



**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2016:7

Ungskogsgödsling
- En studie i praktisk tillämpning

Fertilization in young stands
- *A study of practical application*



Foto: Gustav Nord

Filip Benjaminsson & Gustav Nord

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,

Handledare: Ulf Johansson, SLU, enheten för skoglig fältforskning
Bitr handledare: Tommy Mörling, SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0592 Nivå: G2E

Umeå 2016



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/ <i>Unit</i>	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/ <i>Author</i>	Filip Benjaminsson & Gustav Nord
Titel, Sv	Ungskogsgödsling – En studie i praktisk tillämpning.
<i>Titel, Eng</i>	Fertilization in young stands – A study of practical application
Nyckelord/ <i>Keywords</i>	Skogsgödsling, Behovsanpassadgödsling, BAG, Gödsling, Intensivodling, <i>Picea Abies</i> /Forest fertilization, intensive cultivation, <i>Picea Abies</i>
Handledare/ <i>Supervisor</i>	Ulf Johansson, enheten för skoglig fältforskning, Bitr. handledare: Tommy Mörling, institutionen för skogens ekologi och skötsel
Examinator/ <i>Examiner</i>	Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/ <i>Course</i>	Kandidatarbete i skogsvetenskap <i>Bachelor Degree in Forest Science</i>
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

FÖRORD

Detta är ett kandidatarbete skrivet på Jägmästarprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Arbetet är skrivit våren 2016 och omfattar 15 högskolepoäng.

Vi vill rikta ett stort tack till Ulf Johansson vid Tönnersjöhedens försökspark som har varit en stor hjälp i framställningen av detta arbete. Vi vill också rikta ett tack till Tommy Mörling vid institutionen för skogens ekologi och skötsel samt Johan Bergh vid Linnéuniversitetet som hjälpt oss med både struktur och innehåll.

SAMMANFATTNING

I en omställning till ett hållbart biobaserat samhälle kommer efterfrågan på biomaterial och förnyelsebara råvaror öka ytterligare. För att möta den ökande efterfrågan samtidigt som vi bevarar biodiversiteten behöver produktionen i svenska skogar öka. I detta arbete har praktiska försök med behovsanpassad gödsling (BAG) i unga granbestånd utvärderats. Försöken är anlagda av Enheten för skoglig fältforskning vid SLU i samarbete med Södra skogsägarna och Sveaskog. Försöken är anlagda i Tranemo respektive Toftaholm (Ljungbytrakten), med syftet att testa huruvida det är praktiskt möjligt att bedriva behovsanpassad gödsling i större skala och erhålla samma höga tillväxt som uppnåtts tidigare i mindre, grundläggande försök. Bestånden är gödslade med fullgödselgiva vartannat år med start vid ca tre meters höjd och har reviderats fem och elva år efter behandlingsstart. Variablerna som studerades var höjd, diameter samt volym. Analysen visade på ökad tillväxt med avseende på alla tre variabler i de gödslade ytorna jämfört de ogödslade, i storleksordningen 15 % ökad höjdtillväxt, 25 % ökad diametertillväxt samt 100 % ökad volymtillväxt. Vi jämförde tillväxtresultaten i de praktiskt tillämpade försöken med tidigare försök gjorda i mindre skala och uppnår liknande resultat. För bolag med stora skogsinnehav är egen skog den säkraste och billigaste råvaran att leverera till industrin, där intensivodling med gödsling är ett sätt att öka mängden virke i den egna skogen.

Nyckelord: Skogsgödsling, Behovsanpassadgödsling, BAG, Gödsling, Intensivodling, *Picea Abies*

ABSTRACT

In a transition to a greener society, the demand for biomaterials and renewable raw materials will increase. To meet the growing demand while preserving biodiversity, production in Swedish forests needs to increase. We have evaluated the practical nutrient optimization in forest young stands established at the Department of Forest field research at SLU in collaboration with forest owners Södra and Sveaskog. The trials are located in Tranemo and Toftaholm. Goal being to test whether it is practically possible to conduct nutrient optimization on a large scale and achieve results similar to those previously achieved in smaller scale. The stands are fertilized with a fullrange fertilizer dose every other year, with the beginning at about three meters standheight, and has been revised five and eleven years after started treatment. The variables studied were height, diameter and volume. The analysis showed increased growth in terms of all three variables in the fertilized plots compared to the unfertilised, in the range of 15% increased height growth, 25% increased diameter growth and 100% increase in volume growth. We compared the experiments with previous studies done on a smaller scale and achieves similar results. For companies with large forest holdings ones own forests are the safest and cheapest raw materials supply for the industry, intensive farming with fertilization is a way to increase the amount of timber in there own forests.

Keywords: Forest fertilization, fertilization, nutrient optimization, intensive cultivation, *Picea Abies*,

INNEHÅLLSFÖRTÄCKNING

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
ABSTRACT	3
INLEDNING	5
Bakgrund	5
Tidigare forskning	8
Fiberskogsprojektet	9
Syfte och mål	10
Avgränsningar	11
MATERIAL OCH METOD	12
Material	12
Försöksdesign	12
Metod	14
RESULTAT	15
Skillnader mellan försöken och jämförelse med Asa försöket	19
DISKUSSION	21
Svagheter i studien	22
Slutsatser	23
REFERENSER	23

INLEDNING

Bakgrund

I omställningen till en biobaserad samhälle är skogsproduktion en aktuell fråga att behandla då skogen tillhandahåller en förnyelsebar råvara och har en stor förmåga att ta upp och lagra koldioxid. Ett sätt att öka produktionen och därmed också kolinlagringen är genom olika produktionshöjande skötselmetoder. Efterfrågan av biomaterial beräknas öka och en stor del av den råvaran kan potentiellt tillgodoses av skogen. Förutsättningarna för att möta en ökande efterfråga finns i Sverige men viss omställning behöver då göras i delar av skogsproduktionen. Dagens skogsbruk med generell hänsyn överallt och ökad hänsyn på områden med höga naturvärden skulle kunna kompletteras med områden som intensivodlas på marker med låga eller obefintliga naturvärden. De åtgärder som på relativt kort sikt kan öka produktionen i skogen väsentligt är användning av främmande trädslag (contorta (*Pinus contorta*), hybridlärk (*Larix spp*), douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) mm.), vegetativ förökning av inhemska trädslag (klonskogsbruk) eller intensivgödslingsregimer. Den mest uppenbara på kort sikt är förmodligen gödsling (Larsson et al. 2009). Tanken med dessa åtgärder är inte ett i grunden förändrat skogsbruk, målsättningen är kortare omloppstider och högre biomassatillväxt.

Gödsling av skogsmark har länge bedrivits med varierande intensitet i Sverige. Från 200 000 hektar/år 1975 sjönk den årliga gödslade arealen till omkring 20 000 ha/år i början av 2000-talet, mycket till följd av oro för miljöeffekterna av gödsling (Ståhl and Bergh, 2013). Instruktionerna har dock varit tydliga: gödsling ska utföras i äldre och välslutna bestånd. I bestånd yngre än 40 år bör åtgärden inte utföras då träden inte klarar av att tillgodogöra sig all den tillförda näringen enligt Bertilsson och Morin (1984).

