



Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2010:05

Skador orsakade av törskatesvamp på ungskog av tall *Pinus sylvestris* samt förekomst av kovall i hygges- brända respektive mekaniskt markberedda bestånd

Resin Top Disease, Cronartium flaccidum, and occurrence of alternate hosts, Melampyrum spp. in young stands of Pinus sylvestris treated with prescribed burning and mechanical scarification



Foto: Emma Tillberg

Emma Tillberg



Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2010:05

Skador orsakade av törskatesvamp på ungskog av tall *Pinus sylvestris* samt förekomst av kovall i hygges- brända respektive mekaniskt markberedda bestånd

Resin Top Disease, Cronartium flaccidum, and occurrence of alternate hosts, Melampyrum spp. in young stands of Pinus sylvestris treated with prescribed burning and mechanical scarification

Emma Tillberg

Nyckelord / Keywords:

Törskate, Cronartium flaccidum, peridermium pini, resin-top, tall, pinus sylvestris, melampyrum, kovall, cronartium rust, brand, hyggesbränning, prescribed burning

ISSN 1654-1898

Umeå 2010

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*
Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*
Skogligt magisterprogram/Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*
Examensarbete i biologi / *Master of Science thesis, EX0477, 30 hp, avancerad D*

Handledare / *Supervisor:* Andreas Bernhold, Per Hansson
SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*
Handledare / *Supervisor:* Heine Krekula, Skogsstyrelsen / *Swedish Forest Agency*
Examinator / *Examiner:* Erik Valinger
SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	5
Introduktion.....	7
Törskate (<i>Cronartium flaccidum</i> & <i>Peridermium pini</i>).....	7
Biologi.....	7
Livscyklar	8
<i>Cronartium flaccidum</i>	9
<i>Peridermium pini</i>	10
Förekomst	11
Törskatens effekt på skogsskötsel.....	12
Kovaller (<i>Melampyrum</i> spp.).....	13
Skogskovall (<i>Melampyrum sylvaticum</i>).....	13
Habitat.....	14
Ekologi.....	14
Fröproduktion & spridning	15
Kovall och törskate	16
Brand.....	17
Intervall och omfång.....	17
Effekter	18
Hyggesbränning	19
Brand i dag.....	21
Syfte	21
Frågeställning.....	22
Avgränsning.....	22
Material och metoder	23
Studiens upplägg.....	23
Områdesbeskrivning	23
Datainsamling	24
Beräkningar och statistiska analyser.....	25
Analyser på beståndsnivå.....	25
Analyser på provytenivå	25
Analyser på trädnivå	26
Fördjupad analys lokal 1	26
Resultat	27
Beståndsnivå	27
Provytenivå	28
Trädnivå	28
Lokal 1	29
Diskussion.....	30
Tillkännagivande.....	34
Referenslista.....	35

Sammanfattning

Törskatesvamp förekommer i två former, en värdväxlande (*Cronartium flaccidum*) och en icke värdväxlande (*Peridermium pini*). Genetiska analyser har visat att ingen övergripande genetisk differentiering finns mellan de två formerna och att de därför tillhör samma art. Svamparna tillhör rotsvamparna och angriper i Sverige tall (*Pinus sylvestris*). Tidigare ansågs de vanligaste alternativa värdarna för *C. flaccidum* tillhöra släktena *Paeonia*, *Vincetoxicum* och *Pedicularis* vilket ledde till att den värdväxlande formen betraktades vara begränsad till de alternativa värdarnas utbredning, koncentrerad till södra Sverige. Senare studier har visat att även arter tillhörande släktet kovall (*Melampyrum*) kan fungera som alternativa värdar. De vanligast förekommande arterna, som också fungerar som värdar är skogskovall (*M. sylvaticum*) och ängskovall (*M. pratense*). Dessa arter är allmänna även i norra Sverige och upptäckten att *Melampyrum* spp. kan fungera som värdar innebar att *C. flaccidum* inte, som man tidigare trott, enbart förekommer i södra Sverige. Sedan början av 2000-talet har stora angrepp av törskate observerats i norra Sverige. Anmärkningsvärt med sjukdomsbilden här är att angreppen framförallt förekommer på ungskog och att de lokalt är mycket kraftiga. Inventeringar gjorda av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) visar att 34 % av den tallungskog med en medelhöjd på 1-4 m som finns i norra Norrland, är angripen av törskate. Av dessa 130 000 hektar har 33 000 hektar minst 10 % av stammarna angripna av patogenen. DNA-prov tagna från de angripna områdena i norra Sverige har analyserats och resultatet visar att *C. flaccidum* är den form som dominerar i nordöstra Sverige. Varför angreppen är så kraftiga på tallungskog i norra Sverige förbryllar forskare och ännu har inga definitiva förklaringar hittats.

En bidragande orsak till de kraftiga angreppen skulle kunna vara en förändrad skogsskötsel. Brand har i våra boreala skogar ansetts vara den viktigaste störningen som påverkar och formar skogen. Människan har under en mycket lång tid påverkat brandmönstret i vår natur. Sedan slutet på 1800-talet har vi människor effektivt bekämpat de naturliga bränder som uppstår i skogarna. Enligt studier av brandhistoriken har bränder vanligtvis naturligt återkommit med ett intervall av mellan 50-150 år i norra Sverige. Ett grovt mått på medelarealen bränd mark/år, historiskt sett, är 1,7 %. I dag brinner endast en liten fraktion av skogsmarken årligen, 0,0017 – 0,017 %. Brand har inte enbart bekämpats, utan också använts under kontrollerade former som en markberedningsmetod. Hyggesbränning var en vanligt förekommande metod för att förbereda marken för en förnygring under 1950- och 1960-talet i norrlands inland. Intresset för brand inom skogsbruket har sedan avtagit, för att åter öka i slutet på 90-talet i och med en ökad miljömedvetenhet och skogsbrukets miljöcertifiering. Tankarna som föranledde studien var att minskningen av bränder i skogen, både naturliga och kontrollerade av människan, eventuellt kan ha gynnat kovall och därmed också gynnat törskatesvampen indirekt. Syftet med studien har dels varit att samla och sammanställa kunskap om törskatesvamp och kovall för att bättre kunna förstå hur interaktionerna mellan dessa kan påverkas av brand, dels undersöka i fält om infektionsgraden av törskatesvamp och kovallförekomsten skiljer sig åt mellan marker som inför förnygringen bränts respektive markberetts maskinellt.

Fältstudien har genomförts under sensommaren 2009, huvudsakligen i Pajala kommun, vilken är en av de kommuner där angreppen varit koncentrerade. Bestånd valdes utifrån följande kriterier; bestånden skulle ligga nära varandra, ha beståndsavverkats under samma år eller under varandra näraliggande år, vara brända respektive ha markberetts med en alternativ mekanisk metod. Bestånden skulle bestå av minst 7/10 tall (*Pinus sylvestris*) och fick inte ha en medelhöjd överstigande fyra meter. Sammanlagt ingick 18 bestånd i studien, varav nio brända och nio mekaniskt markberedda. 16 av dessa var belägna i Pajala kommun. De resterande två var belägna i Gällivare kommun. I bestånden utfördes inventering av systematiskt utlagda provtytor, den första ytans läge utlades slumpmässigt. Huvudsyftet med inventeringarna var att samla in information avseende skador på ungskog orsakade av törskatesvamp samt kovallförekomst i bestånden.

Resultaten av inventeringarna visade inte på några statistiskt signifikanta skillnader vare sig mellan förekomst av skador på brända respektive obrända marker, eller på kovallförekomst på brända respektive obrända marker. Det totala antalet stammar som inventerats uppgick till 1388 stycken, av dessa hade 70 stycken skador orsakade av törskatesvamp, vilket motsvarade 5,0 %. På de brända markerna inventerades 700 stammar, av dessa hade 35 stycken (5,0 %) skador. I de maskinellt markeberedda bestånden registrerades 688 stammar, varav 35 (5,1 %) uppvisade skador orsakade av törskatesvamp. I sex av de nio parvisa jämförelserna var andelen skadade stammar högre i de markberedda bestånden än i de brända bestånden, dock konstaterades inga statistiskt signifikanta skillnader. Förekomst av kovall registrerades totalt på 14,6 % av de brända beståndens provtytor. Motsvarande siffra i de obrända bestånden var 19,4 %. I fyra av de nio parvisa jämförelserna var kovallandelen högre i de obrända bestånden än i de brända bestånden. I två av de nio parvisa jämförelserna var kovallandelen högre i de brända bestånden, medan det i tre av jämförelserna inte observerades någon skillnad alls mellan de brända och de obrända bestånden. Inga statistiskt signifikanta skillnader registrerades. Hyggesbränning verkar således inte påverka vare sig täckningsgraden av kovall, eller förekomsten av törskateangripna träd i bestånden som anläggs på den brända marken.

Abstract

The rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* causes cronartium rust and resin-top on Scots pine (*Pinus sylvestris*). The pathogen exists in two forms, the autoecious *P. pini* and the heteroecious *C. flaccidum*. Genetic analyses have revealed that no overall genetic differentiation exists between the two forms and that they thus belong to the same species. Previously the main alternative hosts for *C. flaccidum* were considered to belong to the genera *Paeonia*, *Vincetoxicum* and *Pedicularis*. This led to the assumption that the heteroecious form was restricted to the southern part of Sweden, where the alternative hosts primarily grew. Recent studies have however revealed that also species belonging to the genera *Melampyrum* can act as alternative hosts for the rust. The most common species that function as alternative hosts are *M. sylvaticum* and *M. pratense*. These species are also common in the northern parts of Sweden which means that the heteroecious form is not, as previously believed, restricted to the southern parts of Sweden. Since the beginning of the 21st century, major outbreaks of resin top disease have been observed in the northern parts of Sweden. These attacks are remarkable in terms of the substantial amount of young pine trees that are affected, as well as the considerable injuries that the rust causes locally. Inventories executed by Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) reveals that 34 % of the young pine tree forests with an average height of 1-4 metres in the northern part of Sweden is affected. Of these 130 000 hectares, 33 000 hectares have at least 10 % of the stems diseased. DNA-samples from the affected area have been analysed and the results revealed that *C. flaccidum* is the dominating form in the Northeast of Sweden. Why the attacks are so substantial in the northern parts of Sweden on young pine trees, puzzles scientists and so far no definite explanation has been found.

A contributing cause to the attacks could be a changed silviculture. Forest fire is considered to be one of the most important disturbances affecting and shaping boreal systems. Since the end of the 19th century the fire suppression has been very effective. According to studies, the natural fire interval in Northern Sweden has been 50-150 years. A rough measure of the average burned forest area/year historically is 1,7 %. Today only a fraction of the forest area in Sweden, 0,0017 – 0,017 %, burns annually. Fire has not always been suppressed, but has also been used as a method for preparing the land for regeneration of trees. Prescribed burning has been a relatively frequently used method for site preparation in the inland parts of northern Sweden during 1950 and 1960. The interest concerning forest fire has increased during 1990 in consequence of an increase in the environmental consciousness and the increased influence of the environmental certification within forestry. The thoughts that caused the study was that the reduction of fires in the forests, both natural and anthropogenic, could have favoured *Melampyrum* spp. which indirect could favour *C. flaccidum*. The aim of the study was partly to assemble and gather material concerning resin top disease and *Melampyrum* spp., to be able to get a better understanding of how these can interact and be affected of forest fire, partly examine in a field study if the rate of infection and the occurrence of *Melampyrum* spp. differ between land where fire has been used as a method for site preparation and land where mechanical scarification has been used. The field study has been carried out during the late summer 2009 mainly in the municipality of Pajala, one of the municipalities were

the attacks from the rust seems to be most severe. Stands were included if the following criteria was fulfilled; the burned and the mechanically scarified stand should be situated near by each other and they should have been clear cutted during the same year or during adjacent years. The stands should consist of at least 7/10 Scots pine and could not have an average height exceeding four metres. A total of 18 stands were included in the study, of which nine were burned and nine were mechanically scarified. 16 of the stands were situated in the municipality of Pajala, the remaining two were situated in the municipality of Gällivare. In these stands I executed inventories of systematically located plots. The main purpose with the field study was to gather information concerning damage on the young pine forest caused by resin top disease and concerning the occurrence of *Melampyrum* spp. in the stands.

The results of the inventory did not reveal any statistically significant differences neither concerning injuries caused by resin top disease on burned respectively unburned land, nor concerning occurrence of *Melampyrum* spp. in the burned stands respectively mechanically scarified stands. The total amount of stems inventoried were 1388, of which 70 (5,0 %) had injuries caused by resin top disease. In the stands were burning had occurred prior to regeneration I registered 700 stems, 35 (5,0 %) had injuries caused by the rust. On the plots were mechanical scarification had been implemented I registered 688 stems, of which 35 (5,1 %) were injured. When the burned stands were compared with the adjacent mechanically scarified stands, the proportion of stems injured was higher in the mechanically scarified stands in six of the nine comparisons, but no statistically significant differences existed. Occurrence of *Melampyrum* spp. was registered in 14,6 % of the plots inventoried in the burned stands. The corresponding figure in the mechanically scarified stands was 19,4 %. When comparing the burned stands with the adjacent unburned stands the occurrence of *Melampyrum* spp. was higher in the unburned stands in four of the nine comparisons. In two of the nine comparisons the occurrence was higher in the burned stand than in the adjacent unburned stand. In three of the nine comparisons I registered no difference between the burned and the mechanically scarified stand regarding occurrence of *Melampyrum* spp. No statistically significant differences were revealed during the data analysis. My results thus suggests that prescribed burning did not affect the infection rate of resin top disease, neither did it affect the occurrence of *Melampyrum* spp.

Introduktion

Törskate (*Cronartium flaccidum* & *Peridermium pini*)

Biologi



Fig.1 Symptom på törskate.
Foto: E. Tillberg

Törskatesvampen tillhör rostschamparna, ordningen *Uredinales*, klassen *Teliomycetes* och divisionen *Basidiomycota*. Denna primära skottparasit angriper tvåbarriga tallar (*Pinus* spp.). Svampen infekterar träden främst via stomata, men symptomen blir synliga först senare på grenar eller stam. Efter inträngandet via klyvöppningarna växer svampens mycel längs grenen, in mot huvudstammen och här kan ett stamsår utbildas. Angrepp av törskate kan synas tydligt under för- och högsommaren om svampangreppet har lett till att en del av grenarna och/eller toppen har dött. Barren på de delar av trädet som befinner sig distalt respektive ovanför angreppet brukar då framträda med en roströd färg (Rennerfeldt

1947). Svampen har flera olika reproduktiva strukturer, ett av stadierna kan observeras på träden som små säckar med en sockerartad nektarliknande vätska i, innehållande spermater. Ett annat av svampens sporstadier är relativt lätt att känna igen, blåroststadiet. Under detta stadium bildas gulvita blåsor med orangeformade sporer på grenar eller stammen. Där angreppet är beläget förekommer också en spolformad ansvällning. Svampen kan växa runt stammen och på så vis strypa transporten av näring



Fig.2 Typiska symptom på törskate – "tjergadd" eller "torrtopp". Foto: E. Tillberg

ovan angreppet. Det är vanligt att svampens angrepp pågår under lång tid och att svampen lever i kambiet många år utan att döda det. Om kambiet dödas och transporten stryps leder det i regel till död hos unga individer, medan äldre träd som ofta angrips mitt i kronan kan överleva och då stå kvar med en karaktäristisk död topp (Lagerberg 1912, Rennerfeldt 1947). Dessa tallar kallas bl.a. för törgadd, tjergadd och torrtopp (Aronsson *et al.* 1995).

