



## Bielite

### En utvärdering av alternativa skötselmetoder i fjällnära granskog – Struktur, inväxning och volymtillväxt

*An evaluation of alternative silvicultural treatments in sub alpine spruce forest - structure, ingrowth and growth*

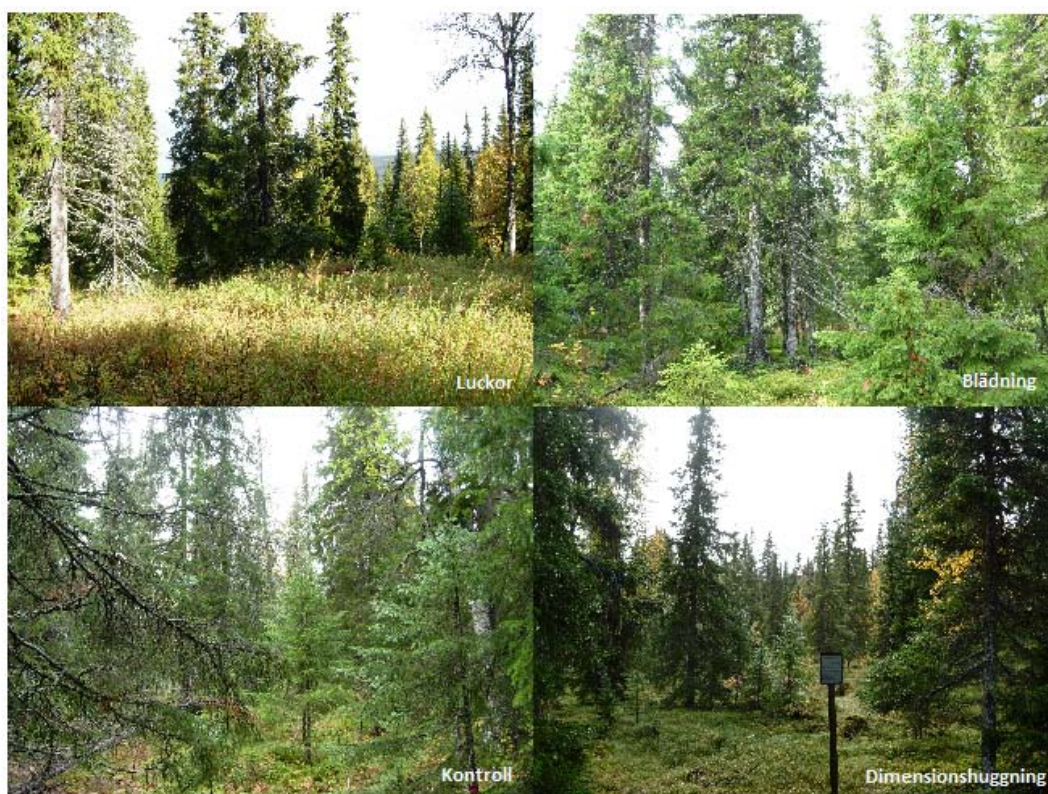


Foto: Martin Ahlström

**Martin Ahlström**





# Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2011:3

## Bielite

### En utvärdering av alternativa skötselmetoder i fjällnära granskog – Struktur, inväxning och volymtillväxt

*An evaluation of alternative silvicultural treatments in sub alpine spruce forest - structure, ingrowth and growth*

**Martin Ahlström**

**Nyckelord / Keywords:**

Blädning, dimensionshuggning, fjällnära, struktur, inväxning, volymtillväxt

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2011

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*  
Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*  
Skogligt magisterprogram/Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*  
Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*,  
EX0643, 30 hp, avancerad nivå/ *advanced level A1E*

Handledare / *Supervisor*: Lars Lundqvist  
SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*  
Examinator / *Examiner*: Tommy Mörling  
SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

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

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

## Sammanfattning

Målet med försöket har varit att utvärdera hur olika behandlingar påverkar beståndsstruktur, inväxning och volymtillväxt i fjällnära granskog. De behandlingar som ingått i försöket har varit blädning, dimensionshuggning, upptagande av luckor samt kontroll.

Försöksområdet ligger i Vilhelmina kommun, på breddgrad 64° 55' N, i nordsluttning mot sjön Bielite som ligger 487 m.ö.h. Försöket är randomiserat och upplagt i block med fyra parceller i varje block, varje parcell har en yta på cirka 0,5 ha. Under försommaren 1989 mättes parcellerna in varefter de fyra behandlingarna genomfördes i vardera block under sommaren. Parcellerna mättes igen under hösten 1989 samt under hösten 2010. Vid mätningen på hösten 1989 markerades även permanenta mätpunkter i brösthöjd, på alla träd med dbrh på över 4 cm. Vid alla inmätningar klavades alla träd med dbrh över 4 cm och provträd togs ut för höjdmätning.

Resultaten visade ingen strukturförändring för kontrollparcellerna samt de blädade parcellerna. Parcellerna behandlade med luckor uppvisade visserligen vissa strukturförändringar men dessa var till stor del förknippade med slumpfaktorn och extrema värden. Höjdkurvan för de dimensionshuggna parcellerna blev lägre i jämförelse med kontrollparcellernas höjdkurvor. Även volymfördelningen ändrades för de dimensionshuggna parcellerna, med en minskad skillnad i volym efter behandlingen. Trots de strukturförändringar som noterades vid dimensionshuggning, tycks strukturen för dessa typer av fler skiktade granskogar vara tämligen stabila.

Den löpande årliga volymtillväxten var positivt korrelerad med ökande volym med en relativ årlig tillväxt på ca 1,5 % av den totala stående volymen. Inget samband gick dock att finna mellan inväxning av träd med >6 cm dbrh och behandlingar eller mellan inväxning och stående volym.

## Summary

The aim of this study was to evaluate how different silvicultural treatments affect stand structure, ingrowth and volume increment in uneven-aged Norway spruce stands. The different silvicultural treatments that have been tested in the study were: selective cutting, partial cutting, small clear-cut patches and control.

The area for the study is on the 64° 55' N latitude, in the county of Vilhelmina, lying in a northern slope toward the lake Bielite which is 487 m above sea level. The study was randomized and divided into two blocks with four plots in each block, each plot with an area of 0,5 ha.

The first time the plots were inventoried was in the early summer of 1989 and the different silvicultural treatments were executed later during the summer. Inventories were also done in the autumn of 1989 and the autumn of 2010. During the inventory in the autumn of 1989, permanent measuring points were attached 1,3 m above ground, to all trees with a diameter greater than 4 cm. In the course of the inventories, the diameter for all trees with a diameter that was greater than 4 cm, 1,3 m above ground, was measured. Random trees were also picked for height measurement.

The result didn't show any structural changes for the control plots or the plots treated with single tree selection. The plots treated with small clear-cut patches showed some structural changes, but these changes were more affected by extreme values and coincidence, than the treatment. The height curve, for the plots that were treated with partial cutting, became lower in comparison than the height curves in the control plots. Also the volume dispersal changed in the partial cut plots. The general impression, analyzing structural changes, was that uneven-aged Norway spruce stands are structurally stabile.

The annual volume increment has been positively correlated with standing volume and the relative annual volume increment is approximately 1,5 % of the standing volume. Furthermore no correlation could be found between ingrowth of trees with a diameter greater than 6 cm, 1,3 m above ground, and different silvicultural treatments, or between ingrowth and standing volume.

# Innehållsförteckning

	Sid
1. Inledning	1
2. Material och metod	3
2.1 Försöksområdet	3
2.2 Försöksdesign	3
2.3 Fältarbete och behandlingar	5
2.4 Beräkningar	5
3. Resultat	8
3.1 Struktur	8
3.2 Tillväxt	12
3.3 Inväxning	14
4. Diskussion och slutsatser	15
4.1 Försökets begränsningar	15
4.2 Struktur	15
4.3 Tillväxt	16
4.4 Inväxning	17
5. Sammanfattade slutsatser	18
6. Litteraturförteckning	19

# 1. Inledning

Sedan 1950-talet har trakthyggesbruk varit det klart dominerande skogsskötselsystemet för Svenskt skogsbruk. Exploaterande dimensionshuggningar som skedde under första hälften av 1900-talet, ledde till att alternativa skogsskötselsystem fick dåligt anseende (Oleskog et al 2008).

Dimensionshuggning innebär att man avverkar alla träd över en viss diameter, oavsett trädens spatiala placering eller trädens utseende. Eftersom man bara fokuserar på att ta ut en viss typ av virke och inte tar hänsyn till att lämna ett bestånd som kan ta tillvara markens produktionsförmåga, anses därför dimensionshuggning som exploaterande (Lundqvist et al 2009). Blädningsbruk är, till skillnad från dimensionshuggning ett skogsskötselsystem. Blädningsbruk innebär att man gallrar beståndet, gallringen kallas blädning, och lämnar en fullskiktad skog efter varje ingrepp. En fullskiktad skog har träd i alla storleksklasser med fler små träd än större träd, träden är även ojämnt spatialt fördelade. En skog som brukas med blädningsbruk kännetecknas klassiskt av att diameterfördelningen följer en inverterad J-kurva, en kurva som första gången beskrevs av François de Liocourt (Liocourt 1898). Kunskapen om blädningsbruk är relativt liten i Norden och Sverige, vilket är ett resultat av att forskningen främst fokuserats mot det dominerande trakthyggesbruk (Andreassen 1994a).

De senaste decennierna har dock intresset ökat för blädningsbruket. En bidragande orsak till det ökade intresset för andra skogsskötselsystem än trakthyggesbruket, är en förändrad syn på skogsbruket där andra än rent ekonomiska nyttor har fått allt större betydelse. Till skillnad från trakthyggesbruket innebär blädningsbruket en kontinuerlig skogstäckning, vilket generellt är bättre för den biologiska mångfalden (Jansson 2007, Lundqvist et al 2009). Även för rekreation samt kulturella och sociala värden är blädningsbruket i många fall gynnsammare än trakthyggesbruket (Andersson, 2006).

