



**Kandidatarbeten  
i skogsvetenskap**  
Fakulteten för skogsvetenskap

2012:27

**Skogsbränsleuttag vid förstagallring och dess  
påverkan på beståndsutveckling**  
Simulering i Heureka med olika skötselprogram

*Forest fuel extraction in first commercial thinning and the effects  
on stand development*  
*Simulation in Heureka with different management regimes*



Erik Olsson och Sebastian Helgée

# **Skogsbränsleuttag vid förstagallring och dess påverkan på beståndsutveckling**

**Simulering i Heureka med olika skötselprogram**

## *Forest fuel extraction in first commercial thinning and the effects on stand development*

*Simulation in Heureka with different management regimes*



**Erik Olsson**

**Sebastian Helgée**

# **SLU, Sveriges lantbruksuniversitet**

Författare: Erik Olsson och Sebastian Helgée

Titel svenska: Skogsbränsleuttag vid förstagallring och dess påverkan på beståndsutvecklingen

Titel engelska: Forest fuel extraction in first commercial thinning and the effects on stand development

Nyckelord: Skogsbränsle, biobränsle, gallring, eftersatta bestånd och konfliktbestånd

Keywords: Forest fuel, biofuel, commercial thinning, unmanaged stands and dense stands

Handledare: Erik Valinger, skogens ekologi och skötsel och Torgny Lind, skoglig resurshushållning

Examinator: Tommy Mörling, skogens ekologi och skötsel

Kurstitel: Kandidatarbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX 0592

Program: Jägmästarprogrammet

Omfattning på arbetet: 15 hp

Nivå och fördjupning på arbetet: G2E

Utgivningsort: Umeå

Utvigningsår: 2012

## Sammanfattning

Bestånd där röjning uteblivit eller varit bristfällig är ofta stamtäta och har låg medeldiameter när de växer in i gallringsfas. I sådana bestånd kan det ofta vara dyrt att göra ett konventionellt massavedsuttag som förstagallring. Den här studien undersöker beståndsutvecklingen och det ekonomiska utfallet av att göra ett skogsbränsleuttag i form av helträd eller ett kombinerat uttag av massaved och GROT som alternativ till det ordinära massavedsuttaget. Simuleringar i Heureka StandWise har genomförts för två klena och stamtäta typbestånd, vilka är konstruerade av data från riksskogstaxeringen. Simuleringarna visar att uttag av skogsbränsle i förstagallringar i ett tidigt skede kan ge ett bättre netto jämfört med konventionellt massavedsuttag vid samma tidpunkt eller senare. Ett tidigt skogsbränsleuttag eller ett kombinerat uttag resulterade i ett högre nuvärde för hela omloppstiden. Studien pekar på att skogsbränslepriset och produktivitet vid skogsbränsleskörd har stor inverkan på vilket alternativ som bör väljas.

Nyckelord: Skogsbränsle, biobränsle, gallring, eftersatta bestånd och konfliktbestånd.

## **Abstract**

Stands where pre commercial thinning has been ignored or inadequate often tend to have high stem density and low average diameter when they reach heights of thinning. In such stands, it can often be expensive to do a conventional pulpwood harvest as a first thinning. This study investigates the development of the stands and the economic outcome of forest fuel extraction, or a combined harvest as alternatives to the ordinary pulpwood harvest. Simulations in Heureka StandWise were performed for two thin and dense stands, which were constructed by data from the Swedish National Forest Inventory. The simulations show that the extraction of forest fuel in first thinning at an early stage can provide higher net revenue compared to conventional pulpwood harvest at the same time or later. An early forest fuel extraction or a combined harvest resulted in higher present value for the entire rotation period. The study indicates that forest fuel prices and productivity of forest fuel harvest has a major impact on which option should be selected.

Keywords: Forest fuel, biofuel, commercial thinning, unmanaged stands and dense stands

# Inledning

## Bakgrund

Av Sveriges totala produktiva skogsmarksareal sköts den övervägande delen enligt trakthyggesbruk. Vid trakthyggesbruk bör en rad vedertagna skötselåtgärder göras under en omloppstid för att beståndet ska utvecklas på ett tillfredsställande sätt och ge framtida intäkter. Om dessa åtgärder inte görs i tid blir bestånden eftersatta och åtgärder för att rädda dem kan bli dyra.

Röjning är ett beståndsutglesande skötselåtgärde utan uttag av virke. Röjning är normalt en lönsam investering som ger en långsiktig effekt på beståndets utveckling. En aktiv och anpassad skötsel av unga bestånd ökar och styr tillväxten till tänkta framtidsstammar och minskar skaderisken i beståndet. Samtidigt skapar det förutsättningar för lägre avverkningskostnader och högre intäkter då mer grovt timmer kan tas ut vid framtida gallringar och förnygringsavverkning. Röjning var mellan 1979 och 1994 lagstiftad vilket ledde till en ökning av den årligt röjda arealen under perioden från cirka 200 000 ha till 350 000 ha. Efter att lagstiftningen togs bort 1993 minskade denna areal kraftigt och var under flera år på 1990-talet och 2000-talet under 200 000 ha per år, för att återigen öka och 2008 ligga på ca 370 000 ha (Egnell, 2009). Riksskogstaxeringen visar vidare att det i landets skogar finns ca 1 200 000 hektar ungskog som klassas under rubriken ”akut röjningsbehov”, vilket innebär att röjning inte skett eller varit bristfällig. Av denna areal utgörs ca 1 000 000 hektar av huggningsklass B3 och C1 (Skogsstyrelsen, 2007). Huggningsklass B3 är skog lägre än 3 meter och med medeldiameter under 10 cm, C1 är skog lägre än 12 m och med medeldiameter över 10 cm. Dessa skogar kommer att växa in i gallringsfas och bli eftersatta. Eftersatta bestånd som växer in i gallringsfas kan ge upphov till beslutssvårigheter då givna skötselmallar inte finns att tillgå. Bestånden blir stamtäta, heterogena och får en låg medeldiameter. Någon form av åtgärd måste vanligen utföras för att rädda beståndets framtida diameterutveckling och förbättra ekonomin i kommande åtgärder (Anon., 1969). Kostnaden för avverkning i eftersatta bestånd varierar mycket beroende på diameter, medelhöjd, underväxt och antal stammar/ha. Att endast röja ett eftersatt bestånd är både tidskrävande och dyrt. Ett massavedsuttag blir ofta olönsamt eftersom avverkningskostnaderna blir höga. Som alternativ kan skogsbränsleuttag effektivisera tillvaratagandet i eftersatta bestånd betydligt.

