

Återväxt av blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.) efter ångbehandling – orsaker till effektiv kontroll

*Regeneration of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) after steam
treatment – reasons for effective control*



Omslagsbild: Försöksyta , Foto privat

Pernilla Bärlund

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

This report presents an MSc 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.

1. Innehållsförteckning

1. Innehållsförteckning.....	3
2. Sammanfattning.....	4
3. Abstract (in English).....	4
4. Introduktion.....	5
5. Material och Metod.....	6
5.1 Fältförsökets lokal.....	6
5.2 Fältförsökets design.....	6
5.3 Markberedningsstudie.....	6
5.4 Kombinationsstudie.....	7
5.5 Kantgrävningens effekt.....	7
5.6 Avläsning.....	7
5.7 Statistik.....	7
6. Resultat.....	7
6.1 Markberedningsstudie.....	7
6.2 Kombinationsstudie.....	9
6.2.1 Kantgrävningens effekt.....	10
6.3 Skottdjup.....	11
6.4 Temperatur.....	12
7. Diskussion.....	13
8. Slutsatser.....	14
9. Tack.....	15
10. Referenser.....	15

2. Sammanfattning

I denna studie har ånga använts som markberedningsmetod för att eliminera oönskad blåbärvegetation (*Vaccinium myrtillus* L.) i boreal skog. Ångans förmåga att hämma blåbärs tillväxt jämfördes med bränning och klippning. Olika kombinationer av ångning och/eller klippning av blåbär utfördes för att undersöka på vilket sätt ångning och klippning påverkade skottskjutningen och återväxten av blåbär. Återväxten av blåbärvegetationen avlästes under 40 månader. Det visade sig att ånga var den effektivaste metoden att hämma blåbärstillväxten. Blåbär som ångats (jämfört med blåbär som klippts, bränts eller var obehandlad) hade det signifikant lägsta antalet nya skott och den lägsta procentuella täckningsgraden. De nya skotten sköt från ett mycket djupare djup under markytan när blåbär utsattes för ånga. Att återväxten av blåbär som har ångats går långsammare än blåbär som t ex har bränts eller klippts beror troligtvis på att det döda kvarstående blåbärsriset har en uttorkande och därmed skadlig effekt på rhizom och knoppar närmast under markytan. Metodens effektivitet när det gäller att kontrollera oönskad vegetation och dagens snabba tekniska utveckling av ångaggregat kan snart möjliggöra att ångbehandling blir en både praktisk och ekonomisk markberedningsmetod på skogsmark.

3. Abstract

Steam was used as a site preparation method to eliminate unwanted bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in the boreal forest. The efficiency of steam to suppress bilberry was compared with prescribed burning and cutting the bilberry. Different combinations of steaming and/or cutting the bilberry were set up to investigate in which way steaming and cutting influenced the sprouting and regrowth of bilberry. The regrowth of the bilberry vegetation was monitored for 40 month. Steam was most efficient in suppressing bilberry. Bilberry subjected to steam (compared to cut, burnt or untreated bilberry) had the significantly lowest number of new shoots and the lowest coverage. The new shoots resprouted at a deeper depth when the bilberry was subjected to steam. The reason for the slow recovery of bilberry subjected to steam is probably due to injury and death of rhizomes and buds caused by out drying effects from the standing dead bilberry vegetation. The efficiency of vegetation control and the quick technical development of steam units today may soon develop steam treatment to become a practical and economical site preparation method in forestry.

4. Introduktion

Planterade plantor i boreala skogar utsätts alltid för konkurrens av andra arter i fältskiktet (Maschinski och Whitham 1989; Zackrisson et al 1997; Jäderlund 2001; Nilsson och Wardle 2005). För att minimera konkurrensen och förbättra tillväxten hos plantorna markbereds oftast skogsmarken med harv. Dessvärre är harvning ett stort ingrepp och en destruktiv metod som orsakar mycket skada på marken (Rosén och Lundmark-Thelin 1986; Johansson 1994). Vid harvning skrapas delar av marken bort vilket resulterar i ett ändrat mikroklimat för den återstående vegetationen (Johansson 1994; Lundmark-Thelin och Johansson 1997; Norberg et al 1997).

Temperaturamplituden ökar liksom risken för näringsläckage när mineraljorden blottläggs (Örlander et al 1990; Johansson 1994; Norberg et al 1997). Ett alternativ till traditionell harvning för att förbättra skogens tillväxt är ångning (Norberg 2001). Ångning är ett effektivt sätt att kontrollera konkurrerande markvegetation. Ångan har en långtidsverkande effekt, återväxten av konkurrerande vegetation på ångade områden är långsam och inga långtidsverkande negativa effekter har påvisats (Jäderlund et al 1998; Norberg et al 1997; Norberg 2001). Men orsaken till varför ångning är så mycket effektivare på att reducera konkurrerande vegetation jämfört med traditionell harvning och bränning är inte känd. En hypotes är att värmen från ångan transporteras från de ovanjordiska delarna av den behandlade vegetationen ner till rhizomen.

Underjordiska delar som de vilande adventivknopparna kan då dö av den höga temperaturen. Hypotesen baseras på experiment som visat att rhizomen dör om de utsätts för temperaturer över 55°C och att skottskjutningen från vilande adventivknoppar minskar avsevärt om knopparna utsätts för temperaturer strax under 55°C (Flinn och Pringle 1983; Granström och Schimmel 1993; Schimmel

och Granström 1996). En ny studie har emellertid visat att värmen från ångan inte sprids fortare från ovanjordiska delar genom skottsystemet ned till rhizomen än genom jorden (Jäderlund och Dolling 2008). Detta stöder en annan hypotes om att den långsamma återväxten av vegetation efter ångbehandling beror på att det kvarvarande döda blåbärsriset förlorar mer vatten genom de öppna klyvöppningarna då bladens vaxlager smält bort och på grund av det orsakar en sorts uttorkning av de underjordiska växtdelarna.

