

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 707 2010



Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982–1984

Isabelle Bergkvist, Folke Pettersson & Gunnar Jansson

Ämnesord: Radförband, skogsskötsel, mekanisering, rektangulära förband.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Innehåll

| | |
|--|----|
| Bakgrund | 2 |
| Syfte..... | 4 |
| Material och metoder..... | 4 |
| Urval av försöksbestånd | 4 |
| Försöksdesign..... | 4 |
| Utläggning av revisionsytor | 6 |
| Praktiska försök | 6 |
| SLU:s försök..... | 6 |
| Uppmätningar på revisionsytorna | 6 |
| Grundbearbetning av försök..... | 7 |
| Sambearbetning av försöken..... | 8 |
| Resultat | 8 |
| Planterat stamantal, avgångar samt kvarstående stamantal | 10 |
| Resultat för olika trädvariabler..... | 12 |
| Resultat för olika kvalitetsegenskaper..... | 16 |
| Skador..... | 19 |
| Självföryngring | 19 |
| Diskussion | 20 |
| Skogsproduktion..... | 20 |
| Kalamiteter | 21 |
| Skador..... | 22 |
| Självföryngring | 22 |
| Tillämpning av resultat..... | 22 |
| Slutsatser..... | 23 |
| Referenser..... | 24 |
| | |
| Bilaga 1..... | 25 |
| Bilaga 2..... | 27 |

Bakgrund

Konkurrenskraften i det svenska skogsbruket bygger till stor del på att kostnaderna för transport, drivning och skogsvårdsåtgärder hålls på en låg nivå. För att inte detta ska inverka negativt på lönsamheten hos entreprenörer och åkare krävs en ständig utveckling av teknik och metoder. Teknikutvecklingen i svenskt skogsbruk har de senaste decennierna inneburit att nästan 100 % av gallrings- och slutavverkningsåtgärderna är mekaniserade. Däremot har det visat sig betydligt svårare att effektivisera och mekanisera plantering och ungskogsröjning, både ur ekonomisk och biologisk synvinkel.

Under den första delen av 1980-talet fanns det ett uttalat intresse för att effektivisera skogsbrukandet genom att utnyttja rektangulära förband i stället för det traditionella kvadratförbandet. Tanken med de rektangulära radförbanden var bland annat att skapa åtkomstvägar för maskiner vid röjning, gallring, gödsling och stamkvistning (Lindman m.fl., 1985). Rektangulära förband gav vid studier och analyser dessutom billigare beståndsanläggning genom minskade körsträckor vid markberedning och minskade gångsträckor vid plantering (Mellström, 1981).

Trots möjliga kostnadsinbesparingar vid beståndsanläggning har rektangulära förband hittills inte fått någon tillämpning i praktiken.

Under de senaste åren har mekaniseringen av skogsvården fått ett förnyat intresse, t.ex. stråkröjning. Stråkröjning är en delmekaniserad röjningsmetod, som genom praktiska tester bedömts ha hög potential (Bergkvist, 2007). En fördel från såväl ekonomisk synpunkt som skogsskadesynpunkt (t.ex. risken för sextandad barkborre vid röjning av granar) är att det finns ”inbyggda” körvägar i stråkröjningsbestånden, så att planterade träd inte behöver röjas bort. Frågan om radförbandsplantering, och då i första hand vilka de produktionsmässiga effekterna blir, har därför åter aktualiserats.

En anledning till att radförband inte fått någon större praktisk tillämpning i Svenskt skogsbruk kan vara de risker som finns med ett rektangulärt planteringsförband, t.ex. ett minskat antal möjliga planteringspunkter (Samuelsson, 1982). Plantering i radförband ger en ojämnare stamfördelning (gruppställdhet) jämfört med kvadratförband. Den ojämnare stamfördelningen kan ge vissa effekter på trädutvecklingen, som skiljer sig åt från kvadratförbandets. Risken för påverkan på tillväxt och kvalitet ökar med ökade avstånd mellan plantraderna och minskat avstånd mellan plantorna i raderna. Lindman m.fl. (1985) listade följande möjliga effekter av radförband jämfört med kvadratförband:

- **Större avgångar.** Det minskade antalet lämpliga planteringspunkter kan leda till att ett lägre plantantal per hektar. Alternativt kan det leda till att fler plantor sätts på inoptimala planteringspunkter, vilket skulle kunna leda till större avgångar. Om man vill utnyttja de tekniska möjligheter som radförbandet erbjuder blir det mer känsligt med avgångar, eftersom möjligheten att utnyttja självföryngrade plantor som ersättning för avgångna plantor minskar påtagligt.

- **Lägre volymtillväxt.** Den gruppställdhet som radförband medför kan fläckvis ge en tidigare insatt trädkonkurrens, med sämre volym- och dimensionsutveckling som följd.
- **Färre lämpliga planteringspunkter.** Vid ett lägre utsatt plantantal per ha, alternativt större avgångar i radförbandsalternativet, får man enbart av dessa skäl räkna med lägre volymtillväxt per ha.
- **Fler kalamiteter.** Det minskade plantavståndet mellan raderna kan eventuellt medföra bättre spridningsmöjligheter för snöskyttesvampen. På grund av älgens betningsmönster och det kortare (bekvämare) avståndet mellan plantorna i radförband kan det antas att luckigheten vid inträffade älgskador blir större för radförbandsbestånd än för kvadratförbandsbestånd. Det kortare avståndet mellan plantorna i radförbandet medför med tiden en ökad trängsel i kronskiktet, vilket kan leda till asymmetriska kronor. Topp- och stambrott p.g.a. snötryck kan därför bli mer frekventa i radförbandsbestånd, eftersom träd med asymmetriska kronor är mest utsatta för snöskador.
- **Sämre kvalitetsegenskaper.** Radförband kan tänkas ge upphov till dels grövre kvistar, dels ovalare stammar. Grövre kvistar skulle kunna utbildas mot det fria utrymmet mellan raderna. Asymmetriska kronor som uppstår genom trängsel i raderna skulle kunna resultera i ovalitet hos stammarna.

För att kunna besvara frågor om de produktionsmässiga effekterna av radförbandsplantering anlades under 1982–1984 ett 30-tal praktiska försök hos skogsföretagen. Detta utfördes i samarbete mellan SLU, skogsarbeten och skogsföretagen (bilaga 1) (Lindman m.fl., 1985). Samtidigt anlade SLU ett kompletterande planteringsförsök på fyra egna försöksparker. Såväl praktikens försök som SLUs egna finns dokumenterade i en rapport från SLU (Bäcklund & Näslund, 1985). Dessa försök har alltså utvecklats under ca 25 år och kan vid revidering och utvärdering ge viktig och relevant kunskap om hur beståndsutvecklingen påverkas av rektangulära förband.

I början på 2000-talet reviderades fem av de praktiska radförbandsförsöken i granbestånd i södra Sverige (Davidsson, 2002). Såväl dessa försök som utländska radförbandsförsök (redovisade i Lindman m.fl., 1985) indikerade på endast marginella, negativa effekter av radförbandsplantering på volymtillväxt och kvalitetsegenskaper som stamovalitet och kvisttjocklek. Frågan om radförband eventuellt kan ge högre avgångar samt fler skador, t.ex. på grund av snötryck, än kvadratförband kunde dock anses som sämre belyst med dessa försök. För Sveriges del saknades således försöksresultat för tall och contortatall, samt geografiskt för mellersta och norra Sverige. År 2007 inledde Skogforsk i samarbete med SLU, Holmen Skog, SCA skog, Sveaskog och Bergvik Skog ett projekt med målsättningen att utreda de kvarstående frågorna kring hur tall- och contortabestånd utvecklas när de anläggs i olika radförband.

Syfte

Syftet med studien var att öka kunskapen beträffande eventuella skillnader i beståndsutveckling (avgångar, volymtillväxt, skador och kvalitetsegenskaper) mellan radförbands- och kvadratförbandsplantering. Det ansågs angeläget att ta fram kunskaper för tall- och contortatallbestånd. Ett ytterligare mål var att utvärdera om anläggning av bestånd, samt skötsel av bestånd kan göras i lämpliga radförband i stället för traditionellt kvadratförband. Detta utvärderas med hjälp av resultaten från denna och tidigare studier. Om radförbanden ger ökad prestation och lägre kostnad utan att tillväxt och kvalitet påverkas negativt ökar förutsättningen för att tillämpa stråkröjning eller schematiskt uttag av biobränsle i korridorer.

Material och metoder

URVAL AV FÖRSÖKSBESTÅND

Radförbandsförsöken hos det praktiska skogsbruket och hos SLU lades ut från Svappavaara i norr till Tönnersjöheden i söder. Bestånden är i dagsläget drygt 25 år och behovet av gallring är nära förestående på de flesta lokaler. Målsättningen var att hitta 10 objekt att revidera, varav merparten i tall- och contortabestånd. För att kunna identifiera lämpliga bestånd inventerades samtliga tallförsök samt en stor del av contortaförsöken under våren 2007. Merparten av bestånden fick då strykas p.g.a. dålig förnygring, avvikande skötsel eller höga plantavgångar.

Vid inventeringen hittades endast sex objekt som var lämpliga att revidera och utvärdera. Fyra av dessa var praktiska försök hos skogsföretagen, medan de övriga två var SLUs försök på försöksparkerna i Siljansfors och Tönnersjöheden (tabell 1). Av de praktiska försöken utgjordes två av tall och två av contortatall. I Siljansfors var trädslaget tall och i Tönnersjöheden gran. I Siljansfors var provytorna inhägnade, vilket gjordes redan vid anläggningen, som skydd mot älgbetning. Sammanlagt reviderades således 3 tall-, 2 contortatall- och 1 granförsök.

FÖRSÖKSDESIGN

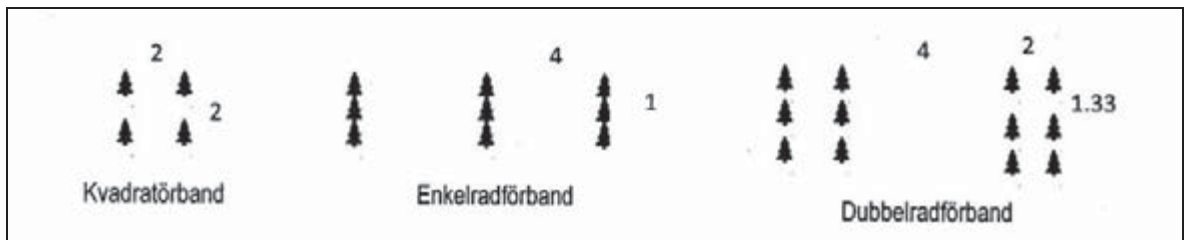
Varje försök hos det praktiska skogsbruket bestod av tre stycken cirka 1,0 – 1,5 hektar stora provytor med försöksleden kvadratförband (2×2 m), enkelradsförband (1×4 m) respektive dubbelradsförband ($1,33 \times 2,0 \times 4,0$ m). Se figur 1.

På försöksparkerna utgjordes försöken av randomiserade blockförsök. Försöken omfattade fem försöksled i tre block. Förutom kontrollerat kvadratförband (2×2 m) ingick tre enkelradsförband (1×4 m, $1,33 \times 3,0$ m, $0,8 \times 5,0$ m) samt dubbelradsförbandet $1,46 \times 1,46 \times 4,0$ m (figur 2). Ytstorleken varierade något mellan försöksleden. I genomsnitt var ytstorleken cirka 600 m^2 (20×30 m).

