



Examensarbeten

2018:1

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Tillväxteffekter för tall 33 år efter konventionell gallring och gödsling

*Growth effects of pine in Sweden 33 years after conventional thinning
and fertilization*

Gustav Nord



Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2018:1

Tillväxteffekter för tall 33 år efter konventionell gallring och gödsling

Growth effects of pine in Sweden 33 years after conventional thinning and fertilization

Gustav Nord

Nyckelord / Keywords:

Gallring, gödsling, långsiktig, tillväxt /
Thinning, fertilization, long-term, growth

ISSN 1654-1898

Umeå 2018

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogsvetenskap / *Master degree thesis in Forest Sciences*

EX0831, 30 hp, avancerad nivå A2E / *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Erik Valinger

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Examinator / *Examiner*: Tommy Mörling

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 handletts 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.

Tillväxteffekter för tall 33 år efter konventionell gallring och gödsling

Growth effects of pine in Sweden 33 years after conventional thinning and fertilization

Sammanfattning

Gallring och gödsling är i Sverige två vanliga och viktiga skogskötselåtgärder. Gallring är den arealmässigt vanligaste skogsbruksåtgärden. Skogsgödsling däremot har varierat i omfattning de senaste årtiondena och är idag inte särskilt omfattande. Gallring görs främst för att främja beståndsegenskaper medan gödsling görs för att öka tillväxten inför kommande slutavverkning. Vid gallring minskar den totala tillväxten i beståndet men tillväxten ökar för de enskilda träd som står kvar. Gödsling ökar tillväxten genom att de näringsämnen som begränsar tillväxten tillförs. Ett vanligt intervall för denna typen av studier är 5 - 10 år, i det här försöket analyserade vi tillväxteffekter 33 år efter gallring och gödsling, ett förhållandevis mycket långt tidsperspektiv. Försöket var beläget på Svartbergets försökspark utanför Vindeln i Västerbotten. Försöket var utlagt med en split-plot design och innefattade fyra behandlingar och tolv upprepningar. Behandlingarna var 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling. Gallring minskade den totala och den löpande tillväxten i beståndet 33 år efter behandling. Gallring ökade grönkronans storlek och diametertillväxten för de enskilda träden. Gödsling gav inga tillväxteffekter för de 33 år som försöket varit utlagt. Sammanfattningsvis visar den här studien att tillväxten för tall i norra Sverige kan långsiktigt förändras med skogskötselåtgärder. Gallring förändrade egenskaper både på enskilt träd och på beståndsnivå, gödsling däremot gav inga så långvariga effekter.

Nyckelord: Gallring, Gödsling, Långsiktig, Tillväxt

Abstract

Thinning and fertilization are two common and important forest management measures in Sweden. Thinning is the areal-wise most common forestry measure. Forest fertilization on the other hand, has varied widely in recent decades and is currently not very extensive. Thinning is done primarily to promote stock properties while fertilization is done to increase growth for future final harvesting. In the case of thinning, overall growth in the stock decreases, but growth increases for the individual trees remaining. A common interval for this type of study is 5 to 10 years. In this experiment, we analyzed growth effects 33 years after thinning and fertilization, a relatively long time perspective. The experiment was located at Svartberg's experimental park outside Vindeln in Västerbotten. The trial was done with a split-plot design and included four treatments and twelve repetitions. The treatments were 1) control, 2) fertilization, 3) thinning, 4) thinning and fertilization. Thinning decreased the overall and the current growth in the stock 33 years after treatment. Thinning increased the size of the green crown and the diameter growth for the individual trees. Fertilization did not give rise to any growth effects after 33 years of the trial. In summary, this study shows that the growth of a pine stand in northern Sweden can be changed in the long term by using forest management measures. Thinning changed the properties of both individual trees and tree stands, however, fertilization did not produce such long-term effects

Keywords: Thinning, Fertilization, Long-term, Growth

Introduktion

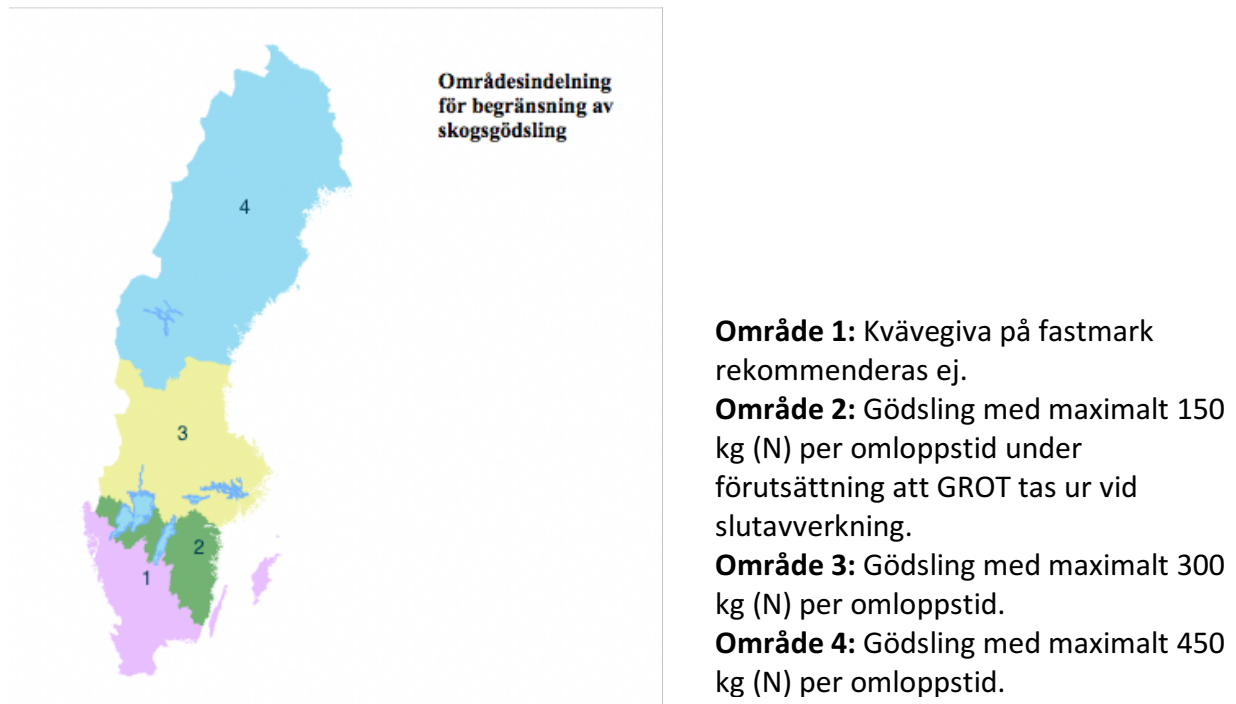
1. Bakgrund

a. Skogsskötsel, nuläget, omfattning

Skogsskötsel i allmänhet syftar till att främja olika nyttor. Skogsskötsel innefattar att få skogsbestånd att förnyas, tillväxa och vårdas för att utnyttja markens förmåga att producera olika nyttigheter. Här innefattas förstås virkesproduktion, men det kan även innehålla natur- och kulturmiljöer och en hel del andra nyttor (Albrektson et al., 2012).

