

# Tillväxteffekter av kvävegödsling i sydsvenska tallbestånd

Effects of nitrogen fertilisation on increment in Scots pine stands in southern Sweden



FOTO: STAFFAN JACOBSON/SKOGFORSK



# Summary

In the short term, fertilisation with nitrogen is by far the most effective measure available to improve forest production. It has therefore been suggested that more fertiliser should be applied, to meet the increased demand for forest products, for example as a substitute for fossil fuels. Greater increment is positive for the forest's important role as a carbon sink, and fertilisation is one of the most profitable silvicultural measures.

The application of a nitrogen fertiliser in Scots pine stands in southern Sweden is currently not recommended by the Swedish Forest Agency. New research findings that can show the effects of fertilisation, in both financial and production terms, could be very important in discussions on the future of fertilisation in southern Sweden. Another reason for this study was to examine whether actual effects of nitrogen fertiliser on increment correspond with the level shown in existing forecast functions.

In 2008, trials were set up on the sites 284 Attsjö and 285 Storebro in Småland. Both trials were set in Scots pine stands mature enough for final felling. In 2009, a similar trial was set up on the 287 Sjundevill site, in a 25-year-old pine stand approximately 10 km south of Vimmerby. Controlled thinning was carried out when the trial was set up. All three trials are hosted by Södra skogsägarna.

Nitrogen, 150 kg per ha, was applied in the form of calcium ammonium nitrate (Skog-CAN), containing 27% N, 4.7% Ca, 2.2% Mg and 0.2% B. The trials were set up as randomised block trials with four repetitions. The plot sizes were 30 x 30 m in 287 Sjundevill and 39 x 39 m in the others. At the start of the trials, diameter and height of all trees were measured within a circular net sample plot with a radius of 10 m in Sjundevill and 14 m in the other trials.

These measurements were repeated in the increment survey. In the ten-year surveys, autumn 2017 and 2018, these measurements were supplemented with increment boring of all trees to measure the annual growth rings under a microscope. The aim was to examine the increment pattern over the ten-year observation period, and the increment in the five years prior to fertilisation treatment.

In the two older pine stands, the nitrogen application resulted in very significant increases in increment (approx. 11-14 m<sup>3</sup> stem volume over bark per ha), the same level as predicted by the forecast functions. With an assumed fertiliser cost of SEK 3000 per ha, an interest rate of 2%, and current wood prices, the internal rate of return on the investment in fertiliser in this stand was 8.8-11.1% at felling after ten years. The annual-ring analysis showed that the fertilisation effect on increment in all trials ceased after seven years.

The fertilisation effect in the younger pine trial at 287 Sjundevill was lower than expected, and not statistically significant. Here, the total incremental growth resulting from the fertilisation treatment was 7.8 m<sup>3</sup> stem volume over bark per ha, compared with the forecast 11.6 m<sup>3</sup>. In this trial, there was no fertilisation effect on height growth. This effect, with negative consequences on stem shape, is known from earlier trials of fertilisation in young pine stands.

# Förord

Denna rapport sammanfattar erhållna resultat från tre gödslingsförsök på tallmark i södra Sverige. Ett tack till Södras forskningsstiftelse som bidragit med merparten av finansieringen till denna studie. Jag vill även tacka Södra skogsägarna för upplåtande av försöksmark. Slutligen också ett stort tack till Hagos Lundström, Sten Nordlund och Mikael Westerlund, samtliga på Skogforsk, som på ett förtjänstfullt sätt ansvarat för merparten av fältarbetet, vid både försöksanläggning och revision av dessa försök. Mikael Westerlund utförde även mätningarna av samtliga borrhärnor under mikroskop.

Uppsala i juni 2019

Staffan Jacobson

# Innehåll

Summary.....	2
Förord .....	3
Sammanfattning.....	5
Inledning.....	6
Syfte .....	7
Material och metoder .....	7
Resultat.....	9
Diskussion .....	11
Slutsatser .....	12
Referenser.....	13
Bilaga .....	14

# Sammanfattning

På kort sikt är gödsling med kväve den i särklass mest skogsproduktionshöjande åtgärden som står till buds. Åtgärden har därför föreslagits att öka i omfattning för att möta en ökad efterfrågan på skogsråvara, bland annat som ersättning för fossila bränslen. En ökad tillväxt är vidare positivt för skogens viktiga roll som kolsänka. Samtidigt är gödsling en av de mest lönsamma skogsbruksåtgärderna.