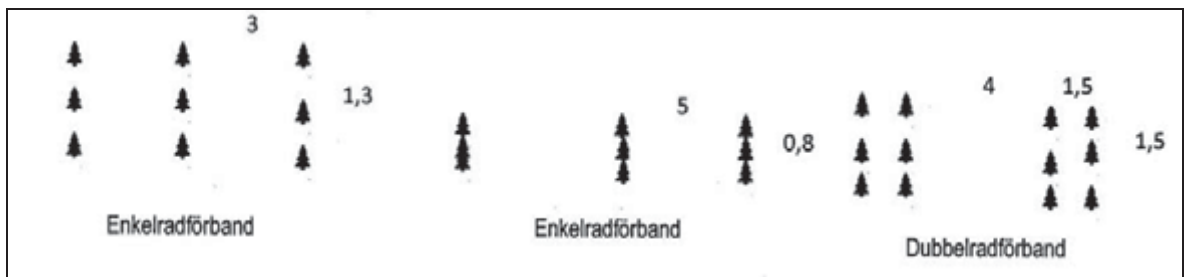
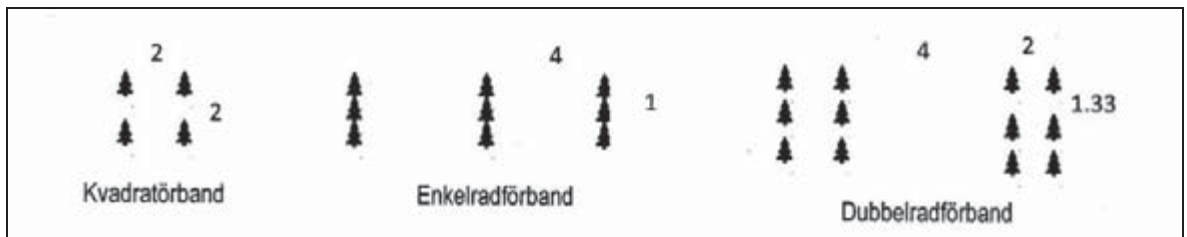
Kvadratförbandet samt enkelradförbandet 1 × 4 m fanns således i båda försökskategorier. Beträffande dubbelradförbandet tillämpades något skilda plantavstånd. På försöksparkerna fanns dessutom en ”mindre extrem” (1,33 × 3,0 m) och en ”mer extrem” (0,8 × 5,0 m) variant av radförband. Samtliga förband motsvarade 2 500 plantor per hektar.

Tabell 1.
Geografisk belägenhet och trädslag i de utvärderade objekten.

| Försöks-id | Lokal | Försökspark | Praktiska försök | Trädslag | Ståndortsindex |
|------------|----------------|-------------|------------------|----------|----------------|
| 2302 | Siljansfors | X | | Tall | T30 |
| 2303 | Tönnersjöheden | X | | Gran | G38–G39 |
| 2316 | Bjurholm | | X | Contorta | C21–C26 |
| 2319 | Vännäs | | X | Tall | T21–T23 |
| 2331 | Sälen | | X | Contorta | C21–C23 |
| 2332 | Dala-Järna | | X | Tall | T26–T27 |



Figur 1.
Förbandsmönster i de praktiska försöken.



Figur 2.
Förbandsmönster i försöken på Siljansfors och Tönnersjöhedens försöksparkar.

Utläggning av revisionsytor

PRAKTISKA FÖRSÖK

Inom varje hektar-stor provyta utlades objekt tre rektangulära revisionsytor. Ytstorleken varierade något både inom försök och mellan försök, från 288 m² (24 × 12 tvärs radriktning respektive längs radriktning) till 336 m² /24 × 14 m), tabell 2. I varje försök mättes 9 ytor upp (tre i vardera försöksled).

SLU:S FÖRSÖK

I SLU:s försök mättes samtliga provytor upp (15 per försök), tabell 2. I Tönnersjöheden utnyttjades dock endast halva provytan (d.v.s. ca 300 m²) för uppmätningarna. Vilken hälft av ytan som skulle mätas upp slumpades ut genom lottning.

Tabell 2.
Omfattning av försök och revidering

| | Försöksytor | | Revisionsytor | |
|------------------|-------------|---------------|---------------|--------------------------------|
| | Antal | Bruttostorlek | Antal | Storlek |
| Praktiska försök | 3 × 1 | 1 ha | 3 × 3 | 288–336 m ² |
| Siljansfors | 5 × 3 | Ca 20 × 30 m | 5 × 3 | Totalinventering |
| Tönnersjöheden | 5 × 3 | Ca 20 × 30 m | 5 × 3 | Totalinventering av halva ytan |

UPPMÄTNINGAR PÅ REVISIONSYTORNA

Generellt gällde att mätningarna utfördes på de planterade träden. Eventuellt självföryngrade träd uppmättes följaktligen inte. Förekomst och antal självföryngrade stammar noterades dock.

Följande uppmätningar och registreringar gjordes.

I varje provyta (oavsett lokal och storlek) noterades följande:

- På samtliga träd mättes brösthöjdsdiametern i två riktningar, längs radriktning respektive tvärs radriktning.
- På samtliga träd mättes diametern på grövsta kvist i kvistvarvet närmast brösthöjd, i två riktningar längs radriktning respektive tvärs radriktning.
- För samtliga träd noterades eventuella skador.
- I respektive yta utfördes höjdmätning på de tre grövsta, oskadade träden plus vart fjärde träd ("startträdet" bestämdes genom lottning). I Siljansfors mättes dock de sex (i stället för tre) grövsta träden på repektive yta på grund av de betydligt större revisionsytorna i detta försök.
- För varje yta registrerades antalet döda eller saknade träd.
- För varje yta gjordes en uppskattning av antalet naturligt föryngrade träd högre än 1,3 m samt huvudträdslaget. För radförbandsytorna gjordes dessutom en uppskattning av hur stor andel av de naturligt föryngrade träden som växte i tänkta körvägar med 2,5 m bredd.

GRUNDBEARBETNING AV FÖRSÖK

För varje provyta skattades ståndortsindex (H100 för tall- och granförsöken samt H50 för contortatallförsöken) med hjälp av de grövsta trädens höjd och brösthöjdsålder samt med Skogshögskolans boniteringssystem. Vidare beräknades medeldiameter samt stamantal, grundyta och volym per hektar. Dessutom beräknades avgången, andelen levande träd med skadenotering samt kvalitetsegenskaper som grövsta kvist och stamovalitet.

Volymen per hektar för varje provyta beräknades enligt följande. I ett första steg beräknades volymen för de enskilda, höjdmätta provträden. Härvid användes Näslunds mindre kuberingsfunktioner (Näslund, 1947) för tall och gran samt funktioner av Eriksson (1973) för contortatall. I det andra steget utarbetades sekundära volymfunktioner för att skatta volymen för samtliga klavade träd på ytan. Relationen mellan det enskilda trädets volym och brösthöjdsdiameter approximerades med följande linjära modell:

$$\log \text{volym} = b_0 + b_1 \times \log \text{dbh} + b_2 \text{dbh} + e$$

Med hjälp av regressionsanalys skattades b-parametrarna. Statistikpaketet SAS/STAT procedur GLM (SAS Institute Inc., 1999) användes för regressionsanalysen. Residualen (e) antogs vara $NID(0, \sigma_e^2)$.

För att beräkna behandlingseffekter och statistisk signifikans genomfördes kovariansanalyser. Som kovariabel utnyttjades övre höjden på respektive revisionsyta. Övre höjden är ett uttryck för boniteten, och variabeln hade signifikans (p-värde $< 0,05$) framför allt för grundyta och volym per hektar. Vid p-värden $> 0,20$ utlämnades övre höjd från modellen. I dessa fall blev analyserna rena variansanalyser. För att testa om det fanns signifikanta behandlingsskillnader användes Tukey-Kramers test för multipla jämförelser. Följande modellekvation användes:

$$y_{jk} = \mu + \mu_j + t_k + b(c_{jk} - \bar{c}) + e_{jk}$$

där

$$y_{jk} = \text{värde på beroende variabel för yta } jk$$

$$\mu = \text{Totalmedelvärde}$$

$$\mu_j = \text{fix effekt av block } j; j = 1, 2, 3$$

$$t_k = \text{fix effekt av planteringsförband } k; k = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$b_1 = \text{koefficient för regressionen på kovariabel nr 1}$$

$$c_{jk} = \text{värde på kovariabel för yta } jk$$

$$\bar{c} = \text{medelvärde på kovariabel}$$

$$e_{jk} = \text{Residual för observation } jk, NID(0, \sigma_e^2)$$

I de praktiska försöken saknades block, varför följaktligen denna variabel fanns med i modellen för de praktiska försöken.

SAMBEARBETNING AV FÖRSÖKEN

Efter att varje försök hade grundbearbetats, gjordes en sambearbetning av försöken enligt samma modell som ovan. För sambearbetningen av de praktiska försöken ingick följande variabler i modellekvationen:

Beroende variabel (t.ex. volym per hektar) = försök, försöksled, försöksled \times försök, övre höjd.

För SLUs försök användes följande variabler:

Beroende variabel = försök, försöksled, block (försök), försöksled \times försök, övre höjd.

I resultatetkapitlet finns de korrigerade mätvärdena redovisade. Samtliga okorrigerade mätvärden finns dock redovisade i bilaga 2.

Resultat

Det finns tydliga skillnader mellan de olika förbandsmönstren vad avser de variabler som mättes i studien. Det är dock endast ett fåtal av skillnaderna som kan styrkas statistiskt. Signifikanta skillnader mellan mätvärdena i de olika studieleden (enligt Turkey-Kramers test på 95 %-nivå) markeras i tabeller med åtskilda bokstavs-kombinationer. Mätvärden som åtföljs av ett "a" är signifikant skilda från mätvärdet följda av "b" men inte från mätvärdet följda av "ab". Mätvärden som saknar bokstavs-beteckning är inte signifikant åtskilda.

I figurerna markeras signifikansen med ett S i stapeln i de fall som mätvärdena från radförbanden är signifikant åtskilda jämfört med kvadratförbandet. Inventeringen från de praktiska försöken visade på skillnader framför allt i plantöverlevnad jämfört med inventeringen av försöksparkerna. Detta märks tydligt i resultatet, vilket medförde att de fyra praktiska försöken bearbetades, analyserades och sammanställdes för sig (tabell 3) och de två försöksparksförsöken för sig (tabell 4).

Tabell 3.

Resultat enligt kovariansanalys från samtliga praktiska försök. Värden inom samma rad som saknar gemensam bokstav är signifikant åtskilda ($p < 0,05$ enligt Tukey-Kramers test för multipla jämförelser).

| Variabel | Försöksled | | |
|------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| | 2 \times 2 m | 1 \times 4 m | 1,33 \times 2 \times 4 m |
| Inventerad area, ha | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Övre höjd, m | 10,3 | 10,1 | 10,8 |
| Grundyta, m ² /ha | 17,11a | 15,14b | 14,47b |
| Aritmetisk medeldiameter, cm | 10,98 | 10,87 | 10,91 |
| Volym m ³ /ha | 96a | 85,4ab | 80,9b |
| Planterat stamantal, st/ha | 2 300 | 2 100 | 2 100 |
| Inventerat stamantal st > 1,3 m/ha | 1 703 | 1 494 | 1 487 |
| Avgång % > 1,3 m/ha | 25,8 | 28,8 | 29,2 |

Tabell 4.

Resultat enligt kovariansanalys från de två försöksparkerna Värden inom samma rad som saknar gemensam bokstav är signifikant åtskilda ($p < 0,05$ enligt Tukey-Kramers' test för multipla jämförelser.

| Variabel | Försöksled | | | | |
|------------------------------------|------------|------------|---------|-----------|-------------------|
| | 2 × 2 m | 1,33 × 3 m | 1 × 4 m | 0,8 × 5 m | 1,46 × 1,46 × 4 m |
| Inventerad area, ha | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,15 | 0,09 |
| Övre höjd, m | 15,2 | 16 | 15,6 | 15,4 | 15,3 |
| Grundyta, m ² /ha | 36a | 33,07b | 32,2b | 30,93b | 33,15ab |
| Aritmetisk medeldiameter, cm | 13,53a | 13,3ab | 13,24ab | 12,62b | 13,03ab |
| Volym m ³ /ha | 268a | 240,4ab | 231,6b | 226,4b | 238,4b |
| Planterat stamantal, st/ha | 2 500 | 2 500 | 2 500 | 2 500 | 2 500 |
| Inventerat stamantal st > 1,3 m/ha | 2 299 | 2 191 | 2 115 | 2 195 | 2 272 |
| Avgång % > 1,3 m/ha | 8 | 12,4 | 15,4 | 12,2 | 9,1 |

I genomsnitt för de praktiska försöken var volymen vid revisionen 12,8 m³sk/ha högre på kvadratförbandsytorna än på radförbandsytorna. Detta motsvarade 15 % i relativa tal och skillnaden var signifikant (tabell 5). I genomsnitt var volymen högre på enkelradsytorna än på dubbelradsytorna. Vid parvis jämförelse av kvadratförbandsytorna med enkelradsytorna var skillnaden mellan dessa ytor inte signifikant (tabell 3). Mönstret för grundytan var detsamma med undantag av att skillnaden mellan kvadratförbandsytorna och enkelradsytorna i detta fall var signifikant (tabell 3). Beträffande medeldiameter var skillnaderna mycket små mellan försöksleden (tabell 3) Standardavvikelsen kring medeldiametern var något större för radförbandsytorna än för kvadratförbandsytorna, vilket indikerade en något större diameterspridning.

