

Medeltillväxtens kulmination baserat på  
gallringsformer och ståndortsindex hos tall  
(*Pinus sylvestris* ÅŠÈ)

Culmination of mean annual increment based on thinning forms and  
site index for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)



Foto: Birgit Fostervold

Karl Bengtson och Johan Gotthardsson

---

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,

Handledare: Lars Lundqvist, 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

## FÖRORD

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Karl Bengtson och Johan Gotthardsson
Titel, Sv	Medeltillväxtens kulmination baserat på gallringsformer och ståndortsindex hos tall ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)
Titel, Eng	Culmination of mean annual increment based on thinning forms and site index for Scots pine ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)
Nyckelord/ Keywords	Tall, <i>Pinus sylvestris</i> , medeltillväxt, löpandetillväxt, gallringsform, kulminationstidpunkt
Handledare/Supervisor	Docent Lars Lundqvist, institutionen för skogens ekologi och skötsel
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

# FÖRORD

Denna kandidatuppsats på 15 högskolepoäng genomfördes under våren 2016 som en del av Jägmästarutbildningen vid SLU i Umeå. Vi vill tacka vår handledare, Docent Lars Lundqvist vid institutionen för skogens ekologi och skötsel som hjälpt oss och kommit med synpunkter under arbetets gång.

Slutligen ett stort tack till våra kurskollegor för intressanta och lärorika tankar kring gallringsfrågor.

Umeå, April 2016

Johan Gotthardsson

Karl Bengtson

## SAMMANFATTNING

Ett av målen för skogsägarna med gallring är att erhålla en hög volymproduktion och ett värdefullare slutbestånd. För att maximera volymproduktionen behövs beräkning av kulminationstidpunkten när medeltillväxten når den löpande tillväxten.

I denna studie undersöktes hur medeltillväxtens kulmination påverkades av både gallringsform och ståndortsindex hos tall. Underlaget för studien kommer från GG-försöken, som är en samling av gallring och gödslingsförsök spridda över hela Sverige. Utifrån den beräknade löpande tillväxten och medeltillväxten estimerades kulminationstidpunkten med hjälp av linjära funktioner. Av de undersökta gallringformerna höggallring, normalgallring och självgallring fann vi att normalgallring gav den lägsta kulminationstidpunkten. Ett högre ståndortsindex gav en tidigare kulminationstidpunkt samt en högre medeltillväxt. De självgallrade ytorna gav den högsta medeltillväxten medan kulminationstidpunkten ej inföll tidigare. Det som bör tas i beaktning vid gallringsstudier är att det är totalproduktionen som är i fokus, det innebär att även det som självgallrats finns med och den volymen är högre i de ogallrade bestånden. Skillnaderna i medeltillväxten mellan normal och höggallring var små och det kan vara en anledning att välja höggallring i en större utsträckning vid första gallring för att få ut ett större netto.

Nyckelord: Tall, *Pinus sylvestris*, medeltillväxt, löpandetillväxt, gallringsform, kulminationstidpunkt

## ABSTRACT

One of the intentions with thinning for forestowners is to obtain a high-volume production and a more valuable final stand. In order to maximize the volume of production, It's required to calculate the time of culmination, when mean annual increment reaches the current annual increment.

In this study, the culmination time for MAI was affected by thinningform and site index for pine. The source for the study comes from GG-trials, which is a collection of thinning and fertilization experiments in Sweden. Based on the calculated CAI and the MAI the time for culmination was estimated using linear functions. Of the analyzed thinning forms thinning from above, normal thinning and selfthinning, we found that the normal thinning gave the lowest culmination time. A higher site index gave an earlier time of culmination and a higher average growth. The self-thinned areas yielded the highest average growth while culmination time did not occurred before the other thinning forms. What should be kept in consideration with thinning studies is that totalproduction is focused, it means that also the mortality is included which is higher in self-thinned areas. The differences in average growth between normal and thinning from above were small and there may be a reason to choose thinning from above to a greater extent at first thinning to get a bigger net-value.

Keywords: Pine, *Pinus sylvestris*, mean annual increment, current annual increment, thinning forms, site index, culmination time

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD.....	1
SAMMANFATTNING.....	3
ABSTRACT.....	4
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	5
INLEDNING.....	6
Bakgrund.....	6
Syfte och mål.....	7
Hypotes.....	7
MATERIAL OCH METOD.....	8
Data.....	8
Volymberäkningar.....	9
Beräkning av kulminationstidpunkt.....	10
RESULTAT.....	12
DISKUSSION.....	16
Kulminationstidpunkten.....	16
Medeltillväxten.....	16
Felkällor och potentiella förbättringar.....	17
Slutsatser.....	18
REFERENSER.....	19

# INLEDNING

## Bakgrund

Gallring inom svenskt skogsbruk har utvecklats under många år sedan början på 1850-talet (Wallentin 2007). De studier som har gjorts på gallring har ofta påverkats av den tidens synsätt på skogsbruk och resultatet har återspeglats i detta, därför kan det vara svårt att använda resultat från dessa studier i dagens skogsbruk. Gallring är en beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke (Håkansson 2000). Gallringsform, gallringsstyrka och tidpunkten när gallring genomförs påverkar en rad faktorer såsom höjd, medeldiameter, stamantal, trädslagsfördelning, volymproduktion, kvalitet, risker och ekonomi (Nilsson 2013).

