktade mikroorganismer finns i ett vävnadsprov.

Ett flertal skogspatogena *Phytophthora*-arter har idag konstaterats i södra Sverige, bland annat *P. plurivora*, *P. cactorum* och *P. cambivora*.¹³⁸ Många *Phytophthora*-arter tros härstamma från Asien där de har utvecklats med växtligheten under en lång tidsperiod. När en skadegörare introduceras till nya geografiska områden kan epidemier lätt bryta ut eftersom växter inte har utvecklat specifik resistens mot den. I Australien anses den inhemska biodiversiteten vara allvarligt hotad av *Phytophthora*-skadegörare, framförallt arten *P. cinnamomi* som benämns ”biologisk bulldozer” på grund av dess destruktiva effekt på växtligheten. Dessutom utvecklas lätt nya och ofta aggressivare *Phytophthora*-genotyper genom hybridisering.¹³⁹ Skadegörarens evolution avancerar alltså mycket snabbt, särskilt i jämförelse med trädarter som har långa generationstider och därför svårt att hinna utveckla effektiva försvarsmekanismer mot introducerade och nya patogener.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Phytophthora sprids effektivt genom den internationella växthandeln.¹⁴⁰ Globalt finns hundratals *Phytophthora*-arter¹⁴¹ men endast tre skogspatogena *Phytophthora*-arter finns på EPPO:s¹⁴² karantänlista, som övervakas av Jordbruksverket i Sverige¹⁴³. Växtpass och sundhetscertifikat som intygar att växten är fri från karantänsjukdomar bevisar alltså *inte* att växten är fri från skogspatogena *Phytophthora*. Eftersom plantskoleväxter kan bära smittan utan att visa symptom, är visuella inspektioner ineffektiva.¹⁴⁴

Den bästa skötselstrategin mot *Phytophthora* är att förhindra att den aktivt förs in i ett område. Grundläggande är då att man inte planterar smittade plantor. Enligt nya studier säljer de flesta plantskolor runtom i Europa smit-

¹³⁸ Witzell, J. & Cleary, M. (2017). Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar. Arbetsrapport nr 51. Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, 54 s. ISBN 978-91-576-9461-4.

¹³⁹ Burgess, T.I. (2015). Molecular characterization of natural hybrids formed between five related indigenous clade 6 *Phytophthora* species. PLoS ONE 10(8): e0134225. doi:10.1371/journal.pone.0134225.

¹⁴⁰ Brasier, C.M. (2008). The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. Plant Pathology 57: 792–808.

¹⁴¹ Kroon, L.P.N.M., Brouwer, H., de Cock, A.W.A.M. och Govers, F. (2012). The Genus *Phytophthora* Anno 2012. Phytopathology 102: 348–364.

¹⁴² EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) är en mellanstatlig organisation med 51 medlemmar som ansvarar för europeiskt växtskyddssamarbete.

¹⁴³ <https://www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm>

¹⁴⁴ Migliorini, D., Ghelardini, L., Tondini, E., Luchi, N. och Santini, A. (2015). The potential of symptomless potted plants for carrying invasive soilborne plant pathogens. Diversity and Distributions 21: 1218–1229.

tade växter¹⁴⁵, och till exempel lego-odling i andra länder innebär en tydlig risk att få in ny *Phytophthora*. Att förlita sig på naturlig föryngring där det är möjligt är därför att föredra. Eftersom *Phytophthora* ofta sprids i jord, så skulle sådd potentiellt kunna minska risken för introduktion, eftersom jord då inte hanteras. Det finns dock flera arter av *Phytophthora* som kan döda frö och dessutom angripa levande växter,¹⁴⁶ och potentiellt skulle *Phytophthora* kunna spridas även vid sådd om frö hämtas från smittade områden.

Virke, särskilt om det är barkat, anses inte vara en viktig smittokälla för markburna *Phytophthora*-arter.¹⁴⁷ Det har dock bevisats att alplantor blivit infekterade av bitar av albark som varit angripna av *Phytophthora*.¹⁴⁸ Kompostering av barkrester kan döda eller kraftigt minska *Phytophthora* i växtmaterial.¹⁴⁹ Mer information behövs men tills vidare verkar det välmotiverat att undvika att sprida bark och ved från infekterade områden. Import av virke från länder som drabbats av den luftburna karantänarten *P. ramorum*, är speciellt riskabelt eftersom angripna växtdelar eller smittad jord kan hamna i transporter. Man bör dessutom komma ihåg att även många andra skadegörare sprids med obehandlat och obarkat virke. Misstänks luftburen *P. ramorum* ska detta anmälas till Jordbruksverket.

För att hindra spridning i smittad jord och i vatten bör man undvika åtgärder som innebär att man flyttar jord från smittade områden till friska. Detta kan ske till exempel i samband med skogsbilvägbyggen, anläggning och underhåll av vandringsleder, samt om man inte rengör verktyg eller fordon från jord och växtrester. Rekreativa aktiviteter som vandring, cykling med mountainbikes och ridning, kan bidra till spridningen av *Phytophthora*-smittad jord i landskapet.

Phytophthora gynnas av skiftande väderlag, där översvämningar kan vara den avgörande faktorn som utlöser en lokal epidemi. Man bör alltid se till att markavvattning, skyddsdikning, dikesrensning och andra åtgärder som förbättrar vattenbalansen i skogsmarken utförs väl och i tid eftersom man då minskar möjligheterna för *Phytophthora*-arternas spridning och sporproduktion.

Trots att man forskat på *Phytophthora* i över hundra år finns fortfarande inga effektiva bekämpningsmedel. Detta gör att om *Phytophthora* väl etablerar sig i ett område är de i praktiken omöjliga att bli av med. Fungicider som riktar sig mot specifika processer eller egenskaper hos svampar är ge-

¹⁴⁵ Jung, T. m.fl. (2015). Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. Forest Pathology 46: 134–163.

¹⁴⁶ Martín-García, J., Solla, A., Corcobado, T., Siasou, E. och Woodward, S. (2015). Influence of temperature on germination of *Quercus ilex* in *Phytophthora cinnamomi*, *P. gonapodyides*, *P. quercina* and *P. psychrophila* infested soils. Forest Pathology 45: 215–223.

¹⁴⁷ Martín-García, J., Solla, A., Corcobado, T., Siasou, E. och Woodward, S. (2015). Influence of temperature on germination of *Quercus ilex* in *Phytophthora cinnamomi*, *P. gonapodyides*, *P. quercina* and *P. psychrophila* infested soils. Forest Pathology 45: 215–223.

¹⁴⁸ Jung, T. och Blaschke, M. (2004). *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. Plant Pathology 53: 197–208.

¹⁴⁹ Noble, R., Blackburn, J., Thorp, G., Dobrovin-Pennington, A., Pietravalle, S., Kerins, G., Allnutt, T.R. och Henry, C.M. (2011). Potential for eradication of the exotic plant pathogens *Phytophthora kernoviae* and *Phytophthora ramorum* during composting. Plant Pathology 60: 1077–1085.

nerellt inte effektiva mot *Phytophthora*: till exempel fungerar inte bekämpningsmedel vars mekanism är att hindra kitin- eller ergosterolsyntes, eftersom *Phytophthora* inte producerar dessa biokemikalier.^{150,151} På plantskolor används vissa, främst metalaxyl-baserade bekämpningsmedel mot *Phytophthora*. Detta förvärrar problemet eftersom behandlingen inte tar bort smittan utan enbart undertrycker symptomutvecklingen, vilket försvårar inspektioner.¹⁵² Den kemiska bekämpningen försvåras generellt av *Phytophthora*-arternas stora anpassningsförmåga, snabb utveckling av resistens mot kemikalier¹⁵³ och förekomsten av resistenta vilsporer, som kan ligga kvar under lång tid i marken i väntan på gynnsamma förhållanden. Biologisk kontroll som nyttjar marklevande bakterier kan vara en möjlighet i plantskolor¹⁵⁴ men det behövs mer forskning för att utveckla bio-baserade kontrollmetoder.

Bladgödsling med fosfit i lågkoncentration är också en potentiell åtgärd mot *Phytophthora*, speciellt som preventiv behandling.¹⁵⁵ Den skyddande effekten kan dels bero på fosfits påverkan på trädens försvarsmekanismer men dels också på den direkt dämpande effekten som fosfit kan ha på *Phytophthora*-arters tillväxt och sporproduktion. Behandlingen kan lindra symptomen men även då kvarstår smittan. Fosfitbehandling bör därför kombineras med andra, mer långsiktiga lösningar, som till exempel plantering av motståndskraftiga träd, god arbetshygien och dränering. Injicering av fosfitlösning direkt in i stammen har rapporterats vara effektivare än bladgödsling men detta är knappast realistiskt på beståndsnivå. För en effekt krävs att behandlingen appliceras i rätt koncentration och tid.¹⁵⁶ I Sverige säljs fosfit-produkter som är registrerade som tillväxthöjande och vitaliserande medel och används till exempel i skötsel av gräsmattor. Vitaliserade åtgärder i skogen ska följa miljöbalken och kräver alltid samråd med Skogsstyrelsen.

När smittan väl har konstaterats är det viktigt att anpassa skogsskötseln till det. Man bör till exempel räkna med att omloppstiden troligen förkortas, vilket gör att föryngring och slutavverkning behöver planeras tidigare än kanske var tänkt. På grund av *Phytophthora* kan andelen död ved, framför-

¹⁵⁰ Fry, W.E. och Grünwald, N.J. (2010). Introduction to Oomycetes. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2010-1207-01.

¹⁵¹ Gaulin, E., Bottin, A. och Dumas, B. (2010). Sterol biosynthesis in oomycete pathogens. Plant Signaling & Behavior 5: 258–260.

¹⁵² Jung, T., Vetrano, A.M., Cech, T. och Vannini, A. (2013). The impact of invasive *Phytophthora* species on European forests. In: Lamour, K. (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 146–158. Wallingford: CABI.

¹⁵³ Vercauteren, A., De Dobbelaere, I., Grünwald, N.J., Bonants, P., Van Bockstaele, E., Maes, M. och Heungens, K. (2010). Clonal expansion of the Belgian *Phytophthora ramorum* populations based on new microsatellite markers. Molecular Ecology 19: 97–107.

¹⁵⁴ Witzell, J. och Hultberg, M. (2012). *Phytophthora* är svåra skadegörare även på träd. Ekbladet 27: 4–9.

¹⁵⁵ Scott, P.M., Barber, P.A. och Hardy, G.E.St J. (2015). Novel phosphite and nutrient application to control *Phytophthora cinnamomi* disease. Australasian Plant Pathology 44: 431.

¹⁵⁶ Dalio, R.J.D., Fleischmann, F., Humez, M. och Osswald, W. (2014). Phosphite Protects *Fagus sylvatica* Seedlings towards *Phytophthora plurivora* via Local Toxicity, Priming and Facilitation of Pathogen Recognition. PLoS ONE 9(1): e87860.

allt i lövskogar förväntas öka i framtiden, vilket bör betraktas vid planering av åtgärder för generell hänsyn och i naturvård.¹⁵⁷

På grund av *Phytophthora*-arternas stora förmåga att hybridisera och därigenom bilda nya, aggressiva stammar är det viktigt att fortsätta undvika nyintroduktion av *Phytophthora* till områden även där smittan redan är etablerad. Fältpersonal bör utbildas i hantering av smittade växter, jord och vatten (till exempel bevattningssystem) för att begränsa spridningen.

I dagsläget är det vetenskapliga underlaget otillräckligt för att vi ska kunna rekommendera vilka trädarter eller kloner som bäst lämpar sig vid förnyring av smittade områden. Våra vanliga skogsträd kan bli angripna av de vanligaste *Phytophthora*-arterna som nu upptäckts i södra Sverige.¹⁵⁸ Det finns dock trädslag som är mer eller mindre mottagliga. Barrträd har generellt uppvisat lägre mottaglighet än lövträd,¹⁵⁹ även om epidemier har uppstått i tall-, och lärkbestånd i Chile och UK.^{160,161} Arter som rönn och vissa arter av vide och poppel kan vara mindre mottagliga för *Phytophthora*-skador.¹⁶² Å andra sidan upptäcktes i ett växthusexperiment att *Phytophthora* kan orsaka kraftiga nekroser i balsampoppel (*Populus trichocarpa*).¹⁶³ Eftersom många arter av *Phytophthora* som är skadliga i våra skogar härstammar från Asien, är det också troligt att vissa asiatiska trädarter har utvecklat bättre toleransegenskaper mot *Phytophthora* och skulle kunna användas i resistensförädling.

Skogsskador orsakade av *Phytophthora* är på stark uppgång på många håll i världen, och de förväntas öka ytterligare i framtiden till exempel på grund av ökande internationell handel med växter och förändringar i klimatet.¹⁶⁴ Det finns därför anledning att integrera *Phytophthora*-risker i den skogliga planeringen.¹⁶⁵

¹⁵⁷ Witzell, J. & Cleary, M. (2017). Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar. Arbetsrapport nr 51. Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, 54 s. ISBN 978-91-576-9461-4.

¹⁵⁸ Cleary, M., Blomquist, M., Vetukuri, R.R., Böhlenius, H. och Witzell J (2017). Susceptibility of common tree species in Sweden to *Phytophthora cambivora*, *P. plurivora* and *P. cactorum*. Forest Pathology (in press).

¹⁵⁹ Denman, S., Kirk, S.A., Brasier, C.M. och Webber, J.F. (2005). In vitro leaf inoculation studies as an indication of tree foliage susceptibility to *Phytophthora ramorum* in the UK. Plant Pathology 54: 512–521.

¹⁶⁰ Ahumada, R., Rotella, A., Poisson, M., Durán, Á. och Wingfield, M.J. (2013). *Phytophthora pinifolia*: the cause of Daño Foliar del Pino on *Pinus radiata* in Chile. In: Lamour K. (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 159–165. Wallingford, UK: CABI.

¹⁶¹ Brasier, C. och Webber, J. (2010). Plant pathology: Sudden larch death. Nature 466(7308): 824–825.

¹⁶² Jung, T. (2011). Investigation of the casual agents of the declining and dieback of mature beech trees (*Fagus sylvatica* L.) in Pildammsparken in Malmö. Report.

¹⁶³ Cleary, M., Ghasemkhani, M., Blomquist, M. och Witzell, J. (2016). First report of *Phytophthora gonapodyides* causing stem canker on European beech (*Fagus sylvatica*) in Southern Sweden. Plant Disease 100(10): 2174.

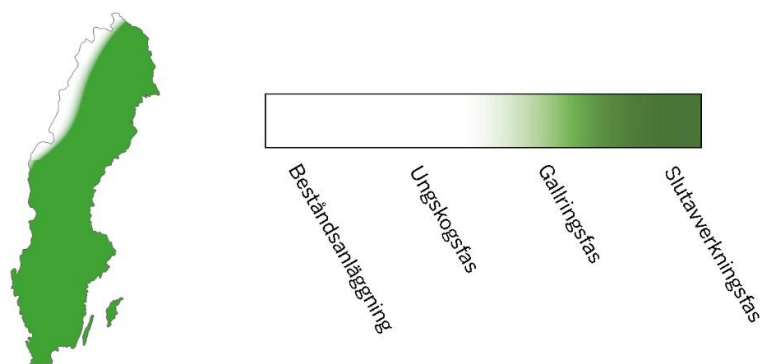
¹⁶⁴ Jung, T., Vetrano, A.M., Cech, T. och Vannini, A. (2013). The impact of invasive *Phytophthora* species on European forests. In: Lamour, K. (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 146–158. Wallingford: CABI.

¹⁶⁵ Witzell, J. & Cleary, M. (2017). Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar. Arbetsrapport nr 51. Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, 54 s. ISBN 978-91-576-9461-4.

Granbarkborre

av Åke Lindelöw

Granbarkborre (*Ips typographus*) är en allvarlig skadegörare i gran-skog. Den kan ibland angripa och döda växande träd men föredrar försvagade granar, till exempel då trädets kondition har blivit nedsatt på grund av torkstress eller fällts av vind eller snö. Angreppen av granbarkborre har varit ett betydande problem i skogarna i södra Sverige efter stormarna Gudrun och Per.



Figur SPS87 Granbarkborren återfinns i granskogar i hela landet men träddöd uppstår framförallt i Götaland, delar av Svealand och en bit upp efter Norrlandskusten. Skador orsakade av granbarkborren är vanligast i äldre gallringsbestånd och slutavverkningsbestånd.

Förekomst

Granbarkborre, eller *den åttatandade barkborren* som den också kallas, är vanlig och utbredd i landets granskogar. Nämnvärd träddöd förorsakad av granbarkborre är begränsad till Götaland samt delar av Svealand och en bit upp efter Norrlandskusten.

Granbarkborren medför alltid blånadssvampar som växer in i splintveden. Blånaden utvecklas under sommaren och redan efter några veckor uppfyller veden inte kraven på timmerkvalitet utan klassas ned med ekonomisk värdeminskning som följd. Träd som dödas (figur SPS88) medför förlorad tillväxt och störningar i beståndet. Skadornas omfattning varierar kraftigt i tiden. Efter stormfällningar eller i samband med torrperioder kombinerat med varma somrar kan skador lokalt och regionalt bli omfattande för den enskilde skogsägaren. Granbarkborrehärjningar efter stormar under åren 1970–2015 har hittills dödat cirka 10 miljoner kubikmeter. Enligt uppskattningar som gjorts 2009 har skadorna av granbarkborre efter stormen Gudrun kostat runt 1,2 miljarder kronor.

Från omkring 2009 upptäcktes omfattande angrepp av granbarkborre i södra delen av Västernorrlands län, det vill säga i ett område där större angrepp inte tidigare förekommit. Skadorna på skogen försvårades av stormarna Dagmar (2011) och Ivar (2013) och betydande angrepp med träddöd som följd sker fortfarande 2017.



Figur SPS88 Döda granar efter ett kraftigt granbarkborreangrepp.
Foto Petter Öhrn.

Biologi

Granbarkborre är en cylindrisk, ungefär 4–5 mm lång, brun-svart, påfallande hårig, något glänsande skalbagge med korta ben och antenner (figur SPS89). De vit-gula, millimeterstora äggen läggs i separata fickor inne i barken på granstammar. Larverna blir cirka 7–9 mm innan de förpuppas. Färgen är vit-gul med ett ljusbrunt huvud. Puppen är vit och är en så kallad fri puppa på vilken man kan se anlag till de ben och antenner som den färdiga insekten har. Den nykläckta skalbaggen är gul-brun men blir efter hand brun-svart då den uppnår könsmognad.¹⁶⁶



Figur SPS89 Den åttatandade granbarkborren är en vanlig skadeinsekt i svenska skogar. Foto Göran Liljeberg.

Granbarkborre flyger under försommaren när temperaturen når över +18 °C och vindarna är svaga. Särskilt intensiv blir svärmningen under lugna eftermiddagar när vinden mojnär. Under svärmningen söker hanarna nydöda granar. Hanen gnager sig in genom barken och gör en hålighets, en parningskammare. Samtidigt producerar hanen ett *feromon*, kallat aggregat-

¹⁶⁶ <http://www.slu.se/skogsskada>.

ionsferomon som lockar honor och andra hanar till trädet. Två till tre honor ansluter sig till hanen och de gnager ut var sin modergång (figur SPS90) efter vars sidor äggen läggs ett och ett i separata nischer. Modergångslängden kan variera från några få centimeter till mer än 20 cm i längd. Larverna äter av det näringsrika döende kambiet under sommaren.



Figur SPS90 Granbarkborrens modergångar. Foto Petter Öhrn och Åke Lindelöw.

I juli månad förpuppas larven och efter ytterligare en dryg vecka kläcks de nya skalbaggar. Föräldraskalbaggar lämnar gångsystemet och anlägger en eller flera syskonkullar. I slutet av sommaren dör föräldrabaggar. De nykläckta ungskalbaggar gör sitt mognadsgnag (näringsgnag) i barken. Under hösten lämnar en del baggar trädet för att övervintra i förnan. Om sommaren är ovanligt varm kommer en del av de nya baggar att svärma och föröka sig. Ofta hinner denna andra generation inte utvecklas färdigt innan vintern och många individer fryser ihjäl.

I obarkat virke och i liggande träd syns granbarkborrarnas gångsystem tydligt och är lätta att känna igen. Levande träd som angripits och dödats kan vara svåra att upptäcka. Typiska kännetecken för nyligen koloniserade träd är att rödbrunt gnagmjöl ansamlas vid stambasen, ofta hängande i spin-

delväv. Detta kan ses från flera meters avstånd, under förutsättning att inte regn och blåst fört bort mjölet. De 2–3 mm stora ingångshålen döljs ofta under barkflagor men kan ibland framträda tydligt med kådblandat gnagmjöl runt ingångshålet. Om man då lossar ett stycke bark framträder de karakteristiska gångsystemen.

Senare under sommaren vissnar trädet och barrskrudens färg förändras – från rent grön till gulaktigt grön och efter hand blir kronan rödbrun. Ofta faller en del av barken bort innan någon färgförändring i kronan kan ses. Det är hackspettar som bearbetat barken i jakt på granbarkborrar.

Under sensommaren och hösten lämnar många av de nya barkborrarna trädet för att övervintra i förnan under trädet. Vissa år kan trädets krona bibehålla sin gröna färg långt in på hösten. Året därpå skiftar dess färg ytterligare, det blir mer grått allteftersom barren trillar av. Efter svärmningen har granbarkborrarna helt lämnat trädet.

Ibland är den nedersta delen av stammen utnyttjad av insekter det första året. Här kan granbarkborrar göra näringsgnag i stora sällskap i väntan på gynnsamt flygväder. Ofta är denna del av trädet koloniserad av allmän och/eller skulderfläckad barkbock.

Populationsdynamik

Granbarkborren utvecklas i första hand i träd som på olika sätt förlorat sin motståndskraft. De kan ha brutits av vind eller snö men också avverkats och lämnats som obarkat virke. Om barkborrarna får obegränsad tillgång till sådan ved kan de föröka sig dramatiskt. En hona kan från en generation till nästa ge upphov till tio nya döttrar. Får honan dessutom möjlighet att anlägga en syskonkull blir förökningen ännu större.

Under extremt varma somrar färdigbildas den nya generationen tidigt på sommaren och kan då svärma och föröka sig. Om tillgången på lämpliga träd är stor kan dessa baggar också föröka sig tiofalt och under samma sommar kan då en hona ge upphov till ett par hundra nya honor – en dramatisk ökning av mängden granbarkborrar blir då resultatet.

De träd eller det virke som granbarkborrarna utvecklats i kan inte användas av nya barkborrar utan dessa är tvingade att söka lämpliga nya träd och försöka kolonisera dem. Om dessa träd är försvagade koloniseras de snabbt. Om däremot motståndskraften är stor erfordras många baggar för att döda dem. Om baggarna är tillräckligt många dör trädet och larverna kan utvecklas. Det blir dock konkurrens om maten och många av larverna dör innan de blivit fullstora. Förökningen blir lägre och om hänsyn tas till dödlighet under övervintringen och svärmningen året därpå kan antalet nya honor som reproducerar sig bli väsentligt lägre och populationen minskar drastiskt.

Naturliga fiender tar en del av populationen under granbarkborrens olika livsfaser men hur mycket detta påverkar mängden träd som dödas är oklart. När ett utbrott ebbat ut finner man granbarkborrar i vindfällda träd, obarkat virke och i något enstaka stående träd, företrädesvis i en beståndskant. Vid denna låga nivå kan lämpliga vindfällda granar lokalt vara helt tomma på granbarkborrar.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Risken för skador av granbarkborre hänger samman med *antalet baggar* som finns och *skogens vitalitet*. Eftersom barkborrar är helt beroende av

lämpligt yngelmaterial för sin förökning, går förebyggande åtgärder ut på att begränsa tillgången på yngelmaterial i form av färska vindfällen eller annat färskt barrvirke under våren och sommaren, då barkborrarna flyger och förökar sig. Skogsvårdslagen reglerar hur mycket yngelmaterial som får lämnas efter stormfällningar, när och hur obarkat granvirke får lagras i skog och vid väg. I korthet säger föreskrifterna att den volym rått barrvirke som överstiger 5 m³sk/ha måste forslas bort från skog och lagringsplats innan den 1 juli i södra Sverige och 15 juli i norra Sverige. Certifiering enligt FSC/PFSC rekommenderar att minst 3 m³sk skadad skog lämnas per hektar efter till exempel en storm.