Tabell 5.

Kontraster, skillnad i beståndsvariabler mellan kvadratförband och radförband (= genomsnittet av försöksleden med radförband) enligt kovariansanalys. Det praktiska skogsbrukets försök.

| Variabel | Genomsnittlig skillnad, kvadratförband mot radförband: |
|---------------------------------------|--|
| Planterat stamantal | +206 st/ha *** (+10 %), ($p = < 0,0001$) |
| Levande stammar vid revision | +213 st/ha** (+14 %), ($p = 0,0017$) signifikant |
| Avgång | -3,4 %, ej signifikant |
| Grundyta | +2,30 m ² /ha** (+16 %), ($p = 0,0007$) |
| Volym | +12,8 m ³ sk/ha* (+15 %), ($p = 0,018$) |
| Aritmetisk medeldiameter | +0,9 mm (+1 %), ej signifikant |
| Stamovalitet | -0,2 mm (-5 %), ej signifikant |
| Grövsta kvist tvärs/längs radriktning | +0,2 mm (+2 %) , ej signifikant |
| Andel levande träd med skada | -7,2 %-enheter, ej signifikant |

I genomsnitt för SLUs försök var volymen vid revisionen 33,8 m³sk/ha högre på kvadratförbandsytorna än på radförbandsytorna. Detta motsvarade 14 % i relativa tal och skillnaden var signifikant (tabell 6). Vid parvisa jämförelser av volymen mellan kvadratförbandsytorna och radförbandsytorna var skillnaderna signifikanta med undantag av de försiktigaste radförbandsytorna, d.v.s. 1,33 × 3,0 m (tabell 4) De relativa skillnaderna mellan försöksleden var ungefär lika stora för volymen som för grundytan.

Tabell 6.

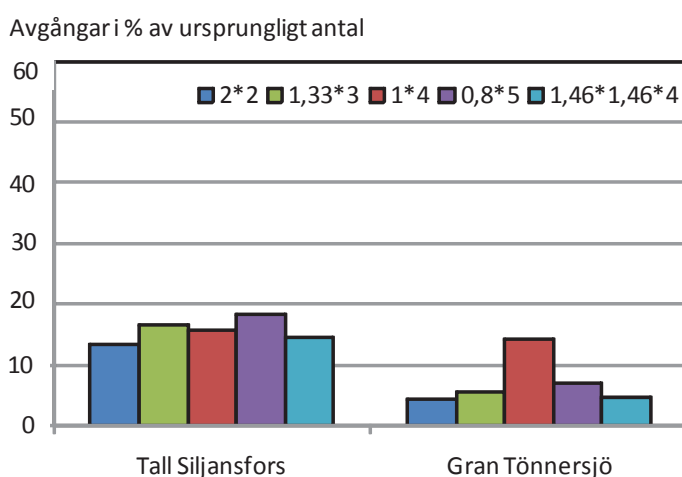
Kontraster, skillnad i beståndsvariabler mellan kvadratförband och radförband (= genomsnittet av försöksleden med radförband) enligt kovariansanalys. SLU försök.

| Variabel | Genomsnittlig skillnad, kvadratförband mot radförband |
|---------------------------------------|---|
| Planterat stamantal | +/- 0 |
| Levande stammar vid revision | +106 st/ha* (+5 %), (p = 0,0464) |
| Avgång, % av utplanterat stamantal | -4,3 %*, (p = 0,0461) |
| Grundyta | +3,86 m ² /ha** (+11 %), (p = 0,0006) |
| Volym | +33,8 m ³ sk/ha** (+14 %), (p = 0,0007) |
| Aritmetisk medeldiameter | +4,8 mm * (+ 4 %), (p = 0,0183) |
| Stamovalitet | -0,4 mm * (- 9 %), (p = 0,0416) |
| Grövsta kvist tvärs/längs radriktning | +0,7 mm* (+ 5 %), (p = 0,0147) |
| Andel levande träd med skada | -6,5 %-enheter, ej signifikant |

PLANTERAT STAMANTAL, AVGÅNGAR SAMT KVARSTÄENDE STAMANTAL

I SLU:s försök uppnåddes målet om 2 500 utsatta plantor per hektar. Trädavgången var avsevärt lägre i dessa försök än i de praktiska (figur 3). I genomsnitt för försöken var avgången 8 % på kvadratförbandsytorna och drygt 11 % på radförbandsytorna (figur 3).

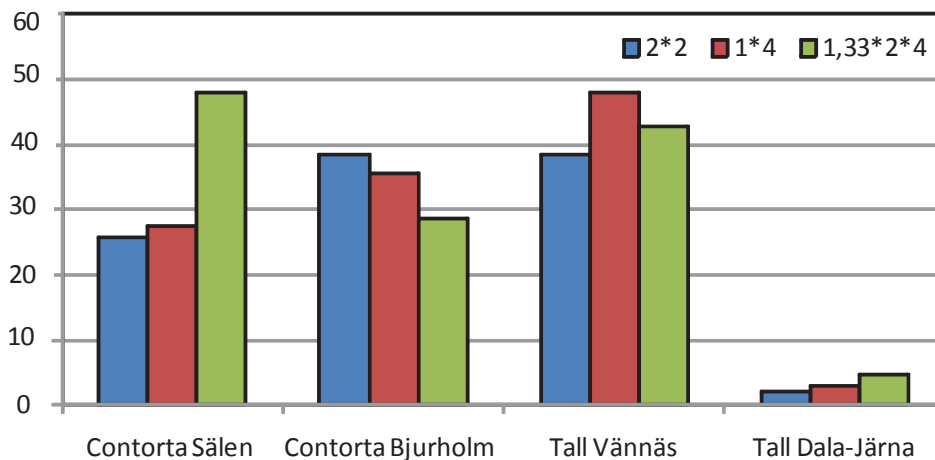
I de praktiska försöken uppnåddes inte målet på 2 500 utsatta plantor per hektar. I genomsnitt för försöken planterades ca 2 300 per hektar på kvadratförbandsytorna och ca 2 100 på radförbandsytorna (tabell 3). Under försöksperioden var trädavgången ca 26 % på kvadratförbandsytorna och drygt 29 % på radförbandsytorna (tabell 5). Vid revisionen fanns det ca 1 700 stammar/ha på kvadratförbandsytorna och knappt 1 500 på radförbandsytorna. Skillnaderna i utplanterat stamantal och levande vid revisionen var signifikanta (tabell 3 och 5). I de praktiska försöken varierade resultatet även stort mellan bestånden (figur 4). Plantavgången var störst i dubbelradförbandet i Sälen och minst i Dala-Järna där plantavgången i samtliga försöksled var relativt liten (2–5 %).



Figur 3.

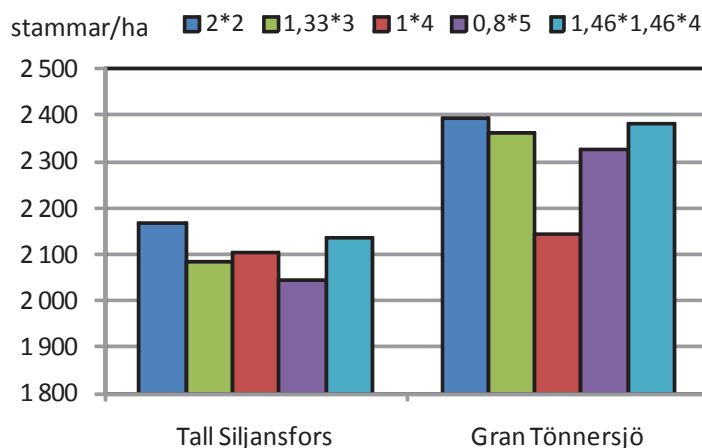
Andel saknade plantor jämfört med antalet planterade stammar från försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

Avgångar i % av ursprungligt antal



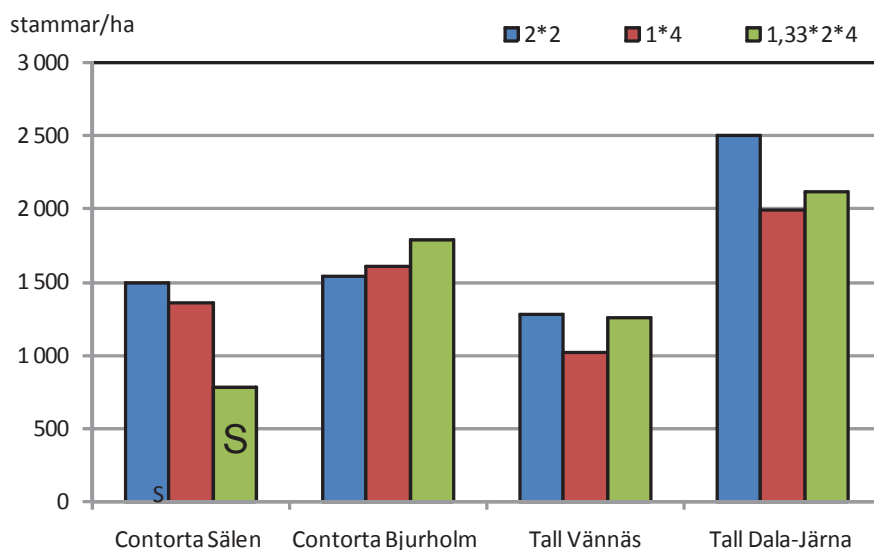
Figur 4. Andel saknade planter jämfört med antalet planterade stammar i de praktiska försöken fördelat på de olika försöksleden.

Vid revisionen av försöksparkerna var stamantalet i medeltal ca 100 st/ha fler på kvadratförbandsytorna än på radförbandsytorna (figur 5) Denna skillnad var signifikant (tabell 6). Lägst stamantal hade de extrema förbanden 1 × 4 i Tönnersjö och 0,8 × 5,0 i Siljansfors där skillnaden mellan kvadratförbandet och radförbandet var ca 250 st/ha respektive 120 st/ha.



Figur 5. Stamantal vid revisionen av försöksparkerna.

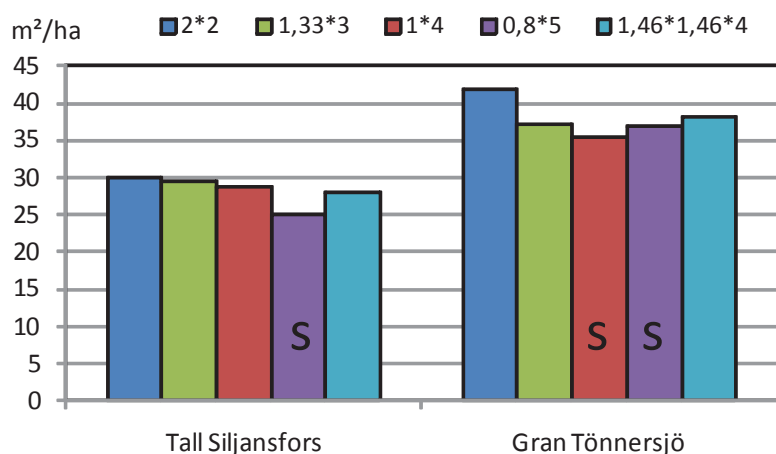
I de praktiska försöken var stamantalet vid revisionen lågt i samtliga försöksled i bestånden i Sälen, Bjurholm och Vännäs (figur 6). Medeltalet för kvadratförbanden var 1400 stammar/ ha medan stamtätheten i rektangelförbanden var knappa 1 100 stammar/ha (figur 6). Förhållandet mellan studieleden varierade i de olika bestånden (figur 6). I Dala-Järna var stamantalet i studieledet med kvadratförband i nivå med målsättningen på 2 500 stammar/ha. Rektangelförbanden var något stamfattigare än kvadratförbandet, men trots detta ändå betydligt stamrikare än samtliga studieled i de mer nordliga bestånden.