Törskatesvampen förekommer i två former, den värdväxlande formen *Cronartium flaccidum* och den icke värdväxlande formen *Peridermium pini*. Genetiska analyser har visat att ingen övergripande genetisk differentiering

finns mellan de två formerna och att de därför tillhör samma art (Hantula *et al.* 2002). Att *P. pini* inte värdväxlar innebär att svampen inte har någon mellanvärd, utan sporer kan spridas direkt från tall till tall (Lagerberg 1912, Aronsson *et al.* 1995). Den värdväxlande formen, *C. flaccidum*, värdväxlar mellan tall och ett antal örter. De främsta alternativa värdarna för den värdväxlande svampen har under lång tid ansetts tillhöra släktena *Paeonia*, *Vincetoxicum* och *Pedicularis* (Liro 1908, Lagerberg 1912, Hylander *et al.* 1953). Dessa släkten har en mycket begränsad utbredning i Sverige (Mossberg & Stenberg 2003). Därför ansågs länge den icke värdväxlande formen av törskate vara den

dominerande. Tankar om att även andra örter skulle kunna fungera som alternativa värdar redogjorde Lagerberg för redan i början av 1900-talet (Lagerberg 1912). Senare studier har bekräftat dessa misstankar, då även *Melampyrum* spp. har konstaterats kunna fungera som alternativa värdar för den värdväxlande formen (Kaitera & Hantula 1998, Kaitera *et al.* 1999). I Skandinavien finns fem arter av naturligt förekommande *Melampyrum* spp. (Hultén 1950). Endast två av dessa, *M. pratense* och *M. sylvaticum*, är vanligt förekommande och vitt spridda i de boreala Skandinaviska skogarna och kan därmed spela signifikanta roller som alternativa värdar för törskatesvampen (Kaitera *et al.* 2006). *M. sylvaticum* är sannolikt en av de vanligaste alternativa värdarna i Skandinavien. En studie utförd i Finland har visat att andelen bestånd med teleutolager, andelen plantor med teleutolager per bestånd, frekvensen av blad med teleutolager/planta och medelantalet teleutolager/blad var högre hos *M. sylvaticum* än för de flesta andra *Melampyrum*-arterna. Medeländelen plantor med teleutolager/bestånd var signifikant högre för *M. sylvaticum* än för *M. pratense* och *M. nemorosum*. (Kaitera *et al.* 2005). Trots upptäckten av *Melampyrum* spp. som alternativa värdar, vilket innebär att *C. flaccidum* inte är begränsad till de tidigare konstaterade alternativa värdarnas utbredningsområde, anses *P. pini* fortfarande vara mer vanligt förekommande än *C. flaccidum* i Finland (Kaitera & Hantula 1998, Kaitera *et al.* 1999).

En studie, i vilken mottagligheten för *C. flaccidum* och *P. pini* hos åtta arter av släktet *Pinus* testades, visade att sex av tallarterna var resistenta mot båda rostschamparna. I denna grupp ingick *P. contorta*. Vanlig tall (*P. sylvestris*) är mottaglig för både *P. pini* och *C. flaccidum* (Kaitera & Nuorteva 2008). Tallen kan angripas i alla åldrar och unga plantor och träd som angrips dödas i regel inom några få år (Lagerberg 1912, Rennerfeldt 1947).

Livscyklar

Rostsvamparna, som *C. flaccidum* och *P. pini* tillhör har generellt flera olika sporstadiet; haploida spermatier i spermogon, dikaryota aecidiosporer, dikaryota uredosporer (sommarsporer), dikaryota diploida teleutosporer (vintersporer) och haploida basidiosporer. De olika sporstadierna kan, som hos *C. flaccidum*, utvecklas på olika värdar, s.k. värdväxling (Eidmann & Klingström 1976, Nilsson & Åhman 1991).

Cronartium flaccidum

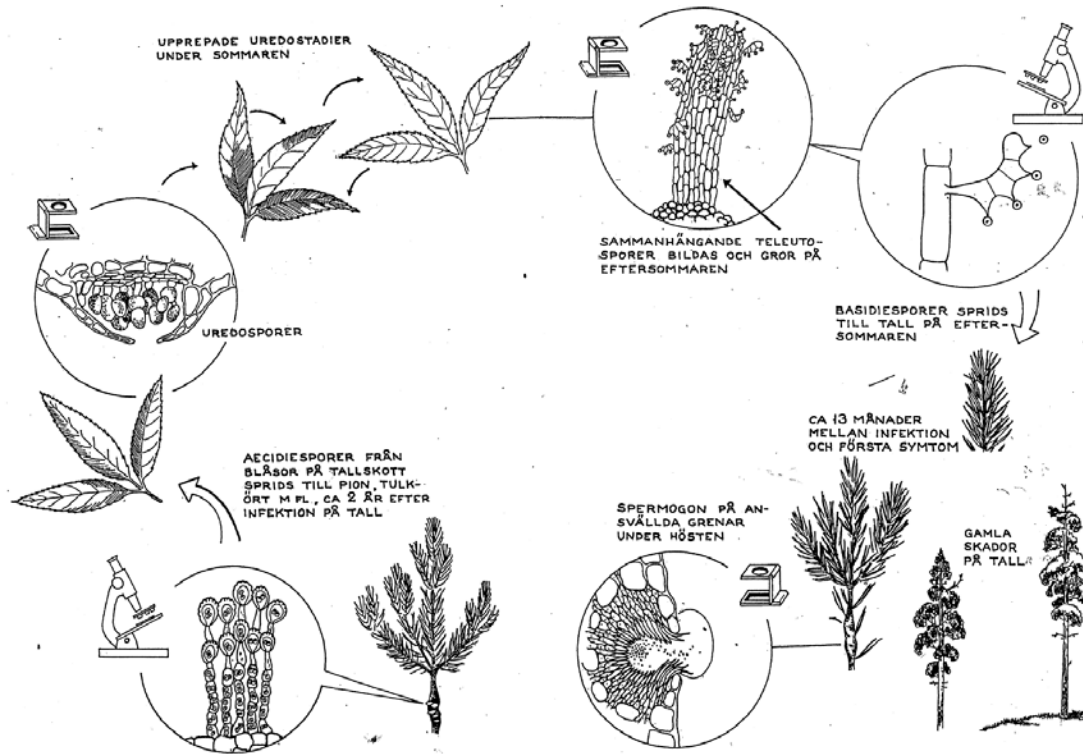


Fig. 3 *C. flaccidum*s livscykel (från Eidmann & Klingström 1976)

C. flaccidum hyfer övervintrar i tallens bark. Under försommaren släpps aecidiosporer från ett aecidium som framträder i sår på tallens stam eller grenar. *C. flaccidum* aecidiosporer infekterar de alternativa värdarnas blad. Ett uredolager bildas inom två veckor och frigör uredosporer. Flera uredosporstadier kan förekomma på de alternativa värdarna. Ett teleutolager som innehåller teleutosporer utvecklas två-tre veckor efter att aecidiosporerna infekterat den alternativa värden (Kaitera 1999). Meiosen tros äga rum inuti dessa sporer, vilka gror omedelbart, var och en bildandes ett basidie och fyra haploida basidiosporer (Hiratsuka 1981). Basidiosporerna sprids sedan med hjälp av vind och turbulens till tallar där de gror och tränger in i stomata. Basidiosporerna sprids i augusti till september, för en effektiv spridning krävs en fuktig väderlek (Manion 2005). Svampens mycelium dödar kambiet och ett sår bildas. Spermogonier framträder i såren under sensommaren. Kanterna av spermogonen tros fungera som receptiva hyfer, som spermaterna befruktar. Därefter bildar de befruktade hyferna i såret ett aecidium, vilka innehåller dikaryota aecidiosporer (Klebahn 1938). Aecidiosporstadiet kallas också för blåsroststadiet eller skålroststadiet (Rennerfeldt 1947). Efter att infektionen skett kan svampen ligga latent i tallen, de första färskaste aecidierna framträder vanligtvis på skott som är 5-10 år gamla (Kaitera 2000). Noteras bör att mekanismerna avseende spermogonier och spermatier inte har dokumenterats på *C. flaccidum*, men har blivit brett accepterade som en befruktningsmekanism (Kasanen 2001).

Sporulationen sker mellan maj och augusti och merparten av lesionerna sporulerar i 1-2 år (Kaitera 2000). Majoriteten, 78 – 98 %, av de sporulerande lesionerna har i studier visat sig uppstå på grenarna (Kaitera 2000, Kaitera 2002). Träd med lesioner på grenar och träd med lesioner på grenar och stam har visat sig vara signifikant grövre och högre respektive signifikant grövre än träd i samma bestånd som inte angripits av *C. flaccidum* (Kaitera 2002). *C. flaccidum* har visat sig kunna ge upphov till infektionsvågor. I ett nordligt finskt bestånd uppstod lesioner med färsk aecidium mest frekvent i de skott som bildats under ett antal år på 80-talet. Lesionsutvecklingen avtog därefter (Kaitera 2000).

Peridermium pini

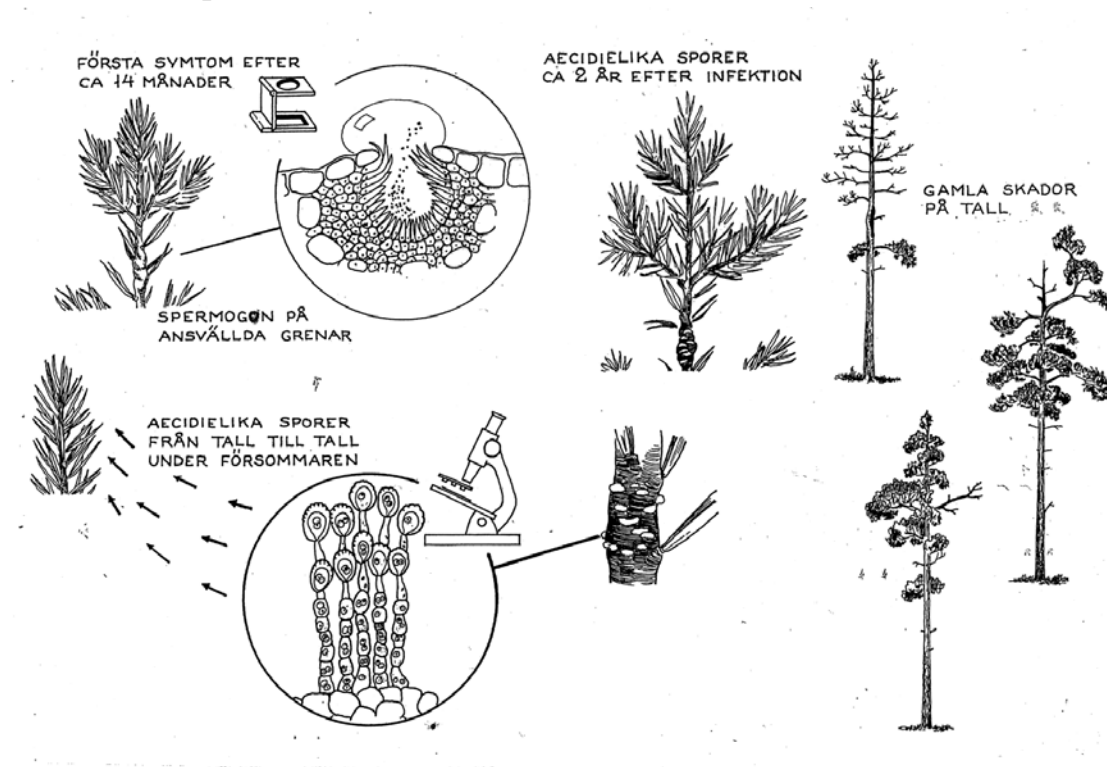


Fig. 4 *P. pini* livscykel (från Eidmann & Klingström 1976)

De enda kända sporstadierna hos *P. pini* är aecidiosporer som sprids från tall till tall och spermatier. I en studie från Finland undersöktes mottagligheten och lesionsutvecklingen för *P. pini* hos *P. sylvestris* av olika proveniensers från norra Finland genom inokulering av 768 unga träd (Kaitera 2003). Aecidium producerades för första gången 2-4 år efter inokulering. Majoriteten av aecidium observerades i början av juni, 2-9 år efter inokulering. Aecidium öppnades i slutet av juli till början av augusti och den totala sporuleringen pågick mellan 1-8 år. Aecidiosporerna infekterar tallar via sår i barken (van der Kamp 1968) eller direkt genom inträngning via stomata. Hyferna växer sedan mot stammen i cortex (Olembo 1971). Resultatet blir ett sår som bildas på stammen eller på en gren. Ett till fem år efter infektionen bildar de encelliga, troligtvis haploida hyferna spermogoner (Klebahn 1918, 1924). Unga träd är generellt resistent mot *P. pini* men när

träden är äldre, 30-40 år, är en del av träden mottagliga för sjukdomen (van der Kamp 1968).

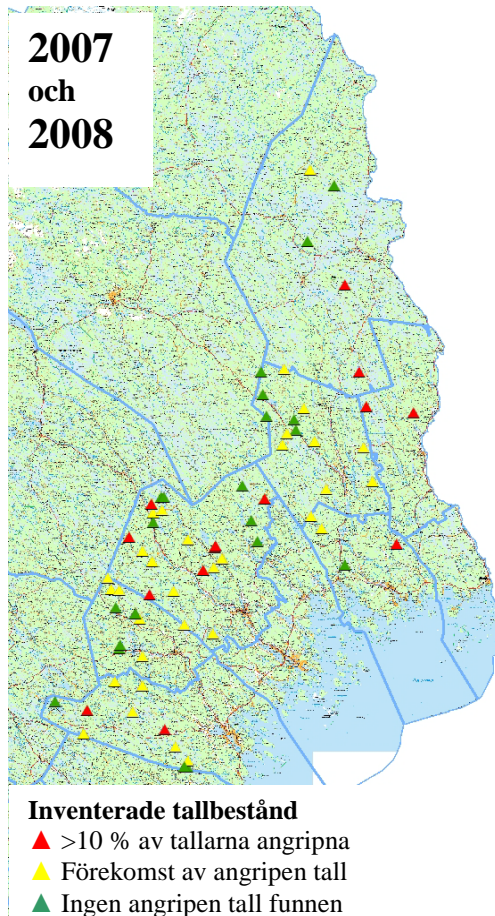
Förekomst

Sjukdomen är allvarlig på tall (*P. sylvestris*) i hela Europa och på flertalet tallarter i medelhavsområdet i södra Europa. I en studie utförd i Finland undersöktes mottagligheten och sjukdomsutvecklingen hos *P. sylvestris* som infekterats med *P. pini*. Resultatet visade att sjukdomsförekomsten var låg (3,6 %), med en variation mellan 0-9,4 % inom tallprovenienser och 3,4-3,9 % inom sporkällor. *C. flaccidum* har hittats lokalt i norra Finland under slutet på 90-talet (Kaitera & Hantula 1998), men ett flertal fynd av rostsvampen har gjorts i naturliga skogar längs Finlands södra kust och i Ålands skärgård både på tall och på alternativa värdar sedan 1800-talet (Liro 1908, Kaitera & Nuorteva 2003a, b). Även i Sverige finns tidiga observationer av törskatesvamp nedtecknade. Lagerberg beskriver, i början av 1900-talet, angrepp av patogenen på meterhög tallungskog i trakterna av Jörn (Lagerberg 1912).

