



Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2012:6

Röjningsformens effekt på tallens (*Pinus sylvestris* L.) tillväxt och kvalitetsegenskaper

*Effects of pre-commercial thinning regimes on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growth and wood quality properties*



© Axel Eriksson

Axel Eriksson



Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2012:6

Röjningsformens effekt på tallens (*Pinus sylvestris* L.) tillväxt och kvalitetsegenskaper

Effects of pre-commercial thinning regimes on Scots pine (Pinus sylvestris L.) growth and wood quality properties

Axel Eriksson

Nyckelord / *Keywords:*

Kvistdiameter, elasticitetsmodul, toppröjning, stråkröjning /
Branch diameter, modulus of elasticity, topping, corridor cleaning

ISSN 1654-1898

Umeå 2012

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0706, 30 hp, avancerad nivå/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor:* Thomas Ulvcrona

SLU, Enheten för skoglig fältforskning / *SLU, Unit for field-based forest research*

Bitr handledare / *Ass. supervisor:* Anders Karlsson

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Examinator / *Examiner:* Erik Valinger

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

Tallen (*Pinus Sylvestris* L.) är för den svenska skogsindustrin ett av de viktigaste trädslagen. Tallens kvalitet är påverkbar genom röjning, där röjningens intensitet och tidpunkt är avgörande för tallens diametertillväxt, årsringsbredd, kvistdiameter, krongränshöjd, stamform, juvenilvedsandel och elasticitetsmodul. Röjningsarbete utförs via olika röjningsformer, där röjningsformerna enkelställning, toppröjning, stråkröjning och korridoröjning används i svenskt skogsbruk.

Studien syftade till att utreda om det fanns signifikanta skillnader i behandlingseffekt på tallens medelhöjd, medeldiameter, kvistdiameter, krongränshöjd, höjd/diameter-kvot, elasticitetsmodul och årsringsbredd mellan röjningsformerna enkelställning, toppröjning, stråkröjning och korridoröjning. Studien syftade även till att utreda om ovanstående röjningsformer hade haft effekt på sambandet mellan elasticitetsmodul och årsringsbredd, i enskilda årsskott.

Det studerade försöket anlades år 2003 i tallungskog i Umeå, Västerbottens län. Beståndet var planterat med tall men bestod även av naturligt föryngrad gran (*Picea abies* (L.) Karst) och björk (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Studiens första steg innebar inmätning och analys av ovan nämnda variabler från respektive röjningsform. Studiens andra steg innebar urval, avverkning och analys av provbitar från tallhuvudstammar. I det tredje steget analyserades effekten av röjningsformen på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul, i olika årsskott.

Resultaten påvisade ingen signifikant effekt av röjningsformen på huvudstammarnas medelhöjd, medeldiameter, kvistdiameter, krongränshöjd höjd/diameter-kvot, årsringsbredd eller elasticitetsmodul. Resultaten visade att elasticitetsmodulen var negativt korrelerad mot årsringsbredd och att elasticitetsmodulen minskar med ökad höjd i trädet, främst på grund av att årsringsbredden ökar. Röjningsformen hade ingen effekt på sambandet.

Resultaten pekar på att röjningsformen inte har avgörande betydelse för huvudstammars kvalitetsutveckling i planterade tallbestånd i norra Sverige, förutsatt att röjningstidpunkt och röjningsintensitet inte skiljer sig åt.

Abstract

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of the most important tree species for the Swedish forest industry. Scots pine quality is influenced by pre-commercial thinning (PCT), where intensity and timing are affecting diameter growth, annual ring width, branch diameter, height to the living crown, stem form, percentage of early wood and modulus of elasticity. PCT is performed through various regimes, where traditional pre-commercial thinning, topping, corridor cleaning and pre-commercial line thinning have been used in Swedish forestry.

The objective of the study was to establish if there were significant differences in treatment effects on Scots pine height, diameter, branch diameter, height to the living crown, height/diameter- ratio, modulus of elasticity and annual ring width between traditional pre-commercial thinning, topping, corridor cleaning and pre-commercial line thinning. The study also aimed to investigate if the above PCT-regimes affected the relationship between modulus of elasticity and annual ring width, in individual shoots.

The studied experiment was established 2003 in Umeå, Västerbotten County, in a mixed stand dominated by planted Scots pine and naturally regenerated Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). The studies first stage involved collecting and analysis of data from plots where the PCT-regimes were represented. Study's second stage involved harvest of selected main stems, followed by extraction and analysis of samples. Step tree analyzed the effects of PCT-regimes on the relationship between the annual ring width and modulus of elasticity in different shoots.

The results showed no significant effect of the PCT-regimes on the height of the main stems, diameter, branch diameter, height to living crown, height/diameter ratio, annual ring width or modulus of elasticity. The results showed that the modulus of elasticity was negatively correlated to the annual ring width and that the modulus of elasticity decreased with increased tree height, mainly due to increased annual ring width. PCT-regime had no effect on the relationship.

The results indicate that the PCT-regime has no significant impact of the quality development of main stems in planted Scots pine stands in northern Sweden, as long as the timing and intensity of the PCT are the same.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Abstract	2
1 Bakgrund.....	4
1.1 Allmänt om röjning	4
1.2 Röjningsformer.....	4
1.2.1 Toppröjning	5
1.2.2 Stråkröjning och korridoröjning	6
1.2.3 Enkelställning	6
1.3 Enkelställningens påverkan på tallvirkets hållfasthet	7
1.4 Syfte och mål.....	8
2 Material och metoder.....	10
2.1 Data om röjningsförsöket Holmsundsvägen.....	10
2.2 Datainsamling.....	11
2.3 Kvantifiering av röjningsformens effekt på tallens yttre kvalitetsvariabler	11
2.3.1 Inmätning av provtytor	11
2.4 Kvantifiering av röjningsformens effekt på tallens elasticitetsmodul och årsringsbredd	14
2.4.1 Val av provträd	14
2.4.2 Avverkning, aptering och transport av provträd	14
2.4.3 Framställning och analys av provbitar	15
2.5 Kvantifiering av röjningsformens effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul	16
2.6 Statistiska analyser	16
3 Resultat	18
3.1 Effekt av röjningsform på yttre kvalitetsvariabler.....	18
3.2 Effekt av röjningsform på elasticitetsmodul och årsringsbredd	19
3.3 Effekt av röjningsform på samband mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul.....	21
4 Diskussion.....	22
4.1 Röjningsformens effekt på enskilda variabler	22
4.2 Analys av uteblivna effekter inom de selektiva röjningsformerna	23
4.3 Analys av uteblivna effekter inom de schematiska röjningsformerna.....	25
4.4 Effekt av röjningsform på elasticitetsmodul och årsringsbredd	26
4.5 Effekt av röjningsform på samband mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul.....	27
4.6 Felkällor	28
4.7 Slutsatser och framtidsutsikter	28
5 Tillkännagivanden.....	29
6 Litteraturlista	30

1 Bakgrund

1.1 Allmänt om röjning

Röjning definieras som ”Beståndsvårdande utglesning av skog, ej avseende uttag av virke” (Anon., 1994). Definitionen kan i dagsläget utökas med att röjningsavfallet i vissa fall omhändertas som biobränsle (Anon., 2000). Anledningen till det ökade omhändertagandet av biobränslen är främst en ökad efterfrågan på förnyelsebar energi (Egnell, 2008).

Röjning som skogsvårdande åtgärd i tallungskog syftar till att skapa goda tillväxtmöjligheter för huvudstammarna vilket bidrar till ett vitalt och ekonomiskt värdefullt bestånd (Hallsby, 2007). Enligt Pettersson et al. (2010) medför en korrekt utförd röjning att träd med önskad kvalitet, på rätt ståndort främjas, huvudstammarnas diametertillväxt påskyndas samt att huvudstammar blir mer hårdiga mot abiotiska- och biotiska skador.

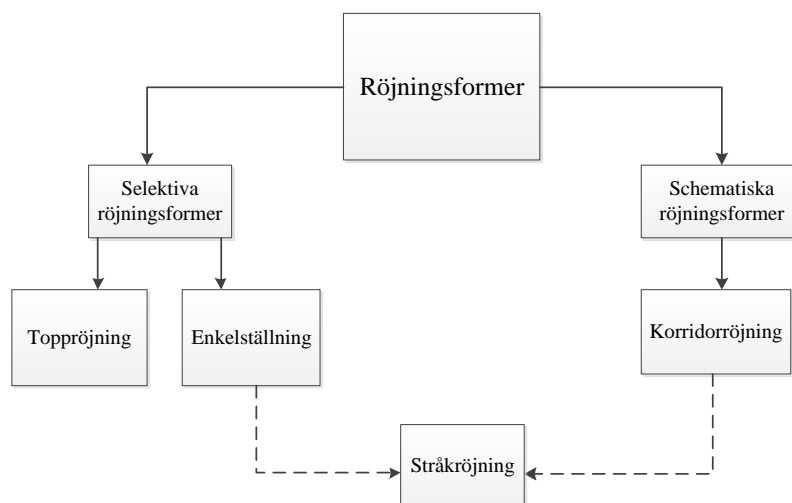
Sveriges totala virkesförråd består av 39 % tall (*Pinus Sylvestris* L.) och talltimmer står för sju procent av den totala exporten inom skogsindustrin (Anon., 2008; Anon., 2011). Det gör trädslaget till ett av de viktigaste för svenskt skogsbruk och där faktorer som beskriver dess kvalitet är: kvistdiameter, årsringsbredd, stamform, juvenilvedsandel och densitet (Persson, 1976; Weslien, 1983; Huuri et al., 1987; Anon., 2008; Anon., 2011). Genom röjningsstudier har det framkommit att man kan påverka tidigare nämnda faktorer genom röjningsintensitet och röjningstidpunkt (Varmola & Salminen, 2004; Fahlvik et al., 2005; Ahnlund Ulvcrona et al., 2007; Ahnlund Ulvcrona, 2011).

Om röjningen av tallungskog utförs för sent eller inte alls innebär det en stor risk för huvudstammarna eftersom de kan konkurreras ut eller kraftigt hämmas i tillväxten av exempelvis björk (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.) (Hallsby, 2007). Där uppslag av björk når en grundyta på ca 60 m² ha⁻¹ kan huvudstammar av tall ha ca 27 % mindre relativ diameter och 36 % lägre relativ höjd jämfört med områden där det inte finns något lövsly (Walfridsson, 1976). Om man gallrar i ett oröjt bestånd så innebär det ofta en kostnad istället för en intäkt (Pettersson et al., 2010) och beståndet benämns vanligen som konfliktbestånd (Olsson, 2004). Att undvika röjning i tallungskog kan innebära självgallring i beståndet, eftersom tallen är ett pionjärträdslag (Anon., 2002).

1.2 Röjningsformer

Röjningsarbete i tallungskog kan utföras på flera olika sätt genom användandet av olika typer av tekniska hjälpmedel. De olika metoderna kallas för röjningsformer, vilket i sig definieras som ”princip för urval av stammar vid röjning” (Anon., 2000). Röjningsformerna delas upp i selektiva och schematiska, där selektiva röjningsformer är vanligast förekommande i Sverige (Pettersson et al., 2010), men de kan även kombineras i så kallade stråkröjningar (Bergkvist, 2007). Enligt Pettersson et al. (2010) innebär selektiv röjning att huvudstammarnas kvalitetsegenskaper avgör om de skall sparas eller inte, medan i schematisk röjning är det huvudstammarnas placering i beståndet som avgör om de skall röjas bort eller sparas. De röjningsformer som studerats särskilt ingående i de nordiska länderna är; enkelställning (Sjolte-Jørgensen, 1967; Pettersson, 1993; Varmola & Salminen, 2004; Fahlvik, 2005; Ahnlund Ulvcrona et al., 2007; Ahnlund Ulvcrona, 2011), toppröjning (Karlsson & Albrektson, 2000; Fällman et al., 2003; Ligné, 2004), stråkröjning (Pettersson,

1986; Glöde, 2003; Bergkvist, 2006; Bergkvist, 2007) och korridoröjning (Pettersson, 1986). Röjningsformerna kan struktureras enligt figur 1.



Figur 1. Indelning av röjningsformer enligt huvudkategorierna selektiva- och schematiska röjningsformer.

1.2.1 Toppröjning

Toppröjning innebär att bistammar kapas på högre nivå jämfört med enkelställning (Pettersson *et al.*, 2010), exempelvis på 40 % av medelhöjden (Fällman *et al.*, 2003), eller på mitten av bistammen (Wahlgren, 1922) med hjälp av exempelvis en kedjeröjsåg (Gunnarsson, 2010). Syftet är att de toppröjda stammarna skall bidra med konkurrens som främjar kvalitetsutvecklingen hos huvudstammen samt också bidra med viltfoder och därmed reducera effekten av betesskador (Karlsson, 2012 pers. kom.). Fällman *et al.*, (2003) visade att toppröjning vid ca 80 % av bistammarnas medelhöjd gav färre krökar, rakare stammar, högre krongränshöjd och mindre grentjocklek jämfört med enkelställning i röjning av björkbestånd. En annan studie visar på liknande resultat gällande toppröjning, där man fann att toppröjning gav > 50 % fler felfria stammar jämfört med enkelställning, även här var björk det studerade trädslaget (Ligné, 2004). Bistammarna ska på grund av sin försämrade konkurrenssituation självgallras och förmultna till första gallring, men är självgallringen ofullständig krävs en kompletterande röjning innan gallringen (Pettersson *et al.*, 2010).

