



 Skogssällskapet

The background of the cover is a photograph of a forest in winter. It shows several tall, slender tree trunks, some with dark, irregular patches of lenticels or bark lesions. The ground is covered in a layer of snow, and some fallen branches are visible. The sky is overcast and grey.

Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar

Johanna Witzell
Michelle Cleary
2017

Rapport till Skogssällskapet:

Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar

Johanna Witzell & Michelle Cleary

SLU, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2017

Utgivare: SLU. ISBN: 978-91-576-9462-1 (elektronisk version)

Contents

Förord.....	3
Phytophthora – ett nytt hot mot våra lövskogar	4
<i>Phytophthora</i> – biologiska egenskaper med relevans för kontroll och hantering	4
Spridning.....	8
Symptom och diagnos – att upptäcka <i>Phytophthora</i>	10
Förekomsten av <i>Phytophthora</i> på våra lövträd	15
Riskbedömning.....	20
Hantering av <i>Phytophthora</i> i sydsvenska lövskogar	24
Steg 1 - Analysera och planera	24
Steg 2 – Förebygga och behandla	30
Steg 3 – Bevaka	38
Litteratur	39
Internetresursser.....	50
Artiklar på svenska, norska och danska	51
Kontaktinformation	52

Förord

Skogskador orsakade av svampliknande, markbundna *Phytophthora*-arter (algsvampar) är på stark uppgång på många håll i världen, inklusive i södra Sverige. I våra ek- och bokskogar orsakar dessa organismer oftast största skadan genom att förstöra trädens finrötter. Detta försvagar trädet som då lätt angrips av andra skadegörare, t ex insekter och rötsvampar. *Phytophthora* som hotar stabiliteten i våra skogar är introducerade arter som sprids effektivt med importerade plantor och i mark och vatten. Problemen med dessa skadegörare förväntas att öka ytterligare i framtiden på grund av klimatförändringar. Eftersom våra träd inte har utvecklats tillsammans med *Phytophthora*-arter är alla betydelsefulla svenska skogsträd, inklusive gran och tall, mottagliga för dem. Erfarenheter i Europa och andra delar av världen visar tydligt att *Phytophthora*-arter är ett allvarligt hot mot såväl skogsproduktion som naturvård. På grund av sin stora förmåga att angripa även annan växtlighet (t ex blåbärsris), kan *Phytophthora*-arter orsaka långvariga och storskaliga förändringar i våra skogar. Därför är dessa skadegörare på många sätt allvarligare än de sjukdomar som hittills drabbat t ex alm och ask.

Syftet med denna rapport är att sammanställa information kring *Phytophthora*-arters egenskaper och förekomst i Sverige, samt hantering av *Phytophthora*-skador i sydsvenska lövskogar. Eftersom svenska erfarenheter av dessa nya skadegörare är begränsade har information hämtats från främst nordamerikanska och australiensiska källor. I USA och Australien har huvudsakligen två *Phytophthora*-arter, *P. cinnamomi* (Australien) och *P. ramorum* (USA) under en längre tid orsakat storskaliga problem för skogsproduktionen och i skogsekosystemen. Rapporten riktar sig främst till skogsägare och förvaltare.

Vi tackar Stiftelsen Skogssällskapet för finansiering av vårt arbete med denna kunskapssammanställning. Flera kollegor, medarbetare och studenter har bidragit till arbetet på olika sätt. Vi tackar speciellt Dr. Thomas Jung och Dr. Jesper Witzell som har bidragit med sina specialistkunskaper och material. Dr. Marjan Ghasemkhani, Mimmi Blomqvist, Adriaan van Tour, Marta Agostinelli och Maria Rodriguez-Rabadan har medverkat i forskningen kring *Phytophthora* under 2011-2016, vilket också bidragit till rapportens innehåll.

Alnarp, den 16 januari 2017

Författarna

***Phytophthora* – ett nytt hot mot våra lövskogar**

Phytophthora är ett släkte av svampliknande växtskadegörare som orsakar vävnadsdöd i rötter, stam och blad hos såväl unga plantor som stora träd (Kroon m. fl. 2012; Ribeiro 2013). Namnet *Phytophthora* härstammar från grekiska och betyder 'växtförstörare'. Flera allvarliga växtsjukdomar orsakas av skadegörare i släktet *Phytophthora*. Dessa mikroskopiska varelser, som också kallas 'biologiska bulldozers', kan orsaka storskaliga skador i skogsbestånd. Mer än 100 olika *Phytophthora*-arter har beskrivits i världen. Några angriper hundratals värdväxter medan andra är mer selektiva. Det har grovt uppskattats att *Phytophthora*-arter globalt orsakar över 60 % av finrötternas skador och ca 90 % av rothalsröta hos träd (Jung m. fl. 2016).

***Phytophthora* – biologiska egenskaper med relevans för kontroll och hantering**

Phytophthora-arter är väl anpassade till ett liv som växtskadegörare. De biologiska egenskaperna förklarar varför *Phytophthora* är framgångsrika skadegörare och avslöjar vad man bör iaktta vid planering av bekämpningsstrategier.

Phytophthora kan växla mellan två olika sätt att livnära sig på växter. I början av angreppet använder *Phytophthora* värdväxternas levande celler, men i en senare fas dödar den växtceller och livnar sig på deras innehåll (Oßwald m. fl. 2014). Denna kombination av olika sätt att livnära sig kallas *hemibiotrofi*. Komplex ämnesomsättning aktiveras i såväl värdväxter som i skadegörare när dessa kommer i kontakt med varandra. Växtceller har mekanismer som hjälper dem att känna igen skadegörare och sätta igång effektiva försvarsmekanismer men *Phytophthora*-arter verkar kunna passera genom trädens försvarssystem (Schlink 2010; Dalio m. fl. 2014). *Phytophthora*-arter kan även bilda hybrider som kan ha andra egenskaper än ursprungsarterna. Hybridarerna kanske infekterar andra värdväxtarter eller är mer aggressiva skadegörare (Brasier m. fl. 2004b; Érsek & Lamour 2013). Detta tillsammans med *Phytophthora*-arternas stora anpassningsförmåga och trädens långa generationstider gör att det är svårt att lösa *Phytophthora*-problem i skogar genom resistensförädling (Tyler 2001).

Phytophthora har en komplex livcykel med flera olika typer av sporer (Bild 1; Erwin and Ribeiro 1996; Judelson & Blanco 2005). Med hjälp av vilsporer, *oosporer*, som produceras genom sexuell förökning, och *klamydosporer*, som produceras genom asexuell förökning, kan *Phytophthora* överleva i marken trots långa perioder av torka (Judelson and Blanco 2005; McCarren m. fl. 2005).

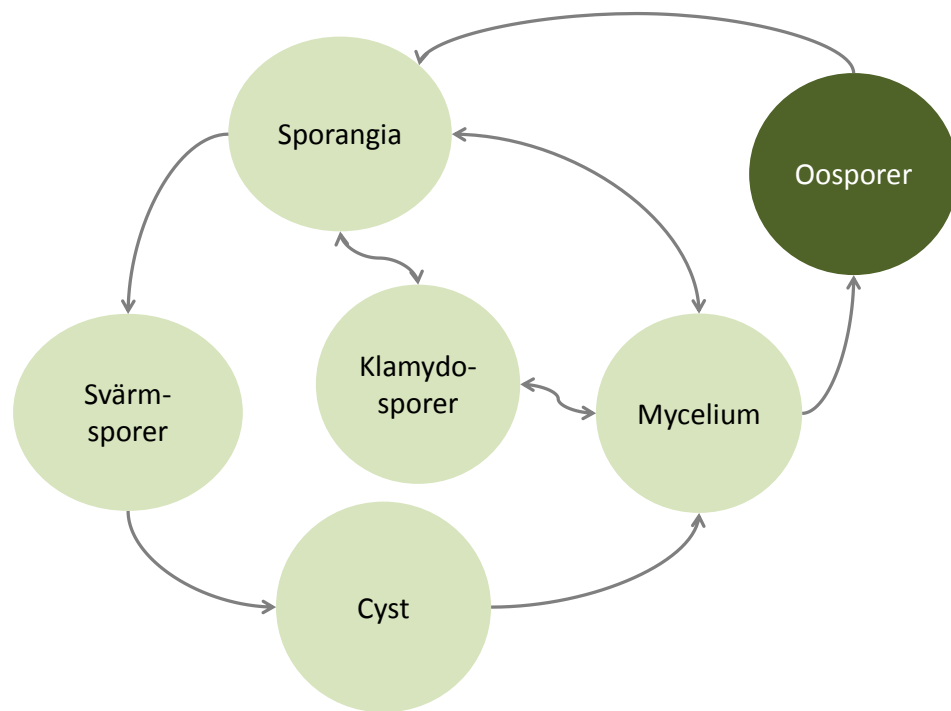


Bild 1. Översiktlig presentation av *Phytophthora*-arters typiska livscykel. Vid sexuell förökning möts olika parningstyper som utbyter genetiskt material. Detta bidrar till arternas förmåga att förändras och anpassa sig till olika miljöer. *Phytophthora*-arters sexuella förökning sker på angripna växter och oosporer hamnar i marken när växterna dör. Oosporer kan överleva i marken och gror när det blir tillräckligt fuktigt för att bilda sporangia. Den asexuella (klonala) förökningen producerar *svärm-sporer* som genom att simma i markvatten säkrar snabb och effektiv spridning och angrepp av värdväxters rötter, samt *klamydo-sporer* som anses vara överlevnadsstrukturer (enligt Ribeiro 2013).

Vilsporer aktiveras i gynnsamma miljöer. Temperaturoptimum för aktivering kan vara olika för olika *Phytophthora*-arter medan fuktigheten bör generellt vara hög, nära fältkapacitet. Då bildas säckliknande strukturer, *sporangia*, som är klonala (vegetativa) förökningskroppar (Bild 2). Sporangia kan infektera värdväxten direkt genom att bilda hyfer men det kan även bildas små, simmande svärm-sporer, *zoosporer*, inom sporangia (Judelson and Blanco 2005; Fry & Grünwald 2010). Med sina två "svansar" kan svärm-sporer simma korta distanser (aktiv spridning) men de kan också transporteras längre distanser i vattendrag och markvatten (passiv spridning) (Walker & Van West 2007). Svärm-sporer lockas av kemiska signaler från växternas rötter (Judelson & Blanco 2005; Hansen 2015). Svärm-sporer är kortlivade. De överlever från endast några timmar upp till några dagar, beroende på förhållanden (Walker & Van West 2007). När de hittar mottagliga växter, fastnar de på ytan och bildar en cysta. Från cystan bildas trådliknande hyfer som tränger in i

och mellan växtceller för att fullborda angreppet (Judelson & Blanco 2005).

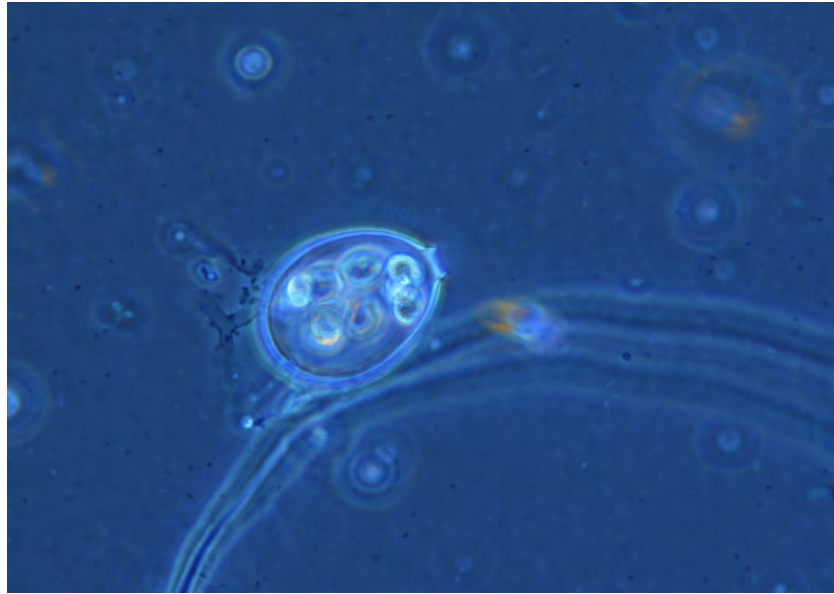


Bild 2. Mikroskopbild på säckliknande förökningskropp (sporangium) som innehåller små svärmsporer. Foto Kathrin Blumenstein.

Svärmsporer har ingen cellvägg, utan skyddas av en hinna (Irwing & Grant 1984). De kan därför lätt reagera på omgivningens fysikaliska och kemiska signaler. Svärmsporernas känslighet för kemiska signaler kan öppna upp möjligheter för bekämpning åtminstone i plantskolor: laboriestudier har t ex visat att *Phytophthora*-svärmsporer kan förstöras om de utsätts för vissa biokemikalier. I naturen vanligt förekommande markbakterier producerar och utsöndrar tvålliknande kemikalier, *biotensider*, i sin omgivning (Hultberg m. fl. 2010). När *P. quercina* svärmsporer behandlades med dessa kemikalier, förstördes sporena snabbt (Bild 3; Witzell & Hultberg 2012). Trots sin känslighet för yttre förhållanden kan svärmsporer av vissa *Phytophthora*-arter uppvisa stor tolerans mot pH-varianter (Kong m. fl. 2009).