Granbestånd som sköts genom återkommande gallringar och slutavverkas inom rekommenderade omloppstider har normalt god motståndskraft mot angripande granbarkborrar. Träd som på olika sätt utsätts för stress blir genast mer känsliga för angrepp. Detta gäller nyexponerade träd i beståndskanter, i nygallrade bestånd som inte rörts under längre tid eller är äldre än rekommenderad slutavverkningsålder, skärmställning samt vid torka eller liknande.

Övervakning

När det finns gott om granbarkborrar och samtidigt råder torka eller annat som försvagar träden finns det anledning att vara återhållsam med olika ingrepp i granbestånden. Aktuell information om granbarkborresituationen kan fås från Skogsstyrelsen¹⁶⁷ och SLU¹⁶⁸. Förekommer grupper av träd som dödats av granbarkborre i regionen finns det anledning att söka mer information om läget i stort.

¹⁶⁷ Skogsstyrelsens svärmningsövervakning:

<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=39002>.

¹⁶⁸ Granbarkborren – biologi, skador och aktuell forskning (SLU):

<http://www2.ekol.slu.se/granbarkborre/>

Sextandad barkborre (*Pityogenes chalcographus*)

Den sextandade barkborrens biologi och populationsdynamik påminner om granbarkborrens men den är mindre (ca 2 mm lång) och gnager en kortare modergång (1–5 cm). Gångsystemet utgörs av 4–6 modergångar som stjärnformigt utgår från en gemensam parningskammare. Den mindre storleken gör att den, till skillnad från granbarkborren, kan nyttja toppar, grenar och unga träd. Detta medför att den är mycket vanlig i landets granskogar då det varje år finns en stor mängd lämpligt yngelmateriel i form av hyggesrester och röjda stammar.

Skador från sextandad barkborre varierar mycket kraftigt över tiden och omfattande träddöd är ganska sällsynt. När ungskog av gran stressas av torka, friställning efter avverkning eller på annat sätt blir försvagade kan träden koloniserar och slutgiltigt dödas av den sextandade barkborren.

Normalt har träden stor motståndskraft mot angripande sextandade barkborrar. I samband med omfattande torka eller annat som försvagar träden bör man avstå från till exempel röjning under en övergångsperiod. Röjning under augusti, efter svärmningen, minskar risken för angrepp på de kvarstående träden då nedröjda stammar hinner torka ut till nästa års svärmning.



Figur SPS91 Den sextandade barkborrens gångsystem utgörs av 4–6 modergångar som stjärnformigt utgår från en gemensam parningskammare. Omfattande träddöd orsakad av sextandad barkborre är sällsynt. Foto Rune Axelsson.

Bekämpning

När Skogsstyrelsen bedömer att skador av granbarkborre är omfattande kan olika åtgärder rekommenderas eller i vissa fall, om ett så kallat bekämpningsområde inrättas, bli tvingande för att motverka skadorna. Dessa åtgärder kan involvera att lämna mindre mängd vindfällda granar kvar i skogen, tillämpa ”sök och plock” under sommaren eller att använda olika fångstmetoder. I en bekämpningssituation är möjliga motåtgärder ofta svåra att värdera i vad mån de är kostnadseffektiva. Om många träd dödas i ett

bestånd bör skogsägaren överväga risken för att ytterligare träd kommer att dödas och i så fall kan det vara bättre att avveckla beståndet och därmed rädda virkesvärdet.

Sök- och plockmetoden

Sök och plock bygger på att man fäller och avlägsnar angripna stående träd innan barkborrarna lämnar dem, det vill säga de fungerar som stående fångstträd. Ju tidigare man tar ut de angripna träden, desto bättre effekt. Fördelarna med sök- och plockmetoden är att virkesvärdet kan räddas, föräldraskalbaggarna kan inte göra någon syskonkull och att ingen ny generation kan utvecklas. I ett tidigt skede finns få fiender i träden. Under sommaren är det dock svårt att upptäcka de angripna träden i tid. Brunt gnagmjöl vid stamfoten och kåda i anslutning till ingångshål är tydliga tecken på att träden koloniserats. Bristen på effektiva metoder att finna de angripna träden, begränsar metoden.

Fångstmetoder

Fångstträd eller fångstvirke är en gammal bekämpningsmetod som bygger på att man fäller träd som man tillåter bli angripna av granbarkborren och sedan tar hand om innan barkborrarna lämnar träden. Om man gör det inom en månad efter angreppet har man stor chans att få med både de angripande barkborrarna och deras avkomma samt rädda virkesvärdet. Risken med fångstträdsmetoden är att man "odlar barkborrar" om man inte hinner ta hand om virket innan den unga generationen lämnar dem. Man kan öka fångstträdens effektivitet genom att beta dem med feromoner så att fler barkborrar lockas till dem. Man kan också behandla dem med insekticider så att de anlockade barkborrarna dör när de landar på träden och då behöver man inte ta hand om träden inom en viss tid eftersom det inte blir någon förökning i dem. Metoden är dock tveksam från miljösynpunkt.

Olika typer av *feromonfällor* har utvecklats och använts för massfångst av granbarkborrar på olika håll i Europa. Feromonerna är kemiska kommunikationssignaler som barkborrehanarna producerar när de gnager sig in i träden och lockar till sig både hanar och honor. Man kan fånga stora mängder barkborrar i fällor och metoden fungera utmärkt för övervakning av barkborrepopulationer. I likhet med andra bekämpningsmetoder är det osäkert om insatser för att reducera mängden granbarkborrar leder till en minskad mängd dödade träd.

Feromoner kan också kombineras med så kallad *rullande avverkning* det vill säga man betar (preparerar) stående träd i utvalda beståndskanter som avverkas inom några veckor efter det träden angripits. Feromonerna flyttas till nya träd som sedan avverkas och så vidare. Metoden ställer mycket höga krav på avverknings- och transportresurser men ger rätt använd många fångade barkborrar per använd feromondispenser.

Man kan *styra bort barkborrar* från en välda eller en plats med "anti-feromoner" som verbenon (en doftsignal som granbarkborrarna avger för att signalera att trädet är fullt) eller värdväxtsubstanser som björkdoft men dessa måste kombineras med anlockning i närheten för att fungera som bekämpningsmetod. I Nordamerika kallas metoden "push and pull". Än så länge finns inga i praktiken fungerande metoder.

Läs mer om granbarkborre:

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag. Stockholm. 355 s.

Ehnström, B. & Axelsson, R. (2002). *Insektsnag i bark och ved*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.

Schroeder, M. (2008). Vilka stormluckor löper störst risk att koloniserats av granbarkborren? *Fakta skog* nr 6/2008.

Schroeder, M., Kärvemo, S. (2015). Var är risken störst för att granbarkborre ska döda träd? *Fakta skog* nr 7/2015.

<http://www2.ekol.slu.se/granbarkborre/>

<http://www.slu.se/skogsskada>.

<http://skogskada.skogoglandskap.no>.

Lilla granbarkborren

av Gunnar Isacsson

Den lilla granbarkborren (*Ips amitinus*) är något smalare och obetydligt kortare än den vanliga granbarkborren. Arten kan leva på olika arter av gran och tall. Lilla granbarkborren kom till södra Finland på 1950-talet och sedan spritt sig över landet. 2012 hittades den nära Vit-tangi i Norrbotten. 2016 konstaterades att den var mycket spridd i norra Norrbotten och kan nu förväntas sprida sig söderut genom Sverige.

Den lilla granbarkborren uppträder ofta tillsammans med andra barkborrar och kan lätt förväxlas med granbarkborren vid angrepp på gran. Den brukar dock ha 4–7 modergångar per parningskammare till skillnad från granbarkborrens 2–3. Modergångarna följer heller inte fiberriktningen lika strikt som hos granbarkborren. Arten är en av de få barkborrar som kan utvecklas framgångsrikt i contortatallens kådrika bark. 2014 konstaterades stånd-skogsangrepp på contortatall i södra Finland.

Lärkborren

av Gunnar Isacsson

En lärkborre (*Ips cembrae*) är något större än en granbarkborre och lever uteslutande på lärkträd, *Larix spp.* Arten uppmärksammades första gången 2008 på Håckeberga i södra Skåne, där den angripit lärkar som stressats hårt av högt grundvatten sommaren 2007. Därefter har artens förekomst och spridning följts av SLU och Skogsstyrelsen.

Lärkborren finns nu (2016) spridd i västra och södra Skåne, samt har smärre förekomster i Blekinge och Halland. Spridningen kan förväntas fortsätta efter hand som lärken blir mer spridd i landskapet.

Skadorna liknar granbarkborrens. Modergångarna följer ungefär fiberriktningen under tjockare bark, men under tunnare bark går modergångarna ut från parningskammaren i vilken riktning som helst och bildar ett mer eller mindre stjärnformigt gångsystem (figur SPS92).



Figur SPS92 Lärkborrens gångsystem följer ungefär fiberritningen under tjockare bark och liknar då granbarkborrens gångsystem. Foto Gunnar Isacsson.

TEMA III: INTENSIVARE SKOGSBRUK OCH FRAMTIDENS TEKNIKER – MÖJLIGHETER OCH RISKER

av Johanna Witzell

I och med att kostnadseffektiviteten blir allt viktigare och inriktningen mot produktion ökar i skogsbruket, växer även intresset för intensivare skogsbrukskoncept som uttag av GROT, energived vid gallring, stubbskörd, intensivare gödslingsregimer, klonskogsbruk, åkerplantering, användning av främmande trädslag och genmodifierade träd.¹⁶⁹

Mer erfarenhet och forskningsinformation behövs angående de nya konceptens inverkan på skogsskador. Teoretiskt sett medför dock alla nya koncept såväl risker för ökade skogsskador som möjligheter för ökad motståndskraft mot skador och ökad tillväxt.

Uttag av GROT och stubbskörd

För att tillgodose den ökade efterfrågan på biobränsle redan i kort perspektiv finns intresse för ökat uttag av GROT (GRenar Och Toppar från avverkningar), energived vid gallring och stubbskörd.¹⁷⁰ Alla dessa åtgärder har dock potential att påverka skadegörare, till exempel genom att skapa eller ta bort deras livsförutsättningar, gynna eller missgynna konkurrenter eller genom att orsaka förändringar i markens kolförråd och näringsbalans vilket modifierar trädens egen motståndskraft. Effekter av uttag av GROT och stubbskörd kan därför påverka skogens hälsa positivt eller negativt via direkta och indirekta mekanismer, och effekterna kan vara olika beroende på till exempel tidsperspektivet.¹⁷¹

Stubbskörd

Stubbskörd anses ha särskilt stor potential som metod att öka uttaget av biobränsle. Dess konsekvenser för skogsekosystemets olika delar, bland annat insekter och svampar, är potentiellt stora. Stubbarna beräknas stå för cirka 80 % av den grova döda veden i skogen.¹⁷² Genom att ta bort stubbar tar man bort död ved och näringsämnen från skogsekosystemet och minskar den strukturella mångfalden av habitat på hyggen. Långtidsstudier¹⁷³ behövs dock för att bättre förstå hur skogens processer påverkas av intensivare uttag av biomassa.

¹⁶⁹ Anon. 2007. Skogsskötsel för en framtid. *KSLA:s tidskrift* nr 4, årgång 146.

¹⁷⁰ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.

¹⁷¹ Walmsley, J.D. & Godbold, D.L. (2010). Stump harvesting for bioenergy – A review of the environmental impacts. *Forestry* 83: 17–38.

¹⁷² Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.

¹⁷³ Jurevics, A., Peichl, M., Olsson, B. A., Strömberg, M., & Egnell, G. (2016). Slash and stump harvest have no general impact on soil and tree biomass C pools after 32–39 years. *For. Ecol. Manage.* 371: 33–41.

Den döda vedens stora betydelse för vedlevande organismer är bevisad och särskilt grov ved, inklusive stubbar, anses viktig för bevarandet av biodiversiteten i skogen.^{174,175,176} Vissa insekter attraheras av lukten av nyligen dött virke, det finns därför risk för att dessa insekter attraheras i stor mängd till uppbrutna stubbar. De skördade stubbarna som tillfälligt deponeras i skogen kan alltså fungera som fångstvirke för flera insektsarter.

Det har framförts att stubbskörd skulle kunna minska trycket från den *svarta bastborren och snytbaggen* i föryngringar då dessa insekter utvecklas i stubbarna.¹⁷⁷ Stubbskörd förväntas dock inte påverka de första (*doftstyrda*) attackerna. Däremot kan stubbskörd ha en effekt på senare faser, det vill säga *fortplantningen* som sker i stubbar och rötter, samt näringsgnag efter kläckning. Man har beräknat att om 20 % av yngelmaterialet blir kvar efter stubbskörd så reduceras reproduktionen med 80 % eller mer, om delar av de kvarlämnade rötterna torkar ut.¹⁷⁸ Om stubbskörden utförs under rätt säsong kan den medföra minskade angrepp från snytbagge i föryngringen.¹⁷⁹

Avverkningsstubbar är även viktiga för *rottickans och honungsskivlingens* spridning eftersom fruktkroppar bildas på stubbar och svamparnas vegetativa växt kan utgå från stubbar. Man har sett att rötfrekvens och skador från rotticka och honungsskivling kan minska i det uppväxande beståndet efter stubbskörd.^{180,181} För infekterade bestånd verkar stubbskörden ”desinficerande” effekt vara beroende av hur stor del av det rötsmittade rotmaterialet man lyckas ta ut^{182,183} vilket får betydelse för urval av stubbar och teknik för stubbskörd.

Omfattande stubbskörd och uttag av GROT kan missgynna svamparter som konkurrerar med eller på andra sätt motverkar röttsvampar och andra skadesvampar. På lång sikt kan detta upphäva den minskning som stubbskörd orsakar i skadesvamparnas frekvens.¹⁸⁴

¹⁷⁴ Nordén, B., Götmark, F., Tönnerberg, M. & Ryberg, M (2004). Dead wood in semi-natural temperate broadleaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps. *For. Ecol. Manage.* 194: 235–248.

¹⁷⁵ Hjältén, J., Stenbacka, F. & Andersson, J. (2010). Saproxylic beetle assemblages on low stumps, high stumps and logs: implications for environmental effects of stump harvesting. *For. Ecol. Manage.* 260: 1149–1155.

¹⁷⁶ Johansson, V., Felton, A. & Ranius, T. (2016). Stump harvesting – impact on climate and environment. *For. Ecol. Manage.* 371: 103–113.

¹⁷⁷ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.

¹⁷⁸ Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1976). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag.

¹⁷⁹ Rahmana, A., Viiri, H., Pelkonen, P. & Khanam, T. (2015). Have stump piles any effect on the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) incidence and seedling damage? *Glob. Ecol. Conserv.* 3: 424–432.

¹⁸⁰ Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42: 457–483.

¹⁸¹ Cleary, M., Arhipova, N., Morrison, D. J. & Stenlid, J. (2013). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *For. Ecol. Manage.* 290: 5–14.

¹⁸² Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42: 457–483.

¹⁸³ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

¹⁸⁴ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

Uttag av GROT

Att ta ut GROT verkar inte ha någon större effekt på snytbaggeskador i för-
yngringar¹⁸⁵ och i vissa fall kan ris även fungera som alternativ föda till
snytbaggar.¹⁸⁶ Att lämna kvar en del GROT för att gynna biologisk mång-
fald är alltså viktigt även i skogsskyddsperspektiv. Skadesvampar som lever
i barrträdens grenar och toppar inkluderar blödskind (*Stereum sanguinolentum*),
barrträdskräfta (*Phacidium coniferarum*) och *Gremmeniella abietina*.¹⁸⁷ Uttag av GROT har därför potential att minska skadorna av dessa
svampar.

Lövträd verkar inte ha ekonomiskt betydelsefulla svamparter i sina grenar
och toppar. Uppmärksammas bör dock att grenar och toppar kan hysa
svamparter som kan fungera som antagonister till skadesvampar och där-
med bidra till att skadesvamparnas populationer hålls i schack (till exempel
Phlebiopsis gigante som konkurrerar effektivt mot rottickan återfinns i
granens och tallens grenar och toppar vars diameter överstiger 10 cm).¹⁸⁸

Skogens hälsa kan påverkas indirekt

Båda stubbskörd och GROT-uttag kan påverka skogens hälsa på flera indi-
rekta sätt. Stubbskörd förändrar *markens egenskaper* eftersom stubbarna
som strukturer försvinner och ersätts av kraftigt störd mark. Detta kan på-
verka marklevande organismer direkt, eller genom att näringsomsättningen
förändras av ingreppet. GROT-uttag minskar *kolförrådet* i hyggesrester med
40 % i granskogar och med 30 % i tallskogar. Om även stubbarna tas ut
lämnas bara cirka 30 % av kolet i hyggesrester kvar jämfört med om inga
hyggesrester tas ut.¹⁸⁹

Betydelsen av hyggesrester för nedbrytare är stor under de första 20 åren
efter avverkning. Vid omfattande uttag av GROT och stubbar över en
längre tidsperiod blir markens humuslager tunnare vilket kan minska mäng-
den symbioter som endofytsvampar och mykorrhizasvampar¹⁹⁰ och därmed
kan trädens tillväxt och motståndskraft mot skadegörare minska.¹⁹¹ Även
körskador i samband med att GROT och stubbar samlas ihop och körs ut
kan gynna skadegörare.

¹⁸⁵ Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hyllobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14:341–354.

¹⁸⁶ Selander, J. (1993). Survival model for *Pinus sylvestris* seedlings at risk from *Hyllobius abietis*. *Scand. J. For. Res.* 8: 66–72.

¹⁸⁷ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

¹⁸⁸ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

¹⁸⁹ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.

¹⁹⁰ Mahmood, S., Finlay, R.D. & Erland, S. (1999). Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytol.* 142: 577–585.

¹⁹¹ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

Generellt bedömer man att *på kort sikt* har uttag av hyggesrester inte någon betydande effekt på insekt- och svampskadefrekvenserna.^{192,193} Detta gäller för såväl slutavverkningar som gallringar.

Lagring av stubbar och GROT

Från skogsskyddsperspektiv kan negativa effekter minskas genom att GROT och stubbar inte lagras i omedelbar närhet av bestånd av samma trädart. Att samla hyggesrester i stora högar innan barkborrar flyger kan missgynna barkborrarna. Man kan även täcka insamlade hyggesrester för att hindra flygande insekter att hitta dessa yngelplatser. Å andra sidan har man visat att snytbaggelarverna till viss del överlever mellanlagringen av de skördade stubbarna i skogen framförallt i det icke solexponerade bottenlagret.^{194,195} Man rekommenderar att stubbarna inte lämnas kvar på eller i anslutning till hygget längre än till juni månad andra året efter avverkning, då snytbaggen har minst en tvåårig utvecklingscykel.¹⁹⁶ Flisning av hyggesrester innan skadeinsekters larver utvecklas kan minska risken för skador. Att hålla deponitiden i skogen kort är viktigt även när stubbar bär rotröta, eftersom fruktkroppar kan bildas i högarnas nedersta delar efter två år av tillfällig förvaring.

Vid energiveduttag i samband med gallringar bör risken för rotröta uppmärksammas. Risken är högre under sommarmånaderna och ökar när stubbarnas diameter ökar.¹⁹⁷ Att lämna friska stubbar på hyggen anses inte öka risken för rotröta¹⁹⁸ utan kan till och med minska den eftersom stubbarna bidrar till ökad svampmångfald i produktionsskogen. I sommaravverkningar rekommenderas dock att stubbar behandlas med antagonistsvampar eller urea.¹⁹⁹ Vid omfattande GROT-uttag och stubbskörd under en längre tidsperiod kan askåterföring eller gödsling vara nödvändig för att bibehålla en näringsstatus som främjar trädens vitalitet och motståndskraft.²⁰⁰

¹⁹² Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

¹⁹³ Huusko, K., Tarvainen, O., Saravesi, K., Pennanen, T., Fritze, H., Kubin, E., & Markkola, A. (2015). Short-term impacts of energy wood harvesting on ectomycorrhizal fungal communities of Norway spruce saplings. *The ISME Journal*, 9(3), 581–591. <http://doi.org/10.1038/ismej.2014.154>.

¹⁹⁴ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.

¹⁹⁵ Se även avsnittet Rotticka (*Heterobasidion* spp.).

¹⁹⁶ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007: 40.

¹⁹⁷ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

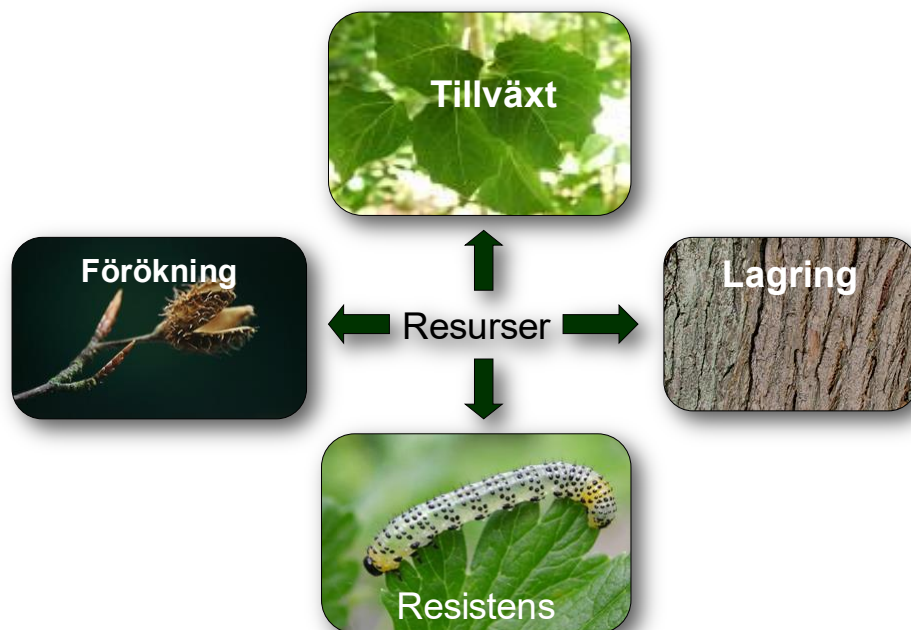
¹⁹⁸ Müller, M., Heinonen, J. & Korhonen, K. (2007). Occurrence of *Heterobasidion* basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *For. Path.* 37: 374–386.

¹⁹⁹ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

²⁰⁰ Skogsstyrelsen. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Skogsstyrelsen. *Meddelande* 2–2008.

Intensivgödsling

Att avsätta delar av skogsmarken för ungskogsgödsling av gran med balanserad näringstillförsel har föreslagits som en möjlighet att bättre ta vara på granens tillväxtpotential och öka produktionen.^{201,202} Även tall och lövträd kan komma i fråga. I praktiken förutsätter konceptet en uppdelning av skogsmarkerna för olika ändamål, så kallad diversifiering. Många skadegörare kan gynnas av odling i monokultur²⁰³ och av näringstillförsel, särskilt om detta sker i stor skala. Ökad tillgång på näringsämnen kan stimulera trädens tillväxt på bekostnad av andra ”normala” funktioner som för-svar (figur SPS93).



Figur SPS93 Träden investerar sina tillgängliga resurser (till exempel näringsämnena) till att underhålla olika livsviktiga funktioner. Ett ökat investeringsflöde till en funktion kan leda till minskade flöden till de andra funktionerna. Bildbehandling Johanna Witzell.

Gödsling (särskilt med kväve) kan leda till minskad koncentration av så kallade sekundärkemikalier, framför allt fenoler, i träd.²⁰⁴ Dessa kemikalier är potentiella *försvarssubstanser* i träden. Kväve-inducerad minskning av försvarssubstanserna kan medföra ökad känslighet för skadegörare, till exempel älg²⁰⁵ och sork.²⁰⁶ Även insekter verkar ofta gynnas av den kvalitets-

²⁰¹ Bergh, J. (2006). Praktiskt tillämpade försök med gödsling i ungskog av gran. I: Slutrapport för fiberskogsprogrammet. Bergh, J & Oleskog, G. (red.) SLU. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport* nr 27 2006. s 18–37.

²⁰² Se även: Produktionshöjande åtgärder. *Skogsskötselserien* del 16.