Den idag arealmässigt vanligaste skogsskötselåtgärden är gallring. Ungefär 360 000 hektar (ha) gallras årligen i Sverige (Skogsstyrelsen, 2014). Därefter i storlek kommer röjning och slutavverkning. Gallring definieras som en åtgärd där beståndet utglesas och virket som faller ut tas om hand (till skillnad från röjning där utfallet inte tas om hand) (Agestam, 2009). Idag gallras de allra flesta bestånd en eller flera gånger under en omloppstid, oftast i viss mån sammankopplat med boniteten, där bestånd med högre bonitet gallras fler gånger. Hur mycket det har gallrats historiskt har varierat kraftigt, i perioder så mycket som 900 000 ha, andra betydligt mindre (Skogsstyrelsen, 2014). Variationen beror bland annat på hur mycket volym som gallrats per hektar, där en lägre gallringstyrka oftast innebär att det gallras fler gånger. Historiskt så har perioder där lägre gallringsstyrkor varit vanligare har större arealer gallrats årligen. Idag är det vanligt med gallringsstyrkor mellan 20 - 40 %, vilket innebär att uttag görs motsvarande 20 - 40 % av den totala volymen i beståndet vid gallring (Agestam, 2009).

En annan skogsskötselåtgärd, som syftar till att höja produktionsförmågan på marken är gödsling. Gödsling görs med de näringsämnen som är begränsande för markens möjlighet att ha hög skogsproduktion, vilket på fastmark i Sverige nästan alltid innebär kväve (N). En vanlig gödselgiva i Sverige är 150 kg per ha, vilket ger en tillväxtökning på 10 – 20 m³sk/år under en period av 7 - 11 år (Agestam, 2009). Hur mycket som gödslats i Sverige har varierat kraftigt under de senaste decennierna. I mitten på 1970 talet gödslades ca 200 000 ha gödslades årligen. Den siffran sjönk sedan till början av 2000 talet då enbart 20 000 ha gödslades årligen (Anon, 2012). I Sverige finns det vissa begränsningar för var och i vilken omfattning gödsling är tillåtet. Dels är landet indelat i fyra zoner i vilka gödslingen är begränsad till olika många gånger och med olika stor total gödslingsgiva under en omloppstid (Figur 1) vidare rekommenderas att gödslingsfria zoner lämnas intill vatten, våtmarker, skyddad mark, nyckelbiotoper, tomter och annans mark (Skogsstyrelsen, 2017).



Figur 1. Områdesindelning för gödslingsrekommendationer. Från; Skogsvårdslagstiftningens allmänna råd och föreskrifter, Skogsstyrelsen 2017

2. Fördjupning

a. Gallring, tidigare studier och teorier

Hur gallring påverkar olika beståndsvariabler har studerats länge. I en studie av Li (1923) gallrades Weymouthstall (Pinus strobus) och produktionen jämfördes med ogallrade kontrolltytor. Där visade författaren att tillväxten var större i de gallrade bestånden än i kontrollen. Normen idag är däremot att gallring minskar volymtillväxten både på kort och på lång sikt, som till exempel för tall (Pinus sylvestris) och gran (Picea abies) i en studie av Eriksson and Karlsson (1997) och tall av Mäkinen and Isomäki (2004) visar. Dessa studier visar att ju större gallringsuttag desto lägre blir den totala tillväxten i det gallrade beståndet.

På det enskilda trädet ökar däremot tillväxten vid gallring. Gallring minskar ljuskonkurrensen mellan de kvarvarande träden vilket ger trädet förbättrade tillväxtförhållanden. I en studie av Albaugh et al. (2017) prövades att gallra Loblollytall (Pinus taeda) till olika stamantal vartefter den årliga tillväxten mättes på varje enskilt träd i sex år. De enskilda trädens diametertillväxt ökade signifikant med ökad gallringsstyrka, höjdtillväxten påverkades inte i lika stor utsträckning (skillnad uppmättes på en av fem lokaler). Liknande resultat med ökad diametertillväxt efter gallring observeras både i loblolly och "vanlig" tall i de flesta studier, till exempel (Juodvalkis et al., 2005, Mäkinen and Isomäki, 2004, Moschler et al., 2007). Dessa resultat är dock inte helt samstämmiga med andra, mer kortsiktiga, studier på samma område. Till exempel Crecente-Campo et al. (2009) har studerat tall i Spanien där inte några signifikanta tillväxtökningar på de enskilda träden kunde uppmätas fyra år efter gallring.

Krongränshöjden blir högre och kvoten mellan kronans längd och den totala trädhöjden minskar när bestånd blir tätare. Siemon et al. (1976) studerade hur olika egenskaper i grönkronan förändrades vid gallring av radiatatall (*Pinus radiata*). De kom fram till att gallring, resulterade i träd med större grönkrona jämfört med en ogallrad kontroll. Oliver and Larson (1996) förklarar detta förhållande med att de lägre grenvarven får mer ljus när beståndet gallras, vilket leder till att dessa inte dör i samma takt som motsvarande låga grenvarv i ett ogallrat bestånd. Resultatet blir att grönkronan på sikt blir större i ett bestånd som är gallrat.

b. Gödsling, tidigare studier och teorier

Gödsling görs alltid som en produktionshöjande åtgärd. Hur stor effekten av kvävegödsling blir är beroende av olika ståndortsegenskaper, främst hur begränsande kvävetillgången är. Eriksson and Karlsson (1997) har gjort en genomgång av långsiktiga gödslingsförsök utlagda i hela Sverige som visar att tillväxten är högre i gödslade bestånd än i kontrollytorna. Liknande resultat hittar vi till exempel i Norge med 1,5m² ökad grundytetillväxt 9 år efter gödsling (Børja and Nilsen, 2009). Det finns även försök där flera näringsämnen än kväve tillförts i olika omfattning, till exempel Jacobson and Pettersson (2010). Där 22 år efter gödsling några signifikanta tillväxteffekter inte kunde konstateras annat än för kväve.

Skogforsk har tagit fram praktiska råd för gödsling av skogsmark (Jacobson, 2005). De krav som föreslås vara uppfyllda ska vara; gödslingen ska vara på fastmark och jordmånen ska vara podsol, ståndortsindex bör ligga mellan 16 - 30 m, och minst 80% av grundytan ska vara barrträd, behandlingen ska utföras i förstagallringsskog eller äldre skog, och ingen avverkning ska ske de kommande 10 åren, samt att skogen ska vara frisk och välsluten. Den rekommenderade gödselgivan är 150 kg kväve per hektar men eventuellt något mindre på svaga marker och något högre på bördiga (+- 25 kg) (Jacobson, 2005). Det mest ekonomiska sättet att gödsla skogsmark var i enlighet med dessa instruktioner ungefär ett decennium före slutavverkning (Jacobson and Pettersson, 2010).