I södra Sverige är gödsling av talldominerad skog för närvarande inte rekommenderat av Skogsstyrelsen. Att via färsk forskningresultat kunna påvisa åtgärdens effekter, både ekonomiskt och produktionsmässigt, kan komma att bli av stor betydelse vid diskussioner om gödslingens framtid i södra Sverige. Ett annat motiv till denna studie var att undersöka huruvida dagens tillväxteffekter av skogsgödsling med kväve överensstämmer med befintliga prognosfunktioner.

Under år 2008 anlades och behandlades försöken 284 Attsjö och 285 Storebro. Båda anlades i äldre slutavverkningsmogna tallbestånd i Småland. Året därpå anlades försöket 287 Sjundevill i ett 25-årigt tallbestånd ca 10 km söder om Vimmerby. I detta försök utfördes en kontrollerad gallring i samband med försöksanläggningen. Samtliga av dessa tre försök har Södra skogsägarna som markvärd. Kvävet, 150 kg per hektar, tillfördes som kalkammonsalpeter (Skog-CAN) innehållande 27 % N, 4,7 % Ca, 2,2 % Mg samt 0,2 % B. Försöken är anlagda som randomiserade blockförsök med fyra upprepningar. Ytstorleken är 30 x 30 m i 287 Sjundevill och 39 x 39 m i de övriga. Vid anläggningen mättes diameter och höjd på samtliga träd inom en cirkulär nettoprovyta med radien 10 m i Sjundevill och 14 m i övriga försök. Vid tillväxtrevision upprepades dessa mätningar. Vid tioårsrevisionen, hösten 2017 respektive 2018, kompletterades dessa mätningar med tillväxtborrning av samtliga träd för mätning av årsringarnas tillväxt under mikroskop. Detta för att erhålla en bild av tillväxtförloppen över den tioåriga observationsperioden, samt tillväxten fem år före behandling.

I de två äldre tallbestånden resulterade kvävetillförseln i starkt signifikanta tillväxtökningar (ca 11–14 m<sup>3</sup>sk per ha), som låg i nivå med vad som förväntats enligt prognosfunktionerna. Med en antagen gödslingskostnad om 3000 kr per ha, kalkylränta på 2 % och dagens virkespriser blev internräntan på gödslingsinvesteringen i dessa bestånd 8,8 –11,1 % vid avverkning efter tio år. Tillväxtförloppen enligt årsringsanalyserna visade att gödslingseffekten i samtliga försök ebbade ut efter sju år.

Gödslingseffekten i det yngre tallförsöket 287 Sjundevill blev lägre än förväntat och ej statistiskt signifikant. Den totala mertillväxten av gödslingsbehandlingen blev här 7,8 m<sup>3</sup>sk per ha, att jämföra med det prognosticerade 11,6 m<sup>3</sup>sk. I detta försök erhöles ingen gödslingseffekt på höjdtillväxten. Denna effekt, med försämrad stamform, är känd från tidigare försök med gödsling i unga tallbestånd.

# Inledning

Skogsgödsling är en vanligt förekommande skogsskötselmetod i Sverige och sammanlagt beräknas mer än två miljoner hektar skogsmark ha gödslats minst en gång sedan verksamhetens start på sextiotalet (Nohrstedt 2001). Gödslingen bedrivs vanligen med en eller två givor på 150 kilo kväve (N) per hektar med cirka tio års intervall i slutet av skogsbeståndets omloppstid och ger vanligen en merproduktion på cirka 10–20 kubikmeter per hektar och gödslingstillfälle (Jacobson m.fl. 2005, Pettersson m.fl. 2009). Skogsgödsling är en av de mest lönsamma skogsbruksåtgärderna (Jacobson & Pettersson 2010) och har föreslagits öka i omfattning för att möta en ökad efterfrågan på skogsråvara bland annat som ersättning för fossila bränslen (Larsson m.fl. 2009). I gällande klimatavtal fick skogen en tydlig och viktig roll som kolsänka. Skogens tillväxt har därvid en stor positiv inverkan som kan ökas genom gödsling.