²⁰³ Odling eller ekosystem som består av en enda art eller nästan bara en art.

²⁰⁴ Witzell J. & Martín J.A. (2008). Phenolic metabolites in the resistance of northern forest trees to pathogens – past experiences and future prospects. *Can. J. For. Res.* 38: 2711–2727.

²⁰⁵ Ball, J.P., Danell, K. & Sunesson, P. (2000). Response of a herbivore community to increased food quality and quantity: an experiment with nitrogen fertiliser in a boreal forest. *J. Appl. Ecol.* 37: 247–255.

ändringen som gödsling inducerar i träd (mindre fenoler och mer kväve) men bevisen för detta är inte entydiga.²⁰⁷ Några skadegörare verkar inte alls reagera på förändrad fenolstatus i gödslade träd, till exempel påverkades bladrostfrekvensen inte i gödslade videplantor trots att fenolhalterna minskade, troligen eftersom rostsvampar inte lätt kommer i kontakt med fenoler som lagras i växtcellernas vakuoler.²⁰⁸

Vissa forskningsresultat pekar på att insekternas bristande förmåga att upptäcka den (i naturen oftast stora) rumsliga och tidsmässiga variationen i växtlighetens fysikaliska och kemiska egenskaper är en viktig orsak till att skador hålls på en relativt låg nivå^{209,210}. I till exempel åldersmässigt enhetliga granbestånd möter insekter dock en relativt låg variation i födokvalitén och risken för omfattande insektsangrepp kan därmed öka. Med intensivgödsling riskerar variationen att reduceras ytterligare²¹¹. Även skadesvampar kan lätt utveckla epidemier i ett ensartat skogslandskap²¹². Dessa risker ökar om planteringarna har smal genetisk bas (kloner) och om förändrade klimatförhållanden, till exempel mildare vintrar, torka eller ökad nederbörd, gynnar spridningen av nya och mer aggressiva skadegörare till och i våra skogar²¹³.

Placeringen av intensivgödslade bestånd i landskapet kan ha stor betydelse för skogsskadornas spridning. Exempelvis skulle långa avstånd mellan mottagliga monokulturer av ett trädslag kunna motverka spridningen av vissa skadegörare (framför allt rörliga skadeinsekter) i landskapet. Även *korta rotationstider* kan motverka förekomsten av vissa skador orsakade av långsamt utvecklade svampinfektioner. Jämfört med traditionell skötsel, kan de korta omloppstiderna vid balanserad näringstillförsel ge bättre möjlighet att byta granbeståndens genetiska material eller till och med trädslag om förhållandena förändras markant till exempel på grund av skadegörare.²¹⁴ På landskapsnivå kan trädslagsbyten påverka den biologiska mångfalden positivt eller negativt.²¹⁵

²⁰⁶ Heiska, S., Tikkanen, O.-P., Rousi, M. & Julkunen-Tiitto, R. (2007). Bark salicylates and condensed tannins reduce vole browsing amongst cultivated dark-leaved willows (*Salix myrsinifolia*). *Chemoecology* 17: 245–253.

²⁰⁷ Kytö, M., Niemelä, P. & Larsson, S. (1996). Insects on trees: Population and individual responses to fertilization. *Oikos* 75: 148–159.

²⁰⁸ Hakulinen, J. (1998). Nitrogen-induced reduction in leaf phenolic level is not accompanied by increased rust frequency in a compatible willow (*Salix myrsinifolia*) – *Melampsora* rust interaction. *Physiol. Plant.* 102: 101–110.

²⁰⁹ Sipura, M. (2000). *Herbivory on willows: abiotic constraints and trophic interactions*. Joensuu yliopisto. PhD dissertations in Biology 4.

²¹⁰ Roslin, T., Gripenberg, S., Salminen, J.-P., Karonen, M., O'Hara, R. B., Pihlaja, K. & Pulkkinen, P. (2006). Seeing the trees for the leaves oaks as mosaics for a host-specific moth. *Oikos* 113: 106–120.

²¹¹ Edenius, L., Mikusiński, G., Witzell, J. & Bergh, J. (2012). Effects of repeated fertilization of young Norway spruce on foliar phenolics and arthropods: Implications for insectivorous birds' food resources. *For. Ecol. Manage.* 277: 38–45.

²¹² Chou, C.K.S. (1991). Perspectives of disease threat in large-scale *Pinus radiata* monoculture – the New Zealand experience. *For. Pathol.* 21: 71–81.

²¹³ Ayres, M.P. & Lombardero, M.J. (2000). Assessing the consequences of climate change for forest herbivore and pathogens. *Sci. Total Env.* 262: 263–286.

²¹⁴ Witzell, J. (2008). Balanserad näringstillförsel i ungskogar – ekologiska interaktioner i ett bestånd- och landskapsperspektiv. *Arbetsrapport* 38. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU Alnarp. ISBN: 978-91-85911-45-5.

²¹⁵ Lennartsson, T. & Simonsson, L. (2007). Biologisk mångfald och klimatförändringar. Centrum för Biologisk Mångfald publikationer. Tillgänglig på: <http://www.cbm.slu.se/publ/annat/bmochklimat.pdf>.

Klonskogsbruk

Klonskogsbruk innebär odling av vegetativt förökat växtmaterial (det vill säga genetiskt identiska individer) i kommersiellt skogsbruk. Ur samhällets synvinkel innebär konceptet en möjlighet till rationalisering och effektivisering av produktionen, som samtidigt kan förknippas med exploatering av odlingsmiljön.

Globalt är klonskogsbruk redan ett väletablerat koncept som tillämpas i stor skala till exempel i eukalyptus- och poppelodlingar. I Sverige har även klonskogsbruk med gran testats²¹⁶ men trots att konceptet från produktions-synpunkt på många sätt är lovande har det ännu inte etablerats i praktiken. Generellt finns fortfarande många frågetecken kring klonskogsbrukets lämplighet och lönsamhet för svenska förhållanden.²¹⁷

I ett skogsskyddsperspektiv innebär klonskogsbruk och monokulturer hög risk för skador. Klonbestånd erbjuder skadegörare en fysikaliskt och biologiskt enhetlig miljö där en framgångsrik skadegörare lätt kan spridas. Exempelvis har rostsvampar med sin kapacitet att producera stora mängder av sporer under en tillväxtsång orsakat omfattande tillväxtförluster i odlingar av salix- och poppelkloner.²¹⁸ I Nordirland observerades på 1980-talet hur videkloner (*Salix burjatica* "Korso" och *Salix viminalis* 'Bowles Hybrid') efter 8–10 års odling i monokulturer förlorade sin goda motståndskraft mot rostsvampar. På samma sätt anses att den intensiva planteringen av ett begränsat antal almgentotyper har kraftigt bidragit till almsjuepidemiernas utveckling.²¹⁹ Plantering av olika kloner (blandbestånd) har föreslagits som ett sätt att minska problem med monokulturer.²²⁰

Kloner som odlas har oftast valts ut med anledning av deras höga tillväxthastighet men även motståndskraft mot skadegörare eller hårdighet är viktiga urvalskriterier. Att ta fram trädkloner som har såväl hög produktionspotential som en hög och stabil motståndskraft mot olika skadegörare är inte enkelt och tar tid.²²¹ Vissa studier har visat negativ korrelation mellan trädens kapacitet att växa och försvara sig mot skadegörare men även motsatta resultat har presenterats.²²²

²¹⁶ Sonesson, J. & Almquist, C. (2002). Från klonskogsbruk till bulksticklingar. Skogforsk Resultat 6, 4 s.

²¹⁷ Rosvall, O. (2007). Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. I: Skogsskötsel för framtiden. *KSLA:s Tidskrift* nr 4, årgång 146, s. 13–30.

²¹⁸ McCracken, A. & Dawson, M. (1997). Growing clonal mixtures of willow to reduce effect of *Melampsora epitea* var. *epitea*. *Eur. J. For. Path.* 27: 319–329.

²¹⁹ Martín, J., Fuentes-Utrilla, P., Gil, L. & Witzell, J. (2010) Ecological factors in Dutch elm disease complex in Europe – a review. *Ecol. Bull. (under tryckning)*

²²⁰ McCracken, A. m.fl. (2005). Short-rotation coppice willow mixtures and rust disease development. I: Pei, M.H & McCracken, A. (red.), *Rust Diseases of Willows and Poplars*, CABI Publishing, s. 185–194.

²²¹ Martín, J.A., Solla, A., Venturas, M., Collada, C., Domínguez, J., Miranda, E., Fuentes, P., Burón, M., Iglesias, S. & Gil, L. (2014). Seven *Ulmus minor* clones tolerant to *Ophiostoma novo-ulmi* registered as forest reproductive material in Spain. *iForests* 8:172–180.

²²² Tikkanen, O.-P., Rousi, M., Ylioja, T. & Roininen, H. (2003). No negative correlation between growth and resistance to multiple herbivory. *For. Ecol. Manage.* 177: 587–592.

Skador på salixodlingar – ett exempel på intensiv skötsel

av Inger Åhman

Salix (vide) har odlats som kommersiell bioenergiroda på åkermark sedan början av 1990-talet. I likhet med jordbruksgrödor, sköts salixodlingar intensivare än vad som är brukligt i konventionellt skogsbruk (till exempel genom kemisk ogräsbekämpning, gödsling samt hög grad av automatisering vid plantering och avverkning). Det är skotten som skördas med 3–4 års intervaller, från samma stubbar under en 25-årsperiod.

Det genetiska materialet i salixodlingarna är relativt smalt eftersom man använder sortrent material (kloner). Det finns ett 10-tal sorter på marknaden, av i huvudsak två arter med visst hybridinslag. Värdefull information kring skadeproblematiken i framtidens intensivare skogsskötselregimer kan därför fås från erfarenheter och forskning kring skador på salixodlingar. Framförallt två typer av skadegörare, bladrost och bladbaggar, är betydelsefulla i salixodlingar.

Bladrost

Förekomst

Bladrost (*Melampsora* spp.) är ett hot mot odlingssäkerheten för salix,²²³ liksom även för poppel (*Populus* spp.). Rostsvampangrepp kan leda till 40 % minskning av stambiomassans tillväxt hos en salixklon som är mottaglig för rostsvampen. Det finns även rapporter om att hela odlingar slagits ut. Förmodligen har då flera skadliga faktorer samverkat. Kraftigt rostangripna blad faller av i förtid och detta försvagar plantan, särskilt som rosten brukar återkomma varje år. Förtida bladfällning försvårar plantans invintring och försvagade plantor blir lättare angripna av sjukdomar på stammarna.

Biologi

Den vanligaste rostarten i salixodlingarna, *Melampsora epitea*, värdväxlar mellan salix och lärkträd. På salix visar sig rosten först i form av orange sporsamlingar, oftast på undersidan av bladen (figur SPS94). Dessa sporer (uredosporer) kan återinfektera salixen, och flera generationer utvecklas på salixblad genom könlös förökning under sensommar och höst. I slutet av hösten övergår svampen till ett annat utvecklingsstadium, som våren därpå ger upphov till sporer på de nedfallna löven. Dessa sporer infekterar lärkträd, där en sexuell förökning sker. De sporer som sedan utvecklas på lärk infekterar återigen salix.

Melampsora epitea kan enbart angripa vissa salixarter. Det är även så att en viss typ av svampen huvudsakligen angriper korgvide (*Salix viminalis*) medan en annan typ angriper sammetsvide (*Salix dasyclados*). Dessa salixarter är de två huvudarter som används i odlingarna, även om sorterna numera oftast är hybrider med andra salixarter i stamtavlan.

²²³ Åhman, I. (2001). Management of pests and diseases in biomass willow. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 98–103.



Figur SPS94 *Melampsora* bladrost. Foto Berit Samils.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Den viktigaste motåtgärden mot bladrost är *resistensförädling*.²²⁴ Skadorna förekommer numera främst i äldre bestånd planterade med ett oförädlat material. Upprepade urval för rostresistens har lett till att nya salixsorter angrips lite eller inte alls av bladrost.²²⁵ Men risken finns alltid att nya raser av rosten utvecklas som kan angripa även de tidigare resistent sorterna. För att försvåra rostens anpassning försöker förädlare utnyttja olika resistenskällor, som antas påverka svampen på lite olika sätt. Genom att flera sorter med olika resistens kombineras i odlingen gynnas inte en viss svampras framför andra. Det har skett en omfattande metodutveckling inom resistensförädlingen och numera finns det goda förutsättningar att enklare kombinera flera olika resistensgener i salixsorterna för att på så sätt få en hållbarare resistens mot bladrosten.²²⁶

I Sverige hade man inledningsvis en rekommendation att varje odling skulle bestå av flera sorter (kloner). Numera har man frångått detta. Men genom att nya sorter hela tiden tas fram och kombineras med de som redan finns i odlingarna i trakten blir det förhoppningsvis tillräcklig variation ändå.

Generellt sett är bladrostangreppen mindre norrut i odlingsområdet. I Storbritannien, där bladrosten kan vara särskilt besvärlig, beslutade man sig

²²⁴ Åhman, I. & Larsson, S. (1999). Resistensförädling i Salix för energiproduktion. *Växtskyddsnotiser* 63: 17–19.

²²⁵ Hollsten, R., Arkelöv, O. & Ingelman, G. (2013). Handbok för salixodlare. Jordbruksverket.

²²⁶ Berlin Kolm, S., Björkman, C., Bonosi, L., Ghelardini, L., Lehrman, A., Nordh, N-E., Rönnberg-Wästljung, AC., Samils, B., Stenberg, J., Stenlid, J., Weih, M., Åhman, I. & von Arnold, S. (2011). Nya salixsorter med modern växtförädlingsteknik. *Fakta jordbruk* Nr 1.

för att blanda plantor av olika sorter i odlingsfälten, och därigenom dämpa angreppen och minska risken för att resistens ska övervinnas. Detta odlings-sätt har dock orsakat vissa problem såsom utkonkurrering av svaga plantor och svårigheter att skörda då stamtjockleken har varierat mycket.

Bladrosten kan gynnas av gödsling, så en stor och sen gödselgiva är inte att rekommendera för en mottaglig sort. Närhet till lärkskog är förmodligen också något som kan öka bladrostangreppen i salix även om det inte är nödvändigt för angrepp då de luftburna sporena kan transporteras mycket långt.

Bladbagg på vide

Förekomst

Det finns många arter av bladbagg som lever på salix.²²⁷ Tre arter har varit särskilt skadliga: blå pilglansbagge (*Phratora vulgatissima*), hårig videbagge (*Galerucella lineola*) och sälglövbagge (*Lochmea caprea*). Av dessa tre är blå pilglansbaggen den art som oftast varit talrikast. I Sverige har bladbaggarna haft utbrott i vissa odlingar under vissa år och dessemellan har de varit ovanliga. Upp till 40 % förlust av stambiomassa har uppmätts vid höga angreppsnivåer.

Både de vuxna bladbaggarna och deras larver äter på bladen. Typiskt för larvskadorna är att bladnerverna och övre bladytan lämnas kvar medan de vuxna gör oregelbundna gnag ofta genom bladskivan (figur SPS95).

Biologi

Bladbaggarna övervintrar som vuxna. Under hösten lämnar en stor andel salixodlingen och söker upp gömslen såsom stamsprickor eller andra håligheter. På våren flyger de in till odlingarna igen för att äta, para sig och lägga ägg. Äggläggningen pågår under hela försommaren. Både blå pilglansbaggen och håriga videbaggen lägger äggen i grupper, men medan blå pilglansbaggens larver håller ihop under utvecklingen sprider sig håriga videbaggens larver över plantan. Störst skador görs av larverna i tredje utvecklingsstadiet under högsommaren.

²²⁷ Höglund, S., Eklund, K. & Björkman, C. 1999. Insektsskadegörare i Salixodlingar – bladbagg. *Växtskyddsnotiser* 63: 20–26.



Figur SPS95 Blå pilglansbagge. Foto Karin Eklund.

Färdigutvecklade larver lämnar plantorna och förpuppar sig i jorden. I mitten av augusti börjar den nya generationen av vuxna att uppträda på plantorna igen. Under höst och vår äter de vuxna företrädesvis på bladen i topparna.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Av flera olika skäl har man valt att satsa på förebyggande resistensförädling istället för behandling med bekämpningsmedel.²²⁸ Om kemisk bekämpning hade varit tillåtet hade man möjligen kunnat utnyttja att bladbaggar på våren först slår sig ner i topparna på höga skott i fältkanterna. I fält där man befärar stora angrepp skulle man vid skörd under vintern kunna lämna en rad plantor i kanten som behandlas med insekticid under våren. Insekticidanvändning kan dock få negativa effekter på bladbaggaras naturliga fiender (se nedan). Ett alternativt bekämpningssätt i angripna bestånd skulle kanske kunna vara att skapa konstgjorda övervintringsplatser i närheten av angripna salixfält, till exempel i form av högar med ihåliga vasstrån som sedan eldas upp under vintern.

Både blå pilglansbaggen och håriga videbaggen föredrar salixarten korgvide (*Salix viminalis*) framför sammetsvide (*Salix dasyclados*) för äggläggningen, och den senare uppvisar också mindre skador i fält. Inom arten sammetsvide finns också gradskillnader i angreppsnivåer mellan kloner och ett par av de nya sorterna får endast små angrepp av bladbaggar. Det har dock varit svårare att resistensförädla genom fälturval mot dessa skadegörare än mot bladrost, då bladbaggaras förekomst har varierat mycket från år till år och resistensurval har då endast kunnat göras under utbrotsår.

En viktig anledning till variationen i bladbaggeförekomsten tros vara mängden naturliga fiender,²²⁹ särskilt hos de som lever på ägg och larver av bladbaggar. Ett par arter av *skinnbaggar* har visat sig särskilt effektiva

²²⁸ Åhman, I. (2001). Management of pests and diseases in biomass willow. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 98–103.

²²⁹ Björkman, C. & Eklund, K. (2004). Skörd stör biologisk kontroll av skadeinsekter. *Fakta Jordbruk* Nr 3.

som rovdjur och om man på något sätt kan gynna dessa skulle antagligen utbrotten av bladbaggar bli mindre och färre.

Vid resistensförädling tar man vanligtvis fram kloner med starkt direkt försvar, som leder till liten skadegörelse av skadegöraren. Det är ovanligare att man medvetet förädlar för starkt indirekt försvar, det vill säga för växt-egenskaper med stor attraktionskraft på skadedjurens fiender. Vad gäller salixodlingar och bladbaggar har man nu funnit lovande kloner som kombinerar dessa två egenskaper på så sätt att de både drar till sig bladbaggar som fiender samtidigt som de skys av skadegörarna.²³⁰

²³⁰ Stenberg, J., Lehrman, A. & Björkman, C. (2010). Uncoupling direct and indirect plant defences: Novel opportunities for improving crop security in willow plantations. *Agric. Ecosys. Envir.* 139: 528–533.

Molekylärbiologi och bioteknik

av Johanna Witzell

Att använda molekylärbiologi²³¹ och bioteknik i förädlingsarbetet lyfts ofta fram som framtidens metod att säkerställa jämn kvalitet av plantor (till exempel genom produktion av *somatiska embryon*²³²) samt öka växters produktionsförmåga, motståndskraft och hårdighet.²³³ På jordbrukssidan har man redan kommit långt med användningen av dessa tekniker, till och med används *genmodifierade*²³⁴ växter.

Aktivt forsknings- och utvecklingsarbete pågår i Sverige kring möjligheterna att göra förädlingsprocesserna snabbare och öka produktionen av skogsbiomassa med hjälp av molekylärbiologi och bioteknik. Det träds lag som man har mest erfarenhet av är asp men även andra lövträd (till exempel björk), gran och tall studeras aktivt^{235,236,237}. Odling av genmodifierade träd är ett koncept som är aktuellt i framtidsscenarier och man ser stor potential till ökad produktion och minskad negativ miljöpåverkan (till exempel via minskat behov av bekämpningsmedel) med hjälp av genmodifiering.

Många frågor kring bioteknik

I Sverige och många andra länder är dock allmänhetens inställning till genmodifierade växter, inte minst när det gäller träd, negativ eller avvaktande. Man uttrycker ofta stark oro för konsekvenser av genspridning, effekter på icke-målorganismer och påverkan på ekosystemprocesser (till exempel nedbrytning).²³⁸ Genmodifiering av träd kan dock främst förväntas omfatta trädens egna gener och applicering planeras framförallt inom trädodling med korta rotationstider där träden avverkas innan de blommar, vilket minskar dessa risker och deras inverkan på naturen. Forskare arbetar även med utveckling av metoder som kan hindra blomning i genmodifierade träd.²³⁹

Det är viktigt att tydliggöra att de ändringar i trädens arvs massa som man kan skapa med hjälp av genteknik, på molekylnivå är likadana som de förändringar som uppkommer under evolutionen i naturen. Å andra sidan är det också viktigt att inte glömma att även om själva mekanismen för föränd-

²³¹ Biologi på molekylär nivå; läran om hur olika molekyler och system inuti cellen interagerar, och särskilt med flödet av genetisk information från DNA (molekyl som bär ärftlig information) till proteinsyntes, samt hur dessa processer regleras. *Bioteknik* omsätter dessa kunskaper till tekniska tillämpningar.

²³² En variant av vegetativ förökning med utgångspunkt från ett omoget frö (se Skogsskötselserien nr 2 *Produktion av frö och plantor*, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien).

²³³ Valenzuela, S., Balocchi, C. & Rodriguez, J. (2006). Transgenic trees and forestry biosafety. *Electr. J. Biotechnology* 9: 355–359.

²³⁴ En organism till vilken främmande DNA har överförts från en annan individ av samma art eller av en annan art, tidigare transgen organism.

²³⁵ Palm, S. & Ryman, N. (2006). Ekologiska effekter av GMO. En kunskapssammanställning med fokus på genspridning från raps, skogsträd och fisk. Naturvårdsverket, *Rapport* 5597.

²³⁶ Yanchuk, A. (2002). The role and implications of biotechnology in forestry. *For. Gen. Res.* 30: 18–22.

²³⁷ Jansson, S. & Douglas, C.J. (2007). Populus: a model system for plant biology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 435–458.

²³⁸ Gartland, K.M.A., Crow, R.M., Fenning, T.M., & Gartland, J.S. (2003). Genetically modified trees: Production, properties, and potential. *J. Arboric.* 29: 259–266.

²³⁹ Lemmetyinen, J., Keinonen, K. & Sopanen, T. (2004). Prevention of the flowering of a tree, silver birch. *Mol. Breed.* 13: 243–249.

ringar i arvsmassans struktur är densamma, sker utprovningen av förändringarnas funktionalitet enligt helt olika tidsskalor i dessa två processer. Den långsamma prövningen av genkombinationer som sker under evolution via sexuell förökning uteblir vid genmodifiering med hjälp av bioteknik. På grund av begränsat antal relevanta försök och trädens långa generationstider finns idag inte tillräcklig kunskap för att dra slutsatser kring GM-trädens praktiska potential från skogsskyddsperspektiv.²⁴⁰

Bättre motståndskraft med hjälp av genändringar?

Idag vet man redan mycket om enskilda biokemiska mekanismer bakom trädens motståndskraft och flera gener som är ansvariga för dessa mekanismer har identifierats. Vägen till kontroll av, på lång sikt, fungerande motståndskraft hos skogsträd kan dock vara lång. Ännu har ytterst få fältförsök med genmodifierade träd genomförts²⁴¹ och genernas samspel med skadegöraren och den omgivande miljön är komplex.

Motståndskraftiga aspar med tallens gener

I Finland har man från tall flyttat en gen som kodar för ett enzym²⁴² som i sin tur producerar försvarskemikalien pinosylvin i tallar, till asp och två hybridaspelinjer (*P. tremula x tremuloides*).²⁴³ Försöket var tekniskt framgångsrik: enzymens närvaro och aktivitet kunde registreras i transgena aspinjer. Däremot kunde produktion av försvarskemikalien pinosylvin inte spåras i de transgena asparna. Medan genmodifierad asp visade ökad motståndskraft mot röta (*Phellinus tremulae*) hade motståndskraften i de två hybridaspelinjerna minskat.