En vanlig art i den boreala skogens fältskikt är blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.). Blåbär är en av de arter som konkurrerar med trädplantor om resurser som vatten och näring (Jäderlund 2001). Blåbär tillhör familjen *Ericaceae* (Ljungväxterna) och finns främst norrut i Europa och Asien (Hultén och Fries 1986). Blåbär växer i skogar, främst i friska till fuktiga granskogar, men kan också förekomma på öppnare marker som fjäll hed och myr (Jäderlund 2001). I de nordiska länderna är blåbärsgranskogen (*Picea abies*-*Vaccinium myrtillus* typ) den vanligaste skogstypen (Påhlsson 1994). I Sverige dominerar blåbär fältskiktet på en tredjedel av den produktiva skogsarealen (Anonym 2000). Blåbär har mesta delen av sin biomassa lokaliserad i underjordiska rhizom (Havas och Kubin 1983; Sjöars 1989). Genom resursallokering i den underjordiska biomassan har blåbär en förmåga till snabb återhämtning (Tolvanen och Taulavuori 1998; Hautala et al 2008) samtidigt som blåbär är väldigt känslig för störning av rhizomen (Tolvanen 1994; Hautala et al 2001). När de ovanjordiska skotten skadas aktiveras de vilande adventivknopparna på rhizomen och orsakar en ökning av antalet knoppar som bryter och skjuter (Tolvanen 1994; Hautala et al 2001).

Avsikten med denna studie var att undersöka om i) ånga är en effektivare metod för att kontrollera och reducera återväxten av konkurrerande blåbär jämfört

med bränning och klippning och om ii) uttorkningen av rhizomen genom det kvarlämnade ångade döda blåbärsriset är huvudorsaken till den låga skottskjutningen och återkoloniseringen av blåbär efter ångbehandling.

5. Material och Metod

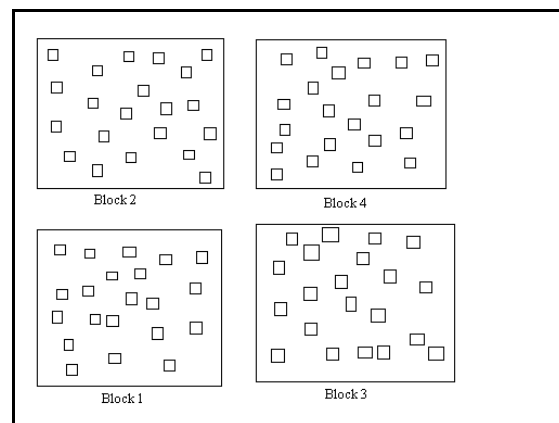
5.1 Fältförsökets lokal

Fältarbetet utfördes inom den mellanboreala zonen (Ahti et al 1968), i norra Sverige, cirka 20 kilometer nordväst om Umeå (Bäcksjön 65°00' N; 19°20' E, 85 m över havet). Fältförsöket var lokaliserat i ett 125-årigt blandbestånd som dominerades av gran (*Picea abies* L.) och med spridda individer av tall (*Pinus sylvestris* L.) och björk (*Betula pendula* Roth) (Anonym 1999). Beståndet var beläget i en svag sluttning med rörligt grundvatten och hade en grundyta på 4,3 m³sk/ha/år (G22) (Hägglund och Lundmark 1977). Marken var relativt jämn bestående av relativt finkornig bottenmorän med visst steninslag. Fältskiktet dominerades av blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.) och lingon (*Vaccinium vitis-idaea* L.) och bottenskiktet av väggmossa (*Pleurozium schreberi* (Brid) Mitt.) och husmossa (*Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G.). Beståndet faller in under skogstypen: *Picea abies*- *Vaccinium myrtillus*-typ (Påhlsson 1994).

5.2 Fältförsökets design.

Ett randomiserat provyteexperiment, med totalt 84 ytor (55*55centimerer) indelade i fyra block, sattes upp inom försöksområdet den 7-8 juni 2004 (Fig. 1). Totalt 7 behandlingar slumpades ut på de 21 ytorna i varje block, vilket gav 3 replikat per behandling. Försöksresultaten analyserades som två separata studier, markberedningsförsöket och

kombinationsförsöket, med ångbehandlingen som gemensam nämnare.



Figur 1. Fältförsöket var designat som fyra block vilka vardera innehöll 21 försöksytor. De 7 behandlingarna slumpades på 21 ytor med tre replikat av varje behandling.

5.3 Markberedningsstudie

Detta experiment utfördes för att jämföra effektiviteten av ångbehandling på blåbärs skottskjutning med andra markberedningsmetoder, i det här fallet; bränning och klippning.

Tolv ytor i varje block behandlades, efter slumpning, med ångning, bränning, klippning eller lämnades obehandlade. Före ångning placerades två temperaturloggar med externa givare (Tinytag PT 100 IP-68, Gemini Data Loggers (UK)LTD) på marken i ytan för att mäta temperaturen under ångningen. För att minimera förlusten och reducera den laterala spridningen av ånga, placerades en 30 cm hög aluminiumram (55*55*30 cm) på ytan innan ångningen. Ramen möjliggjorde även en separation av blåbärsskott som hörde hemma i respektive utanför ytan. En huv, med ett fastmonterat ångmunstycke, kopplat till ett torrångningsaggregat (WR Damp, Hedehusene, Danmark) placerades på ramen och varje yta ångades under 60 sekunder. För att försäkra full effekt av ångan lämnades huven på ytan ytterligare 15 sekunder efter ångning. Aluminiumramen placerades också på de ytor som skulle brännas för att förhindra att

elden spred sig utanför ytan. Fält och bottenkiktet inuti ramen brändes med hjälp av en propanbrännare tills de ovanjordiska växtdelarna och förnan var förkolnade. Som säkerhetsåtgärd för att förhindra brand vattnades alla ytor efter bränning. De ytor som klipptes markerades i hörnen med plastpinnar och all vegetation inom ytan klipptes vid markytan med sax.

5.4 Kombinationsstudie

Syftet med detta experiment var att undersöka om det ångade och därigenom döda blåbärriset som lämnades på behandlade ytor fungerade som uttorkningsventiler och orsakade en uttorkning av rhizomen vilket i sin tur resulterade i färre antal skjutande skott.

Ytorna fördelades slumpmässigt till någon av de fyra olika kombinationerna av ångbehandling och klippning; enbart ångning, först ångning och därefter klippning, klippning följt av ångning och endast klippning. Ångning och klippning utfördes på samma sätt som i markberedningsstudien.