## Marknad

Skogsbränsle är idag det tredje största sortimentet vid sidan av timmer och massaved, vilket i huvudsak utgörs av grenar och toppar (GROT) från slutavverkningar (Egnell, 2009). År 2008 antog sig medlemsländerna i den Europeiska Unionen (EU) ett klimat- energipaket. Detta paket innebär att varje medlemsland förbinder sig att minska utsläppen av växthusgaser med minst 20 % fram till år 2020. Ett ytterligare mål är att andelen förnybar energi ska motsvara 20 % av all energianvändning inom EU. För att målen ska kunna nås till utsatt tid innehåller

klimat- och energipaketet också riktlinjer för varje medlemsland (Anon., 2009). För Sveriges del innebär det t.ex. att öka sin andel förnyelsebar energi till 49 %. Det har resulterat i ett intresse för alternativa skötselmetoder i skogsbruket där en kombination av produktion av skogsbränsle och industrivirke är möjlig utan ekonomiska bortfall. I Sverige utgörs cirka 18,4% av den totala skogsmarksarealen av ogallrade skogar med en höjd under 15 m och ett biomassainnehåll mer än 30 ton torrsbstans (TS). Detta motsvarar en total volym på cirka 258 miljoner ton TS, där den årliga avverkningspotentialen från dessa skogar är cirka 5 miljoner ton TS (Nordfjell et al., 2008).

För att ta till vara på denna volym och för att det ska vara kommersiellt gångbart krävs alternativa metoder vid förstagallring. Den konventionella förstagallringen som är vanligast idag syftar främst till att ta ut massaved (och ev. klinttimmer) som gagnvirke. Detta innebär att stammarna måste ha en brösthöjdsdiameter över ca 8 cm för att vara kommersiellt gångbara samtidigt som det inte ska vara för mycket klena stammar som sänker skördarens prestation (Bergström et al., 2010). Gagnvirket kvistas och apteras efter industrins behov, vilket innebär att gröndelar tillsammans med stamved som är för klen lämnas. Den kvarlämnade stamveden i klena gallringar utgör ca 20-30 % av stamvedsvolymen (Bergström et al., 2010) och de kvarlämnade gröndelarna utgör ca 40-50 % av biomassavolymen ovan mark (Marklund, 1988). Detta innebär att ett skogsbränsleuttag vid förstagallring kan öka uttagsvolymen med 70-80 % då alla trädimensioner och dess gröndelar får ett kommersiellt värde (Iwarsson Wide & Belbo).

## **Skötselmetoder i eftersatta bestånd**

Någon form av åtgärd måste utföras för att rädda beståndets framtida diameterutveckling och förbättra ekonomin i kommande ingrepp (Anon., 1969). Att endast lämna beståndet för fri utveckling ökar risken för snöbrott och vindfällen (Valinger et al., 1994; Valinger & Pettersson, 1996). Att endast gå in och röja beståndet manuellt är tidskrävande och kostsamt, vidare blir prestationen för traditionell förstagallring dålig eftersom medelstamsvolymen vid uttag är små (Gullberg & Liss, 1997; Alriksson, 2002). För att reducera stamtätheten innan en traditionell förstagallring kan man välja att förröja. En förröjning är ofta kostsam och röjningskostnaden ökar med beståndets täthet och trädens storlek (Ligné, 2004). Dock kan anpassade röjningsprogram användas för att öka möjlig mängd uttagbart skogsbränsle i förstagallringar (Pettersson et al., 2007). Vidare bör förstagallring i eftersatta bestånd ske i form av låggallring eftersom höggallring ökar risken för skador (Valinger et al., 1994; Valinger & Pettersson, 1996). Låggallring innebär att de uttagna träden har lägre medelstamsdiameter än träden i det kvarlämnade beståndet. Det medför att uttaget vid låggallring ofta blir klen och gör att produktiviteten för vanliga engreppsskördare är låg. För att öka produktiviteten i klena gallringar har därför flera olika typer av ackumulerande skördar- och fällningsaggregat utvecklats. Dessa aggregat lämpar sig till samma typer av maskiner som vid traditionell förstagallring och kan effektivisera gallringen avsevärt (Bergqvist, 2003; Hakkila, 2003; Liss, 2004). Ackumulerande skördar- och fällningsaggregat syftar till att flera träd hanteras samtidigt vid avverkning istället som vid konventionell avverkning där ett träd kapas åt gången. Fler träd kan kapas samtidigt eller genom att kapa

träden och ackumulera flera träd i fällhuvudet. Detta möjliggör att fler träd hanteras per krancykel.

## **Effekter efter skogsbränsleuttag i eftersatta bestånd**

Att medvetet avstå från röjning för att senare kunna göra ett större skogsbränsleuttag är riskabelt. Om skogsbränsle ska skördas bör åtgärden planeras där röjning och övriga gallringar är anpassade till varandra (Pettersson et al., 2007). Detta eftersom sena skötselåtgärder i eftersatta bestånd ökar risken för snöbrott och minskar vindstabiliteten oberoende av trädslag (Valinger et al., 1994; Valinger & Pettersson, 1996; Pettersson et al., 2007). Dock har studier på förstagallringar i eftersatta tallbestånd visat att det finns tillräckligt många skadefria stammar för en acceptabel framtida beståndsutveckling (Ulvcrona, 2010).