I Skogsvårdslagen (SVL) under 30 §, "Hänsyn till Naturvårdens och Kulturvårdens intressen" sägs att hänsyn ska tas vid åtgärder som t.ex. gödsling. Utöver det behandlas inte kvävegödsling på skogsmark. Däremot har skogsstyrelsen kommit med ett antal "Allmänna råd" gällande kommersiell kvävegödsling på skogsmark. Definitionen som används gällande kommersiell gödsling innebär att följande tre förutsättningar råder:

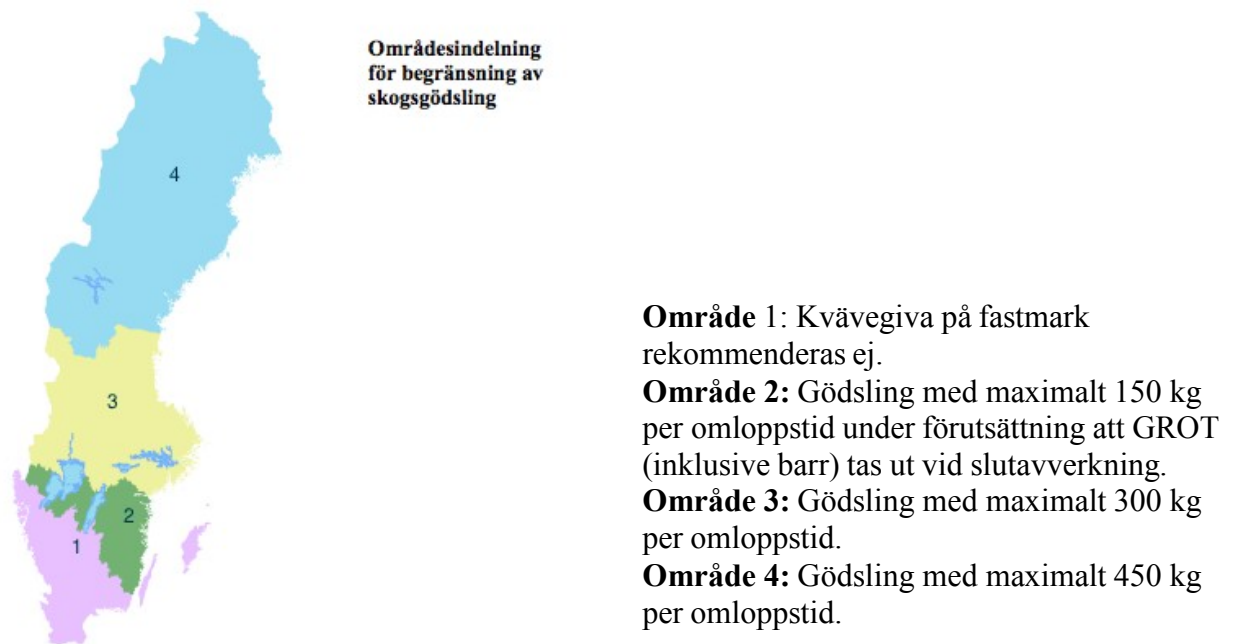
- Bestånden i fråga är äldre gallringsbestånd eller slutavverkningsbestånd.
- Max 200 kg N per hektar tillförs per tillfälle.
- Det ska dröja minst 8 år innan åtgärden upprepas.

De allmänna råden kan sammanfattas som att gödsling:

- Enbart bör ske på medelgoda marker (ståndortsindex 16-30).
- Ej bör utföras på känsliga/skyddade områden då flora och fauna kan påverkas.
- Ej bör utföras på marker där risken för urlakning är stor.
- Ej bör utföras under väderförhållanden då risken för avrinning är stor eller på tjälad/snötäckt mark.

Det bör också lämnas skyddszoner sjöar/vattendrag, naturreservat och skyddade områden, tomt (25 meter) samt mot annans mark (10 meter).

På grund av att kvävenedfallet varierar över Sverige och är avsevärt högre i de sydvästra delarna av landet än i de norra så har man delat in Sverige i 4 områden med olika rekommendationer om maximal kvävegödselgiva under en omloppstid (Skogsstyrelsen 2007) (Figur 1).



Figur 1. Områdesindelning för gödslingsrekommendationer. Källa: Skogsvårdslagstiftningens allmänna råd och föreskrifter, Skogsstyrelsen 2016

Figure 1. Zoning for fertilization recommendations.

På 1990-talet startades utredningar och studier av den potentiella produktionen av gran (*Picea Abies* (L.)Karst) i Sverige. Genom att studera de fundamentala fysiska egenskaperna som styr tillväxten hos gran (dagar under tillväxtsäsongen, näringstillgång samt vattentillgång) kunde en potentiell maximal tillväxtpotential tas fram. Resultaten visar att, förutsatt optimala närings- och vattenförhållanden, med enbart solljus som begränsande faktor var den potentiella maxproduktionen av gran i Sverige mellan 24 m³sk/ha/år i södra och 10 m³sk/ha/år i norra Sverige. Genom att ta i beaktande nederbördsförhållandena i olika delar av landet kunde en mer realistisk potentiell maxproduktion beräknas då endast näringsförhållandena var optimerade. Detta ger en något lägre siffra, främst i de delar av landet med låg årsnederbörd (Bergh et al., 2005).

Medelboniteten i Sverige varierar idag från 2,9 m³sk/ha/år i Norrbotten till 11,2 m³sk/ha/år i Skåne (Skogsstatistik årsbok, 2014). Detta är avsevärt lägre än produktionspotentialen vid optimala näringsförhållanden och ger en fingervisning om att tillväxten i svenska skogar kan ökas avsevärt.

Det finns miljömässiga aspekter som måste tas hänsyn till i samband med skogsmarksgödsling. De aspekter som behöver adresseras är framför allt näringsläckage (främst kväve) och försurning av vattendrag. I boreala skogar är detta sällan ett problem vid traditionell skogsmarksgödsling eftersom systemen är kvävefattiga och nästan allt tillsatt kväve tas upp av vegetationen. Vid intensivare gödslingsregimer är läckage inte heller något problem förutsatt att den enskilda gödselgivan inte är för stor (Hedwall et al. 2014). Vid traditionell gödsling i skogsmark då skogsstyrelsens rekommendationer följs kan generellt inte någon förändring i artantal eller vegetationstyp hittas i markvegetationen bortsett från lavar och fruktkroppar på mykorhizasvampar som minskar. Vid intensivare gödslingsregimer som till exempel vid årlig kvävegödsling kan markfloran förändras, vilket gäller även vid kalkning. Gällande däggdjur och fåglar har inte många studier gjorts på hur de påverkas av gödsling, men de få studier som är gjorda visar inte på någon påverkan. Då gödsling sker på skogsmark med traditionell giva på 150kg/ha avrinner ca 5% med ytvattnet men genom att lämna kantzoner mot vattendrag och andra känsliga områden kan utlakning till sjöar och hav undvikas (Nohrstedt, 2001). Vid gödsling brukar biodiversiteten i form av antal växtarter närvarande på platsen minska, i de boreala ekosystemen ser det annorlunda ut. Antalet växtarter i de boreala ekosystemen är ganska få och fältskiktet består mest av ljungväxter, i vissa fall kan gödsling till och med leda till ökad biodiversitet i form av fler växtarter i fält/botten skikt. Däremot kan artsammansättningen förändras vilket kan leda till förändrade förutsättningar på högre trofiska nivåer (Hedwall et al. 2014).

En annan miljöaspekt vid gödsling är den ökade kolbindningen i form av biomassa. Sathre et al. (2010) modellerade effekterna av att gödsla 10% av den svenska skogsmarken. Resultaten visar ett möjligt ökat biomassauttag 7,4 miljoner ton TS årligen, något som kan minska växthusutsläppen väsentligt om man ersätter fossila byggnadsmaterial av betong och metall med trä och fossila bränslen med bioenergi från skogen.

Kvävegödsling anses vara en lönsam åtgärd under normala förhållanden. Skogsstyrelsen beräknar att volymtillväxten vid konventionell gödsling ger en nettointäkt på ca 3000-3500kr/ha. Den volymtillväxt som sker till följd av kvävegödsling infaller främst de första tio åren efter gödsling. Många större bolag väljer dock att ta ut gödslingseffekten redan efter den första femårsperioden då den mesta av den reella tillväxten redan skett då. Detta görs genom att investera i gödslingen i ett bestånd och ta ut vinsten i ett annat och då blir lönsamheten vid gödsling större (Thuresson, 2002). Saarsalmi & Mätkönen (2001) säger att internräntan vid konventionell gödsling av 55 årig gran är 20% med en volymtillväxt på mellan 10-17m³sk/ha/år de närmsta 8 åren efter gödsling. En studie gjord av Jacobson och Pettersson (2010) visar en internränta på 15% vid konventionell gödsling i Sverige. Ekonomin vid intensivare gödslingsintervall och ungskogsgödsling ser annorlunda ut, med en låg kalkylränta på mindre än 3% beräknas investeringen som lönsam. Problemet är att intensivgödsling i ungskog bygger på relativt stora investeringar tidigt under omloppstiden och nuvärdesberäkningar blir då lidande (Fahlvik et al. 2009).

