



Kan risken för spontan contortaföryngring elimineras genom hyggesbränning?

Can the risk of spontaneous lodgepole pine regeneration be eliminated by prescribed fire after clear-felling?



Foto: Maria Johansson

Frida Carlstedt



Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2009:2

Kan risken för spontan contortaföryngring elimineras genom hyggesbränning?

*Can the risk of spontaneous lodgepole pine regeneration be eliminated
by prescribed fire after clear-felling?*

Frida Carlstedt

Nyckelord:

Contortatall, Pinus contorta, hyggesbränning, frö, eld, frömortalitet, kotte

ISSN 1654-1898

Umeå 2009

Sveriges Lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Skogligt magisterprogram/Jägmästarprogrammet
Examensarbete i biologi, EX0477, 30 hp, avancerad D

Handledare: Anders Granström, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel
Examinator: Anders Jäderlund, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

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.

Förord

Studien genomfördes som ett examensarbete på 30 högskolepoäng på D-nivå i uppdrag av Intuitionen för skogens ekologi och skötsel vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå.

Först vill jag tacka min handledare Anders Granström för ett enormt stöd och hjälp i detta arbete samt ett tack till Maria Johansson för hjälp vid bränningen och fotografierna. Ett stort tack till de studenter som gick kursen Fire Management I tillsammans med mig och som hjälpte till med att placera ut grenar från contortatallar på hygget som skulle användas till detta arbete.

Jag vill också tacka min kurskamrat Maja Löfstrand som hållit mig sällskap i skrivsalen och rådgjort vid skriftliga problem.

Bilderna i arbetet är tagna av författaren om inte annat har angivits.

Umeå, februari 2009
Frida Carlstedt

Abstract

Sweden has almost 600 000 hectares planted with lodgepole pine, and large areas are soon ready to be clear-felled. The provenances that have been planted are producing high level of permanently closed, so called serotinous, cones. In their natural setting, the Canadian boreal forest, these cones are opened mainly after crown fires when the heat make the resin between the cone scales melt, which releases the seeds. This is viewed as an adaption to the fire regimes that prevail over the natural distribution area of lodgepole pine. Because of the short flame-exposure that occurs in a crown fire, the seeds can survive.

Seeds in serotinous cones keep their viability for several years and that results in the build-up of a large seed bank in the tree crowns. After clear felling, the slash and cones will be deposited on the forest floor. Experiences from Canada show that the heat from the sun on a clear-felled area is enough for the serotinous cones to be gradually opened over time. Therefore, we expect a large amount of lodgepole pine regeneration in the Swedish forest after clear-felling. There are situations when this is unwanted: when the provenance is inappropriate; when a change of tree species is wanted, when the stand is in or close to a natural reserve. Here I investigate whether prescribe fire after clear-felling can eliminate the risk of unwanted spontaneous regeneration of lodgepole pine. My hypothesis is that a fire on a clear-felled area gives long enough flame exposure to kill all seeds in the serotinous cones of lodgepole pine, in contrary to situations during crown fire.

A clear-felled area with slash from *Pinus sylvestris* was used as a substitute for clear-felled lodgepole pine. Branches from lodgepole pine with cones were placed on and between slash heaps of different sizes, and the area was burned. Further, in a controlled experiment, cones were exposed to fire under different time periods. In some cases the temperature was measured inside the cones during flame exposure.

The bigger heaps of slash burned longer (12 minutes) than the smaller ones (9 minutes) and the mosslayer without slash burned for only 50 seconds. Burning the clear-felled area resulted in almost total seed mortality for the serotinous cones (3 of 3154 seeds germinated; all from one cone). For the non-burned cones 44 % of the filled seeds germinated. There was almost no difference in seed viability between the age classes (up to 7 years) for the serotinous cones.

The seeds inside cones in the controlled experiment died when cones were exposed to flames for 60 seconds or longer. With 60 seconds of flame exposure to the cones, seeds inside the cones were exposed to temperatures over 50°C for 6 minutes and peak temperature around 100°C. That is likely to be the threshold for survival of seeds in serotinous cones.

The results show that if a clear-felled area is burned, virtually all seeds in the serotinous cones will be killed, and prescribed burning is therefore a safe method to eliminate the risk of spontaneous regeneration after cutting a stand of lodgepole pine.

Sammanfattning

Sverige har nästan 600 000 hektar med contortatall och dessa börjar snart bli avverkningsmogna. De contortaprovenienser som har planterats producerar i hög grad permanent slutna, så kallade serotina, kottar. Dessa öppnas främst efter en kronbrand när värmen gör att kådan mellan kottefjällen smälter och fröna frigörs. Det ses som en anpassning till den brandregim som råder i contortatallens naturliga utbredningsområde. Vid en kronbrand exponeras kottarna i eldflammorna så kort tid att fröna inte tar skada.

De serotina kottarnas frön behåller sin vitalitet i flera år och det byggs därför upp stora lager av frön i contortatallens kronor. Vid avverkning hamnar kottarna på marken och erfarenheter från Canada visar att solvärmningen nära marken på hyggen räcker för att öppna kottarna. Därför kommer troligtvis mängder av frön att spridas efter kalavverkning av contortabestånd även i Sverige. Det kan finnas flera situationer när man vill undvika självföryngring av contorta: proveniensen är olämplig; man vill byta trädslag; beståndet ligger i eller nära ett reservat. I denna studie undersöktes om hyggesbränning kan eliminera risken för oönskad spontan föryngring av contortatall. Min hypotes är att hyggesbränning ger tillräckligt lång flamexponering för att kunna döda fröna i de serotina kottarna, i motsats till situationen vid en kronbrand.

En avverkningsyta med hyggesrester av tall fick utgöra substitut för ett avverkat contortabestånd. Grenar av contortatall med kottar på placerades ut på olika stora högar, varefter hygget brändes. Vidare gjordes ett experiment där kottar exponerades för eld under olika lång tid. I några fall mättes även temperaturen inne i kottar under flamexponering, med hjälp av termoelement.

De olika stora högarna med hyggesrester skildes åt i bränningstid med att de större brann längre (9-12 minuter) och mosskiktet utan hyggesrester brann kortast tid (50 sekunder). Hyggesbränningen resulterade i närapå fullständig mortalitet för contortatallens frön (3 av 3154 grodde; alla från en kotte). För obehandlade kottar grodde 44 procent av de fyllda fröna. Det var ingen markant skillnad på gröningsprocenten mellan olika åldrar på kottarna (upp till sju år). Det fanns dock en svag tendens till lägre vitalitet hos de äldre kottarna.

I det kontrollerade försöket dog fröna efter att kottarna exponerats över 60 sekunder i eldflammar. Vid så lång exponering utsattes fröna i kottarnas centrum för temperaturer över 50°C under omkring sex minuter och den högsta uppnådda temperaturen var strax under 100°C, vilket kan antas vara tröskelvärdet för när frön i contortakottar dör.

Resultaten av studien visade att en hyggesbränning ger tillräckligt lång exponeringstid för att fröna i kottarna ska dödas och hyggesbränning kan därför vara en säker metod om man vill eliminera risken för spontan självföryngring av contortatall, efter att bestånden avverkats.

Inledning

Contortatallen introducerades för första gången till Sverige under 1920-talet (Håkansson, 2000). Det var framför allt varieteten *Pinus contorta* var. *latifolia* som planterades i experimentell skala på ett antal platser i landet (Andersson m fl. 1999, Engelmark m fl. 2001). Därefter planterades det sparsamt med contortatall. Under 1970-talet kom rädslan för att en virkessvacka skulle inträffa kring år 2000, som ett resultat av stora virkesuttag (Andersson m fl. 1999). *Pinus contorta* var. *latifolia* planterades i mängder eftersom den ansågs kunna kompensera för den spådda virkessvackan (Andersson m fl. 1999). Contortatallen har i jämförelse med den inhemska tallen (*P. sylvestris*) en högre tillväxt och ger därför möjlighet till en kortare omloppstid (Andersson m fl. 1999). I mitten av 1980-talet satte skogsstyrelsen upp maximum-gränser för hur mycket som fick planteras årligen samt var den fick planteras. Dessa siffror har varierat och ligger för närvarande på 14 000 hektar per år. Vidare får contortatall endast planteras norr om 60° breddgraden (Elfving m fl. 2001). Under 1980-talet kulminerade planteringen av contortatall (Andersson m fl. 1999), och år 2001 täckte den omkring 565 000 hektar skogsmark i Sverige (Engelmark m fl. 2001).

Contortatallen har sitt naturliga utbredningsområde från New Mexico, USA till Yukonterritoiet, Kanada (Despain 2001). Den är skuggkänslig och beroende av störningar som minskar konkurrensen från omkringväxande vegetation. Den vanligaste störningen i contortatallens naturliga utbredningsområde är elden och arten har anpassats till att kunna förnyra sig effektivt efter brand. Bland annat producerar den permanent slutna, så kallade serotina, kottar (Lotan & Perry 1983; Despain 2001). Dessa förblir stängda när de mognat och kräver höga temperaturer för att öppna sig innan de kan sprida sina frön. Kottarna kan förbli stängda under många år (Kamra 1982) och frönas vitalitet består (Lotan & Perry 1983).