Urea var på 60-talet det vanligaste gödselmedlet som användes vid skogsmarksgödsling. Det har sedan via ammoniumnitrat övergått till att det idag uteslutande används kalkammoniumsalspeter (Högbom and Jacobson, 2002). Den första övergången inleddes på 1970-talet när det visade sig att tillväxteffekterna var något högre för behandlingen med ammoniumnitrat och framför allt var det billigare och enklare att sprida så att ekonomin blev bättre. Senare visade det sig att problemet med ammoniumnitrat var att rester av gödselmedlet kunde hittas i intilliggande vattendrag efter att skogsmarken hade gödslats (Högbom and Jacobson, 2002). Detta var något som inte hittades när kalkammoniumsalspeter användes, varför det används idag.

3. Studien specificerad

De vanligaste tidsintervallen för att titta på gallrings och gödslings effekter är mellan 8 - 10 år i boreala förhållanden. Det beror nog på flera saker, framför allt att det är svårt att planera och finansiera experiment med längre tidshorisonter. Andra saker som gör det svårt är olika oförutsedda händelser under vägen. Försöksdesignen måste vara genomtänkt redan från början, det är inte säkert att det är samma frågeställningar som ska besvaras flertalet år senare.

Det finns dock några långsiktiga försök. Binkley and Reid (1984) kunde till exempel se tillväxteffekter närmare 20 år efter att gödsling hade gjorts i bestånd med Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*). Pettersson and Högbom (2004) kunde däremot inte utröna några statistiskt signifikanta tillväxteffekter på gran (*Picea abies*) eller tall 14 – 28 år efter att bestånd gödslats med en engångsgiva om 150 kg kväve (N) per ha. Saarsalmi et al. (2006) gjorde en studie på ett tallbestånd i Finland som kvävegödslades 1978. De visade tillväxteffekter i den gödslade delen av försöket de första åren efter gödsling. Dessa effekter klingade sedan av och 20 - 30 år efter försöksutlägget var tillväxten i de gödslade ytorna och i kontrollen densamma.

Det aktuella beståndet där denna studien var genomförd har inmätts och analyserats tidigare, då kunde konstateras en positiv tillväxttrend de första fyra och åtta åren för samtliga försöksled jämfört med kontrollen. Den positiva tillväxten fortsatte i de gallrade men inte i de gödslade försöken också efter tolv år (Valinger et al., 2000).

I denna studie var avsikten att studera de långsiktiga effekterna av gallring och gödsling i tallskog. Omfattningen av både gallringen och gödslingen i försöket är sådana som kan förväntas i praktiskt skogsbruk i stor skala. Det finns en kunskapslucka vad gäller just de mer långsiktiga effekterna av vanliga skogsbruksåtgärder då långa tidsserier är kostsamma och svåra att genomföra.

De flesta studier som görs på gallrings och gödslingseffekter görs under kortare tidsintervaller. Målet i denna studie var att utröna hur tillväxten fortgick på längre sikt, här 33 år efter behandling.

Syfte

Studiens syfte var att utröna hur tillväxten förhåller sig beroende på olika skötselåtgärder 33 år efter skogsskötselåtgärderna gallring, gödsling och båda åtgärderna kombinerat.

Hypotes

Hypotesen var att i det längre perspektivet (33 år) gödslingseffekten i form av volymtillväxt kommer försvinna med anledning av att trädkronan hissas upp i takt med att beståndet blir fullslutet. Gallring kommer minska tillväxten på beståndsnivå men öka tillväxten på enskild trädnivå.

Material och metod

Studien genomfördes på Svartbergets försökspark utanför Vindeln i norra Sverige (64°13'N, 19°46'E, 200 meter över havet) (Valinger, 1993). Beståndet som var 4,32 ha stort, och bestod nästan uteslutande av tall, etablerades 1939 genom sådd och naturlig föryngring. Beståndet röjdes sedan 1972 och försöket lades ut 1983 då medelhöjden var 12 m, det stod i medeltal 1350 stammar per ha och medeldiametern i brösthöjd (DBH) var 13,7 cm. Grundytan uppmättes till 20 m²/ha och totalvolymen beräknades till 116 m³sk/ha med hjälp av (Näslund, 1940). Ståndortsindex bestämdes med hjälp av Skogshögskolans boniteringssystem (Hägglund and Lundmark, 1981) till H100 = T24 (Överhöjden mäter 24 m vid 100 års ålder). Det ingående beståndet var mycket jämnt, Figur 3.

Försöket anlades med så kallad split-plot design där totalt 12 block med 4 parceller i varje lades ut, det vill säga 48 parceller totalt. Varje parcell var 0,09 ha (30 x 30 m). De fyra parcellerna parades ihop inom varje block med så lika grundyta som möjligt, variationen inom blocken var mindre än 1 m². Inom varje block slumpades därefter behandlingarna; 1) kontroll, 2) gödning, 3) gallring, 4) gallring och gödning. Vid försöksutläggningen innan behandlingarna utfördes 1983 fanns inga statistiska skillnader mellan medelvärdena för diametrarna eller antal träd mellan de olika behandlingarna (Figur 3).

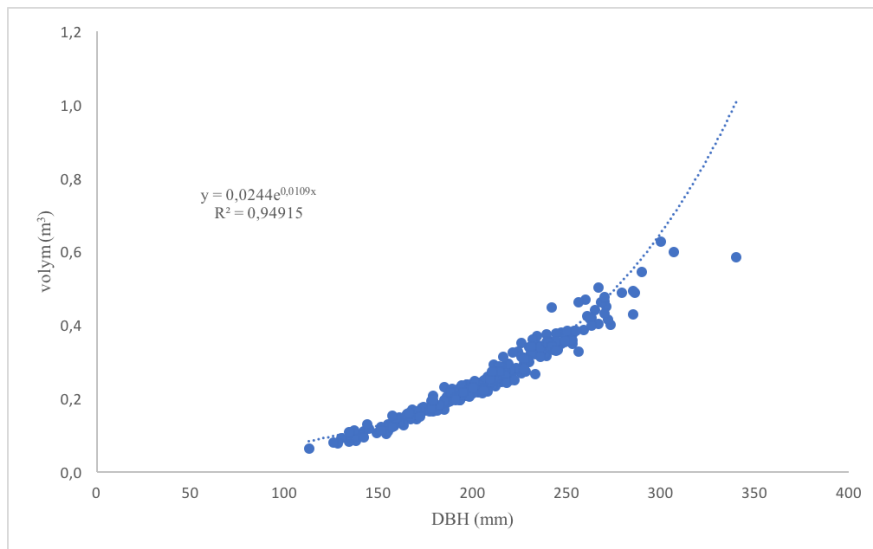
I behandlingen gallring togs ca 40 % av grundytan bort, denna gjordes hösten 1983. Gallringen gjordes med avseende på position i parcellen med målsättningen att nå 40% uttag och så jämn fördelning av kvarvarande stammar i beståndet som möjligt. Gallringen genomfördes motormanuellt och de avverkade träden kördes ut med skoter. Gödslingsbehandlingen gjordes manuellt med Urea motsvarande 150 kg N/ha våren 1984. Urea användes för att inte riskera några läckage till den närliggande bäcken Krycklan. I varje parcell har sedan 8 provträd träd valts ut och avverkats för destruktiv provtagning mellan 1984 – 1989. Dessa träd valdes ut så nära den aritmetiska medeldiametern som möjligt (Valinger, 1992a). Under de 33 år som gått sedan försöksstarten har det mellan åren 1983 till 1995 avverkats totalt 24 m³sk avverkats på kontrolloytorna, 22 m³sk på gödslade ytor, 25 m³sk på gallrade ytor och 19 m³sk på gallrade och gödslade ytor. Då denna avgång inte skiljde statistiskt mellan behandlingarna har de bedömts inte påverka studiens resultat och därför utgått ur analysen.