De vanligaste gallringsformerna är låggallring, krongallring och höggallring. Vid höggallring gallras de grövre träden ut de klenare får stå kvar. Vid låggallring är det istället de klenare träden som gallras de grövre får stå kvar. Krongallring utförs genom att träd med kronor som konkurrerar med tänkta huvudstammar tas ut. Ett mått på hur mycket som tas ut i gallring är gallringsstyrka. Detta är ett mått på hur stor andel av beståndets grundyta, volym eller stamantal som tagits ut vid gallring. (Skogsstyrelsen 2010; Stendahl & Fries 2015)

Vilken av dessa former som tillämpas beror på flera faktorer och vad som önskas uppnås med skogsbruket. Hur gallringsformer påverkar beståndets utveckling har bland annat beräknats i GG-försöken (gödsling och gallring) som är en samling gallringsförsök spridda i Sverige (Nilsson 2013). Målet med gallring är för de flesta att skapa ett värdefullare bestånd med en grövre medelstam som medför en lägre avverkningskostnad. Om målet med sitt skogsbruk är att erhålla den högsta volymproduktionen bör ett bestånd föryngringsavverkas när medeltillväxten kulminerar. Detta inträffar då den löpande tillväxten korsar medeltillväxten. Den löpande tillväxten beskriver den årliga tillväxten och är låg i början av ett bestånds livscykel, för att sedan öka snabbt och kulminera när beståndet är 8 – 12 m högt, detta är beroende av bonitet och trädslag. Den totala löpande tillväxten dividerad med beståndsåldern är medeltillväxten och den är låg i början av omloppstiden för att sedan öka och slutligen plana ut (Lundqvist et al. 2014). När kulminationsförloppet beräknas används olika tillväxtfunktioner för att prognostisera skogens framtida utveckling.

Den högsta volymproduktionen uppnås i ett ogallrat bestånd (Wiksten 1960; Nilsson et al. 2010) och den påverkas negativt av gallring (Romero 2014). Den lägre volymproduktionen är korrelerad med hur stor andel av grundytan som tas ut vid gallring (Mäkinen & Isomäki 2004). Ökande gallringsstyrka medför att den löpande tillväxten blir lägre i beståndet under en period efter gallring. Detta beror på att det kvarvarande beståndet inte kan utnyttja resurserna lika bra som den ogallrade skogen kan (Karlsson et al. 1999). Dock visade Skovsgaard (2009) i ett försök på Sitka gran (*Picea sitchensis* B) att under vissa förutsättningar uppnåddes den högsta volymtillväxten med låg gallringsstyrka. Även Pettersson (1955) har påvisat detta i svenska gallringsförsök av tall. I en studie av Novák et al. (2011) fann istället att den totala volymproduktionen mellan höggallring och ogallrat hos tall var likvärdig. Den virkesvolymen som är möjlig att ta ut är ungefär lika stor i gallrade som i ogallrade bestånd, detta eftersom andelen död ved är högre i det ogallrade beståndet (Mäkinen & Isomäki 2004; Agestam 2015). I ett annat försök fann Nilsson et al. (2012) att självgallringen i ogallrade tallbestånd är högre än det i ogallrade bestånd av gran (*Picea abies*

L). När det ses till den totala volymproduktionen är denna lika stor mellan hög och normalgallring (Nilsson et al. 2010).

På japansk ceder (*Cryptomeria japonica* D) har Nishizono et al. (2008) genomfört en studie på hur effekterna av gallring och ståndortsindex påverkar medeltillväxtens kulmination. I denna studie användes data från 28 observationsplatser i nordöstra Japan. Det visade sig att medeltillväxten ökade med ökande ståndortsindex men inte ändrades av ackumulerande gallringsuttag. Vidare fann de att kulmineringsåldern för medeltillväxten minskade med ökande ståndortsindex däremot påverkades inte kulmineringsåldern av gallringsuttagen.

Utifrån dessa studier kan det utläsas att valet av gallringsform är en faktor som kan påverka både tillväxten och medeltillväxtens kulmination och i förlängningen lönsamheten. Då ingen svensk studie finns gjord på hur de olika gallringsformerna påverkar medeltillväxten hos tall och dess kulminationstidpunkt är det befogat att utföra en studie om detta.

## **Syfte och mål**

Denna studie syftar till att se hur kulminationstidpunkten och medeltillväxten påverkas av olika gallringsformer hos tall. Både hur dessa skiljer sig mellan ståndortsindex samt mellan norra och södra Sverige.

## **Hypotes**

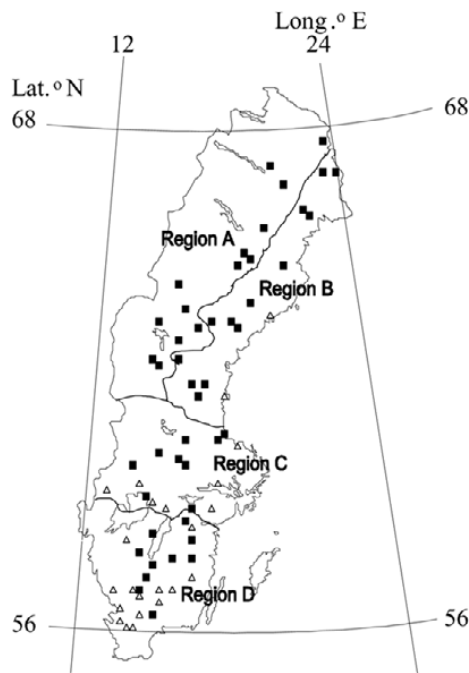
Vår hypotes är att medeltillväxten höjs vid högre ståndortsindex och sänks vid lägre ståndortsindex och påverkas av vilka skötselåtgärder som tillämpas, att medeltillväxten kulminerar tidigare i ett bestånd med högre bonitet, att all gallring förlänger tiden för medeltillväxtens kulmination, men det är skillnad mellan olika gallringsformer.



# MATERIAL OCH METOD

## Data

GG-försöken tillhör ett av världens största gallringsförsök (Nilsson 2013). De anlades mellan 1966 – 1983 av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Försöken etablerades vid tidpunkten för första gallring i röjda bestånd.