Skogforsk (tidigare Institutet för Skogsförbättring) har varit ledande i utvecklingen av den praktiska produktionsgödslingen i Sverige. Med hjälp av tillväxtresultat från ett stort material (cirka 1000 gödslade provytor fördelade på 230 lokaler) spridda över hela landet har Skogforsk tagit fram prognosfunktioner för beräkning av tillväxteffekten av kvävegödsling (Pettersson 1994a,b). Dessa prognosfunktioner används bland annat vid beräkningar av skogsgödslingens ekonomi, vid praktisk gödslingsplanering och prioritering av objekt, men också i samband med mer storskaliga och långsiktiga avverkningsberäkningar. Det är således, av flera skäl, mycket viktigt att löpande följa upp att nämnda prognosfunktioner även framgent ger väntevärdesriktiga skattningar av tillväxteffekterna efter kvävegödsling.

Underlaget till befintliga prognosfunktioner är resultat från försök behandlade under åren 1958–1987. Resultaten från en nyligen rapporterad studie (Jacobson, 2006) understryker vikten av en löpande kontroll av prognosfunktionernas giltighet. Den högre depositionen av N i Götaland, samt det faktum att det ursprungliga försöksunderlaget till befintliga prognosfunktioner var något svagare i södra Sverige, ger stöd för att en utökad kontroll av produktionsgödslingens effekter i första hand bör koncentreras till denna region. Vidare var det ursprungliga försöksunderlaget till prognosfunktionerna något svagare i yngre skog, varför gödslingseffekterna även bör testas i dessa bestånd

## Syfte

Skogforsk förfogar över en stor databank med tillväxtresultat från kontrollerade fältförsök som behandlats med N. Sedan publiceringen av dagens prognosfunktioner (Pettersson 1994a,b) har nya försök anlagts. Resultaten från dessa försök kan utnyttjas för att testa prognosfunktionernas giltighet. I det fall resultaten från dessa tester skulle visa på signifikanta avvikelser är detta incitament för att i ett nästa steg utarbeta nya prognosfunktioner.

Projektets övergripande målsättning var att undersöka huruvida dagens tillväxt effekter av skogsgödsling med kväve är i nivå med befintliga prognosfunktioner. Dessa tester kommer att utföras med hjälp av tillväxtresultat från kontrollerade gödslingsförsök utvärderade efter prognosfunktionernas framtagande.

En del i detta projekt är fastställandet av tioåriga tillväxt effekter efter gödsling i tre tallförsök anlagda i södra Sverige. Hypotesen var att gödslingsresponsen i dessa försök genomsnittligt ligger i nivå med simulerade effekter i befintliga prognosfunktioner.

## Material och metoder

Under år 2008 anlades och behandlades försöken 284 Attsjö och 285 Storebro. Båda är anlagda i äldre slutavverkningsmogna tallbestånd i Småland. Året därpå anlades försöket 287 Sjundevill i ett 25-årigt tallbestånd ca 10 km söder om Vimmerby. I försöket utfördes en kontrollerad gallring i samband med försöksanläggningen. Försökens bestånds- och ståndortsförutsättningar är beskrivna i tabell 1. Samtliga tre försök har Södra skogsägarna som markvärd. Kvävet tillfördes som kalkammonsalpeter (Skog-CAN) innehållande 27 % N, 4,7 % Ca, 2,2 % Mg samt 0,2 % B.

Tabell 1. Ståndorts- och beståndsdata vid tidpunkt för anläggning i de olika försöken.