Beståndet inmättes igen våren 2017, före tillväxtsångens början, varvid samtliga levande träd numrerades och brösthöjdsdiametern bestämdes (vid 1,3 m) på mötande kant och trädslag noterades. Var 15:e träd (sammanlagt 256 provträd) valdes ut slumpmässigt vartefter trädhöjd, krongränshöjd och dubbel barktjocklek bestämdes. Utifrån dessa uppgifter bestämdes volym för respektive provträd med hjälp av Brandels volymfunktioner för enskilda träd; volymfunktion 100-04 för tall i Sverige norr om breddgrad 60 (Brandel, 1990).

$$V_{100-04} = 10^{-1,2715} \times D^{2,13211} \times (D+20,0)^{-0,13543} \times H^{1,58121} \times (H-1,3)^{-0,73435} \times K^{0,06595} \times B^{0,10998}$$

där V = volym (dm^3), D = diameter i brösthöjd (cm), H = höjd (m), K = krongränshöjd (m) och B = barktjocklek (mm)

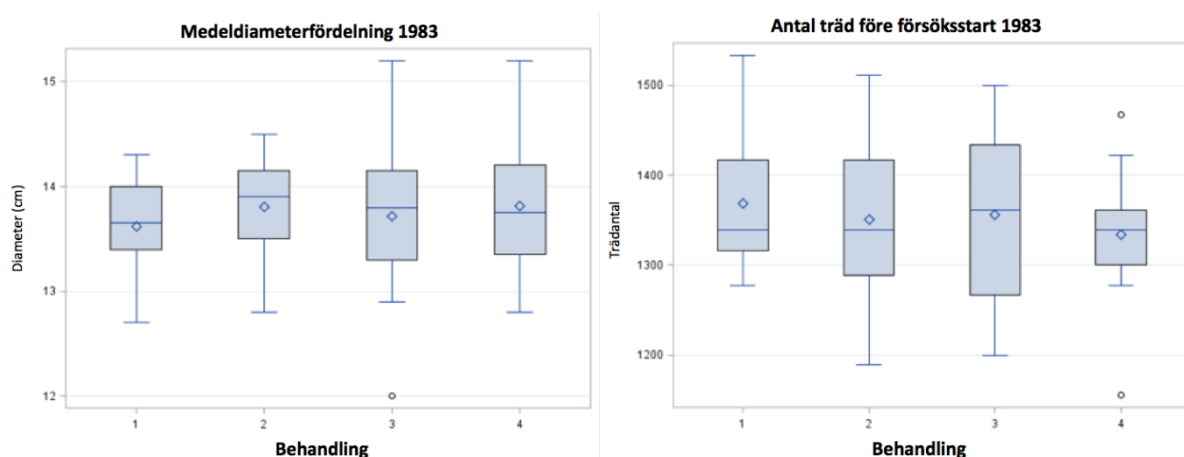
Volymen för provträden ställdes upp mot diametern i en regression. Regressionens funktion applicerades sen på samtliga träd för att modellera volymen (Y) för respektive parcell; den framtagna funktionen fick följande uttryck: $Y = 0,0244e^{0,0109x}$ där x = diameter i brösthöjd (mm) (figur 2)



Figur 2. Regressionen för volymfunktionen.

Grundytan bestämdes för varje parcell med hjälp av diametern för varje enskilt träd. Både grundytan och volym multiplicerades därefter upp till att representera ett hektar.

Dataanalysen gjordes med en tvåvägs variansanalys (GLM), mer exakt ett post-hoc för att bestämma block respektive behandlingseffekter (Valinger, 1992b) detta gjordes med programvaran SAS (Statistical-Analysis-System-Institute, 2015).

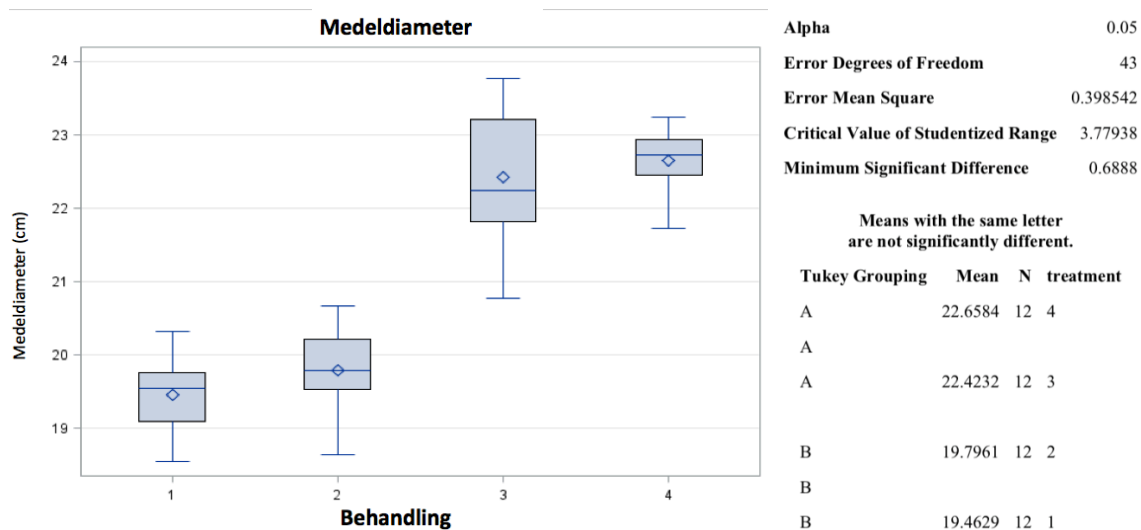


Figur 3. Medeldiameter (cm) (vänster), antal träd (höger) vid försöksutläggning 1983, fördelat med avseende på behandling. 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Resultat