5.5 Kantgrävningseffekt

Ytterligare en behandling lades till försöket för att undersöka vilken effekt den omgivande vegetationen hade på skottskjutningen hos blåbär i ytorna samt om skador (t.ex. avhuggning eller jack) på rhizomen hade någon effekt på återväxten i ytorna. Efter ångning av tolv slumpmässigt valda ytor (på samma sätt som beskrivet ovan) kantgrävdes ytorna med en spade till ett djup av 20 cm.

5.6 Avläsning

För att kunna beräkna blåbärrisets biomassa i beståndet vid experimentets start samlades allt klippt blåbärris från ytorna in i papperspåsar, ugnstorkades i 70°C i 48h och vägdes. Blåbärrisets medelbiomassa var 321 g/m². I varje yta uppskattades den totala täckningsgraden av blåbär under 40 månader och antalet nya

blåbärsskott räknades under 15 månader. Djupet vilket de nya skotten sköt ifrån mättes 13 månader efter behandlingen. För att minimera kanteffekten markerades och avlästes en 40*40 cm yta i mitten av 55*55 cm ytan.

5.7 Statistik

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de fyra blocken för någon av de testade parametrarna ($P=0.248-0.996$) och därför uteslöt blockfaktorn från fortsatta statistiska analyser. ”Markberednings-” och ”kombinations-”experimenten analyserades separat. Den ickehomogena procentuella täckningsgraden, antal skott och skottdjupsdata analyserades med hjälp av en robust envägs ANOVA följt av Tamhanes T2 test, vilken inte kräver samma varians för att separera de olika behandlingarna. Kantgrävningens effekt på täckningsgrad, antal skott och skottdjup (homogent data) analyserades med en envägs ANOVA följt av Tukey HSD test. För att analysera skillnaderna i markytetemperatur mellan ångningarna under ångbehandlingen användes en envägs ANOVA följt av Tukey HSD test. All statistik analyserades med SPSS 12.0.1 statistik program.

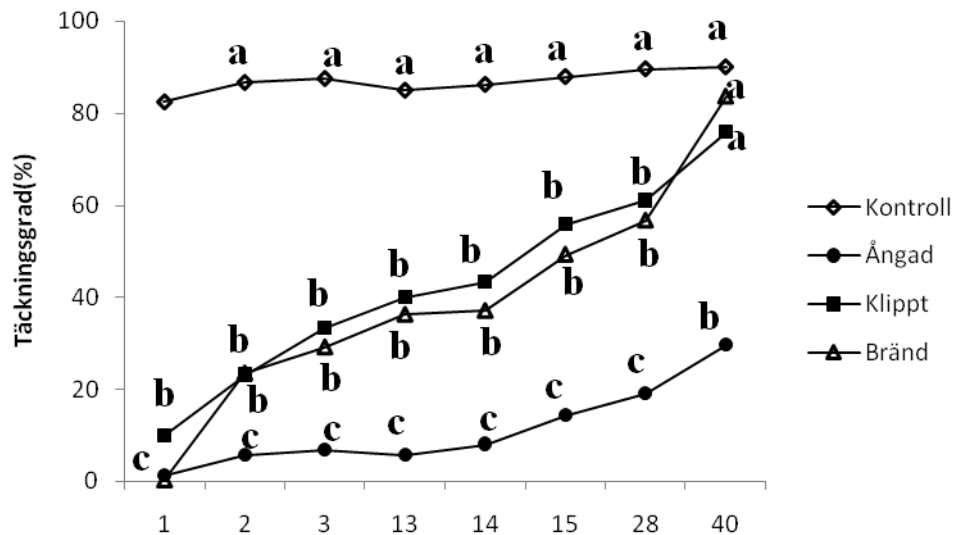
6. Resultat

6.1 Markberedningsstudie

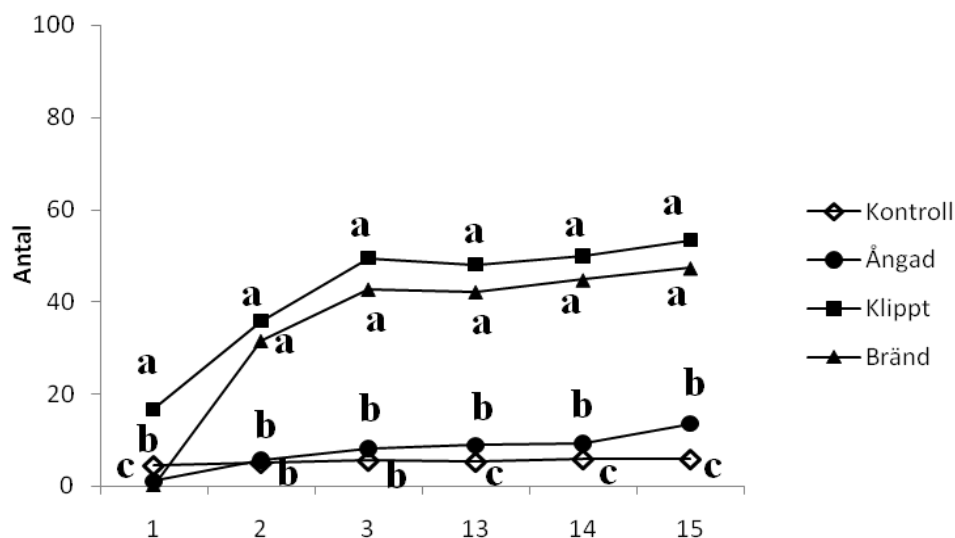
Ångning var en effektivare metod för att förhindra återväxt av blåbär jämfört med bränning och klippning (Fig. 2a) Fortfarande efter 40 månader var täckningsgraden av blåbär på de ångade ytorna signifikant lägre än på ytorna som klipptes, brändes eller förblev obehandlade (kontroll). Täckningsgraden av blåbär på ytor där blåbär klippts eller bränts skiljde sig inte signifikant från varandra. Av naturliga skäl hade de obehandlade ytorna den signifikant högsta täckningsgraden av alla behandlingar under de tre första åren.

Fyrtio månader efter behandling hade blåbär på de klippta eller brända ytorna återhämtat sig totalt och täckningsgraden skiljde sig inte signifikant från de obehandlade ytorna. Antalet nya blåbärsskott var signifikant lägre efter att blåbär ångats jämfört med när det klipptes

eller brändes (Fig. 2b). En månad efter behandling var det fler nya skott i obehandlade ytor jämfört med ångade ytor. Allt eftersom tiden gick ökade antalet nya blåbärsskott på de ångade ytorna.