I Finland har utbredningen och frekvensen av *C. flaccidum* på vilt växande *Melampyrum* spp. i 355 tallbestånd undersökts. Plantor med teleutolager hittades mest frekvent i unga trädbestånd (33 %), mindre frekvent var förekomsten i bestånd nära förstagallring (7 %), i medelålders bestånd (3 %) och i bestånd nära slutavverkning (2 %). Andelen *M. sylvaticum*-plantor med teleutolager var signifikant högre i unga tallbestånd och i förstagallringsbestånd än i medelålders bestånd och slutavverkningsbestånd (Kaitera *et al.* 2005). Analyser av *C. flaccidum*s utbredning i Finland visade att patogenen förekom i 22 % av bestånden med *M. sylvaticum* och dessa bestånd var lokaliserade främst i norra Finland (Kaitera *et al.* 2006). Andelen infekterade träd i bestånd som är kraftigt angripna av *C. flaccidum* har visat sig kunna uppgå till nästan 70 % (Kaitera 2000). Av träd som klassificerats ha stamsår förorsakade av *P. pini* har försök visat att patogenen kan orsaka förluster på 2 % av timmerträdsvolymen, samt 3 % av volymen massaved. Hos träd med död topp orsakade svampen förluster på upp till 10 och 14 % av volymen timmerträd respektive massaved. Volymen sågad vara har visat sig kunna minska med upp till 34 % när råvaran härstammar från bestånd som angripits kraftigt av den icke värdväxlande formen av törskate (Kaitera *et al.* 1994).

I början av 2000-talet inkom rapporter till Skogsstyrelsen om kraftiga angrepp av törskate i norra Norrbotten. I samband med Älgbetesinventeringen (ÄBIN) 2005 gjordes en första inventering av törskateförekomsten. Resultaten, som tydde på att minst 10 000 hektar var angripet, oroad Skogsstyrelsens skogsskötselsspecialist Heine Krekula. Efter en mindre inventering 2006 i Övertorneåområdet, genomfördes den första regelrätta skadeinventeringen inom ramen för SLU: s ”Nationella riktade skogsskadeövervakning” 2007. Då inventerades 140 slumpmässigt valda ungsogsbestånd (ÄBIN), belägna i nio kommuner i Norrbotten. Resultaten visade att törskatesvampen angripit unga tallbestånd i hela Norrbotten. Angrepp av svampen konstaterades finnas ända ner till Piteå i södra Norrbotten. Centrum för angreppet tycktes ligga i Pajala, Övertorneå och Överkalix kommun (Anon. 2007a, Wulff *et al.* 2007). Sommaren 2008 utökades skadeinventeringen till att även omfatta Västerbottens län. Detta år inventerades totalt 255 bestånd (Wulff & Hansson 2009). I samband med inventeringen samlades 171 sporprover in. DNA-analys

av dessa visade att *C. flaccidum* dominerade i den nordöstra delen av undersökningsområdet (Hansson, P. pers. medd., 2009). Resultaten av 2008 års inventering visade att törskaterost förekommer i Norrbottens kustland, inland och i Västerbottens län. De allvarligaste skadorna har observerats i nordost (Fig. 5). Resultaten visade också att ungskogarna fortsatt dödas av svampen, men att de skadade beståndens areella omfattning inte ökat sedan 2007. I norra Norrland förekommer, enligt inventeringen, törskate på 130 000 hektar tallungskog. Denna areal motsvarar 34 % av den tallungskog med en medelhöjd på 1-4 m som finns i norra Norrland. Av dessa 130 000 hektar har 33 000 hektar minst 10 % av stammarna angripna av törskatesvampen (Wulff & Hansson 2009).



Inventeringen 2008 visade också att förekomst av törskateangrepp är frekventare i tallbestånd belägna på bördiga marker än i bestånd på mer näringsfattiga lokaler (Wulff & Hansson 2009). Ett positivt samband kunde konstateras mellan antalet angripna unga träd och förekomst av skogskovall, liksom mellan antalet färskasporblåsor av törskate och kovallförekomst (Wulff & Hansson 2008). Vad som anses anmärkningsvärt med angreppen i Norrbotten är den stora andelen plant- och ungskog som är skadad och de mycket höga frekvenser av angrepp som förekommer lokalt (Krekula 2005, Barklund 2006).

Fig. 5 Angrepp av törskaterost i tallungskog Norra Norrland 2007 & 2008 (från Wulff & Hansson 2009)

Skogsskötselns effekt på förekomsten av törskaterost

Allmänna skötselråd, gällande törskateangripna bestånd, som Skogsstyrelsen förmedlar är att prioritera löv och gran vid röjning, att inte gallra hårt angripna bestånd och att inte lämna angripna träd som frö- eller miljöträd. Trädslagsbyte kan genomföras i hårt drabbade områden och då ett gott alternativ till tall finns (Krekula 2005). Det finns dock ännu inga svenska forskningsresultat att referera till. I en finsk studie där artificiell inokulering av båda törskatevarianterna gjorts bl.a. på contortatall, konstateras att contortatall är resistent och kan rekommenderas som alternativ till tall på lämpliga marker i skadedrabbade områden (Kaitera & Nuorteva 2008). En annan finsk studie som

undersökt de kortsiktiga effekterna av gallring på ett, av *C. flaccidum*, kraftigt angripet bestånd i norra Finland visade att skötselåtgärden inte reducerar patogenens angrepp effektivt i kraftigt angripna bestånd under de fem första åren efter gallring (Kaitera 2002). När resultaten av den riktade skadeinventering som utfördes 2008 i SLU: s regi sammanställts, presenterades ett faktablad i vilket två preliminära råd till markägare ges; undvik plantering av tall på bördiga marker med mycket skogskovall och prioritera löv och gran i törskatedrabbade områden. Dock påpekas att råden baseras på resultat av ett enskilt års inventering samt att tillämpad forskning kring svampen ännu inte startat i Sverige varför råden endast kan ses som grova och generella riktlinjer (Wulff & Hansson 2008).

Kovaller (*Melampyrum spp.*)



Kovaller (*Melampyrum spp.*) är ettåriga hemiparasitiska örter och tillhör familjen *Scrophulariaceae* (Anderberg 2000a). Hemiparasiter kan genom ett haustorium, en struktur som sammankopplar halvparasiten och värden, erhålla vatten, organiska och oorganiska lösta ämnen från värden. Hemiparasiter är också kapabla till autotroft näringsupptag genom normala fotosyntetiska processer (Dalrymple 2007). Exempel på hemiparasiter är ögontröst (*Euphrasia spp.*), mistel (*Viscum album*) och kovaller (Anon. 2009a).

Släktet *Melampyrum* inkluderar cirka 30 arter som är spridda över stora delar av den tempererade och lågarktiska zonen på norra halvklotet. Centrum för diversiteten är i sydöstra Europa och Kaukasus. Arter inom släktet uppvisar ofta mycket variabla ekotyper. Höjden på individer varierar ofta beroende på tidpunkten för groningen. Plantor av senare kohorter blir lägre än tidigare kohorter. Även närvaro av en lämplig värd påverkar biomassan och höjden på kovallerna (Dalrymple 2007). Fem arter av släktet *Melampyrum* finns i Sverige; ängskovall (*M. pratense*), skogskovall (*M. sylvaticum*) och natt och dag (*M. nemorosum*) är vanligen gulblommiga, medan korskovall (*M. cristatum*) och pukvete (*M. arvense*) har mer eller mindre rödaktiga blommor (Anderberg 2000a). Ängskovall och skogskovall är mycket vanligt förekommande och är ofta de enda ånuellerna i vanlig skogsmark (Ericsson 2004).

Skogskovall (*Melampyrum sylvaticum*)

Skogskovall är en ettårig ört som kan bli upp till tre decimeter hög. Skogskovall och ängskovall är de enda i släktet *Melampyrum* som har gröna stödblåd. Man skiljer skogskovallen från ängskovallen genom olikheter i örternas blommor. Skogskovall har klargula blommor och kort kronpip. Skogskovallens blomma har också en nedböjd underläpp och en fruktkapsel som knappt är längre än foderflikarna. Ängskovallens blommor är mer än en och en halv centimeter långa och har en kronpip som är mycket längre än fodret, underläppen är rak och färgen på blommorna är ofta blekt gul. Frö kapseln hos ängskovallen är längre än den hos skogskovallen (Anderberg 2000b).

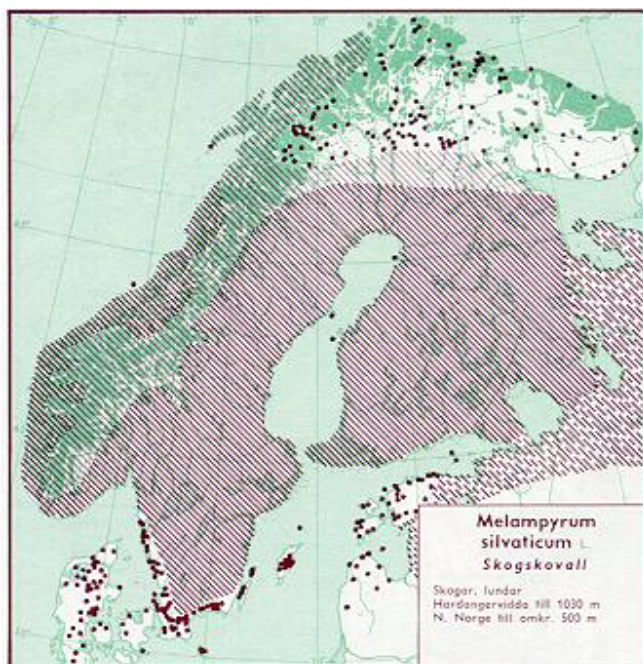


Fig. 7 Skogskovallens geografiska utbredning.
(från Den virtuella floran)

Habitat

I Europa förekommer skogskovallen i den boreala zonen och i bergstrakter (figur 7). Växtplatserna vetter typiskt mot norr och arten föredrar fuktig men väl-dränerad mark. Skogskovallen förknippas med örtrika fläckar i undervegetationen. De typer av miljöer som skogskovallen växer i är mycket variabla och arten har påträffats mellan 20-760 m ö.h. Växten trivs i svala, humida områden som inte utsätts för direkt solljus. Substrat som gynnar skogskovall är sura och relativt grunda jordar. De jordar som hyser skogskovall i Storbritannien har i en studie visat sig ha ett pH mellan 3,9-4,7 (Dalrymple 2007). I norra Europa sägs skogskovall växa i örtrika skogar, i många typer av skogars fältskikt inkluderande både löv- och barrskogar, i talldominerade (*Pinus sylvestris*) skogar och i det rika fältskiktet hos granskogar (främst *Picea abies*) i södra taigan (Dalrymple 2007). I Sverige anses skogskovallen vara allmän i hela landet och växer vanligtvis i näringsrika och inte alltför torra barrskogar. Örten ses ofta växa tillsammans med ängsfräken (*Equisetum pratense*) (Anderberg 2000a).

Ekologi

Hemiparasitism innebär att skogskovallen kan få näring från ett brett spektrum av värdar, men mycket lite är känt om vilka organismer som fungerar som värd för växten ute i fält. Skogskovall är en fakultativ halvparasit och klassificeras vidare som en terofyt (Dalrymple 2007). Terofyter är annueller som är helt beroende av att vilande frön säkerställer populationens överlevnad under säsonger av torka och kyla. Denna livsform är vanligt förekommande i öknar, sanddyner och i habitat som utsätts för upprepade störningar (Townsend *et al.* 2000).

Studier där man bestämde ekologiska karaktärer hos arter som växer tillsammans med skogskovall föreslår att växten inte begränsas i sin utbredning av förekomsten av lämpliga värdar (Dalrymple 2007). Studierna visade att växtsamhällen i vilka skogskovall ingår domineras av perenner. Växtsamhällena konstaterades också föredra låg störningsgrad och sura jordar. Tolerans för stark skugga uttrycktes bara i 27 % av växtsamhällena. Dominans av erikoida risväxter, speciellt *Vaccinium myrtillus* är negativt korrelerad med densitet och antal blommor per planta hos skogskovall. Detta samband kan tänkas existera p.g.a. två orsaker; skogskovall kan bli utkonkurrerad om ljus av *V. myrtillus* och/eller ericoida risväxters utsöndring av allelopatiska substanser. I samhällen som domineras av ericoida växter brukar dock dominansen av dessa minska när beståndet sluter sig och skapar mer skugga vilket gynnar skogskovallen. Skogskovallen anses ha liten förmåga att exploatera opportunistiska habitat, till skillnad från de ruderala årenuella. Därför kan skogskovallen vara känslig för förändringar i miljön. Detta stöds av det faktum att växten visar anpassningar till att leva i ett växtsamhälle dominerat av perenner, såsom begränsad spridning p.g.a. tunga frön.