MINT-utredningen (2009) visar att intensivodling på skogsmark är samhällsekonomiskt lönsam. Den största effekten som utredningen pekar på är att nuvärdet ökar jämfört med vid traditionellt skogsbruk, något som beräknas leda till ökad välfärd (Brännlund et al. 2009).

Tidigare forskning

Tidigare har praktiska försök för att studera effekterna av optimerad näringstillförsel lagts ut på två lokaler den ena i Flakaliden, Västerbotten (1986) och den andra i Asa, Småland (1987). Med optimerad näringstillförsel menas här att barranalyser har gjorts i de aktuella bestånden för att avgöra vilka och i vilken storleksordning makro- och mikronäringsämnen har saknats, gödselgivan har sedan anpassats efter detta. Här studerades intensivgödsling av ungskog då gödselgiva tillförs med tätt intervall redan från ca tre meters medelhöjd. Olika stora näringsgivor testades, med och utan vattentillförsel. Försöksytorna var vid starten mellan 2,9 m och 3,3 m höga i Flakaliden och ca 1 m högre i Asa. Flakalidenförsöket hade efter tio år fyra gånger högre volymtillväxt och tre gånger mer stående volym (på ytorna med näringstillförsel och de ytor med både närings- och vattentillförsel) jämfört med kontrollen. I Asa där tillväxten från början är betydligt högre än i Flakaliden ökade tillväxten, men här kunde ses att de ytor med vatten och näringstillförsel växte ungefär 100 % bättre än kontrollytorna. Ytor med enbart näringstillförsel växte 50 % bättre än kontrollen (Bergh et al., 1999). Näringsoptimeringsförsök i ungskog gjorda på Vitgran (*Picea glauca* (Moench) Voss) var volymen efter tolv år i de gödslade försöken nästan tre gånger så hög som kontrollytorna (277 %) (Brockley 2010). Albaugh et al. (2008) visar att volymtillväxten för loblollytall (*Pinus Taeda*) vid gödsling varje år med start vid åtta års ålder ökade med upp till 250 % i North Carolina.

Studier genomförda under 1900-talet visar att kväve är det viktigaste mineralnäringsämnet som kan tillföras för att öka volymtillväxten i svenska skogar (Nohrstedt, 2001). Andra näringsämnen kan tillföras tillsammans med kväve i vissa områden för att ytterligare öka produktionen. Kvävegödsling stimulerar tillväxt av barr, vilket ger större bladyta, ökad mängd absorberat solljus (Monsi & Saeki, 1953) och ökad fotosyntesproduktion (Monteith 1978, Bergh et al. 2005). Fördelningen av fotosyntesproduktionen förändras också, där en större andel fördelas till ovanjordsdelar och något mindre andel till rötter. Forskning visar även på en högre koncentration av klorofyll och rubisco i barren efter kvävegödsling. Dessa ämnen har en viktig roll i fotosyntesen som är den process som omvandlar solljus till biomassa, vilket gör att fotosyntesens effektivitet ökar. Efter gödsling byggs barrmassan ut vilket i sin tur leder till ökad stamtillväxt under 8-10 år. En gödselgiva på 150 kg/ha vid enstaka tillfälle i sen gallring eller slutavverkningsmogen skog (som följer skogsstyrelsens rekommendationer) ger de kommande tio åren en ökad stamtillväxt på cirka 30 % jämfört med ogödslade bestånd, medan de första fem åren ökar produktionen med cirka 50 %. I en finsk studie gavs årlig tillförsel av kväve i granbestånd i mindre doser (ca 30kg/ha/år) en ökad biomassatillväxt med över 50 % sett över en 30-års period. Samma period ökade stamtillväxten med mellan 56-79 % (Smolander et al. 2000). Olika försök har gjorts med gödsling utan kväve, då främst

med kalk och aska. I södra Sverige kan fosforgödsling ge viss tillväxtökning men inte i någon större utsträckning. Kalk- och askgödsling verkar ge en något förhöjd tillväxt under vissa omständigheter, men dessa verkar vara ståndortsberoende och svårare att dra några generella landsomspännande slutsatser om (Nohrstedt, 2001).

En studie av Hyvönen, et al. (2010) analyserades huruvida tallbestånd (*Pinus Sylvestris* (L.)) som gödslats årligen från 14 års ålder och 19 år framåt bibehöll en högre tillväxt även efter att den årliga gödslingen upphört. Studien visade att i de gödslade ytorna ökade grundytan snabbare än i de ogödslade ytorna med samma grundyta och effekten verkade bestå. En av anledningarna lyfts fram är att de gödslade ytorna har en högre barmassa än de ogödslade. 2009 uppskattades att barmassan var 10 % större i de tidigare gödslade ytorna 19 år efter att gödslingen upphörde (senast gödslade 1990). Studien visade också på att de gödslade ytorna hade högre kvävekoncentration i barren än de ogödslade, men att koncentrationen sjönk när gödslingen upphörde och var efter några år på samma nivå som i kontrollytorna (Hyvönen et al., 2010).

Fiberskogsprojektet

Ett temaforskningsprojekt kallat fiberskog drog igång under mitten av 1990-talet och löpte över åtta år. Syftet med projektet var att analysera produktions- och miljöaspekter vid intensivodling. Projektet var delfinansierat av SLU och skogsnäringen. Målsättningen var att undersöka möjligheterna att intensivodla gran (Bergh, 1999).

Fiberskogsprojektet studerade bland annat intensivgödsling i ungskog, konceptet bygger på att skogen börjar gödglas långt innan den är fullsluten. Den stora skillnaden mellan denna typ av gödsling och konventionell gödsling är att det finns möjlighet för träden att bygga ut sin barmassa och på så sätt bli fullslutet vid en tidigare ålder. Då det är mängden barmassa som styr volymproduktionen leder detta till en högre tillväxt och potentiellt kortare omloppstider. Eftersom biomassan är under uppbyggnad och barrproduktion kräver flera olika näringsämnen kan det vara nödvändigt att tillföra andra näringsämnen än kväve (N) för att få förväntad tillväxtökning. Därför genomfördes barranalyser innan gödsling där så kallade "börvärden" studerats, dessa börvärden är relationen/kvoter mellan kväve och andra makro- och mikronäringsämnen som alla växtnäringsämnen bör ligga över för att inte brist ska råda och den potentiella tillväxten påverkas. Med utgångspunkt från resultaten av barranalysen beräknas sedan en gödselgiva med lämplig mängd av alla näringsämnen. Ett tydligt exempel på vikten av barranalys är försöken i Asa där gödsling med enbart N inte resulterade i någon tillväxtökning (Bergh och Linder, 2006).

De tidiga intensivgödslingsförsöken som är gjorda i Asa och Flakaliden är gödslade varje år, och delar av försöken är även bevattnade. Detta är i praktiken svårt att tillämpa och ekonomiskt tvivelaktigt i stor skala. Dessutom skulle det vara ekonomisk fördelaktigt om

gödsling kan genomföras vartannat år eller ännu mer sällan under ungskogsfasen, förutsatt att tillväxtförlusten inte är alltför stor. Därför startades 2002 en serie gödslingsintervallförsök på olika platser i Sverige. Målsättningen var att utvärdera i vilken utsträckning tillväxten kunde bibehållas med ett glesare gödslingsintervall. Försöksleden som lades ut var; gödsling varje år (F1), Gödsling vartannat år (F2), gödsling vart tredje år (F3), samt ett försöksled med slamtillförsel och ett med asktillförsel. De preliminära resultaten av dessa visar 2005 att gödsling enligt F2-ledet ger lika hög löpande tillväxt som F1-ledet, men att F3-ledet har en lägre produktion gentemot de första två (Bergh, 2006).

För att praktiskt och i större skala testa om intensivgödsling i ungskog kan vara möjligt lades det 2003 ut 15 försök som till största del följer F2-ledet i intervallförsöken. De lades ut med geografisk spridning över hela landet på ytor i gödslingsbar höjd. Ytorna gödslades sedan vart annat år, inledningsvis med traktor men när bestånden blev högre övergick gödslingen till att genomföras med helikopter. Utvärderingen inbegrep inte bara tillväxt utan också utlakning av näringsämnen. Lysimetrar installerades därför på varje lokal, dessa mäter näringshalt i markvattnet. Försöken ska gödglas med fullgödselgiva vartannat år till dess att de är fullslutna, något som beräknas ta mellan sju till tolv beroende på lokalens beskaffenhet och läge. (Bergh, 2006).