Eftersom uttag av skogsbränsle ofta innebär att gröndelar extraheras försvinner även näringsämnen som i sin tur påverkar markens tillväxt negativt (Olsson et al., 1996; Egnell & Valinger, 2002;). Studier som gjorts visar att skogsbränsleuttag där hela träd tas ut i förstagallring kan ge tillväxtförluster upp till 7 % av den löpande tillväxten för tall och 10 % för gran, med en varaktighet på 15 år, vilket kan förlänga omloppstiden med 2 år (Mattsson, 1999). Det finns även studier som visar på en tillväxtnedsättning på 7-17 % under de första 10 åren i bestånden där hela träd skördats vid förstagallring (Jacobson et al., 2010).

## **Syfte med arbetet**

Arbetets huvudsakliga syfte var att undersöka hur ett bestånds ekonomiska värde påverkas av skogsbränsleuttag med olika skötselprogram vid olika tidpunkter. Lönsamhet vid olika skötselåtgärder i eftersatta bestånd har tidigare studerats men den här studien syftade även till att undersöka hur dessa bestånd utvecklas i efterhand i avseende på nuvärde och omloppstid.

- Hur utvecklas de eftersatta bestånden efter skogsbränsleuttag som första gallringsåtgärden över tiden med avseende på timmerandel och massandel?
- Hur påverkas den ekonomiska avkastningen?
- Hur påverkar skogsbränslepris och skördarkostnad nettot vid uttag av skogsbränsle i förstagallring?

Vi prognostiserade att skogsvårdsåtgärdens form, styrka och tidpunkt kommer att påverka hur beståndet utvecklas och därmed även det ekonomiska utfallet.



# Material och metoder

## Typbestånd

I de typbestånd som användes utgjorde gran (*Picea abies* L.) eller tall (*Pinus sylvestris* L.) huvudträdsdrag med stor inväxning av björk (*Betula spp.* L.). Typbestånden baserades på data från provytor inventerade av riksskogstaxeringen. Provytorna var belägna i Värmlands län (S) och huggningsklass var ogallrad medelålders skog (C1). Detta innebar att bestånden bestod av flertalet härskande och medhärskande träd som var grövre än 10 cm i brösthöjd. Vidare var föreslagen åtgärd bedömd till omedelbar gallring.

I skogsdata 2002 där riksskogstaxeringen redovisar resultatet av sina inventeringar, var temat ungskogar. Riksskogstaxeringen påvisade att ungskogarna på grund av 1990-talets sparsamma röjningar kommit att bli mer stamtäta än tidigare (Anon., 2002). De typbestånd som simulerades hade totalåldern 31 år 2006 respektive 28 år 2009, vilket indikerar att dessa bestånd var stamtäta ungskogar när riksskogstaxeringen 2002 genomfördes.

**Tabell 1.** Data för typbestånden, Ålder (totalålder år), Ståndortsindex (SI H100), Grundtyevägd medeldiameter (Dgv), Övrehöjd (Bonitetsvisande trädsdrag), Grundtyevägd medelhöjd (Hgv), Trädslagsfördelning % av grundtyta och stamantal, Totalt stamantal per hektar (N), Grundtyta (G), Volym (V)

*Table 1. Stands data, Age (total age years), Site productivity index (SI H100), Mean diameter (Dgv), Dominant height (OH), Mean height (Hgv), Tree species % of basal area and stem density, Total stem density (N), Basal area (G), Volume (V)*

	Ålder	SI	Dgv	ÖH	Hgv	Trädslagsfördelning %			N	G	V
Bestånd	(år)	(m)	(cm)	(m)	(m)	T	G	L	(st/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> sk/h a)
Gran	28,8	G28	8,9	10,5	10,8	6,0	27,0	67,0	5184	27,0	146,4
Tall	30,2	T25	9,1	9,0	10,3	30,0	2,5	67,5	5132	28,2	147,1

## Skötselprogram

Skogsbränsleuttag och massavedsuttag för de olika skötselprogrammen gjordes vid olika höjd och med olika styrka men med gemensamt mål att kvarlämnat bestånd skall vara inom ramarna för rekommenderad grundtyta enligt gallringsmall.

**Sp1:** Förstagallring med massavedsuttag enligt gallringsmall, därefter sköttes beståndet enligt Skogsstyrelsens gallringsmallar samt föryngringsavverkades vid tidpunkt för högsta nuvärde efter lägsta slutavverkningsålder enligt skogsvårdslagen.

**Sp2:** Förstagallring med skogsbränsleuttag så tidigt som möjligt, därefter sköttes beståndet enligt Skogsstyrelsens gallringsmallar samt föryngringsavverkades vid tidpunkt för högsta nuvärde efter lägsta slutavverkningsålder enligt skogsvårdslagen.

**Sp3:** Förstagallring med massavedsuttag och skogsbränsleuttag enligt gallringsmall, därefter sköttes beståndet enligt skogsstyrelsens gallringsmallar samt föryngringsavverkades vid

tidpunkt för högsta nuvärde efter lägsta slutavverkningsålder enligt skogsvårdslagen.

Skötselprogram 2 (Sp2) utformades för att motsvara ett mellanting mellan röjning och gallring, då de studerade bestånden är betydligt mer stamtäta än ordinärt skötta bestånd i samma höjd. För att undvika de risker som kan uppkomma vid utebliven röjning och i viss mån uppnå de fördelar en röjning innebär för framtida gallringar utfördes förstagallringen i Sp2 så tidigt som möjligt.