Figur 2a. Totala täckningsgraden (%) av blåbär (*Vaccinium myrtillus*) efter ång-, bränn-, klipp- behandling och kontroll, avläst under 40 månader efter behandling. Mätpunkter markerade med olika bokstäver är signifikant skilda vid $P < 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust ANOVA).

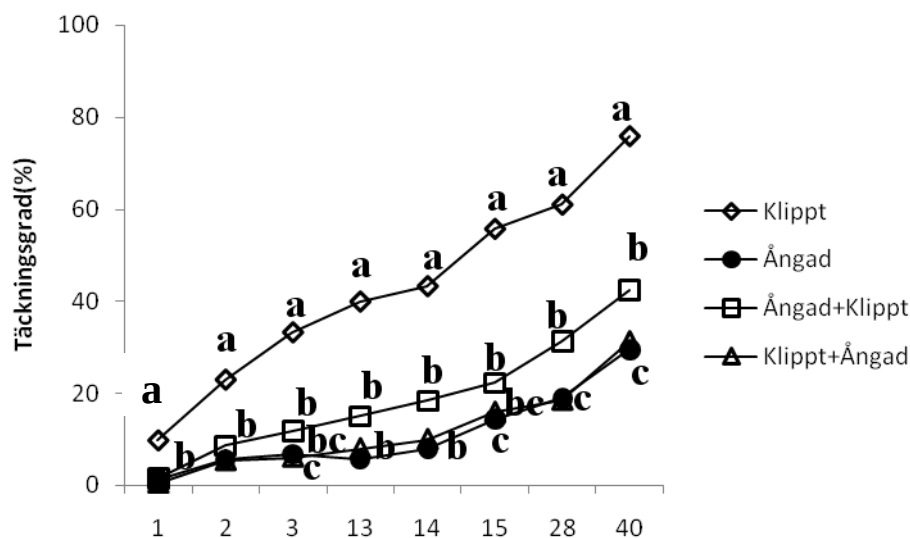


Figur 2b. Antal nya blåbärsskott (*Vaccinium myrtillus*) efter ång-, bränn-, klipp- behandling och kontroll, avläst under 15 månader efter behandling. Mätpunkter markerade med olika bokstäver är signifikant skilda vid $P < 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust ANOVA).

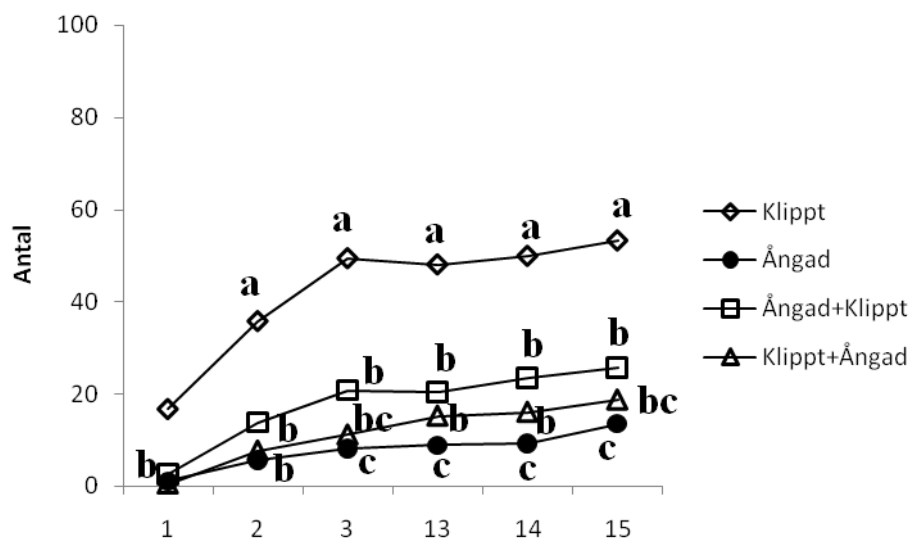
6.2 Kombinationsstudie

Täckningsgraden av blåbär var signifikant lägre efter ångbehandling, i kombination med eller utan klippning, jämfört med enbart klippning (Fig. 3a). Signifikant lägst täckningsgrad av blåbär noterades vid enbart ångning eller när klippning följt av ångning utfördes. Antalet nya blåbärsskott var också signifikant lägre när blåbär behandlades med ånga i någon

kombination med klippning jämfört med enbart klippning (Fig. 3b). Signifikant lägst var antalet nya blåbärsskott vid enbart ångning jämfört med ånga i någon kombination med klippning. Antalet nya skott i ytor som enbart ångats var enbart signifikant skiljt från ytor som ångats och sedan klippts, men inte från de ytor som först klippts och sedan ångats.



Figur 3a. Totala täckningsgraden (%) av blåbär (*Vaccinium myrtillus*) efter olika kombinationer av ång- och klipp- behandlingar, avläst under 40 månader efter behandling. Mätpunkter markerade med olika bokstäver är signifikant skiljda vid $P < 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust ANOVA).

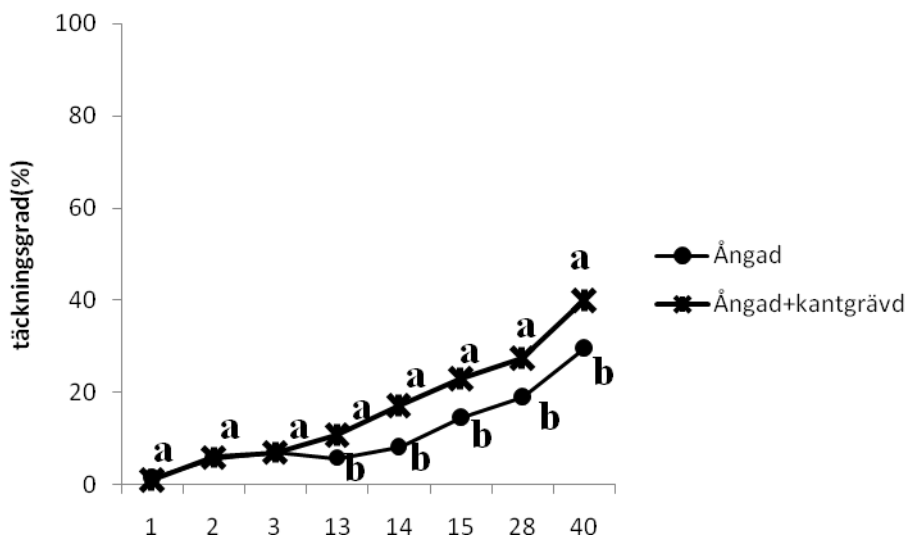


Figur 3b. Antal nya blåbärsskott (*Vaccinium myrtillus*) efter olika kombinationer av ång- och klipp- behandling, avläst under 15 månader efter behandling. Mätpunkter markerade med olika bokstäver är signifikant skiljda vid $P < 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust ANOVA).