Toppröjning kan ge liknande effekter på tall som på björk, i enlighet med resultat presenterade i Fällman *et al.*, (2003) och Ligné (2004). Timblad (2012) visar i en studie att toppröjning i naturligt förnygrade tallbestånd kan leda till lägre kvistdiameter i rotstocken jämfört med enkelställning, men att skillnaden i kvistdiameter är liten och inte signifikant för samtliga revisioner av det studerade försöket. Samma studie påvisar heller inga signifikanta skillnader i höjd/diameter –kvot, höjduitveckling eller diameterutveckling mellan enkelställning och toppröjning.

1.2.2 Stråkröjning och korridoröjning

Stråkröjning är en röjningsform där man kombinerar schematisk och selektiv röjning. Röjningen är initialt schematisk där en röjningsmaskin röjer 2–2,5 m breda stråk, i bestämda förband. Beroende på stamtäthet lämnas olika breda öröjda zoner mellan stråken, vilka vanligtvis är fem till åtta meter breda, vilka senare enkelställs. I bestånd med mindre än 10 000 stammar ha⁻¹ lämnas en bredare zon mellan stråken medan i ett stamtätare bestånd minskas bredden på mellanzonerna (Glöde, 2003; Bergkvist, 2006).

Stråkröjning antas ge möjlighet till den mest kostnadseffektiva hantering av skogsbränsle i röjning (Bergkvist, 2007), eftersom det finns potential till skörd av biomassa från täta blandungskogar samtidigt som möjligheten till framtida avverkningar kvarstår (Ahnlund Ulvcrona, 2011). En studie från Canada visar att stråkröjning är lämplig i tätare naturligt förnygrade bestånd samt att det är viktigt att röja mellanzonerna för att behålla tillväxten på huvudstammarna (Ryans & St-Amour, 1996).

En finsk studie visar under senare delen av 1900-talet på låg produktivitet hos studerade röjningsmaskiner samt att den ger stor andel skadade stammar, jämfört med enkelställning (Kaivola, 1996). Bergqvist (2007) menar dock att potentialen är hög med stråkröjning då metoden kan vara 15- 50% mer effektiv i täta bestånd jämfört med enkelställning, samtidigt som skadorna hålls nere. Både (Heikkila *et al.*, 2005) och (Bergkvist, 2007) menar dock att stråkröjningen måste utvecklas rent tekniskt och att organisationen runt maskinen måste effektiviseras för att röjningsformen skall kunna användas i större skala.

Korridoröjning innebär att en röjningsmaskin röjer korridorer i beståndet med förutbestämdd bredd och avstånd mellan korridorerna, mellanzonerna röjs inte. Korridoröjning är mycket sparsamt förekommande i svenskt skogsbruk (Glöde, 2003).

Pettersson (1986) undersökte i en studie effekterna av korridoröjning, stråkröjning och enkelställning i självsådd tallungskog. Resultaten visar att stråkröjning då kan leda till måttliga produktionsförluster jämfört med enkelställning, men när det gäller korridoröjningen så blev produktionsförluster betydligt större jämfört med både stråkröjning och enkelställning. Studien visar även att diametertillväxten blir mindre hos huvudstammar när beståndet röjts med korridoröjning jämfört med enkelställning och stråkröjning, vilket Pettersson (1986) förklarar med det större stamantalet i korridoröjningen. Skillnaden i diameterutvecklingen mellan stråkröjning och enkelställning var betydligt mindre. Vid mätning av de olika röjningsformernas effekt på kvistdiametern visade det sig att korridoröjningen gav minst kvistdiameter och stråkröjningen störst kvistdiameter (Pettersson, 1986).

1.2.3 Enkelställning

Enkelställning är den vanligaste röjningsformen i svenskt skogsbruk och syftar till att gynna huvudstammar med eftersökta kvalitetsegenskaper och målet är att de skall framröjas jämnt i beståndet, i ett jämnt förband (Pettersson *et al.*, 2010). Att utföra en enkelställning i tallungskog medför att huvudstammarna utsätts för mindre konkurrens från bistammar vilket innebär ökad tillgång av vatten, ljus och näringsämnen (Lundmark, 1988).

Enligt Hallsby (2007) utförs enkelställningen som planröjning eller som ungskogsröjning, det vill säga vid antingen ca 0,5 meters höjd eller 2-5 meters höjd. Ett alternativ är att göra

enkelställningen i flera steg och utföra sista enkelställningen senast vid fem meters medelhöjd (Pettersson, 2001). En norsk studie rekommenderar att tallbestånd bör enkelställas vid en medelhöjd av 2,5 meter (Vestjordet, 1977). I en finsk studie rekommenderas att enkelställning inte skall ske innan beståndet nått en medelhöjd om fem meter om syftet är att producera tallvirke av hög kvalitet (Varmola *et al.*, 1998).

Enkelställningens intensitet har studerats noggrant i Skandinavien. I Finland pekar forskare på att tallbestånd bör röjas till en täthet av 2000-2500 stammar ha⁻¹ för att bibehålla försvarbar tillväxt och kvalitet (Salminen & Varmola, 1990; Ruha & Varmola, 1997). I en norsk studie rekommenderas 2500 stammar ha⁻¹ (Vestjordet, 1977), medan man i Sverige, enligt Skogstyrelsen bör röja till 2000-2500 stammar ha⁻¹, för att uppnå god produktion av talltimmer med hög kvalitet.

Beståndsvariabler som medeldiameter, total volymproduktion, kvistgrovlek och gagnvirkesmängd påverkas av enkelställningens tidpunkt och intensitet. Där tidig röjningstidpunkt och ett lågt kvarvarande stamantal vid enkelställningen kan leda till större medeldiameter, större kvistdiameter, lägre volymproduktion och högre gagnvirkesmängd jämfört med om enkelställning sker sent och med en låg intensitet (Sjolte-Jørgensen, 1967; Thernström, 1982; Ruha & Varmola, 1997; Agestam *et al.*, 1998; Varmola & Salminen, 2004; Fahlvik *et al.*, 2005; Huuskonen & Hynynen, 2006; Ahnlund Ulvcrona *et al.*, 2007). Studier har även visat att höjden sällan påverkas av enkelställningens intensitet eller tidpunkt samt att krongränshöjden minskar med ökad röjningsintensitet (Varmola & Salminen, 2004; Ahnlund Ulvcrona *et al.*, 2007).

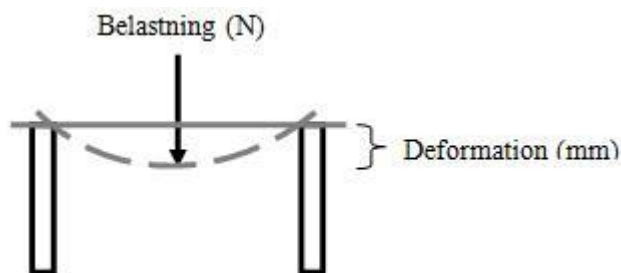
1.3 Enkelställningens påverkan på tallvirkets hållfasthet

Enkelställningen påverkar huvudstammarnas diametertillväxt, där en intensiv röjning leder till större diametertillväxt jämfört med en svag (Sjolte-Jørgensen, 1967; Fahlvik *et al.*, 2005). En större diametertillväxt i ungskogsfasen leder till minskad densitet i veden som bildas efter röjningen eftersom juvenilvedsandelen blir högre och andelen vårved inom årsringen ökar (Bendtsen & Senft, 1986). Densiteten har också samband med hållfastheten på trämaterial (Dinwoodie, 2000). Vid framställning av konstruktionsvirke är hållfastheten avgörande och de variabler som tas störst hänsyn till vid inmätning vid industri är böjhållfasthet och elasticitetsmodul (Vahlberg, 2011 pers. kom.).

Elasticitetsmodulen är en konstant som beskriver styvheten hos ett elastiskt material (Anon., 2001). När ett trästycke fortlöpande utsätts för belastning kommer det att deformeras. Deformationens storlek kommer att vara beroende av den belastning som appliceras på trästycket samt av trästyckets egenskaper. Egenskaper som inverkar på deformationens storlek är; tvärsnittsarea, längd, mikrofibrillvinkel, fibervinkel, densitet, kvistar, ultrastuktur, fuktkvot, temperatur och tid (Dinwoodie, 2000). Den första deformationsfasen hos trä kommer att vara approximativt proportionell mot den pålagda belastningen. Den andra fasen kommer att vara kurvformad då trästycket börjar svikta för att sedan gå av när belastningen blir för stor i förhållanden till trästyckets hållfasthet. Elasticitetsmodulen uträknas under den första deformationsfasen genom att räkna ut lutningen på det linjära området (Dinwoodie, 2000).

Sambandet förklaras nedan samt av figur 2:

1. Belastning (N) / tvärsnittsarea (mm^2) = stress (N/mm^2), α
2. Deformation (mm) / original längd (mm) = strain, ϵ
3. Stress (α) / Strain (ϵ) = elasticitetsmodul (N/mm^2)



Figur 2. Belastningen (N) verkar på trästycke som deformeras (mm). Sambandet mellan belastningen (N), trästyckets egenskaper och deformationen (mm) ger trästyckets elasticitetsmodul.

Resultat från kanadensiska röjningsstudier gällande balsamgran (*Abies balsamea* (L.) Mill.) och banksianatall (*Pinus banksiana* Lamb.) visar att elasticitetsmodulen är negativt korrelerad mot röjningsintensitet, vilket innebär att intensiva röjningar leder till en lägre elasticitetsmodul (Zhang *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2009). Tyska forskare har visat i en studie gällande gran (*Picea abies* (L.) Karst.) att elasticitetsmodulen minskar ju högre upp i trädet man kommer samt att andelen juvenilverd ökar med ökad trädhöjd (Brüchert *et al.*, 2000).

Resultat från en svensk röjningsstudie gällande tall där man studerat kombinationseffekter av röjning och gödning indikerar att sommarvedens densitet inte påverkades av behandling medan vårvedens densitet påverkades. Man fann även att röjningen ökade årsringsbredden, ökade andelen vårved och minskade andelen sommarved men påverkade inte elasticitetsmodulen i relation till årsringsbredden. (Ulvcrona & Ahnlund Ulvcrona, 2011).

1.4 Syfte och mål

Effekt av enkelställningens tidpunkt och intensitet på tallens tillväxt och kvalitetsvariabler har studerats ingående i de nordiska länderna (Sjolte-Jørgensen, 1967; Vestjordet, 1977; Ruha & Varmola, 1997; Pettersson, 2001; Varmola & Salminen, 2004; Fahlvik *et al.*, 2005; Huuskonen & Hynynen, 2006; Ahnlund Ulvcrona *et al.*, 2007; Ahnlund Ulvcrona, 2011). I de studierna är det främst effekten av enkelställning på kvalitetsvariabler som höjd, diameter, kvistgrovlek, volymtillväxt, biomassatillväxt som kartlagts.

När det gäller enkelställningens effekt på tallens elasticitetsmodul och andra hållfasthetsvariabler så har det studerats i liten omfattning (Persson, 1976; Peltola *et al.*, 2007; Ulvcrona & Ahnlund Ulvcrona, 2011). Internationellt har forskningen inriktat sig på enkelställningens effekt på elasticitetsmodulen hos andra trädslag (Brüchert *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2006; Tong *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2009).

Röjningsforskningens inriktning mot enkelställning har bidragit till att andra röjningsformer åsidosatts. Toppröjningens effekt på tallens tillväxt och kvalitetsvariabler har därför studerats i endast ett fåtal mindre studier (Michold, 1991; Timblad, 2012). Toppröjningens effekt på tallens elasticitetsmodul har inte studerats. Även kunskapen om stråkröjningens och korridorröjningens effekter på tallens kvistgrovlek, höjd- och diametertillväxt är mycket begränsad (Pettersson, 1986).

Kunskapen om hur behandlingseffekter skiljer sig åt mellan röjningsformer är låg. Det finns därför behov av att utreda om det finns skillnader i behandlingseffekt mellan enkelställning, toppröjning, stråkröjning och korridorröjning på tallens klassiska kvalitetsvariabler. Det finns även behov av att utreda om det finns skillnad i behandlingseffekt mellan toppröjning och enkelställning gällande tallens elasticitetsmodul i olika årsskott.

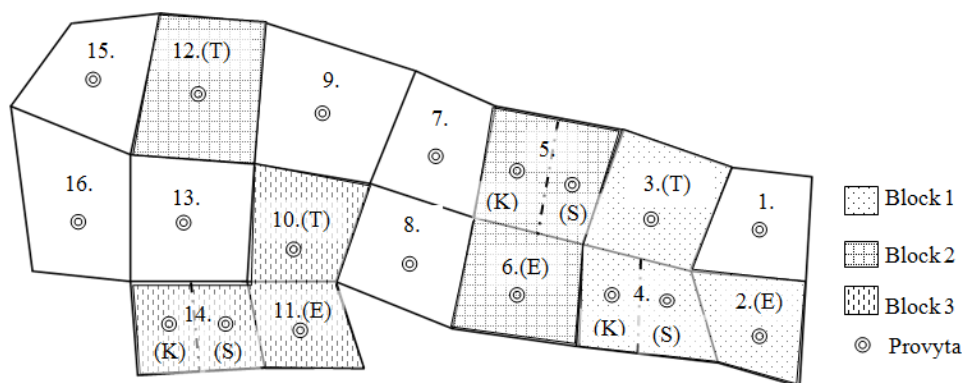
Examensarbetet syftar till att:

- i) Utreda om röjningsformen har effekt på tallens yttre kvalitetsvariabler. Med hypotesen att röjningsformen inte har effekt på yttre kvalitetsvariabler.
- ii) Utreda om röjningsformen har effekt på elasticitetsmodulen och årsringsbredden hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006. Med hypotesen att röjningsformen inte har någon effekt på elasticitetsmodulen och årsringsbredden hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006.
- iii) Utreda om röjningsformen har effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006. Med hypotesen att röjningsformen inte har effekt på samband mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006.