Syfte

Syftet var att utreda den praktiska tillämpbarheten av ungskogsgödsling i gransskog i södra Sverige med fokus på tillväxteffekten av gödsling vartannat år. Tidigare försök gjorda med intensivgödslade ungskogar har gödslats varje år, något som i praktiken är ekonomiskt tvivelaktigt att genomföra då det kräver många och täta behandlingar. Därför har analyseras hur gödsling vartannat år fungerar som jämförelse med varje år.

Hypoteser;

- i. Näringstillförsel med två års intervall i ungskog resulterar i signifikant högre höjd-, diameter- och volymtillväxt än den ogödslade kontrollen, samt att
- ii. Att gödslingseffekten på tillväxten i de praktiska försöken inte skiljer sig signifikant från tidigare försök analyserade i fiberskogsprojektet.

Avgränsningar

Arbetet kommer att begränsas som följer:

- i. Att endast jämföra resultaten med försöken i Asa.

- ii. Att endast jämföra med de fastgödslade försöken eftersom bevattning inte är realistiskt att tillämpa i större skala.

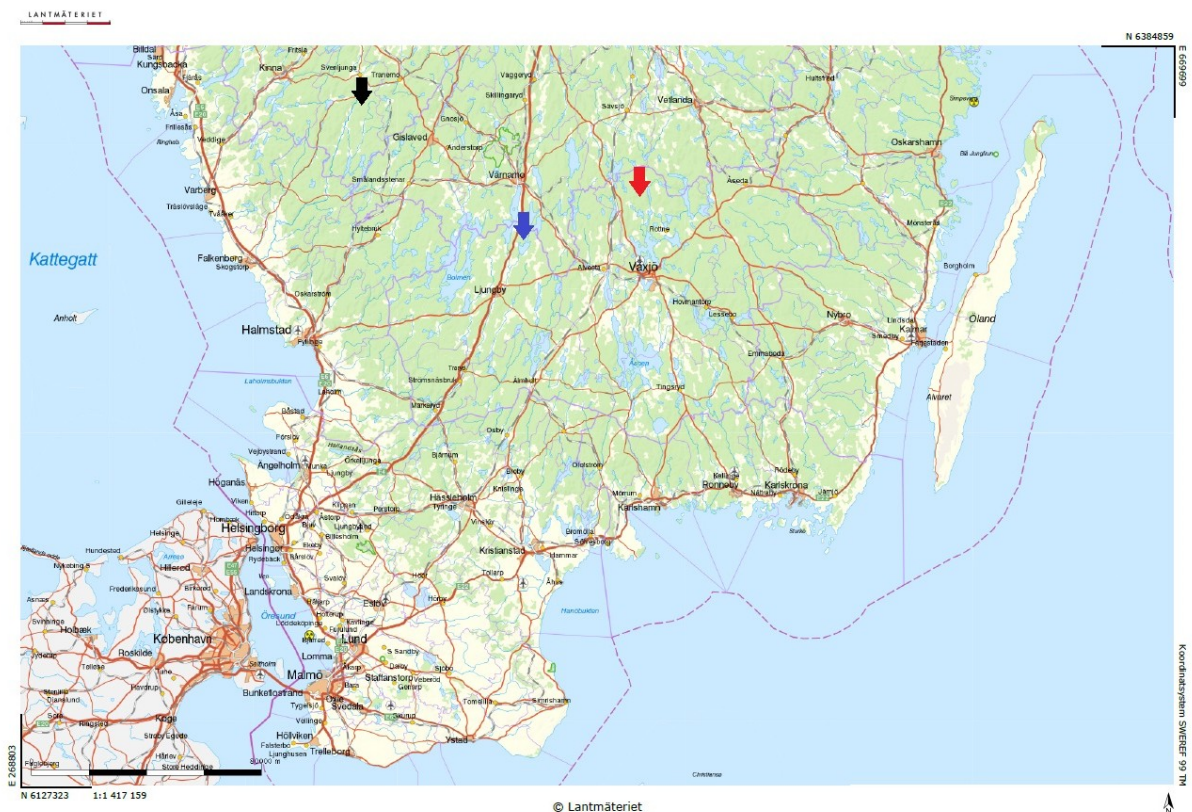
För att testa detta har vi undersökt två lokaler gödslade vartannat år, en lokal i Toftaholm och en i Tranemo. Vi har analyserat tillväxteffekterna och jämfört dessa med tidigare näringsoptimeringsförsök beläget i Asa.

MATERIAL OCH METOD

Material

Datamaterialet kommer från två försök med ungskogsgödsling i södra Sverige, ett utanför Tranemo (2003) och ett i Toftaholm (2003) utanför Ljungby.

Försöken som studeras är ett av fem bestånd förlagda i Toftaholm samt ett av två bestånd förlagda i Tranemo. Försökt i Toftaholm ligger på Södra skogsägarnas fastighet och de fem bestånden omfattar totalt 33 hektar. Försöket i Tranemo ligger på Sveaskogs mark och är på 12 respektive 14 hektar.

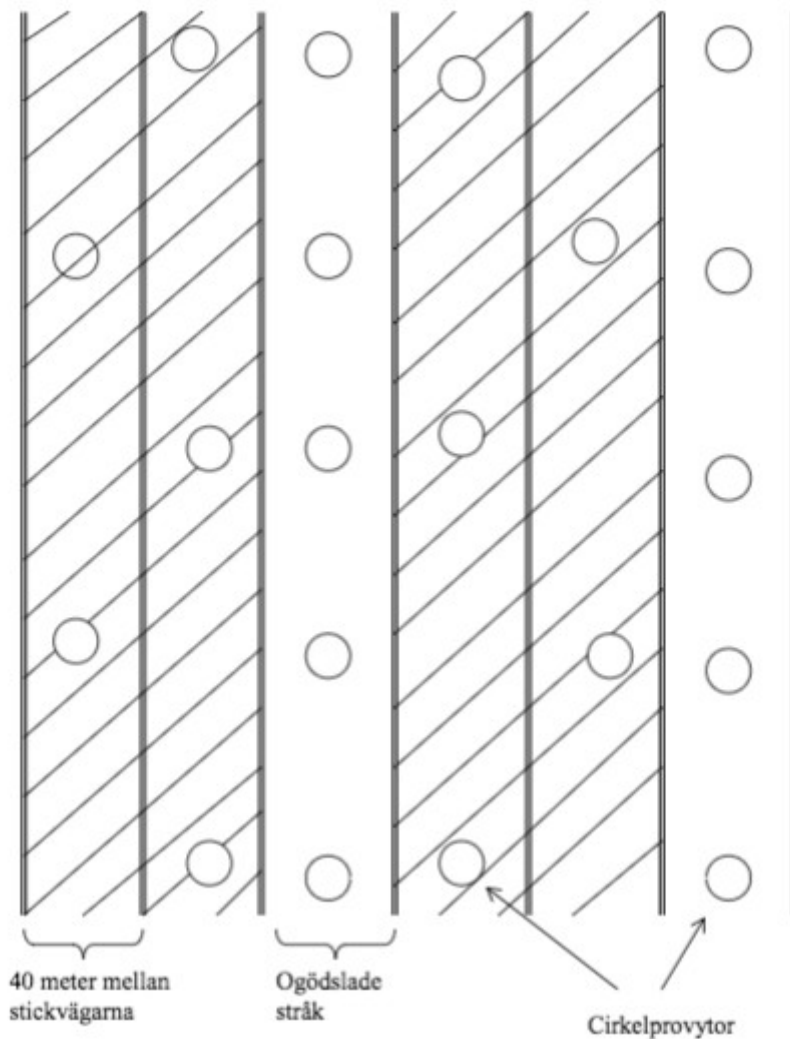


Figur 2. Försöksytornas placering, Tranemo (Svart), Toftaholm (Blå) och Asa (Röd). Källa: Lantmäteriet
Figure 2. Placement of the trails, Tranemo (Black), Toftaholm (Blue) and Asa (Red).