## **Beståndssimulering**

Skötselprogrammen har simulerats i Heureka StandWise för typbestånden. StandWise är en interaktiv simulator som används för att analysera enskilda bestånds utveckling. Simulatorens baseras på modeller som beskriver utveckling av trädskiktet. StandWise är designat för att simulera utfall av olika skötselalternativ och växtförutsättningar. I StandWise har användaren möjlighet att ange parametrar som bl.a. avverkningskostnader, virkesintäkter och produktivitet (Wikström et al., 2011). För Sp2 simulerades en förstagallring med uttag av endast skogsbränsle. För att detta skulle vara möjligt höjdes diametergränsen på minsta toppdiameter för massauttag och timmeruttag så att all avverkad volym gick som skogsbränsleuttag. För följande ingrepp med samma skötselprogram ändrades därefter de tidigare satta restriktionerna så att minsta toppdiameter för massauttag och timmeruttag till 5 cm för massaved och 14 cm för timmer. I Sp1 och Sp3 användes dessa diameterbegränsningar under hela omloppstiden då det i Sp1 endast skördades massaved och timmer samt i Sp3 skördades massaved, timmer och GROT.

Utfallen av simuleringarna från de olika perioderna överfördes till Excel och därefter beräknades optimal omloppstid utifrån den period som hade högst nuvärde med ett räntekrav på 3 % efter lägsta lagliga ålder för förnyngsavverkning. Vidare jämfördes skötselprogrammets utfall på nuvärde, timmerandel och massavedandel. Känslighetsanalys gjordes även på skogsbränslepriser, ränta och avverkningskostnader. Heureka gav vid uttag av skogsbränsle i gallringar en tillväxtförlust på grundytan på 5 % de tre efterföljande 5-års perioderna.

För att anpassa simuleringarna i Heureka efter verkligheten användes för de ordinarie sortimenten timmer och massaved dagsaktuella prislistor från Mellanskog, vilka är verksamma inom regionen för försöken (Bilaga 2). I Heureka används viktning för att avgöra fördelningen mellan olika kvalitetsklasser, vi valde att använda viktingen från Heurekas grundprislista (Bilaga 2).

De skogsbränslepriser som användes baserades på avrundade aktuella priser för GROT respektive träddeklar från Sveaskog i mars 2012 (Bilaga 3). För att jämföra uttag mellan olika skötselprogram och sortiment räknades uttag av skogsbränsle om från ton torrsbstans till m<sup>3</sup>fub genom omräkningstal från WeCalc (Larsson & Nylinder, 2010). För att räkna träddeklar från ton TS till m<sup>3</sup>fub multiplicerades massan ton TS med 2,171, för att omvandla GROT multiplicerades massan ton TS med 1,382.

Vid skörd av helträd istället för apterade sortiment såsom massaved kan skördarens produktivitet öka med 20 % (Hakkila, 2003; Liss, 2004). Av denna anledning sänktes kostnaden per G-15timme för skördaren med 20 % vid skörd av skogsbränsle. Kostnaden per G15-timme enligt Skogforsk avancerade modell som används i Heureka var 700 kr, vid helträdsskörd blev således kostnaden 560 SEK/G15-timme.

För skotningskostnad av skogsbränsle användes Heurekas kostnadsmodell för skörd av GROT.

## Ekonomisk analys

Vid skogliga beslut måste hänsyn tas till en rad olika kriterier. Dock är det oftast det ekonomiska utfallet under en omloppstid som har störst inflytande i beslutsfattandet. Därför var det intressant att jämföra det ekonomiska utfallet under en omloppstid vid olika skötselprogram. Det ingrepp som var mest lönsamt härleddes genom att diskontera alla framtida intäkter i de olika skötselprogrammen till det år då första åtgärd utförs med olika räntekrav. Räntans storlek är starkt korrelerat till val av skogliga åtgärder och när åtgärder ska utföras i tid varför det alternativ med högst nuvärde ska föredras om maximal ekonomisk avkastning är önskvärt.

Nuvärde:

$$NV_i = \sum_{t=0}^T (I_t(1+r)^{-t}) - \sum_{t=0}^T (C_t(1+r)^{-t})$$

där

$NV_i$  = Nuvärde, SEK/ha, för skötselprogram  $i$   $i=1,2,3$

$r$  = diskonteringsränta

$I_t$  = Intäkt år  $t$

$C_t$  = Kostnad år  $t$

$t$  = år eller tidpunkt, räknat från nu, då ekonomiskt händelse inträffar

$T$  = Omloppstid

# Resultat

## Beståndsutveckling

Beståndsutvecklingen var främst beroende av skötselningreppets tidpunkt.