6.2.1 Kantgrävningseffekt

Det var ingen skillnad i täckningsgraden av blåbär på ångade ytor med eller utan

kantgrävning under det första året efter behandling (Fig. 4). Från och med andra året efter behandling noterades ett signifikant högre antal nya skott på kantgrävda ytor.



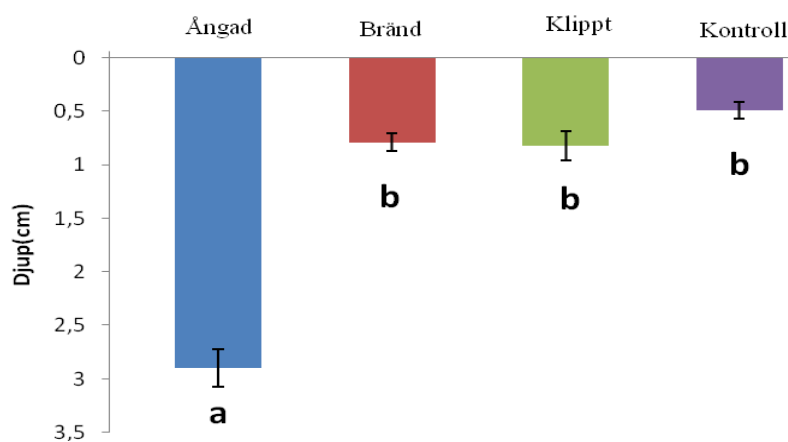
Figur 4. Täckningsgraden (%) av blåbär (*Vaccinium myrtillus*) efter ångning och ångning följt av kantgrävning, avläst under 40 månader efter behandling. Mätpunkter markerade med olika bokstäver är signifikant skiljda vid $P < 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust ANOVA).

6.3 Skottdjup

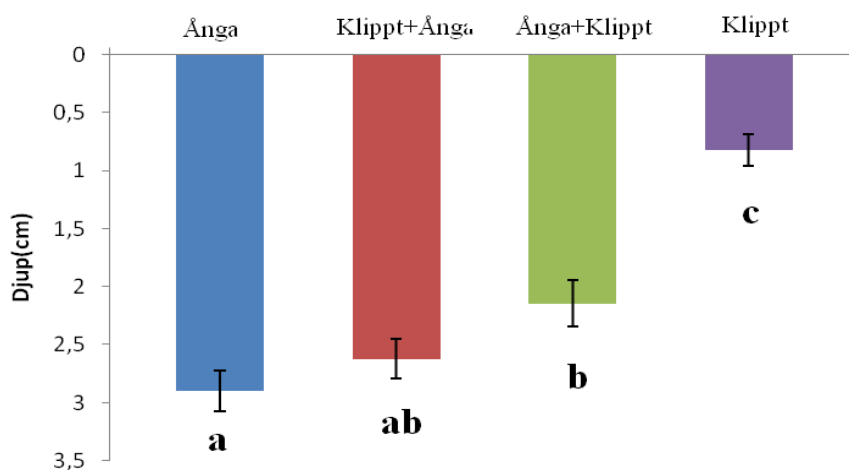
De nya blåbärsskotten sköt från adventivknoppar på rhizomen, cirka 0,5-1 cm under markytan, i obehandlade, klippta eller brända ytor (Fig. 5). När blåbärsvegetationen ångades sköt skotten från rhizom signifikant djupare ner i marken vid ett djup på nästan 3cm.

I kombinationsstudien då blåbärsriset klipptes direkt efter ångning sköt de nya skotten från ett signifikant grundare djup

(21mm) jämfört med de nya skotten i ytorna utsatta för enbart ångning (28mm) (Fig. 6). När blåbärsriset klipptes före ångningen, var skottskjutningsdjupet inte signifikant skiljt från det som uppmätts i de andra ångbehandlingarna. Kantgrävning runt de ångade ytorna påverkade inte skottskjutningsdjupet på de nya skotten signifikant och medeldjupet var 2,93 och 2,90 cm i de ytor som var kantgrävda respektive inte kantgrävda.



Figur 5. Medeldjup ($\pm$ SE) under markytan från vilket nya blåbärsskott (*Vaccinium myrtillus*) sköt (d.v.s position av överlevande knoppar) efter ång-, bränn- och klipp- behandling och kontroll, avläst ett år efter behandling. Staplar toppade med olika bokstäver är signifikant skiljda vid $P \leq 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust envägs ANOVA).