Vid fem till tio års ålder börjar contortatallen att producera livskraftiga frön (Despain 2001). Den kan producera serotina, icke-serotina samt både serotina och icke-serotina kottar (Perry & Lotan 1977). De serotina kottarna förblir stängda på grund av att kåda binder kottefjällen med varandra (Johnson & Gutsell 1993). När kottarna utsätts för tillräckligt med värme under en kortare period försvagas kådan och brister. När detta sker skjuts kottefjällen reflexmässigt ut från kottens axel och fröna kan spridas. Kottefjällen skjuter från axeln eftersom cellerna i fjällen torkar och krymper när kådan försvagas och brister. En studie av Knapp och Anderson (1980) visade att temperaturen som krävs för att öppna de serotina kottarna inte är tillräckligt hög för att döda contortatallens frön. Kottarna behöver ungefär 40 till 60°C för att öppna sig, högre temperaturer ger en markant vitalitetsminskning (Lotan 1973; Perry & Lotan 1977).

Enligt Lindgren m fl. (1993) är det främst avkommor från contortatallar belägna på höga latituder i västra Kanada som är planterade i de svenska skogarna, då de är mest lämpade för det skandinaviska klimatet. Contortatallarna som växer på höga latituder producerar generellt ett högandel serotina kottar.

I FN:s Rio konvention 1992 kom länderna överens om att säkra den inhemska biologiska mångfalden i varje land (Risinger 2006). Det har den svenska skogsstyrelsen implementerat genom att sätta upp föreskrifter under skogsvårdslagen beträffande exotiska trädslag (Andersson m fl. 1999). I contortatallens fall gäller bland annat att planteringen måste ske längre bort än en kilometer från nationalparker och naturreservat (Andersson m fl. 1999; Elfving m fl. 2006).

Kanadensiska undersökningar visar att kottar som hamnar på marken utsätts för tillräckligt med värme för att de successivt ska öppna sig och släppa sina frön (Lotan 1964). När svenska bestånd av contortatall avverkas i framtiden kommer med stor sannolikhet de stora förråden av serotina kottar att öppnas och ge upphov till förnygring, vilket inte alltid kommer att vara önskvärt.

Det kommer att finnas flera orsaker till att vilja få bort contortatallen från en viss lokal. Ett exempel är när marken är olämplig, och man vill göra ett trädslagsbyte. Ett annat är när beståndet är sjukdomsdrabbat. Ett tredje kan vara att ett naturreservat/nationalpark etablerats i närheten. Risken med att inte försöka eliminera contortatallen från den plats som den växt på, vid ett trädslagsbyte, är att den infiltreras mer och mer i den svenska skogen och det kommer troligtvis bli svårare ju längre tiden går att få bort den.

Målsättningen med examensarbetet är att ta reda på om det går att eliminera självföryngringen efter avverkning av contortatall med hjälp av bränning. Det saknas studier som visar om contortatallens frön i serotina kottar klarar en brand när de ligger i hyggesrester efter en avverkning. Grundläggande frågor är hur lång exponeringstid för eld som contortatallens frön i de serotina kottarna kan överleva och om denna överskrids vid hyggesbränning för kottar som ligger i avverkningsavfallet. Jag har undersökt detta dels i en serie experiment med varierande exponeringstid för flammande eld, dels genom ett fältförsök i samband med hyggesbränning.

Material och metoder

Experiment med hyggesbränning

Contortagrenar samlades in från ett bestånd mellan Sävar och Bullmark i Västerbotten den 27 juni 2008, med koordinaterna x7109465 y1733699, RT90. Beståndsåldern var omkring 30 år. Fem contortatallar med riklig produktion av kottar fälldes. Därefter togs de 20 grenar som hade flest kottar från varje träd. Kottar som hade öppnat sig iögonfallande mycket på grenarna togs bort för att endast de slutna serotina kottarna skulle användas till undersökningen. Grenhögarna från varje träd snördes ihop och transporterades till det området som skulle brännas.

Området som skulle brännas var ett 2 hektar stort tallbestånd som avverkats vintern 2007/2008, benägen mellan Gravmark och Österboda, ungefär fyra mil norr om Umeå (x7122021 och y1726886, RT90).

En gren från vardera av de fem olika contortatallarna placerades ut på 16 stycken olika stationer inom en yta av cirka 50 x 50 m. Stationerna bestod av fem platser där grenarna låg enskilt på marken, sex platser där grenarna låg i en utspridd risbädd och fem platser där grenarna låg på en stor rishög (figur 1). Detta för att täcka in den variation i bränslemängd som brukar finnas efter avverkning och få ett så realistiskt scenarium som möjligt. Grenarna låg på rad för att lättare kunna samla in dem efter branden och veta vilket träd de kom från.

För registrering av temperatur i samband med bränningen användes två dataloggrar, ("ThermoLog" och "SE309") med tillhörande termoelement av typ K, som hade trådar med 0,96 mm tjocklek vilka omgavs av ett glasfiberhölje. Dataloggrarna registrerade temperaturerna med två sekunders intervall. En datalogger med två termoelement (ThermoLog) grävdes ner i marken och ett av dess termoelement placerade i ytan av en stor hög med hyggesrester (50 cm ovan mark) och den andra strax ovanför högens yta (70 cm ovan mark). Den andra dataloggern med fyra termoelement grävdes ner i marken med tre olika stora högar kring sig. Ett av termoelementen placerades vid markytan där det inte förekom några hyggesrester. De andra tre termoelementen placerades i ytan på var sin hög av hyggesrester: liten hög (20 cm ovan mark), mellanstor hög (40 cm ovan mark) samt stor hög (50 cm ovan mark). Termoelementen fästes på färsk björkkäppar som slogs ned i marken för att förbli på samma position när riset brann upp och sjönk ihop. De högar som var kopplade till samma datalogger befann sig ungefär en halv meter ifrån varandra.

Utplaceringen av grenarna i olika stationer utfördes den 27 juni 2008, samma dag som bränningen av hygget ägde rum. Under bränningen togs tiden manuellt för varje station när de började brinna och när de slutade. Rökskydd användes för näsa och mun.



Figur 1. Contortagrenar med slutna serotina kottar som lagts på en större rishög med hyggesrester av tall. Figuren visar station 11 före hyggesbränningen.

När högarna hade svalnat samlades kottarna in (figur 2). Kottarna som tillhörde samma gren placerades i en gemensam påse som märktes med station och trädnummer.



Figur 2. Contortagrenar efter att elden svept förbi. Kottarna på varje gren samlades in i påsar som märktes med station och träd.

Kontrollkottar

Från grenarna som inte användes till hyggesbränningen togs cirka 20 kottar från varje träd (utom ett som förlorades genom oavsiktlig bränning), för att kontrollera den initiala grobarheten på fröna, för att kunna jämföra med de som utsattes för hyggesbränningen. Dessa kottar samlades in i separata påsar vilka märktes med trädnummer och kottmognadsår. Alla påsar förvarades i kylrum (+2°C) tills grobarhetstestet ägde rum.

Kontrollkottarna öppnades med hjälp av ett stearinljus (figur 3). En tång användes för att kunna rotera kottarna över ljuslågan så att kotten öppnades utan att fröna skulle bli värmepåverkade. När kottarna gav ifrån sig ett knäppande ljud var det en indikation på att kådan brast och kottefjällen öppnades. Det behövdes ungefär 20-30 sekunder under ljuslågan innan knäppandet började och därefter togs kotten bort från lågan.



Figur 3. Några sekunders exponering i stearinljusets flamma användes för att öppna ”kontrollkottarna”.

Groningstester

Till grobarhetstestet användes petriskålar, bomull och kranvatten. Ett tunt bomullslager lades i varje petriskål och fuktades med vatten. För att kunna få ut varje frö från kottarna slogs de lätt mot en bänkskiva eller plockades ut med pincett. Därefter separerades varje frö från sin frövinge manuellt. Frön från varje kotte placerades i petriskålar märkta med trädnummer och stationsnummer (figur 4). Fröna såddes den 24-26 september 2008 i ett rum med dagsljus och 20°C temperatur. Därefter kontrollerades fuktigheten i skålarna och groningsresultaten varje eller varannan dag. När rotspetsen stack ut från fröet så långt att det böjde sig lite (ca 2 mm)

räknades det som fullbordad groning. Grodda frön plockades bort. Groningstestet pågick under 20 dagar. Därefter snittades kvarvarande frön för att kontrollera vilka som var matade, tomma, respektive hade utvecklade embryon. Tio frön per kotte snittades. Petriskålarna med resterande frön sattes därefter i ett kylrum vid +2°C i sex veckor. Därefter togs de ut för ännu en groningsperiod. Detta för att undersöka om några frön skulle behöva en stratifieringsperiod för att gro.



Figur 4. Groningstester med frön från contortakottar som utsatts för hyggesbränning.