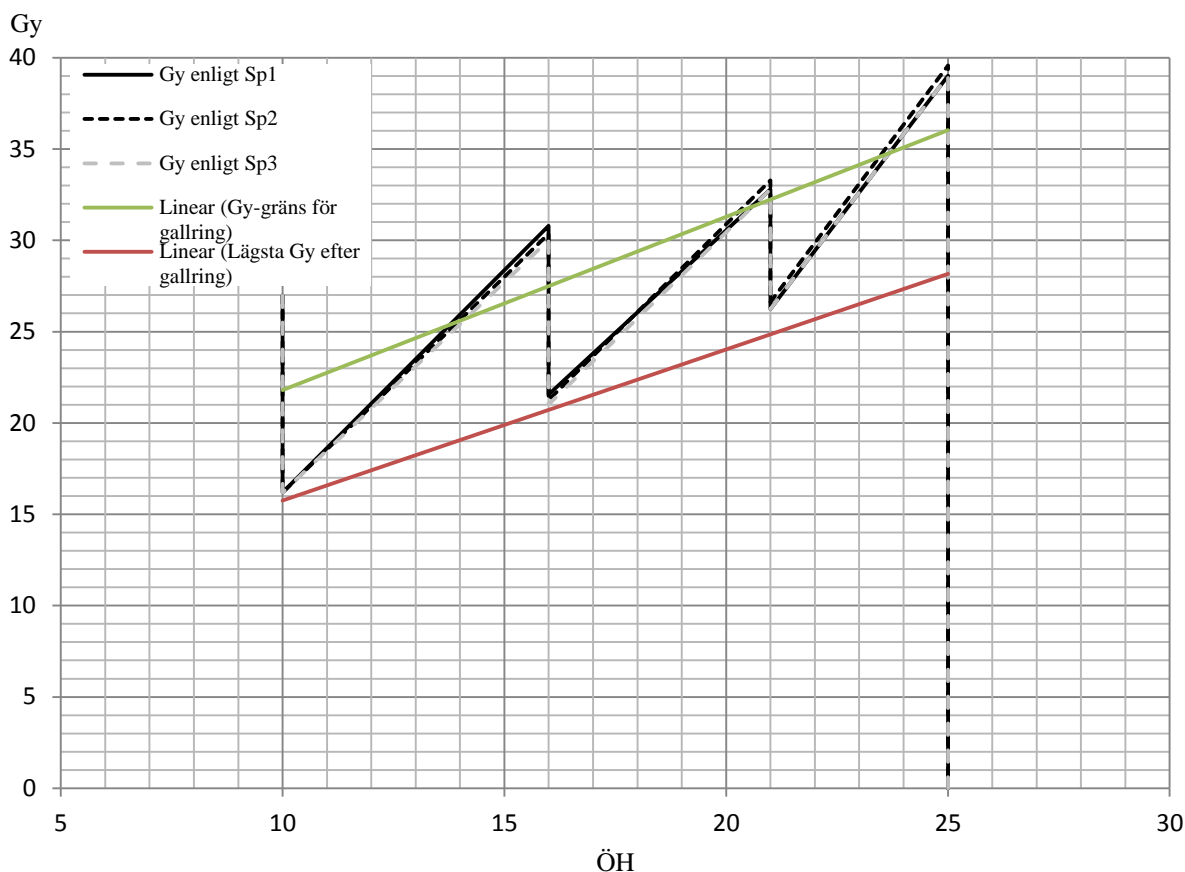
Beståndsutvecklingen för de olika skötselprogrammen skilde sig inte så länge åtgärderna gjordes vid samma period (Tabell 2 och tabell 3).

Sp2 gav högsta sammanlagda nuvärde för hela omloppstiden samt den lägsta kostnaden för första gallringen, 33 031 SEK/ha nuvärde och ett negativt netto på -1 144 SEK/ha för förstagallringen (Tabell 2). Sp1 gav ett negativt netto på -4 784 SEK/ha för förstagallringen samt nuvärdet det lägsta nuvärdet på 28 786 SEK/ha. Sp3 gav ett negativt netto på -2 010 SEK/ha för förstagallringen och nuvärdet 31 561 SEK/ha. Nettointäkterna för framtida ingrepp skilde sig en aning mellan de olika skötselprogrammen. Vidare fann vi ingen markant skillnad i medelstamsvolymuttag för de olika skötselprogrammen. Stamantal före och efter åtgärd skilde sig inte i stort mellan de olika skötselprogrammen.

**Tabell 2.** Beståndsutveckling granbeståndet  
*Table 2. Stand development for the Norwegian Spruce stand*

<b>Sp1</b>		Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.	Totalt
Period		0	3	6	10	
Nettointäkt	SEK/ha	-4784	6871	9093	111414	
Medelstamsvolym uttag	m <sup>3</sup> sk	0,025	0,065	0,115	0,355	
Gallringsstyrka	%	40	30	20		
Övre höjd, före åtgärd	m	10	16	21	25	
Ålder	år	29	44	59	80	
Stamantal före åtgärd	st/ha	5184	2919	1901	1405	
Stamantal efter åtgärd	st/ha	2840	1850	1374	0	
Nuvärde, 3% ränta	SEK/ha	-4784	4410	3746	25414	28786
<b>Sp2</b>		Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.	Totalt
Period		0	3	6	10	
Nettointäkt	SEK/ha	-1144	6984	9293	113381	
Medelstamsvolym uttag	m <sup>3</sup> sk	0,025	0,065	0,116	0,356	
Gallringsstyrka	%	40	30	20		
Övre höjd, före åtgärd	m	10	16	21	25	
Ålder	år	29	44	59	80	
Stamantal före åtgärd	st/ha	5184	2930	1914	1419	
Stamantal efter åtgärd	st/ha	2840	1860	1387	0	
Nuvärde, 3% ränta	SEK/ha	-1144	4483	3829	25863	33031
<b>Sp3</b>		Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.	Totalt
Period		0	3	6	10	
Nettointäkt	SEK/ha	-2010	6871	9093	111414	
Medelstamsvolym uttag	m <sup>3</sup> sk	0,025	0,065	0,115	0,355	
Gallringsstyrka	%	40	30	20		
Övre höjd, före åtgärd	m	10	16	21	25	
Ålder	år	29	44	59	80	
Stamantal före åtgärd	st/ha	5184	2919	1901	1405	
Stamantal efter åtgärd	st/ha	2840	1850	1374	0	
Nuvärde, 3% ränta	SEK/ha	-2010	4410	3746	25414	31561

Granbeståndet var enligt gallringsmallen redan i behov av gallring, därför utfördes alla skötselåtgärder i första period (ÖH ≥ 10 m) (Figur 1). Val av skötselprogram hade ingen märkbar effekt på beståndsutvecklingen. Ett skogsbränsleuttag i förstagallring gav en försumbar tillväxtförlust under de första perioderna.