Medeldiameter

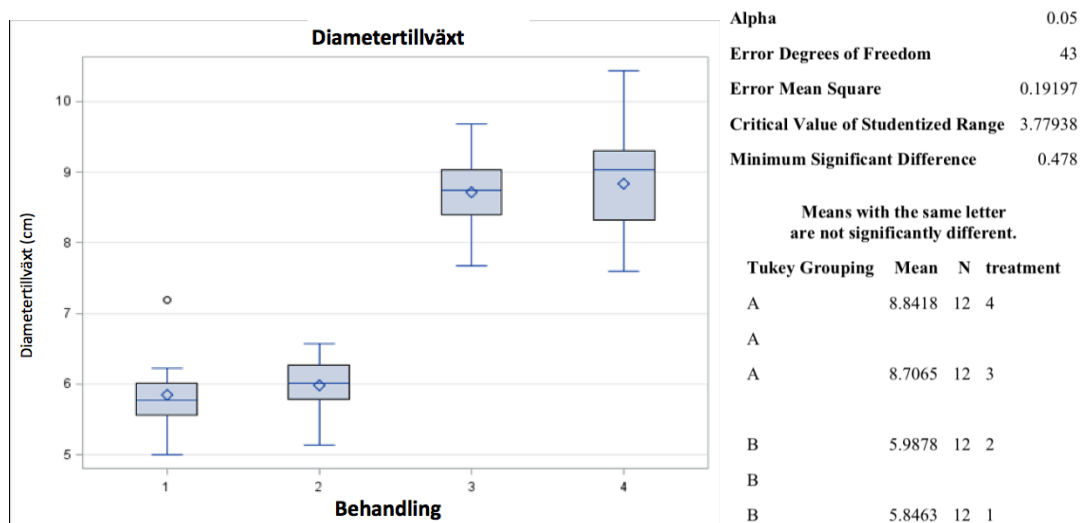
Medeldiametern var högre i de bestånd som gallrades jämfört med de bestånd som inte gallrats. Den totala variationen i medeldiameter spände mellan 18,5 och 23,8 cm. Gödsling i förhållande till ogallrat eller gallrat gav inga statistiskt signifikanta skillnader efter 33 år. (figur 4)



Figur 4. Medeldiameter (cm), fördelat med avseende på behandling; 1 kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Diametertillväxt

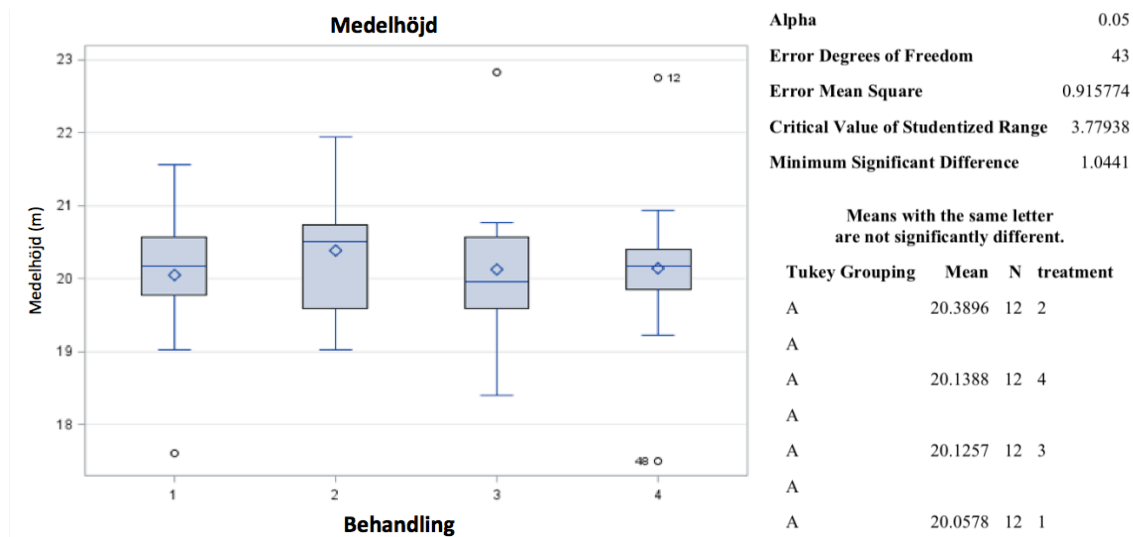
Diametertillväxten var högre i de bestånd som gallrades jämfört med de bestånd som inte gallrats. Den totala variationen i diametertillväxt spände mellan 5 och 11 cm. Gödsling i förhållande till ogallrat eller gallrat gav inga statistiskt signifikanta skillnader efter 33 år. (figur 5)



Figur 5. Diametertillväxt (cm), fördelat med avseende på behandling; 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Höjd

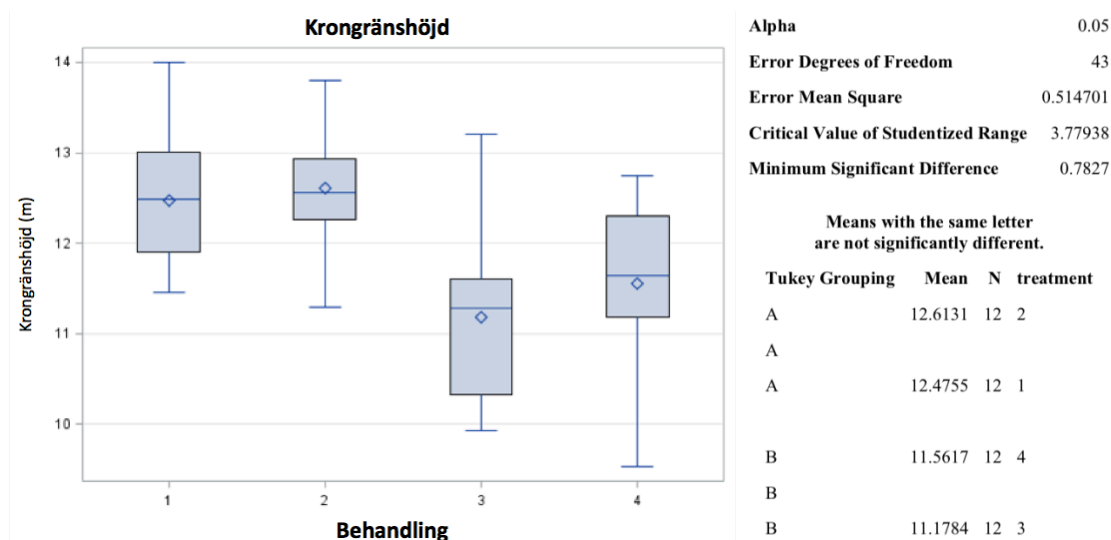
Några statistiskt signifikanta skillnader i höjd kunde inte hittas mellan olika behandlingarna. Medelhöjden inom varje behandling skiljde sig mindre än 3 dm, samtliga provträd var mellan 17,5 och 22,8 m höga, (Figur 6).