Populationerna av skogskovall tycks avgränsas i den rumsliga utbredningen men bestånden kan vara mycket täta (Dalrymple 2007). Detta mönster av aggregering upprepas hos kommande generationer. När positionerna av två på varandra följande generationer skogskovall kartlades, ändrades distributionen mycket lite. Områden ockuperade av första generationen skogskovall förblev ockuperade av den andra generationen, trots att det kartlagda området var homogent avseende abiotiska förhållanden och samhällstyp. En av de främsta förklaringarna till varför aggregering uppstår är spridningssättet hos växten. Skogskovallens spridning är initialt passiv, frön ramlar från kapseln mot marken. Sedan sker den fortsatta spridningen med hjälp av djur, framförallt myror. Hur väl skogskovallen klarar sig i olika miljöer påverkas direkt av närvaron av lämpliga värdar. Växten är dock inte värd-specifik vilket bevisats genom att man hittat kontakter mellan skogskovall och en rad andra växter t.ex. *Brizia media*, *Calluna vulgaris*, *Carex sempervirens*, *Hieracium lachenalii*, *Melampyrum pratense*, *Picea abies*, *Salix aurita* och *Vaccinium myrtillus*. Den bästa värden för parasitiska *Scrophulariaceae* har visat sig vara legymer, dock växer denna familj sällan i de miljöer som associeras med skogskovall. Det har föreslagits att halvparasiter kan ha en bättre fitness i habitat som är artrika. Torra påverkar arten negativt då hemiparasiter generellt behöver upprätthålla en hög transpirationsgrad. Detta för att växten ska kunna erhålla vatten och näring från värdens rötter. För att kunna upprätthålla den höga transpirationen är hemiparasiters stomata ofta öppna även under vattenstress.

Fröproduktion & spridning

Skogskovall är en terofyt som övervintrar i form av frö. Växten reproducerar sig endast via frön. Växtens plantor börjar växa mellan slutet på mars och början av april, de unga plantorna av skogskovall har därför ett försprång på de flesta andra i växtsamhället. Hjärtbladen visar sig innan trädkronorna nått sin maximala utbredning. Det är inte känt om detta är en mekanism för att undvika konkurrens om solljus eller om den tidiga tillväxten möjliggörs av hemiparasitismen, då värdens rötter kan bli utsatta för parasitism innan skotttillväxten startat. De flesta skogskovaller blommar i juni, individer som inte blommar alls tenderar vara de mindre individerna. Individer av skogskovall måste senast

i juni ha nått en kritisk storlek för att producera blommor. Blomningsperioden sträcker sig över juni och juli. I augusti infaller den viktigaste perioden för frökapselns öppnande. Växten uppvisar ett antal egenskaper, t.ex. blommans form och färg, som är typiska för växter som anpassat sig till pollinering utförd av insekter. Det är inte känt huruvida skogskovall producerar pollen eller nektar, men *M. pratense* och *M. arvense* har visat sig producera både och. Med tanke på blommans morfologi, färg och i jämförelse med hur andra arter i släkten pollineras är det troligt att skogskovall främst pollineras av bin. Fröproduktion är dock möjlig även om insekter inte besöker blomman. Varje blomma bildar en frökapsel innehållande 1-4 frön. Antal frön är positivt korrelerad med antal blad, vilket visar att fröproduktionen är beroende av växtens biomassa. Biomassan hos växten är i sin tur beroende av värdtyp och tillgänglighet, växtperiodens längd och tidpunkt för groningen. Fröna hos skogskovall är relativt stora och tunga. Uppmätningar i Skottland visar att fröna är $4,34 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ långa och har en medeldiameter på $2,43 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$. Frön från Abisko nationalpark har uppmätts väga $24 \pm 3,2 \text{ mg}$. Skogskovallens frön sprids huvudsakligen med hjälp av myror. Fröna har ett oljehaltigt bihang, elaiosom, som ger de myror som sprider fröna en belöning rik på näring (Dalrymple 2007). Fröna hos *M. pratense* har i en såddstudie visat sig ha en medelspridning per år på 0,91 m. Den längsta sträckan frön hade spridit sig under ett år i försöket var 6,48 m. Inga individer av *M. pratense* hittades bortanför 7,63 m från centrum punkten, tre år efter att sådden utförts. I samma försök studerades också det primära fröfallet och resultaten visade att den maximala frödensiteten låg mellan 4-18 cm från moderplantan, det fröfall som resulterade i längst avstånd från moderplantan uppmättes till 25 cm (Heinken 2004). Liksom *M. sylvaticum* har *M. pratense* få och stora frön vid jämförelse med andra arter. Fröna är 3-6 mm långa och 1-2 mm breda med en torrvekt på 1,4-9,5 mg (Salisbury 1942). Fröna hos *M. pratense* har inga morfologiska egenskaper som talar för en spridning med hjälp av vinden (Winkler & Heinken 2007). Groning hos fröna är inte beroende av en värds närvaro men kan vara beroende av temperaturförändringar som överensstämmer med säsongsvariationen. Thompson *et al.* (1997) presenterar, i en sammanställning över nordvästra Europas fröbanker, fyra arter i släktet *Melampyrum*. Tre av dessa, *M. pratense*, *M. cristatum* och *M. nemorosum* klassificeras ha en tillfällig fröbank, vilket innebär att fröna överlever i marken mindre än ett år. *M. arvense* klassificeras ha en kortsiktig fröbank, enligt författarnas definition betyder detta att fröna överlever i marken minst ett år, men mindre än fem år. Sammanställningen innehåller inga uppgifter om *M. sylvaticum*. Försök har dock visat att skogskovallens frön är kapabla att ligga vilande i marken i ett år före groningen (Dalrymple 2007).

Kovall och törskate

Tidigt i juli uppträder teleutolager bildade av *C. flaccidum* för första gången på kovallens blad och dessa kan sedan ses på bladen till sent i september (Kaitera *et al.* 2005). År 1997 undersöktes markvegetationen i 18 törskateinfekterade tallbestånd i Finland. Markvegetationen i bestånden undersöktes avseende förekomst av uredosporer och/eller teleutosporer av törskate. Studien var den första som observerade *C. flaccidum* på *M. sylvaticum*. Uredolager och teleutolager hittades på skogskovall i tallbestånd både på fuktig och på frisk mark. Upptäckten talade för att spridningen av *C. flaccidum* i norra

Fennoskandien är betydligt större än vad som trots under det senaste decenniet (Kaitera & Hantula 1998).

Fyra av de fem arter av kovall som finns i Sverige har bevisats vara mottagliga för törskate, *M. arvense*, *M. pratense*, *M. sylvaticum* and *M. nemorosum*. Skogskovall och pukvete (*M. arvense*) är de mest mottagliga värdarna, natt och dag (*M. nemorosum*) är den minst mottagliga värden (Kaitera & Nuorteva 2003a). Mellan 1998 och 2002 samlades blad av *Melampyrum* spp. in från tallbestånd infekterade med törskate i Finland. Teleutolager observerades för första gången på *M. pratense* och *M. nemorosum* i vilt tillstånd. Teleutolager fanns i 22 % av bestånden med *M. sylvaticum*, i 3 % av *M. pratense* bestånden, i 12 % av bestånden med *M. nemorosum* och i det enda *M. arvense* bestånd som undersöktes. Teleutolager hittades inte på *M. sylvaticum* och *M. pratense* i södra Finland, medan sporer var relativt vanliga på dessa arter i norra Finland. I norra delen av landet hade 92 % av bestånden med *M. sylvaticum* och 30 % av *M. pratense* bestånden plantor med teleutolager. Andelen bestånd med teleutosporer, teleutosporbärande blad/planta och andelen plantor med teleutolager/bestånd var högre för *M. sylvaticum* än för de andra *Melampyrum* spp. (Kaitera *et al.* 2006). Det relativa antalet infekterade blad var högre vid användandet av en nordlig sporkälla än vid användandet av en sydlig sporkälla, men inga signifikanta skillnader mellan sporkällorna observerades i total uredo- och teleutolagerproduktion (Kaitera & Nuorteva 2003a).

Brand

Sverige är ett långsträckt land och från söder till norr är landet indelat i fyra ekologiska zoner. Längst söderut finns den tempererade skogen som påverkas av havet, norr om denna zon finns den tempererade kontinentala skogen. Ovan denna zon ligger den boreala barrskogen som också är den zon som dominerar i Sverige. Längs fjällkedjan hittar vi den fjärde ekologiska zonen, den boreala bergsskogen (Anon. 2007b). Klimatet i den boreala zonen karaktäriseras av långa vintrar och korta, men intensiva, växtperioder. Hela det boreala bältet har historiskt sett formats och präglats av branden och brand är en essentiell ekologisk faktor i de talldominerade boreala skogarna (Zackrisson 1977, Hellberg & Granström 1999).

Intervall och omfång

Enligt studier av brandhistoriken har bränder vanligtvis återkommit med ett intervall av 50-150 år i norra Sverige och ner till 20 år i södra Sverige (Niklasson & Granström 2000, Niklasson & Drakenberg 2001). Ett mycket grovt mått på medelarealen bränd mark per år, historiskt sett, är 1,7 %. I dag brinner endast en liten fraktion av skogsmarken årligen, 0,0017 – 0,017 %. Dagens brandregimer är mycket förändrade jämfört med hur brandregimerna såg ut innan människans avsevärda påverkan inleddes. I och med framväxandet av ett industriellt skogsbruk har brandens roll nästan helt försvunnit (Niklasson & Granström 2004).

Under mitten och slutet av 1800-talet blev undertryckande och bekämpning av elden effektiv (Niklasson & Granström 2004). Brändernas omfattning har minskat, från åren då brandbekämpningen effektiviserades kraftigt, fram till 1950 och har därefter legat på vad som tycks vara en jämn nivå (Niklasson & Granström 2004).

Brand har inte enbart setts som något negativt som måste bekämpas, utan har också brukats frekvent som ett instrument i skogsskötseln, vid s.k. hyggesbränning. Metoden har använts framförallt i Bergslagen och norra Sveriges inland. Upp till 40 000 hektar brändes årligen i vissa delar av landet under 1950- och 1960-talet (Nilsson 2005). Under 1990-talet har ett ökat intresse för brand i naturvårdande syfte uppkommit inom det miljöcertifierade skogsbruket. Årligen bränns mellan 1000-3000 hektar (Weslien & von Essen 2001).

Effekter

Före industrialiseringen var många skogar i ett tidigt successionsstadium efter brand (Linder *et al.* 1997). Dessa skogar karaktäriserades av öppenhet, olikåldrighet och flerskiktning. Brand fungerar gallrande i bestånd och gynnar också förnyringar av en del arter. Tall och vissa lövträd gynnas på bekostnad av gran. Denna typ av brandpåverkade bestånd har tidigare dominerat Norrlands inland (Östlund & Linderson 1995, Axelsson 2001). Skogens öppenhet har idag minskat p.g.a. den upphörda branddynamiken, det upphörda skogsbetet och den aktiva skogsskötseln (Wikars & Niklasson 2006). Frånvaro av brand resulterar i en förändring i ekosystemens artsammansättning. Växtsamhällena blir mer dominerade av *Ericaceae* såsom *Empetrum hermaphroditum* och *Calluna vulgaris*. I bottenskiktet ökar dominansen av fjädermossor som *Pleurozium schreberi* och trädsiktet domineras alltmer av *Picea abies* (De Luca *et al.* 2002).

Bränder har varit en bestämmande faktor i processen av många plantors anpassning. Många arter är väl anpassade för att överleva brand och förny sig efter bränder (Tishkov 2004). Arter kan vara direkt brandberoende, s.k. pyrofila. Dessa arter har tydliga anpassningar till brand och återfinns enbart eller i huvudsak i nyligen bränd skog. Många arter gynnas sekundärt av brand, dessa är inte beroende av branden, men gynnas av de strukturer och de markförhållanden som branden skapar (Wikars & Niklasson 2006). Arter som är anpassade till brand kan ha frön som kräver brand eller gynnas av brand vid groningen. Fröna hos brandanpassade arter kan också ha en mycket tjock och hård yta. Träd som är anpassade till brand kan ha extra tjock bark och högt upphissade kronor (Tishkov 2004). Tallar som överlevt brand och skapat s.k. brandljud ökar produktionen av kåda och andra extraktivämnen och blir mer motståndskraftiga mot framtida insektsangrepp (Nilsson 2005). Brand gynnar skuggintoleranta arter som *P. sylvestris* och *Betula* spp. och missgynnar arter som *Picea abies* (Zackrisson 1977, Marozas *et al.* 2007).

Markens struktur och den kemiska sammansättningen i marken förändras vid brand (Wikars & Niklasson 2006). Bränder kan brinna ytligt eller djupt och därmed förbruka mycket eller lite av markens organiska skikt. Dessa faktorer har stor inverkan på den efterföljande successionen (Schimmel & Granström 1996). Den vattenhållande förmågan i marken minskar efter en brand och en minskad avdunstning ökar markens temperatur. Den svarta, brända marken ökar absorptionsförmågan för solljus och detta ökar också temperaturen i marken (Wikars & Niklasson 2006). Mängden tillgängliga näringsämnen i marken, liksom pH, sjunker generellt med tid efter brand och en ökande dominans av barrträd. Brand reducerar markytans tjocklek och frigör ämnen som tidigare var orörliga i organiska föreningar (Brais *et al.* 2000, Simard *et al.* 2001). Vid djupa bränder kan

kväveinnehållet i marken reduceras kraftigt genom att mycket av kvävet avgår i gasform. Nytt kväve kan dock frigöras vid den ökade nedbrytningen av oförbränt, organiskt material (Neary *et al.* 1999). Träkol, som finns i överflöd efter en brand, bidrar till en långsiktig produktivitet hos marken genom att det stimulerar nitrifikation (Nilsson *et al.* 2000, DeLuca *et al.* 2002). Träkol kan också adsorbera sekundära metaboliter såsom fenoler producerade av *Ericaceae*. Dessa sekundära metaboliter fungerar som allelopatiska substanser som kan hämma frögroning och tillväxt hos konkurrerande växtlighet (Wardle *et al.* 1998). Den adsorberande effekten av kol kan finnas kvar upp till 100 år. Även äldre träkol som finns i marken kan reaktiveras vid en brand (Zackrisson *et al.* 1996).

Växter kan ha olika strategier för att återkolonisera bränd mark. Återväxt kan ske från rhizom, vissa arter kan slå stubb- eller rotskott, andra arter har frön vilandes i marken och växter kan också ha anpassningar som innebär att fröna lätt sprids med vinden in på den brända marken. Markens flora efter en brand beror till stor del på brandens intensitet, branddjupet och på vilket djup i marken växternas reproduktiva delar återfinns (Schimmel & Granström 1996, Nilsson 2005). Detta eftersom återkoloniseringen av den störda marken vanligtvis är resultatet av en lokal kolonisering från frön i marken och andra spridningsenheter i humuslagret. Mortaliteten hos arter med rhizom ökar med ökat djup av branden. Hos arter med fröbank och hos arter med vindspridda frön stimuleras regenereringen av relativt djupgående bränder. Mycket djupa bränder som konsumerar det mesta av det organiska lagret i marken hämmar dock arter med fröbank, men även dessa bränder gynnar de arter vars frön invaderar marken efter brand. Skillnader mellan ytor som bränts olika djupt kvarstår efter fem år vilket tolkas som att ett varierat bränningsdjup kommer ha långsiktiga effekter på vegetationen (Schimmel & Granström 1996). Intensiv kolonisering av bränd skog begränsas av storleken på det brända området och avstånden. Frön och spridningsenheter (diasporer) har mindre sannolikhet att nå in till bränd mark som ligger långt från kanterna (Tishkov 2004).