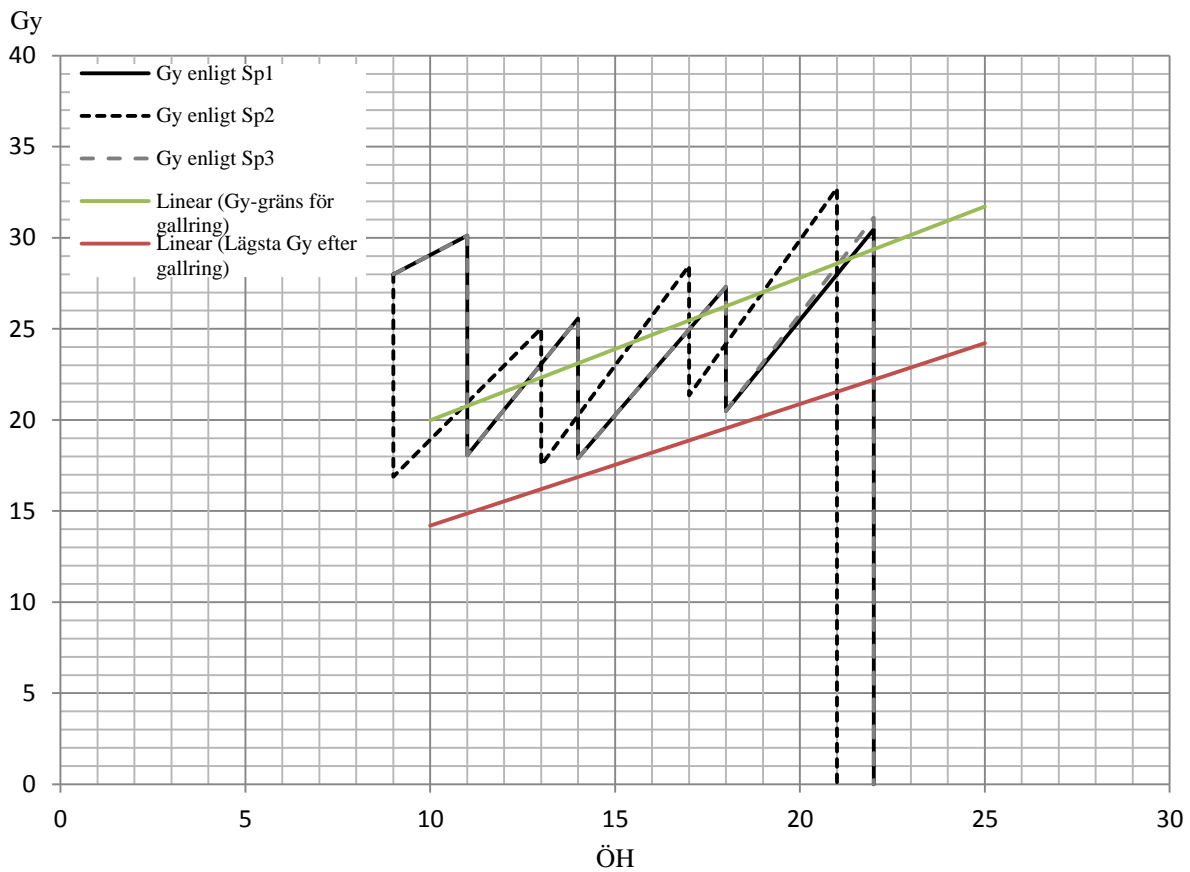
**Figur 1.** Beståndsutveckling för granbeståndet vid de olika skötselprogrammen (Sp1, Sp2 och Sp3) enligt gallringsmall.  
*Figure 1. Stand development for the Norwegian Spruce stand with the different management regimes (Sp1, Sp2, Sp3) according to thinning guide.*

Typbeståndet för tall befann sig inte inom gallringsmallen vid utgångsläget (Figur 2). Förstagallring för Sp2 gjordes i period 0, medan förstagallring för Sp1 och Sp3 gjordes i period 1 då de växt in i gallringsmall. Sp3 gav högsta sammanlagda nuvärde för hela omloppstiden (23 251 SEK/ha), och var det enda skötselprogrammet som gav ett positivt netto vid förstagallringen (1 838 SEK/ha, Tabell 3). Sp1 gav ett negativt netto på -408 SEK/ha för förstagallringen samt nuvärdet 20 587 SEK/ha. Sp2 gav ett negativt netto på -501 SEK/ha för förstagallringen och nuvärdet 22 486 SEK/ha. Framtida ingrepp skilde sig både i form av tidpunkt och nettointäkt. De framtida ingreppen för Sp2 låg alltid en period före Sp1 och Sp3. Vidare hade Sp2 en mindre medelstamsvolym genom hela omloppstiden och högre stamantal. Dessutom var nettointäkterna för Sp2 i andragallring och tredjegallring lägre än i Sp1 och Sp3. Vid Sp2 var det mer lönsamt att förnygringsavverka en period tidigare och vid lägre ÖH än i Sp1 och Sp3.

**Tabell 3.** Beståndsutveckling tallbeståndet  
*Table 3. Stand development for the Scots Pine Stand*

<b>Sp1</b>		Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.	Totalt
Period		1	3	6	10	
Nettointäkt	SEK/ha	-408	4041	7611	66678	
Medelstamsvolym uttag	m <sup>3</sup> sk	0,034	0,058	0,107	0,277	
Gallringsstyrka	%	40	30	25		
Övre höjd, före åtgärd	m	11	14	18	22	
Ålder	år	35	44	59	78	
Stamantal före åtgärd	st/ha	4715	2617	1746	1267	
Stamantal efter åtgärd	st/ha	2562	1694	1217	0	
Nuvärde, 3% ränta	SEK/ha	-352	2594	3136	15210	20587
<b>Sp2</b>		Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.	Totalt
Period		0	2	5	9	
Nettointäkt	SEK/ha	-501	2793	6712	66947	
Medelstamsvolym uttag	m <sup>3</sup> sk	0,026	0,048	0,094	0,255	
Gallringsstyrka	%	40	30	25		
Övre höjd, före åtgärd	m	9	13	17	21	
Ålder	år	30	40	54	73	
Stamantal före åtgärd	st/ha	5132	2891	1932	1401	
Stamantal efter åtgärd	st/ha	2818	1847	1347	0	
Nuvärde, 3% ränta	SEK/ha	-501	2078	3206	17703	22486
<b>Sp3</b>		Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.	Totalt
Period		1	3	6	10	
Nettointäkt	SEK/ha	2130	4041	8025	68008	
Medelstamsvolym uttag	m <sup>3</sup> sk	0,034	0,058	0,103	0,283	
Gallringsstyrka	%	40	30	25		
Övre höjd, före åtgärd	m	11	14	18	22	
Ålder	år	35	44	59	78	
Stamantal före åtgärd	st/ha	4715	2617	1746	1248	
Stamantal efter åtgärd	st/ha	2562	1694	1173	0	
Nuvärde, 3% ränta	SEK/ha	1838	2594	3306	15513	23251