Oftast styrs trädens motståndskraft av flera gener som fungerar tillsammans. Detta gör det svårare att ändra trädens motståndskraft mot skadedjur och skadesvampar med hjälp av genmodifieringar. Genmodifieringar som syftar till förändringar i en egenskap kan dessutom medföra oväntade förändringar i trädens andra egenskaper, vilket kan få konsekvenser för motståndskraft mot skador.

Svenska studier av hybridaspelinjer som modifierats för sin sockermetaboli visar till exempel att även halterna av försvarskemikalier samtidigt kan förändras.^{244,245} Öväntade effekter av genmodifiering för motståndskraft mot

²⁴⁰ Kunskapsöversikt avseende miljökonsekvenser av genetiskt modifierade organismer. FORMAS. Tillgänglig på: <http://www.formas.se/upload/EPiStorePDF/GMO.pdf> (åtkomstdatum 2009-04-22).

²⁴¹ Hjältén, J. & Axelsson, P. (2015). GM trees with increased resistance to herbivores: trait efficiency and their potential to promote tree growth. *Front. Plant Sci.* 6 no 279.

²⁴² Molekyler (proteiner) som fungerar som katalysatorer i celler (påskyndar biokemiska reaktioner utan att själv förbrukas).

²⁴³ Seppänen, S.K., Syrjälä, L., von Weissenberg, K., Teeri, T.H., Paajanen, L., & Pappinen, A. (2004). Antifungal activity of stilbenes in in vitro bioassays and in transgenic *Populus* expressing a gene encoding pinosylvin synthase. *Plant Cell Rep.* 22: 584–593.

²⁴⁴ Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J., Hurry, V., Ericson, L., Moritz, T. & Karlsson, J. (2008). Vole response to unintentional changes in the chemistry of GM poplars. *Chemoecology* 18: 227–231.

²⁴⁵ Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J., Hurry, V. & Ericson, L. (2007). Unintentional changes of defence traits in GM trees can influence plant-herbivore interactions. *Basic Appl. Ecol* 8: 434–443.

skadegörare kan förväntas även i träden där ligninkonsistens och ligninhalt har förändrats, detta på grund av att lignin har en central roll i växters resistens mot skadesvampar. Något som vidare kan minska genmodifieringens möjligheter är att gener även kan tystas under de år som även de allra snabbaste växande träden kräver för att producera tillräckligt.²⁴⁶

Förutom att introducera främmande gener kan man även påverka organismernas egenskaper utan att ändra den genetiska koden. Exempelvis kan genuttrycket förstärkas genom att duplicera befintliga gener,²⁴⁷ vilket kan leda till ökad produktion av önskade proteiner i växter. Genprodukternas nivåer påverkas även av cellernas naturliga mekanismer som reglerar befintliga geners uttryck (så kallade *epigenetiska mekanismer*) och utnyttjandet av dessa mekanismer är ytterligare en möjlighet att modifiera växtegenskaper.²⁴⁸

Kina satsar på genmodifierade popplar

I Kina planterades redan år 2002 över en miljon genmodifierade popplar (*Populus nigra*) på jordbruksmark. Till dessa träd hade man tillfört gener hämtade från en vanligt förekommande jordbakterie, *Bacillus thuringiensis* (Bt), som gör att träd producerar sina egna, specifika insektsgifter, som kallas *Bt toxin*.²⁴⁹ Bt-toxin är ett samlingsnamn för en av grupp proteiner (Cry).

Man har identifierat över 150 olika Cry-proteiner som har olika grader av giftighet för olika insektsgrupper. Dessa toxiner kräver specifika receptorer för att vara aktiva. De organismer som är känsliga för Cry-proteiner är insekter och nematoder som har Cry-receptorer. Bt har därför ingen effekt till exempel på människor och andra däggdjur eller fåglar som inte har dessa specifika receptorer.

I de länderna där Bt-bomull har odlats har insekticidanvändningen minskat kraftigare än i länder där den inte odlats. Odlingen av Bt-majs har inneburit en avkastningsökning på upp till drygt 10 %. En kvalitetshöjande effekt i flera Bt-majsodlingar har varit en minskning av mängden mykotoxiner (gifter från svamp) i frön. Man har inte funnit några större negativa effekter av toxinet på icke-målorganismer. Däremot har resistensbrytare som övervunnit växtens resistens uppstått hos vissa fjärilsarter efter 7–8 års exponering för Bt-bomull.²⁵⁰

²⁴⁶ Gartland, K.M.A., Crow, R.M., Fenning, T.M., & Gartland, J.S. (2003). Genetically modified trees: Production, properties, and potential. *J. Arboric.* 29: 259–266.

²⁴⁷ Kunskapsöversikt avseende miljökonsekvenser av genetiskt modifierade organismer. FORMAS. Tillgänglig på: <http://www.formas.se/upload/EPiStorePDF/GMO.pdf>.

²⁴⁸ En epigenetisk effekt är en ärftlig, men reversibel förändring av DNA som inte beror av förändringar i nukleotidsekvensen (t ex DNA-metylering).

²⁴⁹ Wang, H. (2004). The state of genetically modified forest trees in China. *FAO Forest Genetic Resources Working Paper* 59.

²⁵⁰ Kunskapsöversikt avseende miljökonsekvenser av genetiskt modifierade organismer. FORMAS. Tillgänglig på: <http://www.formas.se/upload/EPiStorePDF/GMO.pdf>.

Andra möjligheter att öka trädens motståndskraft

På senare tid har forskning visat på möjligheter att öka trädens motståndskraft med hjälp av *aktivering av trädens naturliga, inducerade försvarsresponser*. ”Vaccinering” av träd med svamparter eller isolat som är svagt sjukdomsalstrande, eller behandling med vissa (oftast lättflyktiga) kemikalier kan stimulera trädens försvarsmekanismer så att motståndskraften mot kommande svamp- eller insektsattacker ökar.²⁵¹ Man har demonstrerat denna *inducerade (framkallade) motståndskraft* i flera trädslag²⁵² men det behövs mer forskning innan realistiska och ekonomiska tillämpningar finns till hands.

Vaccin mot almsjuka eller barkborrar?

Dutch Trig utvecklades vid Amsterdam Universitet i slutet av 1980-talet som ett vaccin mot holländsk almsjuka. Vaccinet består av sporer av ett svampisolat av släktet *Verticillium* (isolat WCS850). Sporlösning injiceras i träden på våren. *Verticillium* aktiverar trädens resistensmekanismer och träden blir mer motståndskraftiga mot almsjukan. Enligt tillverkaren skyddas 99 % av de behandlade träden av vaccinet. Träden måste dock vara friska när behandlingen påbörjas och de får inte heller ha rotkontakter med sjuka träd.²⁵³

I en fältstudie har norska forskare visat att behandling av gran med blånads-svampen *Ceratocystis polonica* som transporteras med barkborrar (*Ips typographus*) stimulerar trädens resistens mot efterkommande angrepp av samma barkborrar.²⁵⁴

Svårigheten med vaccinering är att det är dyrt och arbetskrävande, samt svårt eller omöjligt att tillämpa i storskaligt skogsbruk. En mer lovande metod att öka trädens motståndskraft kan vara förädling av träd med god förmåga att inducera försvarsmekanismer i rätt tid och omfattning. Det är viktigt att tidigt och med stor säkerhet kunna välja träd med önskvärda egenskaper i ett förädlingsprogram. Identifiering av olika typer av resistensmarkörer på gen- och ämnesomsättningsnivå kan underlätta detta arbete.

²⁵¹ Krokene, P., Solheim, H. & Långström, B. (2000). Fungal infection and mechanical wounding induce disease resistance in Scots pine. *Eur. J. Plant Pathol.* 106: 537–541.

²⁵² Krokene, P., Solheim, H. & Christiansen, E. (2001). Induction of disease resistance in Norway spruce (*Picea abies*) by necrotizing fungi. *Plant Pathol.* 50: 230–233.

²⁵³ Se: <http://www.dutchtrig.com>.

²⁵⁴ Christiansen, E. & Krokene, P. (1999). Can Norway spruce trees be "vaccinated" against attack by *Ips typographus*? *Agric. For. Entom.* 1: 185–187.

TEMA IV: KLIMAT OCH SKOGSSKADOR

av Johanna Witzell

Skogens hälsa påverkas starkt av klimatet. I samband med att osäkerheten om kommande klimatförhållanden har fått ökad uppmärksamhet, har även intresset för klimatets direkta och indirekta påverkan på skogsskador ökat under de senaste åren.²⁵⁵

Skogsekosystemet svarar relativt långsamt på miljöförändringar. Trots att träden har en stor genetisk potential för anpassning till klimatförändringar, omöjliggör deras långa generationstid anpassningar till snabba (inom perioder av några årtionden) förändringar. Skadegörare som insekter och svampar, som har korta generationstider, har däremot större chans till snabb anpassning.

Medan en ökad medeltemperatur och koldioxidhalt förutses resultera i en generell ökning i skogsproduktionen i Sverige, ökar samtidigt risken att skadegörarnas ökade antal och aktivitet tillintetgör en stor del av denna positiva effekt.

Om *biotiska* (levande) eller *abiotiska* (icke-levande orsaker) skador leder till storskalig skogsdöd, kan det orsaka negativa återkopplingar på klimatet till exempel genom att kolförrådet som finns i träden släpps ut till atmosfären. Denna möjlighet exemplifieras tydligt av de massiva skador av barkborrar ("Mountain Pine Beetle", *Dendroctonus ponderosae*) som inträffat i Kanada under senare år.^{256,257}

Komplicerade samband mellan klimat och skador

Direkta klimatrelaterade skador, till exempel vindfällningar, frostsprickor och torkskador, vilka utgör abiotiska skador, uppstår ofta snabbt och oväntat och kan vara lokala eller storskaliga. Klimatet och den lokala vädersituationen kan även öka eller minska biotiska skador genom att påverka skadegörarnas och deras naturliga fienders utveckling och överlevnad, samt genom att orsaka förändringar i trädens motståndskraft (fysiologi och kemi).

Sambanden mellan klimat och skogsskador är dock ofta invecklade.²⁵⁸ Såväl plötsligt inträffade klimatrelaterade skador som mer kroniska skador som orsakas av klimatfaktorer kan *predisponera* träd för en biotisk skada. Exempelvis kan svampsporer få inträde till träden i vindfällnen eller genom frostsprickor i barken, eller också kan en långvarig torka stressa träden så att de blir mer mottagliga för angrepp av skadegörare. Å andra sidan kan till

²⁵⁵ Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) Klimatet och skogen. *KSLA:s tidskrift* 145: 19–34.

²⁵⁶ Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T. & Safranyik, L. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452: 987–990.

²⁵⁷ Breshears, D. D., Cobb, N. S., Rich, P. M., Price, K. P. & Allen, C. D. (2005). Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *PNAS* 102: 15144–15148.

²⁵⁸ Sturrock, R., Fraenckel, S., Brown, A., Hennon, P., Kliejunas, J., Lewis, K., Worrall, J., & Woods, A. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant Pathol.* 60: 133–149.

exempel rotröta öka risken för vindskador hos gran,²⁵⁹ eller kan bladrost-infektion leda till minskad frosthärdighet hos lövträd.²⁶⁰

I några fall har kopplingar mellan klimatfaktorer och skadegörarens utveckling och utbredning studerats relativt grundligt. Man vet till exempel att *Gremmeniella*-svampens utveckling påverkas starkt av nederbörd och temperaturer²⁶¹ och väderleken anses som en viktig medverkande faktor även i en långsamt utvecklad skadebild som ekdöden.²⁶² Detaljerad information som hur skadegörarens biologi och ekologi påverkas av klimatet behövs för att man ska kunna prognostisera framtida skaderisker.²⁶³ I många fall saknas dock fortfarande vetenskapligt underlag för modellering av de enskilda arternas respons på bestånds- och landskapsnivå.

²⁵⁹ Seifert, T. (2007). Simulating the extent of decay caused by *Heterobasidion annosum* s.l. in stems of Norway spruce. *For. Ecol. Manage.* 248: 95–106.

²⁶⁰ Åström, B. & Ramstedt, M. (1994). Stem cankers on Swedish biomass willows caused by *Cryptodiaporthe salicella* and other fungi. *Eur. J. For. Path.* 24: 264–276.

²⁶¹ Uotila, A. & Petäistö, R-L. (2007). How do the epidemics of *Gremmeniella* start? *Acta Silv. Hung.*, Spec. Ed. s. 147–151.

²⁶² Barklund P. (2002). Ekskador i Europa. *Rapport 2002:1*. Skogsstyrelsen.

²⁶³ Klapwijk, M. J., Csóka, G., Hirka, A. & Björkman, C. (2013). Forest insects and climate change: long-term trends in herbivore damage. *Ecol. Evol.* 3: 4183–4196.

Extremt väder orsakar ekdöd?

I södra Sverige har *snabb ekdöd* ("Sudden Oak Death") uppmärksamats sedan år 1987.²⁶⁴ Orsaken till denna anses vara rotskador som i sin tur orsakats av extrema väderleksförhållanden, såväl ovanligt torra och varma som kalla perioder. Framförallt rekordkylan i januari 1987 som följde på den varma hösten 1986 kan ha skadat träden, särskilt där ek hade planterats på olämplig mark som inte tillät rotsystemet att utvecklas ordentligt. Träden visade även utbredd barknekros i stammens innerbark vilket kan ha orsakats av svampen *Cytospora intermedia*.

Sedan 1991 har även *ekdöd med långsammare skadeutveckling* registrerats i Sverige och den har ersatt den snabba skadeutvecklingen.²⁶⁵ Denna typ av ekdöd är inte en specifik sjukdom som orsakas av en viss skadegörare utan snarare ett resultat av flera faktorer. Plantering av ek på olämplig mark eller till exempel genetiska faktorer kan ha *predisponerat* träden för skador. Kalätning av insekter, torka eller kyla kan fungera som *utlösande* faktorer i skadebildens utveckling och olika skadegörare kan därefter fungera som *pådrivande* faktorer i processen. Tillsammans tär dessa faktorer på trädens vitalitet så att träden försvagas och inte kan återhämta sig. Honungsskivling, som angriper försvagade träd, verkar ofta ha varit den slutgiltiga orsaken till trädens död i den långsamma skadebildens.

Den snabba ekdöden som under 2000-talet har orsakat stora skador i nordamerikanska ekpopulationer orsakas av svampliknande patogenen, *Phytophthora ramorum*.²⁶⁶ Denna patogen återfinns i Europa bland annat på ornamentala växter som rhododendron men verkar inte än ha spridit sig till större parker eller naturområden. Andra *Phytophthora* arter (*P. quercina*) har kopplats till olika former av ekdöd i till exempel Sverige.²⁶⁷

En annan sjukdom som har dödat nordamerikanska ekar är *vissnesjukan* orsakad av blånadssvampen *Ceratocystis fagacearum* som sprids av ekspilntborrar (jämför med almsjuka). Trots att europeiska ekar är mottagliga för denna svamp verkar sjukdomen inte ha fått fäste i Europa.²⁶⁸

²⁶⁴ Barklund P. (2002). Ekskador i Europa. *Rapport 2002:1*. Skogsstyrelsen.

²⁶⁵ Barklund P. (2002). Ekskador i Europa. *Rapport 2002:1*. Skogsstyrelsen.

²⁶⁶ Rizzo, D. M., Garbelotto, M., Davidson, J. M., Slaughter, G. W. & Koike, S. (2002). *Phytophthora ramorum* as the cause of extensive mortality of *Quercus* spp. and *Lithocarpus densiflorus* in California. *Plant Dis.* 86: 205–214.

²⁶⁷ Jönsson U. (2004). *Phytophthora and Oak Decline – Impact on seedlings and mature trees in forest soils*. Avhandling, Lunds Universitet.

²⁶⁸ Juzwik, J., Harrington, T. C., MacDonald, W. L. & Appel, D. N. (2008). The origin of *Ceratocystis fagacearum*, the oak wilt fungus. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46: 13–26.

Framtida klimatscenarier och skogsskador

Det klimat som förväntas råda i Sverige i framtiden karakteriseras bland annat av ökad medeltemperatur (särskilt på vintern), förhöjd atmosfärisk koldioxidhalt och ökad nederbörd (främst på vintern och i norra Sverige). Även om vindklimatet förväntas vara likt dagens tror man att risken för stormskador ökar till följd av trädens försämrade förankring i marken som de milda vintrarna leder till. Även risken för skogsbrand förväntas öka.

Enligt vissa klimatscenarier kan biotiska skogsskador minska vid klimatförändringar. Exempelvis kan snötäckets minskade djup och varaktighet leda till sämre förutsättningar för snöskyttesvampen eller öka dödligheten för några skadeinsekter som övervintrar under snö.²⁶⁹

De flesta scenarier är dock mer alarmerande i ett skogsskyddsperspektiv. Ökad medeltemperatur förväntas stimulera skadeinsekternas tillväxt och utveckling som ofta begränsas av låga temperaturer. Simuleringar tyder på att vid ökade temperaturer kommer utbredningsområden för flera skadegörare att sträcka sig längre mot nordliga områden.^{270,271} Eftersom träden i dessa områden saknar en evolutiv historia med nya patogener eller insekter, kan detta medföra likadana skadeproblem som man har haft med introducerade parasiter. Även risken för nya invasiva skadegörare kan öka i ett varmare klimat.

Klimat påverkar synkroniseringen av trädens motståndskraft och skadegörarnas aktivitet

Förändrade temperaturer kan leda till otakt mellan trädens motståndskraftiga faser (se faktaruta *Mindre almsjuka vid tidigt knoppsprickning* nedan) och skadegörarnas aktivitetsperioder. Enligt prognoser förväntas årsmedeltemperaturen i Sverige öka med 2,5–4,5 °C fram till år 2100 och knoppsprickning och skottskjutning antas hos lövträden ske två till fem veckor tidigare. Detta kan ändra trädens mottaglighet mot skadegörare och påverka skadornas omfattning. Till exempel har man kunnat konstatera att en temperaturökning på 1°C orsakade att rotsvampinfektion på poppel började 11 dagar tidigare, vilket resulterade i 30 % ökning av andelen rostinfekterad vävnad²⁷² (se även faktaruta om almsjukan nedan).

²⁶⁹ Sinclair, B. J., Vernon, P., Klok, J. C. & Chown, S.L. (2003). Insects at low temperatures: an ecological perspective. *Trends Ecol. Evol.* 18: 257–262.

²⁷⁰ Lousteau, D., Ogée, J., Dufrêne, E., Déque, M. Dupouey, J.-L., Badeau, V., Viovy, N., Ciais, P., Desprez-Loustau, M.L., Roques, A., Chuine, I. & Mouillot, F. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m.fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

²⁷¹ Desprez-Loustau, M.L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C. & Marçais, B. (2007). Simulating the effects of a climate change scenario on geographical range and activity of forest pathogenic fungi. *Can. J. Plant Pathol.* 29: 101–120.

²⁷² Lousteau, D. (2004). *Rapport final du projet Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France*. (Tillgänglig på <http://www.gip-ecofor.org/doc/drupal/gicc/7-01LousteauCraboforRF.pdf>, åtkomstdatum 2016-07-28).

Mindre almsjuka vid tidig knoppsprickning²⁷³

Almar är mottagliga för almsjukan under en begränsad period under våren. Resultat från ett fältförsök i Italien visar att de allra minst drabbade träden hade den tidigaste knoppsprickningen. För lundalm (*U. minor*) hade träden med det mest sydliga ursprunget den tidigaste knoppsprickningen och därmed den lägsta risken för sjukdomsutbrott.

Resultaten kan förklaras med almens vedegenskaper. Almen hör (precis som ek och ask) till så kallade *bandporiga* arter där vårveden växer snabbt och de stora och jämnt spridda kärnen bildar väl definierade ringar. I bandporiga träd kan vatten och näring effektivt transporteras i den yttersta årsringen. Denna struktur gör samtidigt träden mer sårbara för almsjuka eftersom svampens sporer lätt diffunderar in i trädet och blockerar ledningsbanorna.

Den sena veden däremot karaktäriseras av trånga och grupperade kärn där svampens sporer har svårare att spridas i trädet och infektionen lättare stoppas genom att enbart en del av ledningsbanorna (thyllbildning) täpps till och transport därför fortfarande kan ske. Om den sena veden bildas före perioden då almsplintborrarna som mest intensivt söker föda i trädkronan, minskar trädets mottaglighet för almsjukan.

Forskare rekommenderar därför almgentyper med tidig knoppsprickning till förädlingsprogram, förutsatt att urvalet inte sker på bekostnad av trädens tillväxt eller frostkänslighet. Genom fenologisk kunskap kan förädlare förhindra synkroniseringen mellan perioden då förekomsten av almsplintborrar är hög och perioden då spridningen av svampsporer sker mest effektivt i trädet.

Generellt anses det svårt att förutse hur förväntade klimatförändringar påverkar enskilda skadegörare²⁷⁴ och ännu svårare är det att exakt prognostisera hur till exempel en klimatinducerad ökning av en skadegörarepopulation till slut påverkar skogsproduktionen. En orsak till detta är att klimatet påverkar i stort sett allt i ekosystemet. Samtidigt som klimatet ändrar skadegörarens frekvens kan flera andra faktorer (till exempel trädens utveckling och tillväxt) förändras vilket kan minska eller upphäva den effekt som skadegöraren har.

Exempelvis kan barkborrar i varmare klimat hinna producera flera generationer under ett år. Hur detta påverkar skogsskadornas omfattning är dock inte helt klart. Tillgången på försvagade träd är viktig för barkborrar och flera barkborregenerationer har potential att använda förrådet av dessa träd snabbare. Därmed kan utbrottet vara över snabbare vilket begränsar skador-

²⁷³ Ghelardini, L. (2007). Budburst phenology, dormancy release and susceptibility to Dutch elm disease in elms (*Ulmus* sp.). *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 134. Uppsala.

²⁷⁴ Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) Klimatet och skogen. *KSLA:s tidskrift* 145: 19–34.

nas omfattning. Å andra sidan är trädens motståndskraft mot barkborrar lägre i senare faser av tillväxtsäsongen, vilket gör det lättare för den andra generationen att döda träd.^{275,276} En annan orsak till svårigheter att prognostisera klimatförändringens konsekvens för skador är att dess effekter visar stor rumslig variation som är svår att fånga i modeller.²⁷⁷

Aktivt val av skogsskötselåtgärder kan minska klimatrelaterade skador

Olika skogsskötselåtgärder kan påverka risken för klimatrelaterade skador på skog.^{278,279} Vilken effekt en viss åtgärd har varierar dock beroende på situationen. Till exempel kan gallring minska risken för snöskador men samtidigt också öka risken för stormskador och rotröta.²⁸⁰ Effekten av en viss skogsskötselåtgärd på skogens hälsotillstånd kan vara olika i ett långt eller kort tidsperspektiv. Det är därför inte enkelt att bedöma hur olika skaderisker påverkas av skogsskötselåtgärder eller utforma strikta generella strategier för optimal skogsskötsel i framtidens klimat.

Forskare framhäver dock vikten av *förebyggande och preventiva åtgärder*²⁸¹ och generellt kan man säga att åtgärder som gynnar trädens *vitalitet* även bidrar till skogens motståndskraft mot klimatrelaterade skador. Att hålla skogar och trädskronor relativt glesa med hjälp av gallring och stamkvistning kan bidra till att träden får bra motståndskraft genom att deras tillgång till resurser som näring och vatten är bra.²⁸² I ett glesare bestånd kan till exempel vissa insekter spridas långsammare än i täta bestånd. De förväntade ökande problemen med rotröta och barkborrar skulle kunna förebyggas genom till exempel kortare omloppstid eller eventuellt genom en övergång till blandskog.²⁸³

Man kan även försöka hejda snabb spridning av nya skadegörare till nordligare breddgrader genom en *bra skogshygien* och genom *kontinuerlig kart-*

²⁷⁵ Økland, B. & Berryman, A. (2004). Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. *Agric. For. Entomol.* 6: 141–146.

²⁷⁶ Økland, B. & Bjørnstad, O.N. (2006). A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* 87(2): 283–290.

²⁷⁷ Lousteau, D. m.fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m.fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

²⁷⁸ Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) *Klimatet och skogen. KSLA:s tidskrift* 145: 19–34.

²⁷⁹ Lindner, M., Marocheck, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 259: 698–709.

²⁸⁰ Se *Skogsskötselserien* nr 7, Gallring.