	284 Attsjö	285 Storebro	286 Sjundevill
Latitud	56° 53'	57° 34'	57° 57'
Longitud	15° 07'	15° 51'	15° 87'
Höjd över havet (m)	250	120	150
Trädslag	tall	tall	tall
Ståndortsindex (H100, m)	T22	T24	T26
Ålder, tot. (år)	95	100	25
Stamantal (n ha <sup>-1</sup> )	380	400	1600
Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk ha <sup>-1</sup> )	180	260	120
Vegetationstyp	lingon	blåbär	smalbl. gräs
Antal upprepningar (block)	4	4	4
Startår	2008	2008	2009

Försöken är anlagda som randomiserade blockförsök med fyra upprepningar med huvudsyftet att bedriva tillväxtstudier. Ytstorleken är 30 x 30 m i 287 Sjundekvill och 39 x 39 m i övriga. Alla tillväxtmätningar utfördes på nettoparceller i form av cirkelytor i mitten av bruttoparcellerna med radien 10 m i 287 Sjundekvill och 14 m i de övriga. Alla träd på nettoytan med en diameter >5 cm i brösthöjd (1,3 m över marken) numrerades permanent vid försöksanläggningen. Före behandling korsklavades och höjdmättes samtliga av dessa träd. Vid tillväxtrevision upprepades mätningarna. Vidare togs en borrhärd i brösthöjd från samtliga träd för mätning av årsringarnas tillväxt under mikroskop med en noggrannhet av 1/100 mm. Detta för att få en bild av tillväxtförloppen över den 31-åriga observationsperioden, samt tillväxten fem år före första behandling. Trädens stamvolym beräknades med Näslunds (1947) funktioner.

Behandlingseffekterna skattades med hjälp av kovariansanalys. Ett antal beståndsbeskrivande variabler vid försökens anläggning, samt näringsmängder och volymsuttag vid gallringen, testades som kovariat och inkluderades i modellerna om p-värdet var <0,20. De uppmätta tillväxterna korrigeras härvid för eventuella skillnader i gallringsuttag mellan ytorna och/eller för skillnader i grundyta, grundytetillväxt, volym eller stamantal vid försöksanläggningen. Statistikpaketet SAS/STAT<sup>®</sup>, procedur GLM, version 9.4 TS Level 1M4 (<http://www.sas.com>) användes vid analysen av de linjära modellerna.

Modellekvation för de enskilda försöken:

$$y_{jk} = \mu + u_j + t_k + b(g_{jk} - \bar{g}) + e_{jk}$$

där

$y_{jk}$  = grundyte-/ volymtillväxt för parcell jk

$\mu$  = totalmedelvärde

$u_j$  = fix effekt av block j; j=1,2,3

$t_k$  = fix effekt av behandling k; k=1,2,3,4,5

$b$  = koefficient för regression av grundytetillväxt på beståndsvariabel vid försöksanläggning

$g$  = grundyta vid behandling för parcell jk

$e_{jk}$  = residual, N.I.D. (0,  $\sigma_e^2$ )