Kontrollerade bränningsförsök

För att kunna göra mer noggranna analyser gjordes ett antal experiment med kontrollerad exponeringstid för flammade eld. Dessa bränningar gjordes i en tunna för att motverka vindens inflytande på lågorna. Ved från tall, gran och björk användes till elden (figur 5). Till dessa försök behövdes fler kottar och dessa insamlades från två olika bestånd. Dels från samma bestånd som kottarna till hyggesbränningen, men från andra träd. Dels från ett 30-årigt bestånd i Piparböle, sydväst om Umeå med koordinaterna x7095263 och y1713918, RT90. Insamlingen

skedde den 3 oktober respektive 5 november 2008. Kottarna samlades in i påsar som markerats med vilket träd de kom från samt vilket år de mognat. Kottarna fick ligga luftigt inomhus i några dagar för att skilja de serotina och icke-serotina kottarna. Därefter noterades kottarnas längd.

Effekt av varierande exponeringstid i elden

För att se hur grobarheten hos fröna påverkades av tiden kottarna tillbringar i öppen låga, exponerades kottar i flammade eld i 20, 30, 40, 50 respektive 60 s, med fem kottar från olika träd per exponeringstid. Här utnyttjades kottmaterialet från beståndet mellan Sävar och Bullmark.



Figur 5. Anordning för experimentell exponering av contortakottar för eld. En liggande tunna användes för att få vindsydd. När elden var tillfredställande placerades ett halster med contortakott samt termoelement i elden. Elden som användes till experimenten var betydligt större än den som visas på bilden.

Ett fiskhalster användes vid bränningen av kottarna (figur 6). Bredvid kotten i halstret placerades ett termoelement anslutet till en datalogger för att kontrollera verklig exponeringstid och flamtemperaturen vid bränningen, (500-900 °C) . För att undvika att bränna handen som höll i halstret användes en svetshandske. Bränningen av kottarna ägde rum den 8 oktober 2008 och fröna såddes den 9 oktober 2008. Grobarhetstestet utfördes på

samma sätt som med kottarna som användes i hyggesbränningsförsöket (se ovan). Därefter snittades alla de resterande frön som inte grott för att kontrollera vilka frön som var matade, tomma respektive hade outvecklade embryon.



Figur 6. Kottarna fördes in i elden fasthållna i ett halster. Intill kottarna fästes ett termoelement för att notera temperaturen i lågorna och den reella exponeringstiden.

Temperatur i kottens centrum

För att kontrollera hur varma kottarna blir i deras centrum när de utsätts för eld mättes temperaturen under flamexponeringen för sammanlagt 12 kottar: sex mindre och sex större. Här utnyttjades kottmaterial från Piparböle. Från kottens tjockända borrades ett hål med 2,5 mm diameter och 1,5 cm djup där termoelementet fördes in. För att termoelementet skulle hållas på plats tätades hålet med trästickor. En datalogger (SE309) med fyra termoelement av typ K användes, med temperaturregistrering varannan sekund. Vid varje körning användes två kottar, av något olika storlek. Ett termoelement placerades inuti vardera kotten. De resterande två termoelementen placerades vid sidan av kottarna för att mäta temperaturen direkt i elden. Ett brett halster användes till att klämma fast kottarna och termoelementen. För att termoelementen inte skulle värmas via ledarna (termoelementens metalltrådar) isolerades dessa med mineralull (figur 7). Exponeringstiderna var 36, 50, 60, 70 samt 80 s. Efter flamexponeringen fick dataloggern vara på till dess att kottarna hade återfått normal lufttemperatur.



Figur 7. För att mäta temperaturen inne i contortakottar när de utsätts för öppen låga i olika tider, användes en datalogger med fyra termoelement av typ K. En större och en mindre kotte brändes samtidigt, med ett termoelement i centrum av vardera kotten. Två termoelement placerades bredvid dessa kottar för att mäta temperaturen direkt i lågorna.

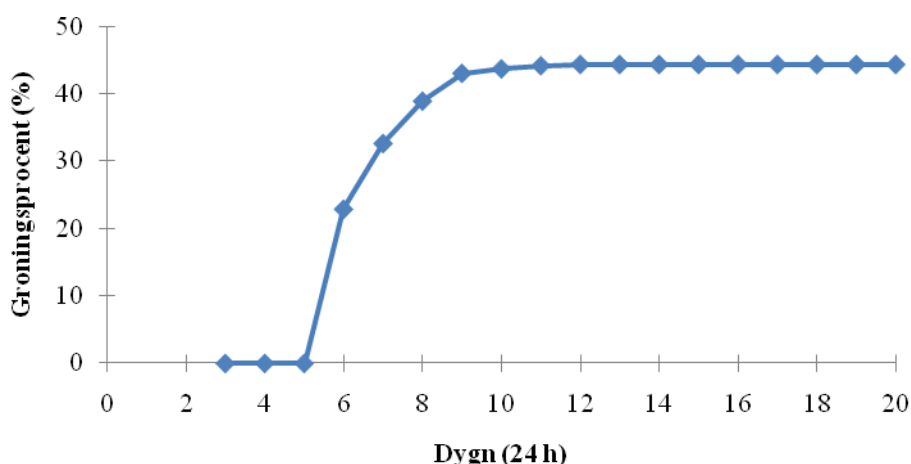
För att kontrollera att temperaturen i kottarnas centrum stämmer någorlunda med temperaturen en bit från centrumaxeln, där fröna sitter, gjordes en körning med två termoelement i samma kotte. Två hål borrades i kotten: ett i dess bas och ett vid fröraden (se figur 18). I hålen placerades termoelementen och kotten exponerades för flammor i 60 s.

Fröna till dessa kottar såddes för att analysera om det finns någon skillnad på stor och liten kotte samt för att studera när grobarheten markant sjunker vid de olika exponeringstiderna. Grobarhetstestet utfördes på samma sätt som för fröna från hyggesbrända kottarna (se Groningstestet). Dessa frön såddes den 10 oktober 2008. Efter groningstiden snittades alla av de resterande frön för att kontrollera antalet frön som var matade.

Resultat

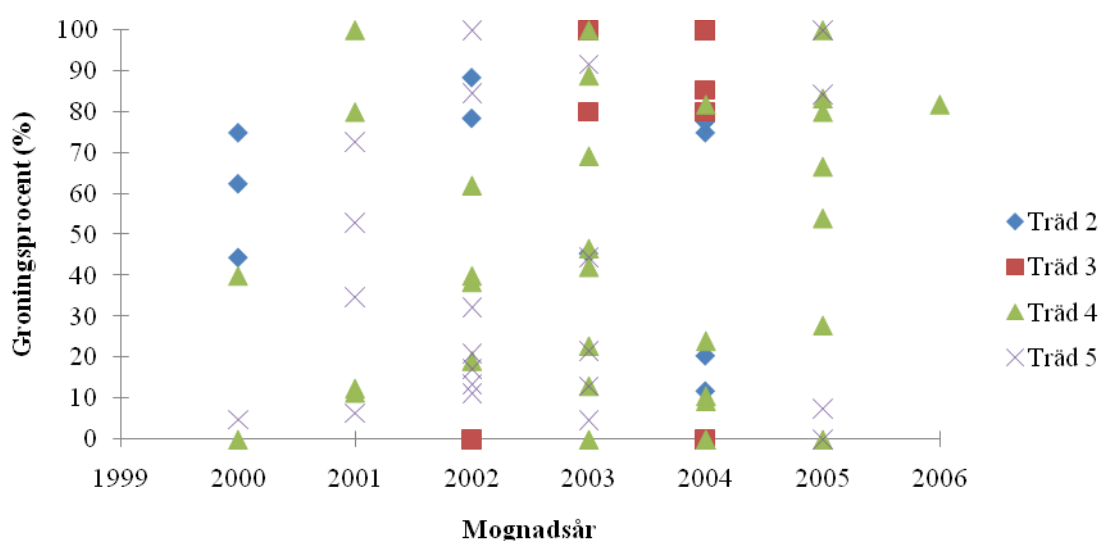
Frökvalitet och groningsbeteende

Kontrollkottarna till de hyggesbrända kottarna var 74 stycken och från dessa erhöles 1671 frön. Resultatet från groningstestet visade att 469 frön grodde, de flesta mellan dag 5 och 9 (figur 8). Antalet matade frön uppskattades till 1068 stycken. Groningsprocenten blev 43,9 efter 20 dagar (figur 8). De kottar som var angripna av insekter eller hade färre än fem frön räknades inte med i groningsresultaten.

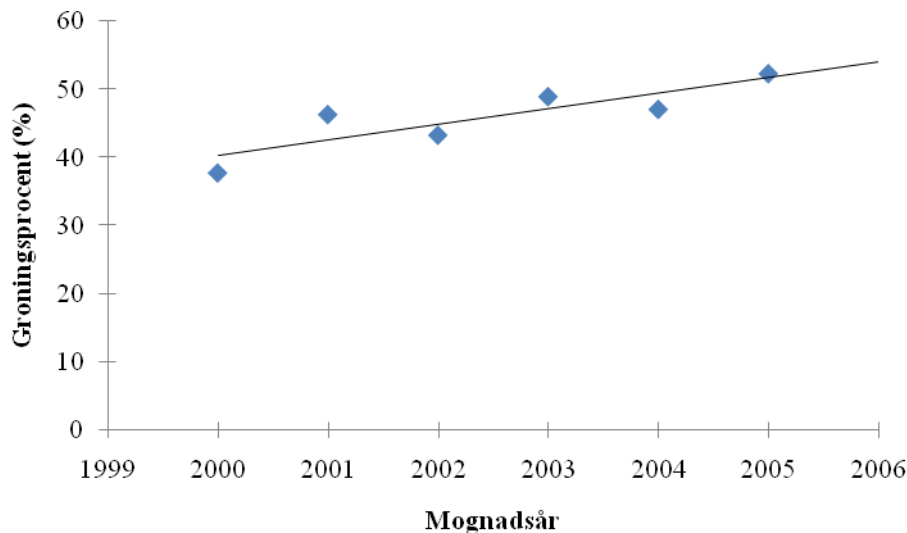


Figur 8. Groning över tiden för kontrollfröna till hyggesbränningsförsöket.