Sporproduktion och spridning av *Phytophthora* kan påverkas av markegenskaper på olika sätt. Markegenskaper som påverkar vattnets genomströmning och lagring är naturligtvis mycket viktiga för *Phytophthora* som trivs i hög fuktighet. Även markens kemiska egenskaper och mikroorganismer kan påverka *Phytophthora* som kan finnas i marken i alla olika sporformer eller som mycelium. Förna med barkrester och annat organiskt material i marken kan släppa ut kemiska substanser som hejdar *Phytophthora*-arters sporbildning och angrepp på växter. Exempelvis dämpades produktionen av *P. ramorum* klamydosporer i jord som samlades runt redwoodträd (*Sequoia sempervirens*) (Fichtner m. fl. 2007; 2009).

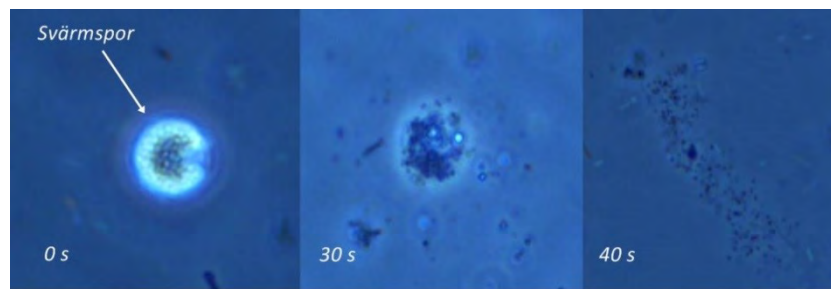


Bild 3. *Phytophthora*-svärmsporer som utsätts för bakteriers biotensider bryts ner inom 30-40 sekunder. Biotensider är därför en möjlighet i bekämpningen av *Phytophthora* t ex i plantskolor. Foto Kathrin Blumenstein.

Svampar och bakterier i marken kan konkurrera med *Phytophthora* och mykorrhizasvampar kan även minska *Phytophthora*-angrepp genom att stimulera växternas försvarsmekanismer (Norman & Hooker 2000). Mycket låga pH-värden i marken (under pH 4) kan eventuellt dämpa många *Phytophthora*-arter men är skadliga även för växter. Dessutom har *Phytophthora*-arter hittats i pH-värden 3.3 till 7.8 (Jung m. fl. 2013). Eftersom olika *Phytophthora*-arter trivs vid olika förhållanden är det svårt att skydda träden genom att manipulera markens kemiska och andra egenskaper. Mer forskning behövs för att vi ska kunna förstå om t ex viss jordmån främjar tillväxten av "goda" svampar och bakterier som kan dämpa *Phytophthora*-arters aktivitet i skogsmiljöer och om denna förståelse kan översättas till praktiska lösningar.

Trots deras svampliknande livsstil med hyfer och sporer är *Phytophthora* egentligen inte svampar utan närmare släkt med brunalger. Därför kallas de ibland "algsvampar". På grund av skillnader mellan *Phytophthora* och svampar är flera svampbekämpningsmedel inte effektiva mot *Phytophthora*. Exempelvis har svampbekämpningsmedel utvecklats som baseras på att de stör produktionen av *kitin* som är ett viktigt byggnadsmaterial i svamparnas cellväggar. Denna komponent saknas dock i *Phytophthora*-arternas cellvägg (Fry & Grünwald 2010). På samma sätt är svampbekämpningsmedel som riktar mot produktion av *ergosterol*, en fettsubstans som är karaktäristiskt för svampceller, inte effektiva mot *Phytophthora* eftersom dessa inte producerar steroler (Erwin & Ribeiro 1996; Gaulin m. fl. 2010).

I plantskolor kan vissa svampbekämpningsmedel innehållande metalaxyl användas för att dämpa *Phytophthora* och andra liknande skadesvampar (Hamm m. fl. 1984; Benson m. fl. 1987). Detta gör att symptom undantröys men eftersom behandlingen inte tar bort *Phytophthora*, kan smittan ändå spridas till nya områden där den kan utvecklas i brist på fortsatta behandlingar (Jung m. fl. 2013). Att använda kemisk bekämpning mot *Phytophthora* är generellt problematiskt också på grund av den enorma anpassningsförmågan som dessa skadegörare har. Till exempel har metalaxyl-resistens upptäckts bland *P. ramorum*-isolat från Europeiska plantskolor (Vercauteren m. fl. 2010).

Spridning

Många av de hos våra lövträd sjukdomsalstrande *Phytophthora*-arterna härstammar från Asien och är introducerade i Sverige. Den internationella växthandeln har identifierats som det viktigaste sättet att introducera *Phytophthora* (och andra växtsjukdomar och skadeinsekter) till nya områden (Jung & Blaschke 2004; Brasier 2008; Liebhold m. fl. 2012; Santini m. fl. 2013; Scott m. fl. 2013; Bienapfl & Balci 2014; Pautasso m. fl. 2015). Ett flertal skadliga *Phytophthora*-arter är redan väletablerade i Europa och ingår därför inte i karantänartlistan (Jung m. fl. 2013). Växtpass och sundhetscertifikatet som intygar att växten är fri från karantänsjukdomar bevisar således *inte* att växten är fri från alla *Phytophthora*. I växtproduktion saknas systematiska kontrollstrategier omfattande alla steg och processer; oftast är det enbart slutprodukten (plantor) som granskas i stickprov (Bild 4; Parker & Grünwald 2102). Inspektioner försvåras på grund av att plantor kan vara infekterade med *Phytophthora* utan att visa symptom (Jung & Blaschke 2004; Bienapfl & Balci 2014). I en nyligen publicerad studie rapporteras att *Phytophthora* återfanns i 70% av krukväxter som inte visade några sjukdomssymptom (Migliorini m. fl. 2015). I den globala världen där folk rör sig aktivt mellan kontinenter, och växtmaterial från hela världen kan beställas via internet finns ingen fungerande kontroll av privata växtimporter, vilket kan bidra till nya introductioner.



Bild 4. Plantor kan bära *Phytophthora*-smitta utan att det syns. Foto Johanna Witzell.

I södra Sverige har *Phytophthora* upptäckts i parker och kyrkogårdar (Bild 5; Blomquist 2016) där man ofta planterar nya prydnadsväxter som producerats i andra länder och transporterats hit. Vid anläggning av trädgårdar och parker vill man dessutom gärna plantera stora träd för att snabbt få till ett "färdigt" landskap. Dessa träd har ofta importerats från

plantskolor t ex i Tyskland där de kanske har flyttats mellan flera andra plantskolor. Ibland har de även gått genom plantskolor i något tredje land. Det finns därför en hög sannolikhet att träden eller jorden som följer med innehåller en eller flera *Phytophthora*-arter. Trädgårdar, parker och kyrkogårdar kan fungera som groningsbädd och ingång för *Phytophthora* till våra skogar. Produktionslösningar som lego-odling av skogsplantor i andra länder är också en potentiell spridningsväg för *Phytophthora* (Jung & Blaschke 2004)



Bild 5. *Phytophthora* drabbar ofta värdefulla träd på kyrkogårdar. Foto Johanna Witzell.

Markarbeten, t ex vägbyggen där man flyttar jord till skogen eller från skogen utgör också en viktig spridningsväg för *Phytophthora* (Bild 6; Colquhoun & Hardy 2000). Stubbskörd är en annan aktivitet som kan främja spridning av *Phytophthora*, men forskning behövs för att bevisa detta. Även småskaliga företeelser som att dumpa trädgårdsavfall i skogen är en potentiell smittkälla. Markens fuktighet gynnar spridningen då den stimulerar utvecklingen av sporangia och simmande svärmsporer behöver vatten att röra sig i. Det är därför viktigt med välfungerande diken och dräneringar, samt att om möjligt leda bort vattnet från områden där *Phytophthora* ännu inte etablerats.

Den naturliga (autonoma) spridningen av *Phytophthora* är svår att förhindra, men den är också en relativt långsam process. Att svärmsporer är kortlivade begränsar den naturliga spridningsdistansten men *Phytophthora* kan spridas över längre distanser i strömmande vatten. Till och med fåglar och djur som gräver eller bökar kan sprida *Phytophthora* (Keast & Walsh 1979). Man har hittat *Phytophthora*-sporer i jord som fastnat i vildsvinsklövar och sporer kan överleva i vildsvinens matsmältningskanal (Li m. fl. 2010; Barrios-Garcia & Ballari 2012). Det är därför tänkbart att vildsvin har en roll som vektor i våra lövskogar (Barrios-Garcia & Ballari 2012; Nuñez m. fl. 2012). Även sniglar som rör

sig på trädens stammar kan bära levande sporer (Parke m. fl. 2008; Alvarez m. fl. 2009; Telfer 2013).



Bild 6. Frakt av jord t ex i samband med vägbyggen kan sprida *Phytophthora*. Foto Jesper Witzell.

Symptom och diagnos – att upptäcka *Phytophthora*

Generella symptom

Utglesade trädkronor, angrepp av rötsvampar och stamsår signalerar att träden kan ha blivit angripna av *Phytophthora*. Den huvudsakliga vävnadsskadan på våra lövträd sker när marklevande *Phytophthora* förstör trädens finrötter. I vissa fall förstör *Phytophthora* även större rötter vilket syns som rotröta (Jung & Blaschke 1996; Jung m. fl. 1996; Jung and Burgess 2009).

Som alla rotskador, återspeglas även skador orsakade av *Phytophthora*-angrepp förr eller senare i kronans tillstånd. Oftast är de första synliga symptomen kronans utglesning, grenverkets piskliknande utseende på grund av minskad förgrening och sidskottens hämmade tillväxt (Bild 7). På sommaren kan man upptäcka att bladen är ovanligt små och ljusgröna, och senare uppmärksammas döda grenar i kronan. Det skadade rotsystemet kan inte ta emot fotosyntesprodukter från kronan och då riktas trädens resurser i ökad grad mot riklig fröproduktion. När även stamsår (Bild 8) blir synliga på träden kan skadorna i rotsystemet redan vara allvarliga.



Bild 7. Kronans struktur har försämrats i bokträd som angripits av *Phytophthora*
Foto Johanna Witzell.

Stamsår som "blöder" är mycket karaktäristiska för *Phytophthora*-angrepp t ex på bok. De uppstår när *Phytophthora* växer under barken och förstör de för trädet vitala vävnaderna, *floemet* och *kambiet* (innersta barken), och rostfärgad, tjärliknande vätska sipprar ut genom barken. *Phytophthora*-stamsår är lätta att upptäcka särskilt på den släta barken hos bok och al men trädens rötter kan vara infekterade även utan att några stamsår förekommer. Stamsår kan förekomma i rothalsen men även högt upp i träden. Storleken på stamsåren varierar från små prickar till stora fläckar (Bild 8). Omfattande sår runt stammen skadar stora delar av floemet (innersta barken), vilket förstör transporten av näringsämnen på samma sätt som ringbarkning. Stamsåren kan med tiden torka ut och ibland lossnar stora bitar av bark från uttorkade stamsår. Detta betyder dock inte att trädet har blivit friskt.



Bild 8. Karaktäristiska stamsår orsakade av *Phytophthora* på bok. Foto Johanna Witzell.

Alla stamsår och mörka fläckar orsakas naturligtvis inte av *Phytophthora*. Man kan t ex ofta se träd med långa vertikala sprickor som troligare orsakats av kyla eller torka och missfärgas av bakterier snarare än *Phytophthora* (Bild 9). Det är dock möjligt att rotskador orsakade av *Phytophthora* bidrar till att träden blir mer benägna att uppvisa vertikala sprickor. Även utan vertikala sprickor kan liknande stamsår förekomma på grund av bakterieangrepp. Exempelvis på hästkastanj har en bakterieart, *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*, kopplats till likadana, blödande stamsår. Man kan dock inte utesluta att *Phytophthora* först har försvagat trädet så att det blivit mer känsligt för kyla eller torka, och att bakterier angriper trädet därefter (T. Jung, muntl.)



Bild 9. Vertikala stamsår på hästkastanj och ek som troligen orsakats av abiotiska faktorer (kyla, torka) och missfärgats av bakterier. Foto Johanna Witzell.

Hur påverkas träden och skogarna?

Phytophthora-skador i rötter och floem förstör transporten av näringsämnen och fotosyntesprodukter i trädet, vilket leder till att det försvagas och lättare invaderas av sekundära skadegörare som barkborrar eller rötsvampar (t ex honungsskivling och stubbdyna). Symptom som orsakas av sekundära skadegörare blir ofta allt tydligare och *Phytophthora* kan då lätt förbises som den första (primära) skadegöraren. Det är ofta sekundära skador, framförallt röta, som slutligen leder till trädets död (T. Jung, muntl.). Träd vars rotsystem har blivit allvarligt skadade och som har blivit angripna av röta blir lätt nedblåsta av starka vindar (Jung m. fl. 2013). Rotvältor, stambrott och nedblåsta stora grenar på marken är därför en vanlig syn t ex i bokskogar där *Phytophthora* är aktiv (Bild 10).

Som alla rotskador minskar *Phytophthora*-angrepp alltså skogens stabilitet. Sjukdomsförloppet kan vara relativt långsamt och dess hastighet påverkas starkt av miljöfaktorer, framförallt nederbörd och temperatur. *Phytophthora* kan missgynnas av kalla vintrar och heta somrar som begränsar dess sporulering och spridning (Benson 1982; Aguayo m. fl. 2014; Redondo m. fl. 2015a). Å andra sidan kan sommartorka också stressa träden så att deras kapacitet att försvara sig mot skadegörare minskas. Avgörande för skadornas utveckling kan vara kombinationen av vinter- och sommarväderlek: t ex kan en varm vinter som följs av en regnig sommar skapa goda förutsättningar för *Phytophthora* (T. Jung, muntl.). Det kan ta flera år från att *Phytophthora* introduceras i ett nytt område och angriper träden till dess att synliga symptom utvecklas (Jung m. fl. 2013). Eftersom de tidiga symptomen är svårästa upptäcks *Phytophthora* oftast först när sjukdomen redan är etablerad i skogen.