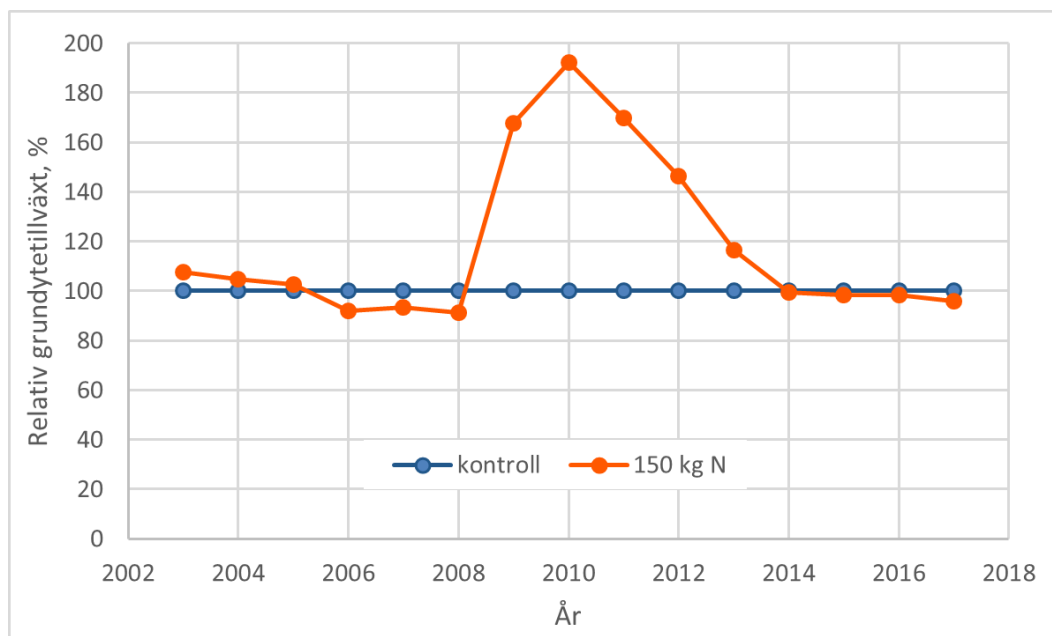


# Resultat

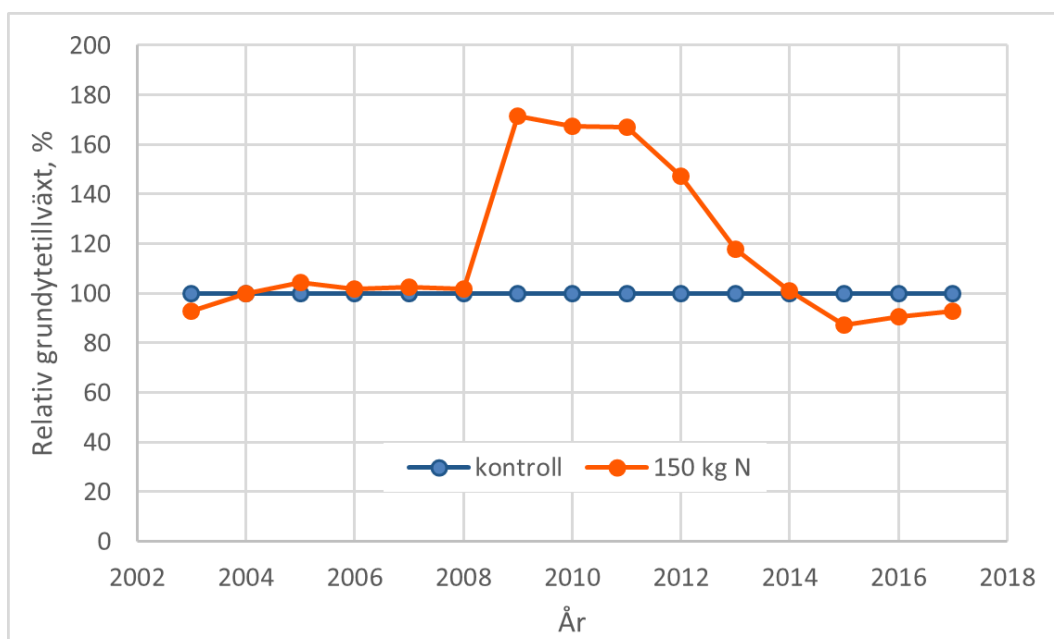
I de två äldre tallbestånden resulterade kvävetillförseln i starkt signifikanta tillväxtökningar, som var i nivå med vad som förväntats enligt prognosfunktionerna. Tillväxtförloppen enligt årsringsanalyserna visade att gödslingseffekten i samtliga försök ebbade ut efter sju år (Figur 1–3). Detaljerad redovisning av tillväxtdata för samtliga tre försök återfinns i tabellform i bilaga.

Den totala mertillväxten av gödslingsbehandlingen blev i försöket Storebro 10,2 m<sup>3</sup>sk per ha (10,9 m<sup>3</sup>sk enligt prognosfunktion). Med en antagen gödslingskostnad om 3000 kr per ha, kalkylränta på 2 % och dagens virkespriser blev internräntan på denna investering 8,8 % vid avverkning efter tio år. Vid slutavverkning efter sju år hade internräntan ökat till 13,1 %.

Motsvarande siffror för försöket i Attsjö blev 13,7 m<sup>3</sup>sk per ha (13,7 m<sup>3</sup>sk enligt prognosfunktion) och 11,1 % intern förräntning vid avverkning efter tio år. En slutavverkning efter sju år hade i detta försök gett en internränta på 16,8 %.