Figur 6. Medelhöjd (m), fördelat med avseende på behandling; 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Krongräns

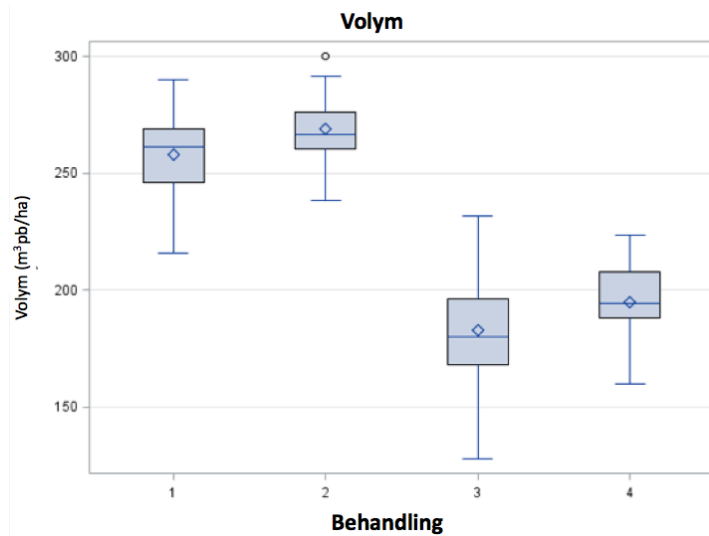
Krongräns höjden var högre i de bestånd som inte gallrades jämfört med de som gallrats. Den totala variationen i krongräns höjd spände mellan 9,5 och 14 m. Gödsling i förhållande till ogallrat eller gallrat gav inga statistiskt signifikanta skillnader efter 33 år. (figur 7)



Figur 7. Krongräns höjd (m), fördelat med avseende på behandling; 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Volym

Volymen var högre i de bestånd som inte gallrades jämfört med de bestånd som gallrats. Den totala variationen i volym spände mellan 127 och 300 m³pb. Gödsling i förhållande till ogallrat eller gallrat gav inga statistiskt signifikanta skillnader efter 33 år. (figur 8)



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	43
Error Mean Square	248.9544
Critical Value of Studentized Range	3.77938
Minimum Significant Difference	17.214

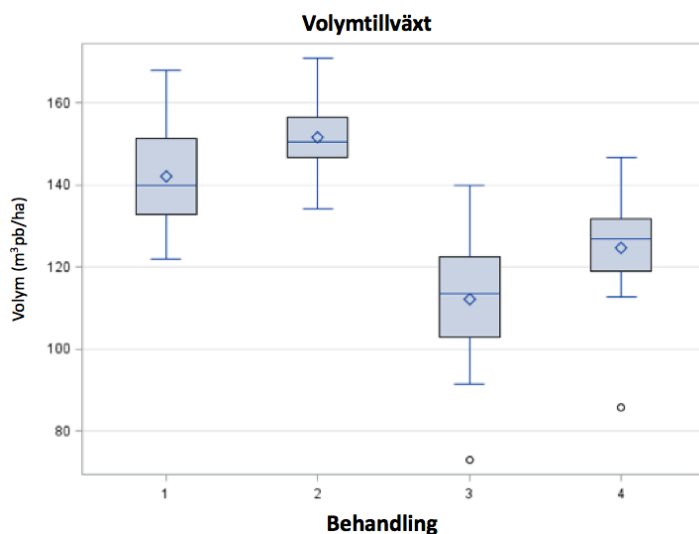
Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	treatment
A	268.987	12	2
A	257.773	12	1
B	194.977	12	4
B	182.705	12	3

Figur 8. Volym ($m^3 pb$), fördelat med avseende på behandling; 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Volymtillväxt

Volymtillväxten var högre i de bestånd som inte gallrades jämfört med de bestånd som gallrats. Den totala variationen i volymtillväxt spände mellan 90 och 170 $m^3 pb$. Gödsling i förhållande till ogallrat eller gallrat gav inga statistiskt signifikanta skillnader efter 33 år. (figur 9)



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	43
Error Mean Square	215.1548
Critical Value of Studentized Range	3.77938
Minimum Significant Difference	16.003

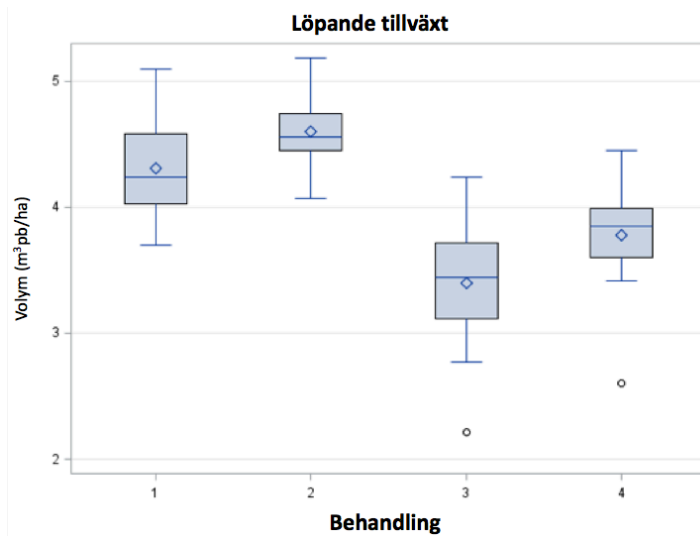
Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	treatment
A	151.737	12	2
A	142.106	12	1
B	124.727	12	4
B	112.205	12	3

Figur 9. Volymtillväxt ($m^3 pb$), fördelat med avseende på behandling; 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Löpande tillväxt

Den löpande volymtillväxten var högre i de bestånd som inte gallrades jämfört med de bestånd som gallrats. Den totala variationen i löpande volymtillväxt spände mellan 2,9 och 5,1 $m^3 pb$. Gödsling i förhållande till ogallrat eller gallrat gav inga statistiskt signifikanta skillnader efter 33 år. (figur 10)



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	43
Error Mean Square	0.197571
Critical Value of Studentized Range	3.77938
Minimum Significant Difference	0.4849

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	treatment
A	4.5981	12	2
A			
A	4.3062	12	1
B	3.7796	12	4
B			
B	3.4002	12	3

Figur 10. Löpande volymtillväxt ($m^3 pb$), fördelat med avseende på behandling; 1) kontroll, 2) gödsling, 3) gallring, 4) gallring och gödsling.

Naturlig avgång

Några statistiskt signifikanta skillnader i avgång mellan de olika behandlingarna sedan senaste inventeringen 1995 kunde inte konstateras. Avgången inom varje parcell spände mellan 0 och 2,5 % (data inte visat).

Diskussion

Gallrings- och gödslings effekter

Den huvudsakliga bilden som framträdde i den här studien var att över tidshorizonten 33 år var effekterna av gödning inte märkbara, det var däremot effekterna av gallring. Det som framträdde var att gallringen påverkade diametertillväxten, krongränshöjden och volymtillväxten, men på olika sätt. På trädnivå såg vi att grönkronan och diametern blev större i den gallrade behandlingen medan beståndets volym var mindre. Tillväxten på de träd som tagits ut sedan försöksstarten har alltså inte kompenseras för med den större tillväxten i det enskilda trädet. Större diametertillväxt efter gallring har också visats av (Mäkinen and Isomäki, 2004, Juodvalkis et al., 2005, Moschler et al., 2007) 25 år, 35 år respektive 8 år efter gallring. Att gallring ledde till att volymtillväxten liksom den totala volymen minskade hade tidigare redovisats av bland annat (Eriksson and Karlsson, 1997, Mäkinen and Isomäki, 2004).