Figur 6.
Stamantal vid revisionen av de praktiska försöken.

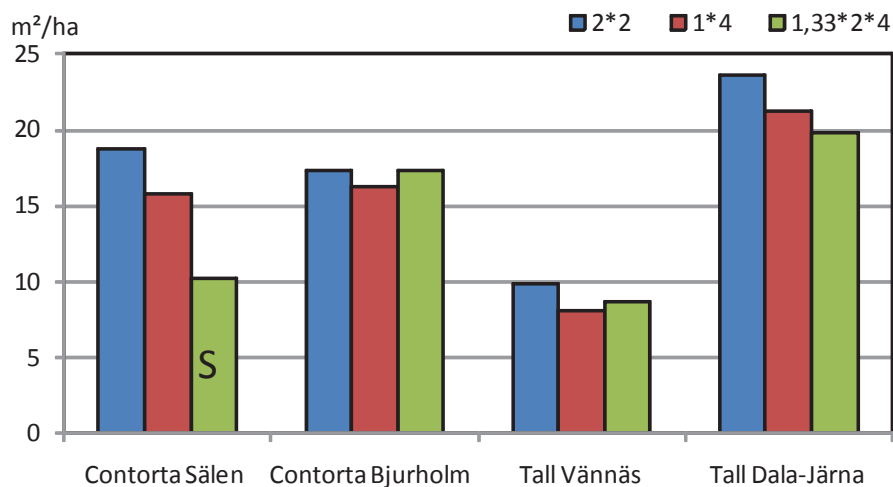
RESULTAT FÖR OLIKA TRÄDVARIABLER

Skillnaden i grunddyta var signifikant mellan kvadratförbandet och $0,8 \times 5,0$ m radförbandet på båda försöksparkerna samt även mellan kvadratförbandet och 1×4 m radförbandet på Tönnersjöhedens försökspark (figur 7). Vid den parvisa jämförelsen av grundytan var det två jämförelser som inte var signifikanta. Förutom enkelradsförbandet $1,33 \times 3,0$ m var inte heller dubbelradsförbandet signifikant skilt från kvadratförbandsytorna (tabell 4).



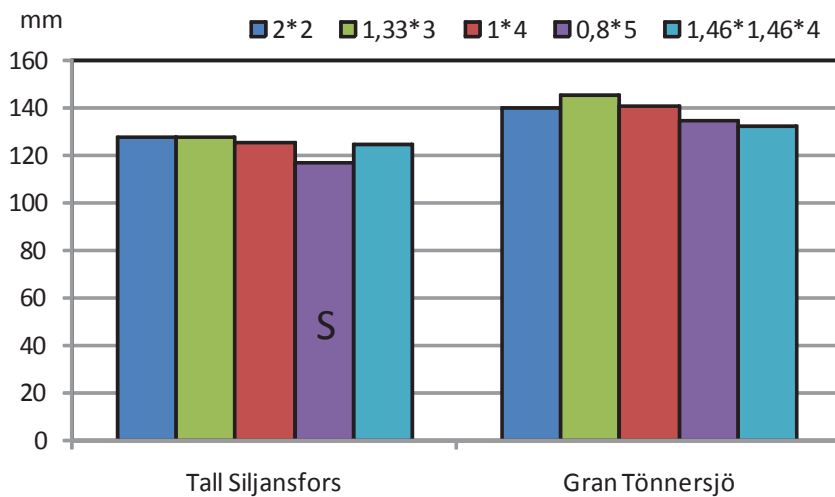
Figur 7.
Grunddyta på försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

Grundytan i de praktiska försöken var liksom i försöksparkerna lägre för radförbandsytorna än för kvadratförbandet (figur 8). Skillnaden mellan dubbelradförbandet och kvadratförbandet i contortabeståndet i Sälen var signifikant.



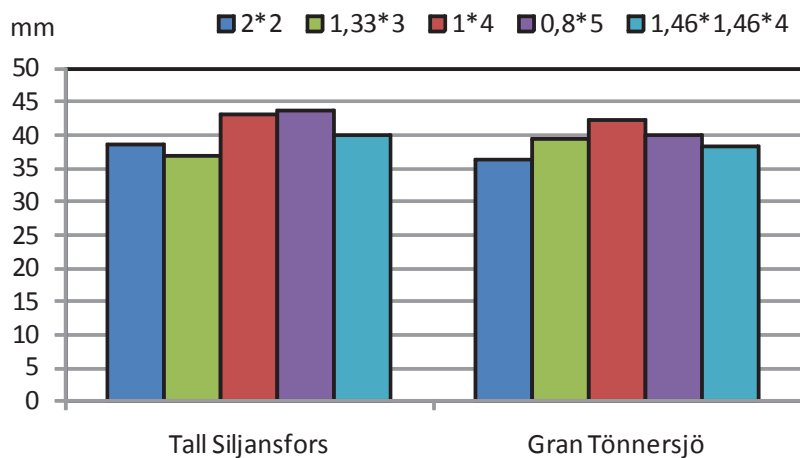
Figur 8.
Grundyta i de praktiska försöken fördelat på de olika försöksleden.

Den aritmetiska medeldiametern var högst i radförbandsförbandet $1,33 \times 3,0$ m på båda försöksparkerna (figur 9). På övriga radförbandsförsök var den aritmetiska medeldiametern lägre än i kvadratförbanden. Skillnaden jämfört med kvadratförbanden var signifikant för radförbandet $0,8 \times 5,0$ m i Siljansfors. Medeldiametern var i genomsnitt ca 5 mm högre på kvadratförbandsytorna än på radförbandsytorna (tabell 6).



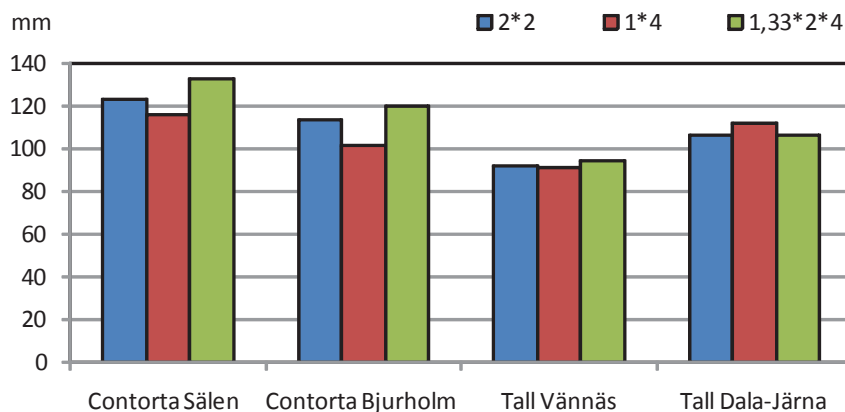
Figur 9.
Aritmetisk medeldiameter på försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

Standardavvikelsen för den aritmetiska medeldiametern ger ett mått på hur diametern varierade i de olika försöksleden. Avvikelsen var störst i de mest extrema radförbanden, 1×4 m och $0,8 \times 5,0$ m i båda försöksparkerna (figur 10).



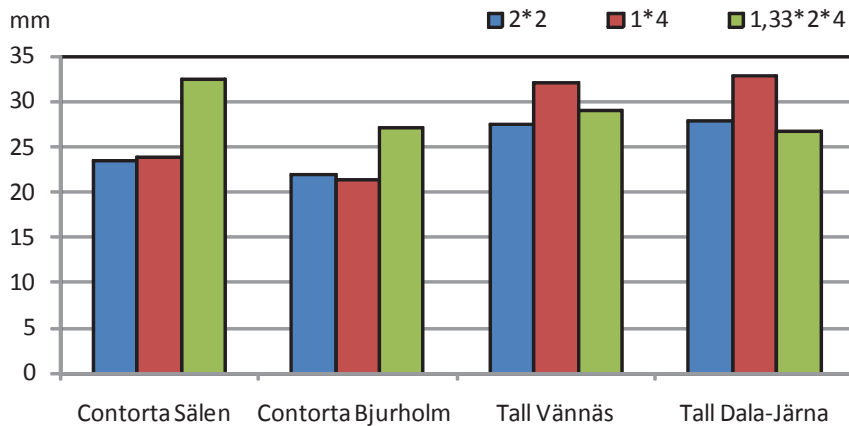
Figur 10. Standardavvikelsen för den aritmetiska medeldiametern för de olika försöksleden i försöksparkerna.

I de praktiska försöken var diameterutvecklingen sämst i enkelradförbanden i contortaplanteringarna i Sälen och Bjurholm (figur 11). I samma bestånd hade dubbelradförbanden bäst diameterutveckling följt av kvadratförbandet. I tallförsöken i Vännäs och Dala-Järna var diameterutvecklingen ganska jämn över de olika försöksleden med något bättre diameterutveckling i enkelradförbanden i Dala-Järna. Inga skillnader i de praktiska försöken var signifikanta.



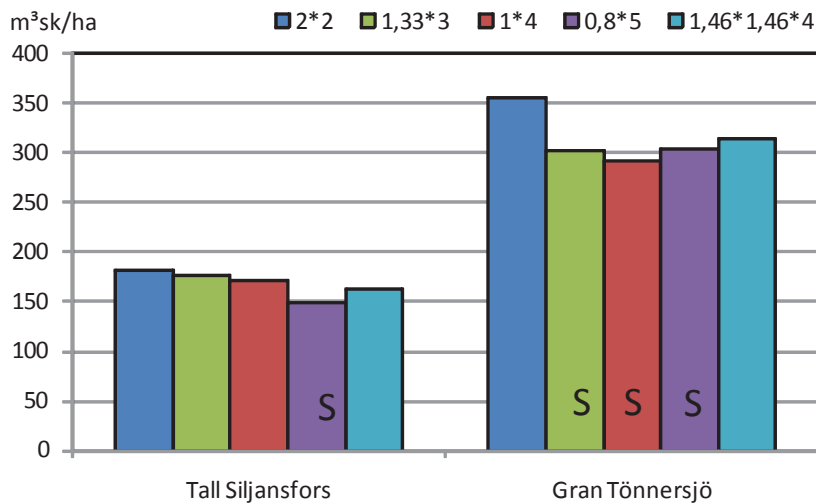
Figur 11. Aritmetisk medeldiameter i de praktiska försöken fördelat på de olika försöksleden.

I de praktiska försöken var variationen i medeldiameter störst i dubbelradförbanden i contortaplanteringarna och störst i enkelradförbanden i tallplanteringarna (figur 12).



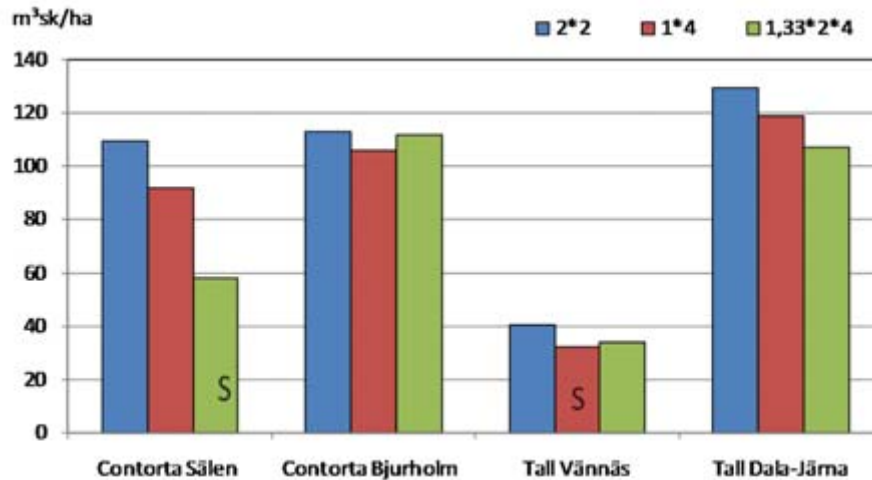
Figur 12.
Medeldiameterns standardavvikelse i försöksparkerna, fördelat på de olika försöksleden.