Eftersom tallbeståndet inte hunnit växa in i gallringsmall gjordes förstagallring genom Sp2 en period tidigare än de två andra skötselprogramen. Det gjorde att de framtida ingreppen för Sp2 försköts en period bakåt eftersom beståndet kom in i gallringsmallen tidigare och att de framtida ingreppen därmed kunde göras tidigare (Figur 2).

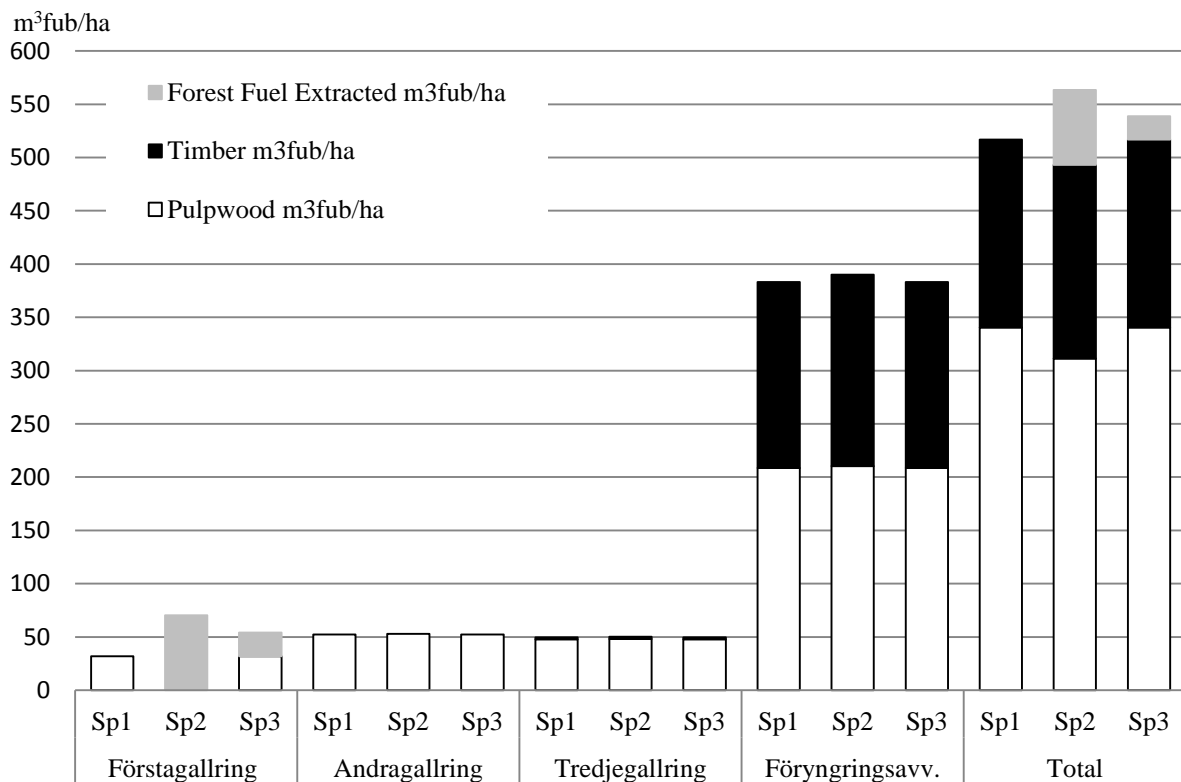


**Figur 2.** Beståndsutveckling för tallbeståndet vid de olika skötselprogrammen enligt gallringsmall.  
*Figure 2. Stand development for the Scots Pine stand with the different management regimes according to thinning guide.*