Medeldiameter och diametertillväxt

Gällande diameterutvecklingen i bestånden kunde signifikanta skillnader uppmätas mellan de gallrade och de ogallrade delarna. Gödningen hade inte någon märkbar inverkan på diameterutvecklingen. Gallringen resulterade i en större diametertillväxt och till följd av det en större medeldiameter. De träd som lämnats kvar efter gallring hade större utrymme och grönkrona. En större grönkrona innebär en större fotosyntesapparat för det enskilda trädet, vilket förmodligen var en del i varför medeldiametern var större. Utöver det så påverkas de gallrade träden av ökad påfrestning i form av mekanisk belastning från väder och vind, (Valinger, 1992b). När bestånd gallras ökar vindpåverkan på de enskilda kvarvarande träden. Den ökade svajningen i trädet leder till att stamdiametern ökar, vilket också förklarar delar av resultatet.

Höjd

Vi kunde inte se några skillnader i höjdtillväxt, detta resultat var väntat (Albaugh et al., 2017). Det finns förmodligen flera förklaringar till detta, bland annat att den apikala växtkraften, alltså höjdtillväxten, var svårpåverkad i gallringsmogen skog. Men även att tidsserien var förhållandevis lång och utglesningen inte nog omfattande.

Krongräns

I försöket kunde ses en tydlig förskjutning av krongränshöjden beroende på behandling. De gallrade bestånden hade signifikant lägre krongräns trots att det inte var några skillnader i totalhöjd. De gallrade bestånden hade alltså en längre krona. Enligt Oliver and Larson (1996) förklaras detta med att ljusinsläppet ökar när beståndet gallras. Grenar lever så länge de får ljus och fotosyntesen kan fortgå, när en gren får så lite ljus att den inte längre tillför något till trädet så dör grenen. I de gödslade försöksleden jämfört med kontrollen var det inga skillnader i krongräns, vilket tyder på att det var ljus snarare än näring som varit begränsande för kronans längd.

Volym och tillväxt

Tillväxten under 33-års perioden skiljde sig signifikant mellan de gallrade och ogallrade behandlingarna. Både den löpande och den totala tillväxten var högre i försöksleden som var

ogallrade, detsamma gällde den totala volymen på ytorna idag. Resultaten för de gallrade/ogallrade ytorna var väntade och stämde överens med annan modern forskning inom området (Eriksson and Karlsson, 1997, Mäkinen and Isomäki, 2004). Vi kunde inte se några tillväxtskillnader mellan de gödslade/ogödslade ytorna. Vi förväntade oss att se gödslingseffekter i form av tillväxtökning de första 7 - 11 åren efter utförd åtgärd (Ståhl and Bergh, 2013). Efter den initiala tillväxteffekten klingat av, vilket kunde iakttas i en tidigare studie i samma försök av Valinger et al. (2000) fanns en större osäkerhet kring vad som borde hända. I vårt material har tillväxten inte bara klingat av, utan vi såg inga effekter av gödslingen alls. Kontrollytorna hade alltså vuxit ikapp de gödslade ytorna både på de gallrade och de ogallrade ytorna. Att vi inte såg några spår av gödslingen 33 år efter gödslingstillfället var inte helt oväntat. Liknande resultat har till exempel (Pettersson and Högbom, 2004, Saarsalmi et al., 2006) tidigare visat. Men tidigare studier har inte varit helt samstämmiga, där till exempel (Binkley and Reid, 1984) kunnat se tillväxtskillnader 20 år efter en gödslingsåtgärd.

Naturlig avgång

Den naturliga avgången var i princip oförändrad mellan behandlingarna. Avgången varierade, mellan 0 - 2,5 % av träden har dött sedan studien för 17 år sedan (Valinger et al., 2000) till följd av naturlig avgång under de 33 år som kontrollerats. Enligt Agestam (2009) kan självgallring till följd av trängsel förväntas i ogallrade bestånd, och i mycket större utsträckning än här. Att inga signifikanta skillnader i dödlighet fanns i vår studie beror förmodligen på att stamtätheten inte var tillräckligt stor från början och eventuellt att tidsserien inte var tillräckligt lång för att självgallringen hunnit ge så stora utslag. Metoden för avverkning och skotning kan också spelat roll, då markpåverkan varit betydligt mindre än i konventionellt skötta bestånd.

Försöket är gödslat med UREA, det gör att vi inte med säkerhet kan uttala oss om effekterna med moderna gödslingsmedel. UREA valdes för att inte riskera att förorena den närliggande bäcken Krycklan. Alternativet vid gödslingstillfället var att använda ammoniumnitrat, som visade sig ha högre utlakningsrisk och numer inte används (Jacobson, 2005).

Antaganden

Vid bestämning av grundytan har antagandet gjorts att träden är cylindriska. Det stämmer förstås inte men mer avancerad datainsamling och beräkning tilläts inte med rådande tidsåtgång. Vid den statistiska beräkningen användes GLM (Statistical Analysis System Institute 2015.) [28], då görs antaganden att responsen är normalfördelad, att observationerna är oberoende av varandra och att variansen är lika (Abenius, 2012). Samtliga antaganden är uppfyllda, bortsett från observationernas oberoende. Träden som växer i skogen är definitivt inte oberoende av varandra, det antagandet är alltså inte uppfyllt. Någon datainsamling och sedan statistisk analys med spatial fördelning var dock inte ett alternativ varför vi valt att göra på detta vis i alla fall.

Slutsats

I vår studie har vi sett att framför allt gallring påverkar träden och beståndets egenskaper. Där gallring ökade diameter och därmed volymtillväxten i det enskilda trädet men tillväxten för beståndet som helhet minskade. För gödslingen såg vi inga tillväxteffekter efter 33 år från gödslingstillfället. Höjden hade inte påverkats av någon av behandlingarna, det hade

däremot grönkronans sträckning gjort. Krongränsen var lägre och därmed kronans totala längd större i de ytor som var gallrade. Under rådande förhållanden gjorde alltså gödslingen ingen påverkan på beståndet, det gjorde däremot gallringen. Förståelsen av gallringens långsiktiga påverkan på trädegenskaper kan vara viktigt vid praktiskt skogsbruk för att långsiktigt främja de trädegenskaper som anses fördelaktiga.