Bild 10. Stambrott efter storm i bokskog där *Phytophthora* är aktiv. Foto Jesper Witzell.

Angripna träd återfinns inte sällan i sluttningar, i områden med dålig dränering eller vid vattendrag. Förekomsten av skador är koncentrerade i närheten av vandringsleder och stigar. Träd i alla åldrar kan bli angripna. Plantor med outvecklade rotsystem kan vara känsliga för rotskador. Å andra sidan kan yngre träd ha hög förmåga att ersätta de förlorade finrötterna med nya, vilket gör att de kan tolerera angrepp bättre än äldre träd som inte har lika flexibla tillväxtmönster. Vissa växter är mer känsliga för *Phytophthora* än andra (Shearer & Dillon 1996) och skulle därför kunna användas som indikatorer för en tidig *Phytophthora*-introduktion i ett område¹. Än så länge har dock sådana indikatorväxter inte identifierats i våra skogar.

¹ <https://www.dwg.org.au/diagnosis>

Förekomsten av *Phytophthora* på våra lövträd

Under de senaste åren har *Phytophthora* allt oftare kopplats till lövträdens försämrade hälsotillstånd i Europa, inklusive i södra Sverige (Brasier & Jung 2003; Brasier & Jung 2006). Eftersom de flesta *Phytophthora*-arter som allvarligt kan skada våra skogsträd härstammar från andra världsdelar, har våra träd inte kunnat utveckla specifik resistens mot dem.

Phytophthora på bok

Boken har traditionellt ansetts vara ett friskt träd utan större känslighet för skadesvampar och insekter. Sedan 1990-talet har man dock uppmärksammat bokskogarnas minskade hälsa i hela Europa (Jung m. fl. 2005; Jung 2009; 2011). Typiska symptom är kronans ökade transparens, stamsår, rotskador, angrepp av svampar och insekter, och även dödlighet. Det finns i dag omfattande vetenskapliga bevis för att *Phytophthora*-angrepp, som ofta triggas av miljöfaktorer som torka och översvämningar, är ansvariga för bokarnas försämrade hälsa i Europa. Studier från hela Europa har visat att *Phytophthora*-arter återfinns i insjuknade bokträd (bl a, Jung och Blaschke 1996; Brasier m. fl. 2003; Motta et al 2003; Brasier m. fl. 2005; Vettraino m. fl. 2005; Orlikowski m. fl. 2006; Schmitz m. fl. 2007; Vettraino m. fl. 2008; Milenković m. fl. 2012). I europeiska studier associerades framförallt *P. cambivora*, *P. plurivora* (som i tidiga publikationer kallas *P. citricola*; Jung & Burgess 2009), *P. pseudosyringae* (Jung m. fl. 2003) och *P. gonapodyides* (Cleary m. fl. 2016) till bokarnas försämrade hälsa. En allvarlig sjukdom som sedan länge uppmärksammas på Nordamerikanska bokträd ("Beech Bark Disease") orsakas av svampen *Neonectria coccinea* som sprids med sköldlöss (*Cryptococcus fagisuga*) (Lonsdale & Wainhouse 1987; Houston 1994). I Europa har denna svamp dock hittats i bokträd som angripits av *Phytophthora*, men utan att sköldlössen observerats (Jung 2009).

Phytophthora på ek

Ekarnas minskade vitalitet och ökade dödlighet (ekdöden) har under de senaste århundraden beskrivits i flera länder (Delatour 1983; Jung m. fl. 2000; Jönsson 2004; Jönsson m. fl. 2005; Jung m. fl. 2013). Symtomen inkluderar blödande stamsår på barken, vattskott, kronans utglesning och vissnande bladverk (Bild 11; Jung m. fl. 2013). De anses resultera från ett komplext samspel mellan biologiska faktorer (barkborrar, svampar, bakterier) och miljöfaktorer (kyla, torka, luftföroreningar) (Delatour 1983; Brasier & Scott 1994; Jönsson 2004; Jung m. fl. 2013). Flera *Phytophthora*-arter har kopplats till ekdöden i Europa, särskilt *P. quercina* (specifik för *Quercus*-arter) men även *P. cambivora*, *P. plurivora*, *P. gonapodyides* och (i Sydeuropa) *P. cinnamomi* (Jönsson 2004; Jung m. fl. 1996; 2000; 2013; Martín-García m. fl. 2015). Den luftburna arten *P. ramorum* (Werres 2001; Garbelotto m. fl. 2001) som orsakat plötslig ekdöd epidemin i Nordamerika har dock inte kopplats

till den långsamma ekdöden i Sverige. Symptomen blir ofta synliga först efter att en betydande del av finrötterna förlorats, vilket kan ta flera decennier. Miljöfaktorer och extrema klimatförhållanden kan trigga angreppen (Brasier & Jung 1993; Sturrock m. fl. 2011; Jung m. fl. 2013). De försvagade träden blir mottagliga för ytterligare stressfaktorer som torka och andra skadegörare (Jung m. fl. 2013).



Bild 11. Symptom av *Phytophthora*-angrepp på ek: utglesad krona, stamsår och vattskott. Foto Johanna Witzell.

Phytophthora på al

I Sverige kopplades *Phytophthora* redan på 90-talet till skador och dödlighet hos gråal och klibbal (Olsson 1999; 2010). Den art som angriper al har beskrivits som ett hybridkomplex i tre underarter: *P. alni*

subsp. *alni*, *P. alni* subsp. *uniformis* och *P. alni* subsp. *multiformis* (Brasier m. fl. 2004). Enligt Redondo m. fl. (2015a) återfinns *P. alni* subsp. *uniformis* i hela södra Sverige, medan förekomsten av den generellt mer aggressiva *P. alni* subsp. *alni* kan begränsas av hårdare vinterklimat. Även *P. plurivora* har isolerats från alar i Sverige (Redondo m. fl. 2015a), och *P. plurivora* och *P. uniformis* i Danmark (Redondo m. fl. 2016). Små, gulaktiga blad, död krona, tidig och riklig fröbildning samt vattskott indikerar att alar blivit angripna. På barken syns ofta stamsår med tjärliknande eller rostfärgad utsöndring (Bild 12; Jung m. fl. 2013). Döende alar längs åar är en vanlig syn i södra Sverige (Bild 12).



Bild 12. Stamsår orsakat av *Phytophthora*-angrepp på al. Översvämningar kan främja angreppen. Foto Jesper Witzell.

Sammanfattning – nuläget i Sverige

Flera introducerade *Phytophthora*-arter har kopplats till skador på lövträd i södra Sverige. Till exempel har *Phytophthora cactorum*, *P. cambivora*, *P. plurivora*, *P. syringae* och *P. gonapodyides* rapporterats som sjukdomsalstrande eller –associerad hos bok, och *P. quercina*, *P. cactorum* och *P. cambivora* har kopplats till ekarnas långsamma nedgång (Jönsson m. fl. 2003; Cleary m. fl. 2016). *Phytophthora alni* har kopplats till aldöden (Olsson 1999; Redondo m. fl. 2015a) och *P. pseudosyringae* har isolerats från sjuka hästkastanjer (Redondo m. fl. 2015b). Det är möjligt att flera för Sverige nya *Phytophthora*-arter kommer att upptäckas under de närmaste åren när nya områden inventeras². Eftersom *Phytophthora*-arter bildar hybrider (Brasier m. fl. 2004b; Burgess 2015) kan nya, aggressiva typer uppstå. *Phytophthora* angrepp har konstaterats även på björk i södra Sverige och mer information om björkens tillstånd kommer att vara tillgänglig inom kort: ett nytt Nordiskt samarbetsprojekt pågår sedan 2016 och studerar förekomsten av *Phytophthora* i björkbestånd i Nordiska och Baltiska länder.³

Framtida hot

På lång sikt kan klimatförändringen bidra till att vissa, i dagsläget sydliga skadegörare får fäste i svenska skogar. En av dessa arter är *P. cinnamomi* som har förstört hela biotoper i Australien (Weste 2003; Cahill m. fl. 2008; Boyd m. fl. 2013; Hee m. fl. 2013) och därför beskrivits som "biologisk bulldozer". Tusentals växtarter (inkl. bok, ek och barrträdsarter har rapporterats vara mottagliga för *P. cinnamomi* (Hee m. fl. 2013). I södra Europa har arten kopplats till sjukdom på äkta kastanj och ek (Hansen 2015). I Sverige har arten nyligen upptäckts på prydnadsväxter (M. Cleary m.fl., opublicerad). Om klimatförhållanden blir gynnsammare för denna art, finns alltså goda förutsättningar för dess snabba spridning även i Sverige.

Phytophthora ramorum är en annan art som kan förväntas orsaka problem i våra skogar i framtiden. Likt *P. cinnamomi* angriper den ett brett urval av växtarter, inklusive ekar och blåbärsris. *Phytophthora ramorum* är ansvarig för plötslig ekdöd (engl. Sudden Oak Death, SOD), en epidemi som härjat sedan början av 2000-talet i Nordamerika (Garbelotto m. fl. 2001; Werres m. fl. 2001). Framförallt trädarten *Notholithocarpus densiflorus* (engl. tanoak) och *Quercus agrifolia* (engl. coast live oak) har drabbats av SOD (Rizzo m. fl. 2002; Meentemeyer m. fl. 2008; Grünwald m. fl. 2012). År 2009 upptäcktes *P. ramorum*, som tidigare var känd som skadegörare på lövträd, orsaka dödlighet hos japansk lärk i England och Wales (Brasier & Webber 2010; Webber 2010). Även andra barrträd som gran kan bli angripna (Denman m. fl. 2005).

Till skillnad från många andra *Phytophthora*-arter, har *P. ramorum* en viktig del av sin livscykel ovan marken. Sporer bildas på mottagliga

² <http://proj.formas.se/detail.asp?arendeid=34285&x=250&y=20&sprak=1&redovisning=0>

³ <http://www.nordicforestresearch.org/sns-research/research-projects/invasive-phytophthora-species/>

växter vid fuktiga förhållanden och sprids lätt med regndroppar. Denman m. fl. (2005) jämförde hur olika trädarter skiljde sig i mottaglighet för *P. ramorum* genom att utsätta trädens blad eller barr för *P. ramorum*-svärmsporer vid laboratorieförhållanden. Medan 82 % av de testade lövträden uppvisade nekroser, hittades dessa i 39% av de testade barrträden. Contortatall och vanlig tall visade sig vara närmast immuna medan skogsgran och sitkagran var mycket mottagliga. Av lövträden var ask, bergek och hästkastanj mycket mottagliga medan bok, ek, klibbal, sykomorlön, avenbok, fågelbär och hassel visade begränsad nekros. De i vårt landskap vanligt förekommande ornamentala växterna som *Rhododendron* och syren var också mottagliga för *P. ramorum*.

Phytophthora ramorum har hittats på prydnadsväxter i Sverige ⁴ men ännu inte rapporterats som skadegörare på svenska ekar eller andra skogsträd. Jordbruksverket övervakar artens förekomst i Sverige, där man i enlighet med EUs regelverk har plikt att bekämpa den och förhindra dess spridning ⁵.

Europeiska växtskyddsorganisationen EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) har listat några *Phytophthora*-arter på sin A2 lista ⁶ som sammanfattar vilka skadegörare som bör behandlas som karantän-arter i EU-länder. Bland de arter som har betydelse för vedartade växter finns på A2-listan *P. ramorum* och *P. kernoviae*, samt *P. lateralis*. Den sistnämnda arten är aggressiv på ornamentala träd som idegranar (*Taxus*-arter), ädelcypresser (*Chamaecyparis*-arter) och tujor (*Thuja*-arter) (Hansen m. fl. 2000). *Phytophthora kernoviae* angriper bok, ek och blåbärsris, och även denna art finns bland framtida hot mot sydsvenska skogar (Talgø m. fl. 2013). Likt *P. ramorum*, sporulerar den på bladverket och den tycks vara aggressivare än *P. ramorum* på många trädarter (Brasier m. fl. 2005; Denman m. fl. 2006; Fichtner m. fl. 2012).

Än så länge känner vi alltså inte till allvarliga *Phytophthora*-skador på våra vanligaste barrträd, gran och tall (Bild 13). Framtiden kan dock se annorlunda ut: ett flertal *Phytophthora*-arter som angriper barrträd finns redan i landet. Till exempel kan *P. plurivora*, *P. cambivora* och *P. cactorum*, som upptäckts i flera områden i södra Sverige, angripa gran (Rytkönen m. fl. 2013; Cleary m. fl. 2017). Om granen visar sig vara så mottaglig för *P. ramorum* som Denman m. fl. (2005) rapporterar, kan möjligheterna för denna skadegörares etablering i Sverige vara goda. Även andra *Phytophthora*-arter hotar barrskogar. I Chile har *P. pinifolia* orsakat skador på radiatatall (*Pinus pinaster*) (Durán m. fl. 2008; Ahumada m. fl. 2013). *Phytophthora* kan även bli ett problem bl a i julgransodlingar (Talgø m. fl. 2006; Pettersson m. fl. 2017).

⁴ http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr243.pdf

⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:090:0083:0085:SV:PDF>

⁶ <https://www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm>



Bild 13. Våra barrskogar verkar än så länge vara friska men i andra delar av världen har även barrträd drabbats av omfattande *Phytophthora*-skador. Foto Johanna Witzell.