²⁸¹ Lousteau, D. m.fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m.fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

²⁸² Solomon, A.M. & Freer-Smith, P.H. (2007). Forest Responses to Global Change in North America: Interacting Forces Define a Research Agenda. I: Freer-Smith, P.H. m. fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 151–159.

²⁸³ Keskitalo, C., Bergh, J., Felton, A., Björkman, C., Berlin, M., Axelsson, P., Ring, E., Ågren, A., Roberge, J.-M., Klapwijk, M. & Boberg, J. (2016). Adaptation to climate change in Swedish forestry. *Forests* 7: 28.

läggning av skador på våra skogsträd. Vidare har det framförts att bra resultat i ett skogsskyddsperspektiv skulle kunna nås med hjälp av skogsbrukets areella diversifiering.²⁸⁴

Differentierad markanvändning där man inte jämför miljö- och produktionsmålen på beståndsnivå skulle kunna underlätta skogsbrukets möjligheter till kostnadseffektiv skogsskötsel för att minska klimatrelaterade skador i skogslandskapet. Den höga hastigheten och stora rumsliga variationen i klimatförändringens effekter kräver att man har hög *beredskap att revidera skötselplaner* under skogens rotationstid.²⁸⁵ Att i förväg ta fram skötselstrategier för en redan skadad skog är en del av denna beredskap.

I nedanstående text presenteras hur risken för stormskador och andra abiotiska skador som orsakas av svagare vindar, frost och torka kan identifieras i skogsbruket och förutses i olika förhållanden, samt åtminstone delvis minskas genom skoglig planering och skötselåtgärder. Effekter av enskilda skötselåtgärder som röjning och gallring på risken för abiotiska skogsskador diskuteras mer ingående i berörda delar av Skogsskötselserien.²⁸⁶

²⁸⁴ Lousteau, D. m.fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m.fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s.143–150.

²⁸⁵ Lousteau, D. m.fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m.fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

²⁸⁶ Se *Skogsskötselserien* nr 6 och 7, Röjning respektive Gallring.
www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Abiotiska skador orsakade av vind, snö och frost

av Erik Valinger (revision till andraupplaga: Martin Ahlström och Clas Fries)

Abiotiska skogsskador orsakas av miljöfaktorer som väder eller luftföroreningar. De kan förorsaka frostskaador, snöskador, vindskador, torkskador, luftföroreningsskador och barrutglesning. I det följande avsnittet kommer abiotiska vind-, snö- och frostskaador att behandlas utifrån hur de uppstår, de problem de orsakar och hur effekterna av dem kan minskas med hjälp av skogsskötselåtgärder.

Makroklimatets betydelse för skadornas uppkomst

De abiotiska skadornas omfattning på en enskild ståndort²⁸⁷ bestäms i hög grad av ståndortens belägenhet, det vill säga av det makroklimat som råder. Makroklimatet kan beskrivas med hjälp av till exempel breddgrad, longitud, altitud (höjd över havet), exponeringsriktning och vilken lutning ståndorten har. Utifrån belägenheten kan områdets temperatursumma, årliga nederbörd och vindexponeringen bedömas. Dessutom avgör läget i landet hur stort det atmosfäriska nedfallet är.²⁸⁸

Klimatzoner

I Sverige kan klimatet grovt delas in i klimatzoner (figur SPS96). Inom klimatzonerna varierar lokalklimatet stort beroende på lokala faktorer som topografi, avstånd från kuster och stora sjöar samt höjd över havet.

Områden närmast öster om Skandinaviska fjällkedjan har ett *lokalkontinentalt* klimat. Det innebär större skillnader i temperatur och nederbörd mellan sommar och vinter samt relativt lite nederbörd jämfört med områden längs kusterna. Längs Västkusten och delar av Ostkusten är klimatet mer *maritimt*, vilket utmärks av mindre skillnader mellan sommar och vinter. Havets påverkan på zoneringen finns inte bara längs kusterna utan även i västra Jämtland där varma och fuktiga luftmassor från Atlanten når öster om fjällkedjan. Klimatzoneringen i landet framgår också av de enskilda kartor som beskriver medeltemperatur, temperatursumma och vegetationsperiodens längd i Sverige.²⁸⁹

Altituden

Ståndortens altitud är värdefull att känna till i samband med ståndortsanpassning. Dels har altituden en rent klimatisk betydelse, dels har den betydelse för jordmån och hydrologi.

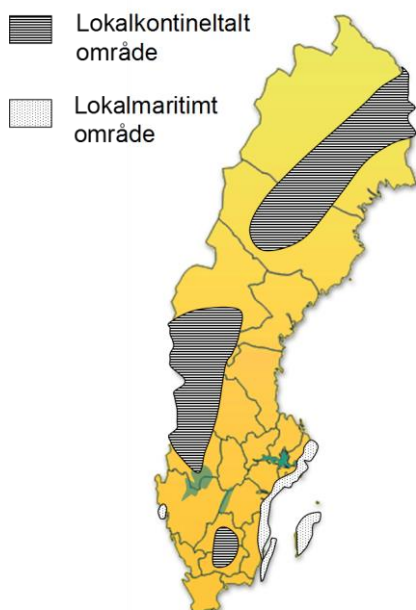
I grova drag sjunker medeltemperaturen och vindexponeringen ökar med ökad höjd över havet. Det medför att vissa skogsskötselåtgärder inte är möjliga när ståndorten är belägen på en viss höjd över havet (se avsnittet *För-yngringsfasen*).

²⁸⁷ Med ståndort avses trädens växtplats.

²⁸⁸ Se *Skogsskötselserien* nr 3, Plantering av barrträd.

www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

²⁸⁹ Kartorna återfinns på: <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/klimat.html>



Figur SPS96 Sveriges lokalklimatiska områden. Källa: Hägglund & Lundmark (1982).²⁹⁰

Temperaturen

Temperatursumman, vilken kan utläsas med hjälp av en temperatursummekarta,²⁹¹ visar hur många dygngrader²⁹² det är på den aktuella växtplatsen under vegetationsperioden. Temperaturen är avgörande för till exempel val av markbehandlingsmetod, val av trädslag och föryngringsmetod. Kyliga temperaturzoner tyder på att det kan behövas speciella metoder för att få plantor att etablera sig.

Nederbörden

Tillgänglig nederbörd för den aktuella ståndorten kan utläsas med hjälp av humiditetskarta²⁹³ som visar balansen mellan nederbörd och avdunstning under vegetationsperioden (och andra perioder under året) på den aktuella växtplatsen.²⁹⁴ Västkusten och fjälltrakterna har det största nederbördsöverskottet i landet. Humiditeten har betydelse när man till exempel skall välja markberedningsmetod, trädslag, planttyp och planteringspunkt.

Vind och snö

Vind- och snöförhållanden på en ståndort har betydelse för planering av avverkningar och föryngringsåtgärder. Det är emellertid svårt att sätta enkla tumregler för vindförhållandena som sköselfaktor, främst som riskfaktor för uttorkning och vindfällning.

Läge i terrängen har stor betydelse. Å ena sidan är höga lägen (höjdrygar) alltid mer utsatta för vind och snö än svackor. Å andra sidan står träden

²⁹⁰ Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (1982). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2 Diagram och tabeller*. Skogsstyrelsen. Jönköping.

²⁹¹ Se *Skogsskötselserien* nr 3, Plantering av barrträd.

www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

²⁹² Summan av dygnsmedeltemperaturen som överstiger ett visst tröskelvärde, här +5 °C.

²⁹³ Se *Skogsskötselserien* nr 3, Plantering av barrträd.

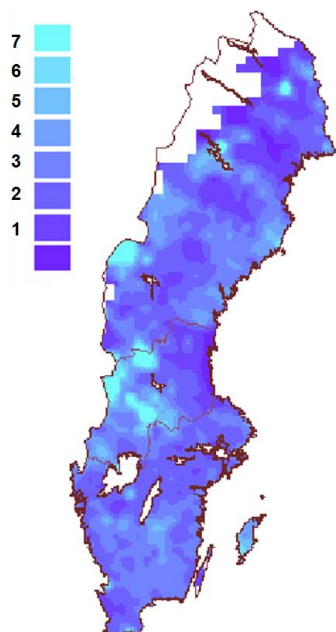
www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

²⁹⁴ Tamm, O. (1959). *Studier över klimatets humiditet i Sverige*. Kungl. Skogshögskolans skrifter. Nr 32.

mindre stadigt i de fuktiga svackorna eftersom de inte utsatts för lika hög mekanisk påkänning från vind som träden i högre lägen. Dessutom har träden svårare att förankra sina rotsystem när grundvattennivån är hög.²⁹⁵ Träden anpassar sig till det vindklimat som råder i deras närmiljö genom så kallad adaptiv tillväxt vilket medför att träd i utsatta lägen har bättre förmåga att stå emot höga vindhastigheter²⁹⁶.

Vindriktningens betydelse är oftast lokalt betingad. Ofta talas det om utsattheten för västliga stormar, men det betyder inte att andra exponeringar kan ignoreras. I vissa områden i Sverige kan snarare östliga stormar vara de mest förödande. Som exempel på detta kan nämnas Norrlandskusten från Sundsvall och norrut och Gästrikedkusten där blötsnö i samband med östliga och nordöstliga vindar kan orsaka avsevärda snöskador (figur SPS97). Andra kända områden med förhöjd risk att drabbas av vind- och snöskador är Småländska höglandet, inlandet från Dalsland upp mot Jämtland, samt öster om Skandinaviska fjällkedjan. För att ge mer tyngd i denna riskbedömning bör lokala och regionala erfarenheter av vindfällningsriskerna tas tillvara (se avsnittet *Vindskador*).

Lokala förhållanden, såsom tillstånd i omgivande bestånd, liksom förhållanden på landskapsnivå, kan ha stor betydelse för vind- och snöskador. Beståndskanter med uppvuxen skog mot nyupptagna hyggen, nya fröträdställningar och nygallrade bestånd är särskilt känsliga för vindskador. Finns öppna ytor som till exempel sjöar och hyggen i närheten av ett bestånd höjer det i hög grad risken för skador i beståndet.



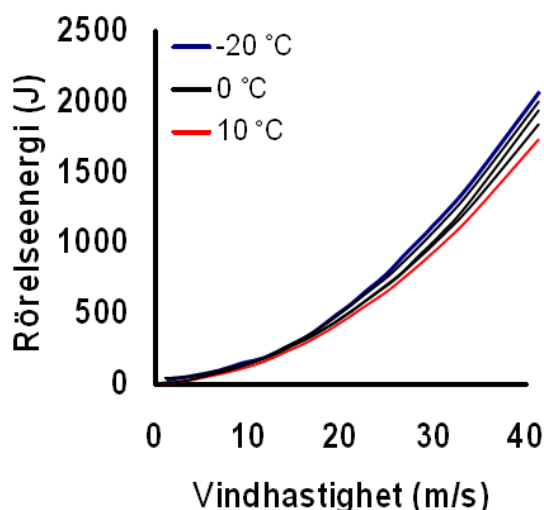
Figur SPS97 Snö- och vindskaderisk i Sverige, beräknad med hjälp av träd-, bestånds-, och ståndortsvariabler i Riksskogstaxeringens material. 1 = låg risk, 7 = hög risk. Källa: Valinger & Fridman (1999).²⁹⁷

²⁹⁵ Coutts, M.P., Gardiner, B. A., Pyatt, D. G. & Quine, C. P. (1994). *Forests and Wind: Managemnt to minimise damage*, Forestry commission bulletin, HMSO, London (in press).

²⁹⁶ Telewski, F. W. (1995). Wind-induced physiological and developmental responses in trees. I: Coutts, M.P. and Grace, J. (red.), *Wind and trees*, Cambridge University Press, s. 237–263.

²⁹⁷ Valinger, E. och Fridman, J. 1999. Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce, and birch forests in Sweden. *Environmental Management* 24: 209–217.

Det finns ett starkt samband mellan uppkomst av vind- och snöskador och den rörelseenergi som verkar på träden när det blåser. Rörelseenergin i sin tur beror av både temperatur och vindhastighet²⁹⁸ (figur SPS98). Kall luft har en högre densitet än varm luft vilket betyder att ju kallare det är när det blåser desto högre rörelseenergi innehåller luftmassan. Således ökar risken för att träd bryts eller fälls när det är kallt, det vill säga under vinterhalvåret.



Figur SPS98 Luftens rörelseenergi beror av vindhastighet och lufttemperatur.²⁹⁹

Mikroklimatets betydelse för uppkomst av skador

När etablering av ny skog skall planeras är risken för frost- och tjälskador de mest avgörande faktorerna att ta hänsyn till.

Frost

Under klara sommark dagar med svag vind värms marken på hyggen upp genom solens strålning. Det medför att luften närmast marken blir varmare än strax ovanför. Under molnfria nätter med svag vind avkyls luften närmast marken genom utstrålning. Eftersom kall luft är tyngre än varm, kommer den kalla luften att finnas i lägre delar av terrängen. Det medför att plana och lågt belägna hyggen blir särskilt utsatta för frost. Mest uttalat är detta i svackor på dessa hyggen (figur SPS99). Marker som ofta utsätts för frost benämns *frostlänta*.

²⁹⁸ $E = \frac{MV^2}{2}$ där E = rörelseenergin, M = luftens massa och V = luftens hastighet.

²⁹⁹ Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.

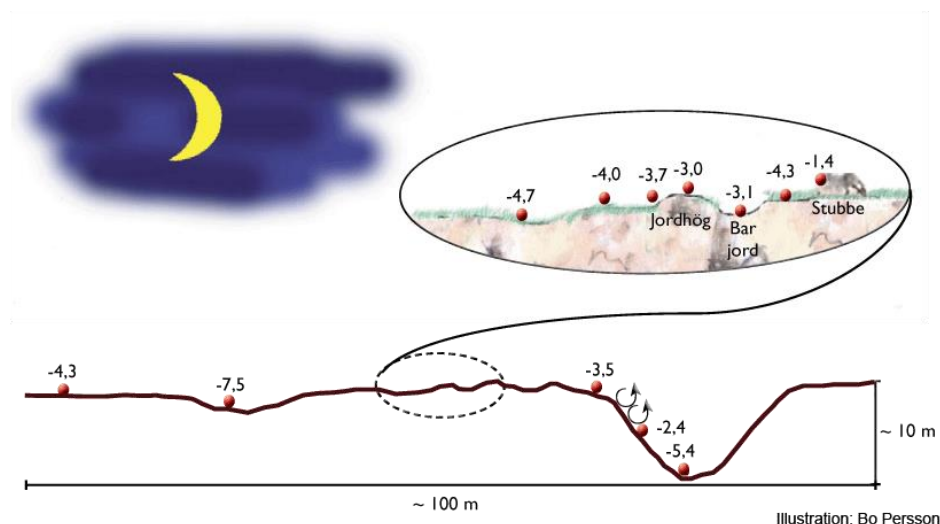


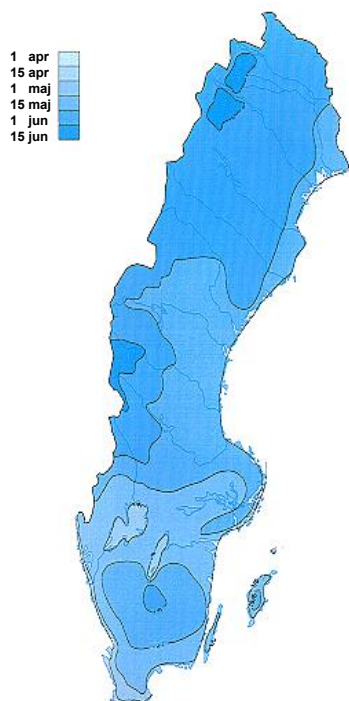
Illustration: Bo Persson

Figur SPS99 Exempel på minimitemperaturer i luften nära markytan under en klar och vindstill natt i mitten av juni. Baserat på likartade mätningar dels från Vindeln, Västerbotten och Tönnersjöheden, Halland. Det är kallast i grunda sänkor (i bägge skalorna) och varmare över bar jord, nära markytan under en klar och vindstill natt. Det är kallast i grunda sänkor (i alla skalor) och varmare över bar jord, nära uppstickande föremål (skärmeffekt) och i branta sluttningar (turbulenta luftströmmar). Efter Odin (opublicerat) och Odin (1969).³⁰⁰ Figuren först framtagen för kapitel 13 i Skogsskötselserien, Skogsbruk – mark och vatten.

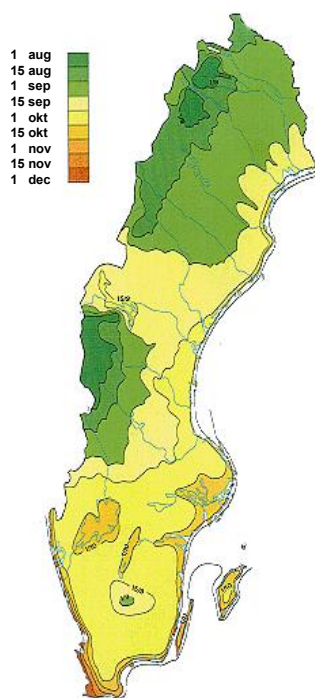
Torvmark består av organiskt material som har sämre värmeledande egenskaper än mineraljord. Torvytan är mer ”isolerande”, vilket leder till ökad luftavkyllning närmast marken jämfört med värmeavkyllningen över ett mårager på mineraljord.

Frostbenägenheten både i lokal- och mikroskala är ofta avgörande för vilken föryngringsmetod som kan tillämpas. I Sverige utmärks bland annat det sydsvenska högländet av en ökad risk för vårfroster (figur SPS100) liksom för höstfroster (figur SPS101). Lokalkontinentala områden har högre temperaturamplitud, såväl på års- som på dygnsbasis.

³⁰⁰ Odin, H. (1969). Hyggesstruktur och mikroklimat. I: Föryngringsfrågor i det mekaniserade skogsbruket. Kurskompendium. Sveriges Jägmästares och Forstmästares Riksförbunds Fortbildnings AB, samt SLU, inst. för skogsföryngring. Se även: Skogsskötselserien, kapitel 13, Skogsbruk – mark och vatten.



Figur SPS100 Genomsnittligt datum för sista vårfrost i olika delar av Sverige under perioden 1961–1990. Källa: Markinfo.³⁰¹



Figur SPS101 Genomsnittligt datum för första höstfrost i olika delar av Sverige under perioden 1961–1990 Källa: Markinfo.³⁰²

³⁰¹ Från <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/vfrost.html>.

³⁰² Från <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/hfrost.html>.

Tjäle

Marktemperatur och tjälförhållanden är starkt kopplade till snötäckets struktur och tjocklek. Ett mäktigt snötäcke dämpar tjälbildningen och håller marktemperaturen högre. Gropar och lägre partier fylls igen med snö medan högre partier får ett mindre snödjup. På ett och samma hygge finner man ofta djup tjäle i områden med litet snödjup. I sänkor och gropar med mäktigare snötäcke är tjäldjupet mindre. Tjälen kan sitta i långt in på våren vid sen snösmältning. Eftersom snö fastnar i trädkronorna och en del av den avdunstar därifrån, är i allmänhet snötäcket tunnare inne i ett skogsbestånd än på en öppen yta som till exempel på ett hygge. Tjäle bildas och tinar senare inne i en skog jämfört med på en öppen yta. Tjälen kan göra att små plantor fryser upp, roten förlorar kontakt med mineraljorden och plantan dör.

Det är inte bara den egentliga tjälen som kan lyfta små plantor ur jorden. Ett fenomen som heter *pipkrake*³⁰³ gör likadant. Pipkrake känns igen genom att det vid markytan bildas lodrätt gående stavar av is (figur SPS102). Pipkraken kan bildas vid första tillfrysningen under hösten, när markytan fryser till över natten och tinar nästa dag. Temperaturskillnaden gör att översta markskiktet rör sig.

Pipkrake förekommer både höst och vår. För en liten planta som inte hunnit rota sig kan pipkrake vara ödesdiger. Små groddplantor drabbas särskilt lätt. Det gör att sådd blir chansartad på utpräglade uppfrysningssmarker, det vill säga då marktexturen domineras av mjåla och lera. Att låta bli markberedning kan mildra problemet med pipkrake, men är trots det inte att rekommendera eftersom markberedning har flera andra fördelar. Markberedning och vårplantering i omvänd torva är normalt en lämplig förnygringsmetod på marker med risk för pipkrakebildning.³⁰⁴ Torvmark har sällan hög risk för tjäle, men plantor kan ändå drabbas av uppfrysning på grund av pipkrake.



Figur SPS102 Pipkrake. Foto Urban Bergsten.

³⁰³ Pipkrake, ”isnålar” som bildas när markvatten fryser i eller strax under markytan vid den första nattfrosten. Längden på pipkrakar är från några millimeter till flera centimeter.

Källa: <http://www.ne.se>.

³⁰⁴ Skogsskötselserien, kapitel 3, Plantering av barrträd.

Skadebilder

Frostskador

Granplantor blir särskilt lätt utsatta för vår- och försommarfrost (figur SPS103). Det räcker med ett par minusgrader i början av juni för att årsskott ska dö. Plantor i lägre partier i terräng där kallluft samlas är särskilt utsatta. De döda årsskotten torkar och blir hängande bruna en lång tid. Många gånger överlever plantan men det aktuella årets längdtillväxt går förlorad.

Låg temperatur under vintern skadar vanligen inte träden. Men på våren kan barrträden lida av torka, när solen värmer upp barren och träden inte kan ta upp vatten från den frusna jorden. Barren blir bruna. Speciellt små plantor som passerat det skyddande snötäcket kan ta skada av vårtorka.³⁰⁵ Risken för uttorkning ökar om uppvärmningen sker i kombination med blåst.



Figur SPS103 Frostskador på gran. Foto Johanna Witzell.

Snöskador

Snö- och vindskador kan vara svåra att skilja åt. De skador som orsakas på träd och bestånd kan ha likartade utseenden. Trycket av tung snö kan knäcka stammar och kvistar på såväl unga plantor som större träd. Tung och blöt snö som fryser fast i trädkronorna kan i kombination med hård vind orsaka stora skador i form av omkullblåsta och avbrutna träd, vilket liknar de skadetyper som ofta hänförs till rena vindskador.

Snö i samband med temperatur kring 0 °C har hög densitet; den är tung och blöt. Fryser snön fast i träden kan belastningen resultera i snöbrott. Även isbeläggning på träden kan lokalt ge svåra skador. Särskilt utsatta

³⁰⁵Hannerz, M. (1994). Winter injuries to Norway spruce observed in plantations and a seed orchard. Report no 6, SkogForsk, Uppsala. 22 s.

platser är vindexponerade sluttningar på högre höjd där *orografisk*³⁰⁶ molnbildning och nederbörd ofta sammanfaller med temperaturer kring fryspunkten.

Våra vanligaste inhemska trädslag klarar av snön på olika sätt. Björken böjs i en båge av tyngden, men bryts sällan av (figur SPS104). Tallen är inte lika seg utan bryts lätt av. Granen med sina nedåtriktade grenar, från vilka snön lättare faller av, klarar sig bäst från snöskador.



Figur SPS104 Upplega, ansamling av snö i stående träds kronor, följd av en plötslig kall period under en januarimånad har orsakat kraftigt böjda björkstammar. Foto Johanna Witzell.

Risken för att snöskador uppstår kan främst kopplas till yngre bestånd, vilka på grund av utebliven röjning eller gallring blivit stamrika med klena stammar och högt upphissade kronor.

³⁰⁶ *Orografisk nederbörd* kallas nederbörd som uppstår genom att fuktig luft avkyls genom att den pressas uppåt på grund av jordytans topografi.

Hur kommer det framtida klimatet att påverka risken för vindskador?

av Kristina Blennow

Vindskadornas omfattning varierar mellan olika år men situationer med omfattande skador har blivit allt vanligare under 1900-talet. Både klimatet och skogsbruket har förändrats på flera sätt vilket kan bidra till att förklara de ökade skadorna. Klimatet under 1900-talet har förändrats på så sätt att temperaturen och nederbörden ökat.³⁰⁷ Ökad skogstillväxt i ett varmare klimat kan leda till mera vindkänslig skog och högre markfuktighet kan missgynna trädens förankring vilket minskar skogens stabilitet. Vindklimatet har dock varierat i förhållandevis liten omfattning och det har inte heller blivit vanligare med storm i södra Sverige.³⁰⁸ Däremot har den stående volymen skog ökat; det fanns alltså under perioden en ökande volym skog som kunde blåsa ner. Trakthyggesbruket som introducerades på bred front under 1950-talet har bidragit till mer vindkänsliga skogar genom att träd som växer i färska hyggeskanter plötsligt har blivit exponerade för högre vindhastigheter. Dessutom ger kanterna upphov till turbulens som kan skada träd ”nedvinds” från kanten. Utöver detta har andelen gran, som är ett förhållandevis vindkänsligt trädslag, ökat i södra Sverige.