Markvegetationens artrikedom och abundans har visat sig öka efter markbränder i tallskog. Detta som en respons av överflödiga resurser och ett tillskott av arter anpassade till störningar (Hart & Chen 2006, Marozas *et al.* 2007). Artsammansättningen i tidiga successionssamhällen är typiskt dominerade av skuggintoleranta, näringskrävande arter som *Epilobium angustifolium*, *Rubus idaeus*, *Pteridium aquilinum*, *Calamagrostis canadensis*, *Vaccinium myrtilloides*, *Salix* spp. och *Solidago* spp. Dessa arter koloniserar från frö eller regenereras med hjälp av rhizomer och kan ligga vilande i upp till 100 år (Martin 1955, Archibold 1979, Whittle *et al.* 1997). *M. pratense* har, i en studie, visat sig invadera brända områden omedelbart efter brand och arten hade också högre abundans på brända ytor än på obrända ytor (Marozas *et al.* 2007).

Hyggesbränning

Skogsstyrelsens rekommendationer är att hyggesbränning bör utföras på friska till fuktiga marker med tjocka och inaktiva humustäcken (Anon. 2003). Hyggesbränning är inte lämplig som markbehandlingsmetod på torra marker med tunna humustäcken (Anon. 2006). Bränningen bör utföras när marken är tillräckligt torr så att branddjupet blir tillfredsställande och gräsrotter dödas. Om bränningen medför ett tillfredsställande

branddjup innebär detta bra förutsättningar för kommande trädförnyring, då hygget kan förbli gräsfritt i flera år efter branden. För fuktig mark vid bränningen innebär risk för ett alltför grunt bränningsdjup, vilket i sin tur medför risk för en betydande konkurrens från hyggesvegetation redan inom ett år efter bränningen (Weslien & Wennström 1997). År 1997 genomförde SkogForsk en enkätundersökning, vilken syftade till att bl.a. undersöka kostnader och metoder för bränning, denna enkätundersökning representerade ett femtiotal objekt. Resultaten från undersökningen visade att hyggesbränning utfördes främst på friska blåbärsmarker på medelbonitet. Dessa marker hade måttligt tjockt humustäcke och 50 % av objekten hade ett SI på mellan T18-T20 (Westerberg 1997).

Skogsstyrelsens statistik från ST 16 som samlas in från storskogsbruket har i Norrbotten även kompletterats med statistik från det privata skogsbruket. I Norrbotten har den hyggesbrända arealen under de senaste åren uppgått till mellan 400 och 800 hektar (Fig. 8). Av de kommuner där angreppen av törskatesvampen tyckts vara centrerade (Pajala, Övertorneå och Överkalix) har den hyggesbrända arealen varit som störst i Pajala kommun under alla år utom ett under 2000-talet (Fig. 9) (Krekula, H., pers. comm., 2010).

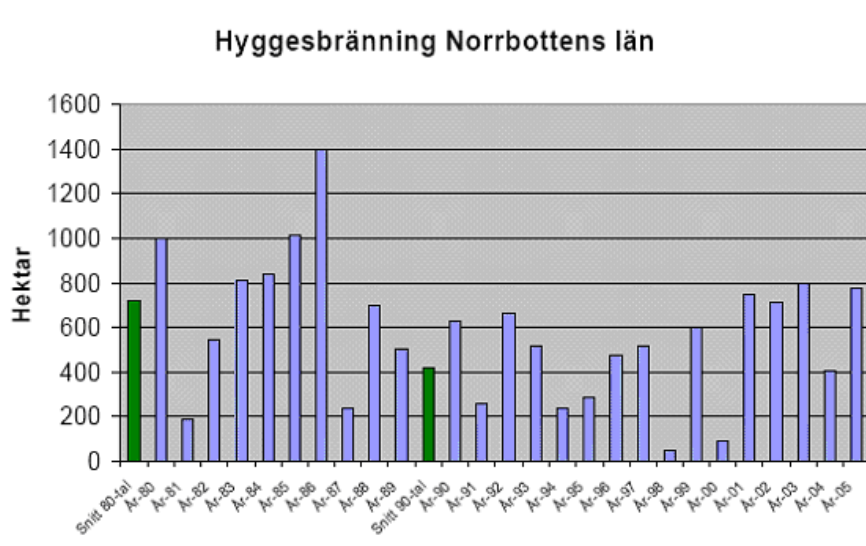


Fig. 8 Hyggesbränd areal i Norrbottens län, år 1980-2005 (från Fries & Krekula 2006)

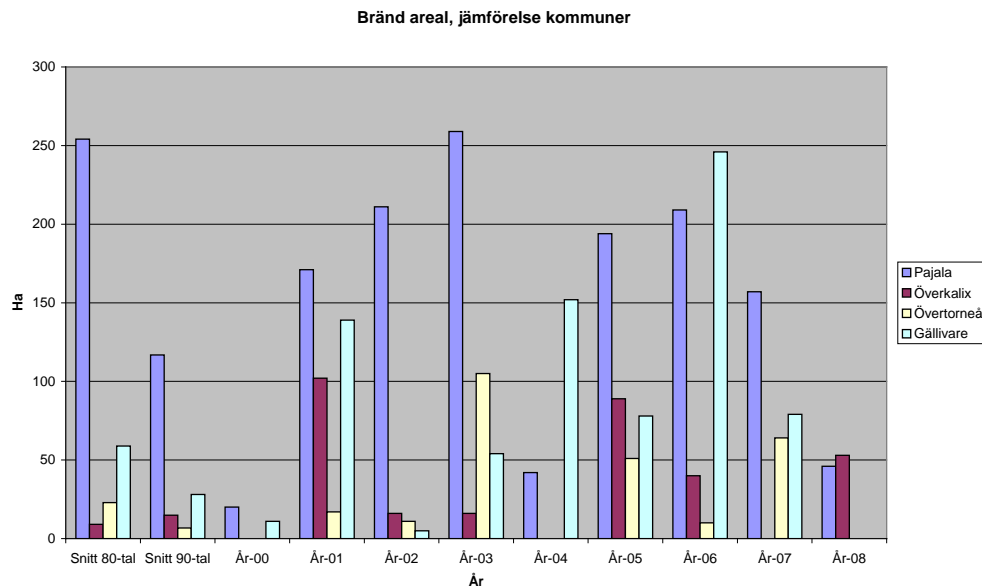


Fig. 9 Den hyggesbrända arealen i Pajala kommun samt tre av de angränsande kommunerna under 2000-2008 samt ett snitt under 1980- respektive 1990-talet (Krekula, H., pers. comm., 2010).

Brand i dag

Dagens bränningar ofta otillräckliga om man jämför med de effekter naturliga bränder har på markförhållanden (Wikars & Niklasson 2006). Vid hyggesbränningar kan det vara svårt att åstadkomma ett tillräckligt bränningsdjup. Anledningar till detta är att man av försiktighetsskäl inte vågar bränna när marken är som torrast och att humus- och förnalagret är mycket tjockt på grund av att en lång tid gått sedan senaste branden och att det därför ackumulerats mycket organiskt material (Nilsson 2005). Vanligtvis väljs bestånd som är alltför fuktiga för att en påtaglig reduktion av humuslagret ska kunna åstadkommas med branden. En följd av detta blir att man tvingas ta till maskinell markberedning också, vilket sänker värdet på den eventuella markpåverkan man lyckats åstadkomma vid bränningen (Wikars & Niklasson 2006). En jämförelse mellan vilda och kontrollerade bränder visade att den största skillnaden mellan dessa var att vilda bränder resulterade i en mer omfattande markpåverkan (Wikars 2004). Vid bränning av hyggen finns ofta mycket ris på hyggerna. Ofta bränns stora arealer under en kort tidsperiod och detta kräver en aggressiv användning. Hyggesbränning ger ofta ett intensivt brandförlopp (Wikars & Niklasson 2006).

Syfte

Syftet med studien var att undersöka i vilken omfattning bränning påverkade infektionsgraden av törskatesvamp. Studien syftade också till att klargöra hur skogs- och ängskovall (*Melampyrum* spp.) påverkades av bränning. Fältstudien ägde rum i de områden i Tornedalen som drabbats hårt av törskateangrepp under 2000-talet.

Frågeställning

Frågor som jag försökte besvara med hjälp av studien var:

- om törskateangrepp förekom i lägre utsträckning i ungskogar som anlagts på bränd mark jämfört med marker där enbart mekanisk markbehandling tillämpats
- om kovall missgynnats långsiktigt av brand och därmed förekom i lägre utsträckning i ungskogar som anlagts på bränd mark jämfört med marker där enbart mekanisk markbehandling tillämpats

Avgränsning

Studien har genomförts i Pajala kommun, ett av centra för de senaste årens törskateangrepp. Denna avgränsning gjordes av praktiska skäl då denna kommun är min hemkommun, vilket innebär att jag har boende här. Att välja Pajala kommun som avgränsning ansåg jag vara lämpligt även logistiskt, då avstånden därmed blev sådana att jag både hann resa till objekten samt utföra inventeringar på ett objekt under ett dagsverke. Pajala kommun har också varit den kommun i området var hyggesbränning skett på störst totala areal under 80- och 90-talet (Fig. 10).

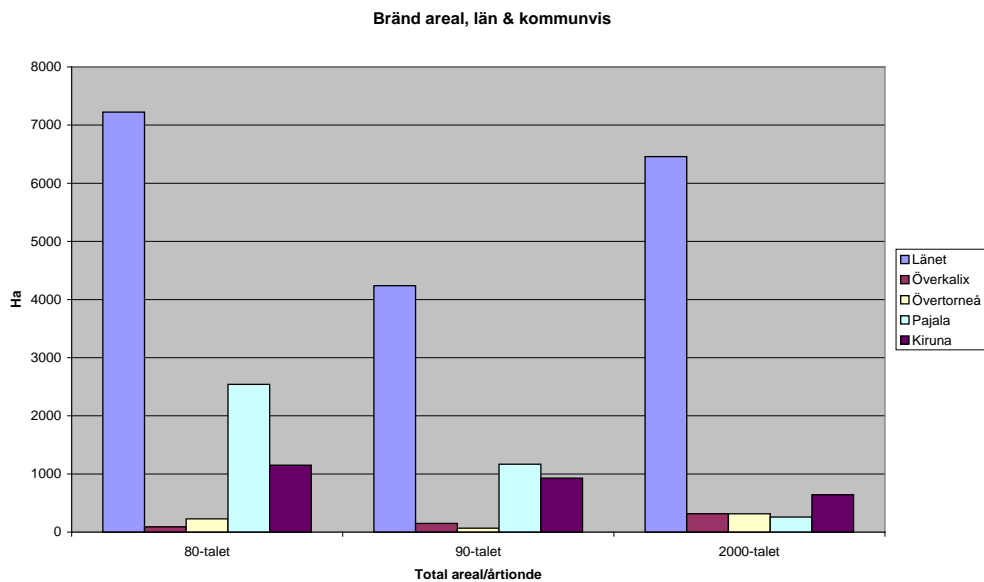


Fig. 10 Total areal hyggesbränning/årtionde i länet Norrbotten, Pajala kommun samt de angränsande kommunerna (Krekula, H., pers. comm., 2010).

Material och metoder

Studiens upplägg

Arbetet inleddes med en ämnesrelevant litteratursökning. Litteratursökningen har gjorts vid Skogsbiblioteket på Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå, främst i databasen Web of Science, men även i andra databaser tillgängliga vid Skogsbiblioteket. Litteratursökning har även gjorts i Umeå universitets databaser samt på internet. Under sommaren 2009 gjordes fältstudier. Datamaterialet bearbetades, analyserades och sammanställdes sedan under hösten 2009 samt våren 2010.

Områdesbeskrivning

Området där inventeringarna genomfördes låg i Norrbottens län. Åtta av nio inventerade lokaler låg i Pajala kommun, det nionde låg i den angränsande kommunen Gällivare.

Norrbotten har långa, kalla vintrar och gynnsamma, men korta somrar. I januari är medeltemperaturen mellan -9°C och -16°C. Juli har en medeltemperatur på mellan 11°C och 15°C (Anon. 2009b). Årsmedeltemperaturen ligger mellan 0°C och -2°C. Vegetationsperiodens längd är mellan 120 och 130 dygn (Anon. 2009c, Anon. 2009d). Den årliga nederbörden varierar från i medeltal 400 mm i skärgården till drygt 700 mm i inlandet (Anon. 2009b). Inventeringarna utfördes i augusti månad 2009 för att säkerställa att teleutosporerna hunnit bildats på kovallbladen.

Bestånd har tagits fram med hjälp av Skogsstyrelsens databas Kotten samt via kontakter med Sveaskog i Tändö, Sveaskog i Gällivare och Pajala allmänning. Kontakterna i Pajala kommun representerade de största markägarna i kommunen, Sveaskog var den största enskilda markägaren med ett innehav på cirka 43 % av den produktiva skogsmarken i kommunen. Pajala Allmänning hade ett markinnehav på cirka 10 % av den produktiva skogsmarken. De privata skogsägarna hade ett innehav på cirka 41 % av den totala produktiva skogsmarksarealen i kommunen. Andra markägare var bl.a. SCA, Karesuando allmänning och Luleå stift (Krekula, H., pers. comm., 2010). Kontakt togs även med andra skogligt insatta personer i kommunen.

Målet var att hitta delvis brända bestånd där beståndsavverkning skett, varefter en del av beståndet brändes och en del markbereddes mekaniskt. Detta visade sig vara ouppnåeligt varför bestånd valdes utifrån följande kriterier; bestånden skulle ligga nära varandra, ha beståndsavverkats under ungefär samma tidsperiod (några enstaka års intervall), vara brända respektive ha markberetts med en alternativ mekanisk metod. Bestånden skulle bestå av minst 7/10 tall (*P. sylvestris*) och ha en medelhöjd under fyra meter. Beståndsarealen skulle uppgå till minst 0,5 ha. Sammanlagt ingick 18 områden i studien varav nio har brunnit (Tab. 1).