Försöksdesign

Försöken är upplagda med stråk om 40 meter utlagda i avdelningarna varpå 2/3 av arealen gödslats. I både Toftaholm och Tranemo har gödslingen genomförts 2003, 2005, 2007, 2009, 2011 samt 2013, se tabell 1. Barrprovtagning för analys av näringsstatus och näringsgivans sammansättning vid nästa gödslingstillfälle och lysimeterprover för att avläsa näringsläckage till grundvattnet, har provtagits hösten efter samtliga gödslingar. Tillväxtrevision har

genomförts 2003, 2008 samt 2014. Vid tillväxtrevisionen har stamantal räknats i provytorna, provträd tagits ut i provytorna för höjdmätning samt klavning i brösthöjd (130 cm) så att medeldiameter, medelhöjd, grundyta och volym kan beräknas. För mer detaljer se *Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök 2003* (Karlsson, 2003). Provtagningen har gjorts i cirkelprovytor med 10 meters radie (dock har ett par av ytorna endast 7 m radie) utlagda så att 10 gödslade och 10 ogödslade kontrolltytor mäts in per försök (Figur 3). Den totala datamängden är alltså 40 cirkelprovytor (20 gödslade och 20 ogödslade kontrolltytor). Ytorna har systematiskt utplacerats i försöken.



Figur 3. Principskiss för provyteutlägg. Källa: Slutrapport Fiberskogsprogrammet 06 05 27 Johan Bergh
Figure 3. Schematics of sample plot grid.

Gödslingen har gjorts med fullgödselgiva, utöver kväve (N) har även övriga makronäringsämnen (fosfor (P), kalium (K), kalcium (Ca), magnesium (Mg), svavel (S)) tillförts. Även mikronäringsämnen (mangan (Mn), järn (Fe), zink (Zn), bor (B) och koppar (Cu)) har tillförts. Barranalyser har använts för att beräkna i vilken omfattning olika näringsämnen behövde tillföras. Praktiskt har sedan gödslingen skett i stråk med traktor vid de tidigare och från luften med helikopter vid de senare gödslingstillfällena.

Tabell 1. Tabellen visar gödslingens tidpunkt och storlek i Toftaholm och Tranemo

Table 1. Table showing time of and size of fertilization done in Toftaholm and Tranemo

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	B
Gödsling	<i>kg per ha</i>	<i>kg per ha</i>	<i>kg per ha</i>	<i>kg per ha</i>	<i>kg per ha</i>	<i>kg per Ha</i>	<i>kg per ha</i>	<i>kg per ha</i>	<i>kg per ha</i>
2003	150	63	240	31	22	130	4	0,40	0,40
2005	125	34	34	5	3	23			
2007	125	34	34	5	3	23			
2009	150	28							
2011	150			28	13				1
2013	150	28							
Totalt	850	187	308	69	41	176	4	0,4	1,4

Metod

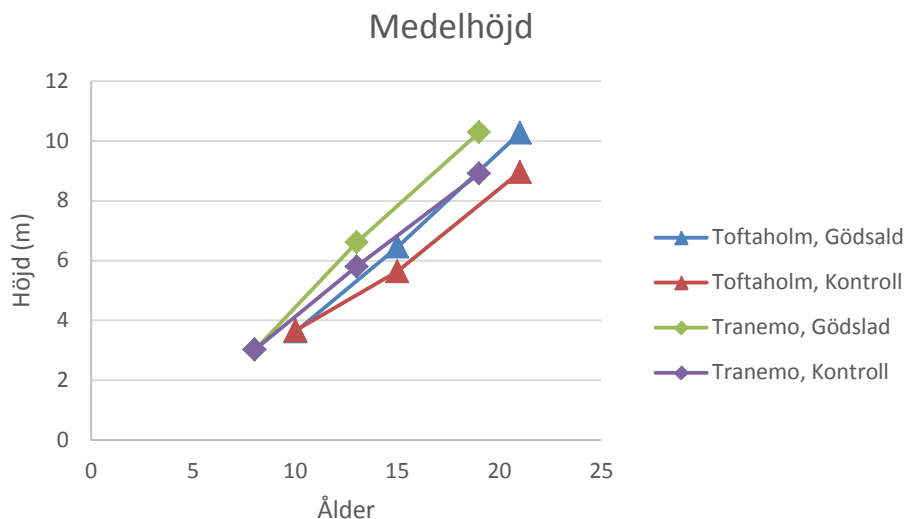
Det datamaterial som låg till grund för arbetet innehöll data för båda försökslokalerna och alla tre revisionstillfällena. För att kunna genomföra analyserna behövde datamaterialet delas upp i flera mindre dataset anpassade till analyserna.

För att testa våra hypoteser gjordes följande analyser:

- Volymerna uppmätta den sista revisionen (2014) testas med hjälp av en "Generell Linear Model" (GLM) för att se om det fanns någon signifikant skillnad mellan de behandlade ytorna och kontrollytorna. Detta gjordes separat för Toftaholm och Tranemo.
- Samma process upprepades med höjd och diameter.
- Den löpande höjd-, diameter- och volymtillväxten fem till elva år efter behandlingsstart beräknades och jämfördes mellan Toftaholm, Tranemo och Asa.

RESULTAT

Både höjd, diameter och volym var i försöken i Toftaholm och Tranemo högre i de gödslade än i de ogödslade ytorna. Volymen skiljer sig i större utsträckning än höjden och diametern, både inom och emellan behandlingarna.



Figur 4. Medelhöjdsutveckling för bestånden.

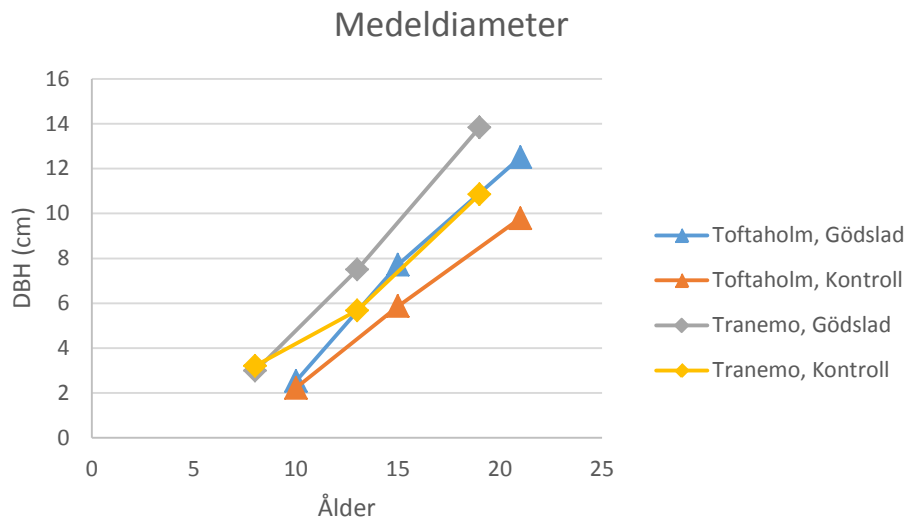
Figure 4. Mean-height development.

Toftaholm

Den visuella analysen visar att medelhöjdens utveckling över tiden är högre i de gödslade provytorna än i de ogödslade kontrollytorna. Vid 21 års ålder var medelhöjden 10,3 m i de gödslade bestånden och 9,0 m i de ogödslade bestånden, en skillnad på 1,3 m. Den statistiska analysen visade att vid 21 års ålder var skillnaden i medelhöjd mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna signifikant ($p = 0,013$). Höjden varierade mellan 8,6 m och 11,2 m i de gödslade ytorna och mellan 7,8 m och 9,8 m i de ogödslade kontrollytorna (Figur 4).

Tranemo

Den visuella analysen visar att medelhöjdens utveckling över tiden är högre i de gödslade provytorna än i de ogödslade kontrollytorna. Vid 19 års ålder var medelhöjden 10,3 m i de gödslade bestånden och 8,9 m ogödslade, en skillnad på 1,4 m. Den statistiska analysen visade att vid 19 år ålder var skillnaden i medelhöjd mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna signifikant ($p = 0,001$). Höjden varierade mellan 9,0 m till 11,4 m i de gödslade ytorna samt mellan 6,5 m till 10,5 m i de ogödslade kontrollytorna (Figur 4).