Källor

- ABENIUS, T. 2012. *Envägs variansanalys (ANOVA) förr test av olika väntevärde i flera grupper* [Online]. Chalmers, Göteborg. Available: <http://www.math.chalmers.se/Stat/Grundutb/CTH/Ima136/1112/25-ANOVA.pdf> [Accessed 12/10 2017].
- AGESTAM, E. 2009. Gallring. *Skogssköttelserien*. Skogsstyrelsen.
- ALBAUGH, T. J., FOX, T. R., RUBILAR, R. A., COOK, R. L., AMATEIS, R. L. & BURKHART, H. E. 2017. Post-thinning density and fertilization affect *Pinus taeda* stand and individual tree growth. *Forest Ecology and Management*, 396, 207-216.
- ALBREKTSON, A., ELFVING, B. R., LUNDQVIST, L. & VALINGER, E. 2012. Skogsskötselns grunder och samband. Skogsstyrelsen.
- ANON 2012. Skogsstatistisk Årsbok 2012. Skogsstyrelsen.
- BINKLEY, D. & REID, P. 1984. Long-term responses of stem growth and leaf area to thinning and fertilization in a Douglas-fir plantation. *Canadian Journal of Forest Research*, 14, 656-660.
- BØRJA, I. & NILSEN, P. 2009. Long term effect of liming and fertilization on ectomycorrhizal colonization and tree growth in old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Plant and Soil*, 314, 109-119.
- BRANDEL, G. 1990. *Volymfunktioner för enskilda träd: tall, gran och björk*, na.
- CRECENTE-CAMPO, F., POMMERENING, A. & RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. 2009. Impacts of thinning on structure, growth and risk of crown fire in a *Pinus sylvestris* L. plantation in northern Spain. *Forest Ecology and Management*, 257, 1945-1954.
- ERIKSSON, H. & KARLSSON, K. 1997. Olika gallrings- och gödslingsregimers effekter på beståndsutvecklingen baserat på långliggande experiment i tall- och granbestånd i Sverige. Effects of different thinning and fertilization regimes on the development of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.)) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in long-term silvicultural trials in Sweden. *Rapport Sveriges lantbruksuniversitet: Institutionen för skogsproduktion*.
- HÄGGLUND, B. & LUNDMARK, J. 1981. Handledning i bonitering. National Board of Forestry, Jönköping, 53 pp. ISBN 91-85748-11-0. (In Swedish.).
- HÖGBOM, L. & JACOBSON, S. 2002. Kväve 2002—en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige, Redogörelse nr 6. *SkogForsk, Eskilstuna*.
- JACOBSON, S. 2005. *Skogsgödsling: en handledning från Skogforsk*, Skogforsk.
- JACOBSON, S. & PETTERSSON, F. 2010. An assessment of different fertilization regimes in three boreal coniferous stands. *Silva Fennica*, 44, 815-827.
- JUODVALKIS, A., KAIRIUKSTIS, L. & VASILIAUSKAS, R. 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. *European Journal of Forest Research*, 124, 187-192.
- LI, T. T. 1923. Do Thinnings Actually Increase Growth per Acre as Compared to Unthinned Stands? *Journal of Forestry*, 21, 125-128.
- MÄKINEN, H. & ISOMÄKI, A. 2004. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management*, 201, 311-325.
- MOSCHLER, W. W., DOUGAL, E. F. & MCRAE, D. D. 2007. Density and growth ring characteristics of *Pinus taeda* L. following thinning. *Wood and Fiber Science*, 21, 313-319.
- NÄSLUND, M. 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd

- Tall, gran och björk i norra Sverige. *Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt*. Stockholm.
- OLIVER, C. D. & LARSON, B. C. 1996. *Forest Stand Dynamics*, Wiley.
- PETTERSSON, F. & HÖGBOM, L. 2004. Long-term Growth Effects Following Forest Nitrogen Fertilization in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 339-347.
- SAARSALMI, A., KUKKOLA, M., MOILANEN, M. & AROLA, M. 2006. Long-term effects of ash and N fertilization on stand growth, tree nutrient status and soil chemistry in a Scots pine stand. *Forest Ecology and Management*, 235, 116-128.
- SIEMON, G., WOOD, G. & FORREST, W. 1976. Effects of thinning on crown structure in *radiata* pine. *NZJ For. Sci*, 6, 57-66.
- SKOGSSTYRELSEN 2014. *Skogsstatistisk årsbok*, Skogsstyrelsen.
- SKOGSSTYRELSEN 2017. *Skogsvårdslagen*. In: SKOGSSTYRELSEN (ed.). Jönköping.
- STÅHL, P. & BERGH, J. 2013. Produktionshöjande åtgärder. *Skogsskötselserien*. Skogsstyrelsen.
- STATISTICAL-ANALYSIS-SYSTEM-INSTITUTE 2015. *SAS/STAT user's guide, version 14.1*, SAS Institute.
- VALINGER, E. 1992a. Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7, 219-228.
- VALINGER, E. 1992b. Effects of wind sway on stem form and crown development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Australian Forestry*, 55, 15-21.
- VALINGER, E. 1993. Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scots pine trees: total annual biomass increment, needle efficiency, and aboveground allocation of biomass increment. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 1639-1644.
- VALINGER, E., ELFVING, B. & MÖRLING, T. 2000. Twelve-year growth response of Scots pine to thinning and nitrogen fertilisation. *Forest Ecology and Management*, 134, 45-53.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2015:16 Författare: Anton Hammarström
Utveckling av en modell för bärighetsklassificering av skogsmark
- 2016:1 Författare: Gustaf Dal
Tree cover and tree traits affects soil carbon and soil compaction in Parklands in Central Burkina Faso
- 2016:2 Författare: Julia Mellåker
Degradation and restoration method interact to affect the performance of planted seedlings in tropical rainforest restoration – evidence from plant functional traits
- 2016:3 Författare: Pia Sundvall
Kväverikt spillvatten från sprängämnesproduktion – potentiell råvara i gödsel?
- 2016:4 Författare: Marcus Larsson
Betydelsen av krukstorlek, odlingstäthet och planteringspunkt vid etablering och tillväxt hos täckrotsplantor – Analys av Jackpot & Powerpot
- 2016:5 Författare: Elin Kollberg
Tidiga tillväxteffekter av kvävetillförsel på SeedPAD och plantor
- 2016:6 Författare: Lukas Holmström
Restoration of degraded tropical rainforests through gap and line planting: Effects on soil and light conditions and seedling performance
- 2016:7 Författare: Lina Edgren
Naturvård och efterbehandling i Masugnsbyns dolomittäkt
- 2017:1 Författare: Johan Åhs
The influence of precipitation and nitrogen fertilization on aboveground tree growth and how this varies across small-scale microtopography gradients in *Pinus sylvestris* stands in northern Sweden
- 2017:2 Författare: Joshua Johansson
Utvärdering av en markvattenmodells förmåga att estimeras markfuktighet och bärighet
- 2017:3 Författare: Stina Köppler
Skogen som integrationsarena – kopplingen mellan svensk skogsnäring och integration
- 2017:4 Författare: Kristina Nilsson
Överlevnad, tillväxt och snytbaggeskador i fält hos långnattsbehandlade ettåriga tallplantor med dubbelbarr
- 2017:5 Författare: Maria Jakobsson
Naturlig förnyring efter brand – Fyra träarters etablering i relation till mikromiljö och spridningsavstånd på Salabrännan
- 2017:6 Författare: Erik Sköld
Lönsamhet vid fröträdsavverkningar på torvmark i östra Småland
- 2017:7 Författare: Anna Bergqvist
Skogsbrukets brandskötsel. En intervju-undersökning utförd i Västerbotten år 2006

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