I flertalet försök har struktur och strukturförändringar studerats i fullskiktad granskog som blädats, Lundqvist (1989), Lundqvist (1993), Andreassen (1994b), Lundqvist (2004), Lundqvist et al (2006). De generella resultaten från studierna är att blädning har liten påverkan på beståndsstrukturen, med avseende på diameterfördelning, höjdkurvor och kumulativ volymfördelning. Resultat från studier av Lähde et al (2001), Lundqvist (2004) och Lundqvist et al (2006), visar att diameterfördelningen efter dimensionshuggning får en brantare lutning utan utplaning i de högre diameterklasserna. Lundqvist (2004) visar vidare att dimensionshuggningen resulterar i en lägre och mer linjär höjdkurva samt en jämnare volymfördelning över diameterklasserna. Inga tidigare försök har studerat fjällnära granskogstruktur där luckor har öppnats upp i beståndet.

Resultat från försök, av bland andra Näslund (1942) Böhmer (1957), Lundqvist (1989) och Chrimes (2004), har visat att den årliga tillväxten i fullskiktade granskogar är positivt korrelerad med den stående volymen, men det finns även försök där ingen sådan korrelation hittats (Øyen & Nilsen 2002). Både Böhmer (1957) och Lundqvist (1989) har funnit att den årliga relativa tillväxten ligger på cirka 3 %.



Inväxningen är fundamental vid brukande av skogsskötselsystem där ingen aktiv föryngring utförs. Åsikterna bland forskare och skogsfolk har varit olika huruvida graden av inväxningen i fullskiktade granskogar skulle vara tillräcklig för ett uthålligt blädningsbruk. Lundqvist (1989), Lundqvist (1993), Lähde et al (2002) och Lundqvist (2004) fann alla att netto inväxningen var tillfredsställande. Även den totala stående volymens inverkan på inväxningen har debatterats, men i majoriteten av försöken som behandlar inväxning i fullskiktade granskogar kan ingen korrelation konstateras mellan graden av inväxning och total stående volym.

Målsättningen med denna studie är att utvärdera hur olika behandlingar påverkat beståndsstruktur, tillväxt och inväxning i fjällnära granskog. De behandlingar som utvärderats är blädning, dimensionshuggning och skapande av luckor. Följande hypoteser har satts upp:

- Den årliga volymtillväxten, för alla tre alternativa skötselmetoderna, ökar när den stående volymen ökar, fram tills dessa att den maximala årliga tillväxten för den aktuella ståndorten är nådd.
- Vid samma stående volym är den årliga volymtillväxten för de tre olika alternativa skötselmetoderna densamma, beståndsstrukturen påverkar alltså inte sambandet mellan stående volym och årlig volymtillväxt.
- Graden av nettoinväxning, träd över 6 cm dbrh, påverkas inte av vilken skötselmetod som använts.
- Den stående volymen i beståndet påverkar inte nettoinväxningen.

## 2. Material och metod

### 2.1 Försöksområdet

Försöksområdet ligger i Vilhelmina kommun, cirka 9 km sydost om Saxnäs. Försöksområdet är beläget på breddgrad 64° 55' N, i en nordlig sluttning mot sjön Bielite som ligger 487 m.ö.h. Den genomsnittliga längden för vegetationsperioden är 120 dagar, medelnederbörden är cirka 750 mm per år och temperatursumman ligger i intervallet mellan 500 – 600 enheter. Försöksområdet domineras av olikåldrig granskog, (*Picea abies* (L.) Karst) med inslag av glasbjörk (*Betula pubescens*) med frisk blåbärsristyp som den dominerande markvegetationstypen. Jordarten varierar mellan sandig-moig morän till grusig morän och berggrunden består av eokambrisk sandsten.

Ståndortsindex bestämdes genom bonitering av ståndortsegenskaper (Hägglund och Lundmark 1981) och varierar mellan G15 – G17, beroende av lokala variationer i vegetationstypen. Ståndortsindex G16 motsvarar en bonitet på 2,8 m<sup>3</sup>sk/ha och år enligt Hägglund och Lundmark (1981).

Stubbar indikerar att området tidigare varit föremål för gallring/dimensionshuggning. Block I har huggits minst 2 gånger tidigare och block II, som ligger på högre höjd, har huggits minst en gång (Lundqvist 1990). Den senaste avverkningen har troligtvis utförts i block I, någon på 1960-talet enligt Lundqvist, L (pers medd, nov, 2010).

### 2.2 Försöksdesign

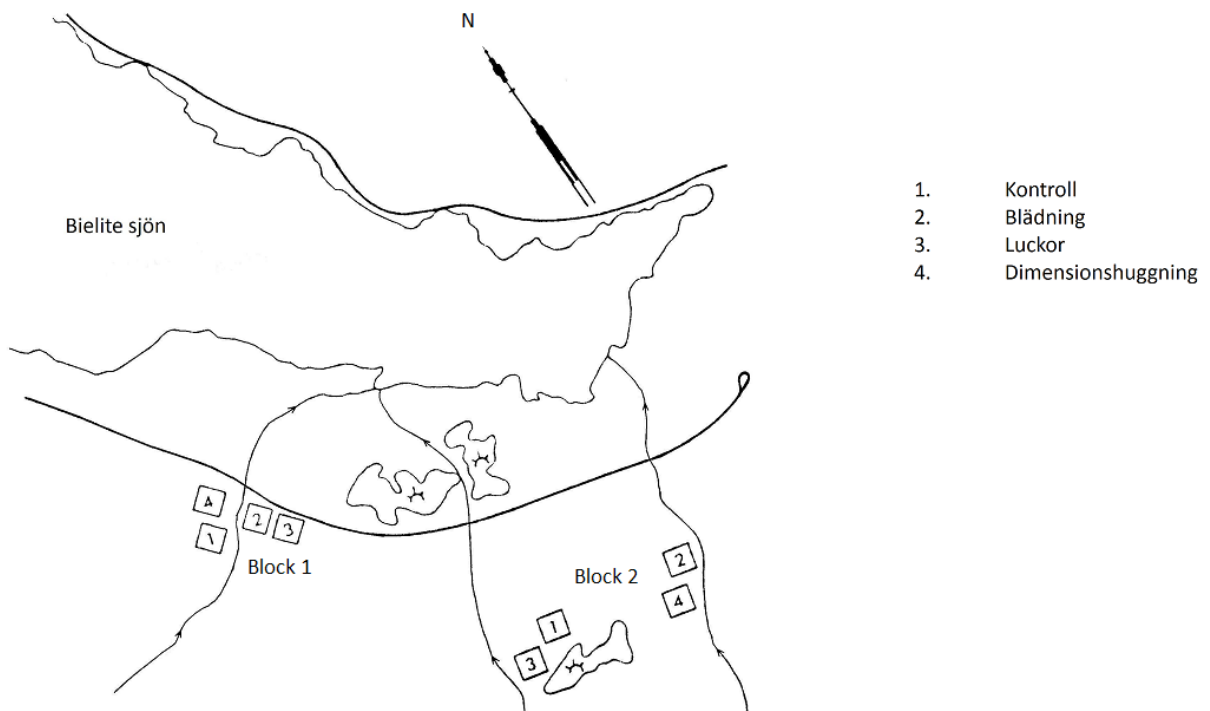
Försöket var randomiserat och upplagt i två block (I, II) med fyra parceller i varje block. (figur 1). I varje block har fyra behandlingar genomförts under sommaren 1989, Kontroll (K), blädning (B), dimensionshuggning (D) och luckor (L). Parcellernas storlek är cirka 0,5 ha där den minsta parcellen är på 0,4874 ha och den största på 0,51 ha. Före behandlingen hade Block I ett genomsnitt på 129 m<sup>3</sup>sk/ha och 371 träd med dbrh på över 6 cm, för block II var genomsnittet 188 m<sup>3</sup>sk/ha och 269 träd med dbrh över 6 cm.

Blädningen har genomförts som stamvis blädning med sikte att ta ut 25-30 % av den stående volymen, fördelat över dimensionsklasserna för att behålla ett full skiktat bestånd efter avverkningen.

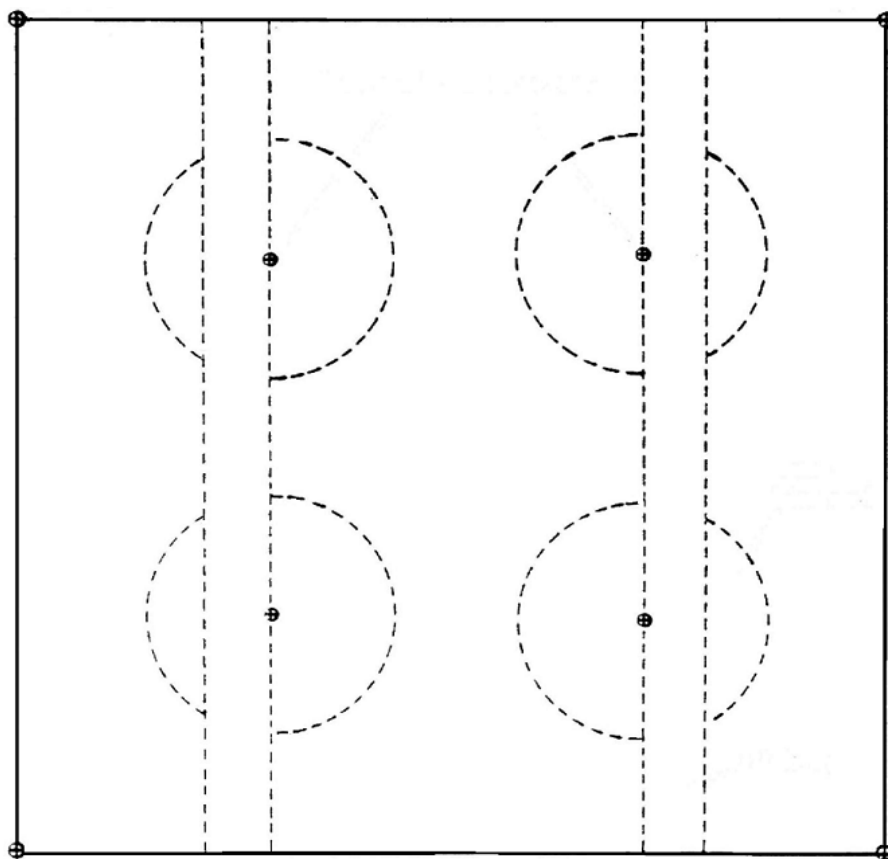
I dimensionshuggningen valdes dimensionsgränser för att bestånden skulle ha volym på cirka 50 m<sup>3</sup>sk efter avverkningen (tabell 1). Alla träd över 20 cm i brösthöjd avverkades i Block I och för block II var dimensionsgränsen 30 cm.