Figur 5. Diametersutveckling i brösthöjd (DBH) för bestånden.

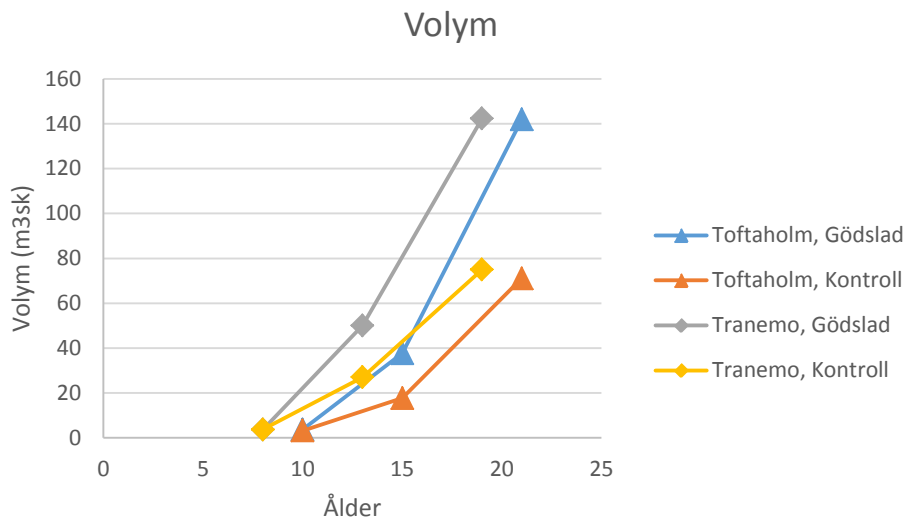
Figure 5. Diameter at breast height (DBH) development.

Toftaholm

Den visuella analysen visar att medeldiameterens utveckling över tiden är större i de gödslade provytorna än i de ogödslade kontrollytorna. Vid 21 års ålder var medeldiametern 12,5 cm i de gödslade bestånden och 9,8 cm i de ogödslade bestånden, en skillnad på 2,7 cm. Den statistiska analysen visade att vid 21 års ålder var skillnaden i medeldiameter mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna signifikant ($p < 0,001$). Diametern varierade mellan 10,5 cm och 14,1 cm i de gödslade ytorna och mellan 8,1 cm och 11,7 cm i de ogödslade kontrollytorna (Figur 5).

Tranemo

Den visuella analysen visar att medeldiameterens utveckling över tiden är större i de gödslade provytorna än i de ogödslade kontrollytorna. Vid 19 års ålder var medeldiametern 13,8 cm i de gödslade bestånden och 10,9 cm i de ogödslade bestånden, en skillnad på 3,0 cm. Den statistiska analysen visade att vid 19 års ålder var skillnaden i medeldiameter mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna signifikant ($p < 0,001$). Diametern varierade mellan 12,0 cm och 15,7 cm i de gödslade ytorna och mellan 7,7 cm och 13,5 cm i de ogödslade kontrollytorna (Figur 5).



Figur 6. Volymutveckling för bestånden.

Figure 6. Volume-development.

Toftaholm

Den visuella analysen visar att volymen redan vid andra och ännu mer vid det tredje mätillfället var högre i de gödslade provytorna än de ogödslade kontrollytorna. Vid 21 års ålder var volymen 142 m³sk/ha i de gödslade ytorna och 71 m³sk/ha i de ogödslade kontrollytorna. Den statistiska analysen visade att vid 21 års ålder var skillnaden i volym mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna signifikant ($p < 0,001$). Det fanns ett överlapp mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna. Volymerna varierade mellan 94 m³sk och 182 m³sk i de gödslade ytorna samt mellan 44 m³sk och 97 m³sk i de ogödslade kontrollytorna (Figur 6).

Tranemo

Den visuella analysen visar att volymen redan vid andra och ännu mer vid det tredje mätillfället var högre i de gödslade provytorna än de ogödslade kontrollytorna. Vid 19 års ålder var volymen 142 m³sk/ha i de gödslade ytorna och 75 m³sk/ha i de ogödslade kontrollytorna. Den statistiska analysen visade att vid 19 års ålder var skillnaden i volym mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna signifikant ($p < 0,001$). Det finns ett överlapp i volym mellan de gödslade ytorna och de ogödslade kontrollytorna. Volymerna varierade mellan 84 m³sk och 185 m³sk på de gödslade ytorna samt mellan 36 m³sk och 117 m³sk i de ogödslade kontrollytorna (Figur 6).

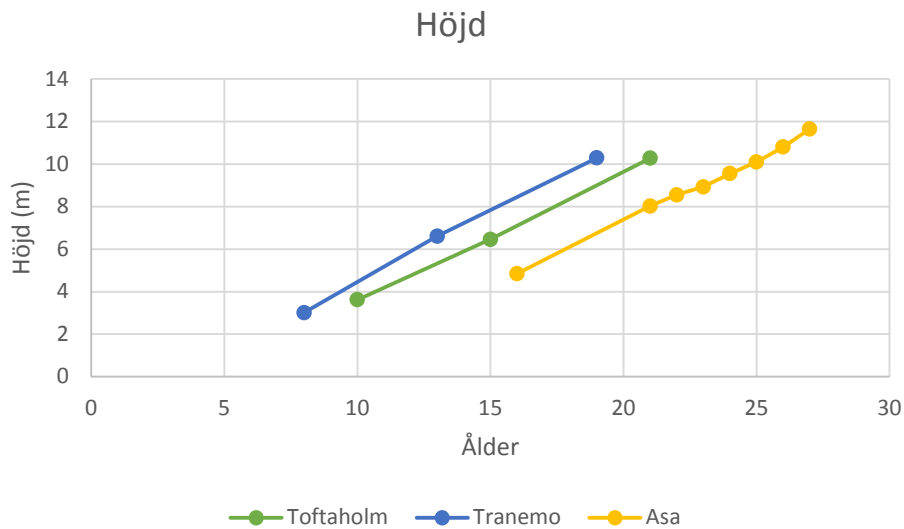
Tabell 2. Medelvärden och standardavvikelse för höjd (m), diameter (cm) och volym (m³sk), samt p-värdet och sum of squares när de gödslade ytorna ställdes mot kontrollytorna i den statistiska analysen.

Table 2. Mean-values and standard deviation for height (m), diameter (cm) and volume (m³sk) and also P-value and sum of squares when the fertilized plots are tested versus the unfertilized plots in the statistical analysis.

Revision 3		Medelvärde	P-värde	Standardavvikelse	ADJ SUM of squares
Toftaholm					
Höjd (m)			0,001		18,746
	Gödslad	10,27		0,845	
	Kontroll	8,96		0,645	
Diameter (cm)			<0,001		58,03
	Gödslad	12,51		1,04	
	Kontroll	9,79		1,12	
Volym (m³sk)			<0,001		36526
	Gödslad	141,89		31,6	
	Kontroll	71,08		16,6	
Tranemo					
Höjd (m)			0,013		32,320
	Gödslad	10,29		0,869	
	Kontroll	8,91		1,33	
Diameter (cm)			<0,001		81,77
	Gödslad	13,84		1,17	
	Kontroll	10,86		1,67	
Volym (m³sk)			<0,001		40204
	Gödslad	142,33		36,9	
	Kontroll	75		24,2	

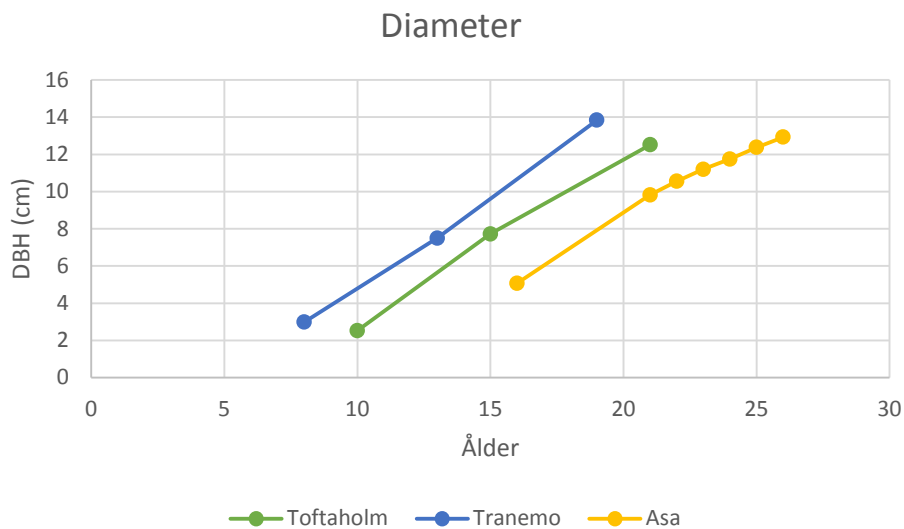
Skillnader mellan försöken och jämförelse med Asaförsöket

Försöken i Toftaholm var 10 år vid försökstarten, i Tranemo 8 år och i Asa 15 år. Vid samma ålder är tillväxten högre i Toftaholm/Tranemoförsöken. Vid lika lång tid sedan försöksstart är höjden, diametern och volymen högre i Asa försöket.