Att vi inte sett angrepp i våra barrskogar kan bero på många faktorer. Jämfört med lövträd, har gran och tall i kontrollerade växthustester även visat lägre mottaglighet för *P. plurivora*, *P. cambivora* och *P. cactorum* (Cleary m. fl. 2016). Detta kan indikera att barrträd har genetiskt betingade, kemiska egenskaper som gör det svårare för *Phytophthora* att påbörja eller fortsätta angrepp (jmf. Nagle m. fl. 2011). Lågt pH och tall-/granbarkrester i marken kan minska utvecklingen av *Phytophthora*-sjukdomar (Spencer & Benson 1981). Därför har många *Phytophthora*-arter kanske inte optimala förhållanden för att angripa träd i våra gran- och tallmarker.

Att få in nya *Phytophthora*-arter i landet t ex genom växthandel kan innebära ökat hot mot framtida skogar, även om inkommande arter i sig inte vore skadliga för våra skogsträd: *Phytophthora*-arter kan bilda arthybrider som i gynnsamma miljöer kan utvecklas till nya skogsskadegörare (Brasier m. fl. 2004b; Burgess 2015). Att begränsa introduktionen av *Phytophthora* är därför ytterst viktigt.

Riskbedömning

Phytophthora-arter är relativt nya skadegörare i svenska skogar och deras långsiktiga effekt på skogsproduktionen är därför fortfarande dåligt känd. För att underlätta riskanalyser och beslutsfattande i samband med nya skadegörare har ett flertal riskbedömningsprotokoll

(‘Pest Risk Assessment’, PRA ⁷) utvecklats. En av dessa (APHIS 2002) fokuserar på utvärdering av sex olika kategorier på en tregradig skala (risknivå hög, medelstor eller låg): 1. Samverkan mellan klimat och värdväxter; 2. Spektrum av värdväxter; 3. Spridningsförmåga; 4. Ekonomiska konsekvenser; 5. Miljökonsekvenser, och 6. Sannolikhet för introduktioner. Såväl skadegörare (arter) som deras spridningsvägar kan utvärderas enligt dessa kategorier och utvärderingens säkerhet, som generellt beror på kunskapsläget, bedöms också (stor, medelstor, låg).

Även om egenskaper och optimala förhållanden för enskilda *Phytophthora*-arter skiljer sig något, kan dessa faktorer för sydsvenska förhållanden generellt utvärderas på följande sätt:

Kategori 1 - Samverkan mellan klimat och värdväxter – Riskgrad: HÖG med MEDELSTOR/STOR säkerhet.

Ett flertal *Phytophthora*-arter har redan upptäckts som etablerade skadegörare på bok, ek och hästkastanj på ett flertal platser i södra Sverige. Ännu flera trädarter som trivs här har visat sig vara mottagliga. Det kan därför konstateras att i södra Sverige finns mottagliga värdväxter och gynnsamt klimat för etablering av introducerade *Phytophthora*-arter. Kalla vintrar och dominans av barrträd (mindre mottagliga för flera vanligt förekommande *Phytophthora*-arter) minskar riskgraden i norra Sverige. I framtiden förväntas klimatet bli varmare och nederbörden öka, vilket kan bidra till att nya *Phytophthora*-arter kan trivas här. Närheten till Europa och stora hamnar ökar risken för att nya arter sprids till södra Sverige via växthandel eller andra aktiviteter. Bedömningens säkerhet minskas något på grund av att vi inte känner till alla faktorer som bidrar till *Phytophthora*-arternas etablering i våra skogar.

Kategori 2 - Spektrum av värdväxter – Riskgrad: HÖG med MEDELSTOR säkerhet.

Samtliga *Phytophthora*-arter som hittills har identifierats i södra Sverige är kända för sin förmåga att angripa flera olika värdväxter som tillhör olika växtsläkten. Dessa *Phytophthora*-arter kännetecknas även av en stor kapacitet att etablera en livskraftig och reproduktiv population. Bedömningen görs med viss osäkerhet eftersom det råder kunskapsbrist kring alla potentiella värdarter som finns för olika *Phytophthora*-arter i vår natur.

Kategori 3 - Spridningsförmåga – Riskgrad: MEDELSTOR med MEDELSTOR säkerhet.

Den geografiska utbredningen av platser där olika *Phytophthora*-arter har upptäckts i södra Sverige, och det faktum att dessa *Phytophthora*-arter huvudsakligen är jordburna tyder på att människor kan ha underlättat spridningen, främst genom transport av infekterad jord eller

⁷ https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/01/ISPM_02_2007_En_2015-12-22_PostCPM10_InkAmReformatted.pdf

plantmaterial. Alla upptäckta fall av *Phytophthora* kanske inte är "nya" - *Phytophthora* kan vara oupptäckt i flera år och bli synlig först när miljöförhållanden, t.ex. klimatet, blir mer lämpade för skadegörarens utveckling, eller när trädens vitalitet minskar av någon anledning. I södra Sverige är de mottagliga trädarterna vanligt förekommande och *Phytophthora* kan producera sporer vid flera tillfällen per år. Spridningen över längre distanser har troligen skett främst med människor medan *Phytophthora*-arters naturliga spridningsförmåga är måttlig. Bedömningens säkerhet är medelstor eftersom detaljerade kunskaper kring enskilda arters autonoma spridning i våra skogsmiljöer saknas.

Kategori 4 - Ekonomiska konsekvenser – Riskgrad: LÅG/MEDELSTOR med LÅG säkerhet.

I södra Sverige har *Phytophthora* hittills oftast upptäckts i rekreationsområden, parker, kyrkogårdar och andra tätortsnära skogar men under senaste tiden även i produktionsskogar. Framförallt bokträd och -bestånd har drabbats men *Phytophthora*-arter hotar även ek- och al i södra Sverige. På grund av sekundära skador utvecklas angripna träd ofta till riskträd eller fälls lätt i starka vindar. Hantering av dessa skador innebär alltid en kostnad för skogsägaren.

De ekonomiska konsekvenserna på grund av *Phytophthora* kan generellt uppdelas i direkta kostnader för skogsägaren (avverkningskostnader, förlorat virkesvärde och eventuellt minskat värde på fastigheten, föryngringskostnader, osv.) och indirekta kostnader som ofta hamnar hos staten (inspektioner, administrationskostnader, statligt stöd för ädellövskogsskötsel, eventuella åtgärder vid upptäckten av karantänsarter, osv.). I tätortsnära områden kan de ekonomiska konsekvenserna vara mycket betydelsefulla då fällning av gatu- och parkträd är kostsamt. Även om virkesvärdet i angripna träd inte direkt minskas på grund av *Phytophthora*-angrepp, kan angreppet tvinga skogsägaren att avverka och föryngra tidigare än planerat, eventuellt i ekonomiska lägen som inte är optimala. Detta kan ha stora konsekvenser för en enskild skogsägare. På national nivå kan ekonomiska konsekvenser dock anses vara enbart måttliga så länge gran och tall inte drabbas. I dagsläget saknas kalkyler för de ekonomiska förluster som *Phytophthora* hittills har orsakat eller har potential att orsaka i våra lövskogar. Eftersom detaljerad kunskap om ekonomiska konsekvenser saknas, är säkerheten i denna bedömning låg.

Kategori 5 - Miljökonsekvenser. – Riskgrad: HÖG med MEDELSTOR säkerhet.

Miljökonsekvenser kan inträffa på grund av 1. skadegörarens potential att orsaka störningar i ekosystem och livsmiljöer inom nuvarande utbredningsområde; 2. behovet av kemiska eller biologiska kontrollåtgärder; och 3. skadegörarens potential att direkt eller indirekt hota rödlistade arter i vår natur (APHIS 2002). Eftersom de flesta *Phytophthora*-arter kan angripa ett brett spektrum av värdväxter, såväl träd som annan växtlighet, kan potentialen att störa ekosystem

vara stor. I dagsläget har vi inte tillgång till systematiska och beprövade kontrollåtgärder mot *Phytophthora* i våra skogar och kategori 2. är därför inte direkt relevant för praktiskt naturvård. Bok och ek som verkar vara mest drabbade av *Phytophthora*-skador är mycket värdefulla träd för naturvården och ett flertal rödlistade arter är associerade till dessa träd (Arup m. fl. 2001; Sundberg m. fl. 2015). *Phytophthora* har därför potential att påverka flera rödlistade arter i våra skogar. Även här är dock kunskapsbehovet stort vilket minskar bedömningens säkerhet.

Kategori 6 – Sannolikhet för introduktion. *Riskgrad: HÖG med MEDELSTOR säkerhet.*

Generellt kan risken för *introduktion och etablering* av nya *Phytophthora*-arter bedömas som stor i hela södra Sverige. Närheten till mellaneuropeiska plantskolor, samt frekvent trafik via stora hamnar och över Öresundsbron bidrar till risken att föra in smittad jord eller växter. *Phytophthora* är svåra att upptäcka vid inspektion. Trädgårdar, parker och kyrkogårdar, där nya importerade prydnadsväxter planteras årligen, kan fungera som ingångsportar för nya *Phytophthora*-arter och –varianter. Till exempel *Rhododendron* (Bild 14) kan bära med sig *Phytophthora* (Rytkönen m. fl. 2012). Klimatförhållanden är redan i dag gynnsamma för angrepp och det finns ett flertal trädarter och andra växter som är mottagliga för olika *Phytophthora*-arter. Bedömningens säkerhet är medelstor eftersom såväl klimatet som trädpopulationernas reaktioner på lång sikt är svåra att förutse.



Bild 14. *Rhododendron* är populära växter i trädgårdar och parker i hela Sverige. De är mycket mottagliga för *Phytophthora* och ofta importerade t ex från Nederländerna. Foto Johanna Witzell.

Hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar

Steg 1 - Analysera och planera

Eftersom de sydsvenska ädellövskogarna är en unik och värdefull del av vår natur, bör hotet från *Phytophthora* mot bok och ek och även andra lövträd, betraktas som allvarligt. Genom att kartlägga symptom samt analysera framtida riskbilder och möjliga konsekvenser av *Phytophthora*-angrepp på fastighetsnivå får skogsägaren en översikt över situationen och kan uppdatera skötselplaner och ekonomiska kalkyler.

Kartläggning av beståndens tillstånd (nuläget)

Phytophthora-angrep leder inte till en lika tydlig sjukdomsbild som t ex askskottsjuka eller almsjuka. För att fastställa huruvida ett område är smittat behövs provtagning (jordprover, vävnadsprover från rotsystemet eller från färskas stamsår) och laboratorieanalyser som kräver specialistexpertis. Man bör dock börja med att genom observationer kartlägga beståndens allmänna tillstånd. Detta kan indikera om *Phytophthora* är aktiv inom området. Följande frågor kan hjälpa vid kartläggningen:

- Är kronan utglesad, med döda grenar och små, bleka blad (Bild 7? ⁸)?
- Finns det skador på stam (bark som lossnar i större bitar, mörka fläckar och blödande stamsår – jmf. bild 8 och bild 12)?
- Har träden angripits av röta (observera fruktkroppar t ex stubbdyna, honungsskivling).
- Har ett flertal träd dött oväntat?
- Finns det döda eller angripna träd längs vägar eller stigar, i sluttningar eller i närheten av vattendrag?
- Har träden ramlat omkull efter starka vindar?
- Har träden bildat mycket vattskott (framförallt på ek)?

Ju fler "ja" svar, desto större anledning att misstänka *Phytophthora*.

Att bekräfta smittan

Laboratiestudier behövs för att bekräfta om *Phytophthora* (och vilka arter som) återfinns i området. Såväl markprover som vävnadsprover kan användas för att säkerställa en *Phytophthora*-diagnos. Att noggrant dokumentera och beskriva beståndets allmänna tillstånd med hjälp av frågorna ovan, och att sammanställa skötselhistorik är alltid till stor hjälp

⁸ Kronans tillstånd kartläggs bäst i början av sommaren men andra tecken kan observeras året runt.

vid diagnoser och planering av åtgärder. Även om tydliga symptom på träden saknas kan det vara motiverat att ta markprover, t ex om *Phytophthora*-skador har konstaterats på grannfastigheter.

Snabbtester finns tillgängliga⁹ som kan användas för att konstatera om *Phytophthora* eller vissa andra närbesläktade mikroorganismer finns i ett vävnadsprov (blad, rötter, eller bark och ved som insamlats ovanpå ett blödande stamsår; Bild 15). Ett negativt svar från ett snabbtest bör inte betraktas som absolut bevis för att trädet inte är infekterat men tester kan användas som stöd, tillsammans med en helhetsbedömning av trädets tillstånd, för att diagnostisera *Phytophthora* och motivera provtagning för detaljerade laboratoriestudier.



Bild 15. Ovan: barkprov har tagits ovanpå ett färskt stamsår från hästkastanj (till vänster) och bok (till höger). I den vänstra bilden syns skillnaden mellan frisk (ljus) och angripen (orange-marmorerad) vävnad tydligt. Snabbtest visar två blåa linjer om vävnadsprovet innehåller *Phytophthora*-celler, men det kan även ge positiv respons på vissa arter inom närbesläktade släktet *Pythium*. Foto Johanna Witzell.

⁹ <https://www.pocketdiagnostic.com/>

Från markprover kan skadegöraren fångas levande med hjälp av sk. *baiting*-metod (engl. "bait" - bete, lockbete). I metoden läggs markprover i en plastburk och täcks med vatten (Bild 16). Därefter placeras mottagligt växtmaterial (t ex Rhododendron-blad) ovanpå vattenytan. Om markproverna innehåller *Phytophthora* aktiveras den i vattnet och lockas till mottagligt växtmaterial. Angreppet blir synligt som mörka fläckar på bladen. Från kanten av dessa mörka fläckar tas sedan små bladbitar som placeras på tillväxtmedium (agar) innehållande vissa antibiotika och fungicider. Dessa ämnen dämpar tillväxten av bakterier och svampar, och tillåter att *Phytophthora*-myceliet (Bild 17) växer fram från angripna växtvävnader. Myceliet används sedan i molekylärbiologiska tester där arvsmassan (DNA) används för att artbestämma *Phytophthora*. Växtmaterial, t ex bark- och vedprover kan direkt placeras på likadant tillväxtmedium för att få *Phytophthora*-myceliet att växa fram (Bild 16-17).