Behandlingen luckor innebar att man schabloniserat avverkade alla träd i en radie på 10 m på fyra ställen i parcellen. Ingen hänsyn togs till kvalitet, skador, storlek eller trädslag.

Förutom luckorna avverkades bara träd för att skapa stickvägarna. (Figur 2).



Figur 1. Översiktlig karta över blockens och parcellernas placering inom försöksområdet.



Figur 2. Luckorna och stickvägarnas placering på parcellerna behandlade med luckor. Ytans yttersidor har en längd av cirka 70 m och cirklarnas centrumpunkter utgör en kvadrat som är 30 × 30 m.

All avverkning har skett motormanuellt och timret har förts ut med mindre maskiner i samband med en demonstration som Skogsstyrelsen anordnade i samband med avverkningen. I parcellerna som blädats och behandlats med luckor höggs två stickvägar upp. Stickvägarna löpte parallellt med varandra och med yttre kanten av parcellen. Avståndet mellan parcellerna var cirka 30 meter och avståndet från stickvägen till parcellens yttre kant var cirka 20 meter.

### 2.3 Fältarbete och behandlingar

Parcellerna mättes in första gången på försommaren 1989. Diameter mättes på samtliga träd med dbrh > 4 cm, trädslagsvis, i 2 cm klasser. Provträd togs ut för höjdmätning i 1 cm klasser, på en slumpvis vald parcell inom varje block. För att få god spridning av provträden i diameterklasserna har urvalet skett genom slumpmässigt urval inom diameterklasserna. På hösten, efter att behandlingarna genomförts, skedde ytterligare en inmätning och då markerades även permanenta mätpunkter i brösthöjd för alla träd med dbrh > 4 cm. Parcellerna mättes in på nytt hösten 2010, provträd togs ut för höjdmätning i alla parceller och alla markerade träd plus omarkerade träd, > 4 cm dbrh, klavades.

Alla höjder för provträden har mätts med 0,25 m noggrannhet.

För mätning av diameter har klave använts. Vid höjdmätning av provträden har höjdmätare använts, analog höjdmätare, modell Silva, vid båda mätningarna 1989 och digital höjdmätare, modell Haglöfs, vid mätningen 2010. Rickleåband användes för avståndsmätning vid analog höjdmätning och digital avståndsmätare användes vid digital höjdmätning.

### 2.4 Beräkningar

Provträdens volymer beräknades med hjälp av Brandels volymfunktioner (Brandel 1990). För gran användes Funktion med kombination av breddgrad och höjd, Gran - norra Sverige, tabell 1.11, funktionsnummer 100-01 och för björk användes volymfunktion för björk – norra Sverige, tabell 1231, funktionsnummer 100-01.

Utifrån provträdens beräknade volymer skapades sekundära volymfunktioner i Minitab, version 15, genom regressionsanalys. Tre olika sekundära volymfunktioner skapades, en för björk (för alla mättillfällen) (3), en för gran inmätt 1989 (före och efter behandling) (2) och en för gran (inmätt 2010) (1). De tre funktionerna har sedan korrigerats för logaritmisk bias.

Sekundär Volymfunktion för gran, inmätt 2010:

$$(1) \quad \ln v = c_1 + c_2 \ln d + c_3 d + c_4 \text{Behandling}_4 - c_5 \text{Behandling}_5 - c_6 \text{Behandling}_6 + c_7 \text{År}_7 - c_8 \text{År}_8 + c_9 \text{Block}_9$$

Sekundär Volymfunktion för gran, inmätt 1989:

$$(2) \quad \ln v = c_1 + c_2 \ln d + c_3 d$$

Sekundär Volymfunktion för björk:

$$(3) \quad \ln v = c_1 + c_2 \ln d + c_3 d$$

Vid beräkning av volym med den sekundära volymfunktionen har aritmetiska medeldiametern beräknats med hjälp av (Langsæter 1929) (4)

$$(4) \quad D_a = D - w(n_2 - n_0)/(3(6n_1 + n_2 + n_0))$$

$D_a$	=	Aritmetisk medeldiameter (cm)
$D$	=	Klassmitten (cm)
$w$	=	Diameterklassbredden (cm)
$n_0$	=	Stamantal i den närmaste lägre klassen
$n_1$	=	Stamantal i den sökta klassen
$n_2$	=	Stamantal i den närmaste högre klassen

För analyser av linjära samband mellan stående volym och löpande årlig volymtillväxt samt stående volym och relativ årlig tillväxt, användes Pearsons korrelationsanalys, analysen utfördes i minitab, version 15. Pearsons korrelationsvärde ligger mellan 1 och -1. Ett korrelationsvärde på 1 innebär att de testade variablerna bildar en perfekt rät linje med positiv lutning, -1 är en perfekt linje med negativ lutning.

Utifrån den totala stående volymen har löpnade årlig tillväxt (5) samt relativ årlig tillväxt (6) beräknats

$$(5) \quad (v_2 - v_1)/t$$

$$(6) \quad ((v_2/v_1)^{(1/t)}) - 1$$

$v_2$	=	Beräknad volym hösten 2010 (m <sup>3</sup> sk)
$v_1$	=	Beräknad volym hösten 1989 (m <sup>3</sup> sk)
$t$	=	Antal år (försöksperiodens längd)

Diameterfördelningen har plottats i 4 cm diameterklasser med start vid 6 cm, före och efter behandling samt vid försöksperiodens slut. De lägsta diameterklasserna har exkluderats för att få stabilare data, då träd ofta missas i de lägsta diameterklasserna vid mätningen. Björk har exkluderats vid framtagandet av diameterfördelningskurvorna.

För att analysera förändring av den för gran kumulativa volymfördelningen inom olika diameterklasser har Lorenz diagram (Lorenz 1905) skapats för de behandlade parcellerna, kontroll, blädning, luckor och dimensionshuggning. Jämförelse har gjorts mellan alla

inmätningar, försommar 1989, höst 1989 och höst 2010. Den procentuella andelen träd plottades mot den procentuella andelen volym som dessa utgör, med en indelning i 2 cm diameterklasser. Kurvan i diagrammet blir rakare när volymskillnaden mellan träden minskar och blir mer krökt när volymskillnaden ökar. Om alla träd skulle ha samma volym skulle kurvan bli en rak linje.

Höjd-diameter funktioner har framtagits genom regressionsanalys för alla behandlingar plus kontrollen för båda blocken, baserat på mätningar av provträd 2010, provträd av björk har exkluderats (5). Därefter har funktionerna använts för att plotta provträdens höjder mot dess diametrar.

Höjd-diameter funktion:

$$(5) \quad \ln h = c_1 + c_2 \ln h + c_3 h$$

Inväxningen per år har beräknats för perioden efter behandling, hösten 1989, till försöksperiodens slut, hösten 2010. Endast gran har inkluderats. (6).

Notera att inväxningen är ett netto, inga data finns för naturlig avgång.

Inväxningen av träd per år dbrh > 6 cm har beräknats genom följande formel:

$$(6) \quad G = (N_b - N_a)/t$$

G	=	Inväxning (antal träd dbrh > 6 cm)
N <sub>b</sub>	=	Antal träd i slutet av perioden
N <sub>a</sub>	=	Antal träd i början av perioden
t	=	tid (antal år i försöksperioden)

Pearsons korrelationsanalys har genomförts för att konstatera eventuellt linjärt samband mellan total stående volym efter behandling och inväxning under försöksperioden.