Framöver kan klimatförändringarna förväntas öka risken för vindfällning både direkt, till exempel genom ett ändrat vindklimat och ändrade tjälförhållanden, och indirekt genom förändrade tillväxtbetingelser. Enligt klimat-scenarierna är det framtida vindklimatet för Sverige osäkert, men det kan inte uteslutas att det kommer att bli blåsigare.³⁰⁹ Vidare kan vi förvänta oss ett mildare och blötare vinterklimat vilket skulle leda till minskad stabilitet genom försämrad förankring av träden i marken, exempelvis genom minskad eller utebliven tjäle.³¹⁰ Simuleringsstudier pekar på att en förväntad ökad tillväxt leder till att skogen blir mera känslig för vind om vi sköter skogen på samma sätt som idag. Tillväxtökningen förväntas bli störst i Norrland och skulle kunna leda till större användning av det förhållandevis vindkänsliga trädslaget gran i Norrland.³¹¹

Sammantaget innebär detta att det kan finnas anledning att anpassa skogsbruket på grund av klimatförändringarna och att det går att påverka sannolikheten för vindfällning genom skötsel, planering och trädslagsval.

³⁰⁷ Alexandersson, H. & Edquist, E. (2006). Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991–2005 med 1961–1990. *SMHI Faktablad* 29, Norrköping.

³⁰⁸ Wern, L. & Bärning, L. (2011). *Vind och storm i Sverige 1901–2010*. Faktablad 51. SMHI.

³⁰⁹ Mölter, T., Schindler, D., Albrecht, A.T. & Kohnle, U. (2016). Review on the projections of future storminess over the North Atlantic European region. *Atmosphere*, 7:60.

³¹⁰ IPCC. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections. (2013). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. Stocker, T. F. m.fl.) 1311–1394. Cambridge University Press.

³¹¹ Bergh, J., Blennow, K. (red), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O. & Karlsson, M. (2007). *Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket*. Appendix B19 i ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.

Vindskador

När vindstyrkan når 20–23 meter per sekund eller mer är risken för vindskador stor. Skadorna kan vara koncentrerade till vissa stråk eller vara mycket omfattande och drabba stora områden. Det är främst träd som nyli- gen blivit friställda som blåser omkull, till exempel kantträd vid nyupptagna hyggen eller fröträd i fröträdsställningar. Välskötta och gallrade skogar bru- kar som regel klara höga vindstyrkor utan att falla om de klarat sig över den känsliga perioden under några år efter ett avverkningsingrepp.³¹² Vid riktig höga vindhastigheter, som till exempel vid orkan,³¹³ kan hela bestånd fällas i vindutsatta lägen.

Avlövide lövträd klarar sig bäst. Vid höga vindstyrkor ger ofta rötterna vika så att hela trädet faller, det bildas rotvältor. Men det händer även att stammar knäcks. Skogen förlorar då en betydande del av sitt ekonomiska värde.

Vindskadornas omfattning beror främst av vindhastigheten, men påverkas även av vindens byighet och varaktighet. Även markens egenskaper kan påverka risken för vindfällning. Risken är större på marker med finkorniga jordarter och hög fuktighet. Är marken tjälad minskar risken för vindskador. Erfarenheten är att jämfört med otjälade förhållanden faller en mindre andel träd som rotvältor och fler får stambrott då marken är tjälad.

Torkskador

Torkskador uppträder när rötterna inte längre kan ta upp vatten ur marken i samma takt som trädkronan avdunstar vatten. Små plantor är mest känsliga för torka. Större träd klarar sig bättre, då de tar upp vatten från större mark- djup. Av våra vanligaste inhemska trädslag tål tallen torka bäst. Björkar har förmågan att fälla löv som en skyddsåtgärd och kan därför undvika uttork- ning. Lövfallning behöver inte betyda att träden dör, utan de kan ofta repa sig.

På lång sikt förväntas vattentillgången minska under våren och sommaren i princip i hela landet utom delar av Norrlands inland, med störst minskning i sydöstra Götaland. Det innebär att det finns en ökad risk för skador som har sin grund i torkstress.³¹⁴

Luftföroreningsskador

Luftföroreningar i form av till exempel svavel och kväve från såväl näralig- gande som avlägsna utsläppskällor kan ge skador på träd och vegetation. Luftföroreningar påverkar träd dels direkt genom att fräta på barrens och bladens klyvöppningar, dels indirekt genom att påverka marken där träden växer. Markens förmåga att stå emot föroreningar varierar beroende på geo- logiska förhållanden. Trädens förmåga att klara föroreningar varierar också; barrträd är normalt känsligare än lövträd.

³¹² Valinger, E. & Lundqvist, L. (1992). The influence of thinning and nitrogen fertilisation on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scott. For.* 46: 311–320.

³¹³ Orkan har vindhastighet från 32,7 m/s.

³¹⁴ Eriksson, H., Bergqvist, J., Hazell, P., Isacson, G., Lomander, A. & Black-Samuelsson, S. (2016). Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbru- ket. Skogsstyrelsen. Rapport 2–2016.

Många skador som diagnosticeras som luftföroreningsskador kan i själva verket vara svamp- eller insektsskador. Luftföroreningar kan dock indirekt ha orsakat uppkomna skador genom att lägga en ”grundstress” på träden som gjort dem mer mottagliga för andra skadegörare.

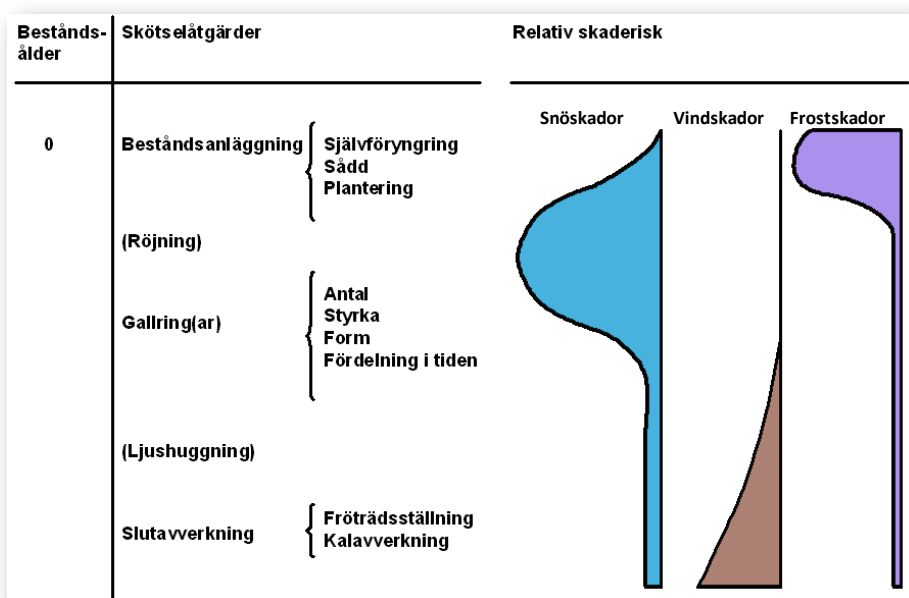
Direkta skador av luftföroreningar på barr syns som missfärgning på grund av frätskador på barrrens vaxskikt och genom att barren fått in skadliga ämnen i sina klyvöppningar. Sot- och dammbeläggningar samt beläggningar av alger på grund av kvävenedfall är andra effekter av luftföroreningar.

Skogsskötsel för att förebygga och minska abiotiska skador

Risken för skador på träd och bestånd varierar under skogens olika utvecklingsfaser (figur SPS105). Under föryngringsfasen dominerar risken för frostska-
dador. Varefter skogen blir äldre ökar risken för snöskador och i slutavverkningsfasen är vindskaderisken störst.

Föryngringsfasen

Föryngringsfasen bör planeras utifrån de förutsättningar som råder innan det gamla beståndet avvecklas. Orsaken är att föryngringsavverkning påverkar en mängd etableringsfaktorer både ovan och under mark.³¹⁵



Figur SPS105 Principskiss över olika skogsskötselåtgärder och relativ risk för skada genom vind, snö eller frost under ett bestånds omloppstid.³¹⁶

Frostskydd

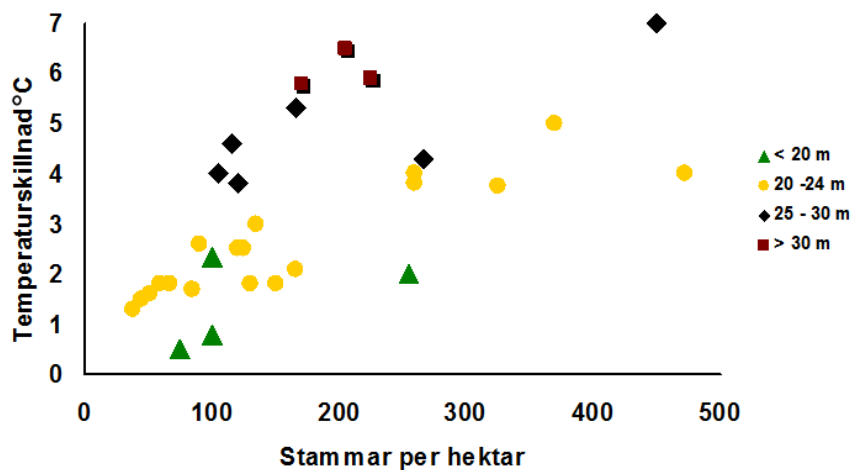
Under föryngringsfasen kan frostproblem uppstå på vissa marker, det vill säga luften närmast marken avkyls till temperaturer under 0 °C även under vegetationsperioden. Det kan leda till att känsliga delar som nyss utslagna skott på plantor fryser och skadas.

³¹⁵ Se: *Skogsskötselserien* kapitel 1, Skogsskötselns grunder och samband.

³¹⁶ Efter: Söderström, V. (1978). *Ekonomisk skogsproduktion. Del 3. Beståndsvård*. LT:s förlag. Stockholm.

Vid risk för frost under vegetationsperioden kan det vara lämpligt att utnyttja befintliga plantor och träd som frostskydd. Det kan betyda att en låg- eller högskärm är en förutsättning för en lyckad föryngring, exempelvis i de områden där vårfrost eller höstfrost förekommer frekvent (jämför figurerna SPS100 och SPS101), samt vid avverkning av tidigare dikade torvmarker. Mindre träd som lämnas kvar som så kallad lågskärm dämpar instrålningen på dagen och minskar sålunda uppvärmningen av marken. På samma sätt kommer de att minska utstrålningen och avkylningen på natten. Det är därför olämpligt att fullständigt hyggesrensa frostlänta marker, framför allt där risk finns för försommarfroster. De träd som är särskilt utsatta är gran och ädla lövträd under och strax efter knoppsprickning.

I södra Sverige är det vanligt att utnyttja lågskärm vid granföryngring. Högskärmar har också en positiv inverkan på möjligheten att lyckas med föryngring i kärva lägen. Minimitemperaturen i marknivå kan höjas med uppemot 3–4 °C genom att lämna en skärm med 20 m höga tallar på mellan 100–250 stammar per ha.³¹⁷ Effekten av skärmen blir än större ju högre träden är (figur SPS106). En temperaturökning på uppemot 6–8 °C har uppmätts under skärmar med 30 m höga granar i Gästrikland.



Figur SPS106 Skillnader i minimitemperatur nära marken mellan kalhygge och skärmar med olika stamantal och vid olika trädhöjder. Källa: Ottosson Löfvenius (1993).³¹⁸

Uppfrysningsskydd

Uppfrysning uppstår när marken sväller och krymper beroende på att markytan fryser samtidigt som finjorden kapillärt transporterar upp mer vatten till ytan. Processen kan skada planrötter och leda till att plantorna inte rotar sig ordentligt. I vissa extrema fall kan även hela rotklumpen på en täckrotsplanta frysa upp så att plantan ligger löst på marken. Det var ett fenomen som bland annat kunde observeras när Paperpot-plantorna som introducerades under 1970-talet var vanliga inom svenskt skogsbruk. Uppfrysning är vanligast på fuktiga, finkorniga marker som är frostutsatta.

³¹⁷ Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.

³¹⁸ Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.

För att minska risken för uppfrysning bör höstplantering och höstsådd undvikas på mjäla- och lermarker. Plantering och sådd under vår och försommar gör att plantor och frön normalt kan utveckla ett bra rotsystem under växtsäsongen, vilket minskar risken för att de fryser upp och följande år ligger uppe på marken. Sätts en planta i omvänd torva minskar risken för att den fryser upp.

Markbehandling

Vid risk för frost kan någon form av markbehandling vara nödvändig för att få plantor att etablera sig. Stubbar och stenar, som värms upp på dagen och utstrålar värme på natten kan ge visst frotskydd. Även bar mineraljord som i solljus värms upp snabbare än vegetationsklädd mark strålar ut värme på natten. På så sätt dämpar markberedningsfläckar, harvspår och högar med mineraljord frostrisken. Tiltor och terrasser på markberedd mark kan dagtid magasinera värme som strålar ut nattetid och ge frotskydd.

Eftersom frostrisken är högst i lägre partier i terrängen och luften där är kallast under klara nätter, kommer plantor på tiltor och terrasser att undgå den allra svåraste frosten. Å andra sidan kommer plantor satta på sådana upphöjningar att skjuta skott tidigare och därför riskera att bli utsatta för vårfroster. Det kan vara särskilt besvärligt i södra Sverige. Risken för vårfrostsador nattetid ökar med tidigare uppvärmning och därmed tidigare skottskjutning på våren på grund av klimatförändringen.

Bränning är en markbehandlingsmetod som också kan minska risken för frostsador genom att den brända marken blir uppvärmd under dagtid.

Risken för stormskador kan påverkas redan vid föryngringsfasen då markberedning och dikning kan påverka rotutvecklingen. Ökad stormfasthet kan fås genom att välja metoder som ger en symmetrisk rotutveckling och ett ökat rotdjup.³¹⁹

Sådd

Sådd är en olämplig föryngringsmetod på vegetationsrika marker och marker med risk för uppfrysning. Även om antalet plantor kan bli högt första sommaren, kommer många av dem att utsättas för sådant vegetationstryck och för uppfrysning under den första hösten och vintern att de är döda eller svårt skadade följande vår. Sådd bör inte heller användas på marker med grov textur eftersom det ger fröet och groddplantan osäker kapillär vattenförsörjning. Bäst såddresultat erhålls på friska marker med liten till måttlig vegetation och på torra marker utan grov textur.³²⁰

³¹⁹ Jactel, H., Nicoll, B., Branco, M. et al (2009). The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. For. Sci.* 66: 701.

³²⁰ Se *Skogsskötselserien* nr 5, Sådd. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Plantornas härkomst

För att uppnå bra resultat vid förnyring bör trädslag och plantornas härkomst³²¹ väljas med tanke på risken för frostskador på grund av dålig genetisk anpassning till odlingslokalen. Lämpligt anpassade plantor skjuter inte skott för tidigt på våren då frostrisken är stor och invintrar inte senare på hösten än att plantan hinner förbereda sig för vintern.

De allra flesta plantor som används i svenskt skogsbruk kommer från frö skördade i fröplantager. Genom att använda plantor från en fröplantage som är avsedd för ett visst geografiskt område (fröplantagezon) minimeras risken för frostskador under plantornas första år på hygget.

Även om skador från vind främst uppträder senare i omloppstiden kan de val man gör tidigt påverka risken. Frågan om blandskog är bättre eller sämre ur stabilitetssynvinkel är omdebatterad. Det finns studier baserade på erfarenheter från olika stormar som indikerar att det skulle kunna vara fördelaktigt med blandskog^{322,323} och det finns de som visar att det tvärtom verkar destabiliserande.³²⁴ Frågan är komplex och vilka mekanismer som specifikt påverkar blandskogens stabilitet får än så länge anses vara obesvarad.

Ungskogsfasen

Under ungsogsfasen, som omfattar tiden från det att ett bestånd når över brösthöjd (1,3 m) till dess att det är ungefär 7 m, är snöskador den vanligaste abiotiska skadan.³²⁵

Röjning

Om de enskilda träden i ungsogren växer tätt och får upphissade kronor, vilket blir fallet om röjning inte gjorts eller om den utförts felaktigt, finns risk att blötsnö som fastnar i kronorna böjer eller bryter träden. Snöskador är vanliga längs Norrlandskusten och i fjällnära skog (figur SPS97).³²⁶ Risken för snöskador kan minskas genom att de enskilda stammarnas tillväxt gynnas genom röjning så de får en snabbare diametertillväxt och blir mindre gängliga.

Efter röjningen ökar emellertid risken för snöbrott under några år innan träden hunnit anpassa sig till de nya förhållanden som uppstått efter ingreppet. Om planröjning inte utförts i bestånd som är stamtäta kan det vara

³²¹ Med härkomst avses geografiskt ursprung, till exempel en given fröplantage eller läget för ett frötäktområde varifrån frö hämtas. Härkomst används ofta liktydigt med proveniens, men bara för att beteckna ett ursprung och inte en befintlig växtplats. För bra plantval se: www.kunskapdirekt.se (Verktyg, Plantval).

³²² Schutz, J. P., Götz, M., Schmid, W. & Mandallaz, D. (2006). Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *Eur. J. For. Res.* 125: 291–302.

³²³ Valinger, E. & Fridman, J. (2011). Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *For. Ecol. Manag.* 262: 398–403.

³²⁴ Jørgensen, B. B. (2001). Erfaringer om stormfasthed fra FSL's langsigtede forsøg. DST, *Dansk Skovbrugs Tidsskrift* 3: 145–208.

³²⁵ Se *Skogsskötselserien* nr 6, Röjning. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselseriesen.

³²⁶ Valinger, E. & Fridman, J. (1999). Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce, and birch forests in Sweden. *Environmental Management* 24: 209–217.

bättre att röja svagt men återkommande än att röja hårt och endast en gång.³²⁷

Gallringsfasen

Gallring påverkar risken för snö- och vindskador på olika sätt, beroende på beståndets ålder, beståndets exposition, markens beskaffenhet, med mera. Syftet med gallring är, liksom med röjning, att koncentrera tillväxten till färre träd och att förebygga risk för självgallring³²⁸ och att därigenom skapa ett slutavverkningsbestånd med högt virkesvärde samtidigt som man får en intäkt från åtgärden.

Gallring utförs normalt som selektiv gallring, det vill säga de träd som ska gallras ut väljs utifrån deras utseende (storlek, skador, kvalitet, med mera) och rumsliga fördelning. Målet är ett bestånd där träden är någorlunda jämnt fördelade över arealen och utan luckor, samt där huvuddelen av träden har potential att utvecklas till högvärdiga timmerträd.

Gallringsformen beskriver om de utgallrade träden tillhör de större eller mindre träden i beståndet. Den betecknas som *höggallring* om de utgallrade träden är större än de som står kvar, *låggallring* om de utgallrade träden är mindre än de som står kvar eller *likformig gallring* om träd ur alla storleksklasser gallras ut.³²⁹

Risken för snöskador är störst om gallringen utförs som höggallring. På samma sätt som när röjning eller gallring inte utförts lämnar denna gallringsform ett stamrikt bestånd med klenta träd och upphissade kronor, vilka har svårt att klara belastning från bland annat snö.³³⁰ Låggallring däremot resulterar i bestånd som klarar sig bättre gentemot snöskador.

Gallringen är ett ingrepp som förändrar vindmiljön för de kvarvarande träden och ökar risken för skada eftersom träden då utsätts för ökad mekanisk belastning från vind då de friställs. Hur mycket risken ökar beror bland annat på hur hård gallringen är samt hur höga träden är vid gallringstillfället. Vid första gallringen är det en god idé att lägga stickvägarna med ett sådant avstånd så att kanträden inte behöver tas bort under resterande omloppstid. Eftersom varje gallringstillfälle ger upphov till ökad risk för vindfällning bör man ur vindskadeperspektiv gallra så få gånger som möjligt. Oskötta äldre bestånd samt områden som är hårt vindutsatta bör gallras relativt svagt eller inte alls. Ett skogsbruk med få eller inga gallringar kräver dock att man i röjningsfasen reducerar stamantalet för att inte dimensionsutvecklingen ska bli alltför begränsad. Yngre stamrika bestånd som är belägna över 200 meter över havet kan drabbas av snöskador beroende på orografisk molnbildning (se avsnittet *Snöskador*) och nederbörd som sammanfaller med temperaturer kring fryspunkten.

³²⁷ Grunderna för röjning och hur röjning kan utföras beskrivs närmare i Skogsskötselseriens kapitel 6, Röjning.

³²⁸ *Självgallring* är ett begrepp som används när träd dör på grund av trängsel, dels på grund av att de bryts av eller faller omkull på grund av snötryck, vind eller av snötryck i kombination med vind. I gallringsfasen uppstår självgallring främst i täta bestånd som aldrig röjts. I sådana bestånd är den mest verkningsfulla åtgärden mot snöskador utglesning genom avverkning av i första hand undertryckta, behärskade och medhärskande träd.

³²⁹ Se *Skogsskötselserien* nr 7, Gallring. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³³⁰ Valinger, E. och Pettersson, N. 1996. Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden. *Forestry* 69, s. 25–33.

Slutavverkningsfasen

Avverkningsplanering

Vindfällning är den vanligaste abiotiska skadeformen under slutavverkningsfasen. Vindfällning medför i allmänhet stora ekonomiska förluster för skogsägaren genom de höga kostnaderna för att ta tillvara virke som många gånger ligger utspritt i terrängen. Skador i slutavverkningsmogen skog leder ofta till framtida virkesförluster och till att den långsiktiga skogsbruksplaneringen rubbas. En av de mest effektiva stormanpassningarna man kan göra skötselmässigt är att förkorta omloppstiden eftersom risken för vindfällning ökar starkt med höjden på beståndet. Dessutom minskar sannolikheten att en storm uppträder under den känsligaste perioden av omloppstiden om omloppstiden förkortas.³³¹

För att minska risken för abiotiska skador är det viktigt att planera framtida åtgärder redan i samband med avveckling av det äldre beståndet. Beslut om hur bestånd skall återbeskogas bör därför föregås av beslut om beståndsavvecklingen skall utföras som kalhuggning, skärmställning eller etappvis slutavverkning, eller om beståndet passar för blädningsbruk.³³²

Beståndsavveckling

Förberedelserna för beståndsavveckling bör omfatta analys av det omgivande landskapet. Finns till exempel riskutsatta bestånd i närheten och risken för snö- och vindskador i dessa bestånd ökar om man anlägger en öppen yta, bör någon form av modifiering av slutavverkningen göras. Efter slutavverkningen följer en ny föryngringsfas och trakthyggesbrukets fasar upprepas.

Vid frostrisk bör beslut om avveckling innehålla överväganden om man ska lämna skärm eller fröträd för att ge frotskydd eller om det räcker med exempelvis markberedning med högläggning.

Om beståndet som skall avvecklas består av fullskiktad granskog kan blädningsbruk³³³ användas. Skiktade bestånd har något större stormfasthet än ej skiktade³³⁴ som en följd av att de härskande träden i en skiktad skog danats i ett mer vindutsatt läge.³³⁵

³³¹ Jactel, H., Nicoll, B., Branco, M. et al (2009). The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. For. Sci.* 66: 701.

³³² För översikt, se *Skogsskötselserien* nr 1, Skogsskötselns grunder och samband. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³³³ Se *Skogsskötselserien* nr 13, Blädningsbruk. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³³⁴ Valinger, E., Ottosson Löfvenius, M., Johansson, U., Fridman, J., Claeson, S. och Gustafsson, Å. 2006. Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun. Skogsstyrelsen. Rapport 8–2006.