Att fånga *Phytophthora* levande från mark- eller vävnadsprover är svårt, och huruvida man lyckas eller inte kan variera beroende på säsong, stamsårens ålder, värdträdens egenskaper och *Phytophthora*-art (Davidson m. fl. 2003; Hayden m. fl. 2004). Mer känsliga laborietekniker, baserade på polymeraskedjereaktion (PCR) finns dock tillgängliga. Dessa kan upptäcka *Phytophthora*-DNA även i små mängder (Schen a m.fl. 2006; 2008; Scibetta et al 2012; Català m. fl. 2015).

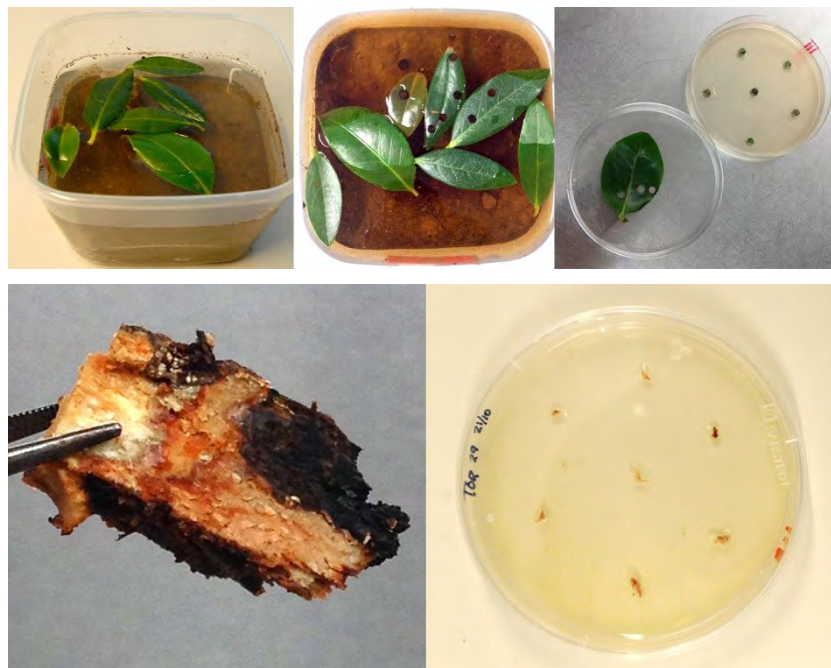


Bild 16. Övre raden: vid "baiting"-metoden läggs jordprover under vatten för att väcka *Phytophthora* som angriper på ytan flytande Rhododendron-blad. Små bitar från bladen stansas sedan t ex med en korkborr (runda hål på bladen i den mellersta bilden) och läggs på näringsagar. Nedre raden: bitar av infekterad ved har placerats på näringsagar. Foto Mimmi Blomquist.

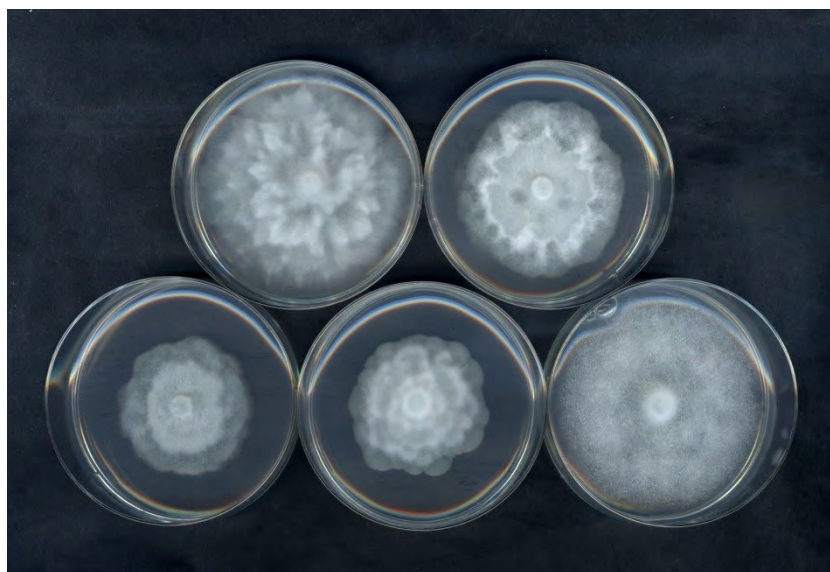


Bild 17. *Phytophthora*-arter växer som mycelium på näringsagar. Foto Mimmi Blomquist.

Kartläggning av riskområden (framtiden)

Risken för introduktion och etablering av *Phytophthora* på fastigheten kan uppskattas genom att klassificera områdena i tre kategorier:

1 - Områden med hög risk – symptom på *Phytophthora* är tydligt synliga, smittan har bekräftats (se nedan), eller kan med hög sannolikhet förväntas att etableras inom kort på grund av goda förutsättningar (t ex närhet till redan smittade områden, gynnsamma miljöförhållanden, planteringar).

2 - Områden med medelstor risk – *Phytophthora* har än så länge inte upptäckts men vissa förutsättningar för smittan finns. Kännetecken kan vara fuktiga partier, sluttningar, nyligen byggda skogsvägar och avverkningsområden eller andra lokaler där man har grävt eller fraktat in jord, vandringsleder eller andra anordningar för rekreationsaktiviteter (Bild 18).

3 - Områden med låg risk - Bestånd eller skogspartier där introduktion av *Phytophthora* är mindre trolig. Kännetecken kan vara stort barrträdsinslag, användning av sådd istället för plantering, avsaknad av vägar och vandringsleder och andra markstörningar.



Bild 18. Markskador och stående vatten gynnar *Phytophthora*. Foto Jesper Witzell.

Utvärdering av konsekvenser

Målklasser i gröna skogsbruksplaner (Brunet m. fl. 2010) kan användas för att bedöma hur *Phytophthora*-smittan påverkar skogsbrukets resultat och hållbarhet (Tabell 1).

Phytophthora äventyrar såväl produktions- som naturvårdsmålen men de ekonomiska och ekologiska effekterna, samt motivationen att vidta förebyggande eller återverkande åtgärder kan variera beroende på målklass. Till exempel, *Phytophthora* kan hindra utvecklingen av gammelskog (NO). Genom att skapa mer död ved kan *Phytophthora* och minska behovet att aktivt skapa död ved genom veteranisering eller andra åtgärder i målklass NS (Bild 19). Höga kulturmiljövärden i målklass NS kan vara mycket känsliga för *Phytophthora*-angreppens negativa effekter t ex när gamla värdeträd försvagas och blir riskträd samtidigt som återskapande av likadana miljöer riskeras då föryngring med samma trädart inte är tänkbar på grund av smittan i marken. Målklass PG kan eventuellt lättast anpassas till kortare rotationstider som *Phytophthora* kan tvinga fram. I målklass PF kan eventuella rekreativitet aktiviteter behöva regleras om man vill motverka spridning av *Phytophthora*.

Tabell 1. Målklasser i gröna skogsbruksplaner enligt Brunet m. fl. (2010).

Målklass	Beståndets karaktär och långsiktiga skötsel mål
Produktionsmål – generell hänsyn, PG	Bestånd med relativt låga naturvärden. Produktionsmål styr skötsel. Generell hänsyn enligt skogsvårdslagen (t ex död ved, bryn, gamla träd) på 5-15% av arealen.
Produktionsmål – förstärkt hänsyn (kombinerade mål), PF (K)	Bestånd med en del naturvärden. Produktionsmål styr skötseln men förenas med förstärkt hänsyn och andra mål (t ex rekreation) dominerar i delar av beståndet. I regel används 15-40% av arealen för hänsyn.
Naturvårdsmål – skötsel (NS)	Bestånd med höga natur-och kulturmiljövärden (inkl. alléer och värdträd). Skötselåtgärder är nödvändiga för att behålla värden. Skötsel kan leda till inkomster men utförs endast när det är motiverat av naturvårdskäl.
Naturvårdsmål – orört (NO)	Bestånd med höga naturvärden eller förutsättningar att utveckla dessa om de lämnas orörda. Långsiktigt mål är utveckling av gammelskog.



Bild 19. Mängden död ved kan öka på grund av *Phytophthora*-angrepp. Foto Johanna Witzell.

Steg 2 – Förebygga och behandla

Beslutet om att sätta i gång med (och välja vilka) åtgärder handlar naturligtvis främst om kostnader och förväntat nytta. För att vara *kostnadseffektiva* ska åtgärder leda till att skadegöraren utrotas eller att dess spridning betydligt begränsas. För att vara *framgångsrika* måste åtgärderna vara dimensionerade på ett sätt som tar hänsyn till skadornas utveckling (Gilligan 2008, Cunniffe m. fl. 2015; Thompson m. fl. 2016). Cunniffe m. fl. (2016) beskriver tre faser i skadeepidemins utveckling:

Fas 1 - Inledande angrepp som under vissa förhållanden kan förbli oupptäckt och odiagnostiserad, endast lite information finns tillgänglig kring skadeorsaken och skadepotentialen.

Fas 2 - Fortsatt spridning då epidemin upplevs som ett potentiellt allvarligt hot, kunskap om skadegöraren är begränsad men det finns tillräckliga data för att bedöma olika hanteringssätt.

Fas 3 - Utbredning och etablering; utrotning är inte längre möjlig men det kan dock fortfarande vara möjligt att lokalt begränsa spridningen.

Om man tidigt (i fas 1) kan upptäcka infekterade träd och områden samt eliminera smittokällorna, har man bäst chans att lyckas hejda epidemiernas utveckling (Cunniffe m. fl. 2016). Sådana åtgärder kräver dock satsningar och investeringar *när problemet fortfarande är litet* och odefinierat. I vanliga fall ökar dock investeringarna till åtgärderna i takt med att problemet växer.

Våra observationer (2010-2016) och resultat från systematiska studier (2015 – 2016) tyder på att ett flertal *Phytophthora*-arter är aktiva i sydsvenska lövskogar. Vi uppskattar att dessa skadegörare generellt befinner sig i fas 2. I andra delar av Sverige och i barrskogar är det dock motiverat att vara uppmärksam på symptom och även ta stickprov för att tidigt (redan i fas 1) upptäcka eventuella *Phytophthora*-infektioner.

I dagsläget har vi mycket begränsade möjligheter att förhindra den naturliga (autonoma) spridningen av *Phytophthora*-arter i skogsmiljöer. Vi kan t ex inte avsevärt påverka viktiga miljöfaktorer, som nederbörd och temperaturer, som kan gynna dessa skadegörare. Att modifiera och begränsa aktiviteter som bidrar till introduktion av nya arter och ytterligare spridning är därför det främsta sättet vi kan arbeta för att minska påverkan av *Phytophthora* på våra skogsträd (Barber m. fl. 2013). Även små åtgärder kan bidra till att *Phytophthora*-skadornas spridning och effekter i våra skogar minskas.

Riskaktiviteter

Att förebygga för skador handlar främst om att förhindra introduktion av *Phytophthora* till nya områden och introduktion av nya *Phytophthora*-arter till redan smittade områden. *Phytophthora* **introduceras och sprids** genom växtmaterial, jord och vatten i skogsmiljöer. Genom att bedöma hur olika skogsskötselåtgärder som gjorts under senaste 10 åren eller som planeras att göras under närmaste 10 åren relaterar sig till dessa tre element kan olika lösningar skraddarsys som passar till fastighetens resurser och bemöter skogsbrukets mål. De huvudsakliga riskaktiviteterna är:

1 - Plantering av smittade plantor direkt i skogar, eller i trädgårdar, parker och andra grönområden som gränsar till skog, och varifrån smittan kan spridas till skogen. Eftersom prydnadsväxter kan bära smittan, sprids *Phytophthora* lätt även genom trädgårdsavfall som dumpas i skogen.

2 - Åtgärder som innebär att man flyttar jord från smittade områden till friska t ex i samband med skogsvägbyggen, anläggande och underhåll av vandringsleder samt i tätortsnära skogar t ex när man skapar färdiga landskap ("landscaping"). Dålig hygien när man inte rengör verktyg eller fordon från jord och växtrester. Även rekreativa aktiviteter som vandring, orientering, cykling, ridning, användning av "off-road" fordon som fyrhjulingar, mountain bikes, osv. kan bidra till spridningen av *Phytophthora*-smittad jord i landskapet.

3 - Dålig dränering som gör att vattnet står i marken och skapar gynnsamma förhållanden för sporproduktion och spridning av *Phytophthora*.

Föryngring

Ökade *Phytophthora*-angrepp kan driva skogsbruket mot kortare omloppstider och därmed öka behovet av tätare föryngringsåtgärder. Eftersom levande plantor anses vara det viktigaste sättet att sprida *Phytophthora* (Jung & Blaschke 2004) bör speciell uppmärksamhet ges plantering av *Phytophthora*-fritt växtmaterial. Naturlig föryngring är att föredra när så är möjligt, även sådd innebär mindre risk för *Phytophthora*-smitta än plantering (Bild 20; Jung & Blaschke 2004).