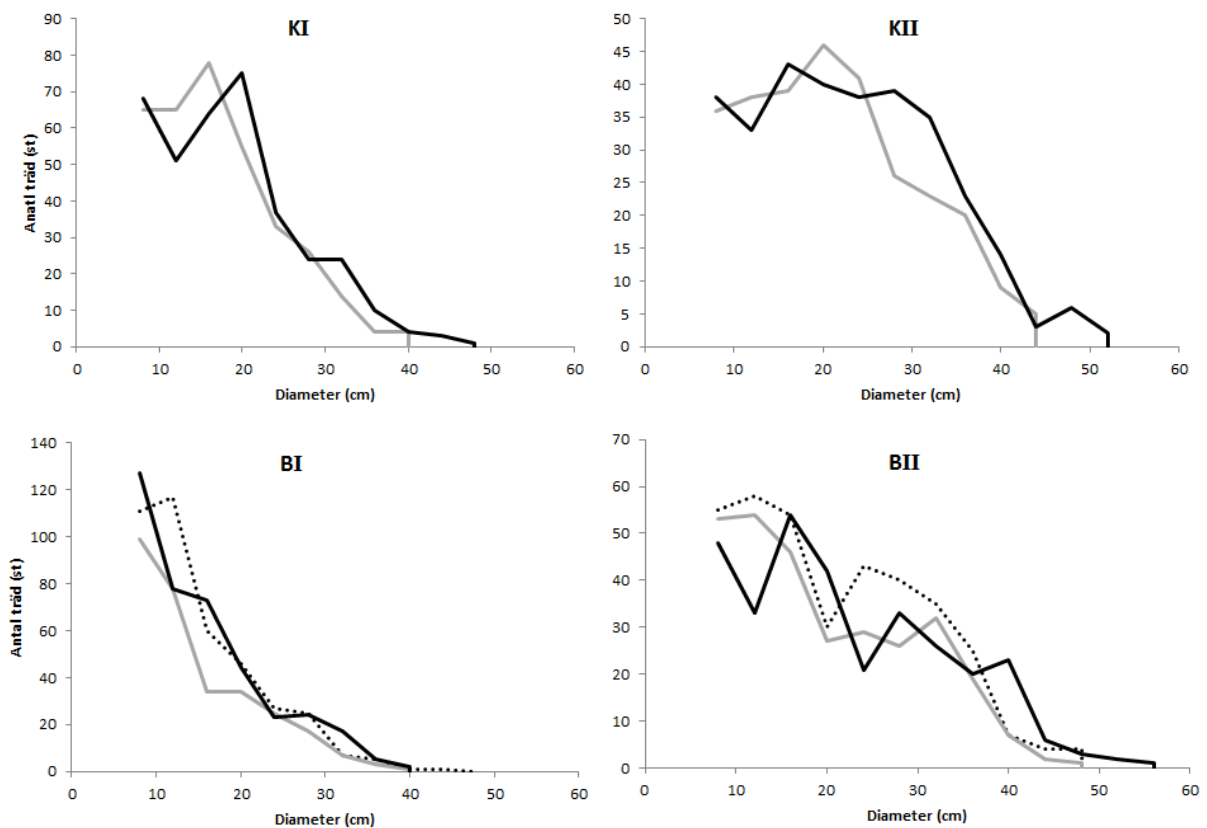
### 3. Resultat

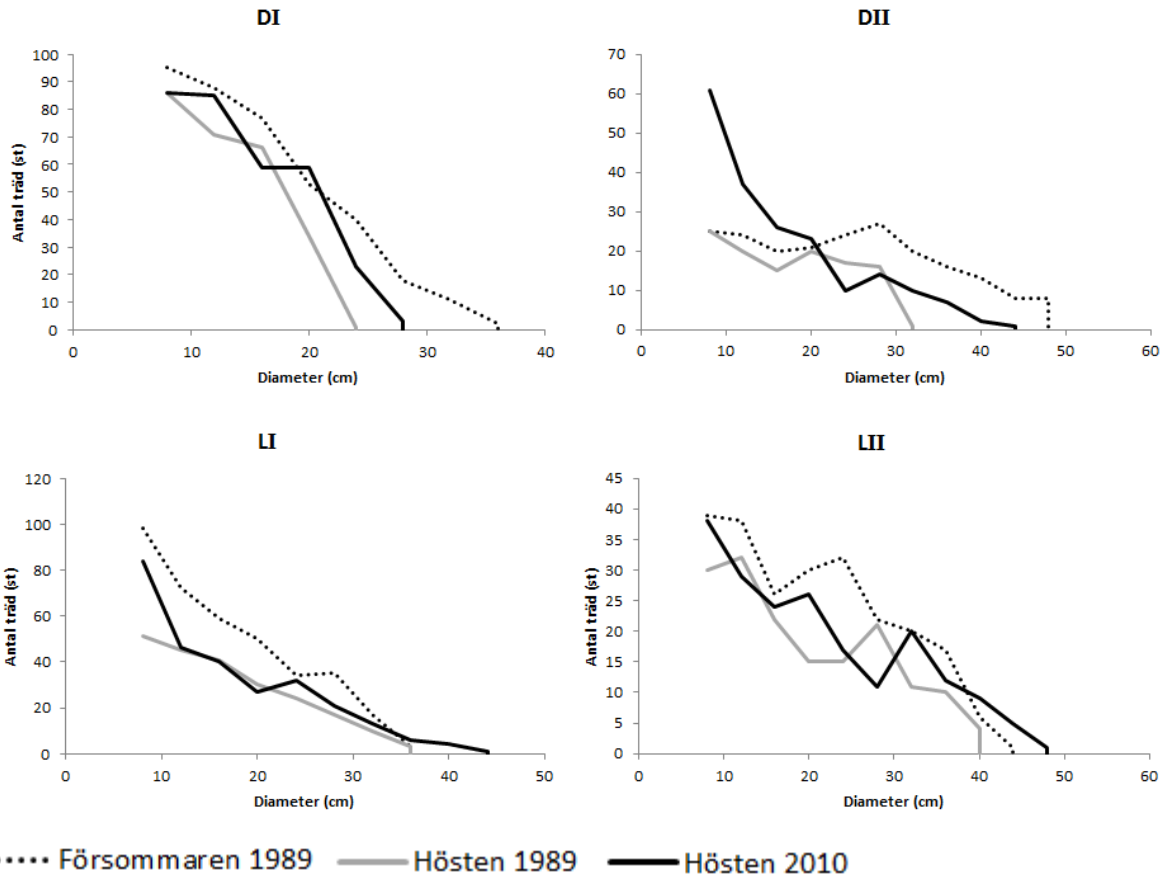
#### 3.1 Struktur

Före behandlingen hade alla behandlade parceller en diameterfördelning där antal träd minskad med ökad diameter, men endast BI uppvisade en jämn inverterad J-kurva. Parcellerna DI och LI hade en mer linjärt avtagande kurva och alla behandlade parceller i block II hade ett överskott av träd i diameterspannet mellan 20 – 30 cm vilket gav vissa av dessa något sigmoid kurva (Figur 3).

Efter behandlingen, hösten 1989, hade båda parcellerna behandlade med dimensionshuggning fått en brantare diameterfördelning och diameterfördelningen i parcellerna behandlade med luckor hade sjunkit. Förändringen i blädningparcellerna var marginell fränsett att puckeln som BII hade i diameterspannet 20-30 cm, delvis försvann.

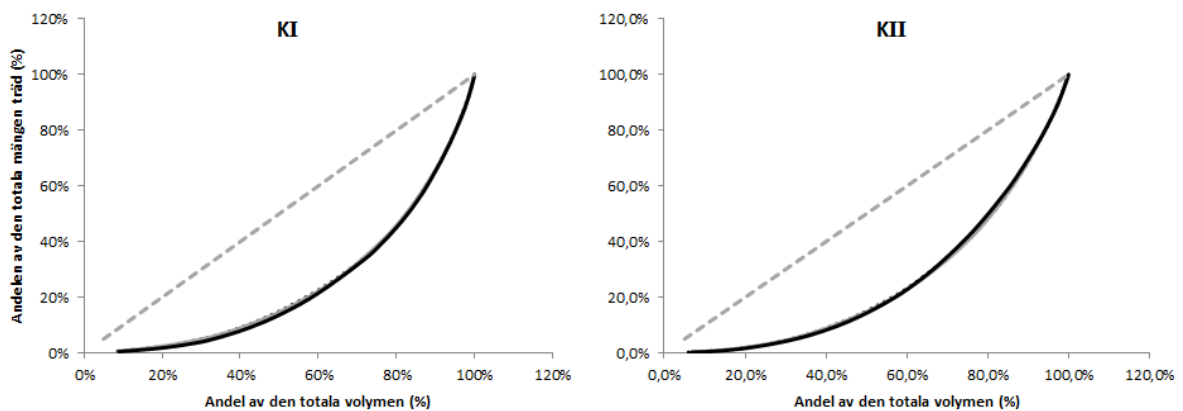
Vid försöksperiodens slut, hösten 2010, hade fortfarande alla parceller en avtagande diameterfördelning. Både parcellerna behandlade med dimensionshuggning och luckor hade börjat återgå till det utseende de hade före behandlingen, men ingen av parcellerna hade kommit hela vägen. Förändringen av diameterfördelningen för både kontrollparcellerna och parcellerna behandlade med blädning var mycket liten från inmätningen före behandlingen fram till försöksperiodens slut.



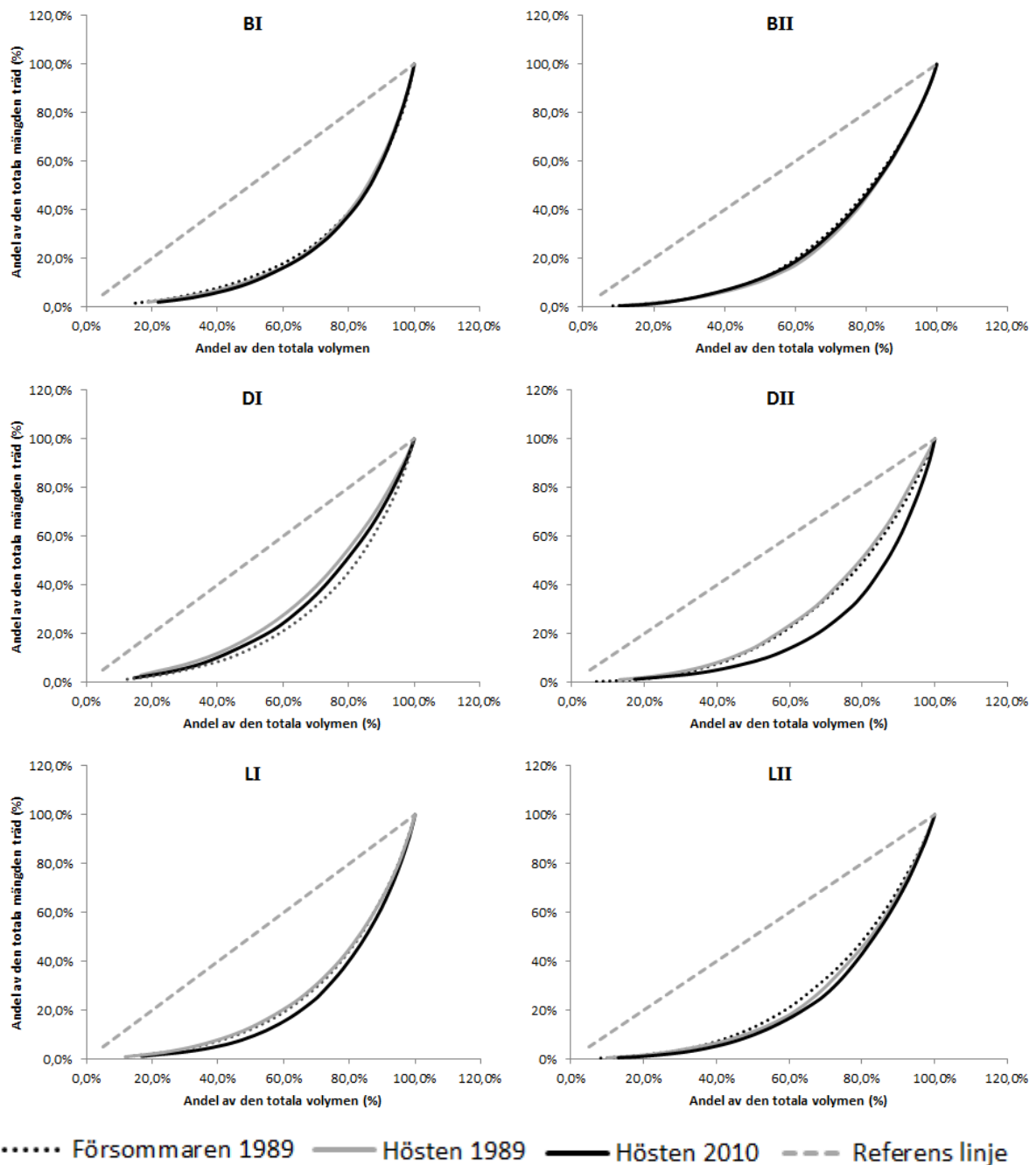


Figur 3. Diameterfördelning försommaren 1989, hösten 1989 och hösten 2010. Notera att skalorna på y- och x-axlarna är olika för de olika parcellerna.