**Figur 1** Försöksytornas lokalisering. Tallytorna är markerade med fyrkant. Skiss av (Karlsson 2003).

**Figure 1** Location of sampling areas. Pine areas are marked with squares. Sketch by (Karlsson, 2003).

Idag finns försöken på 48 lokaler för tall och 23 lokaler för gran (se figur 1). GG-försöken behandlar endast trädslagsrena bestånd. Försöken finns i hela Sverige från Skåne till norra Norrbotten, dock är granförsöken koncentrerade till Götaland och Svealand. I denna studie kommer endast tall ytorna att behandlas. Totalt har 66 ytor analyserats för norra Sverige (A+B) och 37 för södra Sverige (C+D).

Försöken är anlagda som randomiserade blockförsök, där arealstorleken normalt är 0,1 ha för produktionsförsöken med en omgivande 5 – 10 m buffertzona, där samma behandling utförts. Sverige har delats in i fyra regioner A, B, C och D. I varje block finns 6 – 9 försöksled (behandlingar). Ytornas föryngrings sätt har med största del skett med naturlig föryngring men även plantering och sådd har använts. De olika ytorna har nått olika långt i sin utveckling och därför har olika många behandlingar utförts. Genomsnittsåldern för de 48 lokalerna av tall var vid 1:a gallringen 40 år.

## Gallringsformer

I GG-försöken har två gallringsformer använts, normalgallring och höggallring. Sjuka och skadade träd har tagits bort. I de fall skadan har varit av mildare grad och det inte har funnits bättre alternativ har trädet fått stå kvar. Eftersom försöken endast behandlar trädslagsrena ytor har andra trädslag än huvudträdslaget tagits bort vid första gallring.

Normalgallring är en kombination mellan låggallring och krongallring. Denna gallringsform påverkar alla höjdsikt i beståndet. Efter utförd gallring ska följande gälla:

$$d/D \text{ } 0,70 - 0,90$$

d = medeldiameter för utgallrade träd.

D = medeldiameter för kvarvarande träd.

Höggallring utgörs av att träd i de högre trädklasserna tas bort. Målet är här istället att få fram mindre träd med god utvecklingspotential. Följande d/D kvot ska gälla vid höggallring: >1,15.

### Tidpunkt för första gallring

Den första gallringen i ytan utfördes då beståndets övre höjd var mellan 12 – 15 m. Tiden mellan gallringarna bestämdes av övrehöjdrädens höjdtillväxt. Här användes Hägglunds höjdtvecklingsfunktioner för att fastställa att gallringarna kom i rätt tid. Ett höjdtillväxtintervall för de olika regionerna räknades ut. Uttaget som gjordes vid de olika gallringarna var beräknat på grundytan.

**Tabell 1** Behandlingar som analyserat för norra och södra Sverige.  
Table 1 *Treatments that have been analyzed for north and southern Sweden.*

Region	Antal ytor	Behandlingsform	Antal gallringar	Uttags% vid 1:a gallring
A+B	26	Normalgallring	3	25
A+B	24	Höggallring	3	25
A+B	16	Ingen gallring	0	
C+D	14	Normalgallring	4	25
C+D	13	Höggallring	4	20
C+D	10	Ingen gallring	0	

Mer information om GG-försökets definitioner och åtgärder finns i Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök (Karlsson, 2003).

### Volymberäkningar

För att beräkna hur olika gallringsformer påverkar ett bestånds kulmination behövs uppgifter om des volymtillväxt. I analysen har följande tre beräkningar använts.

- Totalproduktion
- Löpande tillväxt
- Medeltillväxt

#### Totalproduktion

Totalproduktion ( $\text{m}^3\text{sk/ha}$ ) är allt som har producerats i beståndet sedan den senaste slutavverkningen. All volym räknas inklusive sådant som har tagits ut men även träd som dött och självgallrats bort. Det är oftast totalproduktion som mäts vid produktionsstudier (Agestam 2015).

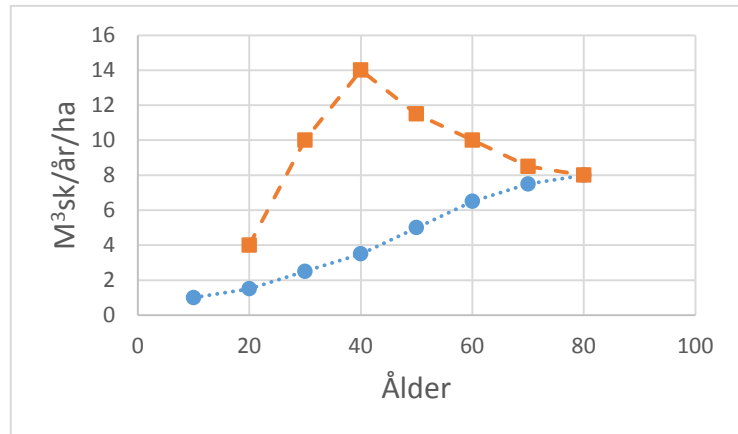
## Löpande tillväxten

Den löpande tillväxten ( $\text{m}^3\text{sk/ha/år}$ ) har beräknats vid 2 – 8 tillfällen på de olika blocken. Normalt har det gått 5 – 10 år mellan mättillfällena. Den första beräkningen av den löpande tillväxten utfördes efter det andra mättillfället för att se förändringen i den löpande tillväxten efter den första behandlingen. Den löpande tillväxten beräknas enligt följande:

$$L_{V\text{lop}} = -(V_{\text{slut}} - V_{\text{start}} + V_{\text{döda}}) / T$$

Där:

- $L_{V\text{lop}}$  = Löpande tillväxt
- $V_{\text{slut}}$  = Stående virkesvolym vid periodens slut
- $V_{\text{start}}$  = Stående virkesvolym vid periodens början
- $V_{\text{döda}}$  = Volym döda träd under period
- $T$  = Antal år som förflutit mellan periodens början och slut



**Figur 2** Illustration av löpande tillväxt (orange fyrkant) samt av medeltillväxt (blå cirkel).

*Figure 2* Illustration of current annual increment (red square) and mean annual increment (blue circle)

## Medeltillväxten

Medeltillväxten ( $\text{m}^3\text{sk/ha/år}$ ) har beräknas vid samma tillfällen som den löpande tillväxten. Medeltillväxten fås fram genom att beräkna den totala produktionen dividerat med det antal år som skogen växt sedan senaste slutavverkningen.