Det år kottarna mognat hade marginell betydelse på groningsprocenten i det här experimentet (figur 9 och 10). Det var stor spridning i groningsprocent per kotte inom såväl som mellan olika träd (figur 9). Det finns en svag tendens till att yngre kottar hade högre groningsresultat (figur 10).



Figur 9. Groningsprocenten i relation till ålder (kottens mognadsår). Groningsprocenten är antal frön som grott dividerat med antalet matade frön per kotte.



Figur 10. Groningsprocenten i medeltal i relation till kottarnas mognadsår. Det vare endast en kotte från kontrollerna som mognat 2006, varför denna inte tagits med här.

Längden på contortatallens kottar varierade från ungefär tre till sex cm (figur 11).



Figur 11. Kottarnas längd varierade mellan drygt tre och sex cm.

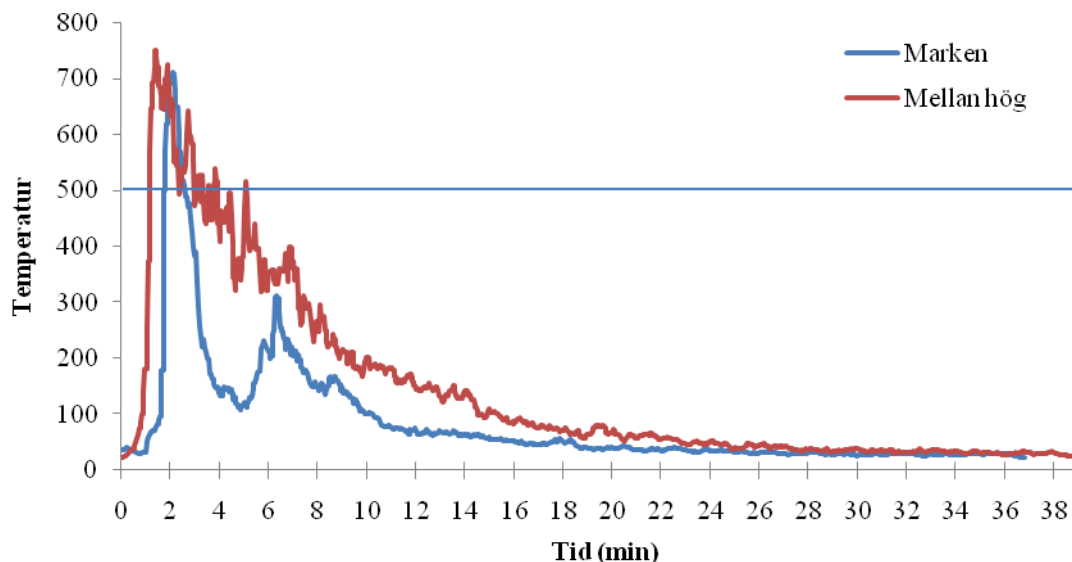
En del kottar öppnade sig i rumstemperaturen innan de värmdes med en ljuslåga. Den grad kotten öppnats registrerades och varierade mellan 50 till 100 procent (i medeltal 92 procent). Det var 74 procent av kottarna som förblev helt slutna. Det fanns inget samband mellan groningsprocent och antalet matade frön per kotte.

Inga ytterligare frön grodde efter att de tillbringat över en månad i kylrum och därefter återigen hållits två veckor i +20°C.

Hyggesbränningsexperimentet

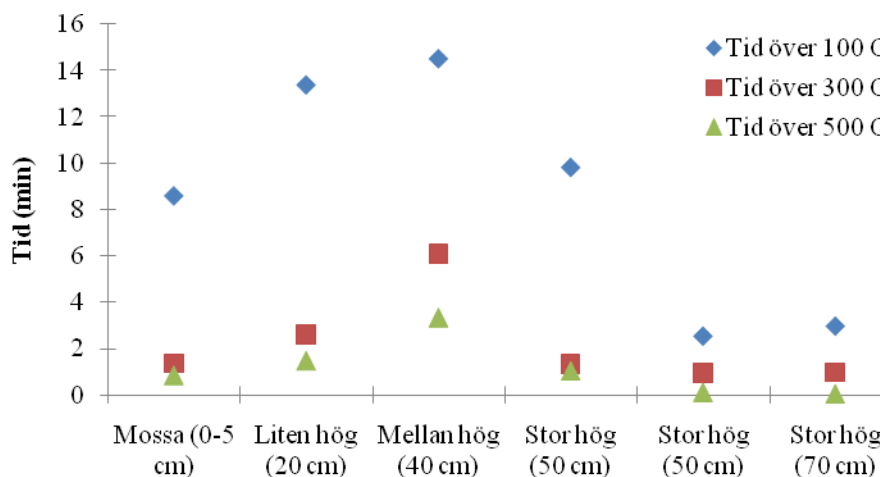
Elden svepte över högarna antingen i medvind eller motvind, beroende på hur tändningsslagen gick. I den manuella tidtagningen brann högarna mellan 9-12 minuter och det skilde en aning i tid på de små (6-11 minuter) respektive stora (8-17 minuter) högarna (bilaga 1). Det var bara en marginell skillnad i brinntid för de mellanstora högarna och de stora högarna. Resultaten från dataloggrarna visade att de med mer rester brann längre. Nedan ges

ett exempel på temperaturer för två kontrasterande mätpunkter: när den mellanstora högen brann samt när mossan brann (figur 12). Tidigare mätningar (Granström, pers. medd., 2008) har visat att temperaturer över 500°C indikerar att termoelement varit i kontakt med flammor. Tiden över 500°C varade i 50 s vid markytan och sammanlagt i mellanstora högen i tre minuter och 20 s enligt termoelementens registrering (figur 12).



Figur 12. Exempel på temperaturkurvor för två termoelement under hyggesbränningen. Ett termoelement var placerat vid markytan fritt från hyggesrester, medan det andra var placerat 40 cm ovan mark, på ytan av en hög med hyggesrester.

För samtliga sex mätpunkter redovisas temperaturen när elden sveper över högarna med termoelement (figur 13).



Figur 13. Summa exponeringstid över 500°C, 300 °C respektive 100°C för de sex olika mätpunkterna under hyggesbränningen. Termoelement går från marknivån (mossa) till 50 cm ovan mark vid hyggeshögarnas yta. Termoelementet till "Stor hög (70 cm)" registrerade temperaturerna 20 cm ovan en 50 cm hög resthög.

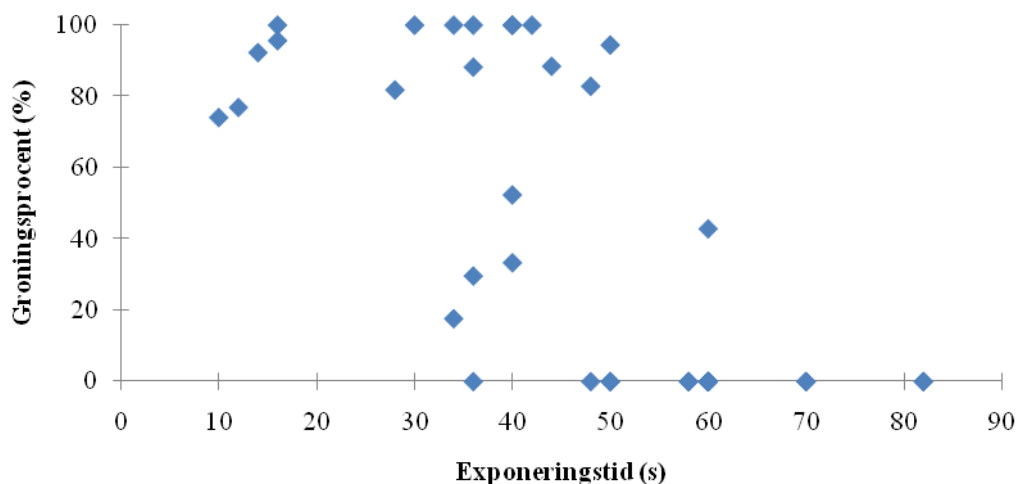
På fem av 16 stationer med contortagrenar hade kottarna förbränts fullständigt. Det var 11 stationer som hade åtminstone ett antal kottar som inte förkolnats och som kunde användas för vidare analys (bilaga 1). Kottarna samlades in enskilt i påsarna. Vid insamlingen hade alla kottar börjat öppna sig men de flesta frön satt ännu kvar i kottarna. I några fall plockades en del frön upp från marken direkt under respektive kotte. Sammanlagt insamlades 255 kottar

efter hyggesbränningen och från dessa behandlades 3154 frön i groningstestet. Bara fyra frön grodde, samtliga från en och samma kotte. Efter snittningen uppskattades antalet matade frön till 1771 stycken och de frön som inte grodde antas ha dött av värmen från elden. Av de matade fröna grodde alltså 0,23 procent. Om man räknar med 8,5 kottar per gren i medeltal, 20 frön per kotte och en groningsprocent av 44 procent (från kontrollmaterialet), ger det en total mortalitet under bränningen på 99,90 procent.