De flesta parceller uppvisade ingen eller en ytterst marginell förändring av den kumulativa volymfördelningen inom diameterklasserna under försöksperioden. Bara DII uppvisade en tydlig förändring. (Figur 4).

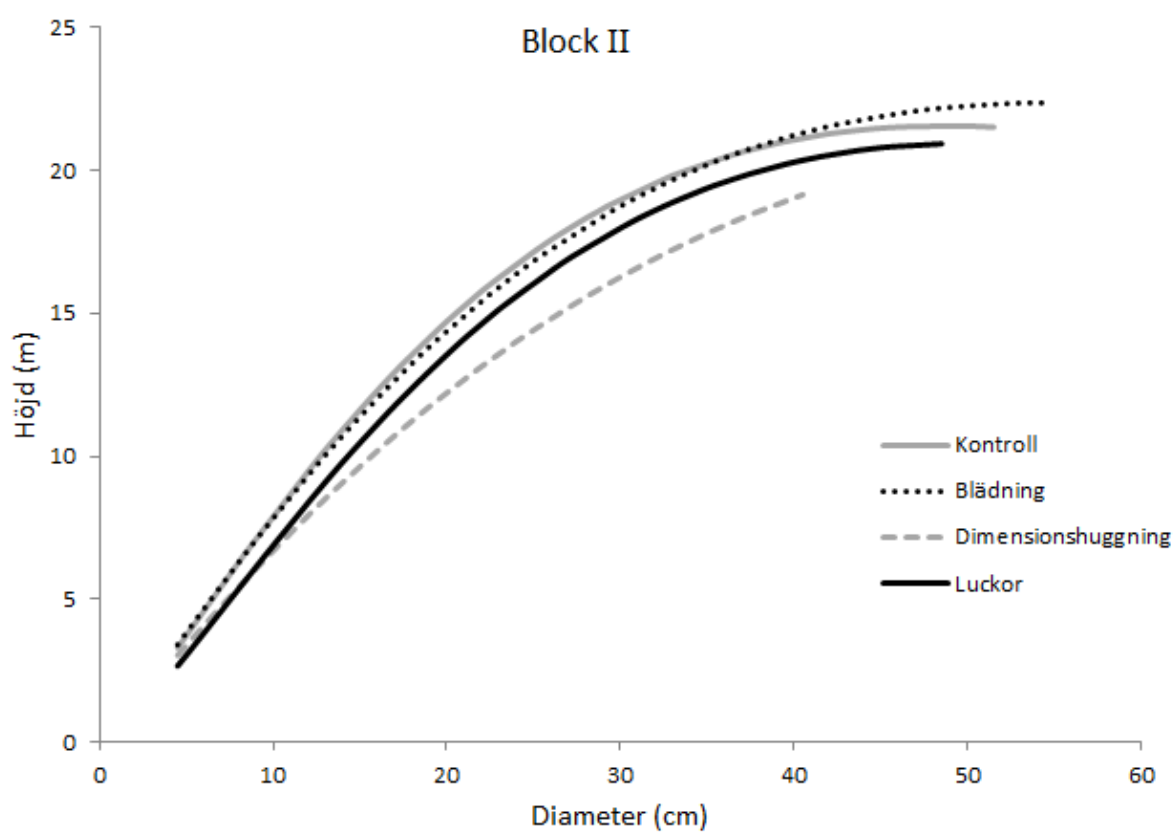
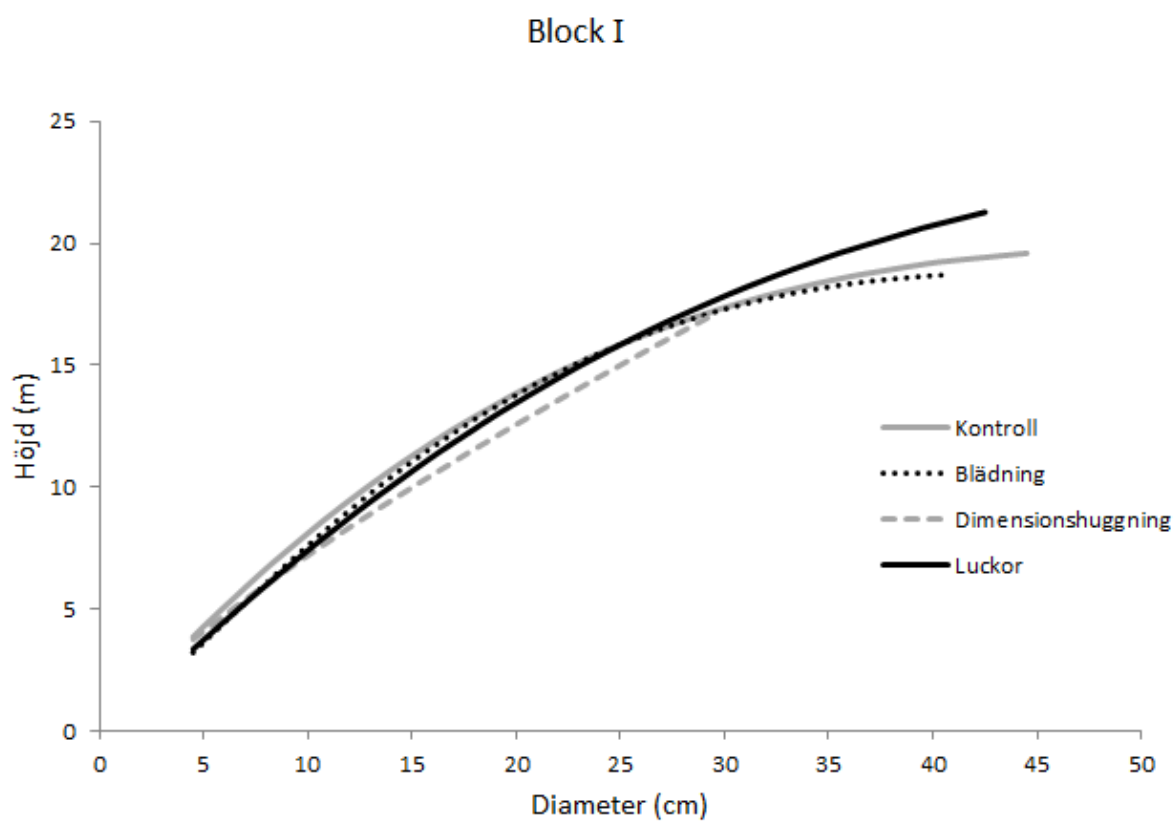






Figur 4. Lorenzdiagram. Försommaren 1989, hösten 1989, hösten 2010 samt referenslinje. Referenslinjen är ett fall där alla träd skulle ha samma volym.

Höjdkurvorna för de dimensionshuggna parcellerna var de som avvek mest mot kontrollen, skillnaden kan ses i båda blocken men är tydligast i block II. Även parcellerna behandlade med luckor avvek något från kontrollen, men avvikelserna var mindre än för de dimensionshuggna parcellerna. (Figur 4).



Figur 4. Höjdkurvor hösten 2010, block I och Block II.

## 3.2 Tillväxt

Block II hade betydligt större total stående volym än block I, både före och efter behandling (Tabell 1). Skillnaden mellan parcellernas stående volym var även större i block II än för block I. Den löpande årlig tillväxten var högre i block II samtidigt som den relativa årliga tillväxten var högre i block I. I båda blocken hade kontrollparcellerna den högsta årliga löpande tillväxten (figur 5) och de dimensionshuggna parcellerna den högsta årliga relativa tillväxten (figur 6).

Målen med behandlingen uppnåddes; att ta ut mellan 25-30 % av totala volymen i blädningsparcellerna samt att ha en total stående volym på 50 m<sup>3</sup>sk/ha i de dimensionshuggna parcellerna (Tabell 1).

En signifikant positiv korrelation ( $p=0,005$ ) kunde konstateras mellan stående volym hösten 1989 och löpande årlig tillväxt för de behandlade parcellerna (Figur 5).

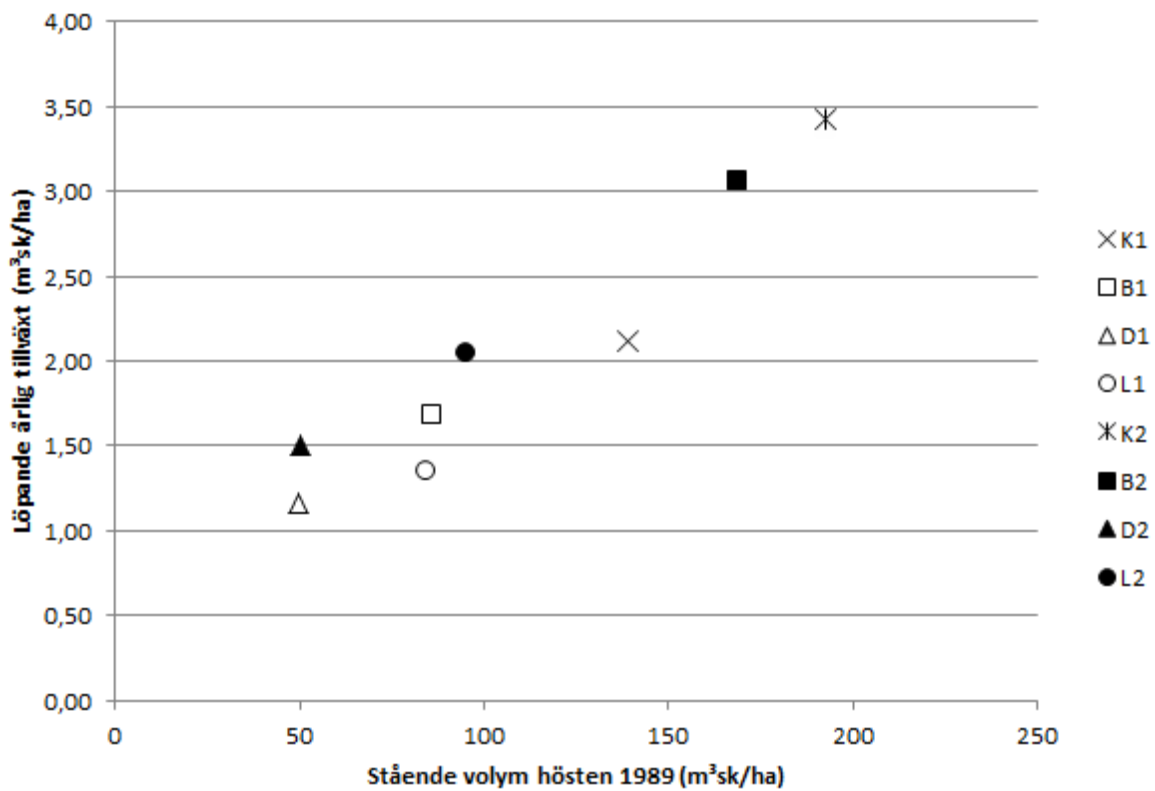
Den relativa årliga tillväxten var inte signifikant korrelerad med stående volym ( $p=0,089$ ) (Figur 6).