2 Material och metoder

2.1 Data om röjningsförsöket Holmsundsvägen

Röjningsförsöket Holmsundsvägen låg tio kilometer sydöst om Umeå i Västerbottens län (WGS 84 (lat, lon):N 63° 45.447', E 20° 21.083'). Försöket var beläget i ungskog som etablerades 1989 genom plantering av tall och naturlig förnyring av gran och björk. År 2003 anlades försöket genom att ungskogen röjdes via olika röjningsformer, enligt randomiserad blockdesign (Figur 3; Tabell 1). Målsättningen med försöket var att förevisa olika röjningsformer. Samtliga parceller röjdes med klingröjsåg förutom de toppröjda parcellerna som röjdes med röjyxa och kviststång. År 2011 hade träden uppnått en totalålder av ca 22 år. Lokalens markfuktighetsklass var frisk och jordartens textur varierade från sandig-grusig till grusigt sediment. Ståndortsindex var T19 – T22 och av lingon-blåbärstyp enligt ståndortbonitering med Skogshögskolans boniteringssystem (Hägglund & Lundmark, 2003). Försöket var fyra hektar och indelat i tre block som bestod av 16 parceller (30 x 30 m), som var och en innehöll en 100 m² centralt placerad provyta. Endast röjningsformer som fanns representerade via tre parceller ingick i block. Varje parcell representerade en röjningsform förutom parcellerna 4, 5 och 14 vilka är delade i två delar. Den delen innehöll korridoröjning (K) och den andra delen stråkröjning (S). Parcellerna med nr 1, 7, 8, 9, 13 och 15 innehöll röjningsformer som endast representerades via en parcell. Dessa parceller mättes in men exkluderades ur materialet på grund av de inte utgjorde underlag för statistiska analyser. Det innebar att studien omfattade röjningsformerna: enkelställning, toppröjning, korridoröjning och stråkröjning. Provytorna var strukturerade enligt figur 3 och beskrivs enligt tabell 1.



Figur 3. Röjningsförsöket Holmsundsvägen, enligt randomiserad blockdesign. Siffrorna indikerar parcellnummer och bokstäver indikerar röjningsform, där (E) är enkelställning, (T) är toppröjning, (K) är korridoröjning och (S) är stråkröjning. Endast rasterade parceller ingick i studien.

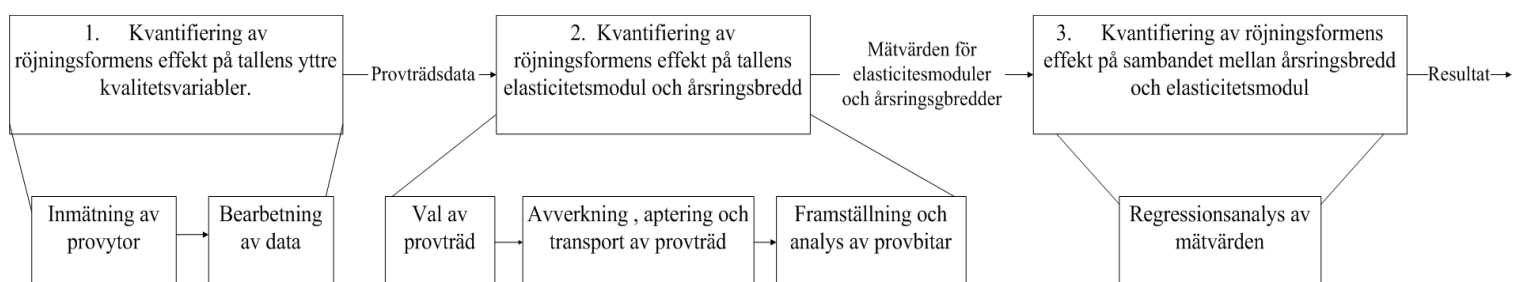
Tabell 1. Beskrivning av parceller med 2011 års medelvärden för stammar ha⁻¹, tallstammar ha⁻¹, medelvolym ha⁻¹ (m³sk ha⁻¹), medelhöjd (m), medeldiameter i brösthöjd (cm). Röjmåttal avser de stammar ha⁻¹ som skulle sparas efter röjning år 2003

Röjningsform	Parcell	Trädslag	Röjmåttal	Stammar ha ⁻¹	Tallstammar ha ⁻¹	Medelvolym (m ³ sk ha ⁻¹)	Medelhöjd (m)	Medeldiameter (cm)
Enkelställning	2,6,11	Tall	2000	1833	1230	44,5	7,17	9,57
Toppöjning	3,12,10	Tall	2000	1800	1200	38,0	6,39	8,03
Korridoröjning	4(K), 5(K), 14(K)	Tall	2000	1367	470	31,5	6,30	8,25
Stråkröjning	4(S), 5(S), 14(S)	Tall	2000	1233	620	30,4	6,64	8,72
Kontroll	16	Tall, gran, björk	-	4700	400	83,7	7,46	7,11

2.2 Datainsamling

Studien indelades efter studiens frågeställningar i tre olika huvudsteg (Figur 4), vilka beskrivs sammanfattande nedan och mer utförligt under kommande huvudrubriker.

1. **Kvantifiering av röjningsformens effekt på tallens yttre kvalitetsvariabler:** Det första steget syftade till att insamla grundläggande data om varje röjningsform. Data från respektive röjningsform användes sedan för att analysera röjningsformens effekt på tallens medeldiameter, medelhöjd, kvistdiameter i rotstock, krongränshöjd och höjd/diameter- kvot. Variansanalys användes för att utreda om någon av de studerade röjningsformerna skilde sig signifikant från de övriga röjningsformerna med avseende på någon av de studerade variablerna.
2. **Kvantifiering av röjningsformens effekt på tallens elasticitetsmodul och årsringsbredd:** Det andra steget syftade till att utreda om röjningsformen hade effekt på elasticitetsmodulen och årsringsbredden hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006. Genom att använda data från steg ett, valdes provträd ut från respektive röjningsform. Provträden avverkades och provbitar togs ut från varje provträd. Varje provbit bearbetades, analyserades och mätvärden för elasticitetsmodulen erhöles för varje enskild provbit från de olika röjningsformerna. Variansanalys användes för att utreda om någon av de studerade röjningsformerna skilde sig signifikant från de övriga röjningsformerna med avseende på elasticitetsmodul och årsringsbredd.
3. **Kvantifiering av röjningsformens effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul:** Det tredje steget syftade till att utreda om röjningsformen hade effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006. Data från steg ett och steg två användes i regressionsanalys för att utreda om någon av de studerade röjningsformerna hade signifikant effekt på det studerade sambandet.



Figur 4. Studiens tre huvudsteg med tillhörande delsteg.

2.3 Kvantifiering av röjningsformens effekt på tallens yttre kvalitetsvariabler

2.3.1 Inmätning av provtytor

De yttre kvalitetsvariablerna inmättes med hjälp av olika mätinstrument (Tabell 2) och grundläggande mätmetodik (Wilhelmsson, 2009). För övrig strukturering av arbetet användes nummerlappar, stiftapparat, märkfärg, GPS, fältblankett, måttband och måttstock. Bonitering

utfördes via ståndortsbonitering med hjälp av spade, rullplatta och anvisningar enligt Skogshögskolans boniteringssystem (Hägglund & Lundmark, 2003).

Tabell 2. Inmätta yttre kvalitetsvariabler och använda mätinstrument

Variabel	Mätinstrument	Övrigt
Höjd	Höjdmätare, transponder, centrumkäpp	Haglöfs, Vertex 4, Transponder T3, Centrumkäpp (CPIN).
Diameter	Klave	Haglöfs Mantax Blue
Krongränshöjd	Höjdmätare , transponder, centrumkäpp	Haglöfs, Vertex 4, Transponder T3, Centrumkäpp (CPIN).
Barktjocklek	Barktjockleksmätare	-
Skador	Okulär kontroll och utdragbar mätkäpp	-
Grövsta kvist (100-160 cm)	Klave	Haglöfs Mantax Blue

Mätningarna började med att GPS-markera samtliga provytors hörnstolpar och provytecentrum samt synligöra dessa i de fall de var övervuxna. När hörnstolpar och provytecentrum var GPS-märkta så lottades inmättningsordningen för de olika provytorna utifrån de nummer som provytorna blivit tilldelade när försöket anlades (Figur 3).

Samtliga variabler registrerades på samtliga huvudstammar. Huvudstammar definierades som: levande träd, utan uppenbart dödliga skador, ≥ 5 cm i diameter i bröst höjd. Anledningen till att huvudstammarna skulle vara ≥ 5 cm i diameter i bröst höjd var att volymen i ett senare skede beräknades genom att använda Brandels större volymfunktioner (Brandel, 1990), vilken är anpassad för träd ≥ 5 cm. Träd med en diameter < 5 cm och höjd $< 1,3$ m behandlades inte vidare i denna studie, eftersom de karakteriserades som underväxt under ett huvudbestånd.

Variablerna för huvudstammarna registrerades på blanketter enligt följande arbetsgång på varje provyta.

1. Registrering av huvudstammar – Centrumkäpp (CPIN) med påmonterad transponder (T3) placerades i provytecentrum, därefter mättes avstånd med hjälp av ultraljud från höjdmätaren. Friska stammar utan synbara dödliga skador med höjd $\geq 1,3$ meter och med avstånd $\leq 5,64$ meter från provytecentrum inkluderades som huvudstammar.

2. Kontroll av potentiella huvudstammar – Stammar som var gränsfall gällande brösthöjdsdiameter kontrolleras genom klavning. Stammar som var < 5 cm exkluderades ur studien. Träd med uppenbart dödliga skador exkluderades.
3. Märkning och identifiering av huvudstammar – Samtliga stammar som registrerats som huvudstammar märktes med nummerlappar med hjälp av stiftapparat och även en punkt med märkfärg sprayades på huvudstammarna som ett förtydligande. Varje nummer antecknades på fältblankett och därefter trädslag för respektive huvudstam.
4. Mätning av höjd och krongränshöjd – Höjden och krongränshöjden mättes på samtliga huvudstammar med hjälp av höjdmätare och centrumkäpp med påmonterad transponder. Krongränshöjd på gran mättes med måttband eftersom granarna i nästan samtliga fall hade levande grenar < 0,5 meter ovanför gröningspunkten.
5. Mätning av diameter – Utfördes med manuell klave på 1,3 meters höjd. För att säkerställa att mätningen gjordes på samma höjd på samtliga huvudstammar användes mätkäppen med påmonterad mätsond som referens, vilken kontrollerades med två olika måttstockar för att säkerställa mätningens kvalitet. Samtliga mätningar utgick ifrån trädens gröningspunkt. Klavens ”skaft” riktades vid samtliga mätningar in mot provytecentrum för att undvika systematiska mätfel. Uppenbart ovala träd korsklavades och medelvärde uträknades.
6. Mätning av barktjocklek och grövsta kvist – Mätningen av barktjockleken utfördes på 1,3 meters höjd enligt samma metod som i föregående steg. Mätningen utfördes med en barktjockleksmätare. Resultatet kontrollerades slumpmässigt fem gånger per dag genom att skära lös en 1x1 cm barkbit och därefter mäta barktjockleken med tummstock för att säkerställa mätningens kvalitet. Mätningen av grövsta kvist utfördes i intervallet 1 m – 1,6 m. Inom intervallet mättes den grövsta kvisten med klavens skaft vinkelträtt mot stammen. Sprötkvistar och kvistar vars utseende tydligt påverkats av betesskador eller abiotiska faktorer så som snöbrott registrerades inte, utan då mättes den näst grövsta kvisten istället.
7. Bedömning av skador – Varje stam bedömdes om den var skadad eller ej samt vilken typ av skada det var samt på vilken höjd skadan befann sig. Skadorna indelades i sprötkvist, stamkrök, toppbrott och övrig. Oskadade träd sorterades i kategorin ”Frisk”. Skadornas placering i trädet mättes med mätkäpp eller måttband, beroende på hur högt upp på stammen som skadan var lokaliserad. Varje skada kommenterades och träd med skador på årskotten 2004, 2005 och 2006, fick noteringen ”Ej lämplig som provträd”. Det eftersom skadorna ansågs påverka trädens inre mekaniska egenskaper i de områden som var av intresse för studiens andra huvudsteg.
8. Bonitering – Ståndortsbonitering utfördes på samtliga provytor enligt skogshögskolans boniteringssystem (Hägglund & Lundmark, 2003).

2.4 Kvantifiering av röjningsformens effekt på tallens elasticitetsmodul och årsringsbredd

2.4.1 Val av provträd

Målet med det andra huvudsteget var att analysera och jämföra olika röjningsformers effekt på elasticitetsmodul och årsringsbredd hos tall.

Det första delsteget syftade till att identifiera tre lämpliga huvudstammar per provyta som kunde användas som material för att besvara frågeställningarna. De röjningsformer som studerades var: enkelställning (2000 stammar ha⁻¹) och toppröjning (2000 stammar ha⁻¹). Röjningsformerna stråkröjning och korridoröjning fanns representerad i försöket men på grund av kraftiga älgskador och avsaknaden av friska huvudstammar av tall så exkluderades dessa ur studien.