Kontrollerade bränningsexperimentet

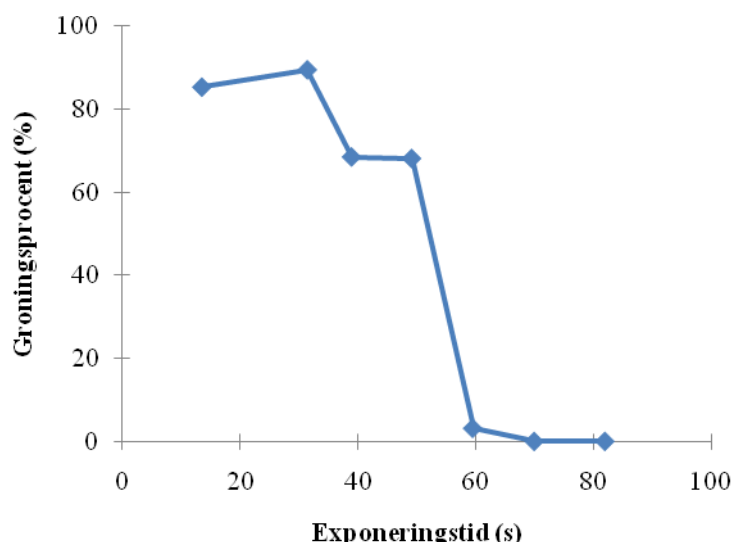
Effekt av varierande exponeringstid i elden

Exponeringstiden i eldflammorna påverkade groningsresultatet på contortatallarnas frön, speciellt när de utsatts för eldflammar över 50 s (figur 14). Kottarna har antingen haft ett termoelement bredvid sig eller i ett borrarat hål i kottbasen. De kottar som brann efter exponeringstiden släcktes omgående, för att få en kontrollerad exponeringstid.



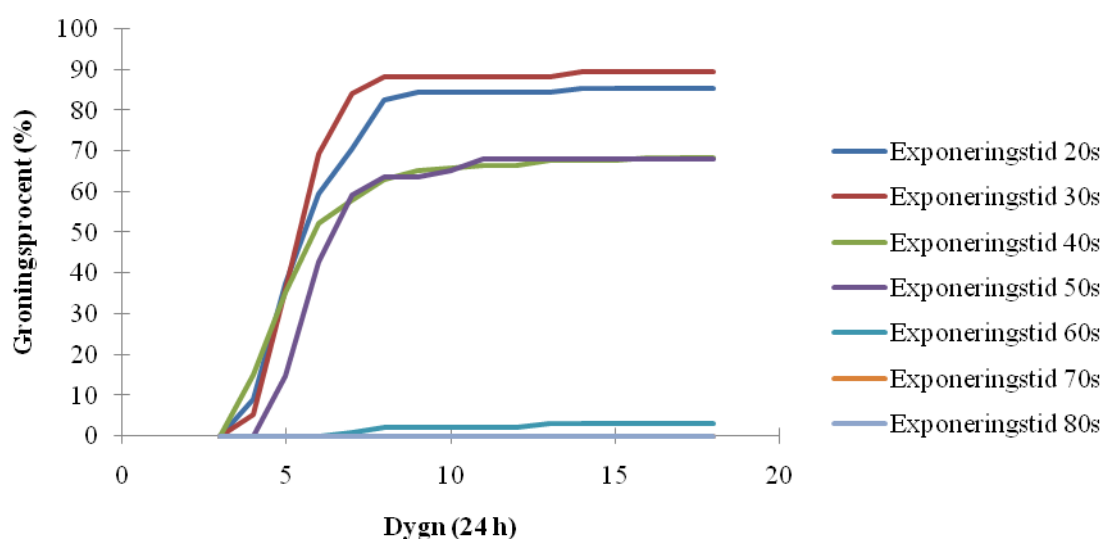
Figur 14. Frögroningsprocenten per kotte i relation till exponeringstiden i elden. Groningsprocenten är antal frön som grott dividerat med antalet matade frön per kotte. Resultatet kommer från bränningen av contortakottar i olika tider. Exponeringstiden är den som registrerats av termoelementen (tid över 400°C).

Det var en markant minskning i vitalitet hos contortatallens frön när kottarna exponerats längre än 50 s i öppen låga (figur 15).



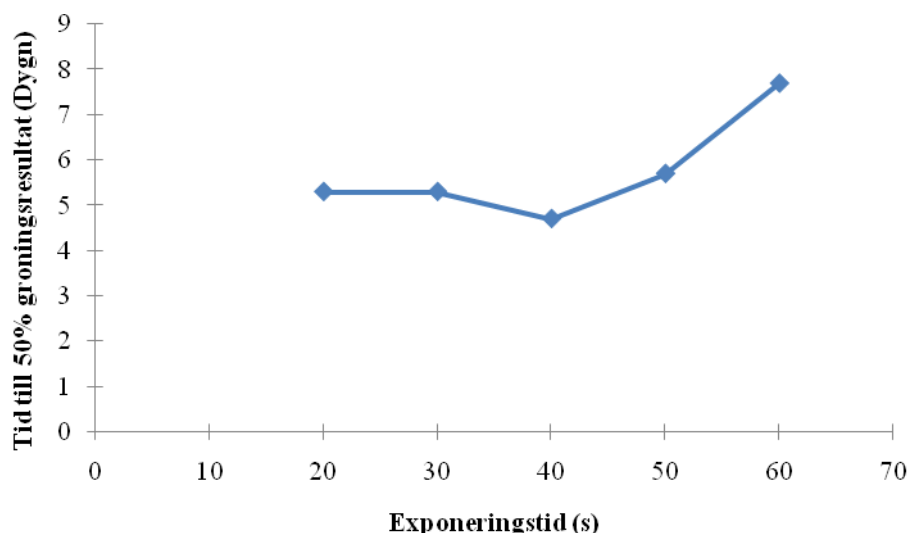
Figur 15. Contortatallarnas frögroning i medeltal i relation till kottarnas exponeringstid. Klassbredden för varje exponeringsgrupp delades in i jämna intervall; 20s (10-24s), 30s (26-34s), 40s (36-44s), 50s (46-54s), 60s (56-64s), 70s (66-74s) samt 80s (>76s).

De frön som exponerats i kortare tid än 60 s kom igång med groningen ungefär samtidigt, fjärde dagen efter att de placerats i petriskålar med bomull och vatten (figur 16). Från de nio kottarna som exponerats i 60 s var det endast frön från en kotte som grodde. Kotten innehöll femton frön varav tre grodde efter den sjunde dagen.



Figur 16. Groningskurvor för frön ur kott med olika exponeringshistorik.

Det tog längre tid för frön från kottarna som exponerats i 60 s att nå 50 procent av den slutliga groningsprocenten än de som exponerats kortare tid (figur 17). De som exponerats kortare tid uppnådde 50 procent av den slutliga groningsprocenten vid femte dagen efter sådd, med undantag för kontrollkottarna som nådde 50 procent den sjätte dagen.

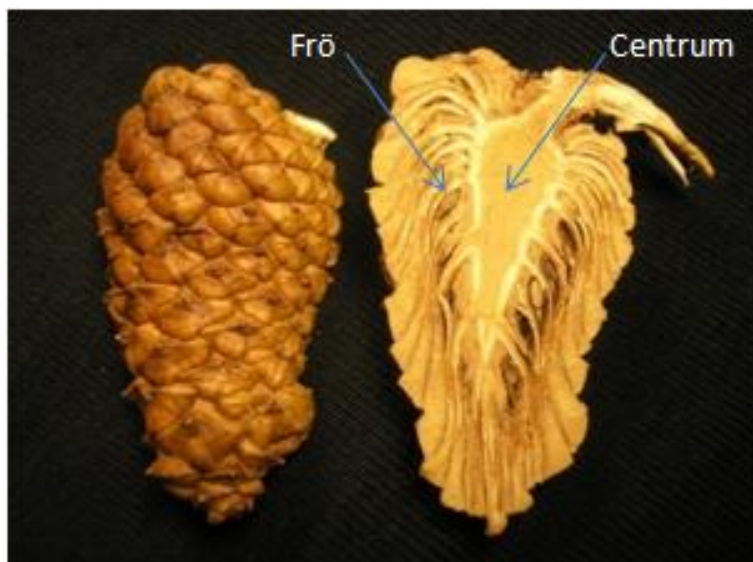


Figur 17. Groningshastighet (tid till 50 procent av den slutliga groningsprocenten) i relation till exponeringstid.