*Tabell 1. Total stående volym före behandling, uttagen volym, volym efter behandling samt volym vid försöksperiodens slut.*

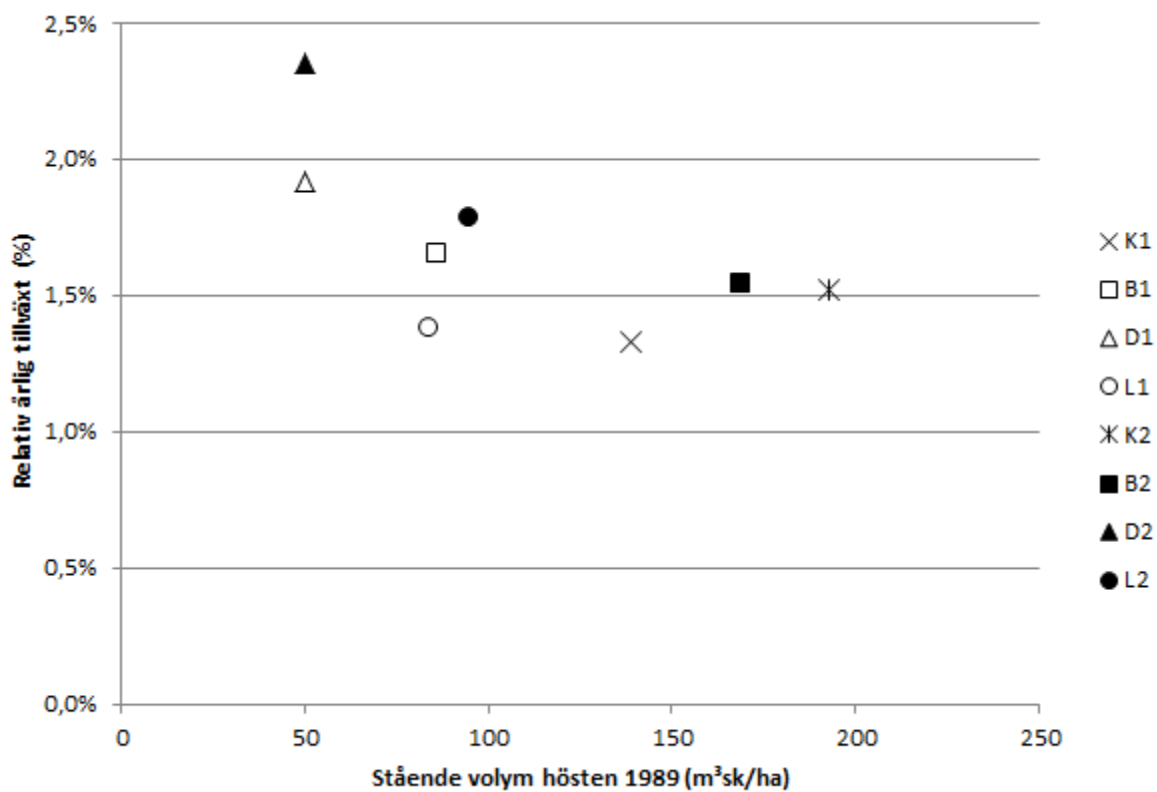
Parceller	Volym före behandling (m <sup>3</sup> sk/ha)	Stamantal >6 cm brhd/ha hösten 1989 (st)	Uttagen volym (%)	Volym hösten 1989 (m <sup>3</sup> sk/ha)	Volym hösten 2010 (m <sup>3</sup> sk/ha)
KI	136	717	0 %	139	184
BI	120	593	29 %	86	121
DI	124	506	60 %	50	74
LI	136	451	38 %	84	113
KII	191	581	0 %	193	265
BII	227	588	26 %	169	233
DII	190	229	74 %	50	82
LII	146	320	35 %	95	138

Björk stod för 7 % av totala stående volymen i både block I och block II, före behandling, och ändrades endast marginellt under försöksperioden. Variationen mellan parcellerna var dock stor där de dimensionshuggna parcellerna hade en betydligt högre volymandel björk än övriga parceller efter behandling, 18 respektive 16 %. Vid försöksperiodens slut hade volymandelen björk sjunkit något för de dimensionshuggna parcellerna men låg fortfarande på 17 respektive 14 %.

Före behandling utgjorde björk 7 % av den totala stående volymen i BI och 5 % i BII. Vid försöksperiodens slut hade procentandelen sjunkit till 5 % för BI och 3 % för BII.



Figur 5. Löpande årlig tillväxt plottad mot stående volym hösten 1989.



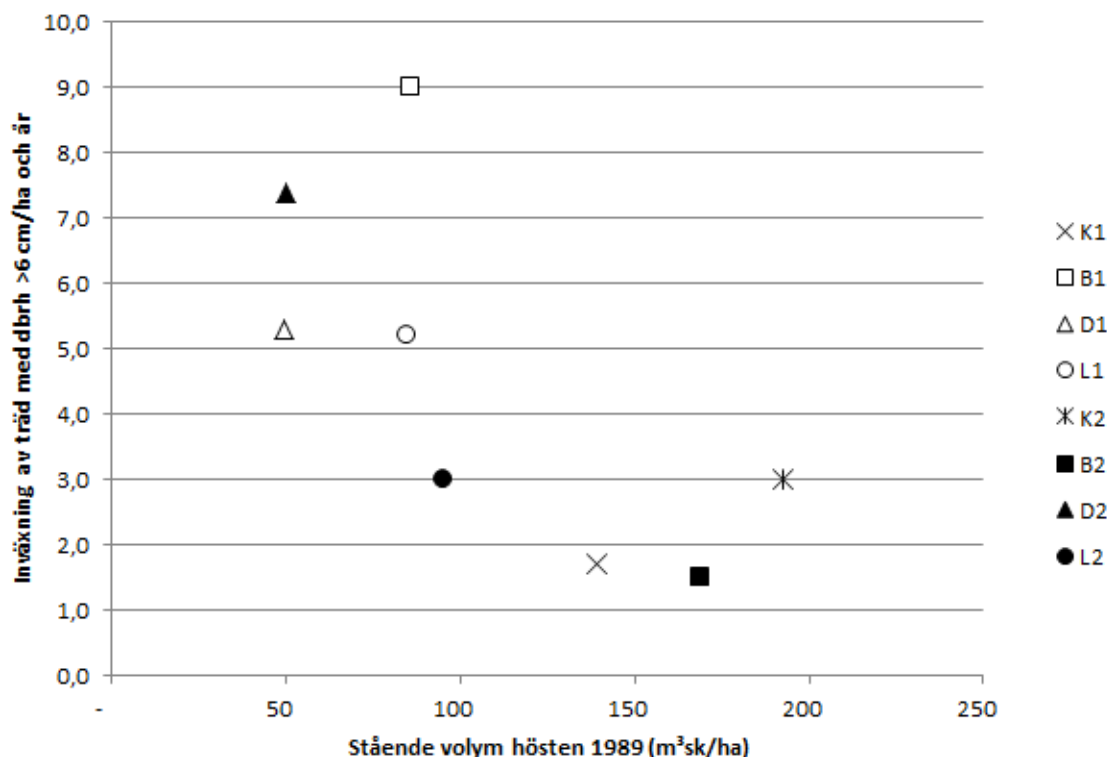
Figur 6. Relativ årlig tillväxt plottad mot stående volym hösten 1989.

### 3.3 Inväxning

Nettoinväxningen av träd med en brösthöjdsdiameter >6 cm/ha och år varierade kraftigt mellan parcellerna. B1 hade den högsta inväxningen och BII hade den lägsta, 9 respektive 1,5 träd/ha och år (Figur 7). Med kontrollparcellerna medräknade hade block 1 och block 2 en genomsnittlig nettoinväxning på 5,3 respektive 3,7 träd/ha och år.

Alla parceller, bortsett från kontrollerna, hade färre träd med en diameter >6 cm vid försöksperiodens slut än före behandling men variationen var stor. Den största minskningen hade L1 på 192 träd/ha och minsta minskningen hade B1 på 16 träd/ha, BII hade en minskning på 86 träd/ha. I parcellerna behandlad med luckor kunde ingen föryngring ses i luckorna vid inmätningen 2010. Nettoinväxningen för kontrollparcellerna låg mellan 1,7 – 3 träd/ha och år.

Ingen signifikant korrelation kunde styrkas på 5 % nivå mellan total stående volym hösten 1989 och inväxning, (p-värde = 0,053).



Figur 7. Relationen årlig genomsnittlig nettoinväxning (1989 – 2010) mot stående volym hösten 1989.

## 4. Diskussion

### 4.1 Försökets begränsningar

Även om parcellernas storlek i sig är av godtagbar storlek är antal parceller relativt lågt för att kunna analysera och jämföra effekten av olika behandlingar. Slutsatser rörande hurvida behandlingen påverkar den årliga löpande tillväxten är ett sådant exempel.