## Ståndortsindex

För beräkning av ståndortsindex har överhöjdsbonitering använts på alla ytor förutom de som har behandlats med höggallring där SI saknas. Antagandet kan göras att skillnaden mellan boniteten inom de specifika försökytorna var tämligen likvärdiga. Därför har samma SI antagits för de både gallringsformerna. För mer information om beräkning av ståndortsindex med hjälp av överhöjdsbonitering se Fälthäfte i bonitering (Skogsstyrelsen 1985).

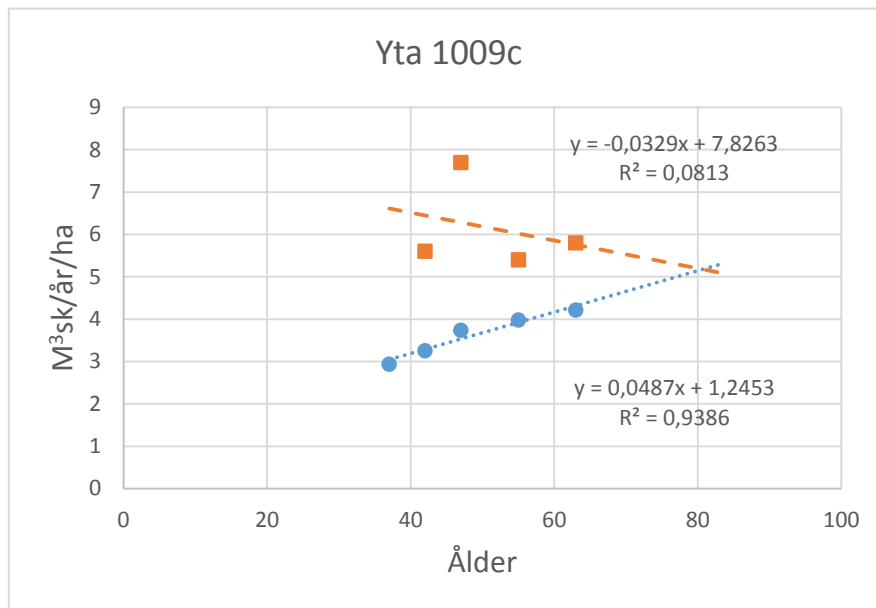
## Beräkning av kulminationstidpunkt

För att kunna räkna ut tidpunkten för kulminationen då den löpande tillväxten korsar medeltillväxten behövs lutningen på de två kurvorna. Detta har tagits fram med hjälp av Excel's funktion linjär trendlinje. Både för den löpande tillväxten och för medeltillväxten har kurvorna beräknats (se figur 3). Även ett  $R^2$  värde på kurvorna fås fram, detta värde är ett mått på hur väl kurvorna återspeglar de värden som finns.

Då bestånden inte har kulminerat har extrapolering använts för att estimeras denna tidpunkt. Detta är en funktion i Excel som prognostiserar fram de två linjerna. När detta gjorts har verktyget intercept använts för att hitta den punkt då de två linjerna korsar varandra.

Vid analysen av datamaterialet har restriktioner satts upp för att kunna räkna fram punkten för de två korsande linjerna. En sådan restriktion har varit att den löpande tillväxten ska vara nedåtgående d.v.s. den ska ha nått sin högsta totala löpande tillväxt och vara på väg ner.

De ytor där den löpande tillväxten ökat har fått strykas eftersom det är omöjligt att räkna fram när dessa kommer att vända nedåt.



**Figur 3.** Visar den estimerade kulminationspunkten för ett höggallrat bestånd och de olika mättillfällena. Löpande tillväxten (orange fyrkant, streckad linje) och medeltillväxten (blå cirkel, prickad linje).

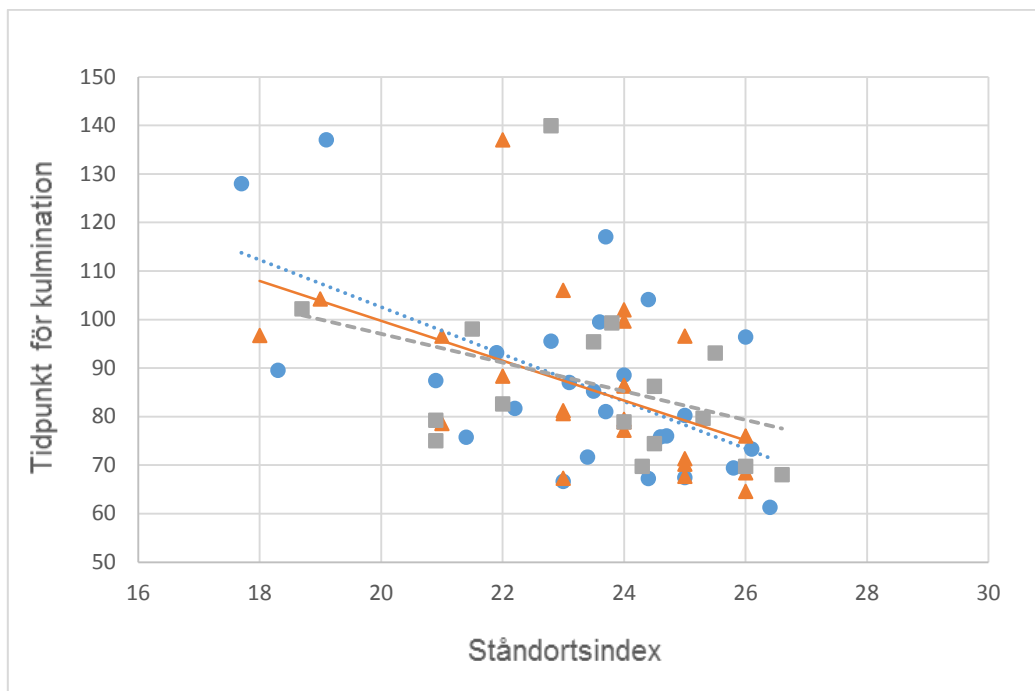
**Figure 3** Displays the estimated culmination of a stand that has been thinned from above, and the different measurement occasions. CAI (orange square, dashed line) and MAI (blue circle, dotted line).