På försöksparkerna var volymen per hektar var liksom grundytan lägre i radförbanden jämfört med kvadratförbandet (figur 13). För enkelradförbanden på Tönnersjöhedens försökspark var skillnaden i volymsutveckling jämfört med kvadratförbandet signifikant. I Siljansfors var skillnaden enbart signifikant mellan 0,8 × 5,0 m förbandet och kvadratförbandet.



Figur 13.
Volymutveckling i de olika försöksleden på försöksparkerna.

Volymsutvecklingen för enkelradförbanden i de praktiska försöken var överlag sämre än för kvadratförbanden (figur 14). I dubbelradförbanden var volymen lägst i Sälen och Dala-Järna. I Bjurholm och Vännäs var volymen i dubbelradförbandet i stort sett lika som kvadratförbanden. Skillnaderna var signifikanta jämfört med kvadratförbandet i dubbelradförbandet i Sälen och enkelradförbandet i Vännäs.

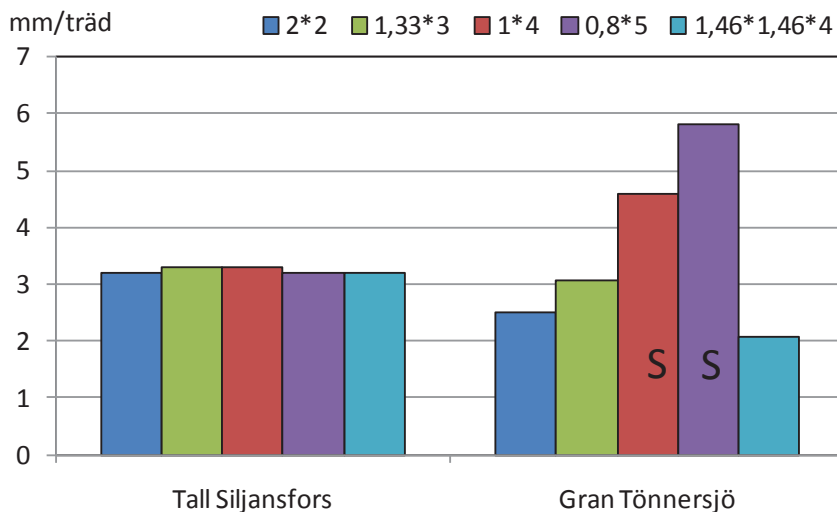


Figur 14.
Volym per ha i de praktiska försöken fördelat på de olika försöksleden.

RESULTAT FÖR OLIKA KVALITETSEGENSKAPER

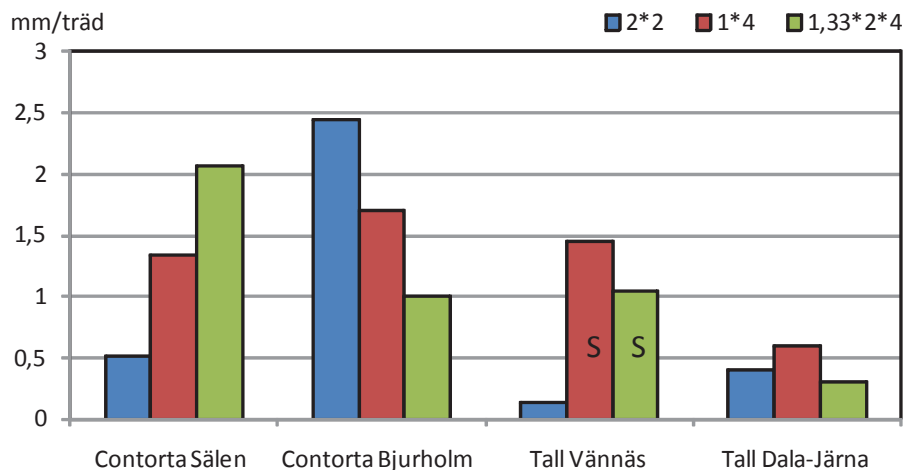
Såväl för de praktiska försöken som för SLUs försök blev skillnaderna i de undersökta kvalitetsegenskaperna (stamovalitet och kvistgrovlek) överlag små, men dock i vissa fall signifikanta (tabell 5 och 6). I genomsnitt för försöken var diametern på grövsta kvist något högre på kvadratförbandsytorna. Däremot var stamovaliteten något lägre på dessa ytor.

På försöksparkerna uppvisade samtliga försöksled oval diametertillväxt (figur 15). I tallbeståndet på Siljansfors försökspark var ovaliteten lika för alla försöksled och oberoende av planteringsmönster. I granbestånden på Tönnersjö försökspark var ovaliteten störst och signifikant skild mot kvadratförbandet i både 1 × 4 m och 0,8 × 5,0 m enkelradförbanden.



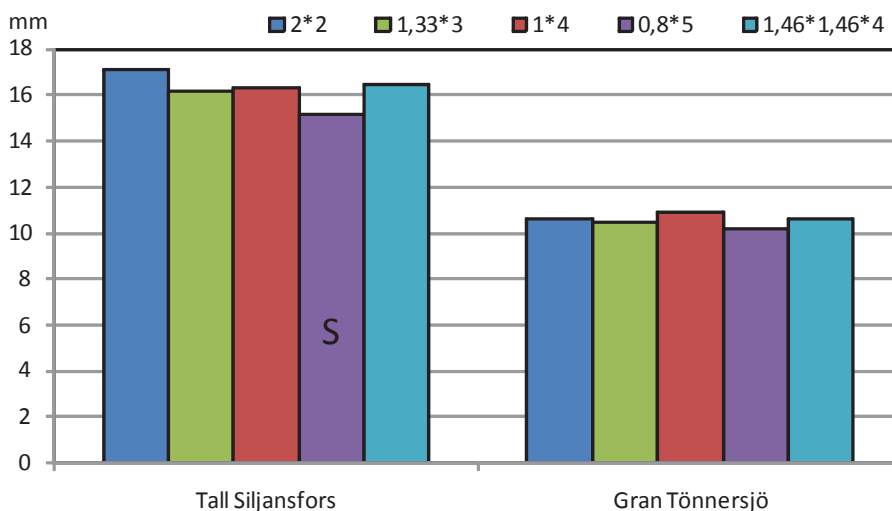
Figur 15.
Ovalitet hos träden på försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

Även träden i de praktiska försöken uppvisade en viss ovalitet, även om den var mindre än vid försöksparkerna (figur 16). Av de praktiska försöken hade contortabestånden i Sälen och Bjurholm störst avvikelse från en cirkulär diameterutveckling (figur 16). Tallbeståndet i Vännäs var det enda försöket som uppvisade en signifikant skillnad mellan försöksleden med radförband och försöksledet med kvadratförband vad avser ovalitet.



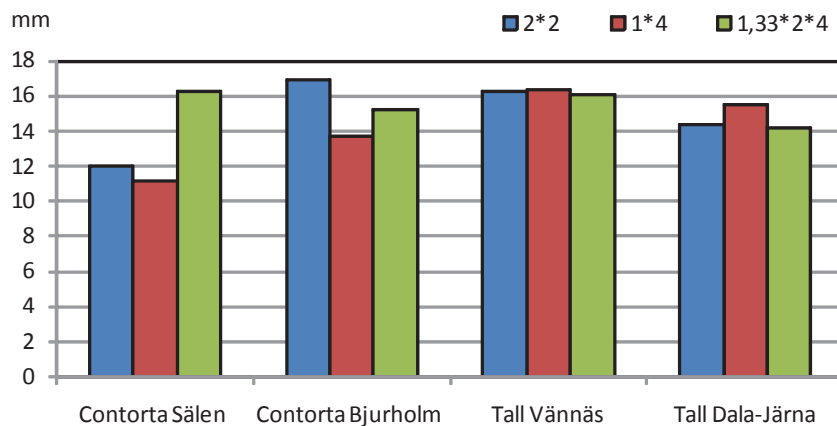
Figur 16. Ovalitet hos träden i de praktiska försöken fördelat på de olika försöksleden

I granbeståndet på Tönnersjöhedens försökspark var kvistdiametern i stort sett lika oavsett behandling (figur 17 och 18). Kvistdiametern var dessutom betydligt klenare än i tallförsöken. I tallbeståndet på Siljansfors försökspark var kvistdiametern minst i $0,8 \times 5,0$ m radförbandet och dessutom signifikant skilt från kvadratförbandet.



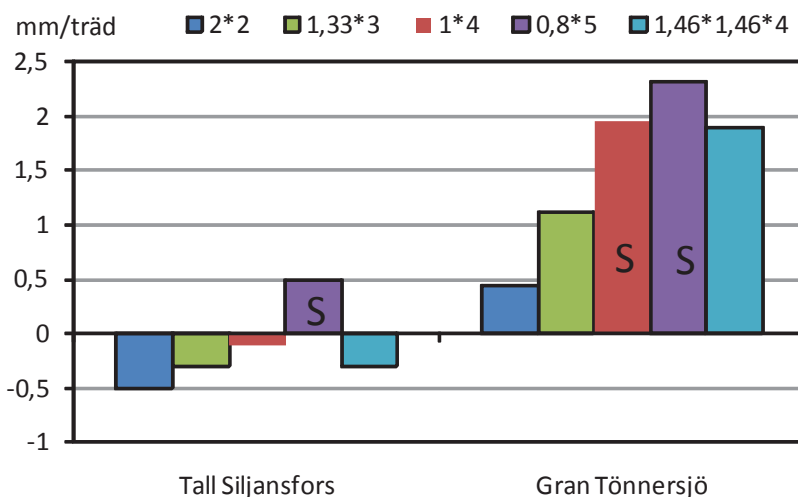
Figur 17. Kvistdiameter hos träden på försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

De praktiska försöken uppvisar ingen trend vad avser kvistdiametern (figur 18). Kvistdiametern varierade mest i contortabestånden men inga skillnader var signifikanta.



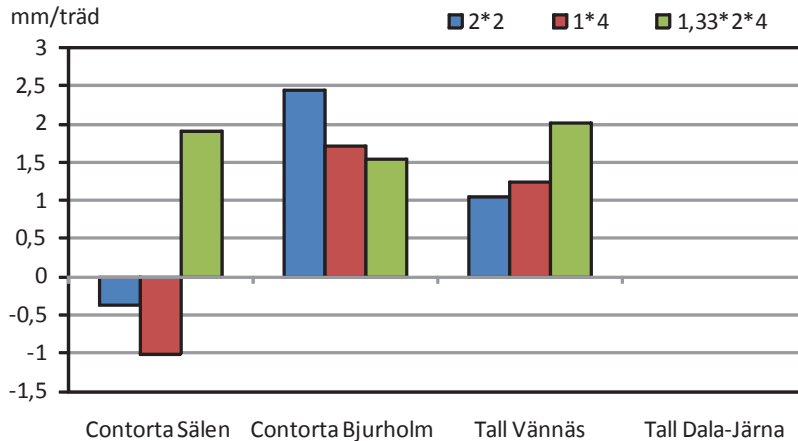
Figur 18. Kvistdiameter hos träden på försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

På Siljansfors försökspark var kvistdiametern klenare tvärs radriktningen än längs radriktningen i kvadratförbandet. Detta gällde även i radförbanden $1,33 \times 3,0$ m, 1×4 m samt dubbelradförbandet (därav de negativa värdena) (figur 19) Endast $0,8 \times 5,0$ m förbandet uppvisade grövre kvistjocklek tvärs raderna jämfört med längs raderna och skillnaden var också signifikant jämfört med kvadratförbandet. I Tönnersjö var variationen i kvistjocklek större för samtliga radförbanden än för kvadratförbandet och kvistarna var dessutom klart grövre tvärs radriktningen, med signifikans i 1×4 m förbandet och $0,8 \times 5,0$ m förbandet.