³³⁵ Mason, W.L. (2002). Are irregular stands more windfirm? *Forestry* 75: 347–355.

Litteratur

- Ahumada, R., Rotella, A., Poisson, M., Durán, Á. och Wingfield, M.J. (2013). *Phytophthora pinifolia*: the cause of Daño Foliar del Pino on *Pinus radiata* in Chile. In: Lamour K. (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 159–165. Wallingford, UK: CABI.
- Alexandersson, H. & Edquist, E. (2006). Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991–2005 med 1961–1990. *SMHI Faktablad* 29, Norrköping.
- Anon. 2005. Beredningsplan for bruk ved omfattande stormskader. Norges Skogeierforbund og Skogsbrand. *Report*. Juli 2005.
- Anon. (2007). Skogsskötsel för en framtid. *KSLA:s tidskrift* nr 4, årgång 146.
- Anon. (2006). *Främmande trädslag – en naturlig del av svenskt skogsbruk*. PM Skogsindustrierna, 12 s.
- Ayres, M.P., & Lombardero, M.J. (2000). Assessing the consequences of climate change for forest herbivore and pathogens. *Sci. Total Env.* 262: 263–286.
- Bakys, R. (2013). Dieback of *Fraxinus excelsior* in the Baltic Sea Region. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. & Stenlid, J. (2009). Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathol.* 58: 284–292.
- Bakys, R., Vasilias, A., Ihrmark, K., Stenlid, J. & Menkis, A. (2011). Root rot, associated fungi and their impact on health condition of declining *Fraxinus excelsior* stands in Lithuania. *Scand. J. For. Res.* 26: 128–135.
- Barklund, P. (2002). Ekskador i Europa. Skogsstyrelsen. *Rapport* 2002:1. Skogsstyrelsen.
- Barklund, P. (2009). Almen och asken hotas av svampsjukdomar. *Lustgården* 89: 77–84.
- Bengtsson, G. (1976). *Skogs- och virkesskydd*. Sveriges skogsvårdsförbund, s. 58–78.
- Bengtsson, S.B.K. (2013). Dieback of *Fraxinus excelsior* Biology and Ash Dieback and Genetic Variation of the Fungus *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Bengtsson, V., Stenström, A. & Finsberg, C. (2013). The Impact of Ash Dieback on Veteran and Pollarded Trees in Sweden. *Quarterly J. Forestry* 107:27–33.
- Bergdahl, D.R. & Ward, T.M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. Martinus Nijhoff – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.
- Bergh, J. (2006). Praktiskt tillämpade försök med gödsling i ungskog av gran. I: Slutrapport för fiberskogsprogrammet. Bergh, J & Oleskog, G. (red.) SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport* Nr 27 2006. s. 18–37.
- Bergh, J., Blennow, K. (red), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O. & Karlsson, M. (2007). *Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket*. Appendix B19 i ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.
- Berlin Kolm, S., Björkman, C., Bonosi, L., Ghelardini, L., Lehrman, A., Nordh, N-E., Rönnerberg-Wästljung, A.C., Samils, B., Stenberg, J., Stenlid, J., Weih, M., Åhman, I. & von Arnold, S. (2011). Nya salixsorter med modern växtförädlings teknik. *Fakta jordbruk* Nr 1.
- Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 27. Umeå.

- Bernhold, A., Hansson, P., Rioux, D., Simard, M. & Laflamme, G. (2009). Resistance to *Gremmeniella abietina* (European race, large tree type) in introduced *Pinus contorta* and native *Pinus sylvestris* in Sweden. *Can. J. For. Res.* 39: 89–96.
- Bernhold, A., Witzell, J. & Hansson, P. (2006). Effect of slash removal on *Gremmeniella abietina* incidence on *Pinus sylvestris* after clear-cutting in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21: 489–495.
- Bingham, R.T. & Gremmen, J. (1971). A proposed international program for testing white pine blister rust resistance. *Eur. J. For. Path.* 1: 93–100.
- Björkman, C. & Eklund, K. (2004). Skörd stör biologisk kontroll av skadeinsekter. *Fakta Jordbruk* Nr 3.
- Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) Klimatet och skogen. *KSLA:s tidskrift* 145: 19–34.
- Björkman, C., Bylund, H., Nilsson, U., Nordlander, G. & Schroeder, L. M. (2015). Forest management to mitigate insect damage in a changing climate. Pp. 248–266 in: Björkman, C. & Niemelä, P. (eds.) *Climate Change and Insect Pests*. CABI, UK, ix + 266 pp. ISBN-13: 978 1 78064 378 6.
- Blada, I. & Popescu, F. (2004). Genetic Research and Development of Five-Needle Pines (*Pinus subgenus* Strobus) in Europe: An Overview. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-32*, s. 51–60.
- Blennow, K. & Olofsson, E. (2008). The probability of wind damage in forestry under a changed wind climate. *Climatic Change* 87: 347–360.
- Bonello, P., Heller, W. & Sanderman, H. (1993). Ozone effects on root-disease susceptibility and defence responses in mycorrhizal and non-mycorrhizal seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *New Phytol.* 124: 653–663.
- Boyce, J. S. (1941). Exotic trees and diseases. *J. For.* 39: 907–913.
- Boyce, J. S. (1951). Introduction of exotic trees. *Unasilver* 8.
- Boyce, J.S. (1961). *Forest pathology*. 3:e upplagan. New York, McGraw-Hill.
- Brandtberg, P.O., Johansson, M. & Seeger, P. (1996). Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scand. J. For. Res.* 11: 261–268.
- Brasier, C. (1996). New horizons on Dutch elm disease control. Report on forest research, Forestry commission Edinburgh, U.K.
- Brasier, C.M. (2008). The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology* 57: 792–808.
- Brasier, C. och Webber, J. (2010). Plant pathology: Sudden larch death. *Nature* 466(7308): 824–825.
- Breshears, D. D., Cobb, N. S., Rich, P.M., Price, K. P. & Allen, C. D. (2005). Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *PNAS* 102:15144–15148.
- Browne, F.G. (1968). *Pests and diseases of forest plantation trees*. Oxford: Clarendon Press. 1330 s.
- Burgess, T.I. (2015). Molecular characterization of natural hybrids formed between five related indigenous clade 6 *Phytophthora* species. *PLoS ONE* 10(8): e0134225. doi:10.1371/journal.pone.0134225.
- Bylund, H., Nordlander, G. & Nordenhem, H. (2004). Feeding and oviposition rates in the pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *Bull. Entomol. Res.* 94: 307–317.
- Cederlund, G., Ljungqvist, H., Markgren, G. & Stålfelt, F. (1980). Foods of moose and roe-deer at Grimsö in central Sweden: results of rumen content analyses. *Viltrevy* 11: 169–247.
- Chou, C.K.S. (1991). Perspectives of disease threat in large-scale *Pinus radiata* monoculture – the New Zealand experience. *For. Path.* 21: 71–81.
- Christiansen, E. & Krokene, P. (1999). Can Norway spruce trees be "vaccinated" against attack by *Ips typographus*? *Agric. For. Entom.* 1: 185–187.

- Cleary, M. R., Arhipova, N., Gaitnieks, T., Stenlid, J. & Vasaitis, R. (2012). Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. *For. Pathol.* 43, 83–85.
- Cleary, M., Arhipova, N., Morrison, D. J. & Stenlid, J. (2013). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *For. Ecol. Manage.* 290: 5–14.
- Cleary, M.R., Arhipova, N., Morrison, D.J., Thomsen I.M., Sturrock, R.N., Vasaitis, R., Gaitnieks, T. & Stenlid, J. (2013). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trails. *For. Ecol. Manag.* 290: 5–14.
- Cleary, M., Ghasemkhani, M., Blomquist, M. och Witzell, J. (2016). First report of *Phytophthora gonapodyides* causing stem canker on European beech (*Fagus sylvatica*) in Southern Sweden. *Plant Disease* 100(10): 2174.
- Cleary, M., Blomquist, M., Vetukuri, R.R., Böhlenius, H. och Witzell J (2017). Susceptibility of common tree species in Sweden to *Phytophthora cambivora*, *P. plurivora* and *P. cactorum*. *Forest Pathology* (in press).
- Colautti, R.I., Ricciardi, A., Grigorovich, I.A. & MacIsaac, H.J. 2004. Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? *Ecol. Lett.* 7: 721–733.
- Coutts, M.P., Gardiner, B. A., Pyatt, D. G. & Quine, C. P. (1994). *Forests and Wind: Managmenst to minimise damage*, Forestry commision bulletin, HMSO, London (in press).
- Crous, P.D., Quaedvlieg, W., Hansen, K., Hawksworth, D.L. & Groenewald, J.Z. (2014). *Phacidium* and *Ceuthospora* (*Phacidiaceae*) are congeneric: taxonomic and nomenclatural implications. *IMA Fungus* 5: 173–193.
doi:10.5598/imafungus.2014.05.02.02
- Dalio, R.J.D., Fleischmann, F., Humez, M. och Osswald, W. (2014). Phosphite Protects *Fagus sylvatica* Seedlings towards *Phytophthora plurivora* via Local Toxicity, Priming and Facilitation of Pathogen Recognition. *PLoS ONE* 9(1): e87860.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J. & Wotton, B.M. (2001). Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51: 723–734.
- Danielsson, M., Kännaste, A., Lindström, A., Hellqvist, C., Stattin, E., Långström, B. & Borg-Karlson, A.-K. (2008). Mini-seedlings of *Picea abies* are less attacked by *Hylobius abietis* than conventional ones: Is plant chemistry the explanation? *Scand. J. For. Res.* 23: 299–306.
- Denman, S., Kirk, S.A., Brasier, C.M. och Webber, J.F. (2005). In vitro leaf inoculation studies as an indication of tree foliage susceptibility to *Phytophthora ramorum* in the UK. *Plant Pathology* 54: 512–521.
- Desprez-Loustau, M.L. (1986). Physiology of in vitro germination of *Melampsora piniroqua* Rostr. Basidiospores; consequences for the understanding of the infections process. *Eur. J. For. Path.* 16: 193–206.
- Desprez-Loustau, M.L. (1990). A cut-shoot bioassay for assessment of *Pinus pinaster* susceptibility to *Melampsora piniroqua*. *Eur. J. For. Path.* 20: 386–391.
- Desprez-Loustau, M.-L. & Dupuis, F. (1992). A time-course study of teliospore germination and basidiospore release in *Melampsora piniroqua*. *Mycol. Res.* 96: 442–446.
- Desprez-Loustau, M.-L. & Dupuis, F. (1994). Variation in the phenology of shoot elongation between geographic provenances of maritime pine (*Pinus pinaster*) – implications for the synchrony with the phenology of the twisting rust fungus, *Melampsora piniroqua*. *Ann. Sci. For.* 51: 553–568.

- Desprez-Loustau, M.L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C. & Marçais, B. (2007). Simulating the effects of a climate change scenario on geographical range and activity of forest pathogenic fungi. *Can. J. Plant Pathol.* 29: 101–120.
- Dogmus-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Woodward, S. & Oskay, F. (2016). Impacts of inoculation with *Herpotrichia pinetorum*, *Gremmenia infestans* and *Gremmeniella abietina* on *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Cedrus libani* seedlings in the field. *For. Pathol.* 46: 47–53. doi: 10.1111/efp.12213
- Donaubauer, E. (1972). Distribution and hosts of *Scleroderris lagerbergii* in Europe and North America. *Eur. J. For. Path.* 2: 6–11.
- Dorworth, C. (1972). Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii* in central Ontario. *Can. J. Bot.* 50: 751–765.
- Edenius, L., Mikusiński, G., Witzell, J. & Bergh, J. (2012). Effects of repeated fertilization of young Norway spruce on foliar phenolics and arthropods: Implications for insectivorous birds' food resources. *For. Ecol. Manage.* 277: 38–45.
- Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.
- Ehnström, B. & Axelsson, R. (2002). *Insektsnag i bark och ved*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.
- Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag, Stockholm. 355 s.
- Emilsson, M. (2002). Långdistansspridning av snöskytt. Examensarbete 2002–01, SLU, Inst. f. skogsskötsel, SLU.
- Eriksson, H., Bergqvist, J., Hazell, P., Isacson, G., Lomander, A. & Black-Samuelsson, S. (2016). Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket. Skogsstyrelsen. Rapport 2–2016.
- Fedderwitz, F., Nordlander, G., Ninkovic, V. & Björklund, N. (2016). Effects of jasmonate-induced resistance of conifer plants on the feeding behaviour of a bark-chewing insect, *Hylobius abietis*. *J. Pest Sci.* 89: 97–105.
- Forsslund, K.H. (1960). Studier över lilla tallstekeln, *Diprion pallipes* (Fall.). *Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut* 49:8.
- French, W.J. & Silverborg, S.-B. (1967). *Scleroderris* canker of red pine in New York state plantations. *Plant Dis. Rep.* 51: 108–109.
- Fry, W.E. och Grünwald, N.J. (2010). Introduction to Oomycetes. *The Plant Health Instructor*. DOI:10.1094/PHI-I-2010-1207-01.
- Garbelotto M, Svihra P & Rizzo DM (2001). Sudden oak death syndrome fells 3 oak species. *Californian Agriculture* 55: 9–19.
- Gardiner, B., Peltola, H. & Kellomäki, S. (2000). Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. *Ecol. Model.* 129: 1–23.
- Garrido, P., Lindqvist, S. & Kjellander, P. (2014). Natural forage composition decreases deer browsing on *Picea abies* around supplemental feeding sites. *Scand. J. For. Res.* 29: 1–9.
- Gartland, K.M.A., Crowl, R.M., Fenning, T.M. & Gartland, J.S. (2003). Genetically modified trees: production, properties and potential. *J. Arboric.* 29: 259–266.
- Gaulin, E., Bottin, A. och Dumas, B. (2010). Sterol biosynthesis in oomycete pathogens. *Plant Signaling & Behavior* 5: 258–260.
- Ghelardini, L. (2007). Bud burst phenology, dormancy release and susceptibility to Dutch Elm Disease in elms (*Ulmus* spp.). *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 134.
- Geils, B.W., Hummer, K.E., & Hunt, R.S. (2010). White pines, Ribes, and blister rust: a review and synthesis. *For. Path.* 40:147–185.

- Gill, R.M.A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.
- Giurca, A. & von Stedingk, H. (2014). FSC pesticides policy in Sweden 2014. Forest Stewardship Council, FSC Sweden, 16 s.
<http://se.fsc.org/rapporter.289.htm> (added 3 September 2014).
- Glöde, D., Bergström, R. & Pettersson, F. (2004). Intäktsförluster på grund av äldbetning av tall i Sverige. SkogForsk *Arbetsrapport* 570. 30 s.
- Gref, R. (1987). Resin acids and resistance of *Pinus sylvestris* to *Melampsora pinitorqua*. *Eur. J. For. Path.* 17: 227–230.
- Grossnickle, S. C. (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43: 711–738.
- Gråberg, M. & Tynelius, S. (1993). Holländsk almsjuka. *Faktablad om Växtskydd* 93 T, SLU.
- Gunulf, A., Wang, L.Y., Englund, J.-E. & Rönnberg, J. (2013). Secondary spread by *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to adjacent trees. *For. Ecol. Manag.* 287:1–8.
- Hakulinen, J. (1998). Nitrogen-induced reduction in leaf phenolic level is not accompanied by increased rust frequency in a compatible willow (*Salix myrsinifolia*) – *Melampsora* rust interaction. *Physiol. Plant.* 102: 101–110.
- Hamelin, R. (2005). Forest Pathology in the Era of Genomics. I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*, s. 1–9. APS Press.
- Hamelin, R.C., Lecours, N., Hansson, P., Hellgren, M. & Laflamme, G. (1996). Genetic differentiation within the European race of *Gremmeniella abietina*. *Mycol. Res.* 100: 49–56.
- Hannerz, M. (1994). Winter injuries to Norway spruce observed in plantations and a seed orchard. Skogforsk. *Report* nr 6, Uppsala. 22 s.
- Hansson, L. (1994). Bark consumption by voles in relation to geographical origin of tree species. *Scand. J. For. Res.* 9: 288–296.
- Hansson, L. (2002a). Consumption of bark and seeds by voles in relation to habitat and landscape structure. *Scand. J. For. Res.* 17: 28–34.
- Hansson, L. (2002b). Dynamic and trophic interactions of small rodents: landscape or regional effects on spatial variation. *Oecologia* 130: 259–266.
- Hansson, P. (1996). *Gremmeniella abietina* in northern Sweden: silvicultural aspects of disease development in the introduced *Pinus contorta* and in *Pinus sylvestris*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 10. Umeå.
- Hansson, P. (2006). Effects of small tree retention and logging slash on snow blight growth on Scots pine regeneration *For. Ecol. Man.* 236: 368–374.
- Hansson, P. & Karlman, M. (1997). Survival, height and health status of 20-year-old *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* after different scarification treatments in a harsh boreal climate. *Scand. J. For. Res.* 12: 340–350.
- 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. & Stanosz, J.C. (red.), *Foliage, Shoot and Stem Diseases*. Proceedings of a IUFRO Working Party, June 13–19. 2004, Corvallis, Oregon, USA, s. 67–69.
- Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J. & Moricca, S. (2002). Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycol. Res.* 106: 203–209.
- Harvell, C.D., Mitchell, C.E., Ward, J.R., Altizer, S., Dobson, A.P. Ostfeld, R.S. & Samuel M.D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296: 2158–2162.
- Heikkilä, R. & Löytyniemi, K. (1992). Growth responses of young Scots pines to artificial shoot breaking simulation moose damage. *Silva Fenn.* 26: 19–26.

- Heiska, S., Tikkanen, O.-P., Rousi, M. & Julkunen-Tiitto, R. (2007). Bark salicylates and condensed tannins reduce vole browsing amongst cultivated dark-leaved willows (*Salix myrsinifolia*). *Chemoecology* 17: 245–253.
- Hellgren, M. & Barklund, P. (1992). Studies of the life-cycle of *Gremmeniella abietina* on Scots pine in southern Sweden. *Eur. J. For. Path.* 22: 300–311.
- Hellgren, M. & Högberg, N. (1995). Ecotypic variation of *Gremmeniella abietina* in northern Europe – disease patterns reflected by DNA variation. *Can. J. Bot.* 73: 1531–1539.
- Hellqvist, C., Lindelöw, Å. & Nordlander, G. (2014). Ökande plantskador av bast-borrar. *Skogseko* 2014(2): 40–41.
- Hewson, R. (1977). Browsing by mountain hares *Lepus timidus* on trees and shrubs in north-east Scotland. *J. Zool.* 182: 168–171.
- Highley, T.L. & Illman, B.L. (1991). Progress in understanding how brown rot fungi degrade cellulose. *Biodet. Abstr.* 5: 231–244.
- Hjältén, J. & Axelsson, P. (2015). GM trees with increased resistance to herbivores: trait efficiency and their potential to promote tree growth. *Front. Plant Sci.* 6 no 279.
- Hjältén, J. & Palo, T. (1992). Selection of deciduous trees by free-ranging voles and hares in relation to plant chemistry. *Oikos* 63: 477–484.
- Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J. & Hurry, W. (2007). Unintentional changes of defense traits in GM trees can affect plant-herbivore interactions. *Basic Appl. Ecol.* 8: 434–443.
- Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J. & Hurry, W. (2008). Vole response to unintentional changes in the chemistry of GM poplars. *Chemoecology* 18: 227–231.
- Hjältén, J., Stenbacka, F. & Andersson, J. (2010). Saproxylic beetle assemblages on low stumps, high stumps and logs: implications for environmental effects of stump harvesting. *For. Ecol. Manage.* 260: 1149–1155.
- Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 443–457.
- Holmberg, L.-E. (2005). Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren. *Rapport 9–2005*. Skogsstyrelsen. 14 s.
- Holmes, T. P. (1991). Price and welfare effects of catastrophic forest damage from Southern Pine Beetle epidemics. *For. Sci.* 37: 500–516.
- Hollsten, R., Arkelöv, O. & Ingelman, G. (2013). Handbok för salixodlare. Jordbruksverket.
- Houston, D.R. (1994). Major new tree disease epidemics: beech bark disease. *Annu. Rev. Phytopath.* 32: 75–87.
- Hunt, R. S. (1982). White pine blister rust in British Columbia. I. The possibilities of control by branch removal. *For. Chron.* 58: 136–138.
- Huusko, K., Tarvainen, O., Saravesi, K., Pennanen, T., Fritze, H., Kubin, E. & Markkola, A. (2015). Short-term impacts of energy wood harvesting on ectomycorrhizal fungal communities of Norway spruce saplings. *The ISME Journal*, 9(3), 581–591. <http://doi.org/10.1038/ismej.2014.154>.
- Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (1977). Site index estimation by means of site properties. Scots pine and Norway spruce in Sweden. *Stud. For. Suec.* 138. 38 s.
- Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (1982). Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2. Diagram och tabeller. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Härkönen, S. (1998). Effects of silvicultural cleaning in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Scand. J. For. Res.* 13: 429–436.

- Härlin, C. & Eriksson, S. (2016). Test av mekaniska plantskydd mot snytbaggas i omärkberedd och märkberedd mark, anlagt våren 2012. Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning, Rapport 12.
- Höglund, S., Eklund, K. & Björkman, C. 1999. Insektsskadegörare i *Salix* odlingar – bladbaggar. *Växtskyddsnotiser* 63: 20–26.
- Iason, G. & Palo, T. (1991). Effects of birch phenolics on a grazing and a browsing mammal: a comparison of hares. *J. Chem. Ecol.* 17: 1733–1744.
- IPCC. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections. (2013). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. Stocker, T. F. m.fl.) 1311–1394. Cambridge University Press.
- Jactel, H., Nicoll, B., Branco, M. et al (2009). The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. For. Sci.* 66: 701.
- Jansson, S. & Douglas, C.J. (2007). *Populus*: a model system for plant biology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 435–458.
- Jia, J., Niemelä, P. & Danell, K. (1995). Moose (*Alces alces*) bite diameter selection in relation to twig quality on four phenotypes of Scots pine *Pinus sylvestris*. *Wildlife Biol.* 1: 47–55.
- Johansson, V., Felton, A. & Ranius, T. (2016). Stump harvesting – impact on climate and environment. *For. Ecol. Manage.* 371: 103–113.
- Johansson, A., Liberg, O. & Wahlström, L.K. (1995). Temporal and physical characteristics of scraping and rubbing in roe deer (*Capreolus capreolus*). *J. Mammal.* 76: 123–129.
- Johansson, K. & Pettersson, N. (1997). Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. I: Johansson, K. *Effect of early competition on wood properties of Norway spruce. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silviculturae* 19.
- Johansson, S., (Bengtsson, S.), Stenlid, J., Barklund, P. & Vasaitis, R. (2009). Svampen bakom askskottsjukan – biologisk och genetisk. *Fakta skog*, SLU, Nr 3 2009.
- Judelson, H.S. och Blanco, F.A. (2005). The spores of *Phytophthora*: weapons of the plant destroyer. *Nature Reviews Microbiology* 3: 47–58.
- Jukka, L. (red.) 1988. *En bok om skogens hälsa: skogsskador och bekämpning av dem*. ISBN 951-9176-45-4. Helsingfors. 168 s.
- Jung, T. (2011). Investigation of the casual agents of the declining and dieback of mature beech trees (*Fagus sylvatica* L.) in Pildammsparken in Malmö. Report.
- Jung, T. och Blaschke, H. (1996). *Phytophthora* root rot in declining forest trees. *Phyton (Austria)* 36: 95–102.
- Jung, T. och Blaschke, M. (2004). *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology* 53: 197–208.
- Jung, T., Vetrano, A.M., Cech, T. och Vannini, A. (2013). The impact of invasive *Phytophthora* species on European forests. In: Lamour, K. (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 146–158. Wallingford: CABI.
- Jung, T., m.fl. (2015). Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *Forest Pathology* 46: 134–163.
- Jurevics, A., Peichl, M., Olsson, B. A., Strömgren, M., & Egnell, G. (2016). Slash and stump harvest have no general impact on soil and tree biomass C pools after 32–39 years. *For. Ecol. Manage.* 371: 33–41.
- Juzwik, J., Harrington, T.C., MacDonald, W.L. & Appel, D.N. (2008). The Origin of *Ceratocystis fagacearum*, the Oak Wilt Fungus. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46: 13–26.