## RESULTAT

Hos tall i region A+B visar resultatet att den ogallrade kontrollen kulminerar senare än de gallrade ytorna på marker med högre bonitet (se figur 4). Låggallringen kulminerar senare än höggallringen på marker med lägre ståndortsindex. Vid ett högre ståndortsindex tidigareläggs kulminationstidpunkten, detta gäller även den ogallrade kontrollen.

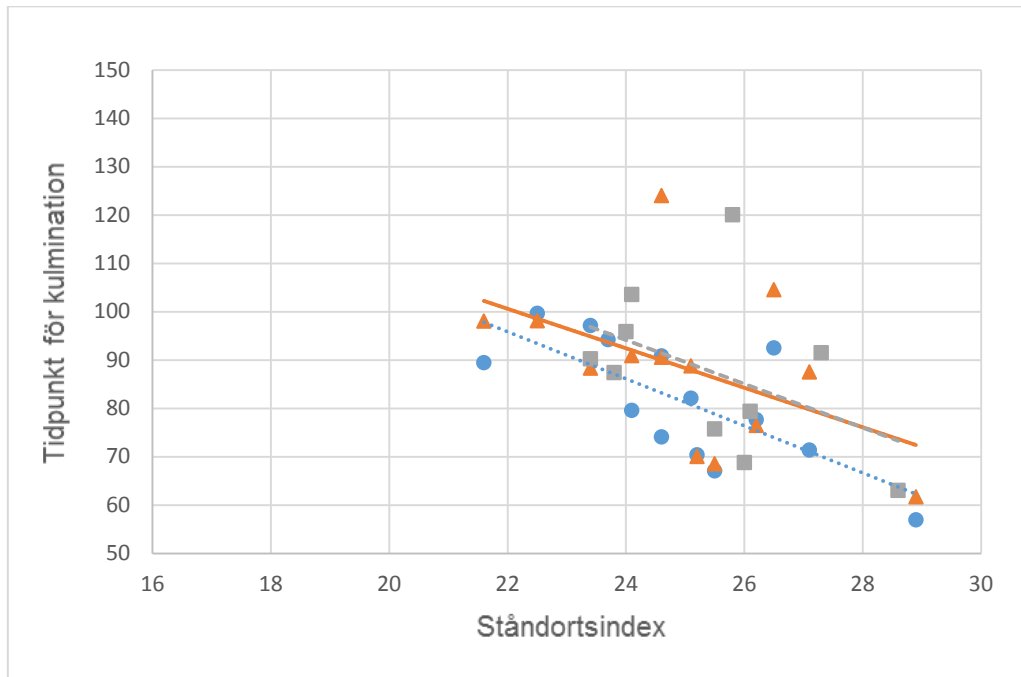
Kulminationstidpunkten i region C+D var tämligen likvärdiga vid hög och ogallrat (se figur 5). Vid ett högre ståndortsindex infaller kulminationstidpunkten tidigare, detta gäller även den ogallrade kontrollen. Resultatet visar att normal gallring kulminerar tidigare än de höggallrade och ogallrade ytorna.

Kulminationstidpunkten inföll först för normalgallring i region C+D och sist för höggallring. I region A+B var skillnaderna mellan de olika gallringsformerna mindre, för genomsnittliga värden se (tabell 2).



**Figur 4** Kulminationstidpunkter vid olika ståndortsindex för region A + B. Grå fyrkant ogallrat (streckad linje), orange triangel höggallrat (heldragen linje), blå cirkel normal gallring (prickad linje).

**Figure 4** Culmination time at different site index for Region A + B. gray square unthinned (dashed line), orange triangle thinning from above (solid line), blue circle normal thinning (dotted line).