Figur 19. Differens i kvistdiameter tvärs-längs radriktningen på försöksparkerna fördelat på de olika försöksleden.

Ingen inmätning av kvistdiameter tvärs och längs radriktningen genomfördes i Dala-Järna, vilket förklarar att värden saknas i figur 20. I de övriga försökslokalerna saknades trend för variationen i kvistdiameter (figur 20). I Sälen var kvistarna grövre längs radriktningen för kvadratförbandet och enkelradförbandet, vilket förklarar de negativa staplarna.



Figur 20. Differens i kvistdiameter tvärs-längs radriktningen i de praktiska försöken fördelat på de olika försöksleden.

SKADOR

Skadeandelen var mycket låg i samtliga försök utom contortaförsöket i Sälen där en stor del av träden var försedda med dubbeltopp. Dessa är dock relativt jämt fördelade över försöksleden och antogs därför inte påverkas av planteringsmönster eller förband. I Siljansfors hade mellan 5 och 10 % av stammarna skador såsom klyka och stambrott men inte heller det ansågs påverkas av mönster eller förband i planteringen. Utvärderingen av samtliga ytor visar att kvadratförbandsytorna i genomsnitt hade en lägre andel träd med skadenotering (toppbrott, dubbelstam m.m.) än radförbandsytorna. Detta gällde för såväl praktikens försök som för SLU:s. (tabell 5 och 6). Det fanns dock inga signifikanta skillnader i något avseende.

SJÄLVFÖRYNGRING

Antalet självföryngrade stammar var mycket låg i samtliga bestånd. Det är oklart vad detta berodde på och det finns inga uppgifter om att bestånden ska ha plant-röjts i ett tidigt skede.

Diskussion

Skillnaderna mellan försöksleden vad avser planterat antal stammar, beståndsutveckling och plantavgångar följde en tydlig trend som överensstämde med tidigare utredningar och forskningsresultat (Davidsson, 2002; Lindman m.fl., 1985). Redan besiktningen av tilltänkta objekt från de praktiska försöken hos olika skogsföretag visade på en kraftig variation i hur föryngring och plantetablering hade lyckats. I merparten av de radförbandsförsök som anlades mellan 1982–1984 var stamantalet för lågt för att försöket skulle kunna revideras och utvärderas. I några bestånd hade man dessutom förstört möjligheterna till utvärdering av försöket genom skötselåtgärder då man t.ex. röjt fram ett kvadratförband.

På försöksparkerna hade föryngringen lyckats relativt väl men där har man förmodligen lagt tid på att hitta, samt i vissa fall till och med konstruera planteringspunkter i ett exakt förband. Vid praktisk tillämpning av metoden finns inte den möjligheten. Radförbanden innebär en kraftig minskning av antalet bra naturliga planteringspunkter, vilket även återspeglas i färre levande plantor efter plantering samt högre avgångar i radförbanden. En viktig anledning till det lägre stamantalet i radförbandsytorna kan alltså vara effekterna av de starkt minskande, lämpliga planteringspunkterna vid radförbandsplantering. Vid 1×4 minskar den markberedda arealen med hälften jämfört med 2×2 m.

Svårigheten att hitta bra planteringspunkter samt terrängens inverkan på ett strikt markberedningsmönster stämmer väl överens med tidigare studier av olika förband och planteringsmönster (Samuelsson, 1982).

I de praktiska försöken hade plantavgången en stor betydelse för produktionsresultatet. Avgången i kvadratförbanden var ca 26 % att jämföra med radförbanden, 28,6 % och 30,7 %. Eftersom stamantalet från början var lägre i radförbanden ger den högre avgången ett betydligt lägre stamantal i de studieleden, vilket påverkade både grundyta och volym negativt.

SKOGSPRODUKTION

Det enskilda trädet hade i de extrema radförbanden $0,8 \times 5,0$ m och 1×4 m överlag en lägre diametertillväxt än i kvadratförbandet. Anledningen till detta var förmodligen det täta förbandet i plantraderna vilket trots lågt stamantal per hektar leder till hög inbördes konkurrens mellan stammarna. I dubbelradförbanden samt i $1,33 \times 3,0$ m enkelradförbandet var trenden i diametertillväxt i stället positiv jämfört med kvadratförbandet. Medeldiametern var alltså större i studieleden med radförband, vilket i och för sig kan vara en effekt av det lägre stamantalet i försöksleden med rektangelförbanden. I det försiktiga $1,33 \times 3,0$ m enkelradförbandet samt i dubbelradförbanden var avståndet mellan stammarna större även i raderna, vilket innebär mindre konkurrens mellan stammarna. Det lägre stamantalet på framför allt de praktiska försöken med olika radförband påverkade dock grundyta och volymstillväxt negativt. Lägre volymproduktion har även i tidigare studier av rektangulära förband kunnat härledas till förbandet och inte planteringsmönstret (Davidsson, 2002, Gerrand, A. & Nielsen, W. 1998; Salminen, 1993).

Skillnader i beståndets tillväxt beror alltså av planteringsförbandet och antalet vitala stammar per arealsenhet (Davidsson m.fl., 2002).

Det måste finnas en gräns för hur stor ojämnheten på trädens placering får vara, utan att produktionen påverkas negativt. I försöken på försöksparkerna finns indikation på att stammarna i de extrema radförbanden 1×4 m och framför allt $0,8 \times 5,0$ m utsätts för stor konkurrens mellan stammarna i plantraderna, vilket påverkar skogsproduktionen negativt. Detta gäller så väl diametertillväxt per stam som volymtillväxt i beståndet. Radförbandet $0,8 \times 5,0$ m hade störst negativa effekter på skogsproduktionen. Denna förmodade effekt av alltför täta förband förefaller alltså öka med ökad ojämnhet. Extrema radförband har även i röjningsstudier visat på negativa effekter på skogsproduktionen (Pettersson, 1986). Vid de praktiska försöken verkar radförbandens negativa effekt på skogsproduktionen framför allt kunna härledas till ett lägre stamantal.

Det lägre stamantalet på försöksytorna med radförband kan dock inte förklara hela skillnaden i volymproduktion mellan kvadratförbanden och radförbanden. I genomsnitt för radförbandsytorna var stamantalet 10 % lägre vid revisionen jämfört med kvadratförbandsytorna, medan volymen var 15 % lägre. Denna skillnad kan i stället härledas till att fördelningen av stammarna blivit ojämn p.g.a. den höga plantavgången. Sammantaget kan konstateras att volymutvecklingen för det enskilda trädet samt i beståndet inte påverkas av stammarnas placeringsmönster i beståndet utan av hur tätt stammarna är placerade (inbördes konkurrens) samt stamtäthet per arealsenhet. Anläggning av bestånd i försiktiga radförband, typ $1,33 \times 3,0$ m eller skötsel i rektangulära förband (t.ex. stråkröjning eller korridor-galling) bör alltså kunna praktiseras utan påverkan på skogsproduktionen.

KALAMITETER

Ovaliteten var i stort sett identisk mellan försöksleden i tallbeståndet i Siljansfors. Ojämnheten i diametertillväxten i granbeståndet på Tönnersjö var betydligt större i de extrema $0,8 \times 5,0$ m och även 1×4 m enkelradförbanden. Dessa förband var signifikant ovalare jämfört med kvadratförbandet. Anmärkningsvärt är dock att det fanns en tendens till ovalitet i samtliga försöksled på alla lokaler, även i kvadratförbanden. Tidigare studier har visat på större samband mellan trädets form och förhärskande vindriktning, plantradernas förhållande till vädersträck, klimat, terräng och plantprovinien (Salminen, 1993; Handler m.fl., 1986). Kvistjockleken var i stort sett lika oavsett lokal och planteringsmönster. Däremot var kvistarna grövre tvärs radriktningen i enkelradförbanden, med signifikanta skillnader mellan $0,8 \times 5,0$ m enkelradförbandet och kvadratförbandet. I granförsöket på Tönnerskö hade även 1×4 m radförbandet signifikant grövre kvistar tvärs radriktningen jämfört med enkelradförbandet. Detta styrks även av Davidsson (2002) som i revideringen av granförsök från samma försöksserie konstaterade att kvistgrovleken var klart grövre tvärs radriktningen än längs radriktningen på försöksytorna med radförband (Davidsson, 2002).

SKADOR

I försöken fanns inga signifikanta skillnader mellan försöksleden men risken kvarstår att extrema radförband leder till kraftigare angrepp av skadeinsekter samt är värre utsatta för snö och vind. Det faktum att det inte gick att hitta fler än fyra lämpliga bestånd att revidera är också en indikation på att det är mycket riskfyllt att anlägga bestånd i radförband. En stor del av avgångarna kan enligt ovan härledas till färre lämpliga planteringspunkter men det måste även övervägas om inte betestryck, skadeinsekter och klimat vid senare tillfällen fått bestånd att kollapsa.

SJÄLVFÖRYNGRING

Självföryngring saknades i stort sätt helt i samtliga bestånd. På försöksparkerna har ingen plantröjning skett. Där kan den förmodat noggranna planteringen i exakta förband och ev. även tillverkning av goda planteringspunkter ha lett till att huvudstammarna fått ett stort försprång och därigenom konkurrerat ut all självföryngring. I de praktiska försöken kan kraftig självföryngring ha varit en bidragande orsak till att vi hittade få bestånd att revidera då tidiga röjningar i kraftigt självföryngrade bestånd lett till att man röjt fram ett kvadratförband.

Frågan måste utredas vidare eftersom självföryngring är en förutsättning för att det ska finnas en anledning till att utnyttja t.ex. maskinell röjning i stråk mellan plantraderna i ett rektangulärt förband. Ett annat skötselspår är att ta ut ett bränslesortiment redan i röjningsfasen och detta skulle lämpligen kunna göras i självföryngrat löv mellan barrplantraderna. Avsaknad av naturlig lövföryngring innebär att man måste plantera träd för bränsleuttag (t.ex. hybridasp eller liknande), vilket naturligtvis förändrar kalkylen och måste därför utredas i vidare systemanalyser.

TILLÄMPNING AV RESULTAT

Sammanfattningsvis tyder radförbandsförsöken på att planteringen i extrema radförband är riskfyllt och kan leda till kraftigt reducerat stamantal och sämre tillväxt i beståndet. Anledningen är färre lämpliga planteringspunkter, vilket leder till färre plantor i backen samt högre avgångar. Vid målsättningen att plantera ca 2 500 stammar/ha resulterar dessutom de extrema förbanden i en ojämnheter i beståndet vilken i sig orsakar konkurrens mellan stammarna och därigenom lägre produktion.

I försiktigare enkelradförband, dubbel- eller trippelradförband borde däremot inte tillväxt eller kvalitet påverkas negativt. Detta gäller även vid skötsel i rektangulära förband (stråkröjning/korridorvallring) vilket i tidigare studier har visat sig kostnadsmässigt konkurrenskraftigt (Elving 1984; Bergkvist m.fl., 2004). En förutsättning är dock att man lämnar motsvarande antal stammar som vid en kvadratisk skötsel.

Om man kan utnyttja små maskiners effektivitet i stråk, korridorer eller ett tätare stickvägsmonster finns en hög potential att sänka kostnaderna i ungskogsskötseln (Bergkvist, 2007). Mindre extrema radförband som t.ex. $1,33 \times 3,0$ m skulle minska riskerna med skadeinsekter i sena grangallringar eftersom smala röjmaskiner kan passera mellan raderna och enbart röja självföryngrade klenare plantor. Dessutom skulle planterade stammar inte riskera att röjas bort. Om man dessutom kan

utnyttja maskinens effektivitet i ett radförbandsmönster för uttag av biobränsle i klenare bestånd borde den åtgärden bli både mer produktiv och mer kostnads-effektiv. Dessutom skulle ett uttag enbart i stråk innebära att en stor del av biomassan blir kvar i beståndet och man minskar då även de tillväxtförluster som annars riskerar att inträffa (Rytter m.fl., 2006).