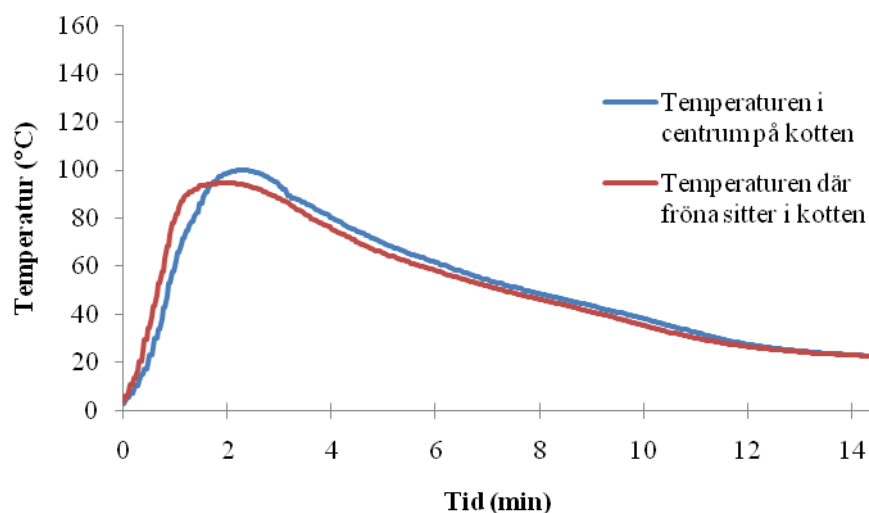
Groningsprocenten i medeltal för de fyra träden som behandlades i kontrollstudien varierade från ungefär 40 upp till 70 procent.

Temperaturen i kottarnas centrum vid olika exponeringstider

Den kotten som hade ett termoelement i centrum och ett där fröna sitter och som exponerades i eldflammar under 60 s, visade en knappt märkbar skillnad i temperatur mellan de två positionerna i kotten (figur 18 och 19). Den högsta temperaturen i centrum ($99,9^{\circ}\text{C}$) var lite varmare jämfört med där fröna sitter ($94,5^{\circ}\text{C}$). Där fröna sitter steg temperaturen snabbt och kom till sin högsta temperatur 20 s innan den högsta temperaturen i centrum inträffade. Tiden när temperaturen var över 50 grader i kotten skilde med 16 s mellan de två hålen. I centrum var det över 50 grader i sex minuter och 52 s och där fröna sitter sex minuter och 36 s.

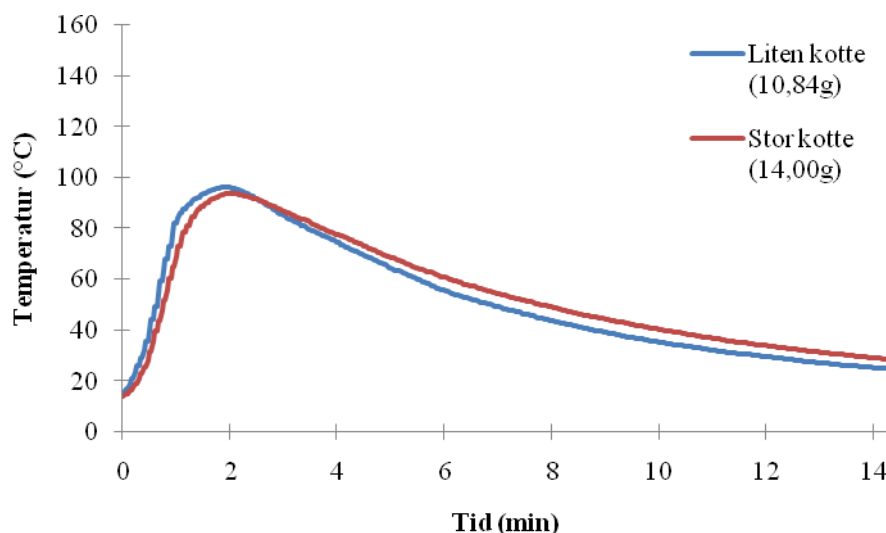


Figur 18. Ett tvärsnitt genom en contortakotte. Termoelementen placerades i kottens centrum och var marginellt mer utsatta för värmen där fröna sitter (se figur 19). Foto: Anders Granström.



Figur 19. Temperaturkurvor för två termoelement som satt instuckna i var sitt borrarade hål i en och samma kotte, 1,29 cm respektive 0,91 cm från kottens yta. Kotten exponerades i elden under 60 s i en flamtemperatur av 650°C.

Det var en liten tendens till att temperaturen steg snabbare i de mindre kottarna vid exponeringen i eldflammar samt att den sjönk snabbare efter exponeringen (se exempel i figur 20). De större kottarna värmdes inte upp till samma höga temperaturer som de mindre kottarna när de brändes i samma tider. Ju tyngre och längre kottarna var desto längre tid tog det tills deras centrum värmdes upp.



Figur 20. Temperaturkurvor i centrum av två kottar med något olika storlek. Exponeringstiden i flammorna var 60 s. Dessa kottar brändes vid en flamtemperatur av 675°C.

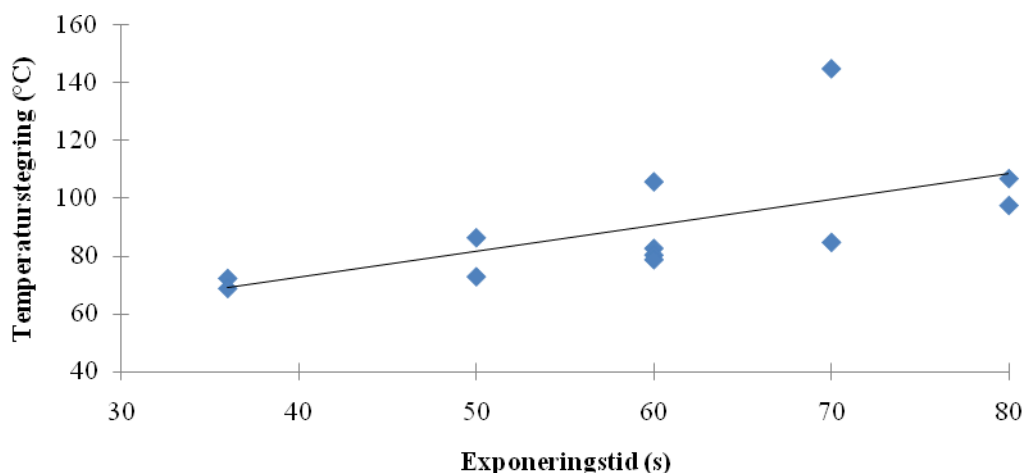
Det var framför allt kottarnas högsta temperatur och tiden över 50°C som skilde de olika exponeringsgrupperna från varandra och de var endast frön som exponerats i 36 s som grodde (tabell 1).

Tabell 1. Contortakottar som exponerats i eldflammar under olika lång tid. Tiden över specifika temperaturer noterades inuti kottarna med termoelement i kottarnas centrum. Temperaturen är den högsta registrerade under exponeringstestet.

Exponeringstid (s)*	Tid över 50°C (s)	Tid över 100°C (s)	Temperatur (°C)
36	6 min 22s	-	87,1
36	4 min 56s	-	83,1
50	5 min 52s	-	76,2
50	5 min 52s	-	88,7
60	6 min 12s	-	96,4
60	5 min 16s	-	94
60	6 min 18s	1 min 14s	112,6
60	6 min 12s	-	83,5
70	8 min 18s	-	85,5
70	6 min 24s	2 min 16s	145,2
80	7 min 20s	56s	103,4
80	7 min 8s	1 min 46s	114,5

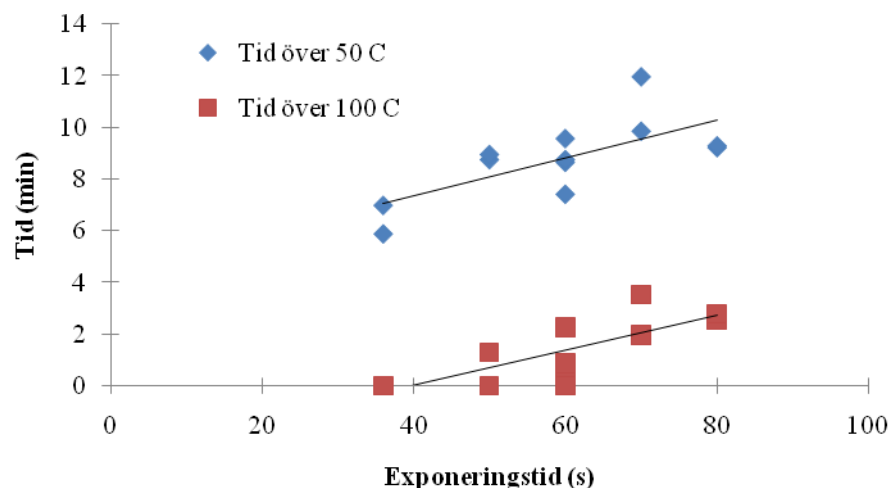
* Exponeringstiden för olika kottar

För att kompensera för olika utgångstemperatur när flamexponeringen startade, gjordes en beräkning av temperaturstegringen för varje kotte. Ju längre kottarna utsattes för flammor desto högre temperatur uppnåddes i deras centrum (figur 21).