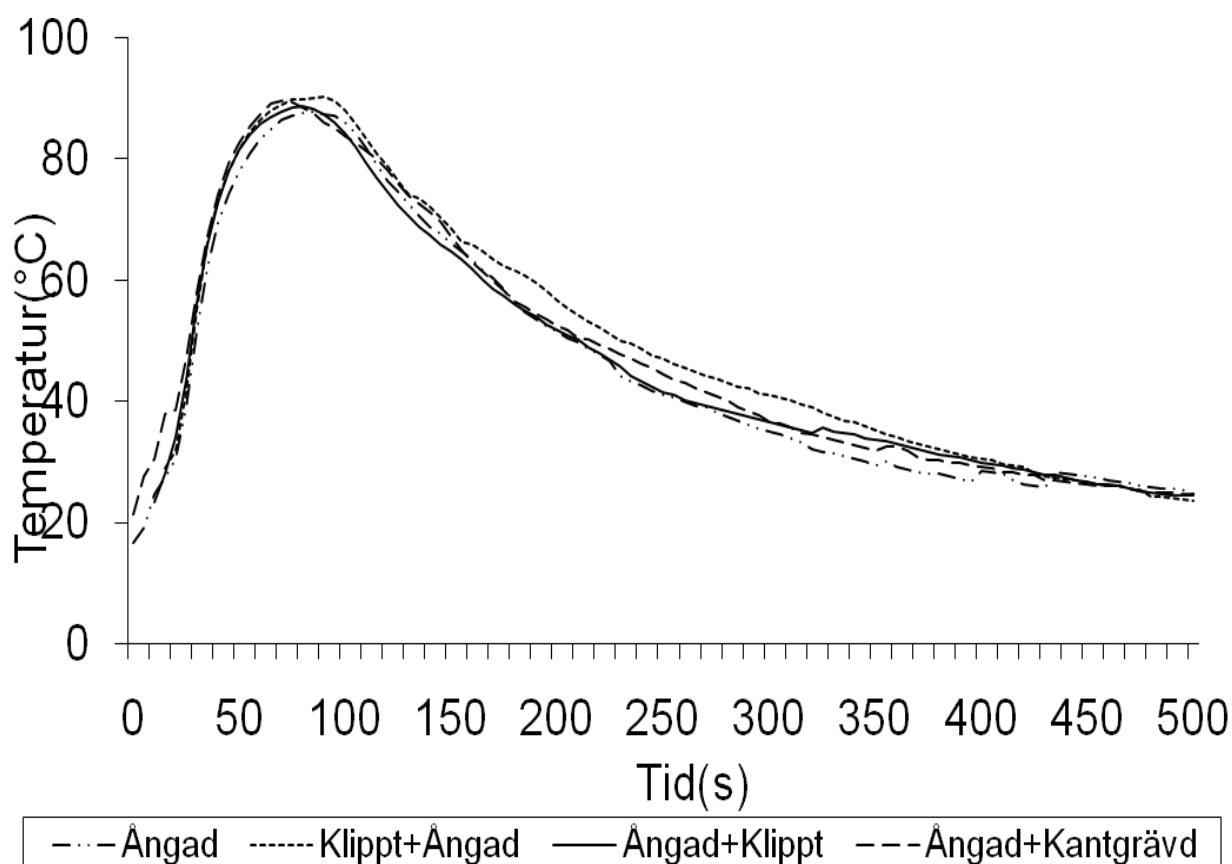


Figur 6. Medeldjup ($\pm$ SE) under markytan från vilket nya blåbärsskott (*Vaccinium myrtillus*) sköt (d.v.s position av överlevande knoppar) efter olika kombinationer av ång- och klipp- behandlingar, avläst ett år efterbehandling. Staplar toppade med olika bokstäver är signifikant skiljda vid $P \leq 0,05$ (Tamhane's T2 följt av Robust envägs ANOVA).

6.4 Temperatur

Markytans temperatur under ångning var den samma i alla fyra ångbehandlingsvarianterna (Fig.7). Den maximala temperaturen som uppmättes i en enskild yta varierade från 81,8°C-98,9°C.

Medeltemperaturen i behandlingarna varierade mellan 90,2°C (i klippt och ångad) och 87,8°C (i ånga) men skillnaden var inte statistiskt signifikant ($P=0.076-0.954$).



Figur 7. Medeltemperatur (°C) registrerat vid markytan under de 60 sekunder ångbehandlingen pågick i de fyra olika ångbehandlingarna: Ånga, klippt och ångad, ångad och klippt respektive ångad och kantgrävd i juni 2004.

7. Diskussion

Fortfarande 40 månader efter behandling var ångning den effektivaste metoden för att kontrollera blåbärsvegetationen jämfört med bränning och klippning. Den totala täckningsgraden och antalet nya blåbärsskott var signifikant lägre efter ångbehandling. Dessa resultat stämmer väl överrens med tidigare studier där ångning har använts för att reducera konkurrerande vegetation (Norberg et al 1997; Zackrisson et al 1997; Jäderlund et al 1998; Norberg 2001; Norberg et al 2001).

Jag har i den här studien visat att blåbärsskott skjuter från knoppar på rhizom lokaliserade signifikant djupare ner i marken när blåbärsvegetationen dödades med ånga eller med ånga i kombination med att blåbärsriset klipptes jämfört med när det enbart brändes, klipptes eller lämnades obehandlat. Detta visar att ångan skadar eller dödar knoppar djupare ned i humus/jord än de andra behandlingarna gör, vilket i detta experiment, resulterade i ett mindre antal levande knoppar som utvecklades till nya skott. Som ett resultat av detta hade blåbär en avsevärt lägre täckningsgrad på ytor där blåbär ångats. Orsaken till frånvaro av nya skott är uppenbart inte enbart att ångan kan ge upphov till dödliga temperaturer i marken (över 55-60°C) (Granström och Schimmel 1996). Andra studier har visat, att trots att rhizomen inte utsätts för dödliga temperaturer, uteblir skottskjutning hos ett antal fältskiktsarter efter ångbehandling (Norberg et al 1997; Norberg 2001; Jäderlund och Dolling 2008). Den långsiktiga markberedningseffekt som ångan bidrar till (dvs den långsamma återkolonisationen) visar att rhizomen skadas eller kanske till och med dödas (Norberg et al 1997; Zackrisson et al 1997; Jäderlund et al 1998; Norberg et al 2001). Ny forskning visar att värmen från ångan inte överförs via ovanjordsskotten till de underjordiska delarna (Jäderlund och Dolling 2008). Det är alltså inte en snabb värmeöverföring till rhizomen som skadar

dess. Värmeöverföringen från de ovanjordiska delarna av blåbär till de underjordiska rhizomen går lika sakta som värmeöverföringen i jorden. Klippning eller annan skada på de ovanjordiska växtdelarna hos växter med rhizom aktiverar de vilande adventivknopparna vilket orsakar en ökning i antalet knoppar som bryter vilan och skjuter (Emanuelsson 1984; Tolvanen 1994; Tolvanen et al 1994; Hautala et al 2001). Inom några år efter störningen har denna typ av vegetation dvs blåbär etablerat en täckningsgrad liknande den innan störningen (Hautala et al 2001; Hautala et al 2008). Den normalt snabba återhämtningen efter störning hos blåbär beror på dess förmåga att lagra näringsresurser i rhizom under vila (Tolvanen och Taulavuori 1998; Hautala et al 2008).