Plantskolor är närmast optimala miljöer för *Phytophthora* (Parke m. fl. 2014; Jung m. fl. 2016). Enligt en nyligen publicerad studie är över 90% av Europeiska plantskolor smittade med *Phytophthora* (Jung m. fl. 2016). Vid val av plantor bör plantskolor konsulteras för information om plantornas ursprung. Inhemska plantor som odlats från frön i plantskolan kan generellt anses vara ett tryggare alternativ än plantor som köpts in och transporterats från andra länder (jmf. Jung & Blaschke 2004). Om plantor har vattnats med vatten från åar, dammar eller sjöar, ökar risken för att dessa plantor bär smitta. Bevattning med vatten från vattendrag kan alltså tillintetgöra alla andra åtgärder som utförs för att förhindra angrepp i plantskolor (t ex sterilisering av jord). Vattendrag har påpekats som en viktig spridningsväg t ex för al-*Phytophthora* (Jung & Blaschke 2004). Generellt kan täckrotsplantor som odlats utan direkt kontakt med marken vara att föredra framför barrotsplantor som odlats på jordbäddar i marken. Innan plantering bör rotsystem från ett slumpmässigt urval av plantor granskas visuellt för att upptäcka eventuella nekroser, och snabbtester kan användas för att få större säkerhet. Åtgärder som markberedning och effektiv dränering bidrar till bra etablering vilket kan hjälpa plantor att motstå angreppen.



Bild 20. Jämfört med plantering, innebär naturlig föryngring och sådd låg risk för *Phytophthora*. Foto Johanna Witzell.

Vi har idag ringa erfarenheter av hur man vid svenska förhållanden bör föryngra och restaurera bestånd som drabbats av omfattande *Phytophthora*-skador. På grund av vilsporer kan vi förvänta oss att även nya plantor och frön löper stor risk att bli angripna (Martín-García m. fl. 2015). Vid naturlig föryngring kan trädskadornas utglesning markant förändra ljustillgången och mikroklimatet för plantorna redan innan egentliga luckor uppstår. Nedgången av en trädart på grund av *Phytophthora*-angrepp kan ha stora konsekvenser för plantornas överlevnad och på lång sikt forma trädslagsfördelningen. Till exempel har studier visat att ekföryngring kan försvåras när stora träd dör, speciellt under år med sommartorka, eftersom krontaket skyddande effekt är betydelsefull för 1-3 åriga ekplantor (Anderegg m. fl. 2012).

Trädslagsval

Olika trädarters tålighet mot olika *Phytophthora*-arter varierar (Cleary m. fl. 2016). Även inom en art observeras ofta variation mellan trädindividernas mottaglighet för angrepp vid fältförhållanden vilket antyder genetiska skillnader. Att nyttja dessa skillnader genom resistensförädling föreslås som en viktig del av en långsiktig hantering av *Phytophthora* (Jung & Blaschke 2004). I dagsläget är det vetenskapliga underlaget för smält för att svara på vilka av våra lövträdarter eller -kloner som skulle kunna rekommenderas för *Phytophthora*-drabbade lokaler där trädslagsbyte är en möjlig åtgärd.

Graden av mottagligheten kan dock variera beroende på trädens ålder och miljö, samt skadegörarens egenskaper som också varierar i tid och rum. Vid testförhållanden har våra vanliga barrträd gran och tall visat sig vara generellt svårare att smitta med *Phytophthora* (Denman m. fl. 2005; Cleary m. fl. 2016) men omfattande *Phytophthora*-skador har förekommit även på barrträd. Att gran har visat stor mottaglighet för karantänarten *P. ramorum* (Denman m. fl. 2005) är oroande. Trädarters respons i skogsmiljöer och över rotationstiden kan dock avvika från testförhållanden i växthus eller laboratorium.

Blandskog i olika former (Bild 21) kan ha en fördel i framtidens skogsbruk också eftersom den kan buffra för *Phytophthora*-skador genom att sprida risken: Jämfört med monokulturer som består av ett trädslag, kan blandskog skapa variation i beståndens mottaglighet för *Phytophthora*-angrepp (jmf. Korhonen m. fl. 1999; Ennos 2015). Problem med *Phytophthora*-arter som är specialiserade på en värdväxt kan eventuellt minskas genom växelbruk (t ex al-*Phytophthora* i plantskolor), men detta hjälper inte mot *Phytophthora*-arter som angriper flera olika växtarter (t ex *P. plurivora*) (Jung & Blaschke 2004).



Bild 21. Olika trädarter är olika mottagliga för olika *Phytophthora*-arter – blandning av trädarter kan därför vara den rätta vägen att skapa skogar som kan motstå *Phytophthora*-skador. Foto Jesper Witzell.

Hygien

Att utöva god hygien i allt arbete i skogen är speciellt viktigt när det gäller *Phytophthora* (Bild 22). Principen "ren vid ingång" bör följas. Fordon (däck) och större verktyg rengörs från jordrester med borste som också ska rengöras om den flyttas med. Vattentvätt rekommenderas inte, man kan istället spraya med klorlösning som får verka 10-15 minuter innan man lämnar området.

Om möjligt, bör man begränsa rörelsen (människor, fordon, och boskap) i skogen när marken är fuktig, och leda trafiken till existerande vägar och stigar. Man bör påbörja alla skötselaktiviteter i områden med låg eller mellanstor risk och därefter fortsätta till högriskområden. Är man tvungen att inleda aktiviteter i högriskområden, bör fordon och verktyg noggrant rengöras (borstning och klorlösning) innan man fortsätter till lågriskområden. Antalet stigar inom området bör minimeras och om möjligt bör spång byggas över fuktiga partier. I rekreationsområden kan man sätta upp enkla "hygienstationer" med borstar för fordon och även för skor (Bild 22). Vid större vandringsleder kan man även upprätta "fotbad" som vandrare leds genom på vägen in eller ut från området.



Bild 22. *Phytophthora*-smittan kan flyttas från ett område till ett annat i jordrester som fastnat i verktyg, skogsmaskiner och fordon. Även rekreationsaktiviteter kan ha betydelse: totalt 167 g jord hade fastnat på dessa skor. Ett gram jord kan innehålla miljoner mikrobceller och tusentals arter. Foto Jesper Witzell.

Dikning

Markavvattning, skyddsdikning, dikesrensning och andra åtgärder som syftar till att förbättra vattenbalansen i skogsmarken är alltid att rekommendera eftersom de minskar möjligheterna för *Phytophthora*-arternas spridning och sporproduktion.

Hantering av virke och bark från smittade områden

Förutom den relativt ytliga skadan som stamsår orsakar under barken, skadar *Phytophthora* inte virket t ex genom att orsaka omfattande röta. Blödande stamsår verkar inte vara centrala för spridningen av markburna *Phytophthora* och stamsårens uppkomst motiverar inte akut fällning av träden i syftet att begränsa smittan. Enligt Davidson m. fl. (2005) och Swain m. fl. (2006) överlevde inte den luftburna karantänarten *P. ramorum* i bark- och vedrester. Jung & Blaschke (2004) rapporterar dock att 3-åriga alplantor som odlades tillsammans med bitar av nekrotisk albark blev infekterade. Kompostering av barkrester kan dock döda eller kraftigt minska *Phytophthora* (Noble & Roberts 2004; Swain m. fl. 2006; Noble m. fl. 2011). Ahumeda m. fl. (2009, 2013) konstaterade att *P. pinifolia*, som i Chile orsakat omfattande skador på montereytall (*Pinus radiata*), inte överlevde i virket. Trots att de huvudsakliga spridningsvägarna är levande plantor och jord, verkar det vara motiverat att undvika att sprida infekterad bark (t ex i täckbark). Import av obarkat virke, framförallt från områden som drabbats av *P. ramorum*, är inte riskfritt då transporterna kan innehåller angripna växtdelar eller smittad jord. Man bör dessutom komma ihåg att transporter av obehandlat och obarkat virke är ett klassiskt sätt att introducera även andra skadegörare (t ex almsjuka) (Bild 23).



Bild 23. Många skadegörare, t ex almsjuka, har flyttats med virke till nya områden men de flesta *Phytophthora*-arter verkar istället främst flyttas med plantor och jord. Foto Johanna Witzell.

Fosfitbehandling

Fosfit har i plantskolor och trädgårdar används som tillväxtfrämjande medel som även motverkar *Phytophthora* skador. Fosfitbehandling föreslås av forskare som möjlig åtgärd även mot skogsträdens *Phytophthora* (Dalio m. fl. 2014). I Sverige är produkter med fosfit dock registrerade enbart som tillväxtfrämjande och stärkande (vitaliserande) medel i växtodling och i skötsel av gräsmattor. Enligt miljöbalken kräver eventuella vitaliserande åtgärder i skogen samråd med Skogsstyrelsen.

Fosfitbehandlingen kan inte ta bort *Phytophthora*-smittan men den kan minska skadornas omfattning och spridning (Scott m. fl. 2015). Lovande resultat med fosfitbehandling vid kontroll av *Phytophthora* på skogsträd har rapporterats (Shearer m. fl. 2006; Shearer & Fairman 2007; Garbelotto m. fl. 2007; Dalio m. fl. 2014; Scott m. fl. 2015). Behandlingar är mest effektiva när de görs innan träden blivit angripna (preventiv effekt).

Behandlingen utförs som bladgödsling (större arealer) eller injektioner (t ex av enskilda värdefulla träd) (Hardy 2001; Shearer m. fl. 2006; Shearer & Fairman 2007; Garbelotto 2007; Scott m. fl. 2015). Man kan även pensla eller rolla stammen med fosfitlösningen (T. Jung, muntl.). Crane & Shearer (2014) rapporterar att injektioner och besprutning av stammar var mer effektiv än bladgödsling. Enligt australiensiska "Dieback Working Group"¹⁰ bör produkten späds med vatten så att halten är cirka 0,3 % fosfit för bladgödsling (köpta produkter kan innehålla 20-60% aktiva ingredienser). Garbelotto m. fl. (2007) rekommenderar 0,5% koncentration. Vätmedel bör användas för bättre vätning, täckning och vidhäftning av preparatet om det inte redan finns i produkten (Garbelotto m. fl. 2007). Lösningen används omedelbart och blandas ofta. Injektioner kan ge effekt i 3-5 år, sprutning i 1-2 år (Hardy m. fl. 2001). Behandling utförs bäst i maj eller tidigt i juni då träden aktivt transporterar vatten, helst på morgonen, och inte precis efter regn eller precis före regn¹⁰.

Fosfit transporteras effektivt i växter där det slås ihop med växternas organiska fosfatreserver och koncentreras i vävnader med aktiv tillväxt (Scott m.fl. 2015). Fosfit kan fungera på två olika sätt: låga koncentrationer aktiverar trädens egna resistensmekanismer medan högre koncentrationer kan minska tillväxt (mycelium) och sporproduktion hos *Phytophthora* (Wilkinson m. fl. 2001; Jackson m. fl. 2000; King m. fl. 2010; Scott m. fl. 2015). Toxiska effekter kan dock förekomma, t ex nekros eller missbildningar, men fosfit kan även orsaka osynliga förändringar i trädens funktioner och strukturer (Scott m. fl. 2015) Man har inte kunnat visa att fosfit skulle ha negativa effekter på produktionen av livskraftiga frön (Fairbanks et al 2001). Vid långvarig användning av fosfit kan *Phytophthora* bli mindre känslig för fosfits toxiska effekt (Dobrowolski m. fl. 2008).

¹⁰ <https://dwg.org.au/treatment>

Steg 3 – Bevaka

Inspektioner

Forskning har visat att ett flertal *Phytophthora*-arter är mycket aktiva i sydsvenska lövskogar. Man bör därför regelbundet inspektera bestånden för att observera misstänkta symptom. Att så tidigt som möjligt kunna ta hänsyn till risken för *Phytophthora*-skador är en stor fördel i planering av skötselåtgärder och ekonomiska investeringar och resultat.

Information och pågående forskning

På en skogsfastighet bör alla medarbetare informeras om *Phytophthora* och dess spridning samt hur man kan minska riskerna för introduktion av *Phytophthora* till nya områden. Informationsmaterial på svenska och engelska, t ex för skyltar (i rekreationsområden) finns tillgängligt via SLU (se "Kontaktinformation"). Forskare vid Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU Alnarp, svarar gärna på frågor kring hantering av *Phytophthora* i sydsvenska lövskogar.

Intensiv forskning kring *Phytophthora* pågår runt om i världen och ny information genereras hela tiden. En del av denna information finns tillgänglig via internet (se "Internetresurser"), oftast på engelska. Vid SLU Alnarp pågår ett större forskningsprojekt "*Medborgarvetenskap och från-gener-till-landskapet metod i bekämpning av Phytophthora-skador i södra Sverige*" (2016-2018) som kommer att leverera ny vetenskaplig information om *Phytophthora*-arternas spridning och genetiska bakgrund i Sverige, samt bygga upp en öppen, interaktiv databas med information om *Phytophthora*-arternas spridning (Bild 24).



Bild 24. Vid SLU Alnarp studeras *Phytophthora*-arternas förekomst i sydsvenska lövskogar. Foto Johanna Witzell.