Tab. 1 Tallbestånden (1-18) som ingår i fältstudien, område, koordinater, markbehandlingsmetod, förnygringsmetod, fältskikt och skattad beståndsålder

Lokal	Bestånd	Område	Y-koordinat	X-koordinat	Markbeh.	Förnygring	Fältskikt	Ålder
1	1	Pitkäpalo	1812330	7452889	Bränt	Planterat	Lingon	14
	2		1812972	7452505	Harvat	Planterat	Lingon	15
2	3	Kirveslehto	1782812	7470607	Harvat	Planterat	Kråkbär/ljung	14
	4		1783099	7469869	Bränt	Planterat	Lingon	14
3	5	Roasenhari	1784364	7456968	Bränt	Planterat	Kråkbär/ljung	7
	6		1784546	7456798	Höglagt	Planterat	Kråkbär/ljung	7
4	7	Männikkö	1781794	7474970	Bränt	Planterat	Lingon	9
	8		1781838	7475282	Fläckat	Planterat	Lingon	9
5	9	Narkaussölkä	1797283	7440910	Bränt	Sått	Lingon	12
	10		1797208	7440725	Harvat	Sått	Lingon	12
6	11	Limingoån	1804082	7430013	Bränt	Nat. förnygrat	Lingon	8
	12		1803989	7429875	Harvat	Nat. förnygrat	Kråkbär/ljung	8
7	13	Kieksiäisvaara	1831380	7477764	Bränt	Planterat	Kråkbär/ljung	7
	14		1831850	7477492	Harvat	Planterat	Kråkbär/ljung	8
8	15	Liviöjärvi	1816505	7465806	Bränt	Planterat	Kråkbär/ljung	12
	16		1816177	7466032	Höglagt	Planterat	Kråkbär/ljung	13
9	17	Palovaara	1731745	7402918	Bränt	Planterat	Lingon	2
	18		1731823	7402712	Harvat	Planterat	Lingon	7

Datainsamling

Provytor lades ut i de nio brända områdena samt i de nio kontrollområdena. I varje bestånd utlades åtta provytor med en radie på 3,5 m. Provytorna lades ut systematiskt i en kvadratisk trakt, första provytans läge bestämdes slumpmässigt. Totalt antal inventerade provytor uppgick till 144 stycken. Till varje bestånd skapades en blankett för bestånds- och provytervariabler. Beståndsvariablerna bestämdes en gång i varje bestånd, normalt på yta åtta. Beståndsvariabler som bestämdes ute i fält var uppskattad medelålder, markbehandlingsmetod, förnygringsmetod, när en eventuell röjning senast skett, HÖH, markslag, SI, täckningsgraden av kovall, markfuktighet och fältskikt. Markfuktigheten och fältskiktet bestämdes i enlighet med instruktioner för Riksskogstaxeringen (RT).

På provytenivå registrerades variablerna; *ytkoordinater, trädslag, höjd, medelhöjd, stamantal, av törskate oskadat träd, av törskate dödat träd, färska skador, gamla skador, kronskada, stamskada, grenvarv, död topp och intrång via gren*. Ytkoordinater angavs för centrum av varje ny provyta, X-koordinat 7 siffror, Y-koordinat 7 siffror. De trädslag som studerades och registrerades avseende törskateskador var tall (*P. sylvestris*). Höjden för de inräknade träden/plantorna av tall som var $\geq 1/3$ av medelhöjden angavs i dm. Medelhöjden definierades som medelhöjden av de två högsta barrträden på provytan och angavs med 5 dm noggrannhet. Variabeln stamantal innefattade levande stammar som hade en höjd överstigande 50 % av de två högsta barrträdens medelhöjd på ytan. Stamantalet uppdelades artvis i tall, contortatall, gran (*Picea abies*), björk (*Betula spp.*) och övrigt löv.

Varje träd/planta av tall som registrerades på ytan undersöktes vidare avseende huruvida angrepp av törskatesvamp fanns. Om trädet/plantan var skadat av svampen angavs om trädet dött till synes som en följd av svampangreppet. Vidare registrerades förekomst och antal färska skador av törskatesvamp, förekomst och antal gamla skador av törskatesvamp, hur stor andel av kronan i % som drabbats. I detta inkluderades döda grenar inklusive död topp. Eventuell stamskada på huvudstam registrerades som omfattning i femtedelar av stammens omkrets. Även antalet grenvarv ovanför skadan räknades. Träden på ytan undersöktes också avseende om de hade döda toppar till följd av törskatesvampen.

Inom varje provyta inventerades också två små provytor (totalt 16 stycken/bestånd) med en radie av 0,28 m, där förekomst och täckningsgrad av kovall (*Melampyrum* spp.) inventerades. På dessa småytor registrerades också eventuell förekomst av törskatesporer (*C. flaccidum*) på kovallbladen.

Beräkningar och statistiska analyser

Allt insamlat data skrevs in och omarbetades i Excel. Data importerades sedan från Excel till Minitab 15 där alla statistiska analyser genomfördes med en signifikansnivå på 0,05. Inledningsvis beräknades medelvärden av skador orsakade av törskatesvamp på brända respektive obrända marker. Även medelvärden avseende kovallförekomst på brända respektive obrända marker beräknades.

Analys på beståndsnivå

På beståndsnivå (n=18) utfördes parvisa t-tester avseende skador orsakade av törskatesvamp på brända respektive obrända bestånd och kovallförekomst på brända respektive obrända bestånd. På beståndsnivå testades också om skadorna orsakade av törskatesvamp hade samband med lokalen och huruvida området bränts. Detta gjordes med hjälp av variansanalys (GLM) och modellen;

$$Y = \mu + \alpha + \beta + e$$

där μ =totala medelvärdet för alla bestånd och e =slumpmässighetsfaktor. Den förklarande variabeln (Y) var andelen skador orsakade av törskatesvamp. Datat testades för signifikanta skillnader mellan bestånd (α) och mellan brända och obrända bestånd (β). På beståndsnivå utfördes också en regressionsanalys för att se om ett samband mellan kovallförekomst och SI kunde konstateras.

Analys på provytenivå

Även på provytenivå (n=144) undersöktes om några signifikanta skillnader mellan andelen skadade träd på brända respektive obrända marker fanns. Också kovallförekomst på brända respektive obrända marker jämfördes. Dessa analyser utfördes på samma sätt som på beståndsnivå, med parvisa t-tester. Andelen skadade träd testades för skillnader mellan provytor, kovallförekomst och mellan brända och obrända ytor. Denna analys utfördes som en variansanalys (GLM) och med samma modell som för analyserna på

beståndsnivå. Datat testades för signifikanta skillnader mellan provytor (α), mellan olika kovallförekomster (β) och mellan brända och obrända ytor (δ).

Analysen på trädnivå

På trädnivå (n=1388) testades datat med ett t-test för två oberoende stickprov (two sample t-test) för att se om några samband fanns mellan skador orsakade av törskatesvamp och trädens höjd.

Fördjupad analys lokal 1

På lokal 1, vilken var den enda lokal där kovaller med teleutosporer av törskate påträffades, gjordes en särskild analys. Parvis t-test, där förekomst av kovall jämfördes på brända och obrända marker, gjordes på provytenivå (n=16) och skadorna orsakade av törskate jämfördes mellan brända och obrända marker på provytenivå. Även täckningsgraden av kovall samt andelen kovall med teleutosporer jämfördes mellan brända och obrända marker med hjälp av parade t-test.

Resultat

De inventerade bestånden hade en ålder på mellan två och 15 år. Medelhöjden av de inventerade tallarna på provytorna sträckte sig mellan 0,1 m och 5,6 m. Medelhöjden för alla stammar var 2,2 m. Medelhöjden i de brända bestånden var 2,3 m, motsvarande siffra i de obrända bestånden var 2,2 m. De inventerade bestånden hade alla ett fältskikt som klassificerades som antingen lingontyp eller kråkbär/ljungtyp. Av de 18 inventerade bestånden klassificerades tio som lingontyp, de resterande åtta klassificerades som kråkbär/ljungtyp. I de bestånd som angavs vara av lingontyp hade 5,9 % av stammarna törskate, motsvarande siffra i bestånden av kråkbär/ljungtyp var lägre, 3,7 %. De inventerade bestånden låg på altituder mellan 129 m och 320 m över havet. Ståndortsindex (SI) i bestånden varierade mellan T14-T19.

Beståndsnivå

Vare sig t-testerna eller variansanalysen visade på några signifikanta skillnader mellan skador förorsakade av törskate på brända respektive obrända marker. Inte heller kovallförekomsten skiljde sig signifikant åt mellan de brända och de obrända bestånden. Regressionsanalysen i vilken kovallförekomsten jämfördes med SI uppvisade inte heller någon statistisk signifikans på den angivna signifikansnivån.

Det totala antalet stammar inventerade uppgick till 1388 stycken, av dessa hade 70 stycken skador orsakade av törskatesvamp, vilket motsvarade 5,0 %. På de brända markerna inventerades 700 stammar, av dessa hade 35 stycken (5,0 %) skador. På de obrända markerna registrerades 688 stammar, varav 35 (5,1 %) uppvisade skador orsakade av törskatesvamp. I de brända bestånden var skadeandelen mellan 0-28,6 % och på de obrända markerna var motsvarande siffror mellan 0-44,8 %. I sex av de nio parvisa jämförelserna var andelen skadade stammar högre i de mekaniskt markberedda bestånden än i de brända bestånden (Tab. 2).

Tab. 2 Andelen törskateangripna tallstammar (%) på brända respektive obrända lokaler

	Bränt	Obränt
Lokal 1	28,6	44,8
Lokal 2	6,4	9,1
Lokal 3	0	3,6
Lokal 4	3,7	8,5
Lokal 5	3,8	2,3
Lokal 6	2,4	0,7
Lokal 7	1,5	0
Lokal 8	21,9	9,4
Lokal 9	0	1,8

Förekomst av kovall registrerades totalt på 14,6 % av de brända beståndens provytor. Motsvarande siffra i de obrända bestånden var 19,4 %. I fyra av de nio parvisa jämförelserna var kovallandelen högre i de obrända bestånden än i de brända bestånden. I två av de nio parvisa jämförelserna var kovallandelen högre i de brända bestånden, medan det i tre av jämförelserna inte observerades någon skillnad alls mellan de brända och de obrända bestånden (Fig. 11).

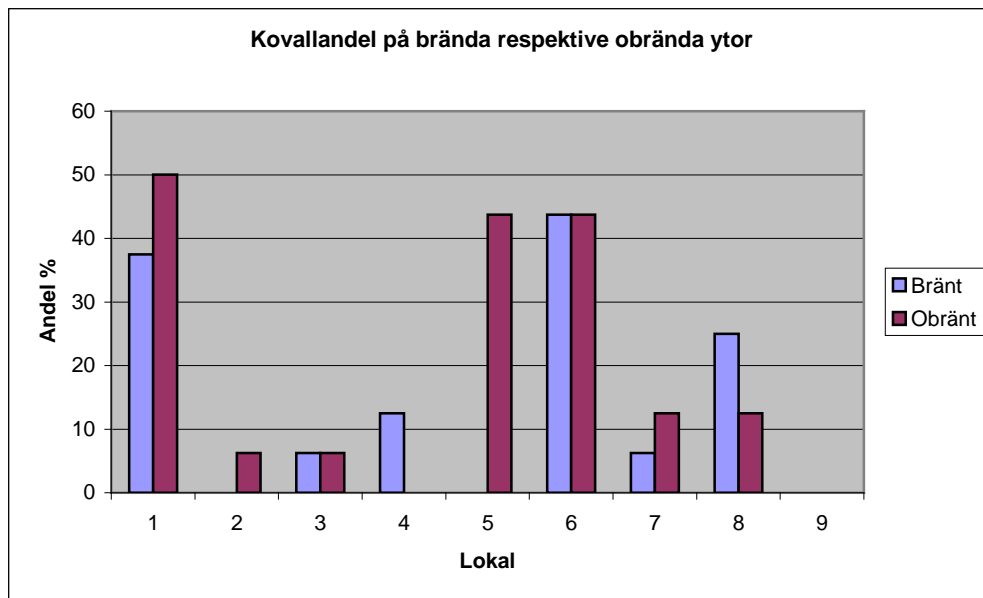


Fig. 11 Andel små provytor ($r=0,28$ m) med kovallförekomst på brända respektive obrända lokaler.

Provytenivå

Inte heller på provytenivå konstaterades några signifikanta skillnader mellan skadebilden på bränd och obränd mark förekomma. Kovallförekomsten skiljde sig inte åt signifikant mellan brända och obrända ytor. Variansanalysen påvisade dock en signifikant interaktion mellan andelen skadade träd och kovallförekomst (Tab. 3).

Tab. 3 Variansanalys undersökande skador på tall orsakade av törskate

Source	DF	Seq SS	AdjSS	Adj MS	F	P	
Lokal	8	19874,7	20239,1	2529,9	17,24	0	Sign.
Bränt	1	250,6	258,3	258,3	1,76	0,187	Not sign.
Förekomst kovall	2	983,1	983,1	491,6	3,35	0,038	Sign.
Error	132	19367	19367	146,7			
Total	143	40475,5					

Trädnivå

T-testet visade att de träden som var skadade av törskatesvamp var signifikant högre än de oskadade träden. Medelhöjden på de skadade träden var 2,1 m, medan medelhöjden på de oskadade träden var 1,5 m (Fig. 12).

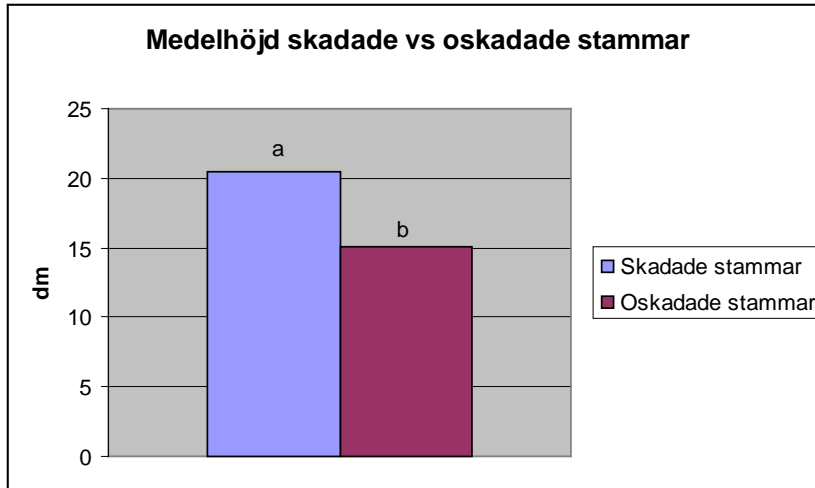


Fig. 12 Medelhöjden (dm) för stammar skadade av törskatesvamp, respektive oskadade stammar. Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader med $P < 0,05$.

Lokal 1

Obrända ytor hade signifikant högre andel kovaller med teleutosporer (Tab. 4). Inga andra signifikanta skillnader kunde konstateras mellan brända och obrända ytor, vare sig avseende andelen skadade träd, förekomst av kovall eller täckningsgraden av kovall.

Tab. 4 Parat t-test, jämförande förekomst av teleutosporer på kovallblad på bränd respektive obränd mark

	N	Mean	StDev	SE Mean
Täckningsgrad kovall m sporer bränt	16	0,063	0,25	0,062
Täckningsgrad kovall m sporer obränt	16	1	1,414	0,354
Difference	16	-0,938	1,436	

Diskussion

Resultaten visade att ungskogar av tall som anlagts på hyggesbränd mark inte hade en signifikant lägre infektionsgrad, förorsakad av törskate, än ungskogar av tall på liknande marker som enbart markbehandlats mekaniskt före förnyringen. Inte heller kovallförekomsten påverkades signifikant av hyggesbränningen. Inga andra liknande studier var törskateförekomsten undersökts på brända och obrända marker har, mig veterligen, utförts.