Valet av provträd skedde efter följande kriterier:

1. Provträdet skulle vara av trädslaget tall.
2. Provträdet skulle inte ha skador på årsskotten från åren 2004, 2005 eller 2006
3. Provträden skulle inte ha så kraftiga skador att de bedömdes påverka hela trädets virkeskvalitet
4. Provträdet skulle ha en diameter $\geq 7,8$ cm
5. Provträdet skulle befinna sig $\leq 5,64$ meter från provytecentrum

En diametergräns ($\geq 7,8$ cm) användes för att styra urvalet mot potentiella framtida huvudstammar. Gränsen användes för att kunna göra en statistisk jämförelse i senare steg och diametergränsen anpassades så att det skulle finnas ca 500 -700 analyserbara träd per hektar ur respektive röjningsform. När potentiella provträd i varje behandling som uppfyllde ovanstående kriterier hade identifierats så jämfördes dessa med hjälp av Mintitabs funktioner; General Linear Model och Tukeys Test för att utesluta att det fanns statistiskt signifikanta skillnader mellan och inom behandlingar samt att mätdata var normalfördelat och ej i behov av transformationer. Utifrån residualstudier kunde antagandet om att mätdata var normalfördelat verifieras samt att via Tukeys Test påvisa att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan variablerna, diameter och höjd. Målet var att provträden inte skulle skilja sig signifikant åt mellan röjningsformer med avseende på höjd och diameter. När de statistiska analyserna var utförda slumpades tre träd per behandling fram ur urvalsgruppen för respektive behandling.

2.4.2 Avverkning, aptering och transport av provträd

De utvalda provträden kontrollerades i fält för att säkerställa att tidigare inmätningar varit korrekta och i samband med det märktes provträden med snitselband för att förenkla identifieringen vid avverkningen. Träden fälldes med motorsåg och apterades i tre delar, rotstock, mellanstock och toppstock. Samtliga delar märktes med lappar för att förenkla

identifieringen och för att hålla ordning på de olika träddelarna. Träden kvistades med kvisttänger och tillväxtzonerna (årsskott) från åren 2004, 2005 och 2006 märktes med snitselband i olika färger. Årskott från året 2004 innebar att höjdtillväxten skedde det året, vilket beräknades genom att räkna bakåt från årets (2011) toppskott. Det innebar att det skottet som befann sig under 2011- års toppskott fick benämningen årsskott 2010 och så vidare.

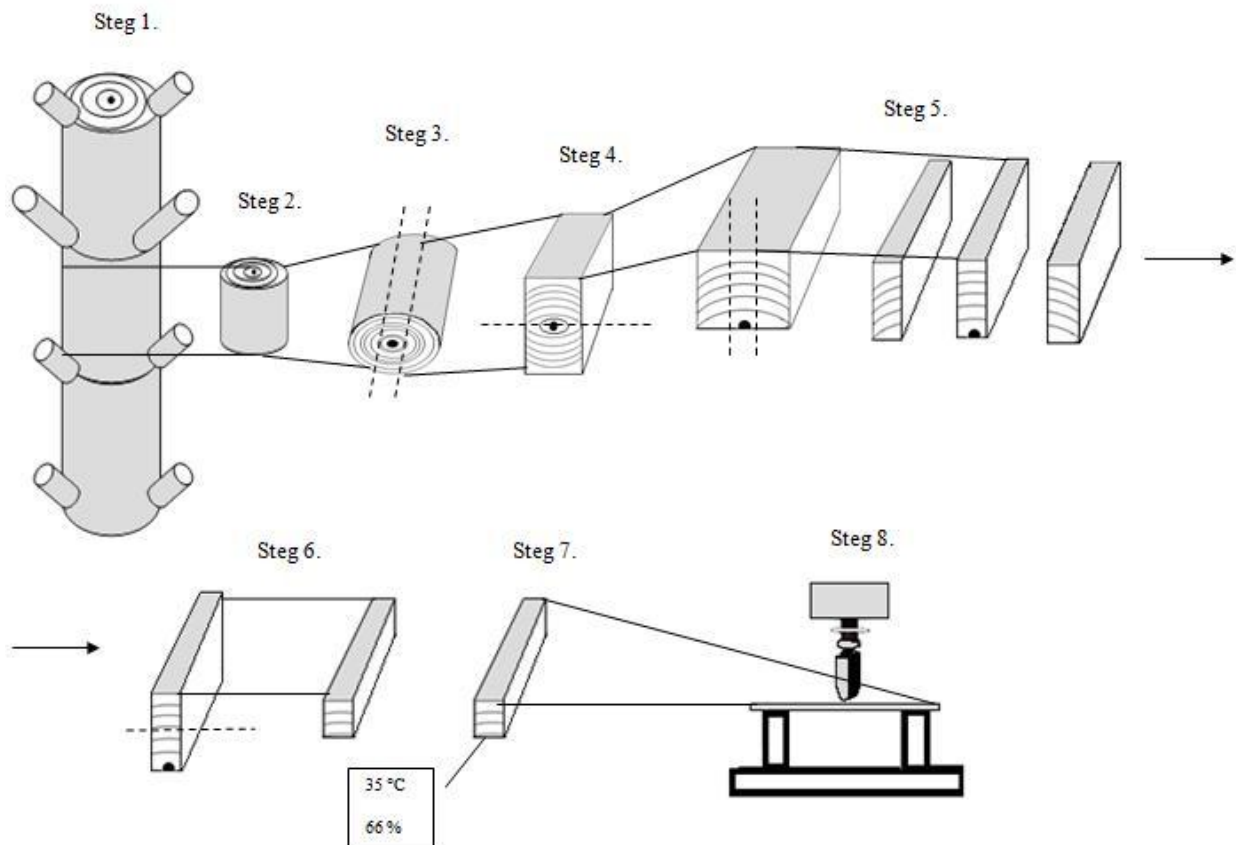
Anledningen till att årsskotten från 2004, 2005 och 2006 märktes var att röjningen skedde år 2003 och därmed var veden som bildats efter år 2003 påverkad av röjningen och därmed lämplig för analys. Aptereringen skedde så att träddelarna blev lämpligt stora för manuell uttransport till närmaste bilväg och vidare transport med bil och släpvagn. Vid bilväg apterades träden ytterligare och årsskotten för åren 2004, 2005 och 2006 apterades och märktes med lappar för att hålla ordning på vilka bitar som hörde till respektive röjningsform. Årskotten placerades i plastbackar för vidare transport till bearbetning medan rotstockar och de märkta resterna av toppstockar och mellanstockar placerades på släpvagn och transporterades till lagerplats. Varje årsskotts längd - och diametermättes och märktes för att underlätta identifieringen av de olika delarna som bildades vid uppsågning av varje årsskott.

2.4.3 Framställning och analys av provbitar

Samtliga årsskott från samtliga provträd från åren 2004, 2005 och 2006 bearbetades enligt åtta steg (Figur 5). Bearbetningen skedde för att skapa analyserbara provbitar.

1. I mitten på varje årsskott märktes ett åtta centimeter långt intervall ut, vilket representerade det område som senare skulle sågas ut med kapsåg.
2. Varje årsskott bearbetades i en kapsåg för att ta bort kviststumpar och kapades sedan till en åtta centimeter lång trissa enligt tidigare uppmärkning och därefter placerades varje årsskott i en id-märkt papperspåse.
3. Varje enskild 8-centimeters trissa sågades sedan i klyvsågen med ett snitt på var sida om mörgen. Bitarna märktes med spritpenna och i samband med det mättes årsringsbredd och diameter m.h.a av skjutmått. Därefter lades bitarna på strö i rumstemperatur för att torka i en vecka. Anledningen till att inte omedelbart såga ut bitarna till sin slutgiltiga form var att försöka undvika deformationer.
4. När provbitarna torkat i en vecka så klövs bitarna längs mörgen med klyvsåg. Det resulterade i två bitar där den ena användes och den andra sparades som reserv.
5. Biten klövs två gånger med stående årsringar för att få fram en bit som var 2-5 mm hög och de två resterande bitarna sparades som reserv. Bredden på provbiten avgjordes av antalet årsringar och årsringsbredd i det aktuella årsskottet.
6. Bitarna torkades sedan en vecka och därefter togs området som innehåller ved från de tre yttersta årsringarna ut med kniv. Slutlig bearbetning av provbitarna skedde med sandpapper.

7. Provbitarna konditionerades i två dagar i ugn vid en temperatur om 35 °C och en relativ luftfuktighet på 66 %. Bitarna vägdes vid tre tillfällen under konditioneringen, när viktminskningen på bitarna var < 0,01 gram så avslutades konditioneringen och provbitarna förpackades i plastfolie för att förhindra diffusion.
8. Provbitarnas elasticitetsmodul bestämdes med Standard test machine INSTRON 3366 (10 kN), med trepunkts böjprov.



Figur 5. Framställning av provbitar enligt åtta olika steg. Streckade linjer avser sågnsnitt.

2.5 Kvantifiering av röjningsformens effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul

Sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul kvantifierades via mätdata från steg två. Mätdata från provbitarnas elasticitetsmoduler och årsringsbredder analyserades via linjär regressionsanalys. För att klarlägga röjningsformens effekt på sambandet sattes röjningsformen som en förklarande variabel till sambandet.

2.6 Statistiska analyser

Statistiska beräkningar utfördes i MINITAB 16.1. Samtliga data testades för att upptäcka heteroskedasticitet samt om normalfördelningsvillkoret uppfylldes. Normalfördelningsvillkoret kontrollerades via Anderson-Darling test. Variabler som inte

visade sig vara normalfördelade transformerades. Transformerings skedde för variabeln, grövsta kvist som transformerades med den naturliga logaritmen, $\log(s) = \ln(s)$. Skillnader mellan undersökta variabler som kunde kopplas till röjningsformen testades genom ANOVA-variansanalys, enligt General Linear Model. Alla analyser utfördes på trädnivå, utifrån enskilda träs mätvärden.

Variablerna medelhöjd, medeldiameter, grövsta kvist i rotstock, krongränshöjd och höjd/diameter – kvot, vilka registrerades i studiens första steg analyserades enligt modell 1 och variablerna elasticitetsmodul och årsringsbredd enligt modell 2.

$$\text{Modell 1 : } Y_{ijr} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijr}$$

Där Y_{ijr} = beroende variabel, μ = populationsmedelvärde, α = fast effekt av röjningsform, β = slumpmässig blockeffekt, $\alpha\beta$ = slumpmässig samspelseffekt röjningsform och block, ε = slumpfel, i = röjningsform, j = block r = replikat.

$$\text{Modell 2 : } Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + \gamma_j + (\gamma\alpha)_{ji} + (\gamma\beta)_{jk} + (\gamma\beta\alpha)_{jki} + C_{l(ij)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Där Y_{ijkl} = beroende variabel, μ = populationsmedelvärde, α = fast årseffekt, β = effekt av röjningsform, $\alpha\beta$ = slumpmässig samspelseffekt mellan år och röjningsform, γ = slumpmässig blockeffekt, $\gamma\alpha$ = slumpmässig samspelseffekt mellan block och år, $\beta\gamma$ = slumpmässig samspelseffekt mellan block och röjningsform, $\gamma\beta\alpha$ = slumpmässig samspelseffekt mellan block, röjningsform och år, C_l = slumpmässig trädnummerseffekt, ε = slumpfel, i = röjningsformer, j = block och l = trädnummer.

Skillnader ansågs signifikanta om ANOVA- variansanalys returnerade p-värde $< 0,05$. Om p-värdet var $< 0,05$ användes Tukeys Test för att bekräfta och för att identifiera var skillnaderna fanns. För att analysera förhållandet mellan elasticitetsmoduler och årsringsbredder samt röjningsformens potentiella påverkan på detta samband användes linjär regressionsanalys (Chatterjee, 2006).

3 Resultat

3.1 Effekt av röjningsform på yttre kvalitetsvariabler

Resultaten påvisade ingen signifikant effekt av röjningsformen på huvudstammarnas medelhöjd, medeldiameter, grövsta kvist, krongränshöjd samt höjd/diameter-kvot. Blockindelningen (Block) hade endast signifikant effekt (p-värde 0,034) på kvistdiametern i rotstocken (Grövsta kvist). Samspelseffekten mellan röjningsform och block var signifikant för samtliga studerade variabler förutom variabeln höjd (Tabell 3).

Tabell 3. Variansanalys för röjningsformers effekt på tallhuvudstammars medelhöjd (m), medeldiameter i brösthöjd (cm), grövsta kvist +/- 30 cm från brösthöjd i höjddled (cm), krongränshöjd (m) och höjd/diameter-kvot med medelvärden och medelfel (+/-) för respektive variabel och röjningsform. Signifikanta skillnader (p-värde < 0,05) i fet stil

Variabel	Källa	Enkelställning	Toppröjning	Korridoröjning	Stråkröjning	P-värde
Medelhöjd (m)	Röjningsform ^(a)	7,24 (+/- 0,19)	6,48 (+/- 0,16)	6,94 (+/- 0,30)	6,73 (+/- 0,34)	0,277
	Block ^(b)					0,156
	Röjningsform*Block ^(c)					0,056
Medeldiameter (cm)	Röjningsform ^(a)	9,78 (+/- 0,44)	8,24 (+/- 0,35)	10,34 (+/- 0,79)	9,16 (+/- 0,60)	0,383
	Block ^(b)					0,189
	Röjningsform *Block ^(c)					0,044
Grövsta kvist (cm)	Röjningsform ^(a)	1,99 (+/- 0,16)	1,60 (+/- 0,08)	1,78 (+/- 0,17)	1,81 (+/- 0,15)	0,738
	Block ^(b)					0,034
	Röjningsform *Block ^(c)					0,001
Krongränshöjd (m)	Röjningsform ^(a)	2,85 (+/- 0,08)	2,79 (+/- 0,08)	2,53 (+/- 0,15)	2,64 (+/- 0,09)	0,872
	Block ^(b)					0,314
	Röjningsform *Block ^(c)					0,002
Höjd/diameter –kvot	Röjningsform ^(a)	0,87 (+/- 0,03)	0,92 (+/- 0,03)	0,807 (+/- 0,07)	0,87 (+/- 0,06)	0,686
	Block ^(b)					0,549
	Röjningsform *Block ^(c)					0,001

(a) Röjningsformerna enkelställning, topprojning, korridoröjning och stråkröjning.