- Jönsson U. (2004). *Phytophthora and Oak Decline – Impact on seedlings and mature trees in forest soils*. Avhandling. Lunds Universitet.
- Jönsson, U., Jung, T., Sonesson, K. och Rosengren, U. (2005). Relationships between health of *Quercus robur*, occurrence of *Phytophthora* species and site conditions in southern Sweden. *Plant Pathology* 54: 502–511.
- Jørgensen, B. B. (2001). Erfaringer om stormfasthed fra FSL's langsigtede forsøg. DST, *Dansk Skovbrugs Tidsskrift* 3: 145–208.
- Kaasa, J. (1971). Furuforyngelseproblemet på steder med snoskytteherjinger. *Tidskr. Skogbr.* 3: 276–291.
- Kaitera, J. (2002). Short-term effect of thinning on *Pinus sylvestris* damage and sporulation caused by *Cronartium flaccidum*. *Scand. J. For. Res.* 17: 158–165.
- Kaitera, J. (2003). Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *For. Path.* 33: 353–362.
- Kaitera, J. (2007). Effect of tree susceptibility on *Peridermium pini* lesion development and sporulation on Scots pine. *Balt. For.* 13: 45–53.
- Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1992). Disease history of *Gremmeniella abietina* in a *Pinus sylvestris* stand. *Eur. J. For. Path.* 22: 371–378.
- Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1994). The history of shoot damage by *Tomicus* spp. (Col., Scolytidae) in a *Pinus sylvestris* L. stand damaged by the shoot-disease fungus *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet. *J. Appl. Entom.* 117: 307–313.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2003). *Cronartium flaccidum* produces uredinia and telia on *Melampyrum nemorosum* and on Finnish *Vincetoxicum hirundinaria*. *For. Path.* 33: 205–213.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2008). Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *For. Ecol. Man.* 255: 973–981.
- Kaitera, J., Hantula, J. & Jalkanen, R. (1997). Development of fruiting bodies of large tree type of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* and timing of infection on Scots pine in northern Finland. *Eur. J. For. Path.* 27: 115–124.
- Kaitera, J., Hiltunen, R. & Samils, B. (2012). Alternate host ranges of *Cronartium flaccidum* and *Cronartium ribicola* in northern Europe. *Botany* 90: 694–703.
- Kaitera, J., Mäkitalo, K. & Hantula, J. (2014). Incidence of *Gremmeniella abietina* in planted seedlings of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in northern Finland. *For. Path.* 45: 14–20.
- Kallio, T. (1970). Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta For. Fenn.* 107: 1–55.
- Kardell, L. (2000). Har vi sett några resultat av ett sekels viltskadedebatt? *Skog & Forskning* 2: 28–34.
- Karlman, L., Martinsson, O., Karlsson, C. & Gisle, S. (2013). Yield of *Larix sukaczewii* Dyl. and larch hybrids in northern Scandinavia. *Euras. J. For. Res.* 16: 45–56.
- Karlman, M. (1980). Skador på *Pinus contorta* i norra Sverige 1979. *Sveriges Skogsförbunds Tidsskrift* 1980–3.
- Karlman, M. (1984). *Pathogens and other threats to Pinus contorta in northern Sweden*. Avhandling. Umeå Universitet. 212 s.
- Karlman, M. (1986). Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Stud. For. Suec.* 176. 42 s.
- Karlman, M. (2001). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *For. Ecol. Man.* 141: 97–105.
- Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). Scleroderris canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.
- Karlsson, P. S., Bylund, H. & Tenow, O. (2004). Fjällbjörkskogen – ett helt ekosystem som styrs av en liten fjärril. *Svensk Bot. Tidskr.* 98: 162–172.
- Kasanen, R., Terhonen, E., Huuskonen, S., Sun, H. & Uotila, A. (2011). High infection rate of residual conifer stumps by *Heterobasidion* species in an area with assumed low infection pressure. *Scand. J. For. Res.* 26: 404–412.

- Keskitalo, C., Bergh, J., Felton, A., Björkman, C., Berlin, M., Axelsson, P., Ring, E., Ågren, A., Roberge, J.-M., Klapwijk, M. & Boberg, J. (2016). Adaptation to climate change in Swedish forestry. *Forests* 7: 28.
- Kindvall, O., Nordlander, G. & Nordenhem, H. (2000). Movement behaviour of the pine weevil *Hylobius abietis* in relation to soil type: an arena experiment. *Entomol. Exp. Appl.* 95: 53–61.
- Kivinen, S. & Rasmus, S. (2005). Observed cold season changes in a Fennoscandia an fell area over the past three decades. *AMBIO* 44: 214–225.
- Klapwijk, M. J., Csóka, G., Hirka, A. & Björkman, C. (2013). Forest insects and climate change: long-term trends in herbivore damage. *Ecol. Evol.* 3: 4183–4196.
- Klingström, A. (1963). *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. – Pine twisting rust: some experiments in resistance-biology. *Stud. For. Suec.* 6. 23 s.
- Klingström, A. (1969). *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. on progenies of *Pinus silvestris* L. and in relation to growth regulating substances. *Stud. For. Suec.* 69, 76 s.
- Kohh, E. (1964). Om tallens knopp- och grentorka och dess bekämpning. *Skogen.* 51: 200–203.
- Kollberg, I. (2013). The effect of temperature on trophic interactions: implications for the population dynamics of a forest pest insect in a warmer climate. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* – 2013:57.
- Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R. & Stenlid, J. (1998). Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Europe. I: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R. & Hüttermann A. (red.), *Heterobasidion annosum: Biology, ecology, impact and control*. CAB International, s. 93–104.
- Krokene, P., Solheim, H. & Långström, B. (2000). Fungal infection and mechanical wounding induce disease resistance in Scots pine. *Eur. J. Plant Pathol.* 106: 537–541.
- Krokene, P., Solheim, H. & Christiansen, E. (2001). Induction of disease resistance in Norway spruce (*Picea abies*) by necrotizing fungi. *Plant Pathol.* 50: 230–233.
- Kujala, V. (1950). Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 38: 1–121.
- Kurkela, T. (1969). Antagonism of healthy and diseased Ericaceous plants to snow blight on Scots Pine. *Acta Forestalia Fennica* 101.
- Kurkela, T. (1973a). Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Aspen (*Populus tremula* L.). *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja*. 79. 68 s.
- Kurkela, T. (1973b). Release and germination of basidiospores of *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. and *M. larici-tremulae* Kleb. at various temperatures. *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 78. 22 s.
- Kurz, W.A., Dymond, C.C., Stinson, G., Rampley, G.J., Neilson, E.T., Carroll, A.L., Ebata, T. & Safranyik, L. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452: 987–990.
- Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.
- Kytö, M., Niemelä, P. & Larsson, S. (1996). Insects on trees: Population and individual responses to fertilization. *Oikos* 75: 148–159.
- Laflamme, G. (1991). *Scleroderris* canker on pine. *Information Leaflet LFC* 3. Forestry Canada, Quebec, Canada. 12 s.
- Lemmetyinen, J., Keinonen, K. & Sopanen, T. (2004). Molecular prevention of the flowering of a tree, silver birch. *Mol. Breed.* 13: 243–249.

- Lindner, M., Marocheck, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R. Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 259: 698–709.
- Longo, N., m. fl (1980). I: Powers, H. R. m.fl. (red.): Rusts of hard pines. Proceedings of the meeting of IUFRO working group S2.06.10, September 5–7, 1979, Florence, Italy. *Phytopath. Mediterr.* 19: 30–34.
- Longo, N., Moriondo, F. & Naldini, B. (1970). Biology and epidemiology of *Melampsora pinitorqua* (1). *Ann. Accad. Ital. Sci. For.* 19: 83–175.
- Longo, N., Moriondo, F. & Naldini-Longo, B. (1976). Germination of teleutospores of *Melampsora pinitorqua* Rostr. *Eur. J. For. Path.* 6: 12–18.
- Lousteau, D. (2004). *Rapport final du projet Séquestration de Carbone dans les grands différents scénarios climatiques et sylvicoles*. (Tillgänglig på: <http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/final-7-01.pdf> (datum 2008-01-19).
- Lovett, G.M., Canham, C.D., Arthur, M.A., Weathers, K.C. & Fitzhugh, R.D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *Bioscience* 56: 395–405.
- Lundqvist, L. 2005. *Blådningsbruk*. SLU, Inst. för skogsskötsel. *Rapporter* 61. ISSN 0348–8969.
- Lygis, V., Bakys, R., Gustiene, A., Burokiene, D., Matelis, A. & Vasaitis, R. (2013). Forest self-regeneration following clear-felling of dieback affected *Fraxinus excelsior*: Focus on ash. *Eur. J. For. Res.* 133:501–510.
- Magnusson, T. (2008). Skogsbruk – mark och vatten. *Skogsskötselserien* nr 13. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.
- Mahmood, S., Finlay, R.D. & Erland, S. (1999). Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytol.* 142: 577–585.
- Martín, J.A., Solla, A., Venturas, M., Collada, C., Domínguez, J., Miranda, E., Fuentes, P., Burón, M., Iglesias, S. & Gil, L. (2014). Seven *Ulmus minor* clones tolerant to *Ophiostoma novo-ulmi* registered as forest reproductive material in Spain. *iForests* 8:172–180.
- Martín-García, J., Solla, A., Corcobado, T., Siasou, E. och Woodward, S. (2015). Influence of temperature on germination of *Quercus ilex* in *Phytophthora cinnamomi*, *P. gonapodyides*, *P. quercina* and *P. psychrophila* infested soils. *Forest Pathology* 45: 215–223.
- Mason, W.L. (2002). Are irregular stands more windfirm? *Forestry* 75: 347–355.
- Mattila, U., Jalkanen, R. & Nikula, A. (2001). The effects of forest structure and site characteristics on probability of pine twisting rust damage in young Scots pine stands. *For. Ecol. Manage.* 142: 89–97.
- McCracken, A. & Dawson, M. (1997). Growing clonal mixtures of willow to reduce effect of *Melampsora epitea* var. *epitea*. *Eur. J. For. Path.* 27: 319–329.
- McDonald, B.A. & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 349–379.
- Migliorini, D., Ghelardini, L., Tondini, E., Luchi, N. och Santini, A. (2015). The potential of symptomless potted plants for carrying invasive soilborne plant pathogens. *Diversity and Distributions* 21: 1218–1229.
- Müller, M., Heinonen, J. & Korhonen, K. (2007). Occurrence of *Heterobasidion* basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *For. Path.* 37: 374–386.
- Mölter, T., Schindler, D., Albrecht, A.T. & Kohnle, U. (2016). Review on the projections of future storminess over the North Atlantic european region. *Atmosphere*, 7:60.
- Nabatov, N.M. (1968). Influence of grass cover on expanding of pine pathology caused by *Melampsora pinitorqua* Rostr. in pine cultures. *Lesovedeije*, s. 91–94.

- Niemelä, P., Lindgren, M. & Uotila, A. (1992). The effect of stand density on the susceptibility of *Pinus sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. *Scand. J. For. Res.* 7: 129–133.
- Noble, R., Blackburn, J., Thorp, G., Dobrovin-Pennington, A., Pietravalle, S., Kerins, G., Allnutt, T.R. och Henry, C.M. (2011). Potential for eradication of the exotic plant pathogens *Phytophthora kernoviae* and *Phytophthora ramorum* during composting. *Plant Pathology* 60: 1077–1085.
- Nordén, B., Götmark, F., Tönnerberg, M. & Ryberg, M. (2004). Dead wood in semi-natural temperate broadleaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps. *For. Ecol. Manage.* 194: 235–248.
- Odin, H. (1969). Hyggesstruktur och mikroklimat. I: Föryngringsfrågor i det mekaniserade skogsbruket. Kurskompendium. Sveriges Jägmästares och Forstmästares Riksförbunds Fortbildnings AB, samt SLU, inst. för skogsföryngring.
- Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.
- Palm, S. & Ryman, N. (2006). Ekologiska effekter av GMO. En kunskapssammanställning med fokus på genspridning från raps, skogsträd och fisk. Naturvårdsverket. *Rapport 5597*.
- Patton R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. (1984). The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 14: 193–202.
- Pautasso, M., Schlegel, M. & Holdenrieder, O. (2015). Forest health in a changing world. *Microb. Ecol.* 69: 826–842.
- Pettersson, B. & Samuelsson, H. (1995). *Skador på barrträd*. Skogsstyrelsens förlag. 304 s. ISBN 91-88462-22-6.
- Piri, T. (1998). Effects of vitality fertilization on the growth of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce roots. *Eur. J. For. Path.* 28: 391–397.
- Read, D. J. (1968). Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytol.* 67: 39–48.
- Redondo, M.Á., Boberg, J., Olsson, C.H.B. och Oliva, J. (2015). Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in southern Sweden. *Phytopathology* 105: 1191–1197.
- Rizzo, D.M., Garbelotto, M. & Hansen, E.M. (2005). *Phytophthora ramorum*: integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests. *Annual Rev. Phytopathol.* 43: 309–335.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1973). *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state, and mode of attack. *Medd. Norske Skogsforsöksvesen* 30: 442–459.
- Romeralo, C., Witzell, J. & Diez, J. J. (2016). Aleppo pine provenances vary in susceptibility and secondary chemical response to *Gremmeniella abietina* infection. *Plant Pathol.* 65: 664–672.
- Roslin, T., Gripenberg, S., Salminen, J.-P., Karonen, M., O'Hara, R. B., Pihlaja, K. & Pulkkinen, P. (2006). Seeing the trees for the leaves oaks as mosaics for a host-specific moth. *Oikos* 113: 106–120.
- Rosvall, O. (2007) Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. I: Skogsskötsel för framtiden. *KSLA:s tidskrift* nr 4, årgång 146, s. 13–30.
- Rytkönen, A., Lilja, A., Werres, S., Sirkiä, S. och Hantula, J. (2013). Infectivity, survival and pathology of Finnish strains of *Phytophthora plurivora* and *Ph. pini* in Norway spruce. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28: 307–318.
- Rizzo, D.M., Garbelotto, M., Davidson, J.M., Slaughter, G.W. & Koike, S. (2002). *Phytophthora ramorum* as the cause of extensive mortality of *Quercus* spp. and *Lithocarpus densiflorus* in California. *Plant Dis.* 86: 205–214.

- Samils, B., Ihrmark, K., Kaitera, J., Stenlid, J. & Barklund, P. (2011). New genetic markers for identifying *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* and examining genetic variation within and between lesions of Scots pine blister rust in Sweden. *Fung. Biol.* 115: 1303–1311.
- Scheffer, R. J., Voeten, J. G. W. F. & Guries, R. P. (2008). Biological Control of Dutch Elm Disease. *Plant disease* 92: 192–200.
- Schroeder, M. (2008). Vilka stormluckor löper störst risk att koloniseras av granbarkborren? *Fakta skog* nr 6/2008.
- Schroeder, M., Kärvmemo, S. (2015). Var är risken störst för att granbarkborre ska döda träd? *Fakta skog* nr 7/2015.
- Schutz, J. P., Götz, M., Schmid, W. & Mandallaz, D. (2006). Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *Eur. J. For. Res.* 125: 291–302.
- Scott, P.M., Barber, P.A. och Hardy, G.E.St.J. (2015). Novel phosphite and nutrient application to control *Phytophthora cinnamomi* disease. *Australasian Plant Pathology* 44: 431.
- Selander, J. (1993). Survival model for *Pinus sylvestris* seedlings at risk from *Hyllobius abietis*. *Scand. J. For. Res.* 8: 66–72.
- Seifert, T. (2007). Simulating the extent of decay caused by *Heterobasidion annosum* s.l. in stems of Norway spruce. *For. Ecol. Manage.* 248: 95–106.
- Seppänen, S.K., Syrjälä, L., von Weissenberg, K., Teeri, T.H., Paajanen, L. & Pappinen, A. (2004). Antifungal activity of stilbenes in in vitro bioassays and in transgenic *Populus* expressing a gene encoding pinosylvin synthase. *Plant Cell Rep.* 22: 584–593.
- Sikström, U., Jacobson, S., Pettersson, F. & Weslien, J. (2011). Crown transparency, tree mortality and stem growth of *Pinus sylvestris*, and colonization of *Tomicus piniperda* after an outbreak of *Gremmeniella abietina*. *For. Ecol. Manag.* 262: 2108–2119.
- Sinclair, B.J., Vernon, P., Klok, J.C. & Chown, S.L. (2003). Insects at low temperatures: an ecological perspective. *Trends Ecol. Evol.* 18: 257–262.
- Skarpaas, O., & Økland, B. (2009). Timber import and the risk of forest pest introductions. *J. Appl. Ecol.* 46(1): 55–63.
- Skilling D.D. & Riemenschneider, D.E. (1984). Screening conifers for resistance to *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P.D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers*. Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983. Martinus Nijhoff – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 189–196.
- Skogsstyrelsen. (2008). Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Skogsstyrelsen. *Meddelande* 2–2008.
- Skovsgaard, J.P., Thomsen, I.M. & Barklund, P. (2009). Skötsel av bestånd med askskottsjuka. *Fakta skog*, SLU, Nr 13 2009.
- Solomon, A.M. & Freer-Smith, P.H. (2007). Forest Responses to Global Change in North America: Interacting Forces Define a Research Agenda. I: Freer-Smith, P.H. m. fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 151–159.
- Statens jordbruksverk. (2006). Holländsk almsjuka. *Jordbruksinformation* 2–2006.
- Stenberg, J., Lehrman, A. & Björkman, C. (2010). Uncoupling direct and indirect plant defences: Novel opportunities for improving crop security in willow plantations. *Agric. Ecosys. Envir.* 139: 528–533.
- Stener, L.-G. (2013). Clonal differences in susceptibility to the dieback of *Fraxinus excelsior* in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 28, 205–216.
- Sturrock, R., Fraenckel, S., Brown, A., Hennon, P., Kliejunas, J., Lewis, K., Worrall, J., & Woods, A. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant Pathol.* 60: 133–149.

- Strazzullo, A., Mugnai, L. & Naldini, B. (1993). Observations on the survival of *Melampsora pinitorqua* teliospores during overwintering. *Petria* 3: 73–79.
- Sylvén, N. (1917). Om tallens knäckesjuka. *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt* (13–14): 1077–1140.
- Söderström, V. (1978). *Ekonomisk skogsproduktion. Del 3. Beståndsvård*. LT:s förlag. Stockholm.
- Tamm, O. (1959). *Studier över klimatets humiditet i Sverige*. Kungl. Skogshögskolans skrifter. Nr 32.
- Telewski, F. W. (1995). Wind-induced physiological and developmental responses in trees. I: Coutts, M.P. and Grace, J. (red.), *Wind and trees*, Cambridge University Press, s. 237–263.
- Thomsen, I. M. (2009). Precipitation and temperature as factors in *Gremmeniella abietina* epidemics. *For. Path.* 39: 56–72.
- Thrall, P.H. & Burdon, J.J. (2003). Evolution of virulence in a plant host-pathogen metapopulation. *Science* 299: 1735–1737.
- Tikkanen O.-P., Rousi M., Ylioja T. & Roininen H. (2003). No negative correlation between growth and resistance to multiple herbivory in a deciduous tree, *Betula pendula*. *For. Ecol. Man.* 177: 587–592.
- Tobin, P.C. (2015). Ecological consequences of pathogen and insect invasions. *Curr. For. Rep.* 1: 25–32.
- Toome, M., Heinsoo, K. & Luik, A. (2006). Abundance of willow rust (*Melampsora* sp.) on different willow clones in Estonian energy forest plantations. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.* 55: 308–317.
- Uotila, A. & Petäistö, R.-L. (2007). How do the epidemics of *Gremmeniella abietina* start? *Acta Silv. Hung., Spec. Edition*, s. 147–151.
- Uotila, A. (1988). The effect of climatic factors on the occurrence of *Scleroderris* canker. *Folia Forestalia* 721: 1–23.
- Uotila, A. (1992). Mating system and apothecia production in *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 22: 410–417.
- Valenzuela, S., Balocchi, C. & Rodriguez, J. (2006). Transgenic trees and forestry biosafety. *Electr. J. Biotech.* 9: 355–359.
- Valinger, E. & Fridman, J. (1999). Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce, and birch forests in Sweden. *Env. Man.* 24: 209–217.
- Valinger, E. & Fridman, J. (2011). Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *For. Ecol. Manag.* 262: 398–403.
- Valinger, E. & Lundqvist, L. (1992). The influence of thinning and nitrogen fertilisation on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scott. For.* 46: 311–320.
- Valinger, E. & Pettersson, N. (1996). Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden. *Forestry* 69: 25–33.
- Walmsley, J.D. & Godbold, D.L. (2010). Stump harvesting for bioenergy – A review of the environmental impacts. *Forestry* 83: 17–38.
- Wang, H. (2004). The state of genetically modified forest trees in China. I: *FAO Forest Genetic Resources Working Paper* 59.
- Vasaitis, R. (2013). New light on causes of ash decline. <http://www.nordicforestresearch.org/news/news-views/>. 2013 (6).
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I.M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fenn.* 42: 457–483.
- Vercauteren, A., De Dobbelaere, I., Grünwald, N.J., Bonants, P., Van Bockstaele, E., Maes, M. och Heungens, K. (2010). Clonal expansion of the Belgian *Phytophthora ramorum* populations based on new microsatellite markers. *Molecular Ecology* 19: 97–107.

- Wern, L. & Barring, L. (2011). *Vind och storm i Sverige 1901–2010*. Faktablad 51. SMHI.
- Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.
- Wilke, W. (1874). En parasitsvamp på tall. *Tidskr. f. Skogshushålln.* 2: 247.
- Wingfield, M. (2003). Increasing threat of disease to exotic plantation forests in the Southern hemisphere. Lessons from *Cryphonectria* canker. *Austral. Plant. Pathol.* 32: 133–139.
- Witzell, J. (1999). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with special attention to *Gremmeniella abietina* and North American rusts. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae – Silvestria* 89.
- Witzell, J. (2001). Formation and growth of stem cankers caused by *Gremmeniella abietina* on young *Pinus contorta*. *For. Path.* 31: 115–127.
- Witzell, J. & Cleary, M. (2014). Askskottsjuka – ett slag mot ädellövskogsbruket. *Ekbladet* 29: 20–28
- Witzell, J. & Cleary, M. (2017). Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar. Arbetsrapport nr 51. Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, 54 s. ISBN 978-91-576-9461-4.
- Witzell, J. & Martin, J.A. (2008). Phenolic metabolites in the resistance of northern forest trees to pathogens – past experiences and future prospects. *Can. J. For. Res.* 38: 2711–2727.
- Witzell, J., Bernhold, A. & Hansson, P. (2006). Survival and vitality of *Gremmeniella abietina* on *Pinus sylvestris* slash in northern Sweden. *For. Path.* 36: 406–412.
- Witzell, J. & Karlman, M. (2000). Importance of site type and tree species on disease incidence of *Gremmeniella abietina* in areas with harsh climate in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 15: 202–209.
- Witzell, J. och Hultberg, M. (2012). *Phytophthora* är svåra skadegörare även på träd. *Ekbladet* 27: 4–9.
- Witzell, J. och Cleary, M. (2017). Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar. Arbetsrapport nr 51. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, Alnarp, 54 s.
- Wulff, S. & Hansson P. (2012). Nationell Riktad Skadeinventering (NRS) 2012. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 386 2013. ISSN 1401–1204.
- Wulff, S., Hansson, P. & Witzell, J. (2006). The applicability of national forest inventories for estimating forest damage outbreaks – Experiences from a *Gremmeniella* outbreak in Sweden. *Can. J. For. Res.* 36: 2605–2613.
- Yanchuk, A. (2002). The role and implications of biotechnology in forestry. *For. Gen. Res.* 30: 18–22.
- Åhman, I. & Larsson, S. (1999). Resistensförädling i *Salix* för energiproduktion. *Växtskyddsnotiser* 63: 17–19.
- Åhman, I. (2001). Management of pests and diseases in biomass willow. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 98–103.
- Åström, B. & Ramstedt, M. (1994). Stem cankers on Swedish biomass willows caused by *Cryptodiaporthe salicella* and other fungi. *Eur. J. For. Path.* 24: 264–276.
- Økland, B. & Berryman, A. (2004). Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. *Agric. For. Entom.* 6: 141–146.
- Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14:341–354.