En faktor som skulle kunna förklara uteblivna signifikanser i denna studie kan vara valet av bestånd som hyggesbränns. Möjligheten finns att de bestånd som blivit utvalda att hyggesbrännas är mer näringsfattiga bestånd som inte heller före bränningen hyste kovall eller törskate i någon större utsträckning. Mer näringsfattiga bestånd har mindre kovall och också mindre törskate än bördigare bestånd. Av de lokaler som ingick i min fältstudie var fyra stycken rena lingontyper. Med rena lingontyper menar jag att båda bestånden, både det som bränts och det som inte bränts, klassificerats som lingontyp. Tre av lokalerna var rena kråkbär/ljungtyper. På två lokaler klassificerades det brända beståndet som lingontyp, medan det obrända beståndet klassificerades som kråkbär/ljungtyp. Jag kan tänka mig att på de lokaler var det obrända beståndet klassificerats som kråkbär/ljungtyp och det brända beståndet som lingontyp skulle även det brända beståndet före bränningen ha klassificerats som en kråkbär/ljungtyp. Bränningen har i dessa fall förändrat artsammansättningen i fältskiktet, kråkbär och ljung har missgynnats. Min fältstudie skulle i så fall representera fem stycken rena kråkbär/ljungtyper, vilket är näringsfattiga marker där kovall inte bör förekomma i någon större utsträckning. Om detta stämmer innebär det att inga skillnader, beträffande törskateangrepp på brända och obrända marker, kommer att detekteras. För att kunna få ett mer säkert resultat kunde man studera samma bestånd både före och efter en hyggesbränning. Detta för att kunna konstatera att kovallen verkligen funnits närvarande innan branden och sedan studera artens återkolonisering. Denna metod blir dock svårare att tillämpa vid studier av törskateförekomsten på ungskog med tanke på långa omloppstider. Inför denna frågeställning skulle man istället behövt hitta delvis brända bestånd, även på mer näringsrika marker. En svaghet i studien har varit svårigheten att finna delvis brända bestånd, vilket i sin tur medfört att resultaten kan påverkas av många andra faktorer än enbart huruvida bränning skett eller inte. Att finna så lika objekt som möjligt syftar till att eliminera en del av alla de faktorer som kan påverka det element man vill undersöka. Även inom bestånd finns naturligtvis en viss variation, men hade jag funnit delvis brända bestånd hade mina resultat sannolikt haft en större styrka.

Resultatet i den aktuella studien visade att de träd som är angripna av törskate är signifikant högre än de oskadade träden. Dessa resultat stämmer väl överens med publicerade resultat. Kaitera (2002) påvisar att träd med lesioner på grenar är både signifikant högre och grövre än friska träd. Detta skulle kunna bero på att svampen föredrar större och vitalare träd. En annan förklaring kan vara att de större träden har en större barmassa och därmed också en större angreppsytta för svampen. Mina resultat bygger dock på inventeringar av bestånd med mycket varierande åldrar och därmed också höjd. Eftersom svampen kan ligga latent i tallen i många år efter att infektionen skett

kommer de äldre och därmed också högre träden med större sannolikhet uppvisa symptom. För att kunna dra en säker slutsats i huruvida högre träd smittas i större utsträckning än lägre träd bör man jämföra andelen skadade träd med andelen oskadade träd i jämnåriga bestånd.

Svårigheten att skilja de två törskateformerna åt gör att jag inte kan vara säker på vilken av formerna jag påträffat. Eftersom DNA-prov från området analyserats och konstaterats främst vara *C. flaccidum* är det sannolikt att det företrädesvis är denna form jag observerade i fält. Vid inventeringarna hade kovallernas blommor vissnat vilket gjorde att en enkel åtskillnad mellan *M. pratense* och *M. sylvaticum* inte var möjlig att göra och därför blev inte heller kovallen artbestämd i fält.

Lokal 1 var det enda område där teleutosporer påträffades på kovallen. En fördjupad analys av lokal 1 visade att det fanns signifikant mer kovall med teleutosporer på den obrända marken än på den brända marken. Detta skulle eventuellt kunna tala för att bränning har någon slags sanerande effekt. Dock konstaterades inga signifikanta skillnader i törskateförekomst på tallarna mellan de brända och de obrända ytorna, vilket talar emot att bränningen skulle inverka. Det kan dock vara så att minskningen av brand i skogen på landskapsnivå har haft betydelse för törskateförekomsten. Brand kan möjligtvis sanera enskilda bestånds markvegetation, men eftersom svampens sporer kan blåsa in och infektera tallarna kommer brand inte ha några övergripande effekter på törskateförekomsten så länge inte brand blir mer vanligt förekommande på landskapsnivå. Mina resultat avseende teleutosporer bör dock tolkas med stor försiktighet då de härrör från ett litet sampel.

Jag valde att använda en metod som var snarlik den som användes vid den riktade skadeinventeringen som genomfördes av SLU 2008. Detta för att underlätta jämförelser mellan de två studierna. Den riktade skadeinventeringen innefattade ett stort antal bestånd, 255 stycken (Wulff & Hansson 2009). Ju större sampel man tar vid objektiva inventeringar, ju större noggrannhet uppnår man. I den riktade skadeinventeringen som genomfördes 2008 inventerades, liksom i min fältstudie, åtta systematiskt utlagda provytor/bestånd. Då deras inventering totalt innefattade 255 bestånd, medan min fältstudie enbart innefattade 18, hade jag kunnat överväga att utöka antalet provytor/bestånd. Den totala inventerade arean/bestånd uppgick till 307,7 m², eller 0,03 ha oavsett storleken på bestånden. Dessutom lades provytorna ut i en kvadratisk trakt med 50 meters sidor, vilket innebar att provytorna placerades i en mycket begränsad del av bestånden. Om bestånden är mycket ojämna kan det begränsade antalet provytor samt den begränsade rumsliga utbredningen av dessa eventuellt medföra ett missvisande resultat.

Törskate är ingen ny patogen i Sverige, t.ex. så skrev Lagerberg redan 1912 om den Norrländska tallens sjukdomar, däribland törskate (Lagerberg 1912). Det som dock är nytt är att svampen angriper ungskog i stor omfattning och att angreppen lokalt är väldigt allvarliga (Krekula 2005, Barklund 2006). I och med angreppen, som främst är lokaliserade i norra Sverige och också i norra Finland, uppstår många nya frågor om

patogenen. Varför är angreppen av svampen plötsligt så allvarliga? Varför är angreppen lokaliserade i de norra delarna av länderna? Kan vi göra något för att hindra spridningen?

Inom skogspatologin brukar man tala om en treenighet – en skadetriangel; svampen, värden och miljön. Dessa tre faktorer styr sjukdomsförloppet och någon eller några av dessa faktorer bör således kunna förklara de allvarliga angrepp som härjar i norra Sverige. I en studie utförd av Ranta & Saloniemi (2005) kan man finna exempel på hur patogenen, värden och miljön samspelar och hur sjukdomsförloppet varierar beroende på detta samspel. Resultaten visar att infektionsgraden av snöskytte, *Phacidium infestans*, är positivt korrelerad med ökande densitet i tallbestånden. Abundansen hos *P. infestans* är dock inte korrelerad med mikrohabitatet, vilket är den faktor som är bäst korrelerad med skadorna orsakade av *Gremmeniella abietina*. Barrparasiten tallens gråbarrsjuka, *Lophodermium sulcigena*, orsakar betydligt mer skador på unga träd som tillhör en högre höjdklass, än på träd i lägre höjdklasser.

Förklaringen till epidemin orsakad av *C. flaccidum* har inte ännu hittats, varför man ännu endast kan spekulera i varför angreppen är så kraftiga här och nu. Svampen kan möjligen ha muterat och fått en större patogenicitet. Andra förklaringar skulle kunna vara att värden på något sätt blivit mer mottaglig för svampen. Vikten av ståndortsanpassning nämns ofta när det handlar om att planera för en förnygring som både ska producera virkesvärden och andra värden samtidigt som skogen ska förbli livskraftig och frisk. En eventuell förklaring till angreppen skulle kunna vara att tall planterats på felaktiga marker. Studier har visat att risken för angrepp av *G. abietina* är hög då tall och contortatall planteras på marker som ursprungligen varit bevuxen med gran (Witzell & Karlman 2000). Mina resultat visade att det fanns ett signifikant samband mellan andelen skadade träd och kovallförekomst. Detta resultat stämmer väl överens med andra studier, t.ex. Wulff & Hansson (2009) som konstaterar ett positivt samband mellan antalet angripna unga träd och förekomst av skogskovall. Den riktade skadeinventeringen som genomfördes 2008 visar också att angreppen av törskaterost är vanligare på bördig mark än på mer näringsfattig mark. De mer bördiga markerna kan vara lämpliga för arter som är resistent mot törskaterost, såsom gran och lärk.

En annan förklaring till de allvarliga törskateangreppen, skulle kunna vara att fel provenienser av tall använts och att detta leder till en nedsatt vitalitet hos träden och en försämrad motståndskraft mot svampen. I Skogseko framhålls att tallfrö som förflyttas norrut har en sämre motståndskraft (Anon. 2004). Resultat presenterade av Kaitera & Nuorteva (2008) talar delvis emot denna teori. Deras resultat visar att inga skillnader i sjukdomsgrad finns mellan olika provenienser av tall, vare sig för *P. pini* eller för *C. flaccidum*. I samma studie testades också sporkällor från olika delar av Finland, inga signifikanta skillnader i virulensen hos den värdväxlande svampens sporkällor observerades. Dessa resultat talar emot teorin om att svampen muterat och utvecklats till en mer aggressiv form lokalt. En annan tänkbar förklaring till de kraftiga angreppen skulle kunna vara en ökad mottaglighet hos den alternativa värden, kovallen. Inom detta område har jag i min litteratursökning inte funnit några studier.

Förändringar i miljön skulle också kunna vara förklarande faktorer till de kraftiga angreppen i norra Sverige. Dessa förändringar skulle t.ex. kunna vara till följd av ett förändrat klimat. Kanske har vi i den norra delen av landet haft särskilt gynnsamt väder för spridningen av svampens sporer under de senare åren. En annan förklaring skulle kunna vara att den alternativa värden, *Melampyrum* spp., ökat sin utbredning i norra Sverige. Detta kan i sin tur bero på t.ex. förändringar i väder och markkemiska förändringar. Kovaller anses föredra sura jordar och om försurning av marken skett i Norrbotten kan detta ha gynnat arten.

De kraftiga angrepp som förekommer lokalt på ungskog av tall i norra Sverige har uppmärksamrats under början av 2000-talet. För att nå en förståelse för vad som orsakat dessa kraftiga angrepp, för att eventuellt kunna begränsa svampens vidare spridning och för att ha en möjlighet att förhindra framtida angrepp krävs forskning. I dag är kunskaperna kring svampen, kovallen och deras interaktioner sinsemellan, samt interaktionerna med den skogsskötsel vi bedriver, mycket begränsade.

Tillkännagivande

Jag vill tacka mina handledare Andreas Bernhold och Per Hansson på Institutionen för skogens ekologi och skötsel vid SLU, för all hjälp jag fått under examensarbetets gång. Jag vill också tacka min externa handledare på Skogsstyrelsens Skog Nord-enhet, skogsskötselspecialist Heine Krekula, för alla snabba svar jag fått. Heines lokalkännedom och goda minne har också varit till stor hjälp när jag behövde hitta objekt till fältstudien. Även Sven Kangas på Pajala Allmänning, Arto Hiltunen och även övrig personal på Sveaskogs kontor i Tarendö har hjälpt mig i mitt sökande av lämpliga objekt. Jag vill också tacka alla andra som tipsat mig om var jag kan hitta bra brända objekt, pappa, Sveaskog i Gällivare, SCA, övrig personal på Skogsstyrelsen i Pajala och även okända kaffedrickare i Skogsstyrelsens fikarum.

Referenslista

Anon. (2003) Hyggesbränning. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://www.skogsstyrelsen.se/minskog/templates/grundbok.asp?id=2491> [2010-01-14].

Anon. (2006) Hyggesbränning. Skogforsk. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Foryngra/11632/11633/> [2010-01-14].

Anon. (2007a) Bättre fröer kan stoppa törskatedöden, *Skogseko* 3/2007. Hemsida.

[online] Tillgänglig:

<http://www.svo.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=36570> [2009-02-02].

Anon. (2007b) Ecological zones. Food and agriculture organization of the united nations.

Hemsida. [online]. Tillgänglig:<http://www.fao.org/forestry/country/19971/en/swe/> [2009-11-25].

Anon. (2008) Statistik över utförda åtgärder, Pajala kommun. Skogsstyrelsen. Hemsida.

[online].

Tillgänglig:http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/dokument/bd/Fakta_statistik/Utfört_80-08/UtförtBD80-08%20Pajala.pdf [2010-01-18].

Anon. (2009a) Nationalencyklopedin. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://www.ne.se/halvparasit> [2009-11-02].

Anon. (2009b) Norrbottens klimat. SMHI. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/norrbottens-klimat-1.5008> [2010-02-01]

Anon. (2009c) Normal årsmedeltemperatur. SMHI. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.3973> [2010-02-01].

Anon. (2009d) Vegetationsperiodens längd. SMHI. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/vegetationsperiodens-langd-1.4076> [2010-02-01].

Anderberg, A. (2000a) *Melampyrum* L. Kovaller. Den virtuella floran. Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://linnaeus.nrm.se/flora/di/scrophularia/melam/welcome.html> [2009-11-02].

Anderberg, A. (2000b) Skogskovall *Melampyrum sylvaticum* L. Den virtuella floran.

Hemsida. [online].

Tillgänglig:<http://linnaeus.nrm.se/flora/di/scrophularia/melam/melasyll.html> [2009-11-02].

Archibold, O. W. (1979) Buried viable propagules as a factor in postfire regeneration in northern Saskatchewan. *Canadian Journal of Botany* 57, 54–58.

Aronsson, A., Barklund, P., Ehnström, B., Karlman, M., Lavsund, S., Lesin´ski A., J., Nihlgård, B. & Westman, L. (1995) *Skador på barrträd*. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag. ISBN: 91-88462-22-6.

Axelsson, A.-L. (2001) *Forest landscape change in boreal Sweden 1850-2000 – a multi-scale approach*. Doktorsavhandling, Silvestria 183, Sveriges Lantbruksuniversitet Umeå.

Barklund, P. (2006) Törskateangreppen fortsätter – över tiotusen hektar drabbade. *SkogsEko* 3/2006.

Brais, S., Par´e, D. & Ouimet, R. (2000) Impacts of wild fire severity and salvage harvesting on the nutrient balance of jack pine and black spruce boreal stands. *Forest Ecology & Management* 137, 231–243.