Slutsatser

- Planteringsmönstret har i denna studie, samt i tidigare studier inte påverkat tillväxt eller kvalitet negativt jämfört med ett kvadratförband.
- Negativa effekter uppträder då stamantalet blir för lågt samt när stammarna står för tätt i raderna.
- Utvärderingen av försöken visade att merparten av de signifikanta skillnaderna uppträder i jämförelsen mellan de extrema radförbandsmönstrena $0,8 \times 5,0$ m och till viss del 1×4 m och kvadratförbandet.
- Extrema radförbandsmönster leder vidare till svårigheter att hitta lämpliga planteringspunkter.
- Sämre planteringspunkter leder både till färre planterade stammar samt högre avgångar, förmodligen p.g.a. att man tvingas sätta plantor på mindre fördelaktiga planteringspunkter, detta har även visats i tidigare studier.
- Skötsel i ett rektangulärt radförband med mindre maskiner har ingen inverkan på beståndens produktion eller kvalitet
- Eventuellt kan radförbandsmönstret ge en något förhöjd ovalitet hos stammarna i beståndet men förmodligen påverkas stammans form mer av andra faktorer, som t.ex. förhärskande vindriktning.
- Kvistgrovleken blir något större tvärs radriktningen än längs radriktningen i ett rektangelförband. De små skillnaderna bedömdes ha en mycket liten praktisk betydelse.

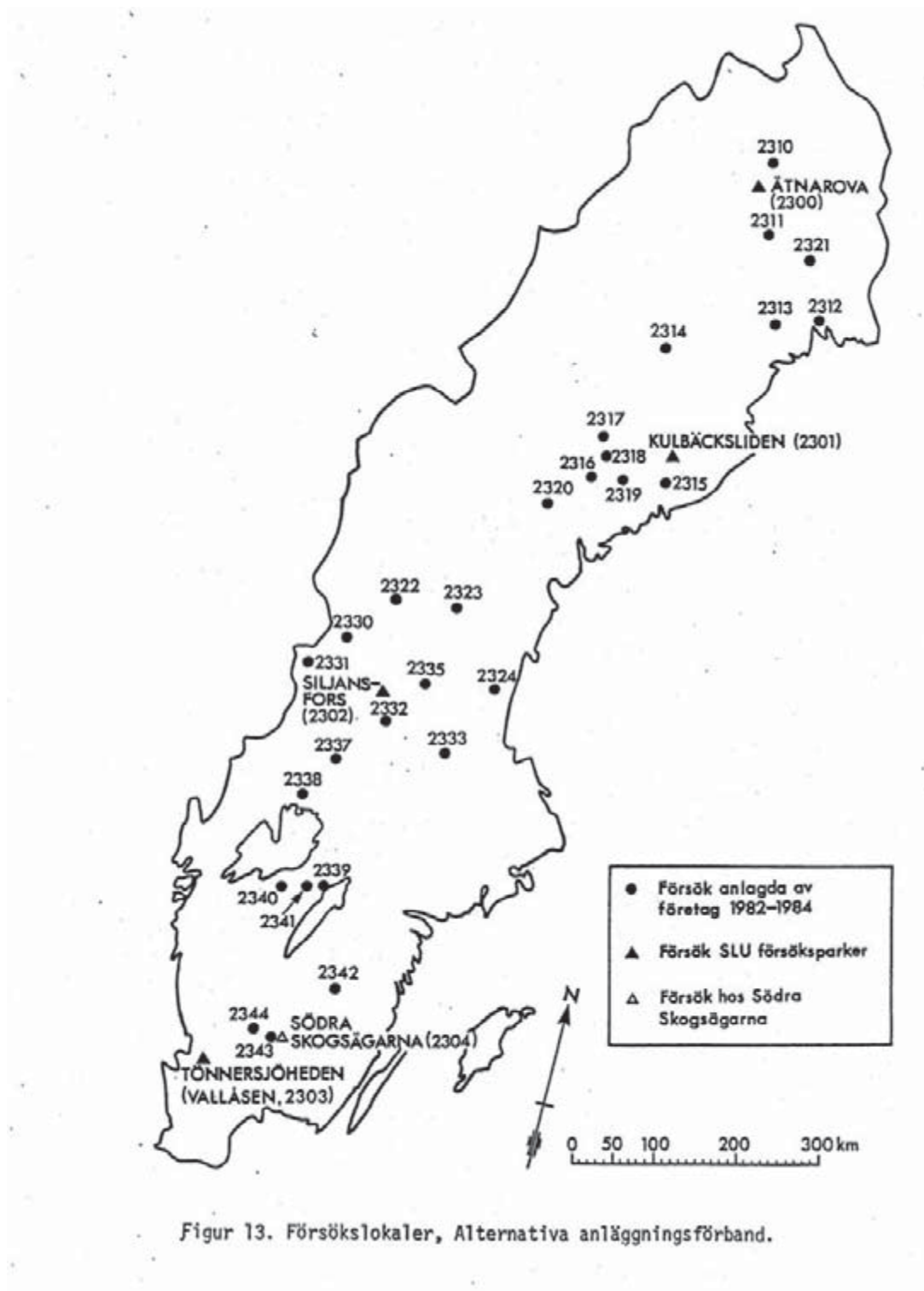
Sammanfattningsvis kan man konstatera att försiktiga radförbandsmönster samt skötsel i rektangulära förband inte verkar ha någon påverkan på tillväxt eller kvalitet jämfört med det traditionella kvadratförbandet. Radförbanden har tidigare visat sig ha en positiv effekt på kostnaden för markberedningen eftersom maskinerna kan ta sig fram mellan planträderna och nå flera plantrader samtidigt vilket även medför att körningen minskar i beståndet. Det är dock oklart hur detta påverkas av de 4-radiga markberedningsaggregat som börjat säljas på marknaden. Däremot skulle användandet radförband vid anläggning av bestånd troligen förenkla mekanisering av planteringen i och med att flera plantrader kan nås från samma körstråk.

Kan man framgent utnyttja maskiner för en effektiv röjning i stråk samt ett kostnadseffektivt uttag av biobränsle i korridorer finns det dessutom en mycket stor potential att sänka kostnader i ungskogsskötseln (Bergkvist, 2007; Rytter m.fl., 2006).

Referenser

- Bäcklund, C. & Näslund, B-Å. 1985. Försök med alternativa planteringsförband. Dokumentation och försöksanläggning 1982–1984. SLU, institutionen för skogsskötsel, arbetsrapport nr 4.
- Bergkvist, I., Johansson, F. & Glöde, D. 2004. Tredje generationens röjningsteknik. Skogforsk, Arbetsrapport nr 566.
- Bergkvist, I. 2007. Stråkröjning i praktisk drift 2005-2006. Skogforsk, Redogörelse nr 1.
- Davidsson, A. 2002. Utvärdering av granplantering i rektangelförband jämfört med kvadratförband. SLU, institutionen för skogsskötsel, Examensarbete 2002–2.
- Elving, B. 1984. Five year growth in a line-thinning experiment with pine and spruce. SLU, institutionen för skogsskötsel. Stencil.
- Gerrand, A. & Nielsen, W. 1998. Comparing square and rectangular spacing in Eucalyptus nitens using a Scotch plaid design. Forest and management 129 1–6.
- Handler, M. & Jacobsen, B. 1986. Nyare danske planteafstandsforsoeg med rødgran. Det forstlige forsoegsvesen i Danmark, häfte 1.
- Lindman, J., Näslund, B-Å., Olsson, P. & Samuelsson, H. 1985. Radförband. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 8.
- Mellström, C. 1981. Inventering av röjbestånd från helikopter. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Arbetsrapport.
- Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för stående träd. Statens forskningsinstitut, Stockholm. Rapport.
- Pettersson, N. 1986. Korridorrröjning i självsådd tallungskog. SLU, institutionen för skogsproduktion, Garpenberg, Rapport.
- Rytter, L., Bergkvist, I., Thor, M., Lundmark, T. 2006. Uttag av biobränsle i ungskog. Skogforsk, Arbetsrapport nr 611.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1993. Influence of initial spacing and planting design on the development of young Scots Pine stands. Silva Fenica, vol 27 nr 1.
- Samuelsson, H. 1982. Plantavståndets inverkan på planteringspunktens kvalitet. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil.