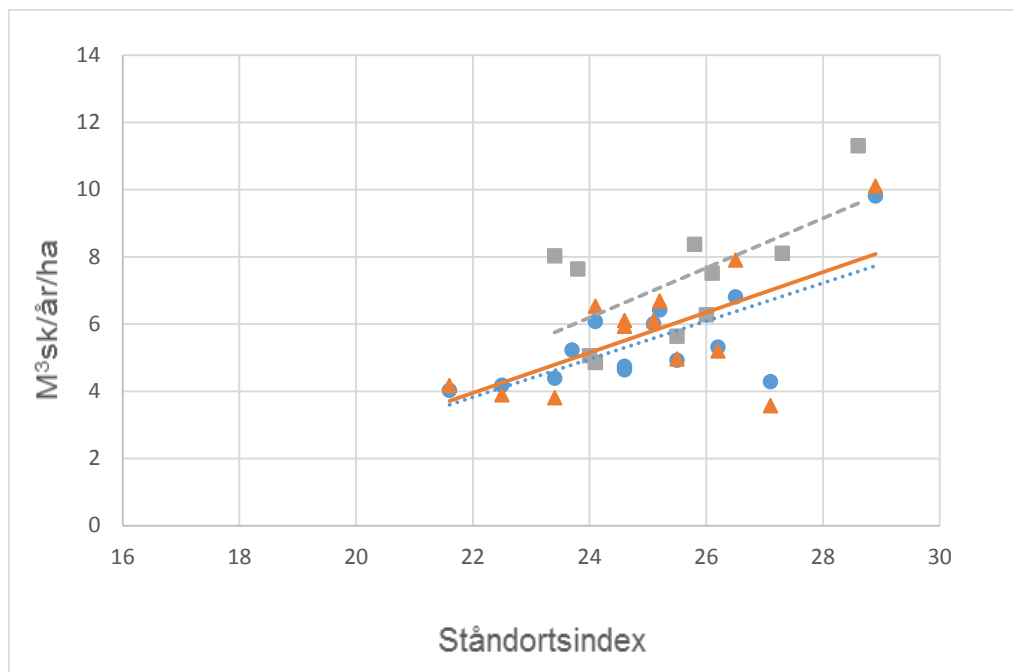
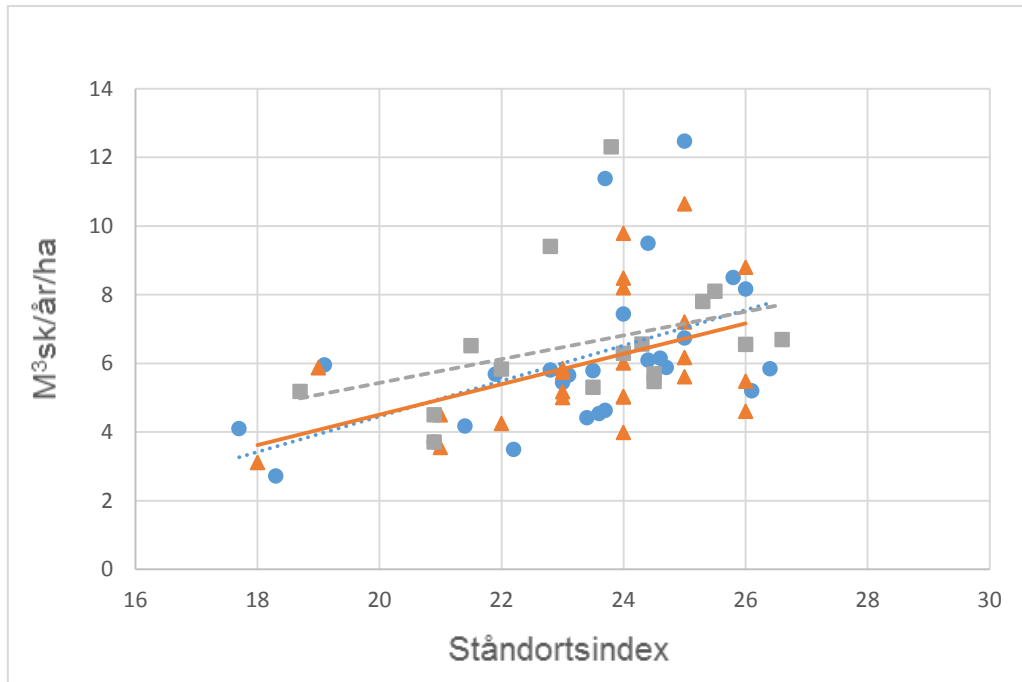


### Medeltillväxt

Högre ståndortsindex ger en högre medeltillväxt oavsett gallringsform i samtliga regioner. Medeltillväxten hos region A+B var högre vid samma ståndortsindex för de två gallringsformerna jämfört med region C+D.

Hos region A+B har normal och höggallring liknande medeltillväxt på lägre boniteter, på högre boniteter har normalgallring högre medeltillväxt i samma nivå som den ogallrade kontrollen (se figur 6).

I region C+D har höggallring högre medeltillväxt än normalgallring (se figur 7). Den ogallrade kontrollen har högre medeltillväxt än de gallrade ytorna.



**Figur 7** Medeltillväxtens kulmination vid olika ståndortsindex för region C + D. Grå fyrkant ogallrat (streckad linje), orange triangel höggallrat (heldragen linje), blå cirkel normalgallring (prickad linje).

**Figure 7** Culmination of MAI based at different Site index for region C + D .Gray square unthinned (dashed line),orange triangle thinning from above (solid line), blue circle normal thinning (dotted line).

**Tabell 2** Genomsnittliga prognostiserade värden för kulminationstidpunkten och medeltillväxten.

**Table 2** Average forecasted values for culmination time and mean annual increment.

Region	Behandlingsform	Tidpunkt för kulmination(år)	Medeltillväxt(m <sup>3</sup> sk/ha/år)	Ståndortsindex(SI)
<i>A+B</i>	<i>Normalgallring</i>	<i>86,75</i>	<i>6,1</i>	<i>23,0</i>
<i>A+B</i>	<i>Höggallring</i>	<i>85,88</i>	<i>6,0</i>	<i>23,4</i>
<i>A+B</i>	<i>Ingen gallring</i>	<i>86,95</i>	<i>6,6</i>	<i>23,0</i>
<i>C+D</i>	<i>Normalgallring</i>	<i>81,62</i>	<i>5,5</i>	<i>25,0</i>
<i>C+D</i>	<i>Höggallring</i>	<i>88,26</i>	<i>5,8</i>	<i>25,0</i>
<i>C+D</i>	<i>Ingen gallring</i>	<i>87,54</i>	<i>7,3</i>	<i>25,0</i>



# DISKUSSION

## Kulminationstidpunkten

Hypotesen innan analyserna av datamaterialet påbörjades var att kulminationstidpunkten infaller tidigare i ett bestånd med högre bonitet. Resultatet av analyserna från alla fyra regioner stödjer detta påstående. Detta har påvisats i flera studier bl.a. i försöket med Japansk Ceder (Nishizono et al. 2008). I ett bestånd med högre bonitet är markens naturliga produktionsförmåga bättre, träden växer snabbare och även om de blir högre när de sin kulmination tidigare. Även stamantal påverkar då ett högt stamantal ger en tidigare kulmination än ett lågt på grund av att beståndet sluter sig tidigare (Eriksson 1976). Sett till olika trädslag har Assman (1970) visat att pionjärträdslag som tall når sin kulminationstidpunkt tidigare än sekundärträdslag såsom gran.