(b) Blockindelning enligt randomiserad block design (Figur 3).

(c) Samspelseffekt mellan röjningsform och block.

3.2 Effekt av röjningsform på elasticitetsmodul och årsringsbredd

Variansanalysen påvisade ingen signifikant skillnad mellan utvalda provträd från respektive röjningsform gällande diameter (p-värde 0,063) eller höjd (p-värde 0,125). Provträd från parceller röjda via enkelställning hade dock signifikant större volym per träd (p-värde 0,016) och lägre krongränshöjd (p-värde 0,015).

Variansanalys påvisade inte någon signifikant skillnad i effekt av röjningsform på variablerna årsringsbredd och elasticitetsmodul (Tabell 4).

Åldern på årsskott påverkade elasticitetsmodulen signifikant (p-värde 0,03). Elasticitetsmodulen skilde sig signifikant åt mellan årsskott som tillväxt under år 2004, 2005 och 2006. Provbitar tagna ifrån årsskott från året 2004 hade därför högre elasticitetsmodul jämfört med provbitar som tagits från årsskott 2005 och 2006 (Figur 6). Årsringsbredden påverkades signifikant av ålder på årsskott (Tabell 4). Medelårsringsbredden för de tre yttersta årsringarna ökade med minskad kambial ålder. Det innebar att provbitar tagna från år 2004 hade en högre genomsnittlig kambial ålder och en lägre medelårsringsbredd jämfört med provbitar tagna från år 2005 och 2006 (Tabell 4; Figur 7). Ingen signifikant blockeffekt registrerades vilket även gällde för samtliga analyserade samspeleffekter. Träd (Röjningsform Block) hade signifikant effekt på årsringsbredden (p-värde 0,00) men inte på elasticitetsmodulen (p-värde 0,266).

Tabell 4. Variansanalys för undersökta röjningsformers effekt på elasticitetsmodul (MPa) och årsringsbredd (mm)

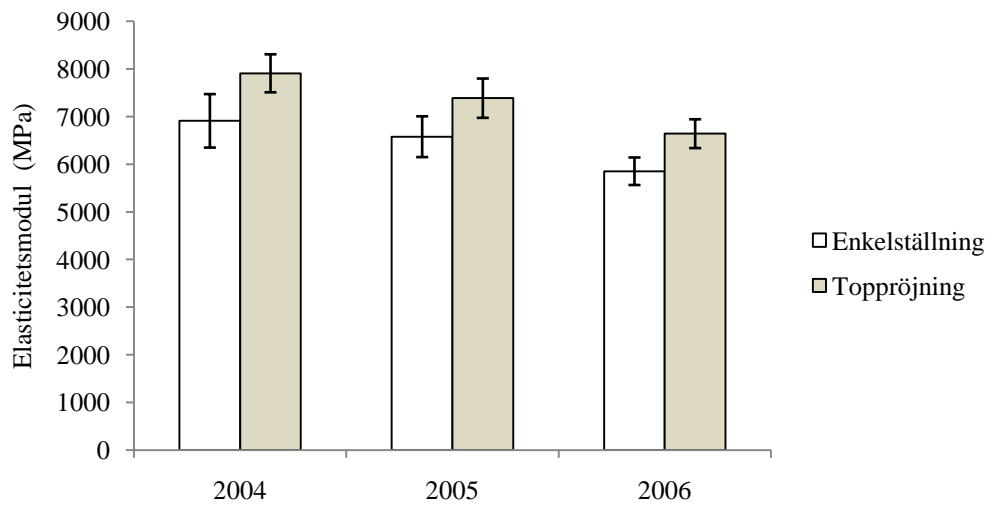
Variabel	Källa	P – värde
E-modul (MPa)	Ålder på Årsskott ^(a)	0,03
	Röjningsform ^(b)	0,151
	Ålder på Årsskott * Röjningsform ^(c)	0,927
	Block	0,372
	Ålder på Årsskott * Block	0,569
	Röjningsform * Block	0,338
	Ålder på Årsskott * Röjningsform * Block	0,689
	Träd (Röjningsform Block) ^(d)	0,266
Årsringsbredd (mm)	Ålder på Årsskott ^(a)	0,003
	Röjningsform ^(b)	0,221
	Ålder på Årsskott * Röjningsform ^(c)	0,954
	Block	0,925
	Ålder på Årsskott * Block	0,581
	Röjningsform * Block	0,101
	Ålder på Årsskott * Röjningsform * Block	0,589
	Träd (Röjningsform Block) ^(d)	0,00

(a) Åldern på årsskotten från år 2004, 2005, 2006 .

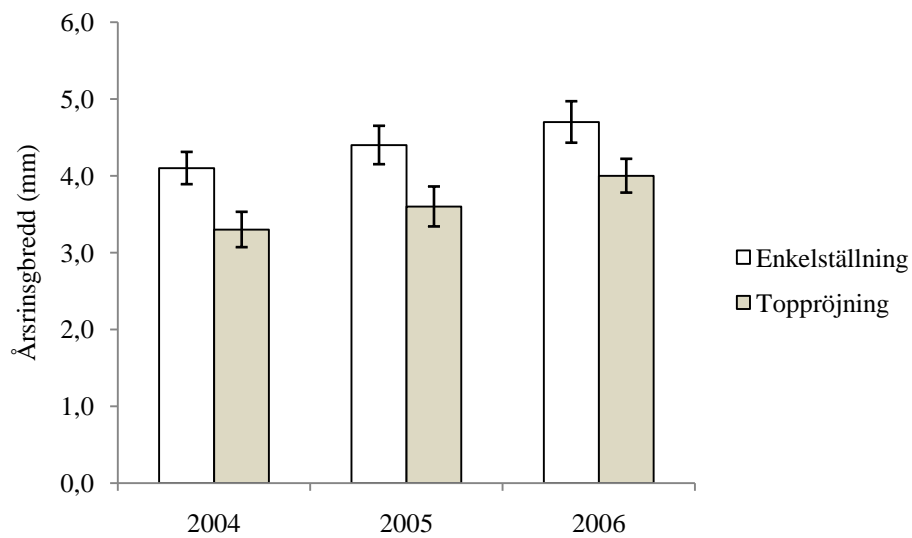
(b) Röjningsformerna; Enkelställning och Toppröjning aggregerade.

(c) Samverkansseffekt mellan ålder på årsskott och röjningsform

(d) ID nummer på träd inom röjningsform och block.



Figur 6. Medelvärden och medelfel (+/-) för provbitars elasticitetsmoduler (MPa) från provträd i parceller röjda med enkelställning eller toppröjning. Årtalen på X-axeln avser de årtal som höjdtillväxten skedde i de analyserade årsskotten. Medelvärden och medelfel baseras på mätvärden från samtliga provbitar ur samtliga provträd.



Figur 7. Medelvärden och medelfel (+/-) för provbitars årsringbredder från träd i parceller röjda med enkelställning eller toppröjning. Årtalen på X-axeln avser de årtal som höjdtillväxten skedde i de analyserade årsskotten. Medelvärden baseras på mätvärden från samtliga provbitar ur samtliga provträd.

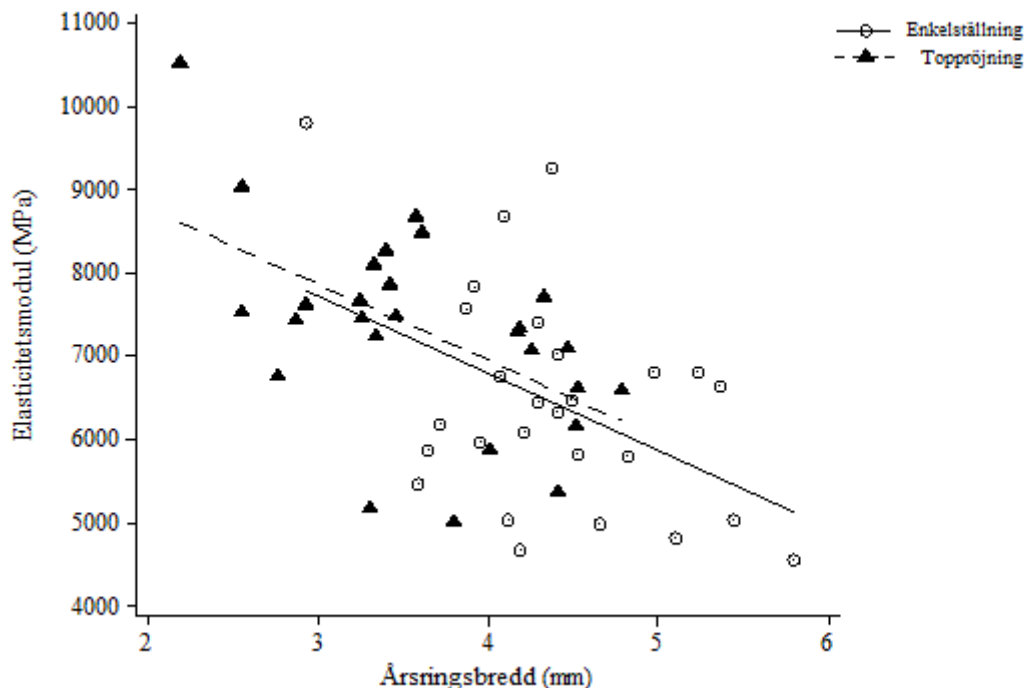
3.3 Effekt av röjningsform på samband mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul

Regressionsanalys visade på ett negativt samband mellan elasticitetsmodul och årsringsbredd, där elasticitetsmodulen var negativt korrelerad mot årsringsbredden (korrelationskoefficient $-0,365$). Det innebar att en mindre årsringbredd gav en högre elasticitetsmodul (Tabell 5; Figur 8).

Röjningsformen hade ingen effekt på sambandet (p-värde $0,521$), vilket innebar att effekten av röjningsformen i sig inte förklarade sambandet mellan elasticitetsmodul och årsringsbredd i de studerade provbitarna (Tabell; Figur 8). Ingen av resterande förklarande variablerna bidrog med att förklara variationen i mätvärden för de analyserade provbitarna.

Tabell 5. Regressionsanalystabell över sambandet mellan elasticitetsmodulen och dess förklarande variabler

Responsvariabel	Förklarande variabler	Koefficient	SE Koefficient	T	P-värde
E-modul	Konstant	9897	1560	6,34	0,00
	Röjningsform	263,8	408,4	0,65	0,521
	Årsringsbredd (mm)	-670,8	305,7	-2,19	0,033
	Block	-283,6	233	-1,22	0,23
	ID	-0,888	5,23	-0,17	0,866
	Diameter på årsskott (cm)	-10,59	25,65	-0,41	0,681
	Längd på årsskott (cm)	21,38	14,14	1,51	0,137



Figur 8. Samband mellan elasticitetsmodul (MPa) och årsringsbredd (mm) med röjningsformer markerade.

4 Diskussion

Målet med studien var att utreda om röjningsformen hade effekt på tallens medelhöjd, medeldiameter, kvistdiameter i rotstock, krongränshöjd och höjd/diameter-kvot. Resultaten visade att röjningsformen inte hade någon signifikant effekt på någon av de studerade variablerna (Tabell 3). Hypotesen att röjningsformen inte hade haft någon effekt på yttre kvalitetsvariabler kunde därmed inte förkastas.

I målet med studien ingick även att utreda om röjningsformen hade haft effekt på tallens elasticitetsmodul och årsringsbredd, i olika årsskott. Resultaten visade att röjningsformen inte hade någon effekt på elasticitetsmodulen och årsringsbredden i studerade årsskott (Tabell 4). Den uppställda hypotesen kunde därmed inte heller här förkastas.

Studiens sista målsättning var att även att utreda om röjningsformen hade effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul i studerade årsskott. Resultaten visade att röjningsformen inte hade effekt på det studerade sambandet (Tabell 5; Figur 8), vilket innebär den uppställda hypotesen återigen inte kunde förkastas.

Frånvaron av signifikanta skillnader mellan enkelställning, toppröjning, stråkröjning och korridoröjning indikerar att de enskilda träden reagerade på liknande sätt oavsett vilken röjningsform som användes. Studiens resultat är både samstämmiga och avvikande jämfört med resultat från tidigare röjningsstudier med avseende på röjningsformens effekt på de enskilda variablerna som undersökts.

4.1 Röjningsformens effekt på enskilda variabler

Röjningsformen hade ingen effekt på höjden hos de enskilda träden (Tabell 3), vilket är i enlighet med tidigare studier gällande enkelställning och korridoröjning (Varmola & Salminen, 2004; Karlsson *et al.*, 2012). Tidigare studier som studerat toppröjning i naturligt förnygrade björk- och tallbestånd har inte heller påvisat någon signifikant skillnad i behandlingseffekt på höjdtutveckling mellan toppröjning och enkelställning (Michold, 1991; Fällman *et al.*, 2003; Ligné, 2004; Timblad, 2012).