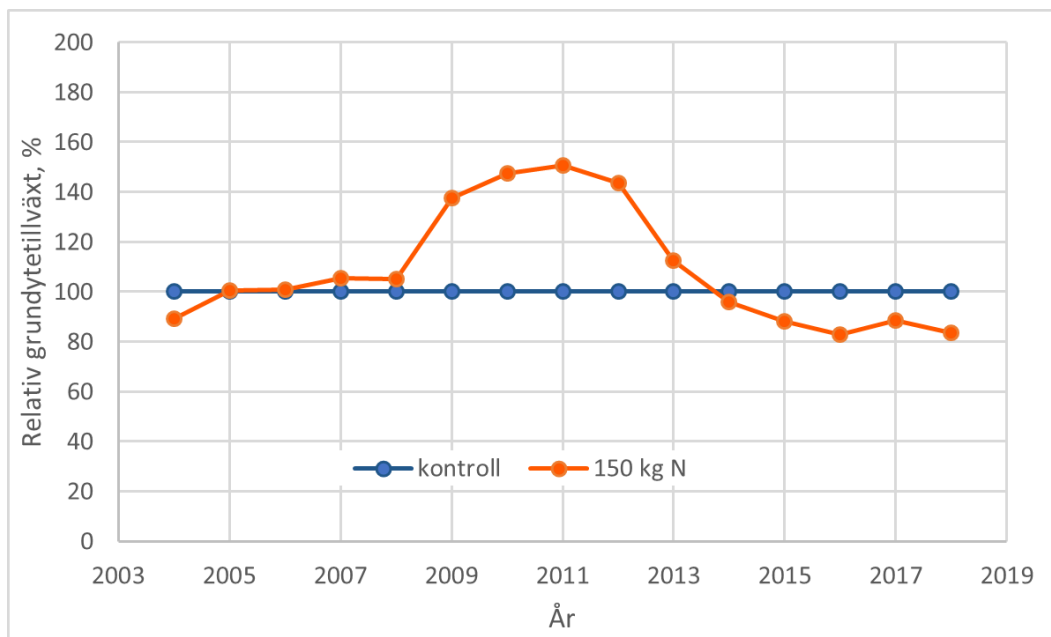
Figur 1. Den relativa grundytetillväxtens utveckling i försöket 285 Storebro.



Figur 2. Den relativa grundytetillväxtens utveckling i försöket 284 Attsjö.

Gödslingseffekten i det yngre tallförsöket 287 Sjundekvill (Figur 3) blev lägre än förväntat och ej statistiskt signifikant. Den totala mertillväxten av gödslingsbehandlingen blev här 7,8 m<sup>3</sup>sk per ha, att jämföra med det prognosticerade 11,6 m<sup>3</sup>sk per ha.

Vid en tänkt slutavverkning om 55 år (80 års totalålder), och med samma antaganden vad avser gödslingskostnad, kalkylränta och virkespriser skulle den diskonterade vinsten av denna gödslingsinvestering leda till ett negativt resultat (-1147 kr per ha) och en internränta på 1,1 %.



Figur 3. Den relativa grundytetillväxtens utveckling i försöket 286 Sjundekvill.

## Diskussion

I det unga tallförsöket 286 Sjundekvill uteblev gödslingseffekten på trädens höjdtillväxt helt. Detta resultat är känt från tidigare försök med gödsling av ung tall. I ungskogar med tall eller contortatall (primära trädslag) blir höjdtillväxtreaktionen av en kvävegödsling ytterst liten, vilket i sin tur ger upphov till en försämrad stamform (Pettersson 1985). För dessa beståndstyper yttrar sig således gödslingseffekten i att träden blir grövre, men inte högre jämfört med ogödslade träd.