Vår hypotes om att all gallring förlänger kulminationstidpunkten hos de analyserade bestånden visade sig endast stämma på höggallring i region C+D. Hos de andra gallrade ytorna inföll kulminationstidpunkten tidigare än hos de ogallrade kontrollerna. Detta var ett oväntat resultat då vi erfarenhetsmässigt lärt oss att alla former av gallring sänker tillväxten och då bör kulminationstidpunkten förlängas. I region A+B var våra resultat att höggallring fick den tidigaste kulminationen. Vad som måste tas i beaktande här är att vi hade ett högre ståndortsindex på de höggallrade ytorna vilket är en bidragande faktor. För region C+D fick normalgallring den tidigaste kulminationen. På dessa ytor var ståndortsindex detsamma. Resultatet från region C+D visade tydligt på att höggallring förskjuter kulminationstidpunkten framåt i förhållande till normal gallring. Detta kan bero på att det är större träden som tas ut och stämmer enligt Agestam (2015). När det gäller kulminationsförloppet är det flackt och det finns ett tidsintervall där avverkning kan ske utan att påverka produktionen nämnvärt (Stendahl & Fries 2015). På den ogallrade kontrollen i A+B fick vi en genomsnittlig medeltillväxt på 6,6 m<sup>3</sup>sk/ha/år och en ålder på 86,95 år samt ett ståndortsindex på T23. Studier finns gjorda på röjda bestånd i norra Sverige där ingen gallring utförts där blev resultatet att tall med SI T25 hade en kulmineringstidpunkt vid 80 år och en medeltillväxt på 7,2 m<sup>3</sup>sk/ha/år (Nilsson et al. 2012).

## Medeltillväxten

Hypotesen om medeltillväxten var att denna påverkades av både ståndortsindex samt skötselåtgärder och vid ett högre ståndortsindex kulminerar medeltillväxten tidigare. I alla de fyra regionerna kulminerade medeltillväxten tidigare med ett högre ståndortsindex vilket stämde enligt vår hypotes, detta är samma resultat som Nishizono et al. (2008) och Lundqvist et al. (2014) visat. Totalproduktionen var högre i den ogallrade kontrollen i alla fyra regioner, vilket även visats i svenska gallringsstudier (Nilsson et al. 2010; Eriksson & Karlsson 1997) och i utländska studier (Mäkinen & Isomäki 2004). Dock finns det flera studier som säger det motsatta, då resultatet var högst volymtillväxt med gallring (Skovsgaard 2009; Pettersson 1955). När vi jämförde de olika gallringsformerna med varandra fick vi en liten skillnad av medeltillväxten, detta stärkts av resultat från andra försök på tall (Nilsson et al. 2010).

Studien av Pettersson (1955) fann däremot att den högsta medeltillväxten uppnåddes med låggallring i jämförelse med höggallring. Vad som ska tas i åtanke är att totalproduktionen även innehåller den volym som har självgallrats och självgallringen är högst i de ogallrade ytorna.

Skillnaderna på de gallrade ytorna mellan norra och södra Sverige gav ett oväntat resultat då medeltillväxten var högre i norra Sverige trots ett lägre ståndortsindex (se tabell 2). Detta motsätter sig vår hypotes om att det är högre medeltillväxt i södra Sverige. Tidpunkten för medeltillväxtens kulmination på samma ståndortsindex mellan norra och södra Sverige skiljde sig inte mycket åt. Från resultatet kan frågan ställas om varför lagen om lägsta slutavverkningsålder skiljer sig mellan norra och södra Sverige (Skogsvårdslagstiftningen 2014).

## Felkällor och potentiella förbättringar

De ytor som har använts i GG-försöken är selektivt utvalda och representerar främst marker med hög bonitet och homogena bestånd där det råder nästintill optimala förhållanden. Detta kan ha varit orsaken till att medeltillväxten blev högre för region A+B. I denna studie har vi inte tagit i beaktning skillnad i stamantal och föryngringssätt mellan de olika ytorna. Även förädlat skogsmaterial har ej beaktats vilket har en högre medeltillväxt och en tidigare kulminationstidpunkt än till exempel naturlig föryngring (Fries et al. 2015).

De  $r^2$  värden som har fåtts fram har varit betydligt högre för medeltillväxten än för den löpande tillväxten. Detta kan vara ett tecken på att linjära funktioner ej bör användas på den löpande tillväxten. Fler mättillfällen hade gett ett mer säkrare resultat. På grund av de linjära funktionerna har vissa värden fått en stor påverkan på resultatet. GG-försöken följer enbart en del av beståndets omloppstid från 1:a gallring och fram till idag, därför saknas kunskap om hur den löpande tillväxten utvecklats innan.

På vissa av ytorna når aldrig den löpande tillväxten medeltillväxten vilket medförde att en analys inte kunde utföras. Detta gällde främst på de ogallrade ytorna. Detta kan bero på att vissa ytors löpande tillväxt inte kulminerat trots en övre höjd som överstigit 12 m, enligt Lundqvist et al (2014) bör den löpande tillväxten vid denna höjd redan kulminerat.