Litteratur

- Aguayo J, Elebede F, Husson C, Saintonge F, Marcais B (2014). Modeling climate impact on an emerging disease, the *Phytophthora alni*-induced alder decline. *Global Change Biology* 20: 3209–3221.
- Ahumada R, Rotella A, Poisson M, Durán Á & Wingfield MJ (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.
- Alvarez LA, Gramaje D, Abad-Campos P & García-Jiménez J (2009). Role of the *Helix aspersa* snail as a vector of *Phytophthora citrophthora* causing branch cankers on clementine trees in Spain. *Plant Pathology* 58: 956-963.
- Anderegg WR, Kane JM, Anderegg LD (2012). Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nature Climate Change* 3 30–36.
- APHIS (2002). Guidelines for pathway-initiated pest risk assessment, Version 5.02. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS).
- Arup U, Hanson S-Å, Huggert L (2001). Rödlistade arter i sydsvenska skogsmiljöer. En översiktlig inventering av lavar, mossor, svampar och vedinsekter i 20 områden. Naturskyddsföreningen i Skåne.
- Barber P, Paap T, Burgess T, Dunstan W & Hardy G (2013). A diverse range of *Phytophthora* species are associated with dying urban trees. *Urban Forestry & Urban Greening* 12: 569-575.
- Barrios-Garcia MN & Ballari SA (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biological Invasions* 14:2283-2300.
- Benson D (1982). Cold inactivation of *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 72: 560-563.
- Benson DM (1987). Occurrence of *Phytophthora cinnamomi* on roots of azalea treated with preinoculation and postinoculation applications of metalaxyl. *Plant Disease* 71:818-820.
- Bienapfl, JC & Balci Y (2014). Movement of *Phytophthora* spp. in Maryland's nursery trade. *Plant Disease* 98:134-144.
- Blomquist M (2016). Invasive *Phytophthora* species affecting broadleaved tree species in urban and landscape settings in Southern Sweden. Masters thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp. 44 pp.
- Boyd I, Freer-Smith P, Gilligan C & Godfray H. (2013). The consequence of tree pests and diseases for ecosystem services. *Science* 342,1235773.

Brasier CM (2008). The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology* 57: 792-808.

Brasier CM & Jung T (2003). Progress in understanding *Phytophthora* diseases of trees in Europe. In: *Phytophthora in Forests and Natural Ecosystems*. Proc. 2nd Int. IUFRO Working Party 7.02.09 Meeting, Albany, Western Australia. September 30 – October 5, 2001. Ed. by McComb JA; Hardy GESTJ. Perth: Murdoch University Print, pp. 4–18.

Brasier C & Jung T (2006). Recent developments in *Phytophthora* diseases of trees and natural ecosystems in Europe. *Proceedings of the Third International IUFRO Working Party (S07. 02.09) Meeting: Progress in Research on Phytophthora Diseases of Forest Trees*. pp. 5–16.

Brasier C & Webber J (2010). Plant pathology: Sudden larch death. *Nature* 466(7308) 824-825.

Brasier C, Denman S, Brown A, Webber J (2004a). Sudden oak death (*Phytophthora ramorum*) discovered on trees in Europe. *Mycological Research* 108: 1107-1110.

Brasier CM, Kirk SA, Delcan J, Cooke DEL, Jung T & Man In't Veld WA (2004b). *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroploid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. *Mycological Research* 108: 1172-1184.

Brasier CM, Beales PA, Kirk SA, Denman S & Rose J (2005). *Phytophthora kernoviae* sp. nov., an invasive pathogen causing bleeding stem lesions on forest trees and foliar necrosis of ornamentals in the UK. *Mycological Research* 109: 853-859.

Brunet J, Löf M, Andreasson A & De Jong J (2010). Bruka och bevara ädellövskog. En guide för målklassning och skötsel för kombinerade mål.CBM:s skriftserie 41.

Burgess TI (2015). Molecular characterization of natural hybrids formed between five related indigenous clade 6 *Phytophthora* species. *PLoS ONE* 10(8): e0134225.

Cahill DM, Rookes JE, Wilson BA, Gibson L & McDougall KL (2008). *Phytophthora cinnamomi* and Australia's biodiversity: impacts, predictions and progress towards control. *Australian Journal of Botany* 56: 279-310.

Català S, Pérez-Sierra A, Abad-Campos P (2015). The use of genus-specific amplicon pyrosequencing to assess *Phytophthora* species diversity using eDNA from soil and water in Northern Spain. *PLoS ONE* 10(3): e0119311.

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

Colquhoun IJ & Hardy GE St J (2000). Managing the risks of *Phytophthora* root and collar rot during bauxite mining in the *Eucalyptus marginata* (Jarrah) forests of Western Australia. *Plant Disease* 84: 116 -127.

Crane C & Shearer B (2014). Comparison of phosphite application methods for control of *Phytophthora cinnamomi* in threatened communities. *Australasian Plant Pathology* 43: 143-149.

Cunniffe NJ, Cobb RC, Meentemeyer RK, Rizzo DM & Gilligan CA (2016). Modeling when, where, and how to manage a forest epidemic, motivated by sudden oak death in California. *PNAS* 113:5640–5645.

Dalio RJD, Fleischmann F, Humez M, 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.

Davidson JM, Wickland AC, Patterson HA, Falk KR & Rizzo DM (2005). Transmission of *Phytophthora ramorum* in mixed-evergreen forest in California. *Phytopathology* 95: 587-596.

Delatour C (1983). Les dépérissements de chênes en Europe. *Revue Forestière Française* 15: 265-282.

Denman S, Kirk SA, Brasier CM & Webber JF (2005). In vitro leaf inoculation studies as an indication of tree foliage susceptibility to *Phytophthora ramorum* in the UK. *Plant Pathology* 54:512–521.

Dobrowolski MP, Shearer BL, Colquhoun IJ, O'Brien PA & Hardy GESTJ (2008). Selection for decreased sensitivity to phosphite in *Phytophthora cinnamomi* with prolonged use of fungicide. *Plant Pathology* 57: 928–936.

Durán A, Gryzenhout M, Slippers B, Ahumada R, Rotella A, Flores F, Wingfield BD, Wingfield MJ (2008). *Phytophthora pinifolia* sp. nov. associated with a serious needle disease of *Pinus radiata* in Chile. *Plant Pathology* 57:715-727.

Ennos RA (2015). Resilience of forests to pathogens: an evolutionary ecology perspective. *Forestry* 88: 41-52.

Érsek T & Lamour K (2013). *Phytophthora* species hybrids: a novel threat to crops and natural ecosystems. In: Lamour K (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 37-47. Wallingford, UK: CABI.

Erwin DC & Ribeiro OK (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. American Phytopathological Society (APS Press).

Fairbanks M, Hardy G & McComb J (2001). The effect of phosphite on the sexual reproduction of some annual species of the jarrah (*Eucalyptus*

marginata) forest of southwest Western Australia. *Journal of Sexual Plant Reproduction* 13: 315–321.

Fichtner EJ, Lynch SC & Rizzo DM (2007). Detection, distribution, sporulation, and survival of *Phytophthora ramorum* in a California redwood-tanoak forest soil. *Phytopathology* 97: 1366-1375.

Fichtner EJ, Lynch SC, Rizzo DM (2009). Survival, dispersal, and potential soil-mediated suppression of *Phytophthora ramorum* in a California Redwood-Tanoak Forest. *Phytopathology* 99: 608-619.

Fry WE & Grünwald NJ (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.

Garbelotto M, Schmidt DJ & Harnik TY (2007). Phosphite injections and bark application of phosphite and Pentrabark™ control sudden oak death in coast live oak. *Arboriculture & Urban Forestry* 33:309-317.

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

Gilligan CA (2008). Sustainable agriculture and plant diseases: an epidemiological perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 741–759.

Grünwald NJ, Garbelotto M, Goss EM, Heungens K & Prospero S (2012). Emergence of the sudden oak death pathogen *Phytophthora ramorum*. *Trends in Microbiology* 20: 131-138.

Hamm PB, Cooley SJ & Hansen EM (1984). Response of *Phytophthora* spp. to metalaxyl in forest tree nurseries in the Pacific Northwest. *Plant Disease* 68:671-673.

Hansen E (2015). *Phytophthora* species emerging as pathogens of forest trees. *Current Forestry Reports* 1: 16-24.

Hansen EM, Goheen DJ, Jules ES & Ullian B (2000). Managing Port-Orford-Cedar and the introduced pathogen *Phytophthora lateralis*. *Plant Disease* 84: 4 - 14.

Hardy GESTJ., Barrett S, Shearer BL (2001). The future of phsophite as a fungicide to control the soilborne plant pathogen *Phytophthora cinnamomi* in natural ecosystems. *Australasian Plant Pathology* 30: 133-139.

Hee WY, Torreña PS, Blackman LM & Hardham AR (2013). *Phytophthora cinnamomi* in Australia. In: *Phytophthora: A Global Perspective*, p. 124.

Houston DR (1994). Major new tree disease epidemics: Beech Bark Disease. *Annual Review of Phytopathology* 32: 75-87.

- Hultberg M, Bengtsson T, Liljeroth E (2010). Late blight on potato is suppressed by the biosurfactant-producing strain *Pseudomonas koreensis* 2.74 and its biosurfactant. *BioControl* 55: 543-550.
- Irving H & Grant BR (1984). The effect of calcium on zoospore differentiation in *Phytophthora cinnamomi*. *Journal of General Microbiology* 130: 1569-1576.
- Jackson T, Burgess T, Colquhoun I & Hardy GS (2000). Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology* 49:147-154.
- Jönsson U (2004). *Phytophthora* and oak decline – impact on seedlings and mature trees in forest soils. PhD thesis, Lund University, Sweden, pp 121.
- Jönsson U, Jung T, Rosengren U, Nihlgård B & Sonesson K (2003). Pathogenicity of Swedish isolates of *Phytophthora quercina* to *Quercus robur* in two different soils. *New Phytologist* 158: 355–364.
- Jönsson U, Jung T, Sonesson K & Rosengren U (2005). Relationships between health of *Quercus robur*, occurrence of *Phytophthora* species and site conditions in southern Sweden. *Plant Pathology* 54: 502–511.
- Judelson HS & Blanco FA (2005). The spores of *Phytophthora*: weapons of the plant destroyer. *Nature Reviews Microbiology* 3: 47-58.
- Jung T (2009). Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. *Forest Pathology* 39: 73-94.
- 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 & Blaschke H (1996). *Phytophthora* root rot in declining forest trees. *Phyton (Austria)* 36: 95-102.
- Jung T & 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 & Burgess TI (2009). Re-evaluation of *Phytophthora citricola* isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, *Phytophthora plurivora* sp. nov. *Persoonia* 22: 95-110.
- Jung T, Blaschke H & Neumann P (1996). Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. *European Journal of Forest Pathology* 26: 253-272.
- Jung T, Blaschke H & Oßwald W (2000). Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology* 49: 706–718.

Jung T, Hudler GW, Jensen-Tracy SL, Griffiths HM, Fleischmann F & Oßwald W (2005). Involvement of *Phytophthora* species in the decline of European beech in Europe and the USA. *Mycologist* 19: 159-166.

Jung T, Nechwatal J, Cooke DEL, Hartmann G, Blaschke M, Oßwald WF, Duncan JM & Delatour C (2003). *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. *Mycological Research* 107: 772-789.

Jung T, Vettraino AM, Cech T & 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; Orlikowski L; Henricot B; Abad-Campos P; Aday AG; Aguin Casal O; Bakonyi J; Cacciola SO; Cech T; Chavarriaga D; Corcobado T; Cravador A; Decourcelle T; Denton G; Diamandis S; Dogmus-Lehtijärvi HT; Franceschini A; Ginetti B; Green S; Glavendekic M; Hantula J; Hartmann G; Herrero M; Ivic D; Horta Jung M; Lilja A; Keca N; Kramarets V; Lyubenova A; Machado H; Magnano di San Lio G; Mansilla Vazquez PJ; Marcais B; Matsiakh I; Milenkovic I; Moricca S; Nagy ZA; Nechwatal J; Olsson C; Oszako T; Pane A; Paplomatas EJ; Pintos Varela C; Prospero S; Rial Martinez C; Rigling D; Robin C; Rytönen A; Sanchez ME; Sanz Ros AV; Scanu B; Schlenzig A; Schumacher J; Slavov S; Solla A; Sousa E; Stenlid J; Talgo V; Tomic Z; Tsopelas P; Vannini A; Vettraino AM; Wenneker M; Woodward S; Perez-Sierra A (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.

Keast D & Walsh LG (1979). Passage and survival of chlamydospores of *Phytophthora cinnamomi* Rands, the causal agent of forest dieback disease, through the gastrointestinal tracts of termites and wild birds. *Applied and Environmental Microbiology* 37: 661-664.

King M, Reeve W, Van der Hoek MB, Williams N, McComb J, O'Brien PA & Hardy GE (2010). Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Genetics and Genomics* 284: 425-435.

Kong P, Moorman G, Lea-Cox JD, Ross DS (2009). Zoospore tolerance to pH stress and its implications for *Phytophthora* species in aquatic ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 4307-4314.

Korhonen K, Delatour C, Greig BJW & Schönhar S (1998). Silvicultural control. In: *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. Woodward S m. fl. (eds). CABI, pp. 283-313.

Kroon LPNM, Brouwer H, de Cock AWAM & Govers F (2012). The Genus *Phytophthora* Anno 2012. *Phytopathology* 102: 348-364.

Li A, Williams N, Adams P, Fenwick S, Hardy GESJ (2010). The spread of *Phytophthora cinnamomi* by feral pigs. In: 5th IUFRO *Phytophthora* diseases in forests and natural ecosystems, Auckland and Rotorua.

Liebhold AM, Brockerhoff EG, Garrett LJ, Parke JL & Britton KO (2012). Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10: 135-143.

Lonsdale D & Wainhouse, D (1987). Beech Bark Disease. Forestry Commission Bulletin 69, London, 15 pp.

Martín-García J, Solla A, Corcobado T, Siasou E & 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.

McCarren KL, McComb JA, Shearer BL & Hardy GE StJ (2005). The role of chlamydospores of *Phytophthora cinnamomi* —a review. *Australasian Plant Pathology* 34:333–338.

Meentemeyer RK, Rank NE, Anacker BL, Rizzo DM, Cushman JH (2008). Influence of land-cover change on the spread of an invasive forest pathogen. *Ecological Applications* 18: 159–171.