Kantgrävning på ytor där blåbär ångats hade en signifikant positiv effekt på täckningsgraden av blåbär. Troligtvis har kantgrävningen bidragit till att utestänga konkurrerande vegetation vilket haft positiv effekt på återkoloniseringshastigheten hos blåbär. Tolvanen et al (1993) har visat att rötter och rhizom hos omgivande blåbärsvegetationen har en negativ effekt på de behandlade ytorna då de konkurrerar om samma resurser i form av näring och vatten.

Jag fann att genom att klippa blåbärsriset direkt efter ångning så sköt de nya blåbärsskotten högre upp på rhizomen. Antalet nya skott ökade också signifikant jämfört med blåbärsskott på de ytor som enbart ångades. Dessa resultat visar att de kvarstående döda blåbärsriset har en negativ effekt på skottskjutningen efter ångning. Detta experiment kan inte ge den exakta förklaringen till detta men resultaten stödjer hypotesen att det efter ångning är det kvarstående döda blåbärsriset som har en uttorkande och därmed skadlig effekt på rhizomen hos blåbär. När kutikulan på blad och stammar förstörs av ångan vädras vätskan i vegetationen ut genom epidermis och

klyvöppningar (AquaHeat 1994; Kurfess och Kleisinger 2000).

När blåbär först ångades och därefter klipptes ökade såväl täckningsgraden av blåbär såväl som antalet nya blåbärsskott jämfört med när blåbär enbart ångades. Detta beror troligtvis på att utvädringen minskade när riset klipptes bort. Vilket i sin tur förhindrade en uttorkning av rhizomen. Trots att det inte är signifikanta skillnader mellan antalet nya blåbärsskott när blåbär först klipptes och därefter ångats och de två andra ångbehandlingarna där blåbär först ångats och därefter klipptes eller enbart ångats så är det ändå troligt att ångning ger två olika effekter, en temperatureffekt och en uttorkningseffekt. När blåbär enbart ångas påverkar både temperatur och uttorkning skottskjutningen negativt. När skotten klipps av före eller efter ångning påverkar endast temperaturen skottskjutningen negativt. Den negativa effekten är större om klippning sker före ångning eftersom marktemperaturen blir högre då värmeenergi inte överförs till blåbärsliset utan kanaliseras direkt till marken och också lättare kan penetrera markytan. Konsekvensen av detta blir att ett större antal knoppar skadas eller dödas vilket får till följd att antalet skjutande blåbärsskott och påföljande täckningsgrad blir lägre. Detta stöds av det faktum att klippta och ångade blåbärsytor hade den högsta medeltemperaturen (90.2 °C) vid markytan under ångning. Dessutom sköt blåbärsskotten från en djupare nivå på rhizomen på ångade och klippta blåbärsytor vilket stöder denna förklaring, även om skillnaden i djup inte var statistiskt signifikant.

Ånga som en markberedningsmetod för att ta bort oönskad konkurrerande vegetation anses vara ett effektivt alternativ till traditionell mekanisk markberedning (Norberg et al 1997; Norberg 2001). De traditionella markberedningsmetoderna som används idag orsakar stor skada på marken och ändrar mikroklimatet för den överlevande vegetationen (Johansson

1994; Lundmark-Thelin och Johansson 1997; Norberg et al 1997; Fröjd och Norman 2007). Ånga som markberedningsmetod är ekologisk d.v.s. orsakar liten eller ingen störning i marken, och har inga långsiktiga negativa effekter på miljön då den lämnar marken intakt. Ångan dödar oönskad vegetation och lämnar den döda vegetationen att brytas ned på samma sätt som den naturligt gör på hösten. Under nedbrytningsprocessen frigörs näringsämnen som kan användas av trädplantor. Ångan eliminerar flera av de arter som konkurrerar med trädplantor. Återkoloniseringen av blåbär har också visat sig gå sakta (Norberg et al 1997; Jäderlund et al 1998; Zackrisson et al 1997; Norberg et al 2001; Norberg och Dolling 2002). De senaste årens tekniska utveckling har resulterat i effektivare ångaggregat vilket gör att ångning har en potential att bli en hållbar och praktisk markberedningsmetod i dagens skogsbruk.

8. Slutsatser

Ångning är en effektiv ekologisk markberedningsmetod som inte orsakar oönskad störning på miljön. Ångan är effektiv inte bara på grund av värmeöverföring till plantorna utan också på grund av den uttorkande effekten när det ångade döda riset står kvar. De underjordiska delar av blåbärsvegetationen som överlever de höga temperaturerna dör istället genom uttorkning när vattnet i rhizomen vädras ut genom de kvarstående döda delarna. Rhizom- och knoppsdöd som orsakades av uttorkning på ångade ytor resulterade i ett signifikant lägre antal blåbärsskott jämfört med blåbärsytor som klipptes eller brändes. Ångning har en potential att bli en hållbar och praktisk markberedningsmetod inom skogsbruket tack vara de senaste årens snabba tekniska utveckling av ångaggregat. Innan ånga kan bli en vedertagen markberedningsmetod måste ångutrustningen anpassas för skogliga behov och kostnader reduceras.

9. Tack till...

Först skulle jag vilja tacka mina fantastiska handledare Anders Jäderlund och Ann Dolling för deras goda råd, all deras tid, skickliga kommentarer på rapporten, ständiga entusiasm, trevliga möten och diskussioner, assistans under

fältförsöksbehandlingarna och alla skratt. Så skulle jag vilja tacka min pojkvän för hans engagemang, ”pep talks”, diskussioner, upptåg, busighet och skratt. Andreas – du får mig att skratta, känna mig lugn och trygg och du kan utmana mig som ingen annan! Och ett slutligt tack till alla mina nära och kära för all uppmuntran!!

10. Referenser

Ahti, T., Hämet-Ahti, L., and Jalas, J. 1968. Vegetation zones and their actions in northwestern Europe. *Ann. Bot. Fenn.* 5:163-211

Anonymous .1999. Forest Management Plan for Bäcksjön 2:1, Swedish Forest Agency. pp.31

Anonymous. 2000. Statistical Yearbook of Forestry. National Board of Forestry, Jönköping, Sweden.

AquaHeat. 1994. AquaHeat vegetation control system., pp. 4, Minneapolis

Emanuelsson, U. 1984. Ecological effects of grazing and trampling on mountain vegetation in Northern Sweden. Ph.D thesis Department of Plant Ecology, University of Lund, Sweden.