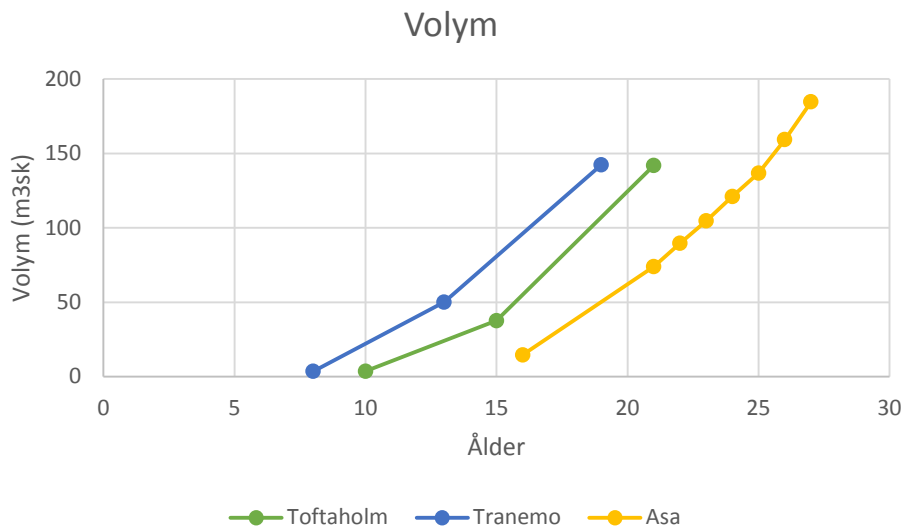
Figur 7. Sammanställning av medelhöjd i Toftaholm, Tranemo och Asa.
 Figure 7. Mean-height at Toftaholm, Tranemo and Asa.

Höjdtillväxten visar liknande trend i samtliga bestånd efter påbörjad behandling. Den löpande höjdtillväxten mellan fem och elva år efter behandlingsstart var i Toftaholm 0,54 m/år, i Tranemo 0,61 m/år och i Asa 0,60 m/år (Figur 7).



Figur 8. Sammanställning av medeldiameter i Toftaholm, Tranemo och Asa.
 Figure 8. Mean-diameter at Toftaholm, Tranemo and Asa.

Diametertillväxten visar liknande trend i samtliga bestånd efter påbörjad behandling. Den löpande tillväxten mellan fem och elva år efter behandlingsstart var i Toftaholm 0,7 cm/år, i Tranemo 1,1 cm/år och i Asa 0,6 cm/år (Figur 8).



Figur 9. Sammanställning av medelvolymer i Toftaholm, Tranemo och Asa.
 Figure 9. Mean-volume at Toftaholm, Tranemo and Asa.

Volymtillväxten visar liknande trend i samtliga bestånd efter påbörjad behandling. Den löpande volymtillväxten mellan fem och elva år efter behandlingsstart var i Toftaholm 14,9 m³sk/ha/år, i Tranemo 15,3 m³sk/ha/år och i Asa 18,3 m³sk/ha/år (Figur 9).

DISKUSSION

Resultaten är inte särskilt revolutionerande utan ligger i linje med tidigare studier gjorda i ämnet. Våra hypoteser var att;

- (i) Näringstillförsel med två års intervall i ungskog resulterar i signifikant högre höjd-, diameter- och volymtillväxt än den ogödslade kontrollen

I likhet med vad vi förutspådde så ökade tillväxten i de gödslade ytorna jämfört med kontrollytorna i samtliga variabler vi testade. Även om höjdtillväxten inte var lika markant som diameter- och volymtillväxten så har signifikanta skillnader uppmätts. Det innebär att gödsling i det här fallet ökar tillväxten jämfört med att inte gödsla. Den genomsnittliga höjdtillväxten ökade med ca 15 % jämfört med diametertillväxten som ökade med drygt 25 % i de gödslade ytorna jämfört med kontrollytorna. Diametertillväxten verkar också korrelerar tydligare med stamtäthet än vad höjdtillväxten gör. Diametertillväxten är större i de bestånd med lägre stamantal, det kan bero på att urvalet av provträd är slumpat och det finns fler små träd att välja på i de tätare bestånden, alternativt beror det på att lägre stamtäthet ger mer utrymme för diametertillväxt. Volymtillväxten ökar mycket vid intensivgödsling, resultaten i denna studien uppvisar samma effekter som tidigare gjorda studier (Bergh et al. 2005; Albaugh et al. 2008; Brockley 2010). Den löpande volymtillväxten, här mellan 14,9 m³sk/ha/år till 15,3 m³sk/ha/år är motsvarande eller till och med bättre än vad som förväntas i ett traditionellt gödlat granbestånd (Saarsalmi & Mälkönen 2001).

- (ii) Att gödslingseffekten på tillväxten i de praktiska försöken inte skiljer sig signifikant från tidigare försöken analyserade i fiberskogsprojektet.

En av de stora svårigheterna med intensivgödsling är att det kräver många åtgärder med korta intervall tidigt under omloppstiden, vilket man i möjligaste mån vill minimera. Försöken i Toftaholm och Tranemo visar liknande tillväxt gällande både höjd och diameter som försöken i Asa. Detta är mycket viktigt då Asa försöken har ett gödslingsintervall på ett år och Toftaholm/Tranemo har ett intervall på två år. Med Toftaholm/Tranemos behandlingsprogram halverar vi antalet åtgärder jämfört med Asas behandlingsprogram och får därigenom avsevärt enklare skötselregim och bättre ekonomi. Volymtillväxten var högre i Asaförsöket än i Toftaholm och Tranemo, detta trots att höjd och diametertillväxten är likvärdig eller till och med lite högre i Toftaholm och Tranemo. Den högre volymtillväxten borde bero på att det är fler stammar per hektar i Asaförsöket. Ett högre stamantal kan alltså upprätthålla en högre produktion på bekostnad av diameterutveckling vilket är kvalitetsmässigt fördelaktigt då det minskar frodvuxenheten utan att tumma på volymproduktionen.

En intressant iakttagelse i figur 9 är att de här försöken visar en liknande tillväxtökning efter försöksstart i alla bestånd, detta trots att beståndsåldern varierar från 8-15 år vid försöksstart. Resultaten antyder att träden redan vid mycket tidig ålder är mottagliga för gödsling och att det kan finnas en stor vinning i att gå in i ett mycket tidigt stadie. Vi kan konstatera att den rådande uppfattningen som bland annat tas upp i *Skogsgödsling - metoder, effekter och*

bestämmelser på sida 27-29 (Bertilsson och Morin 1984) att unga bestånd inte bör gödslas då de inte kan tillgodogöra sig all näring ej verkar stämma.

Konventionell skogsmarksgödsling anses nästan alltid vara en lönsam åtgärd.

Intensivgödsling i ungskog är i mindre grad utrett men Fahlvik et al. (2009) säger att lönsamhet kan uppnås vid låga räntekrav (lägre än 3 %). Förutom den ökade intäkten som kommer från de extra skogskubikmeter som produceras till följd av intensivgödsling så bör också räknas in minskade avverkningskostnader till följd av större volym per arealenhet, större medeldiameter vid avverkning, minskade flyttkostnader osv. Men den högre tillväxthastigheten kan också medföra negativa effekter på kvalitén. Förväntad grövre kvist är ett problem, kortare fibrer är ett annat, men sammantaget är kvalitetsnedsättningarna inte så stora.