Figur 21. Temperaturstegringen i centrum av kotten i relation till exponeringstiden i elden. (Temperaturregistreringen visade att kottarna som skulle exponeras i 30 s i själva verket exponerades i 36 s).

För att relatera dessa data till en situation under en normal norrländsk bränningsdag under sommaren med lufttemperatur av 20°C gjordes en omräkning av temperaturresultaten. Detta medförde att tiden över 50 respektive 100°C i kottarnas centrum efter exponeringen blev längre jämfört med resultaten i tabell 1. Denna modell visar att tiden fröna är över 50 respektive 100°C stiger rätlinjigt med exponeringstiden (figur 22). Först vid en exponeringstid över cirka 40 s når man temperaturer över 100°C i kottarnas centrum.



Figur 22. Modell av förväntad tid över tröskelvärdena 50°C respektive 100°C i centrum av kotten, i relation till exponeringstiden i elden. Beräkningen är gjord med antagandet att utgångstemperaturen är 20°C i kottarna.

Det var endast de frön som exponerats i 36 s i eldlågor som grodde. Dessa hade en groningsprocent på 88 respektive 100 av det uppskattade antalet matade frön per kotte. Frön som tillhörde de kottar som exponerats i längre tider grodde inte. Vid snittningen av dessa frön förekom flera som var matade. Dessa antas vara dödade av värmen de utsatts för. Kontrollkottar till de som var tagna från Piparböle grodde med 89 till 100 procent av de friska fröna.

Diskussion

Mina resultat visar att det finns ett stort lager av grobara frön även i relativt unga ”svenska” contortabestånd. De serotina kottarna behöver temperaturer mellan 45 till 60°C för att öppna sig (Lotan 1973; Lotan & Perry 1977). Trots det kan man anta att dessa kottar kommer att öppnas när de hamnar på marken vid framtida avverkningar. Crossley (1956) upptäckte att de flesta kottarna öppnades inom det första året efter att de hamnat på marken vid avverkning. En norsk studie visar att solexponerade ytor på en avverkningsyta kan ha temperaturer kring 50°C i markytan (Bjor 1972), vilket bör gälla även för svenska förhållandena. Med andra ord kommer det troligtvis att resultera i att stora mängder contortafrön sprids på marken efter avverkning. Skogsmaskinerna skapar ofta ytor med blottad mineraljord och dessa kommer troligtvis vara till fördel för etableringen av contortatallens frön (Despain 2001).

Resultaten efter hyggesbranden visar att det var en försumbar andel av contortafröna som överlevde branden. Det finns även andra studier som undersökt vid vilken tidsexponering och temperatur som markant minskar frönas vitalitet, bland annat en undersökning med *P. banksiana* Lamp. Den visar att det sker en markant minskning i groningsprocent när kottarna exponeras i eldflammar längre än 30 s (de Groot m.fl. 2004). Vid 30 s exponering överlevde 65 procent av de matade fröna och vid 40 s endast tio procent för att sedan sjunka till fem procent vid 60 s exponering. Skillnaden mellan de Groot m.fl. (2004) och min studie är förskjutningen i vitalitetsminskningen. I min studie är det först efter 50 s som det sker en markant minskning i groningsprocenten hos de matade fröna. Avvikelsena mellan resultaten kan bero på skillnaderna i trädslagen, starttemperaturen i kottarna innan de brändes samt fuktighetskvoten i fröna. För att undvika spontan etablering av contortatall efter avverkning bör därför hyggesbränning vara en användbar metod.

Vad var det som dödade contortatallens frön vid flamexponeringen? Om frön skall överleva eller dö när de utsätts för höga temperaturer beror på kombinationen av temperaturen och exponeringstiden (Wright 1970). Tiden över 50°C tillsammans med maxtemperaturen i kottarnas centrum har möjligen den största betydelsen för vitalitetsminskningen. Vid 60 s i eldexponering behöll kottarna temperaturen över 50°C i medeltal sex minuter och hade den högsta temperaturen på 97°C. Kottarna som exponerades i 36 s hade maxtemperatur på 85°C och tiden över 50°C låg på fem och en halv minut. Den högsta temperaturen för exponeringsgruppen i 50 s hade i medeltal 82,5°C och tiden över 50°C var fem minuter och 52 s. Det var en markant vitalitetsminskning hos fröna som exponerats längre än 50 s och vid 60 s överlevde endast ett fåtal. Därför bör uppskattningsvis tröskelvärdet för var fröna i de serotina kottarna kommer att dö ligga kring en exponering på 60 s i eldflammar och då utsätts fröna för en maxtemperatur kring 100°C och sex minuter över 50°C. Slutsatsen är att vid exponering upp till 40 s är det säkert att fröna klarar sig och det sker en övergång mellan 40 till 60 s exponering och över 60 s dör fröna i kottarna. Det var en obetydlig skillnad i innertemperatur mellan kottar av olika storlek. De mindre kottarnas frön utsätts emellertid för något högre temperaturer jämfört med de större men de svalnar också av snabbare. De större kottarna behåller den höga temperaturen längre vilket bidrar till att döda fröna.

Fuktigheten i fröna har inverkan på vitaliteten när de utsätts för höga temperaturer. Frön från *P. sylvestris* som först fått ligga i ett bad och ta upp vatten och sedan placeras tio minuter i ett vattentempererat bad dör när gradtalet överstiger 60°C (Schimmel & Granström 1993). I samma studie dog torra frön när de placerades i vattentempererat bad som översteg 70°C och

de torra frön som utsattes för ugnstemperaturer över 110°C. Det går därför inte att dra någon slutsats angående om contortatallens frön klarar höga temperaturer bättre än de från *P. banksiana* Lamp. eftersom frönas fuktighet kan ha varit olika vid de två experimenten.

Ett avverkat tallbestånd liknar i allt väsentligt ett avverkat contortabestånd och därför användes det som substitut vid hyggesbränningen. Resultaten från termoelementen på hyggesbranden visade att de olika storlekarna på högarna med hyggesrester påverkade även tiden de brann. De större högarna brann längre än de mindre och de största högarna brände upp kottarna till aska. Att termoelement som placerades i mellanhögen fick längre tid i höga temperaturer än den stora (figur 9) kan dels bero på att det låg fem färskare contortagrenar på högen så att det tog längre tid för dem att brinna. Orsaken kan även vara att avståndet mellan högarna var för kort så de påverkade varandra när de brann. Högarna placerades endast en halv meter ifrån varandra. Enligt datalogarna brann högarna i medeltal sex minuter. Datalogarna var fästa på färskare björkgrenar för att förbli fixerade på en nivå och detta skiljer sig från grenarna som sjönk mot marken när de brann och förkolnades. Därför kan dataloggens registreringar missvisa den verkliga tiden kottarna brann eftersom de svalnade av med hjälp av vinden. Den subjektiva bedömningen uppmätte att högarna i medeltal brann mellan 9-12 minuter (bilaga 1) och det kan jämföras med kottarna som brändes i 60 s då vitaliteten sjönk markant.

Från hyggesbränningen användes endast kottar som placerats i högar med hyggesrester för att kunna analysera gröningspotentialen efter en hyggesbrand. Med tidigare registreringar av temperaturer vid markytan utan hyggesrester vid brand har det visat att tiden över 500°C varierar mellan 25 till 50 s och tiden över 50°C övertigit åtta minuter (Granström, pers. medd., 2008) och i denna studie blev resultatet från mossytan 50 s över 500°C och tiden över 50°C i 15 minuter. Med dessa resultat och tillsammans med tröskelvärdet som nämns ovan kommer troligtvis även de kottar som lossnar från grenaren och hamnar på marken där det saknas hyggesrester att flamexponerats så pass mycket vid en brand att deras frön dör.

En del av de obehandlade kottarna öppnades efter att ha tillbringat en tid i rumstemperatur och därför kan det antas att de var halvt slutna. Det var dock 74 procent som förblev slutna och denna siffra är relativt hög med tanke på trädens ålder som var kring 30 år. Enligt Despain (2001) ökar contortatallarna sin produktion av slutna serotina kottar med stigande ålder och under de första två till tre decennierna produceras framförallt icke-serotina kottar. Därför kan det förväntas en höjning av serotinitet hos dessa träd och kan resultera i att mycket stora mängder av frön kommer finnas lagrade i kronorna framöver.

Resultaten från groningstestet med de obehandlade fröna visar att det var en relativt hög procent som grodde (43,9 %). Det visade också att de äldre kottarna behåller sin frövitalitet i flera år. Det fanns bara en svag tendens till att frön från de äldre kottarna hade en lägre gröningsprocent jämfört med de yngre. Det stärker min teori i inledningen om att ett stort lager av frön kommer att byggas upp i bestånden med contortatall och öka risken för den oönskade spontana förnygringen efter en avverkning.

Det var ingen ytterligare groning efter kylbehandling av fröna efter den första gröningsperioden. Detta motsäger tidigare studier som visar på att lagrade contortafrön kan få en högre gröningsprocent om de har en kallperiod innan (Lotan & Perry 1983). Utan kallperiod kan fröna etableras tidigt på störda ytor efter en avverkning. Det ger större fördelar för contortatallen som då också kan konkurrera med annan snabbväxande vegetation.