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

Milenković I, Keča N, Karadžić D, Nowakowska JA, Bory M, Sikora K, Oszako T (2003). Incidence of *Phytophthora* species in beech stands in Serbia. *Folia Forestalia Polonica A*. 54:223–232.

Motta E, Annesi T, Pane A, Cooke DEL & Cacciola SO (2003). A New *Phytophthora* sp. Causing a Basal Canker on Beech in Italy. *Plant Disease* 87(8):1005

Nagle, AM, Mcpherson BA, Wood DL., Garbelotto M & Bonello P (2011). Relationship between field resistance to *Phytophthora ramorum* and constitutive phenolic chemistry of coast live oak. *Forest Pathology* 41: 464–469.

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

Noble R, Roberts SJ (2004). Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review. *Plant Pathology* 53: 548–68.

Norman JR & Hooker JE (2000). Sporulation of *Phytophthora fragariae* shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal than by mycorrhizal strawberry roots. *Mycological Research* 104: 1069–1073.

Nuñez MA, Hayward J, Horton TR, Amico GC, Dimarco RD, Barrios-Garcia MN & Simberloff D (2013). Exotic mammals disperse exotic fungi that promote invasion by exotic trees. *PLoS ONE* 8: e66832. doi:10.1371/journal.pone.0066832

Olsson C (2010). Inventering av döda och döende klibbalbestånd. Rapportserien Vattenriket i fokus.

Olsson CHB (1999). Diagnosis of root-infecting *Phytophthora* spp. Diss. Uppsala: Diss. (sammanfattning) Uppsala, Sveriges lantbruksuniv.

Orlikowski L, Ptaszek M, Rodziewicz A, Nechwatal J, Thinggaard K & Jung T (2011). *Phytophthora* root and collar rot of mature *Fraxinus excelsior* in forest stands in Poland and Denmark. *Forest Pathology* 41: 510-519.

Oßwald W, Fleischmann F, Rigling D, Coelho AC, Cravador A, Diez J, Dalio RJ, Horta Jung M, Pfanz H, Robin C, Sipos G, Solla A, Cech T, Chambery A, Diamandis S, Hansen E, Jung T, Orlikowski LB, Parke J, Prospero S & Werres S (2014). Strategies of attack and defence in woody plant–*Phytophthora* interactions. *Forest Pathology* 44: 169-190.

Parke JL & Grünwald NJ (2012). A systems approach for management of pests and pathogens of nursery crops. *Plant Disease* 96:1236-1244.

Parke JL, Knaus BJ, Fieland VJ, Lewis C, Grünwald NJ (2014). *Phytophthora* community structure analyses in Oregon nurseries inform systems approaches to disease management. *Phytopathology* 104:1052-62.

Parke JL, Oguchi A, Fichtner EJ & Rizzo AM (2008). Viability of *Phytophthora ramorum* after passage through slugs. *Phytopathology* 98: 121-121.

Pautasso M, Schlegel M & Holdenrieder O (2015). Forest health in a changing world. *Microbial Ecology* 69: 826-842.

Pettersson M, Frampton J, Rönnerberg J, Shew HD, Benson DM, Kohlway WH, Escanferla ME & Cubeta MA (2017). Increased diversity of *Phytophthora* species in Fraser fir Christmas tree plantations in the Southern Appalachians. *Scandinavian Journal of Forest Research*, in press.

Redondo MÁ, Boberg J, Olsson CHB & Oliva J (2015a). Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in southern Sweden. *Phytopathology* 105: 1191-1197.

Redondo MÁ, Boberg J, Stenlid J & Oliva J (2015b). First report of *Phytophthora pseudosyringae* causing basal cankers on Horse chestnut in Sweden. *Plant Disease* 100 (5) 1024.

Redondo MA, Thomsen IM, Oliva J (2016). First report of *Phytophthora uniformis* and *P. plurivora* causing stem cankers on *Alnus glutinosa* in Denmark. *Plant Disease*, <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-09-16-1287-PDN>

Ribeiro OK (2013). A historical perspective of *Phytophthora*. In: Lamour K (ed.) *Phytophthora: a global perspective*, pp. 1-10. Wallingford, UK: CABI.

Rizzo DM, Garbelotto M & Hansen EM (2005). *Phytophthora ramorum*: Integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests. *Annual Review Phytopathology* 43:309-335.

Rytkönen A, Lilja A, Vercauteren A, Sirkiä S, Parikka P, Soukainen M & Hantula J (2012). Identity and potential pathogenicity of *Phytophthora* species found from symptomatic *Rhododendron* plants in a Finnish nursery. *Canadian Journal of Plant Pathology* 34: 255-267.

Rytkönen A, Lilja A, Werres S, Sirkiä S & 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.

Santini A, Ghelardini L, De Pace C, Desprez-Loustau ML, Capretti P, Chandelier A, Cech T, Chira D, Diamandis S, Gaitniekis T, Hantula J, Holdenrieder O, Jankovsky L, Jung T, Jurc D, Kirisits T, Kunca A, Lygis V, Malecka M, Marcais B, Schmitz S, Schumacher J, Solheim H, Solla A, Szabò I, Tsopelas P, Vannini A, Vettraino AM, Webber J, Woodward S, Stenlid J (2013). Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197:238-250.

Schena L, Duncan JM & Cooke DEL (2008). Development and application of a PCRbased molecular tool box' for the identification of *Phytophthora* species damaging forests and natural ecosystems. *Plant Pathology* 57: 64-75.

Schena L, Hughes KJD & Cooke DEL (2006). Detection and quantification of *Phytophthora ramorum*, *P. kernoviae*, *P. citricola* and *P. quercina* in symptomatic leaves by multiplex real-time PCR. *Molecular Plant Pathology* 7: 365-379.

Schlink K (2010). Down-regulation of defense genes and resource allocation into infected roots as factors for compatibility between *Fagus sylvatica* and *Phytophthora citricola*. *Functional & integrative genomics* 10:253-264.

Schmitz S, Zini J, Chandelier A (2007). Involvement of *Phytophthora* species in the Decline of Beech (*Fagus sylvatica*) in the Southern Part of Belgium. Poster presented at the 4th International IUFRO Working Party 7.02.09 Meeting on Phytophthora in Forests and Natural Ecosystems, Monterrey, California, 26th–31st August, 2007.

Scibetta S, Schena L, Chimento A, Cacciola SO, Cooke DEL (2012). A molecular method to assess *Phytophthora* diversity in environmental samples. *Journal of Microbiological Methods* 88:356-368.

Scott P, Burgess T & Hardy G (2013). Globalization and *Phytophthora*. In: Lamour K (ed.) *Phytophthora - a global perspective*. pp. 226 - 232. Wallingford, UK: CABI.

Scott PM, Barber PA & Hardy GEST J (2015). Novel phosphite and nutrient application to control *Phytophthora cinnamomi* disease. *Australasian Plant Pathology* 44: 431.

Shearer BL Dillon M (1996). Susceptibility of plant species in *Banksia* woodlands on the Swan Coastal Plain, Western Australia, to infection by *Phytophthora cinnamomi*. *Australian Journal of Botany* 44: 433-445.

Shearer BL, Fairman RG (2007). A stem injection of phosphite protects *Banksia* species and *Eucalyptus marginata* from *Phytophthora cinnamomi* for at least four years. *Australasian Plant Pathology* 36:78–86.

Shearer BL, Fairman RG, Grant MJ (2006). Effective concentration of phosphite in controlling *Phytophthora cinnamomi* following stem injection of *Banksia* species and *Eucalyptus marginata*. *Forest Pathology* 36:119–135.

Spencer S & Benson DM (1981). Root rot of *Aucuba japonica* caused by *Phytophthora cinnamomi* and *P. citricola* and suppressed with bark media. *Plant Disease* 65:918–921.

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

Sundberg S, Aronsson M, Dahlberg A, Hallingbäck T, Johansson G, Knutsson T, Krikorev M, LÖnnell N & Thor G (2010). Nytt i nya rödlistan. *Svensk Botanisk Tidskrift* 109:188–207.

Swain S, Harnik T, Mejia-Chang M, Hayden K, Bakx W, Creque J & Garbelotto M (2006). Composting is an effective treatment option for sanitization of *Phytophthora ramorum*-infected plant material. *Journal of Applied Microbiology* 101: 815–827.

Talgø V & Stensvand A (2013). A simple and effective inoculation method for *Phytophthora* and fungal species on woody plants. *EPPO Bulletin* 43: 276–279.

Talgø V, Herrero ML, Toppe B, Klemsdal S & Stensvand A (2006). First report of root rot and stem canker caused by *Phytophthora cambivora* on noble fir (*Abies procera*) for bough production in Norway. *Plant Disease* 90: 682–682.

Telfer K (2013). A survey of *Phytophthora* in a beech forest in Norway. MSc Thesis, Norwegian University of Life Sciences, 68 s.

Thompson RN, Cobb RC, Gilligan CA & Cuniffe NJ (2016). Management of invading pathogens should be informed by epidemiology rather than administrative boundaries. *Ecological Modelling* 324: 28–32.

Tyler BM (2001). Genetics and genomics of the oomycete–host interface. *Trends in Genetics* 17:611–614.

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

Vettraino A, Morel O, Perlerou C, Robin C, Diamandis S & Vannini A (2005). Occurrence and distribution of *Phytophthora* species in European chestnut stands, and their association with Ink Disease and crown decline. *European Journal of Plant Pathology* 111: 169–180.

Vettraino AM, Jung T & Vannini A (2008). First report of *Phytophthora cactorum* associated with beech decline in Italy. *Plant Disease* 92: 1708-1708.

Walker CA & van West P (2007). Zoospore development in the oomycetes. *Fungal Biology Reviews* 21: 10-18.

Webber JF, Mullett M & Brasier CM (2010). Dieback and mortality of plantation Japanese larch (*Larix kaempferi*) associated with infection by *Phytophthora ramorum*. *New Disease Reports* 22, 19. <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2010.022.019>.

Werres S, Marwitz R, Veld WAM, De Cock AWAM, Bonants PJM, De Weerd M, Themann K, Ilieva E & Baayen RP (2001). *Phytophthora ramorum* sp nov., a new pathogen on Rhododendron and Viburnum. *Mycological Research* 105:1155-1165.

Weste G (2003). The dieback cycle in Victorian forests: a 30-year study of changes caused by *Phytophthora cinnamomi* in Victorian open forests, woodlands and heathlands. *Australasian Plant Pathology* 32: 247-256.

Wilkinson C, Holmes J, Dell B, Tynan K, McComb J, Shearer B, Colquhoun I & Hardy GSJ (2001). Effect of phosphite on in planta zoospore production of *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology* 50: 587-593.

Witzell J & Hultberg M (2012). *Phytophthora* är svåra skadegörare även på träd. *Ekbladet* 27:4-9.

Internetresurser

DWG – Dieback Working Group

Information om diagnos och behandling av *Phytophthora* i Australien (på engelska).

Centre for Phytophthora Science & Management (CPSM)

Information om och från *Phytophthora*-forskning vid Murdoch University, Australien (på engelska).

EPPO – *Phytophthora ramorum*

Bilder på *Phytophthora ramorum* - Europeiska växtskyddsorganisationens (EPPO) bildbank.

Forest Phytophthoras of the World

Vetenskaplig information om *Phytophthora*-arters biologi och hantering. Innehåller artbeskrivningar och bildmaterial samt länkar till vetenskapliga artiklar (på engelska).

Forestry Commission: *Phytophthora* – tree destroyers

Information om *Phytophthora*-arter på Brittiska öarna. Videos, instruktioner för hantering av bl a *P. ramorum* (på engelska).

Jordbruksverket – *Phytophthora ramorum*

Jordbruksverkets information om karantänskadegörare *P. ramorum*.

UC Berkeley Forest Pathology and Mycology Lab – Sudden Oak Death

Forskningsinformation om plötslig ekdöd (*P. ramorum*) från Prof. Matteo Garbelottos grupp vid UC Berkeley. Innehåller t ex resultat från medborgarvetenskap-forskning som utgår att kartlägga ekdöden (på engelska).

IUFRO Working Party 7.02.09 Phytophthora Diseases of Forest Trees

Internationellt forskarnätverk med fokus på *Phytophthora*-skador. Innehåller bland annat länkar till konferensböcker med korta artiklar och sammanfattningar från pågående forskningsprojekt rund världen (på engelska).

Artiklar på svenska, norska och danska

Blomquist M, Cleary M, Witzell J (2016) *Phytophthora* på frammarsch i sydsvenska lövskogar. [Ekbladet 31:18-24](#).

Talgø V, Herrero ML, Brurberg MB & Stensvand A. (2012). Alvorleg sjukdom funnen på bøk. [Bioforsk Tema vol 7 nr 1](#).

Talgø V, Herrero ML, Sundbye A, Brurberg MB, Kitchingman L, Telfer K & Strømeng GM (2013). *Phytophthora* spp. - en trussel mot blåbær i Skandinavia? [Bioforsk Tema vol 8 nr 4](#).

Thinggaard K (2009). *Phytophthora* – en ny og alvorlig trussel mod de danske skove. [Skoven 11: 478-481](#)

Witzell J & Hultberg M (2012). *Phytophthora* är svåra skadegörare även på träd. [Ekbladet 27:4-9](#).

Kontaktinformation

Författarna:

Johanna Witzell, Docent, SLU, Inst. f. Sydsvensk skogsvetenskap, Sundsvägen 3, 23053 Alnarp, Tel. 070-2950 820.
E-mail: johanna.witzell@slu.se



Michelle Cleary, PhD, SLU, Inst. f. Sydsvensk skogsvetenskap, Sundsvägen 3, 23053 Alnarp, Tel. 040-415181
E-mail: michelle.cleary@slu.se





Foto Michelle Cleary