I plant- och ungskogar är volymtillväxteffekten av kvävegödsling starkt avhängig beståndets utvecklingsgrad (Pettersson 1985). Enligt Pettersson (1985) blir tillväxteffekten mycket liten ( $<1 \text{ m}^3\text{sk per ha}$ ) i plantskog med 1 m höjd oavsett giva i intervallet 50–150 kg N per ha. Vid 5 m höjd blir totaleffekten ca  $10 \text{ m}^3\text{sk per ha}$  för gran och contortatall, men endast ca  $6 \text{ m}^3\text{sk per ha}$  för tall med givan 150 kg N per ha. ”Fullstora” tillväxteffekter uppnås först när bestånden nått 10–12 m höjd och detta faktum ligger bakom baskravet att gödsling bör utföras först när beståndet har uppnått förstagallringsstadiet ( $>12 \text{ m}$ ). I plant- och ungskog är det sannolikt storleken på rot- och barrbiomassan i beståndet som är den avgörande faktorn för hur mycket kväve som kan upptas och nyttiggöras av träden. Tillväxtökningen i kubikmeter per kilo tillfört kväve blir generell lägre i plant- och ungskog än i medelålders och äldre bestånd. Dessa tidigt erhållna kubikmeter blir dessutom dyra om gödslingskostnaden ska räntebelastas i en investeringskalkyl (Jacobson & Pettersson 2010).

Gödslingsförsök har visat att hög beståndsålder inte är ett hinder för att ett bestånd ska anses vara gödslingvärt (t.ex. Pettersson 1994a). Det finns exempel på 250-årig blandskog med tall och gran som har reagerat bra på gödsling. Beståndets löpande tillväxt är en viktig faktor för gödslingseffektens storlek. I äldre bestånd är tillväxten avtagande, varför tillväxtökningen i kubikmeter normalt blir lägre än om man gödslar mer växtlig skog i medelålders bestånd. Samtidigt är dock värdetillväxten och rotvärdet per kubikmeter normalt sett hög i den äldre skogen.

Engångsgödsling i medelålders och äldre tall- och granbestånd påverkar normalt inte stamformen (formkvoten) (Friberg 1974). Trädens diameter- och höjdtillväxt följs således åt på samma sätt som vid ogödslade bestånd. Resultat från studier i försök med upprepade gödslingar tyder inte heller på någon förändring av formkvoten efter omgödslingar (Saramäki 1980, Jacobson och Pettersson 2001).

Resultaten från de två äldre tallbestånden i denna studie visade på mycket god lönsamhet av gödslingen. Utöver den ökade virkesvolymen efter gödsling ökar värdet på hela det stående virkesförrådet när träden blir grövre. Den ökade inkomsten av gödsling består således av två komponenter; volymseffekt och dimensionseffekt. Dimensionseffekten kan i sin tur delas upp i följande delar; (i) grövre träd ger ökat timmerutbyte, (ii) grövre timmer betalas bättre och (iii) grövre träd är billigare att avverka per kubikmeter. Av gödslingsintäkten brukar vanligtvis 60–70 % utgöras av volymökningen, medan 30–40 % är en effekt av högre värde per kubikmeter (t.ex. Jacobson & Pettersson 2003).

Skogsstyrelsens allmänna råd för kvävegödsling ([www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se)) är, beträffande möjligheten till gödsling samt totalgivor under en skogsgeneration, differentierade på fyra olika landsdelar. Farhågor för negativa miljöeffekter av kväve, samt den atmosfäriska depositionen av kväve ligger bakom landsindelningen. Samtidigt finns det idag studier, som en effekt av dagens skogars generellt högre tillväxt, som indikerar att bristen på N i skogsmarken är i ökande när klimatet blir varmare (exv. Crane m.fl 2018, Groffman m.fl 2018).

I hela Götaland (område 1 och 2) avråds från kvävegödsling på fastmark. Inom område 2, den nordöstra delen av Götaland, tillåts dock kvävegödsling med maximalt 150 kg N per ha i grandominerade bestånd under en skogsgeneration, under förutsättning att GROT (grenar och toppar) skördats, eller planeras att skördas, i samband med slutavverkning. I Götaland avråds således från gödsling av tallbestånd. De nuvarande råden är ett hinder för gödsling av de kanske mest lönsamma objekten i södra Sverige, de högkvalitativa slutavverkningsbestånden med tall. Det är viktigt att fortsatt följa upp gödslingseffekterna i försök anlagda från mitten av 1990-talet och framåt, både i tall- och granbestånd.

## Slutsatser

Kvävetillförseln i de två äldre tallbestånden resulterade i starkt signifikanta tillväxtökningar, som är i nivå med vad som förväntats enligt prognosfunktionerna. Ekonomiska kalkyler indikerade att förräntningen av gödslingsinvesteringen i dessa bestånd var mycket god.