Materialet är begränsat med avseendet på att utvärdera vilka faktorer som påverkat graden av inväxning, då inge data finns för träd och plantor med dbrh <6 cm. Eftersom ingen numrering av träd har skett, har det heller inte varit möjligt att registrera mortalitet för träd med brhd >6 cm, det gör att endast nettoinväxningen kan visas i försöket.

### 4.2 Struktur

Bara en av parcellerna hade en mjuk inverterad J-kurva före behandlingen, men alla hade ett avtagande antal träd med ökad diameter. Orsaken till att de övriga parcellernas avvikelser, från en inverterad J-kurva, skulle kunna bero på att tidigare avverkningar förstört en sådan struktur. Områdets historik i avseende på avverkningar är tämligen okänd, någon slutsats om hur dessa påverkat den nuvarande diameterfördelningen kan därför inte göras. En förklaring kan även vara att en inverterad J-struktur inte uppstår naturligt, något som delvis motsägs av Lähde et al (1991) som menar att en sådan struktur torde vara ekologiskt fördelaktig.

Kontrollparcellerna, som båda hade en diameterfördelning som var nära en jämn inverterad J-kurva, behöll den strukturen under hela försöksperioden. Även den inverterade J-kurvan som BI uppvisade före behandlingen, behölls under försöksperioden. Det tyder på att en diameterfördelning som har formen av eller är nära en inverterad J-kurva, är stabil. Diameterfördelningen, för de dimensionshuggna parcellerna, blev brantare utan utplaning i de högre diameterklasserna efter behandlingens genomförande, fullt logiskt och något som även noterats i andra försök av Lähde et al (2001) och Lundqvist et al (2006). Den diameterfördelning som DII uppvisar vid försöksperiodens slut, med träd upp till 44 cm i diameter, är nästan helt säkert ett mätfel. Vid behandlingens genomförande har sannolikt ett antal träd över dimensionsgränsen missats att avverkas, vilket gör diameterfördelningen mer utplanad än vad som skulle vara fallet om alla träd över dimensionsgränsen avverkats.

Förändringen av den kumulativa volymfördelningen i de dimensionshuggna parcellerna överensstämmer med tidigare studie av Lundqvist (2004) där Lorenzdiagram för hårt dimensionshuggna parceller fick ett mindre linjärt utseende när trädens storleksvariation ökade under försöksperioden. Att förändringen i DII var betydligt större än i DI kan förklaras med att fördelningen av träd inom de olika diameterklasserna var ojämnare i DII samt att ett antal träd som var över dimensionsgränsen sannolikt missats vid behandlingen. Det kan även konstateras att den kumulativa volymfördelningen tycks vara mycket stabil, då varken kontrollparcellerna eller parcellerna behandlade med blädning uppvisade någon förändring under försöket.

Tidigare studie (Lundqvist 2004), visade på en formförändring i hårt dimensionshuggna parceller, där höjdkurvan fick ett mer linjärt utseende med en mindre lutning. Något som överensstämmer med de dimensionshuggna parcellerna i denna studie. Träden i de dimensionshuggna bestånden reagerar på den hårda avverkningen genom ökad diametertillväxt.

En viss formförändring hade även skett i parcellerna behandlade med luckor. Förklaringen kan dels vara att slumpfaktorn i dessa parceller blir högre genom behandlingen, stickvägar och luckor utgör cirka 35 % av hela parcellens yta, vilket gör att extrema värden bland kvarvarande träd får större utslag. Att höjdkurvan i LI ligger över Kontrollen i de högsta diameterklasserna är till stor del ett resultat av just två sådana extremvärden.

Den kantzonsseffekt som uppstår vid luckor och stickvägar skulle också kunna resultera i strukturförändringar. Vid en studie gjord av Eriksson et al (1994) kom man fram till att kantzonsseffekten sträckte sig 3 m in i beståndet vid gallring av intill liggande bestånd. Eftersom förutsättningarna i denna studie och Erikssons är helt olika, kan inga slutsatser dras, men vid beräkning av att kantzonsseffekten i denna studie skulle sträcka sig 3 m in i beståndet skulle det utgöra drygt 30 % av parcellens skogs beklädda yta.

### 4.3 Tillväxt

Att den löpande årliga tillväxten var signifikant korrelerad med total stående volym efter behandling, överensstämmer med tidigare studier av (Näslund 1942, Böhmer 1957, Lundqvist 1989, Andreassen 1994b, Lundqvist 1994, Lähde et al 2002, Chrimes 2004, Lundqvist et al 2006) men stämmer inte med ett försök gjort av Øyen & Nilsen (2002) som inte fann någon definitiv korrelation. I Øyen & Nilsens försök fanns dock ett extrem värde som gjorde att en sådan korrelation inte kunde konstateras. Om extremvärdet uteslöts från korrelationsanalysen skulle man få en positiv korrelation mellan total stående volym och årlig löpande volymtillväxt.

De två kontrollparcellerna, som hade den högsta stående volymen i respektive block, hade även den högsta årliga löpande tillväxten i respektive block. Det indikerar att den årliga löpande tillväxten ännu inte har nått en punkt där den börjar mattas av. Böhmer (1957) fann att den relativa årliga tillväxten låg runt 3 % och Lundqvist (1989) att den låg mellan 2-4 %. I denna studie låg den relativa årliga tillväxten ligga runt 1,5 %. Att den relativa tillväxten är lägre i detta försök beror på en lägre bonitet än vad som var fallet i Lundqvist och Böhmers försök. Lähde et al (2002) fann att den årliga relativa tillväxten var korrelerad med stående volym, vilket inte kunde konstateras i detta försök. Parcellerna, D1 och D11, som hade de lägsta stående volymerna efter behandlingen, hade visserligen högst relativ tillväxt men den relativa tillväxten tycks sedan ligga relativt konstant när den stående volymen ökar. Att de dimensionshuggna parcellerna har högre årlig relativ tillväxt än övriga parceller kan vara en effekt av behandlingen, då små träd i regel har en betydligt högre relativ tillväxt än större träd (Näslund 1942). Det skall även påpekas att volymtillväxten i D11, sannolikt har överskattats, då träd över dimensionsgränsen missats vid behandlingen och att träden sedan räknats som tillväxt vid senare inmätning.

Den kraftiga reduceringen av stående volym med en minskad konkurrens om ljus som följd, samt huggning uppifrån, gynnar björken (Øyen & Nilsen 2002) och gav de dimensionshuggna parcellerna en ökad volymandel björk under försöksperioden. De blädade parcellerna hade båda en lägre volymandel björk vid försöksperiodens slut, något som även (Lundqvist 1989) och (Andreassen 1994b) fann vid blädningsförsök.

#### 4.5 Inväxning

I tidigare studier av Lähde et al (2002), Lundqvist (2004), Lundqvist et al (2007) konstaterades en genomsnittlig årlig inväxning på mellan 10 – 15 träd/ ha och år, vilket var betydligt högre än vad vad som var fallet i denna studie.

Den lägre inväxningen i detta försök kan ha flera förklaringar, att dödligheten bland träd brhd >6 cm varit hög, att höjdtillväxten för träd och plantor <6 cm är låg, att höjdtillväxten för träd och plantor <6 cm flukturerat eller att etableringen av plantor är lågt.

Eftersom ingen data finns över mortalitet bland träd med brhd >6 cm, har inväxningen beräknats som skillnaden mellan summan av träd efter behandling och vid försöksperiodens slut. En hög dödlighet bland träd med brhd >6 cm skulle därmed kunna vara en förklaring till den låga inväxningen. Att så är fallet är dock knappast troligt. I en studie av Lundqvist (1993) var mortaliteten bland träd, med en diameter över 8,5 cm, låg och mortaliteten minskar därefter med ökad diameter. Intrycket från inmätningen 2010 var också att graden av dödlighet var låg bland träd med en brhd >6 cm.

Lundqvist (1995) visade i ett simuleringsförsök att graden av inväxning är starkt beroende av höjdtillväxt hos träd och plantor under inväxningsgränsen. En låg höjdtillväxt skulle resultera i en låg inväxning.

En annan förklaring till den låga inväxningen kan vara att antalet träd med en diameter på <6 cm är lågt, som ett resultat av flukturerande höjdtillväxt för träd och plantor under inväxningsgränsen. Sådana fluktuationer skulle kunna vara ett resultat av tidigare avverkningar. Enligt Näslund (1942) reagerar gran i regel kraftigt på avverkningar. En sådan plötslig höjdtillväxt reaktion skulle innebära en högre inväxning men då höjdtillväxten i regel är större för små träd än för plantor (Lundqvist 1989, Chrimes 2004) minskar samtidigt antalet träd under inväxningsdiametern. Eftersom det kan ta upp till 50 år för en planta att nå brösthöjd (Lundqvist 1989, Nilsen 1988) och än längre tid att nå en diameter på 6 cm (Øyen & Nilsen 2004) skulle en sådan svacka kunna uppträda 10-tals år efter avverkningen. Att en sådan flukturerande inväxning skulle kunna uppstå stöds av simuleringar gjord i ett försök av Lundqvist (1995). Vid analys av diameterfördelnings kurvorna syns ett överskott av antal träd i diameterspannet 20-30 cm, mer och mindre tydligt, för alla parceller i block II, ett överskott som skulle kunna vara resultat av en sådan inväxningstopp.

Antal träd i BI, med brhd >6 cm, var vid försöksperiodens slut nästan i nivå med före behandling. Med en konstant inväxning skulle intervallen mellan blädningsingreppen kunna vara mellan 20 – 25 år, utan att riskera en minskning av antalet träd. För BII, som hade en betydligt lägre inväxning, skulle intervallet behöva ligga mellan 60-70 år, med förutsättning att inväxningen skulle ligga konstant. Ovanstående beräkning av blädningsintervall kan dock inte endast grundas på graden av inväxning, då även den stående volymen måste tas i beaktande. I ett bestånd där diameterfördelningen är nära en inverterad J-kurva, innebär en



volymökning att procentuellt färre träd utgör samma procentuella volym. Det leder i sin tur att färre träd behöver tas ut för att ha samma procentuella volymuttag vid blädningsingreppet. Eftersom både BI och BII hade en högre stående volym vid försöksperiodens slut än före behandlingen, blir uttaget av antal träd mindre vid nästa blädningsingrepp om samma procentuella andel av volymen tas ut.