Vid prognostisering av ett bestånds framtida utveckling används olika tillväxtfunktioner. Beroende på vilken av dessa funktioner som väljs uppnås olika resultat. Vi har ställt oss frågan om stamformen ser likadan ut i ett hög- och normalgallrat bestånd eftersom funktionen är beräknad på stamform. När vi har analyserat data från GG-försöken har vi använt en linjär modell. I verkligheten följer inte skogstillväxten ett linjärt mönster (se fig 2). Det kan också finnas ett antal mätfel i datamaterialet såsom höjd, överhöjdsbonitering, grundyta och även skadeangrepp, väder och klimatfaktorer kan påverka den löpande tillväxten och skapa oregelbundna tillväxtmönster (Romero 2014). Ett exempel på detta är på yta 1009C (se figur 3), där den löpande tillväxten vid den sista beräkningen var högre än föregående beräkning trots att den löpande tillväxten bör ha kulminerat. Detta var ett vanligt förekommande fall vid analyserna. Frågan om skogen växer bättre idag än för 20 år sedan känns berättigad.

## **Slutsatser**

Gallringsstyrka och ståndortsindex har en större påverkan på medeltillväxtens kulmination än gallringsform. Med ökande gallringsstyrka i tallbestånd ökar tillväxtförlusterna.

Medeltillväxtens kulminationsförlopp är flackt och den exakta tidpunkten för avverkning är svår att fastställa för optimal tillväxt.

För de flesta är målet med gallring att få ett värdefullare bestånd med en grövre medelstam till föryngringsavverkningen. Gagnvirkesproduktionen är därför ett bättre mått på beståndets lönsamhet än totalproduktion som vi har analyserat i denna studie

Gallringsformerna skiljer sig inte nämnvärt åt och detta kan vara en anledning till att välja höggallring i väl röjda bestånd då markägaren får ut ett större netto vid 1:a gallring.

Om skogsägaren vill ha en kort omloppstid är normalgallring det bästa alternativet enligt resultatet.

För ogallrade bestånd uppnås den högsta medeltillväxten, dock ej en tidigare kulminationstidpunkt.

## REFERENSER

- Agestam, E., 2015. *Skogsskötselserien nr 7, Gallring*. 2:a red. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E., 2012. *Skogsskötselserien nr 1, Grunder och samband Skogsskötselserien..* 2:a red. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Assman, E., 1970. *The principles of forest yield study*, New York: Permagon Press.
- Eriksson, H., 1976. *Granens produktion i Sverige*, Skogshögskolan inst. för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 41.
- Eriksson, H. & Karlsson, K., 1997. *Olika gallrings- och gödslingsregimers effekter på beståndsutvecklingen baserat på långliggande experiment i tall- och granbestånd i Sverige*, Uppsala: SLU, inst för skogsproduktion Rapport nr 42.
- Fries, C., Bergqvist, J. & Wikström, P., 2015. *Lägsta ålder för förnygringsavverkning (LÅF) - en analys av följder av att sänka åldrarna i norra Sverige till samma nivå som i södra Sverige*, Jönköping: Skogsstyrelsens böcker och broschyrer.
- Håkansson, M., 2000. *Skogenscyklopedin*. 1:a red. Stockholm: Sveriges skogsvårdsförbund.
- Johansson, U., et al 2013. *Nya höjdtvecklingskurvor för bonitering*, Linköping: Fakta Skog SLU.
- Karlsson, K., 2003. *Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök*, Uppsala: SLU.
- Karlsson, K., Mörling, T. & Pape, R., 1999. *Gallring på gott och ont - hur påverkas tillväxt och kvalitet hos tall och gran*, Umeå: Inst. f. skogsskötsel.
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C., 2014. *Skogsskötselserien nr 20, Slutavverkning*. 1:a red. Jönköping: Skogstyrelsens förlag.
- Mäkinen, H. & Isomäki, A., 2004. Thinning intensity and growth of Scots pine in Finland.. *Forest Ecology and Management*, Volym 201, pp. 311-325.
- Nilsson, U., 2013. *Skogens Skötsel*, Umeå: Future Forest.
- Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P., et al., 2010. *Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden - Effects on different thinning programmes and stand level gross- and net stem volume production*, Alnarp: Studia Forestalia Suecia nr 219.
- Nilsson, U., Elfving, B. & Karlsson, K., 2012. *Silva Fennica 46(2). Productivity of Norway Spruce Compared to Scots Pine in the Interior of Northern Sweden*, 21 February, pp. 197-209.
- Nishizono, T., Tanaka, K., Kazuo, H. & Yasuhiko, O., 2008. Effects of thinning and site productivity on culmination of stand growth: Results from long-term monitoring experiments in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) forests in northeastern Japan. *Journal of forest research*, 13(5), pp. 264-274.

- Novák, J., Slodicák, M. & Dusek, D., 2011. Growth of Scots pine stand in nutrient-poor sandy sites in connection with thinning. i: J. Nagel, red. *Sektion Ertragskunde Jahrestagung 2011*. Göttingen: Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, pp. 32-27.
- Pettersson, H., 1955. *Barrskogens volymproduktion*, Stockholm: Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut 45:1.
- Romero, P., 2014. *Thinning Effect on Stand and Tree Growth; Different Perspective on Same Old Questions*, Oregon: Oregon State University.
- Skogsstyrelsen, 1985. *Fälthäfte i Bonitering i Västerbotten län*. 1:a red. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Skogsstyrelsen, 2010. *För skogsbrukare Grundbok*. Första upplagan red. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.
- Skogsstyrelsen, 2014. *Skogsvårdslagstiftningen 2014*. Jönköping: Skogsstyrelsen
- Skovsgaard, J., 2009. Analysing effects of thinning on stand volume growth in relation to site conditions: A case study for even-aged Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). *Forestry*, 82(1:a), pp. 87-104.
- Stendahl, J. & Fries, C., 2015. *Kunskapsplattform Skogsproduktion*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Wallentin, 2007. *Thinning of Norway spruce*, Alnarp: Faculty of Forest Science Southern Swedish Forest Research Centre.
- Wiksten, Å., 1960. *Beskrivning och analys av några fasta gallringsförsök i mellersta Norrland*, Stockholm: Statens Skogsforskningsinstitut.