Resultaten från den här studien visade att röjningsformen i sig inte hade effekt på diameterutvecklingen hos de enskilda träden (Tabell 3), vilket för enkelställning är i enlighet med tidigare röjningsstudier där det visats att diametern ökar med ökad röjningsintensitet (Sjolte-Jørgensen, 1967; Ahnlund Ulvcróna *et al.*, 2007). Gällande toppröjning i björkbestånd så finner varken Fällman *et al.* (2003) eller (Sars, 2012) att diameterutvecklingen efter behandling skiljer sig signifikant åt mellan toppröjning och enkelställning. Timblad (2012) finner inte heller några signifikanta skillnader vad gäller behandlingseffekt i röjd tallungskog mellan toppröjning och enkelställning. Gällande schematiska röjningsformer så visar Pettersson (1986) att diameterutvecklingen är avsevärt mindre i korridoröjning jämfört med selektiv röjning, medan den i stråkröjningen var något högre. Att inga signifikanta behandlingseffekter kunde hittas i studien gällande schematiska röjningsformer kan troligen till stor del härledas till de betydande älgskadorna i både stråk- och korridoröjda parceller, vilket kommer att diskuteras mer i senare stycken.

Röjningsformen hade inte heller någon effekt på grövsta kvistdiametern i rotstocken (Tabell

3). Dessa resultat går delvis emot resultat som tidigare presenterats gällande både selektiva och schematiska röjningsformer. Tidigare studier i björkbestånd visar att toppröjning kan bidra till lägre kvistdiameter i rotstocken (Fällman *et al.*, 2003). En annan röjningsstudie som studerat toppröjning och enkelställning i naturligt föryngrad tallungskog visar att toppröjning kan leda till signifikant lägre kvistdiameter i rotstocken jämfört med enkelställning (Timblad, 2012). Pettersson (1986) visar att korridoröjning kan leda till lägre kvistdiameter i rotstocken, men härleder det till större stamantal i mellanzonerna och dess klena medeldiameter. Samma studie visar också att stråkröjning leder till den grövsta kvistdiametern; vilket Pettersson (1986) förklarar som en följd av den begränsade urvalseffekten i samverkan med den effekt som sker vid enkelställning där det ökade förbandet förklarar utvecklingen på kvistdiametern. Den praktiska urvalseffekten kan dock vara begränsad även i selektiv röjning, eftersom röjaren ofta tvingas till stamval på grund av trädens spatiala utbredning samt att felfria träd kan av röjaren bedömas vara för små för att överleva (Pettersson, 2001). Studier gällande enkelställning visar också att kvistdiameter främst är beroende av diameter i brösthöjd och röjningsintensitet (Agestam *et al.*, 1998; Pettersson, 2001; Fahlvik *et al.*, 2005; Ahnlund Ulvcrona *et al.*, 2007)

Resultaten visade att röjningsformen inte hade effekt på grönkrongränsen hos de enskilda träden (Tabell 3). Sars (2012) och Fällman *et al.* (2003) påvisar dock från sina studier signifikanta skillnader i behandlingseffekt på krongränshöjd mellan toppröjning och enkelställning, i naturligt föryngrade björkbestånd. Toppröjningen har i de studierna bidragit med en högre krongränshöjd jämfört med enkelställningen. Även Timblad (2012) visar signifikant skillnad i krongränshöjd mellan enkelställning och toppröjning, där toppröjning bidragit med en högre krongränshöjd. Ahnlund-Ulvcrona *et al.* (2007) visar att krongränshöjden ökar med ökat stamantal per hektar. Liknande förhållanden borde gälla i korridoröjning och stråkröjning, men det finns inte dokumenterat. Man kan tänka sig att krongränshöjden på träd i parceller röjda med korridoröjning skulle vara högre jämfört med de övriga röjningsformerna eftersom det i mellanzonerna skall vara ett större stamantal. I det studerade försöket var förhållandet dock det omvända med i genomsnitt färre stammar per hektar jämfört med resterande röjningsformer, vilket till stor del berodde på kraftiga betesskador, vilket i sin tur starkt har påverkat möjligheterna att studera behandlingseffekter.

Resultaten visade att röjningsformen inte hade effekt på höjd/diameter-kvoten hos de enskilda träden (Tabell 3). En högre kvot mellan höjd och diameter indikerar en slankare stamform, där träd i öröjda bestånd får en högre kvot jämfört med träd i röjda bestånd (Oliver & Larson, 1996). Timblad (2012) påvisar signifikant skillnad i höjd/diameter-kvot mellan öröjda parceller och selektiva röjningsformer, men påvisar ingen signifikant skillnad mellan toppröjning och enkelställning.

4.2 Analys av uteblivna effekter inom de selektiva röjningsformerna

Röjningsformens uteblivna effekt kan delvis härledas till att parceller röjda med enkelställning och toppröjning röjdes till samma förband (2000 stammar ha⁻¹) vid ungefär samma medelhöjd (3,38 m). Det leder det till att de enskilda träden får mycket likande tillväxtmöjligheter, förutsatt att boniteten är lika. Enligt tidigare röjningsforskning innebär det att träden bör utvecklas på liknande sätt (Varmola & Salminen, 2004; Fahlvik *et al.*, 2005; Ahnlund Ulvcrona *et al.*, 2007). Skillnaden mellan enkelställning och toppröjning är att i toppröjda bestånd finns det fler och högre bistammar. För att dessa bistammar skall kunna konkurrera med huvudstammarna och bidra till en mindre kvistdiameter i rotstocken så kan bistammarnas storlek och antal vara avgörande. När ett större antal bistammar

kvarlämnas innebär det att konkurrensen om tillgängliga tillväxtresurser ökar eftersom flertalet stammar då skall konkurrera om vatten, näringsämnen och solljus. I förhållande till huvudstammen så kommer de toppröjda bistammarna att ha en mindre diameter och en lägre höjd, vilket innebär att konkurrensförhållandet mellan dessa kommer att bli annorlunda jämfört med om man skulle lämna ett större antal huvudstammar vid röjning. De toppröjda bistammarna kommer att konkurrera med de större stammarna i mindre omfattning, men konkurrenssituationen är inte helt klarlagd. Ahnlund Ulvcrona (2011) visar i en studie att de 500 -2700 största tallstammarna per hektar upp till ca fem meters höjd inte påverkas storleksmässigt i särskilt stor utsträckning av konkurrens från de mindre träden. Det motsäger till viss del toppröjningens potentiella positiva effekter, eftersom metoden förutsätter att små träd har möjlighet att påverka stora trädets kvalitetsutveckling. Men resultat från röjningsstudier i naturligt föryngrade björk- och tallbestånd har dock visat att toppröjning kan ha effekt på huvudstammar exempelvis genom mindre grendiameter i rotstocken (Fällman *et al.*, 2003; Timblad, 2012).

Utifrån egna tidigare observationer och erfarenheter krävs det förmodligen att vissa ståndsortsförutsättningar uppfylls för att toppröjning skall kunna ge effekt på tallhuvudstammars diameter och kvistutveckling. För att bistammarna skall ha möjlighet att utvecklas i önskvärt antal och storlek för att kunna påverka huvudstammarnas kvalitet krävs troligen att markfuktighetsklassen i beståndet är fuktig-frisk, ståndortsindex > T22 samt att en kraftig markberedning utförts i föryngringsfasen och att det finns närhet till fröspridande björkar. Resonemanget stöds av Forsmark (2010) som visar att underväxt av gran och björk ökar med stigande ståndortsindex. Insådden av björkar ökar även efter utförd markberedning (Örlander & Gemmel, 1989). Att uppslag av björk ökar i fuktiga partier med närhet till fröspridande björkar stöds i forskning gällande björk (Almgren, 1990; Karlsson *et al.*, 1998). Utifrån resultaten och andra studier gällande effekter av toppröjning kan man dra en försiktig slutsats att toppröjning kan vara ett alternativ till enkelställning i framförallt täta naturliga föryngringar av tall och björk där stamantalet initialt är högre jämfört med planterade bestånd. Resonemanget stöds av tidigare resultat av studier i naturligt föryngrade bestånd av tall och björk (Fällman *et al.*, 2003; Ligné, 2004; Timblad, 2012). Toppröjning skulle även kunna ha potentiell effekt i planterade bestånd där det finns stort uppslag av naturligt föryngrad björk som kan konkurrera med huvudstammarna. Utifrån det resonemanget så är det inte troligt att toppröjning kommer ha en positivt kvalitétanande effekt jämfört med enkelställning i glesa planterade bestånd, på svaga boniteter, med fuktighetsklass torr. För att öka kunskapen om toppröjningens potentiella effekt är det viktigt att noggrant utreda konkurrensförhållandet mellan toppröjda bistammar och huvudstammar.

Toppröjning skulle kunna appliceras i framtida svenskt skogsbruk, exempelvis i en flerstegsröjning. Toppröjningen skulle kunna sättas in som ett första steg när det finns risk för piskskador på huvudstammarna av naturligt föryngrad björk. Toppröjningen skulle då främst inriktas på stammar med skador och stammar bedöms ge upphov till piskskador på huvudstammarna. Att röja enligt denna metod skulle kunna vara en tidsbesparande åtgärd, speciellt vid användandet av den nyutvecklade kedjeröjsågen (Gunnarsson, 2010). Om de finns risk att bistammarna växer i kapp huvudstammarna så finns möjligheten att göra en enkelställning innan fem meters höjd för att säkerställa huvudstammarnas överlevnad. Om det visar sig att bistammarna överlever men inte utgör en risk för huvudstammarna kan det i framtiden vara möjligt att ta ut bistammarna som biobränsle i samband med första gallring. För att det skall vara möjligt krävs teknikutveckling, där möjligtvis krankorridorgallring kan vara ett alternativ (Bergström *et al.*, 2007; Bergström *et al.*, 2010).

Ett problem när det gäller toppröjning är att det kan vara svårt att kontrollera höjdtutvecklingen hos bistammarna. Resultat från studier i toppröjda björkbestånd har visat att höjden som bistammarna toppröjs till är avgörande för dess överlevnad (Karlsson & Albrektson, 2000). Timblad (2012) visar i ett toppröjningsförsök i naturligt föryngrad tallungskog att de toppröjda bistammarna inte har växt i kapp huvudstammarna, utan förhållandet har istället varit det omvända. Toppröjningen av bistammarna skedde till 50 % respektive 70 % av hudstammarnas höjd (Timblad, 2012). Problem kan dock uppstå på ståndorter där björken har större konkurrensförmåga och toppröjningen inte sker på korrekt höjd. Det kan leda till att bistammarna inte konkurreras ut innan tidpunkt för första gallring. Om bistammarna överlever och tar över beståndet kan effekterna på huvudstammarna bli mycket negativa i enlighet med de resultat som Walfridsson (1976) presenterade samt även leda till en kostsam förrrensning (Gunnarsson, 1992). Toppröjning kan även innebära att bestånden behöver ökad tillsyn för kontroll av bistammarnas höjdtillväxt och konkurrensförmåga. Dessa möjligheter och risker talar både för och emot att toppröjning skulle kunna appliceras i större skala. För att toppröjning skall kunna appliceras i praktiskt skogsbruk så krävs större kunskap om toppröjda bistammars överlevnadsförmåga i planterade tallungskogar vid olika toppröjningshöjder på olika ståndorter. Det krävs även mer omfattande kunskaper angående hur de toppröjda bistammarna påverkar huvudstammarna för att kunna avgöra om toppröjning är en lämplig röjningsform vid skötsel mot produktion av högkvalitativ sågtimmerråvara.

4.3 Analys av uteblivna effekter inom de schematiska röjningsformerna

De schematiska röjningsformerna i studien röjdes till olika förband, då stråkröjningen hade som röjmåttal 2000 stammar per hektar och korridoröjningen utfördes med korridorbredd på två meter och en mellanzonsbredd på en meter. Det leder till att i korridoröjningens röjda mellanzon så finns det ett betydligt större stamantal jämfört med stråkröjningens röjda mellanzon. Enligt tidigare studier kan det resultera i lägre diametertillväxt hos huvudstammar av tall jämfört med stråkröjning och enkelställning (Pettersson, 1986), vilket även stöds av de resultat som Walfridsson (1976) presenterade angående lövslyets negativa effekt på tallens diametertillväxt. Pettersson (1986) visar att stråkröjning kan leda till minskad möjlighet att spara framtidstammar med hög kvalitet, måttliga produktionsförluster, grövre kvist i rotstock samt liten skillnad i diameterutveckling jämfört med enkelställning. Resultaten i den här studien visar dock inte på några signifikanta skillnader mellan schematiska röjningsformer och selektiva röjningsformer, gällande någon av de studerade variablerna. Uteblivna skillnader mellan enkelställning och stråkröjning är dock i linje med opublicerade resultat från en stråkröjningsstudie och utifrån praktisk erfarenhet (Bergkvist, 2012 pers. kom.)