Att ingen korrelation kunde konstateras mellan stående volym och graden av inväxning överensstämmer med tidigare försök av Lundqvist 2004, Nilson & Lundqvist 2001, Lundqvist 1989, men inte med Nilson (2001). Det skall dock påpekas att en signifikant korrelation nästan kunde konstateras.

Försök har visat att även faktorer såsom beståndsstruktur (Endler 1993), fuktförhållanden (Nilson 1988) och undervegetation (Jäderlund et al 1997), kan påverka konkurrenskraften och höjdtillväxten för små träd och plantor. Även sådana faktorer skulle därmed kunna ha stor betydelse för inväxning och plantetablering.

## 5. Sammanfattande slutsatser

Den årliga löpande tillväxten ökar när den stående volymen ökar, oberoende av behandling och beståndsstruktur. Den relativa årliga tillväxten var cirka 1,5 % av den stående volymen. För de blädade parcellerna är den stående volymen tillbaka på ungefär samma nivå som före avverkningen och ingen parcell i försöket har nått en stående volym där tillväxten börjar mattas av. Ingen skillnad i inväxning kunde konstateras mellan olika behandlingar. Graden av inväxning påverkas av den stående volymen men är ej signifikant korrelerad.

## Författarens tack

Flertalet personer har på ett eller annat vis hjälpt mig under arbetet med mitt examensarbete. På SLU vill jag tacka min handledare Lars Lundqvist för värdefulla synpunkter och råd samt Sören Holm för hjälp med statistiska svårigheter. Jag vill även tacka Leif Jougda och Kjell Mårtensson från Skogsstyrelsen för deras hjälp i fältarbetet och för att de delat med sig av sin kunskap om försöksområdet. Avslutningsvis vill jag tacka Sven Norman för hjälp vid korrekturläsning och råd gällande textstruktur.

## 6. Litteraturförteckning

Andersson, E (2006). Alternativa skogsbruksmetoder i norden – ett välbehövligt komplement? Examensarbete Nr 73, Institutionen för skogens produkter och marknader, skogsmästarskolan, Skinnskatteberg. ISSN 1651-4467.

Andreassen, K (1994a). Bledning og Bledningsskog – en litteraturstudie. Rapport 8 fra forskningsprogrammet "Skogøkologi og flersidig skogsbruk", Nr 2 – 94. ISBN 82-7169-647-5.

Andreassen, K (1994b). Development and yield in selection forest. Skogforsk, 47.5. Norwegian forest research institute. Rapport 16 fra forskningsprogrammet "skogsøkologi og flersidig skogsbruk".

Brandel, G (1990). Volymfunktioner för enskilda träd. Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr 26. Sveriges lantbruksuniversitet. Garpenberg 1990. ISBN 91-576-4030-0.

Böhmer, J.G (1957) Bledningsskog 2. Tidsskrift for skogsbruk, 65: 203 – 247.

Chrimes, D (2004). Stand development and regeneration dynamics of managed uneven-aged *Picea abies* forests in boreal Sweden. Doctoral thesis, Swedish university of agriculture sciences, Umeå.

Endler, J (1993). The color of light in forests and its implications. Ecological monographs, vol 63, No 1: 1 – 27. Ecological society of America.

Eriksson, H. Johansson, U. Karlsson, K (1994). Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutveckling i ett försök i granskog. Institutionen för skogsproduktion, rapport 38. SLU, Umeå. ISSN 91-576-4926-X.

Hägglund, B och Lundmark, J-E (1981). Handledning i bonitering med skogshögskolans boniteringssystem, jönköping, skogsstyrelsen.

Jansson, L (2007). Anpassad skötsel: exempel på hyggesfritt skogsbruk i Mellannorrland. Examensarbete nr 97, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Alnarp.

Jäderlund, A. Zackrisson, O. Dahlberg, A. Nilsson, M-C (1997). Interference of *Vaccinium myrtillus* on establishment, growth and nutrition of *Picea abies* seedlings in a northern boreal site. Canadian journal of forest research, 27: 2017 – 2025.

Langsæter, A (1929). Diameterklassenes gjennemsnittlige diameter. Meddelelser fra norske skogforsöksvesen 3, hefte 11.

Liocourt, F. de. 1898. De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 6, 396-405.

- Lorenz, M.O (1905). Methods and measuring the concentration of wealth. American Statistical Association, New series, No. 70, 209 – 219.
- Lundqvist, L (1989). Blädning i granskog, strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och förnygring på försöksytor skötta med stamvis blädning. Avhandling, institutionen för skogsskötsel, SLU, Umeå. ISBN 91-576-3837-3.
- Lundqvist, L (1990). Bielite – ett försök med alternativa skogsskötselmetoder i fjällnära granskog. Institutionen för skogsskötsel, arbetsrapporter nr 48. SLU, Umeå.
- Lundqvist, L (1993). Changes in stand structure on permanent *Picea abies* plots with managed with single-tree selection. Scandinavian journal of forest research, 8: 510-517.
- Lundqvist, L (1994). Growth and competition in partially cut sub-alpine Norway spruce forests in northern Sweden. Forest ecology and management, 65: 115 – 122.
- Lundqvist, L (1995). Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* Forests. Annals of botany 76: 371 – 380.
- Lundqvist, L (2004). Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. Swedish university of agriculture sciences, department of silviculture, Umeå, Sweden.
- Lundqvist, L. Chrimes, D. Elfving, B. Mörling, T. Valinger, E (2007). Stand development after different thinnings in two uneven-aged *Picea abies* forests in Sweden. Forest ecology and management, 238: 141 – 146.
- Lundqvist, L. Cedergren, J. Eliasson, L (2009). Blädningsbruk . Skogsskötselserien nr 11, blädningsbruk. Skosstryelsen.
- Lundqvist, L (2010). Pers medd, 2010-10-03. Sveriges lantbruksuniversitet, skogsmarksgränd, 907 36 Umeå.
- Lähde, E. Laiho, O. Norokorpi, Y. Saksa, T (1991). The structure of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian journal of forest research, 6: 527 – 537.
- Lähde, E. Laiho, O. Norokorpi, Y (2001). Structure transformation and volume increment in Norway spruce-dominated forests following contrasting silvicultural treatments. Forest ecology and management, 115: 133-138.
- Lähde E, L. Laiho, O. Norokorpi, Y. Saksa, T (2002). Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. Canadian journal of forest research, 32(9): 1577–1584.
- Nilsen, P (1988). Fjellskoghogst I granskog – gjenvekst og produksjon etter tidligere hogster. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 2/88, 1-26.

Nilson, K (2001). Regeneration dynamics in uneven-aged Norway spruce forests with special emphasis on single-tree selection. Doctoral thesis 209. Swedish university of agriculture sciences, department of silviculture, Umeå, Sweden. ISBN 91-576-6093-X.

Nilson, K. Lundqvist, L (2001). Effect of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. Scandinavian journal of forest reaserch, 16: 253 – 259.

Näslund, M (1942). Den gamla skogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. Medelände från statens försöksanstalt, häfte 33: 1 – 212.

Oleskog, G. Nilson, K & Wikberg, P-E (2008). Kontinuitetsskogar och kontinuitetsskogsbruk, slutrapport för delprojekt skötsel – hyggesfritt skogsbruk. Rapport 22, skogsstyrelsen, Skogsstyrelsens förlag, 551 83 Jönköping.

Øyen, B-H & Nilsen, P (2002) Growth effects after mountain forest selective cutting in southeast Norway. Forestry, vol 75, No.4.

Øyen, B-H & Nilsen, P (2004) Growth and recruitment after mountain forest selective cutting in irregular spruce forest. A case study in northern Norway. Forestry, 75: 401 – 410.

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2010:14 Författare: Amanda Eriksson  
Browsing effects on stand development after fire at Tyresta National Park, Southern Sweden
- 2010:15 Författare: Therése Knutsson  
Optimering vid nyttjande av röntgenutrustning hos Moelven Valåsen AB
- 2010:16 Författare: Emil Strömberg  
Angrepp av snytbagge och svart granbastborre i Norrland. Skadeläget på SCA's marker en vegetationsperiod efter plantering
- 2010:17 Författare: Emilie Westman  
Growth response of eucalyptus hybrid clone when planted in agroforestry systems. An approach to mitigate social land conflicts and sustain rural livelihood
- 2010:18 Författare: Victoria Forsmark  
Räcker det med en röjning i tallbestånd i norra Sverige?
- 2010:19 Författare: Kevin Oliver Del Rey Morris  
Comparison of growth, basal area and survival rates in ten exotic and native species in Northern Sweden
- 2010:20 Författare: Viveca Luc  
Effects of ten year old enrichment plantings in a secondary dipterocarp rainforest. A case study of stem and species distribution in Sabah, Malaysia
- 2010:21 Författare: Gustav Mellgren  
Ekens inspridning och tidiga tillväxt på bränd mark. Etablering inom 1999 års brandfält i Tyresta nationalpark
- 2010:22 Författare: Paulina Enoksson  
Naturliga skogsbränder i Sverige. – Spatiala mönster och samband med markens uttorkning
- 2010:23 Författare: Álvaro Valle Millán  
The effect of forest cover for the dynamics of a snowpack. Linking snow water equivalents, meltwater contributions and evaporative loss
- 2010:24 Författare: Jenny Lindman  
Evaluation of an ectomycorrhizal macrofungi as an indicator species of high conservation value pine-heath forests in northern Sweden
- 2010:25 Författare: Johan Lundbäck  
Stamtillväxt, biomassaproduktion och koldioxidbindning i Norrbotten efter gödsling med mineralnäring och bionäring i tallskog
- 2010:26 Författare: Emil Modig  
Skador på kvarvarande bestånd vid mekaniserad blädning
- 2010:27 Författare: Steffen Lackmann  
Carbon storage and forest fire influences in tropical rainforests – an example from a REDD project in Guatemala
- 
- 2011:1 Författare: Elin Brink  
Kan naturvärdesträd med törskate vara en livsmiljö för rödlistade insekter?
- 2011:2 Författare: John Halvarsson  
Varglav (*Letharia vulpina*) – en skogshistorisk analys vid Grundagssåtern i Norra Dalarna

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)