Bilaga 1



Bilaga 2

| Övre höjd, m | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|----------|--------|-------|-------------|---|-------|-------|----------|--------|-------|-------------|
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | | | | | | | |
| contorta Sälen | 10,56 | 10,16 | 11,34 | | | | | | | | | | |
| contorta Norrbotten | 11,2 | 10,9 | 12,7 | | | | | | | | | | |
| tall Norrbotten | 7,7 | 7,7 | 8,1 | | | | | | | | | | |
| Tall Gör sjön | 11,8 | 11,7 | 11,1 | | | | | | | | | | |
| Tall Siljansfors | 13,1 | 13,2 | | 12,8 | 13 | 13,3 | | | | | | | |
| Gran Tönnersjö | 17,3 | 18,1 | | 19,1 | 17,7 | 17,3 | | | | | | | |
| Grundyta, m ² /ha | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Korrigerad grundyta | | | | | | |
| Contorta Sälen | 18,46 | 14,92 | 11,16 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 16,06 | 13,65 | 21,26 | | | | Contorta Sälen | 18,76 | 15,83 | 10,25 | | | |
| Tall Norrbotten | 9,32 | 7,43 | 9,71 | | | | Contorta Norrbotten | 17,35 | 16,27 | 17,35 | | | |
| Tall Gör sjön | 23,6 | 21,22 | 19,88 | | | | Tall Norrbotten | 9,8 | 8,03 | 8,64 | | | |
| Tall Siljansfors | 30,05 | 29,3 | | 28,06 | 24,72 | 29,01 | Tall Gör sjön | 23,6 | 21,22 | 19,88 | | | |
| Gran Tönnersjö | 39,35 | 36,38 | | 42,34 | 35,89 | 35,59 | Tall Siljansfors | 30,09 | 28,77 | | 29,43 | 24,95 | 27,9 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 41,83 | 35,54 | | 37,18 | 36,93 | 38,07 |
| Volym, m ³ /ha | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Korrigerad volym | | | | | | |
| Contorta Sälen | 106,8 | 84,2 | 65,5 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 102,3 | 84,7 | 143,3 | | | | Contorta Sälen | 109,3 | 91,7 | 57,9 | | | |
| Tall Norrbotten | 38 | 29,2 | 38,6 | | | | Contorta Norrbotten | 112,6 | 105,8 | 111,9 | | | |
| Tall Gör sjön | 129,5 | 118,9 | 106,7 | | | | Tall Norrbotten | 40,2 | 31,9 | 33,9 | | | |
| Tall Siljansfors | 181 | 175,8 | | 166,2 | 148,5 | 171,7 | Tall Gör sjön | 129,5 | 118,9 | 106,7 | | | |
| Gran Tönnersjö | 326,2 | 301,6 | | 361,9 | 291,6 | 286,2 | Tall Siljansfors | 181,3 | 171,6 | | 176,9 | 149,3 | 163,1 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 354,9 | 292 | | 302,2 | 303,6 | 314,9 |
| Stamantal, stammar/ha | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Avgångar i % av ursprungligt antal | | | | | | |
| Contorta Sälen | 1495 | 1356 | 779 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 1538 | 1607 | 1792 | | | | Contorta Sälen | 26% | 28% | 48% | | | |
| Tall Norrbotten | 1280 | 1022 | 1260 | | | | Contorta Norrbotten | 38,5% | 35,7% | 28,7% | | | |
| Tall Gör sjön | 2500 | 1991 | 2118 | | | | Tall Norrbotten | 38,6% | 48,1% | 42,7% | | | |
| Tall Siljansfors | 2167 | 2106 | | 2083 | 2046 | 2135 | Tall Gör sjön | 2,2% | 2,9% | 4,7% | | | |
| Gran Tönnersjö | 2393 | 2144 | | 2361 | 2325 | 2384 | Tall Siljansfors | 13,3% | 15,8% | | 16,7% | 18,2% | 14,6% |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 4,3% | 14,2% | | 5,6% | 7,0% | 4,7% |
| Antal döda träd/försvunna planter per ha | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Korrigerad aritmetisk medeldiameter | | | | | | |
| Contorta Sälen | 549 | 514 | 681 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 962 | 893 | 719 | | | | Contorta Sälen | 123,2 | 116,2 | 132,9 | | | |
| Tall Norrbotten | 803 | 953 | 938 | | | | Contorta Norrbotten | 113,8 | 101,9 | 119,9 | | | |
| Tall Gör sjön | 58 | 58 | 104 | | | | Tall Norrbotten | 91,9 | 90,9 | 94,2 | | | |
| Tall Siljansfors | 333 | 394 | | 417 | 454 | 365 | Tall Gör sjön | 106,1 | 112,1 | 106 | | | |
| Gran Tönnersjö | 107 | 356 | | 139 | 175 | 116 | Tall Siljansfors | 127,4 | 125,9 | | 125,9 | 116,3 | 126,1 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 139,7 | 140,8 | | 145,8 | 134,4 | 132,1 |
| Aritmetisk medeldiameter, mm | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Medeldiameterens standardavvikelse, mm | | | | | | |
| Contorta Sälen | 123,2 | 116,2 | 132,9 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 113,8 | 101,9 | 119,9 | | | | Contorta Sälen | 23,52 | 23,89 | 32,46 | | | |
| Tall Norrbotten | 91,9 | 90,9 | 94,2 | | | | Contorta Norrbotten | 21,89 | 21,28 | 27,13 | | | |
| Tall Gör sjön | 106,1 | 112,1 | 106 | | | | Tall Norrbotten | 27,45 | 31,97 | 29,05 | | | |
| Tall Siljansfors | 127,4 | 125,9 | | 125,9 | 116,3 | 126,1 | Tall Gör sjön | 27,8 | 32,9 | 26,7 | | | |
| Gran Tönnersjö | 139,7 | 140,8 | | 145,8 | 134,4 | 132,1 | Tall Siljansfors | 38,5 | 43,2 | | 36,9 | 43,8 | 40,1 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 36,27 | 42,28 | | 39,54 | 40,06 | 38,23 |
| Medeldiameterens standardavvikelse, mm | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Diameterdifferens tvärs/längs riktning, mm | | | | | | |
| Contorta Sälen | 23,52 | 23,89 | 32,46 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 21,89 | 21,28 | 27,13 | | | | Contorta Sälen | -0,22 | 1,34 | 2,07 | | | |
| Tall Norrbotten | 27,45 | 31,97 | 29,05 | | | | Contorta Norrbotten | -2,44 | 1,71 | 1,01 | | | |
| Tall Gör sjön | 27,8 | 32,9 | 26,7 | | | | Tall Norrbotten | 0,05 | 1,45 | 0,67 | | | |
| Tall Siljansfors | 38,5 | 43,2 | | 36,9 | 43,8 | 40,1 | Tall Gör sjön | -0,2 | 0,7 | 0,1 | | | |
| Gran Tönnersjö | 36,27 | 42,28 | | 39,54 | 40,06 | 38,23 | Tall Siljansfors | 0,7 | 1,5 | | 2 | 2,2 | 0,9 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 1,32 | 4,59 | | 3,07 | 5,8 | 2,08 |
| Diameterdifferens tvärs/längs riktning, mm | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Ovalitet | | | | | | |
| Contorta Sälen | -0,22 | 1,34 | 2,07 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | -2,44 | 1,71 | 1,01 | | | | Contorta Sälen | 0,52 | 1,34 | 2,07 | | | |
| Tall Norrbotten | 0,05 | 1,45 | 0,67 | | | | Contorta Norrbotten | 2,44 | 1,71 | 1,01 | | | |
| Tall Gör sjön | -0,2 | 0,7 | 0,1 | | | | Tall Norrbotten | 0,13 | 1,45 | 1,04 | | | |
| Tall Siljansfors | 0,7 | 1,5 | | 2 | 2,2 | 0,9 | Tall Gör sjön | -0,4 | 0,6 | 0,3 | | | |
| Gran Tönnersjö | 1,32 | 4,59 | | 3,07 | 5,8 | 2,08 | Tall Siljansfors | 3,2 | 3,3 | | 3,3 | 3,2 | 3,2 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 2,52 | 4,59 | | 3,07 | 5,8 | 2,08 |
| Differens mellan grövsta kvist tvärs/längs riktning | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Differens mellan grövsta kvist tvärs/längs riktning | | | | | | |
| Contorta Sälen | 12,01 | 11,2 | 16,25 | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| Contorta Norrbotten | 16,96 | 13,67 | 15,23 | | | | Contorta Sälen | -0,37 | -1,01 | 1,91 | | | |
| Tall Norrbotten | 16,27 | 16,38 | 16,08 | | | | Contorta Norrbotten | 2,45 | 1,72 | 1,54 | | | |
| Tall Gör sjön | 14,4 | 15,5 | 14,2 | | | | Tall Norrbotten | 1,05 | 1,24 | 2,02 | | | |
| Tall Siljansfors | 17,1 | 16,3 | | 16,2 | 15,2 | 16,5 | Tall Gör sjön | | | | | | |
| Gran Tönnersjö | 10,63 | 10,93 | | 10,48 | 10,19 | 10,61 | Tall Siljansfors | -0,5 | -0,1 | | -0,3 | 0,5 | -0,3 |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 0,44 | 1,96 | | 1,11 | 2,32 | 1,89 |
| Andel träd med skadenotering, % | | | | | | | | | | | | | |
| Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 | Andel träd med skadenotering, % | | | | | | |
| contorta Sälen | 9% | 1% | 32% | | | | Förband, m | 2*2 | 1*4 | 1,33*2*4 | 1,33*3 | 0,8*5 | 1,46*1,46*4 |
| contorta Norrbotten | 0% | 0% | 0% | | | | contorta Sälen | 9% | 1% | 32% | | | |
| tall Norrbotten | 0% | 1% | 0% | | | | contorta Norrbotten | 0% | 0% | 0% | | | |
| Tall Gör sjön | 1% | 2% | 1% | | | | tall Norrbotten | 0% | 1% | 0% | | | |
| Tall Siljansfors | 7% | 17% | | 8% | 25% | 9% | Tall Gör sjön | 1% | 2% | 1% | | | |
| Gran Tönnersjö | 0% | 0% | | 0% | 0% | 0% | Tall Siljansfors | 7% | 17% | | 8% | 25% | 9% |
| | | | | | | | Gran Tönnersjö | 0% | 0% | | 0% | 0% | 0% |

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2009

| År 2009 | |
|---------|--|
| Nr 669 | Almqvist, C., Eriksson, M. & Gregorsson, B. 2009. Cost functions for variable costs of different Scots pine breeding strategies in Sweden. 12 s. |
| Nr 670 | Andersson, M. & Eriksson, B. 2009. HANDDATORER MED GPS. För användning vid röjningsplanläggning och röjning. 25 s. |
| Nr 671 | Stener, L.G. 2009. Study of survival, growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in Rånna, Sweden. 12 s. |
| Nr 672 | Lindgren, D. 2009. Number of pollen in polycross mixtures and mating partners for full sibs for breeding value estimation. 15 s. |
| Nr 673 | Bergkvist, I. 2009. Integrerad avverkning av grotbuntar. 21 s. |
| Nr 674 | Rosvall, O. 2009. Kompletterande strategier för det svenska förädlingsprogrammet. 26 s. |
| Nr 675 | Arlinger, J., Barth, A. & Sonesson, J. 2009. Förstudie om informationsstandard för stående skog. 21 s. |
| Nr 676 | Nordström, M. & Möller J. J. 2009. Den skogliga digitala kedjan – Fas 1. 38 s. |
| Nr 677 | Möller J.J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. 36 s. |
| Nr 678 | Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. 27 s. |
| Nr 679 | Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. 2009. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag. – Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E, Bracke C16.A och LogMax 4000, Mellanskog, Färila. 43 s. |
| Nr 680 | Iwarsson Wide, M. 2009. Jämförande studie av olika metoder för skogsbränsleuttag. Metodstudie – uttag av massaved, helträd, kombinerat uttag samt knäckkvistning i talldominerat bestånd, Sveaskog, Askersund. 25 s. |
| Nr 681 | Iwarsson Wide, M. 2009. Teknik och metod Ponsse EH25. – Trädbränsleuttag med Ponsse EH25 i kraftledningsgata. 14. |
| Nr 682 | Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag med Bracke C16. – Bränsleuttag med Bracke C16 i tall respektive barrblandskog. 14 s. |
| Nr 683 | Thorsén, Å. & Tosterud, A. 2009. Mer effektiv implementering av FoU-resultat. – En intervjuundersökning bland Skogforsks intresenter. 58 s. |
| Nr 684 | Rytter, L., Hannerz, M., Ring, E., Högbom, L. & Weslien, J.-O. 2009. Ökad produktion i Svenska kyrkans skogar – Med hänsyn till miljö och sociala värden. 94 s. |
| Nr 685 | Bergkvist, I. 2009. Skördarstorlek och metod i förstagallring av tall och gran – studier av prestation och kvalitet i förstagallring. 29 s. |
| Nr 686 | Englund, M. 2009. Röststyrning av aggregatet på en engreppsskördare – En Wizard of Oz-studie. 32 s. |
| Nr 687 | Lindgren, D. 2009. Polymix breeding with selection forwards. 14 s. |
| Nr 688 | Eliasson, L., Nordén, B. 2009. Fyra olika studier med A-gripen. 31 s. |
| Nr 689 | Larsson, F. 2009. Skogsmaskinföretagarnas kundrelationer, lönsamhet och produktivitet. Under bearbetning. 44 s. |
| Nr 690 | Jönsson, P., Löfroth, C. & Englund, M. 2009. Förarstol för stående arbetsställning – en pilotstudie. 12 s. |
| Nr 691 | Brunberg, T., Lundström, H. & Thor, M. 2009. Gallringsstudier hos SCA vintern och sommaren 2009. 26 s. |
| Nr 692 | Eliasson, L. & Johannesson, T. 2009. Underväxtens påverkan på bränsleanpassad slutavverkning – Studie från avverkning hos Sca Skog AB. 11 s. |
| Nr 693 | Nordén, B. & Eliasson, L. 2009. En jämförelse av ett Hugglinksystem med en traktormonterad flishugg vid flisning på avlägg. 9 s. |
| Nr 694 | Hannrup, B. et al., 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. 42 s. |
| Nr 695 | Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag i vägkanter. Prestationsstudie – uttag av Skogsbränsle i väggkant med BRACKE C16. 14 s. |
| Nr 696 | Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag i vägkanter. Prestationsstudie – uttag av Skogsbränsle i väggkant med ponsse dual med EH 25. 15 s. |

| | |
|----------------|--|
| Nr 697 | Almqvist, C. & Wennström, U. 2009. Granfröplantageskötselresa 2009-08-31–200-09-03. Noter från besök i respektive plantage. 22 s. |
| Nr 698 | Wilhelmsson, L. m.fl. 2009. D3.1 Initial analysis of drivers and barriers. 41 s. |
| Nr 699 | Wilhelmsson, L. m.fl. 2009. D3.2 Existing models and model gap analyses for wood properties. 54 s. |
| År 2010 | |
| Nr 700 | Hannerz, M. & Cedergren, J. 2010. Attityder och kunskapsbehov – förädlad skogsodlingsmaterial. 56 s. |
| Nr 701 | Rytter, R.M. 2010. Detektion av röta i bokved – resultat av mätthöjd, riktning och tidpunkt. 10 s. |
| Nr 702 | Rosvall, O. & Lindström, A. 2010. Förädlings effekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. 31 s. |
| Nr 703 | von Hofsten, H. 2010. Skörd av stubbar – nuläge och utvecklingsbehov. 18 s. |
| Nr 704 | Karlsson, O. & Nisserud, F. 2010. Utveckling av en dynamisk helfordonsmodell för skotare. 73 s. |
| Nr 705 | Eliasson, L. & Johannesson, T. 2010. Förröjningens påverkan på grotskotning – En studie av produktivitet, ekonomi, grotkvalitet hos SCA skog. 9 s. |
| Nr 706 | Rytter, L. & Stener L.G. 2010. Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2010 för Energimyndighetens projekt 30346. 23 s. |
| Nr 707 | Bergkvist, I. 2010. Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982-1984. 16 s. |