Att inga signifikanta skillnader kunde registreras mellan selektiva och schematiska röjningsformer kan delvis härledas till att stråkröjningen och korridoröjningen drabbats av kraftiga betesskador. Det har resulterat i färre antal analyserbara huvudstammar och större andel skadade stammar jämfört med de selektiva röjningarna, vilket bidragit till obalans mellan försöksblocken i försöket. En möjlig orsak är även att i korridoröjningen utsätts tallen för en hårdare konkurrens av naturligt föryngrad björk och gran jämfört med selektiva röjningsformer. Därför får tallen svårare att hävda sig i förhållande till naturligt föryngrad björk och gran och därmed minskar sannolikheten att tallen överlever. Det visade sig i försöket genom att antalet analyserbara huvudstammar av tall i korridoröjningen i medeltal var 467 stammar ha^{-1} , i jämförelse med stråkröjningen som hade 667 stammar ha^{-1} och

enkelställningen och toppröjningen som hade 1200 stammar ha⁻¹. På grund av avsaknaden av huvudstammar är det svårt att dra några långtgående slutsatser angående de schematiska röjningsformernas påverkan på tallens yttre kvalitetsvariabler. Betesskadorna kan delvis härledas till förekomst av asp (*Populus tremula* L.) på två parceller, vilken kan ha bidragit till att älg har återkommit flertalet gånger till parcellen och betat frekvent på både rotskott av asp och även huvudstammar av tall. Detta bekräftas av anteckningar som gjordes vid försökets anläggande där älgskador noterades. Resultat från forskning visar att röjda tallungskogar med iblandning av löv ofta utsätts för större betesskador jämfört med trädslagsrena bestånd (Lavsund, 2003).

En försiktig slutsats är att det kan vara fördelaktigt att minska förekomsten av asp i bestånd som är lämpliga för stråkröjning om man vill minska risken för betesskador av älg. Analys av skadornas placering och typ av skador visade att sprötkvist var mest förekommande samt att 86 % av skadorna fanns upp till tre meters höjd. Eftersom ingen komplett analys av skadorna utfördes vid försökets anläggande kunde det inte klarläggas om skadorna tillkommit före eller efter att röjningen utfördes och därmed var det inte heller möjligt att fastslå om någon av röjningsformerna leder till högre skadenivåer.

Utifrån resultaten är det svårt att ge tydliga rekommendationer gällande om och när det kan vara lämpligt att utföra stråkröjning respektive korridoröjning. Korridoröjning är inte en metod som i första hand syftar till att producera sågtimmerråvara av tall, utan är mer inriktad på skörd av biobränsle. Anledningen till det är att det totala stamantalet i mellanzonen blir högt och på många marker med stort inslag av björk. Det leder ofta till mindre gagnvirkesmängd, mindre diametertillväxt och stor risk att tallen piskas sönder under ungskogsfasen. Resonemanget stöds av resultaten som Pettersson (1986) presenterade samt observationer och mätdata från den här studien. Effekterna av korridoröjning har studerats i lite omfattning i svenskt skogsbruk både när det gäller biologiska effekter och prestationsbaserade parametrar vid röjning av planterad tallungskog.

Angående stråkröjningens applicerbarhet i praktiskt skogsbruk kan den vara mer praktisk tillämpbar jämfört med korridoröjning vid kvalitetsinriktad skogskötsel av tall. Det främst på grund av att den erbjuder möjligheten till både selektivitet och schematiska ingrepp, vilken kan vara tidsbesparande (Bergkvist, 2007) samtidigt som det inte medför några större kvalitetsnedsättningar eller tillväxtförluster (Pettersson, 1986). Utifrån resultaten i den här studien är det inte möjligt att uttala sig med säkerhet angående dess effekt på studerade variabler, vilket innebär att det krävs ytterligare studier som belägger de resultat som Bergkvist (2007) och Pettersson (1986) presenterade för att med större säkerhet kunna applicera stråkröjning i större skala.

4.4 Effekt av röjningsform på elasticitetsmodul och årsringsbredd

Studiens andra steg syftade till att utreda om röjningsformen hade effekt på elasticitetsmodulen och årsringsbredden hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006. Resultaten visade att röjningsformen inte hade någon effekt på elasticitetsmodulen. Studien jämförde behandlingseffekter mellan röjningsformerna enkelställning och toppröjning. Eftersom ingen tidigare studie har analyserat denna frågeställning fanns det inte heller några riktigt relevanta resultat att jämföra med. Tidigare studier har främst behandlat effekten av enkelställningens intensitet på fysikaliska egenskaper, där man utifrån en given referenshöjd i trädet tagit provbitar och analyserat dessa vidare (Ulvcrona, 2012 pers. kom.).

Forskningsresultaten är främst från Kanada och studerade trädslag är balsamgran (*Abies balsamea* L.), svartgran (*Picea mariana* Mill.) och banksianatall (*Pinus banksiana* Lamb.). Resultaten påvisar att elasticitetsmodulen är negativt korrelerad mot röjningsintensiteten (Zhang *et al.*, 2006; Tong *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2009). Det innebär att elasticitetsmodulen minskar med ökad röjningsintensitet. I och med att de toppröjda parcellerna och de enkelställda parcellerna i den här studien röjdes med samma intensitet så skulle det med stöd i ovanstående studier innebära att mätvärden för elasticitetsmoduler inte skulle skilja mellan röjningsformerna, vilket också var fallet.

Skillnaderna mellan den här studien och tidigare studier är dock stora vad avser trädslag, mätmetoder och ståndort. I den här studien var det ingen skillnad i röjningsintensitet mellan toppröjning och enkelställning. Skillnaden mellan röjningsformerna låg i förekomst av toppröjda bistammar, enligt tidigare resonemang. Resultatet visade att det inte fanns någon signifikant skillnad i elasticitetsmodul mellan röjningsformerna vilket indikerar att konkurrensen från de kvarlämnade bistammarna inte har bidragit till en högre elasticitetsmodul efter röjningen, i studerade årsskott. Det stöds av de resultat som Ahnlund Ulvcróna (2011) presenterade angående mindre tallstammars konkurrensförmåga på huvudstammar av tall i norra Sverige.

Resultaten är också i linje med de resultat som presenterades i studiens första steg, där inga signifikanta skillnader kunde registreras angående någon av de yttre variablerna. Resultaten styrker teorin att om inga signifikanta skillnader i effekter av röjningsformen erhålls genom studier av yttre variablerna så är sannolikheten stor att det inte heller kommer att skilja något i effekt gällande de inre mekaniska korttidsegenskaperna så som elasticitetsmodul.

När det gäller skillnader i medelvärden för elasticitetsmodul mellan toppröjning och enkelställning kan det härledas till urvalet av provträden (Figur 6). Provträden från parceller röjda med enkelställning hade signifikant större volym per provträd (p-värde 0,016) och tendens till större diameter (p-värde 0,063), vilket leder till att årsringsbredden blir större (Figur 7) och därmed minskar elasticitetsmodulen (Figur 8). Skillnaden i effekt mellan röjningsformerna blev trots detta inte signifikant vilket tyder på att det finns andra variabler som påverkar elasticitetsmodulen i de studerade årsskotten. I det här fallet kan mikrofibrillvinkeln spela en avgörande roll eftersom den varierar mellan träd och studier har visat att variationen är störst då juvenilverden jämförs mellan olika träd (Donaldson, 2008).

4.5 Effekt av röjningsform på samband mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul

Studiens tredje steg syftade till att utreda om röjningsformen hade effekt på sambandet mellan årsringsbredd och elasticitetsmodul hos tall, i årsskott från år 2004, 2005 och 2006. Resultaten visar att röjningsformen inte hade någon effekt på sambandet.

Resultatet visar på att elasticitetsmodulen är negativt korrelerad mot årsringsbredden, vilket innebär att när årsringsbredden ökar så minskar elasticitetsmodulen (Figur 8; tabell 5). Det överensstämmer med de resultat som Ulvcróna & Ahnlund-Ulvcróna (2011) presenterade i en studie gällande kombinationseffekter av röjning och gödsling i tallungskog.

Resultaten visar även att årsringsbredden är signifikant skild från varandra mellan år (Tabell 4; Figur 7). Det innebär att årsringsbredden är större i årsskott från år 2005 jämfört med 2004, vilket således medför att elasticitetsmodulen minskar mellan årsskott 2004 och 2005.

Förklaringen att elasticitetsmodulen minskar är att provbitar som är tagna i årsskott från 2005 har större andel vårdved i årsringen, lägre kambial ålder samt också troligen lägre mikrofibrillvinkel jämför med årsskottet från år 2004. Resonemanget stöds också av resultat från en studie i gran (*Picea abies* (L.) Karst.) som visat att elasticitetsmodulen minskar ju högre upp i trädet man kommer samt att andelen juvenilved ökar med ökad trädhöjd (Brüchert *et al.*, 2000).

4.6 Felkällor

Studien genomfördes endast på en lokal, vilket innebär att datamaterialet är litet och det är därmed svårt att avgöra om resultaten är giltiga för andra lokaler än den studerade. En parcell som var röjd med stråkröjning och korridoröjning var kraftigt älgbetad, vilket kan ha inverkat på de statistiska analyserna. När det gäller analys av elasticitetsmoduler kan urvalet av provträd ha påverkat resultatet, där träd från de enkelställda parcellerna hade en signifikant större volym jämfört med provträden från de toppröjda parcellerna. Resultatet indikerar dock att detta inte hade avgörande betydelse. Ett fel som uppkom under analysen av provbitarna var att några enstaka bitar hade gjorts lite för tjocka, vilket medförde att det blev märken i de provbitarna när de analyserades, vilket medförde att elasticitetsmodulen underskattades något för dessa bitar. Det påverkade troligen slutresultatet i en mycket liten utsträckning.

4.7 Slutsatser och framtidsutsikter

Resultaten från den här studien pekar på att röjningsformen har liten betydelse för tallens tillväxt och kvalitetsvariabler i tallbestånd uppkomna genom plantering. Det förutsätter att röjningstidpunkt, röjningsintensitet och bonitet inte skiljer sig åt mellan röjningsformerna. Eftersom inga signifikanta skillnader återfanns mellan röjningsformerna så indikerar det att framtida planterade tallbestånd bör röjas med den röjningsform som medför minsta totala röjningskostnad innan första gallring. Slutsatser dragna utifrån litteraturen indikerar att det fortfarande är av vikt att undvika tidiga och intensiva röjningar om målet är producera sågtimmer av hög kvalitet.

Utifrån tidigare studier, mätresultat och observationer så dras slutsatsen att korridoröjning inte är en lämplig röjningsform om målet är att producera högkvalitativ sågtimmer råvara av tall. Det främst på grund av risken att tallhuvudstammarna utkonkurreras av naturligt föryngrad björk.

Stråkröjning kan i framtiden vara ett intressant komplement till enkelställningen främst tack vare dess potential att öka effektiviteten i röjningsarbetet och därmed minska röjningskostanden. Stråkröjningen är även den röjningsform som har störst potential när det gäller att kunna kombinera röjning med biobrännleskörd. För att stråkröjning skall kunna användas i storskaligt skogsbruk krävs dock omfattande teknikutveckling samt studier angående dess biologiska effekter och effektivitet i röjning vid olika beståndsförutsättningar.

Toppröjningen har potential att vara ett bra komplement till enkelställning, framförallt vid flerstegröjning där den nyutvecklade kedjeröjsågen kan innebära att toppröjningen blir mer effektiv. Toppröjningen medför ökad risk för okontrollerad tillväxt av bistammar, vilket kan

medföra stora kostnader i form av ökade arealer som behöver underväxtröjas innan tidpunkt för första gallring. För att toppröjning skall kunna konkurrera långsiktigt med enkelställning krävs därför att teknikutvecklingen går framåt och gör det lönsamt att skörda även mindre stammar, exempelvis genom krankorridorgallring. Ytterligare studier krävs även för att utreda konkurrensförhållandet mellan toppröjda bistammar och huvudstammar för att klarlägga om toppröjning är en kvalitetsförbättrande röjningsform jämfört med enkelställning eller ej.

5 Tillkännagivanden

Jag vill främst rikta ett stort tack till min handledare Thomas Ulvcrona, som under hela arbetets gång bidragit med kunskap, förståelse och lyhördhet på ett mycket professionellt sätt. Stort tack!

Jag vill även tacka min biträdande handledare Anders Karlsson som initierade projektet och även för att ha bidragit med värdefull information och engagemang i projektets startfas.

Tack till Magnus Ekström och Sören Holm för stöd och hjälp med statistiken!

Med stor tacksamhet vill jag framföra mina kurskamrater Jonas Johansson, Mattias Wählberg von Knorring och Mikael Sörhult för hjälp vid inmätning, avverkning och uttransport av provträd!

Jag vill även framföra ett stort tack till Linda Kristiansson och Annika Braman-Eriksson för goda råd och gedigen korrekturläsning!