Hyggesbränningen resulterade i nästan fullständig mortalitet på contortatallens frön, vilket kan tyckas paradoxalt för en art som normalt föryngras efter högintensiva bränder. Detta beror på att kottens massa skyddar dess frön mot höga temperaturer vid så pass korta exponeringar i eldflammar, som sker vid en kronbrand. Kottarna sitter till största delen högst upp i kronorna och flamexponeringen är där bara omkring 5-15 s (de Groot m fl. 2004). Enligt min studie ger hyggesbränning väsentligt längre exponeringstider, vilket resulterar i att fröna dör.

Slutsatsen av arbetet är att en hyggesbrand markant kan minska risken för en spontan självföryngring av contortatall efter avverkning. På så vis minskar behovet av att använda dyra metoder vid eliminerade av trädslaget i framtiden. Däremot är kanske hyggesbränning som metod för att eliminera spontan föryngring av contortatallen inte det första alternativet många inom skogsbranschen skulle välja, på grund av artens rykte som brandgynnad!

Referenslista

- Andersson, B., Engelman, O., Rosvall, O. & Sjöberg, K. (1999) Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbruk med contortatall i Sverige. *Environmental impact analysis (EIA) concerning lodgepole pine forestry in Sweden*. Uppsala. SkogForsk. Redogörelse 1;1999. ISSN: 1103-4580.
- Bjor, K. (1972) Micro-Temperature Profiles in the Vegetation and Soil Surface Layers on Uncovered and Twig Covered Plots. *Meddeleleser fra Det norske Skogsforsøksvesen*, 121: 199-218. Ås, Norge.
- Crossley, D. I. (1956) Effect of crown cover and slash density on the release of seed from slash-borne lodgepole pine cones. *Can. For. Br., For. Res. Div. Tech. Note* 41, 51 p.
- Despain, D. G. (2001) Dispersal ecology of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) in its native environment as related to Swedish forestry. *For.Ecol. Manage* 141, 59-68.
- Engelman, O., Sjöberg, K., Andersson, B., Rosvall, O., Ågren, G.I., Backer, W. L., Barklund, P., Björkman, C., Despain, D. G., Elfving, B., Ennos, R. A., Karlman, M., Knecht, M. F., Knight, D. H., Ledgard, N. J., Lindelöw, Å., Nilsson, C., Peterken, G. F., Sörlin, S. & Sykes, M. T. (2001) Ecological effects and management aspects of an exotic tree species: the case of lodgepole pine in Sweden. *For. Ecol. Manage* 141, 3-13.
- Granström, A. Universitetslektor, Umeå, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Personligt meddelande, november 2008.
- de Groot, W. J., Bothwell, P. M., Taylor, S. W., Wotton, B. M., Stocks, B. J. & Alexander, M. E. (2004) Jack Pine regeneration and crown fires. *Can. J. Res.* 34: 1634-1641.
- Håkansson, M. (2000) Skogenscyklopedin: 8400 artiklar och ordförklaringar. Upplaga: . Stockholm. ISBN: 91-7646-041-X
- Johnson, E. A. & Gutsell, S. L. (1993) Heat budget and fire behaviour associated with the opening of serotinous cones in two *Pinus* species. *J. Veg. Sci* 4: 745-750.
- Kamra, S. K. (1982) Seed biology of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.). Sveriges lantbruksuniversitet. 1982. ISBN: 91-576-1198-X.
- Knapp, A. K. & Anderson, J. E. (1980) Effect of heat on germination of seeds from serotinous Lodgepole Pine cones. *American Midland Naturalist*, vol. 104, No. 2. pp. 370-372. The University of Notre Dame.
- Lindgren, D., Lindgren, K. & Krutzsch, P. (1993) Use of lodgepole pine and its provenances in Sweden – a historic survey. In: Lindgren, D. (Ed.), *Pinus contorta – From Untamed Forest to Domesticated Crop*, Proceedings of meeting of IUFRO WP 2.02.06 and Frans Kempe Symposium. Report 11, Umeå Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, s. 238-263.
- Lotan, J. E. (1973) The role of cone serotiny in lodgepole pine forests. *Management of Lodgepole Pine Ecosystems: symposium proceedings, held at Washington State University Pullman*. Vol. 1, 471-495.
- Lotan, J. E. & Perry, D. A. (1983) Ecology and regeneration of Lodgepole Pine, *Agriculture Handbook*, Nr: 606. United States Forest Service, Washington, DC, 51 sides.
- Owens, J. N., Bennett, J. & L'Hirondelle, S. (2005) Pollination and cone morphology affect cone and seed production in lodgepole pine seed orchards. *Can. J. For. Res.* 35, 383-400.
- Perry, D. E. & Lotan, J. E. (1977) Opening temperatures in serotinous cones of lodgepole pine. *USDA Forest Serv. Res. Note INT-228*. United States Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, 6 sides.
- Risinger, B. (2006) Hur genomförs konventionen om biologisk mångfald i Sverige. [online] Tillgänglig: www.naturvardsverket.se . [2008-11-12] ISBN: 91-620-5578-X.pdf

Schimmel, J. & Granström, A. (1993) Heat effects on seeds and rhizomes of a selection of boreal forest plants and potential reaction to fire. *Oecologia* 94: 307-313.

Wright, H. A. (1970). A method to determine heat-caused mortality in bunchgrasses. *Ecology* 51: 582-587.

Bilaga 1. Resultat av högarna med contortagrenar från hyggesbränningen. Det var olika stora högar som contortagrenarna låg på och elden var antingen backande eller gick i medvind när den passerade de olika högarna. Tiden hur länge högarna brann noterades.

Station	Storlek på högen*	Övrigt	Eldens framfart	Tiden då högarna brann
1;1	Liten		Backande	16.35–16.46
2;3	Liten		Backande	16.35–16.45
3; alla	Stor	Uppbrunnen	Medvind	16.26–16.40
4;1	Liten		Medvind	-
5;2	Mellan		Medvind	16.27–16.44
6;2	Mellan		Backande	16.20–16.35
7; alla	Mellan	Uppbrunnen	Medvind	16.25–16.35
8;3	Mellan		Medvind	16.33–16.43
9;5	Liten (marken)		Medvind	16.44–16.50
10; alla	Stor	Uppbrunnen	Backande	16.01–16.13
11; alla	Stor	Uppbrunnen	Backande	16.14–16.28
12;1	Stor		Backande	16.35–16.43
13; alla	Stor	Uppbrunnen	Medvind	16.35–16.44
14;1	Mellan		Backande	16.40–16.51
15;5	Liten		Medvind	-
16;1	Mellan		Medvind	16.36–16.48

*Liten hög 20cm, mellan hög 40cm och stor hög <50cm ovan mark.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2008:22 Författare: Daniella Andersson
Early Holocene occurrence of thermophilous trees in the Storulvån valley – a study based on pollen analysis
- 2008:23 Författare: Eva Rodriguez
Vegetation history and *Picea abies* L. Karst. establishment in the Härjedalen province (central Sweden)
- 2008:24 Författare: David Elm
Dikesrensning och skyddsdikning – en fältstudie och utredning av behov i södra Sverige
- 2008:25 Författare: Ida Dahl
The effects of forest clear-cutting on stream water DOC.
- 2008:26 Författare: Anders Bergman
Betydelsen av kolkälla och mikrobiell fysiologisk status för temperaturresponsen (Q_{10}) vid nedbrytning av organiskt material
- 2008:27 Författare: Helena Gustafsson
The effect of moisture, litter and stand age on N fixation in the feathermoss, *Pleurozium schreberi*
- 2008:28 Författare: Pablo Martin Ortega
Water availability controls nitrogen fixation in the feather moss *Pleurozium schreberi*
- 2008:29 Författare: Hanna Triumf
Landskapsplanering och konnektivitetsförbättringar inom värdetrakter i Västerbottens län
- 2008:30 Författare: Pablo Garrido Rodriguez
Local vegetation history of Norwegian spruce (*Picea abies* L.) in central Scandes (Sweden) since the mid-Holocene
- 2008:31 Författare: Emma Perés
Stabilitet, rot- och stamegenskaper efter plantering med Starpot 50 i jämförelse med Hiko 50 och sådd – Resultat efter 6 - 12 år för tall och contorta i Härjedalen
- 2008:32 Författare: Pernilla Bärlund
Återväxt av blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.) efter ångbehandling – orsaker till effektiv kontroll
- 2008:33 Författare: Staffan Ludewig
Gallringsprioritering av contortabestånd
- 2008:34 Författare: Helena Nord
Water infiltration under different land use in miombo woodlands outside Morogoro, Tanzania
- 2008:35 Författare: Daniel Yring
Plantantal och planthöjd i SCA's contortasådder i Västerbotten inom åldersintervallet 1 till 6 år efter sådd
- 2008:36 Författare: Mattias Björkman Westin
Frigörelse av kvicksilver och metylkvicksilver till bäckvatten under olika perioder efter skogsavverkning
- 2009:1 Författare: Marianne Karlsson
Influence of light competition on vitality in old aspen

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