Flinn, M.A., and Pringle, J.A. 1983. Heat tolerance of rhizomes of several understory species. *Canadian Journal Botanic.* 61:452-457

Fröjd, D.C. and Norman, P. 2007. Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark. Rapport från Riksantikvarieämbetet 2007:9

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

Hautala, H., Tolvanen, A. and Nuortila, C. 2001. Regeneration strategies of dominant boreal forest dwarf shrubs in response to selective removal of understorey layers. *Journal of Vegetation Science* 12:503-510

Hautala, H., Tolvanen, A. and Nuortila, C. 2008. Recovery of pristine boreal forest floor community after selective removal of understorey, ground and humus layers. *Plant Ecol* 194:273-282

Havas, P. & Kubin, E. 1983. Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in Northern Finland. *Annales Botanici Fennici* 20:115-149

Hultèn, E. & Fries, M. 1986. Atlas of North European vascular plants. 2. Koeltz Scientific Books, köningstein

Hägglund, B., and Lundmark, J-E. 1977. Site index estimations by means of site properties. Scots pine and Norway spruce in Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 138

Johansson, M.-B. 1994. The influence of soil scarification on turn-over rate of slash needles and nutrient release. *Scand. J. For. Res* 9:170-179

Jäderlund, A., Norberg, G., Zackrisson, O., Dahlberg, A. Demel Teketay, Dolling, A., and Nilsson, M-C. 1998. Control of bilberry vegetation by steam treatment: effects on seeded Scots pine and associated mycorrhizal fungi. *Forest Ecology and Management* 108:275-285

Jäderlund, A. 2001. Bilberry(*Vaccinium myrtillus* L.) in a boreal forest ecosystem- effects on tree seedling emergence and growth. Doctoral dissertation. ISSN 1401-6230, ISBN 91-576-6072-7

Jäderlund, A. & Dolling, A. 2008. Vegetation control using steam – heat dispersal in *Pteridium aquilinum* and *Vaccinium myrtillus* rhizome systems. *Weed Research*. Submitted.

Kurfess, W. & Kleisinger, S. 2000. Effect of hot water on weeds. *Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz- Journal of Plant Diseases and Protection*, 473-477.

Lundmark-Thelin, A. & Johansson, M-B. 1997. Influence of mechanical site preparation on decomposition and nutrient dynamics of Norway spruce(*Picea abies* (L.)Karst.)needle litter and slash needles. *Forest Ecology Management*. 96:101-110

Maschinski, J. & Whitham, T.G.1989. The continuum of plant responses to herbivory: the influence of plant association, nutrient availability, and timing. *Am.Nat.* 134:1-19

Nilsson, M-C and Wardle, D. 2005. Understory Vegetation as a Forest Ecosystem Driver: Evidence from the Northern Swedish Boreal Forest. *Front Ecol Environ.* 3(8):421-428

Norberg, G., Jäderlund, A., Zackrisson, O., Nordfjell, T., Wardle, D.A., Nilsson, M-C., and Dolling, A. 1997. Vegetation control by steam treatment in boreal forests: A comparison with burning and soil scarification. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 2026-2033

Norberg, G. 2001. Steam treatment of forest ground vegetation to improve tree seedling establishment and growth. Doctoral thesis. ISSN 1401-6230, ISBN 91-576-6054-9

Norberg, G., Dolling, A., Jäderlund, A., Nilsson, M.C and Zackrisson, O. 2001. Control of heather (*Calluna vulgaris* (L.)Hull) by steam treatment: Effects on establishment and early growth of Scots pine. *New Forests* 21:187-198

Norberg, G. & Dolling, A. 2002. Steam treatment as a vegetation management method on a grass-dominated clearcut. *Forest Ecology and Management*. 174: 213-219.

Påhlsson, L. 1994. Vegetationstyper i Norden. Nordiska Ministerrådet. Köpenhamn, p. 630

Rosén, K., and Lundmark-Thelin, A. 1986. Hyggesbruket och markvården. In Skogsakta. Konferens 9. Skogen som natur och resurs-mark-flora-fauna. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Pp.42-49

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

Sjörs, H. 1989: Blåbär. *Vaccinium myrtillus*-ett växtporträtt. *Svensk Bot. Tidskr.* 83:411-428

Tolvanen, A., Laine, A., Pakonen, T., Saari, E. & Havas, P. 1993: Effect of habitat and time on clipping on the recovery of bilberry (*Vaccinium myrtillus*). Ann. Bot. Fennici 30:15-20. Helsinki.

Tolvanen, A. 1994. Recovery ability and plant architecture: a comparison of two Ericaceous dwarf shrubs. Acta Univ. Ouluensis Ser. A Sci. Rerum Nat. Biol. 253:1-38

Tolvanen, A., Laine, K., Pakonen, T., Saari, E., and Havas, P. 1994. Responses to harvesting intensity in a clonal dwarf shrub, the bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Vegetatio 110 (2): 163-169

Tolvanen, A. and Taulavuori, K. 1998. Timing of deacclimation affects the ability to recover from simulated winter herbivory. Plant Ecology 135:9-12

Zackrisson, O., Norberg, G., Dolling, A., Nilsson, M-C., and Jäderlund, A. 1998. Site preparation by steam treatment-effects on forest vegetation control and establishment, nutrition and growth of seeded Scots pine. Canadian Journal of Forest Research 27:315-322.

Örlander, G., Gemmel, P. and Hunt, J. 1990. Site preparation: a Swedish overview. B.C. Ministry of Forests. FRDA report 105, pp.1-61

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2008:16 Författare: Ylva Linnman-Vänglund
How is the distribution of the epiphytic lichen *Usnea longissima* affected by forest structure and logging history within stands?
- 2008:17 Författare: Anna Högdahl
Naturvårdande skötsel (NS) – blir resultatet som man tänkt sig? En fältstudie över föryngring, trädslagsfördelning och död ved 14 år efter åtgärd
- 2008:18 Författare: Ann Österström
Flygbildsanalys av trädskiktets status efter brand. En metodstudie
- 2008:19 Författare: Anna Karlsson
Årstidsdynamik för kvicksilver i ett sötvattensediment
- 2008:20 Författare: John Erlandsson
Fukthalt i GROT – påverkande faktorer
- 2008:21 Författare: Magnus Härjegård
Föryngringsresultatet efter en vegetationsperiod med plantering, sådd och såddbrikett för svensk tall (*Pinus sylvestris* L.) och contortatall (*P. contorta*)
- 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

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