Umeå, 2012-02-17

Axel Eriksson

6 Litteraturlista

- Agestam, E., Ekö, P.M. & Johansson, U. (1998). Timber quality and volume growth in naturally regenerated and planted Scots pine stands in S. W. Sweden, *Studia forestalia Suecica*, 20. Uppsala, Stockholm, Almqvist & Wiksell International.
- Ahnlund Ulvcrona, K. (2011). *Effects of silvicultural treatments in young Scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvests*. Diss. Umeå, Inst. För skogens ekologi och skötsel. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Ahnlund Ulvcrona, K., Claesson, S., Sahlen, K. & Lundmark, T. (2007). The effects of timing of pre-commercial thinning and stand density on stem form and branch characteristics of *Pinus sylvestris*. *Forestry* 80(3), 323-335.
- Almgren, G. (1990). *Lövskog : björk, asp och al i skogsbruk och naturvård*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Anon. (1994). *Skogsordlista : Forestry vocabulary : sv-en-de-fi*. Danderyd, Solna, Sveriges skogsvårdsförbund; Tekniska nomenklaturcentralen.
- Anon. (2000). *Skogencyklopedin - 8400 artiklar och ordförklaringar*. Stockholm: Sveriges skogsvårdsförbund.
- Anon. (2001). *Nationalencyklopedin. (Bd) 25, 2000*. Malmö: Bra böcker.
- Anon. (2002). *Pines of silvicultural importance*. Wallingford: CABI.
- Anon. (2008). Mättningsinstruktion för sågtimmer av tall och gran (VMR 1-07), Tillgänglig: http://ny.sdc.se/admin/PDF/pdffiler_VMUVMK/M%C3%A4ttningsinstruktioner/M%C3%A4ttningsinstruktion%20barrs%C3%A5gtimmer%20VMR%201-07.pdf.
Uppdaterad 2012-02-08
- Anon. (2011). Kompendium i virkesmätning, Del 4, Mätning av barrsågtimmer, 2011-10-25 Tillgänglig: http://sdc.se/admin/PDF/pdffiler_VMUVMK/Kompendium/Kompendiet%20del%20IV%20s%C3%A5gtimmer%202011-10-25.pdf., Uppdaterad 2012-02-08
- Bendtsen, B.A. & Senft, J. (1986). Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation grown eastern cottonwood and loblolly-pine. *Wood and Fiber Science* 18(1), 23-38.
- Bergkvist, I. (2006). Praktisk uppföljning visar att stråkröjning har stor potential. *Resultat / Skogforsk, 2006:2*
- Bergkvist, I. (2007). Stråkröjning i praktisk drift 2005-2006 - Corridor cleaning in practical operations 2005-2006. *Redogörelse / Skogforsk, 2007:1*
- Bergkvist, I. (2012). Specialist på avverkningsmetoder och maskinteknik, Skogforsk, Uppsala Muntlig kommunikation. 2012-02-15.
- Bergström, D., Bergsten, U. & Nordfjell, T. (2010). Comparison of Boom-Corridor Thinning and Thinning From Below Harvesting Methods in Young Dense Scots Pine Stands. *Silva Fennica* 44(4), 669-679.
- Bergström, D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. (2007). Simulation of geometric thinning systems and their time requirements for young forests. *Silva Fennica* 41(1), 137-147.
- Brandel, G. (1990). *Volymfunktioner för enskilda träd : tall, gran och björk = Volume functions for individual trees : Scots pine (Pinus sylvestris), Norway spruce (Picea abies) and birch (Betula pendula & Betula pubescens)*. Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion
- Brüchert, F., Becker, G. & Speck, T. (2000). The mechanics of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst): Mechanical properties of standing trees from different thinning regimes.

- Forest Ecology and Management* 135(1-3), 45-62.
- Chatterjee, S. (2006). *Regression analysis by example*. Hoboken, NJ, Wiley.
- Dinwoodie, J.M. (2000). *Timber : its nature and behaviour*. London, E. & F. N. Spon.
- Donaldson, L. (2008). Microfibril angle: Measurement, variation and relationship - a review. *Iawa Journal* 29(4), 345-386.
- Egnell, G. (2008). *Biobränslemarknaden i Sverige : en nulägesanalys*. Vindeln, Vindelns Försöksparker, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Fahlvik, N. (2005). *Aspects of precommercial thinning in heterogeneous forests in southern Sweden*. Alnarp, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Fahlvik, N., Eko, P.M. & Pettersson, N. (2005). Influence of precommercial thinning grade on branch diameter and crown ratio in *Pinus sylvestris* in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20(3), 243-251.
- Fällman, K., Ligne, D., Karlsson, A. & Albrektson, A. (2003). Stem quality and height development in a *Betula*-Dominated stand seven years after precommercial thinning at different stump heights. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18(2), 145-154.
- Glöde, D. (2003). 30 år med maskinell röjning : summering av utförd FoU och analys av framtida potential - Thirty years of mechanized cleaning : a summary of the research and an analysis of future potential. *Redogörelse / Skogforsk*, 2003:4.
- Gunnarsson, M. (2010). *Effektivare röjningssätt med kedjeröjsågen? More effective clearing with the new brush saw with a chain?*, Examensarbete / SLU, Skogsmästarprogrammet ; 2010:17, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan, Skinnskatteberg.
- Gunnarsson, P. (1992). *Bestånd med underväxt - rätt åtgärd på rätt plats sänker kostnaderna Understorey growth - the right action at the right place cut costs*. Redogörelse - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten 1992, (no. 1), p. 8, 16-17, 65-68
- Hallsby, G. (2007). *Nya tiders skog : skogsskötsel för ökad tillväxt*. Stockholm: (LRF Skogsägarna).
- Heikkilä, J., Ylimartimo, M. & Mäkinen, P. (2005). Time consumption, work quality and cost of mechanised precommercial thinning. *Baltic Forestry* 11(1), 73-79.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. (1987). Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. *Folia Forestalia*, Institutum Forestale Fenniae (685) 48 pp
- Huuskonen, S. & Hynynen, J. (2006). Timing and intensity of precommercial thinning and their effects on the first commercial thinning in Scots pine stands. *Silva Fennica* 40(4), 645-662.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E. (2003). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. D. 2, Diagram och tabeller*. Jönköping, Skogsstyrelsen.
- Kaivola, A. (1996). Trends in the tending of young stands and its mechanization in Finland. *Report - SkogForsk* (2), 176-188.
- Karlsson, A. & Albrektson, A. (2000). Height development of *Betula* and *Salix* species following precommercial thinning at various stump heights: 3-year results. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15(3), 359-367.
- Karlsson, A., Albrektson, A., Forsgren, A. & Svensson, L. (1998). An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. *Silva Fennica* 32(3), 229-240.
- Karlsson, A. (2012). Forskare, Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. För skoglig ekologi och skötsel. Muntlig kommunikation. 2012-02-15.
- Karlsson, L., Bergsten, U., Ulvcróna, T. & Björn, E. (2012). Long-term effects on growth and yield of corridor thinning in young Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* (Opublicerat manuskript).
- Lavsund, S. (2003). *Skogsskötsel och älgskador i tallungskog*. Uppsala: SkogForsk. Resultat / Skogforsk, 2003:6

- Ligné, D. (2004). *New technical and alternative silvicultural approaches to pre-commercial thinning*. Umeå, Sweden: Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet. Diss).
- Lundmark, J.-E. (1988). *Skogsmarkens ekologi : ståndortsanpassat skogsbruk. D. 2, Tillämpning*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Michold, B. (1991). *Toppkapning av bistammar i tallungskog = Topping of side stems in young forest of Pinus sylvestris*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Oliver, C.D. & Larson, B.C. (1996). *Forest stand dynamics*. New York: Wiley.
- Olsson, S. (2004). *Behandling av konfliktbestånd: problem och möjligheter*. Examensarbete, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Peltola, H., Kilpelainen, A., Sauvala, K., Raisanen, T. & Ikonen, V.-P. (2007). Effects of early thinning regime and tree status on the radial growth and wood density of Scots pine. *Silva Fennica* 41(3), 489-505.
- Persson, A. (1976). *Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet- The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine*. Rapporter och uppsatser, Institutionen för skogsproduktion, Skogshögskolan, 42, Stockholm:
- Pettersson, F. (2001). *Effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog- Impact of different cleaning regimes on the development of Scots-pine stands*. Uppsala: SkogForsk. Redogörelse - Skogforsk, 2001:4
- Pettersson, N. (1986). *Korridoröjning i självsådd tallungskog : Line thinning in young natural regenerated pine stands*. Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, 17 Garpenberg.
- Pettersson, N. (1993). The effects of density after precommercial thinning on volume and structure in Pinus Sylvestris and Picea Abies Stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8(4), 528-539.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2010). *Skogsskötselserien - 6. Röjning: (Skogsstyrelsen)*.
- Ruha, T. & Varmola, M. (1997). Precommercial thinning in naturally regenerated Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica* 31(4), 401-415.
- Ryans, M. & St-Amour, M. (1996). Mechanized systems for early stand tending in central and eastern Canada. *Rapport - SkogForsk* (2), 189-198.
- Salminen, H. & Varmola, M. (1990). Development of Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. *Folia Forestalia* (752).
- Sars, L. (2012). *Röjningsformens effekt på den yttre kvalitén hos björkstammar när beståndet närmar sig första gallring : The effect of precommercial thinning on stem quality of birch stems when the stand is approaching the first thinning*. Examensarbete i skogsvetenskap vid institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, (Opublicerat manuskript)
- Sjolte-Jørgensen, J. (1967). The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. *Int. Rev. For. Res. N. Y.* 2, 43-94.
- Thernström, P.-O. (1982). Några resultat från sex röjningsförsök med röjning i tallungskog vid olika beståndsålder). In: *Examensarbete i ämnet skogsskötsel, 1982:3*. Garpenberg. pp. 69, [9] s.
- Timblad, D. (2012). Kvalitet och skador i tallungskog efter röjning vid olika stubbhöjder : Quality and damage in a Scots pine-dominated young stand after precommercial thinning at different stump heights. *Examensarbete i skogsvetenskap vid institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, (Opublicerat manuskript)*
- Tong, Q.-J., Fleming, R.L., Tanguay, F. & Zhang, S.Y. (2009). Wood and lumber properties from unthinned and precommercially thinned black spruce plantations. *Wood and Fiber Science* 41(2), 168-179.

- Ulvcrona, T. (2012). Forskare. Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning, Muntlig kommunikation. 2011-11-11.
- Ulvcrona, T. & Ahnlund Ulvcrona, K. (2011). The effects of pre-commercial thinning and fertilization on characteristics of juvenile clearwood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Forestry* 84(3), 207-219
- Vahlberg, G. (2012). Försäljningsingenjör. Martinssons, Bygdsiljum, Muntlig kommunikation. 2012-02-08.
- Varmola, M., Kolstrom, T. & Mehtatalo, E. (1998). The effect of release cutting on the growth and external quality of the dominant trees in a *Pinus sylvestris* stand established by spot sowing. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13(2), 151-159.
- Varmola, M. & Salminen, H. (2004). Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19(2), 142-151.
- Vestjordet, E. (1977). Precommercial thinning of young stands of Scots pine and Norway spruce: I: Data, stability, dimension distribution, etc : Avstandsregulering av unge furu- og gran-bestand: I: Materiale, stabilitet, dimensjonsfordeling, m.v.: *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*. s. 309-436; 33.
- Wahlgren, A. (1922). *Skogsskötsel : handledning vid uppdragande, vård och föryngring av skog*. Stockholm, Norstedt.
- Walfridsson, E. (1976). *Lövets konkurrens i barrkulturen : examensarbete utfört inom ämnet skogsskötsel*. Stockholm: (Skogshögskolan).
- Weslien, H. (1983). *Värdeklassificering av sågtimmer med objektiva mätbara faktorer. D. 1, Klassificering av talltimmer*. Uppsala. Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära, 140
- Wilhelmsson, E. (2009). *Introduktion till mätning av träd och bestånd*. Umeå: (Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet).
- Zhang, S.Y., Chauret, G., Swift, D.E. & Duchesne, I. (2006). Effects of precommercial thinning on tree growth and lumber quality in a jack pine stand in New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 36(4), 945-952.
- Zhang, S., Chauret, G. & Tong, Q. (2009). Impact of precommercial thinning on tree growth, lumber recovery and lumber quality in *Abies balsamea*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24(5), 425-433.
- Örlander, G. & Gemmel, P. (1989). Markberedning. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*, 89:3, s. 53.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2011:6 Författare: Fredrik Hedlund
Dimensionsavverkningens inverkan på natur och kulturvärden i fjällnära naturskog – en jämförelse av två områden inom Harrejaur naturreservat i Norrbotten
- 2011:7 Författare: Linda Nilsson
Skogar med höga sociala värden inom Sundsvalls kommun – olika intressenters attityd till den tätortsnära skogen och dess skötsel
- 2011:8 Författare: Charlotte Naucér
Kan urskog vara kulturlandskap? – En tvärvetenskaplig studie av kulturspår och naturvärden i Eggelatsområdet
- 2011:9 Författare: Anton Larsson
Val av markbehandlingsmetod inom Sveaskogs innehav i norra Sverige
- 2011:10 Författare: Hanna Lundin
Lika oriktigt, som det är att ensidigt hålla på blädning lika förnuftsvidrigt är det att endast vilja förorda traktuggning” – Tidiga kalhyggen i Norrland
- 2011:11 Författare: Ida Karlsson
Brunnsröjning med kedjeröjsåg – effekter på kvarvarande bestånd
- 2011:12 Författare: Elsa Järvholm
Högskärmor och kalhyggesfritt skogsbruk på bördig mark i Medelpad
- 2011:13 Författare: Susanne Wiik
Kalkbarrskogar i Jämtland – vad karakteriserar de områden där kalkberoende mykorrhizasvampar förekommer?
- 2011:14 Författare: Andreas Nilsson
Krymper barrmassaved vid lagring? – En fallstudie i SCA:s Tövasystem
- 2011:15 Författare: Steve Fahlgren
Kärnvedsbildning i tall (*Pinus sylvestris* L.) – Startålder samt årlig tillväxt i Västerbotten
- 2011:16 Författare: Kerstin Frid
Kan hamlingen fortleva som tradition? – en studie över hamlingens historia och framtid i Bråbygden med omnejd
-
- 2012:1 Författare: Liisa Sars
Röjningsformens effekt på den yttre kvalitén hos björkstammar när beståndet närmar sig första gallring
- 2012:2 Författare: Daniel Timblad
Kvalitet och skador i tallungskog efter röjning vid olika stubbhöjder
- 2012:3 Författare: Aron Sandling
Epiphytic lichen flora in a boreal forest chronosequence
- 2012:4 Författare: Elsa Bengtsson
Leaf area index in *Vittetaria Paradoxa* parklands in Burkina Faso estimated by light interception and leaf sampling
- 2012:5 Författare: Tomas Jansson
Estimation of reindeer lichen biomass by image analysis

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se