Gödslingseffekten i det yngre tallförsöket blev lägre än förväntat och ej statistiskt signifikant. Dessa tidigt erhållna kubikmetrar blir dessutom dyra om gödslingskostnaden ska räntebelastas i en investeringskalkyl.



# Referenser

- Craine, J.M. m.fl. (38 authors) 2018. Isotopic evidence for oligotrophication of terrestrial ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, Vol. 2: 1735–1744. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0694-0>.
- Friberg, R. 1974. Jämförelser mellan träds volym-, grundyte- och höjdtillväxt efter gödsling I: Årsbok 1973 (Föreningen skogsträdsförädling och Institutet för skogsförbättring), 76–123. Uppsala.
- Groffman, P.M. m.fl. (12 authors) 2018. Nitrogen oligotrophication in northern hardwood forests. *Biogeochemistry* 141:523–539. <https://doi.org/10.1007/s10533-018-0445-y>
- Jacobson, S. 2006. Tillväxteffekter efter skogsgödsling med kväve – validering av befintligt prognosinstrument. Slutrapport till Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning (2006-10-11).
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2001. Growth responses following nitrogen and N-P-K-Mg additions to previously N fertilized Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 31:899-909.
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2003. Ny vår för skogsgödslingen? (Skogforsk, Resultat nr 23, 2003), 6 s. Eskilstuna.
- Jacobson, S., Pettersson, F. 2010. An assessment of different fertilization regimes in three boreal coniferous stands. *Silva Fennica* 44(5): 815–827.
- Jacobson, S., Pettersson, F., Högbom, L. & Sikström, U. 2005. Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk. 56 sid.
- Larsson, S., Lundmark, T., Ståhl, G., 2009. Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885.
- Nohrstedt, H-Ö. 2001. Response of coniferous forest ecosystems on mineral soils to nutrient additions: A Review of Swedish experiences. *Scand. J. For. Res.* Vol. 16: 555–573.
- Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. *Medd. Statens Skogsforskningsinst.* 36: 3-36.
- Pettersson, F. 1985. Gödslingseffekter i plant- och ungskog. I: Årsbok 1984 (Föreningen skogsträdsförädling och Institutet för skogsförbättring), 87–116. Uppsala.
- Pettersson, F. 1994a. Predictive functions for calculating the total response in growth to nitrogen fertilization, duration and distribution over time. The Forestry Research Institute of Sweden, Report No. 4. Uppsala. 34 pp.
- Pettersson, F. 1994b. Predictive functions for impact of nitrogen fertilization on growth over five years. The Forestry Research Institute of Sweden. Report No. 3, Uppsala. 56 pp.
- Pettersson, F., Jacobson, S. & Sikström, S. 2009. Skogsgödsling i Sverige – Kunskapsuppbyggnad, tillväxteffekter och praktisk tillämpning. (Bilaga 1 I: Fahlvik, N., Johansson, U., Nilsson, U. 2009. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8.
- Saramäki, J. 1980. The effect of nitrogen fertilization on the stem form of Scots pine. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(4), 1-46.

## Bilaga

Tabell B1. Tillväxeffekter efter 10 år, 2008-17, 284 Attsjö. Medelvärden markerade med olika bokstäver är signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda.

		Försöksled	
		Obehandlad kontroll	150 kg N ha <sup>-1</sup>
Uppmätt	Bl. 1	2,90	3,28
grundytetillväxt	Bl. 2	2,33	3,83
m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> , 10 år	Bl. 3	2,05	3,26
	Bl. 4	2,21	3,30
	medel	2,37 a	3,42 b
Uppmätt	Bl. 1	0,9	1,8
höjdtillväxt	Bl. 2	1,4	1,1
m stam <sup>-1</sup> , 10 år	Bl. 3	1,6	2,1
	Bl. 4	1,4	1,8
	medel	1,3	1,7
Uppmätt	Bl. 1	34,7	47,0
volymtillväxt	Bl. 2	27,4	40,7
m <sup>3</sup> sk ha <sup>-1</sup> , 10 år	Bl. 3	33,4	47,7
	Bl. 4	33,2	48,1
	medel	32,2 a	45,9 b