För de småskaliga privata skogsbruket kan det vara dyrt och knöligt att bedriva så intensiva skötselmetoder. Intensivgödsling kräver relativt stora och långsiktiga investeringar, vilket gör att metoden lämpar sig bättre för storskogsbruket. Där finns större resurser att tillgå och möjlighet att göra tillväxtuttaget i ett annat bestånd istället för att diskontera kostnaderna fram till att beståndet avverkas (Thuresson 2002). För bolag med egen industri kan det vara intressant att öka sin grad av självförsörjning, avverkning i egen skog är att föredra jämfört med att köpa avverkningar eller att importera virke. Detta då egen skog betraktas som en säkrare virkeskälla. Vi kan också utan att överdriva säga att kostnaden för att "producera" en kubikmeter virke genom ungskogsgödsling med god marginal understiger kostnaden för att köpa en kubikmeter massaved.

Svagheter i studien

Data som vi utgått från är medelvärden från 10 gödslade och 10 obehandlade ytor i Toftaholm respektive Tranemo samt 4 totalinventerade försöksytor i Asa. Den totala datamängden var för liten för att säkert kunna dra några generella slutsatser.

Försöken i Toftaholm och Tranemo var utlagda som praktisk implementering av tidigare försök och försöksutlägget var inte randomiserat som vid forskningsmässiga försök, detta kan ge effekt på resultatet.

Provytorna som använts vid studien var inte slumpmässigt utlagda något som skulle behövts för att säkerställa den statistiska analysen.

Stammantalet varierar något mellan ytorna, det kan ge en viss effekt på både höjd, diameter och volym i ytorna.

Åldrarna i bestånden varierar vid försöksstart mellan 8 till 15 år. Vid försöken i Asa är två av försöksytorna två år äldre än de båda andra ytorna men vi har valt att ta ett medelvärde av de två åldrarna för att kunna analysera data från Asa.

Tiden för revision varierar över året och är inte alltid utförd utanför tillväxtsång.

Försöken i Asa (1987 – 1998) och de i Toftaholm/Tranemo (2003-2013) var utlagda under olika tidsperioder med eventuella skillnader i nederbörd och temperatur vilket kan ha påverkat resultaten.

Slutsatser

Studien visar att vi genom en aktiv skogsskötsel med regelbunden näringstillförsel redan i unga bestånd kan uppnå en markant högre tillväxt än vad man naturligt uppnår utan näringstillförsel, även i praktisk skala och inte bara på försöksnivå.

Den löpande tillväxten är ungefär samma lika många år efter behandlingsstart, även om beståndsåldern vid behandlingsstart varierade. Att sätta igång behandlingen tidigt kan därför vara fördelaktigt.

Försöken i Toftaholm och Tranemo gödslades vartannat år och jämförs med försöket i Asa som har gödslat varje år men studien kan inte påtala någon större skillnad i tillväxt. Det skulle innebära att man kan halvera antalet åtgärder jämfört Asaförsöken vilket förbättrar det ekonomiska utfallet avsevärt.

Högre stamtäthet höjer volymproduktionen och minskar den enskilda stammens diameterutveckling, något som ur en kvalitetsaspekt kan vara fördelaktigt.

REFERENSER

- Albaugh, Timothy J ; Allen, H. Lee ; Fox, Thomas R. (2008) *Nutrient use and uptake in Pinus Taeda*. Tree Physiology, Vol. 28(7), pp. 1083-1098
- Bergh, J, (1999) *Fiberskog – temaforskning om intensivt skogsbruk*. FaktaSkog #1
- Bergh, J., Linder, S., Lundmark, T., Elfving, B., (1999) *The effect of water and nutrient availability on the production of Norway spruce in northern and southern Sweden*. Forest Ecology and Management Vol.119, pp. 51-62
- Bergh, J., Linder, S., (2006) *Grundläggande försök med balanserad näringstillförsel I ungskog av gran*. Fiberskogsrapporten, Arbetsrapport nr 27 SLU, Alnarp
- Bergh, J., Linder, S., Bergström, J., (2005) *Potential production of Norway spruce in Sweden*. Forest Ecology and Management Vol. 204, pp. 1-10
- Bergh, J., (2006) *Praktiskt tillämpade försök med gödsling I ungskog av gran*. Fiberskogsrapporten, Arbetsrapport nr 27 SLU, Alnarp
- Bertilsson, O. Morin, R (1984) *Skogsgödsling - metoder, effekter och bestämmelser*, MHS 1984:20 pp. 27-29
- Brockley, R.P.(2010). *Effects of repeated fertilization in a young spruce stand in central British Columbia*. Canadian Journal of Forest Research Vol 40, pp. 1687–1697.
- Brännlund, R., Carlén, O., Lundgren, T. & Marklund, P-O. (2009). *En samhällsekonomisk bedömning av intensivodling av skog*. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-44-5
- Fahlvik, N., Johansson, U.& Nilsson, U.(2009). *Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen*. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8
- Hedwall, P-O. Gong, P Ingerslev, M. Bergh, J. (2014). Fertilization in northern forests – biological, economic and environmental constraints and possibilities. Scandinavian Journal of Forest Research, Vol 29:4, pp. 301-311
- Hyvönen, R, Ladanai S, Persson T, Eliasson P, Linder S, Ågren GI, (2010) *Is site productivity permanently changed by repeated fertilisation?* Institutionen för ekologi Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-8-945> [2016-03-16].
- Jacobson, S. & Pettersson, F. (2010) *An assessment of different fertilization regimes in three boreal coniferous stands*. Silva Fennica Vol 44(5): pp. 815–827.
- Larsson, S. Lundmark, T. Ståhl, G. (2008). *Möjligheter till intensivodling av skog* Slutrapport regeringsuppdrag JO 2008/1885
- Monsi, M., and Saeki, T. (1953). *Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und sein Bedeutung für die Stoffproduktion*. Japanese Journal of Botany. Vol 14: pp. 22-52.

- Monteith, J. L. (1977). Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society* Vol 281: pp. 277-294.
- Nohrstedt, H-Ö. (2001) *Response of Coniferous Forest Ecosystems on Mineral Soils to Nutrient Additions: A Review of Swedish Experiences*. *Scandinavian Journal of Forest Research* Vol 16:6, pp. 555-573
- Saarsalmi, A., Mälkönen, E. (2001) *Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16:6, pp. 514-535
- Sathre, R, Gustavsson, L, and Bergh J. (2010). Primary energy and greenhouse gas implications of increasing biomass production through forest fertilization. *Biomass Bioenergy* Vol 34 pp. 572–581.
- Skogsstyrelsen (2007) Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för hänsyn enligt 30 § skogsvårdslagen vid användning av kvävegödselmedel på skogsmark Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Allm%C3%A4nna%20r%C3%A5d/Skogsstyrelsensallm%C3%A4nnar%C3%A5dv%C3%A4veg%C3%B6dsling.pdf> [2016-03-14].
- Skogsstyrelsen (2014). Skogsstatistiska årsbok 2014, pp. 58 Tillgänglig: [http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok/01.%20Hela%202014%20-%20Entire%202014/Skogsstatistiska%20%C3%A5rsboken%202014%20\(hela\).pdf](http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok/01.%20Hela%202014%20-%20Entire%202014/Skogsstatistiska%20%C3%A5rsboken%202014%20(hela).pdf) [2016-03-21].
- Ståhl, P. Bergh, J. (2013) *Skogsskötselserien – Produktionshöjande åtgärder*. (Skogsskötselserien, 16) Skogsstyrelsen. Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien> (2016-04-12)
- Smolander, A. Kukkola, M. Helmissaari, H-J. Mäkipää, R. Mälkönen, E. (2000) *Functioning of forest ecosystems under nitrogen loading*. Forest condition in a changing environment – The Finnish case. Dordrecht : Kluwer Academic pp. 229-247
- Thuresson, T (2002) Skogsmarksgödsling - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön. Meddelande 6 - 2002. Skogsstyrelsen. Jönköping