Dalrymple, S. E. (2007) Biological flora of the British Isles: *Melampyrum sylvaticum* L. *Journal of Ecology* 95, 583-597.

DeLuca, T. H., Nilsson, M.-C. & Zackrisson, O. (2002) Nitrogen mineralization and phenol accumulation along a fire chronosequence in northern Sweden. *Oecologia* 133, 206–214.

Eidmann, H. & Klingström, A. (1976) *Skadegörare i skogen – Svampar, insekter och ryggradsdjur*. LT-Förlag.

Ericsson, S. (2004) *Arthandbok Fältskiktarter för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige*. Arbetsrapport 137 2004. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. ISSN 1401-1204.

Fries, C. & Krekula, H. (2006) Skogens vidare värden. Dokumentation från Skogsstyrelsens regionala skogskonferens 7-8 nov 2006 i Skellefteå. Hemsida. [online]. Tillgänglig: http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/aktuellt/Konferenser/Skogens%20vidare%20v%C3%A4rden_region%20Nord/Avverkning_skogsv%C3%A5rd_och_Levande_Skogar_C_Fries_H_%20Krekula.pdf [2010-01-18].

Heinken, T. (2004) Migration of an annual myrmecochore: a four year experiment with *Melampyrum pratense* L. *Plant Ecology* 170, 55–72.

Hart A., S. & Chen Y. H., H. (2006) Understory vegetation dynamics of North American Boreal Forests. *Plant sciences* 25, 381-397.

Hansson, P. (2009) Forskare, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Slutrapport gällande DNA-identifiering av törskateprover insamlade 2008, personligt meddelande 2009-09-01.

- Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J. & Moricca, S. (2002) Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycological Research* 106 (2), 203-209.
- Hellberg, E. & Granström, A. (1999) *Skogsbrand och miljö - organisation och tillämpningar för framtida arbete inom räddningstjänsten*. Räddningsverkets rapportserie. ISBN: 9 1-7253-008-1.
- Hiratsuka, Y. (1981) Host relationship, life cycle, and species concept of *Cronartium* and *Endocronartium*. *Lev. Proc. XVII IUFRO World Congress*. p. 247-257.
- Hultén, E. (1950) *Atlas över växternas utbredning i Norden*. Generalstabens litografiska anstalts förlag. Stockholm.
- Hylander, N., Jørstad, I. & Nannfeldt, J.A. (1953) Enumeratio Uredinearum Scandinavicarum. *Opera Bot* 1, 13–14.
- Kaitera, J. (1999) *Cronartium flaccidum* fruitbody production on *Melampyrum* spp. and some important alternate hosts to pine. *European Journal of Forest Pathology* 29, 391–398.
- Kaitera, J. (2000) Analysis of *Cronartium flaccidum* lesion development on pole-stage Scots pines. *Silva Fennica* 34(1), 21-27.
- Kaitera, J. (2002) Short-term effect of thinning on *Pinus sylvestris* damage and sporulation caused by *Cronartium flaccidum*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17, 158-165.
- Kaitera, J. (2003) Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *Forest Pathology* 33, 353-362.
- Kaitera, J., & Hantula, J. (1998) *Melampyrum sylvaticum*, a New Alternate Host for Pine Stem Rust *Cronartium flaccidum*. *Mycologia* 90(6), 1028-1030.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2003a) Relative Susceptibility of Four *Melampyrum* Species to *Cronartium flaccidum*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18(6), 499-504.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2003b) *Cronartium flaccidum* produces uredinia and telia on *Melampyrum nemorosum* and on Finnish *Vincetoxicum hirundinaria*. *Forest Pathology* 33, 205-213.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2008) Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *Forest Ecology and Management* 255, 973-981.

- Kaitera, J.; Aalto, T. & Jalkanen, R. (1994) Effect of resin-top disease caused by *Peridermium pini* on the volume and value of *Pinus sylvestris* saw timber and pulpwood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9(1-4), 376–381.
- Kaitera, J., Nuorteva, H. & Hantula, J. (2005) Distribution and frequency of *Cronartium flaccidum* on *Melampyrum* spp. in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 35, 229–234.
- Kaitera, J., Nuorteva, H. & Hantula, J. (2006) *Melampyrum* as alternate host for *Cronartium flaccidum* in Finland. *Skog og landskap*. Hemsida. [online].
Tillgänglig:<http://www.skogoglandskap.no/filearchive/juhaa-2006-1.pdf> [2009-11-17].
- Kaitera, J., Seitämäki, L., Hantula, J., Jalkanen, R. & Kurkela, T. (1999) Inoculation of known and potential alternate hosts with *Peridermium pini* and *Cronartium flaccidum* aeciospores. *Mycological Research* 103(2), 235-241.
- Kasanen, R. (2001) Relationship between *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini*. Academic dissertation. Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki.
- Klebahn, H. (1918) *Peridermium pini* (Willd.) Kleb. und seine Übertragung von Kiefer zu Kiefer. *Flora* 11, 194-207.
- Klebahn, H. (1924) Kulturversuche mit Rostpilzen XVII. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Gallenkunde* XXXIV, 289-303.
- Klebahn, H. (1938) Offene fragen und neue beobachtungen über die rindebewohnenden Blasenroste der Kiefern nebst Bemerkungen über einige andere Rostpilze IX. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 48, 369-410.
- Krekula, H. (2005) Törskate (*Cronartium flaccidum* och *Peridermium pini*). Skogsvårstyrelsen Norrbotten. Hemsida. [online].
Tillgänglig:http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Fakta_om_skog/Skogens_halsa/Torskate_BD_051010.pdf [2009-11-24].
- Krekula, H. (2010) Skogsskötselspecialist, Skog Nord-enheten Skogstyrelsen, personligt meddelande 2010-01-18.
- Lagerberg, T. (1912) *Studier öfver den norrländska tallens sjukdomar, särskildt med hänsyn till dess föryngringar*. Utdrag ur ”Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt”, häfte 9, sidan 135 – 170.
- Linder, P., Elfving, B. & Zachrisson, O. (1997) Stand structure and successional trends in virgin boreal forest reserves in Sweden. *Forest Ecology and Management* 98, 17-33.
- Liro, J. I. (1908) Uredinae Fennicae. Bidr Känned *Finlands Natur och Folk* 65, 447–449.

- Manion, P.D. (2005) *Tree Disease Concept*. Second edition. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey.
- Marozas, V., Racinskas, J. & Bartkevicius, E. (2007) Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management* 250, 47-55.
- Martin, J. L. (1955) Observations on the origin and early development of a plant community following a forest fire. *Forestry Chronicle* 31, 154–161.
- Mossberg, B. & Stenberg, L. (2003) *Den nya nordiska floran*. 2 uppl. Stockholm: Wahlström & Widstrand. ISBN: 91-46-21319-8.
- Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano, L.F. & Ffolliott, P.F. (1999) Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122, 51–71.
- Niklasson, M. & Drakenberg, B. (2001) A 600-year tree-ring fire history from Kivill National Park, southern Sweden - implications for conservation strategies in the hemiboreal. *Biological Conservation* 101, 63-71.
- Niklasson, M. & Granström, A. (2000) Numbers and Sizes of Fires: Long-Term Spatially Explicit Fire History in a Swedish Boreal Landscape. *Ecology* 81(6), 1484-1499.
- Niklasson, M. & Granström, A. (2004) Fire in Sweden – History, Research, Prescribed Burning and Forest Certification. International Forest Fire News (IFFN) No. 30 (January – June 2004, 80-83).
- Nilsson, M. (2005) Naturvårdsbränning. Vägledning för brand och naturvårdsbränning i skyddad skog. Rapport 5438. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Nilsson, L. & Åhman, G. (1991) Kompendium i växtpatologi - Sjukdomar hos trädgårdsväxterna. SLU, Institutionen för växt- och skogsskydd; SLU Info/Växter. Hemsida. [online]. Tillgänglig:http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/utan_serietitel_slu/UST91-1/UST91-1A.HTM [2009-11-24].
- Nilsson, M-C., Zackrisson, O., Sterner, O. & Wallstedt, A. (2000) Characterization of the differential effects of two boreal dwarf shrub species. *Oecologia* 123, 122–128
- Olembó, T.W. (1971) A study on the mode of infection of *Pinus sylvestris* L. by *Peridermium pini* Pers. Lev. *Forestry* 44, 67-79.
- Ranta, H. & Saloniemi, I. (2005) Distribution of fungal foliage and shoot pathogens in a natural Scots pine population in relation to environmental variables. *Canadian Journal of Forest Research* 35, 503–510.

Rennerfelt, E. (1947) *Om förekomsten av blåroststadiet i Peridermium-angripna tallbestånd*. Meddelande från statens forskningsinstitut – serien uppsatser nr 6, 191-215.

Salisbury, E.J. (1942) *The reproductive capacity of plants*. Bell, London.

Schimmel, J. & Granström, A. (1996) Fire severity and vegetation response in the boreal swedish forest. *Ecology* 77(5), 1436-1450.

Simard, D. G., Fyles, J. W., Paré, D., and Nguyen, T. (2001) Impact of clearcut harvesting and wildfire on soil nutrient status in the Quebec boreal forest. *Canadian Journal of Soil Science* 81: 229–237.

Thompson, K., Bakker, J.P. & Bekker, R.M. (1997) *The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity*. Cambridge University Press, Cambridge.

Tishkov A., A. (2004) Forest fire and dynamics of forest cover. Natural disasters. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).

Townsend R., C., Harper L., J. & Begon, M. (2000) *Essentials of ecology*. USA: Blackwell science, Inc. ISBN:0-632-04348-2.

Van der Kamp, B. J. (1968) *Peridermium pini* (Pers.) Lev. and the Resin-top Disease of Scots Pine. *Forestry* 41(2), 189-198.

Wardle, D. A., Zackrisson, O. & Nilsson M.-C., (1998) The charcoal effect in boreal forests: mechanisms and ecological consequences. *Oecologia* 115, 419–426.

Weslien, J. & Wennström, U. (1997) Bränning och föryngring – praktiska råd och problem. Skogforsk Resultat 16 1997. Hemsida. [online].
Tillgänglig:<http://www.skogforsk.se/sys/2298/2833/2946/2957/> [2010-01-14].

Weslien, J. & von Essen, M. (2001) Sådd bäst efter hyggesbränning. Pressmeddelande från Skogforsk. Hemsida. [online].
Tillgänglig:<http://www.skogforsk.se/sv/Pressrum/Pressmeddelanden-2004/23708/> [2010-01-14].

Westerberg, D. (1997) Bränning – metoder och kostnader 1996/97. SkogForsk Resultat nr 19 1997. Hemsida. [online].
Tillgänglig:<http://www.skogforsk.se/upload/Dokument/Resultat/1997-19.pdf> [2010-01-18].

Whittle, C. A., Duchesne, L. C. & Needham, T. (1997) The importance of buried seeds and vegetative propagation in the development of postfire plant communities. *Environmental Reviews*. 5, 79–87.

- Wikars, L.-O. (2004) Brandberoende insekter: respons på tio års naturvårdsbränningar. *Fauna och Flora* 99, 28-34.
- Wikars, L.-O., & Niklasson, M. (2006) Behovet av brand i skogen.
- Winkler, E. & Heinken, T. (2007) Spread of an ant-dispersed annual herb: An individual-based simulation study on population development of *Melampyrum pratense* L. *Ecological modelling* 203, 424–438.
- Witzell, J. & Karlman, M. (2000) Importance of Site Type and Tree Species on Disease Incidence of *Gremmeniella abietina* in Areas with a Harsh Climate in Northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15(2), 202-209.
- Wulff, S. & Hansson, P. (2008) Svampepidemi härjar i ungskogar över hela Norra Norrland. Hemsida. [online]
Tillgänglig:http://www2.slu.se/foma/dokument09/skogsskador_081001.pdf [2009-11-24].
- Wulff, S. & Hansson, P. (2009) Riktad skogsskadeinventering av törskaterost 2008. Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Wulff, S., Hansson, P. & Krekula, H. (2007) Törskateangreppen i Norrbotten större och mer spridda än väntat. Sveriges lantbruksuniversitet. Hemsida. [online] (2007-08-31).
Tillgänglig:http://www.slu.se/?ID=557&Nyheter_id=7148 [2009-11-24].
- Zackrisson, O. (1977) Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest. *Oikos* 29(1), 22-32
- Zackrisson, O., Nilsson, M.-C. & Wardle, D. A. (1996) Key ecological function of charcoal from wildfire in the boreal forest. *Oikos* 77, 10-19.
- Östlund, L. & Linderson, H. (1995) A dendroecological study of the exploitation and transformation of a boreal forest stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10, 56-64.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2009:11 Författare: Carolina Sundin
Sådd av tallfrön med vattenryggsäck: En laboratoriestudie
- 2009:12 Författare: Johan Dammström
Rottillväxt och rotmorfologi hos groddplantor av tall och gran efter sådd i humus och mineraljord
- 2009:13 Författare: Niklas Karlsson
Älgbete och skogsskador på beståndsnivå
- 2009:14 Författare: Lars Karlsson
Site preparation, planting position and planting stock effects on long-term survival, growth and stem form properties of *Pinus contorta* on southern Iceland
- 2009:15 Författare: Jennie Sverker
A comparison of protein complexation capacity among six boreal species and the consequences for nitrogen mineralization
- 2009:16 Författare: Ida Nilsson
Markberedningsresultat och plantbildning med såddaggregaten Humax 2-4 och KSM-såddskopa
- 2009:17 Författare: Maja Löfstrand
Är förekomst av knäckesjuka i tallföryngringar mindre på stora naturvårdsaspar än på tallsly?
- 2009:18 Författare: Rose-Marie Kronberg
Importance of mire plant community composition when estimating ecosystem level methane emission
- 2009:19 Författare: Anna Byström
Skogsbrukets påverkan på fasta fornlämningar – en analys av skador på fasta fornlämningar i Västernorrlands län där avverkning och markberedning utförts
- 2009:20 Författare: Stefan Ivarsson
Skogstillstånd och skogshistoria i Tyresta nationalpark – en jämförelse mellan nu och då, Haninge och Tyresö
- 2009:21 Författare: Aida Bargaés Tobella
Water infiltration in the Nyando River basin, Kenya
- 2009:22 Författare: Nils-Olov Eklund
Moose distribution and browsing close to a feeding station

- 2010:01 Författare: Aron Sandling
Distribution and nitrogen fixation of terricolous lichens in a boreal forest fire chronosequence
- 2010:02 Författare: Elin Olofsson
Variation in protein precipitation and phenolic content within and among species across an elevational gradient in subarctic Sweden
- 2010:03 Författare: Erik Holm
The effects on DOC export to boreal streams, caused by forestry
- 2010:04 Författare: Tommy Johansson
Illegal logging in Northwest Russia – Export taxes as a means to prevent illegal operations

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se