## Sortimentsfördelning

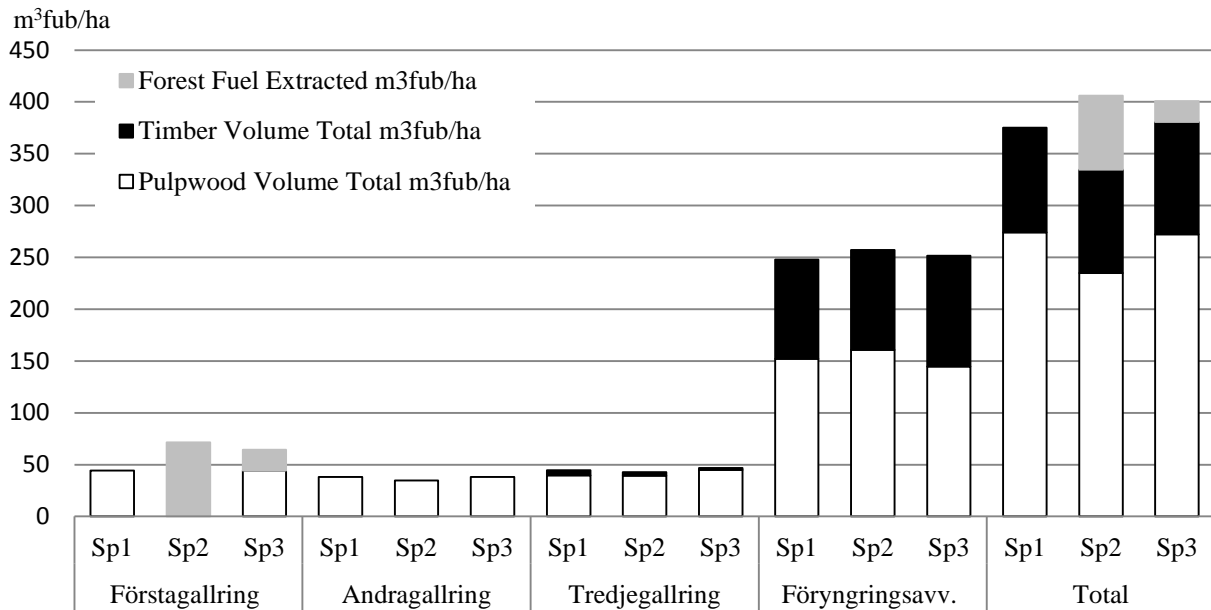
Högst volymuttag i förstagallring erhöles genom Sp2 (Figur 3). Uttaget för Sp2 i förstagallring var 70,4 m<sup>3</sup>fub/ha (32,43 ton TS/ha) medan uttag enligt Sp1 var 32,0 m<sup>3</sup>fub/ha. Detta innebar att Sp2 gav 120 % högre volymuttag jämfört med Sp1. Vid förstagallringen enligt Sp3 erhöles ett uttag på 22,0 m<sup>3</sup>fub/ha. Uttag vid andragallring skilde sig inte mellan skötselprogrammen. En högre volym timmer erhöles för Sp2 i tredjegallring och förnygringsavverkning. Likaså var volymen massaved högre vid både tredjegallring och förnygringsavverkning för Sp2. Totalt gav Sp2 ett högre volymuttag än Sp1 och Sp3.



**Figur 3.** Sortimentsfördelning för granbeståndet för de olika skötselprogrammen.

*Figure 3. Assortment distribution for the Norwegian Spruce stand for the different management regimes.*

Sp2 gav högst volymuttag vid förstagallring (Figur 4). Detta trots att ingreppet enligt Sp2 skedde en period tidigare än Sp1 och Sp3. Uttaget för Sp2 var 71,6 m<sup>3</sup>fub/ha (32,99 ton TS/ha) medan uttag enligt Sp1 var 44,3 m<sup>3</sup>fub/ha, vilket är ett ca 62 % högre volymuttag. Uttaget för Sp3 gav ett uttag på 64,4 m<sup>3</sup>fub/ha. Vid andra- och tredjegallring var uttag för Sp2 något lägre än för Sp1 och Sp3 och omvänt vid föryngringsavverkning. Högst totalt volymuttag gav Sp2, dock erhöles högst andel timmer med Sp3 och högst massaandel med Sp1.



**Figur 4.** Sortimentfördelning i tallbeståndet för de olika skötselprogrammen.

*Figure 4. Assortment distribution for the Scots Pine stand for the different management regimes.*

## Ekonomiska utfall

Avverkningskostnaderna var beroende av skötselåtgärd och antal ingrepp (Tabell 4). Intäkterna var beroende av medelstamsvolymuttagen, en högre uttagen medelstamsvolym gav ett högre avverkningsnetto eftersom större andel kunde tas till vara. Detta illustreras genom nettointäkterna för Sp1 i gran- och tallbeståndet, där förstagallringen i granbeståndet gav ett netto på -4784 SEK/ha (tabell 4) och hade en medelstamsvolym på 0,025 m<sup>3</sup>fub/ha (Tabell 2), medan Sp1 i tallbeståndet gav en netto på -408 SEK/ha (Tabell 5) med en medelstamsvolym på 0,034 m<sup>3</sup>fub/ha (Tabell 3). Skillnaden i nettointäkt vid förstagallring för Sp2 i de båda bestånden var inte av betydande storlek. Det beror på att grundyta och medelstamsvolym var väldigt lika mellan de två typbestånden, och på så sätt även uttaget då gallringsstyrka och övriga förutsättningar för gallring också var överrensstämmande. Högst nettointäkt i förstagallring erhöles i Sp2 (Tabell 4). Högst bruttointäkt gav Sp3 men dyrare skotarkostnad gjorde att Sp2 var mer lönsam. Skördarkostnaden var betydligt billigare i Sp2 vid förstagallring jämfört med Sp1 och Sp3. Dock var skotarkostnaden i Sp2 betydligt dyrare än i Sp1 och Sp3. Någon större skillnad i intäkter och kostnader i framtida ingrepp gick inte att tyda.

**Tabell 4.** Intäkter och kostnader för de olika skötselprogrammen i granbeståndet, SEK/ha  
*Table 4. Revenues and costs for the different management regimes in the Norwegian Spruce stand, SEK/ha*

<b>Sp1</b>	Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.
Timmerintäkt	0	1	606	66488
Massavedsintäkt	9556	15528	14133	60912
Skördarkostnad	-12640	-6537	-3631	-9306
Skotarkostnad	-1700	-2121	-2015	-6680
Netto	-4784	6871	9093	111414
<b>Sp2</b>	Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.
Timmerintäkt	0	1	743	68293
Massavedintäkt	0	15680	14230	61327
Skogsbränsleintäkt	14595,3	0	0	0
Skotarkostnad skogsbränsle	-6022	0	0	0
Skördarkostnad	-9717	-6558	-3640	-9446
Skotarkostnad	0	-2139	-2040	-6792
Netto	-1144	6984	9293	113381
<b>Sp3</b>	Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.
Timmerintäkt	0	1	606	66488
Massavedsintäkt	9556	15528	14133	60912
Skogsbränsleintäkt	5729,76	0	0	0
Skogsbränsleskotarkostnad	-2955	0	0	0
Skördarkostnad	-12640	-6537	-3631	-9306
Skotarkostnad	-1700	-2121	-2015	-6680
Netto	-2010	6871	9093	111414

I tallbeståndet gav Sp3 högst brutto- såväl som nettointäkt i förstagallring (Tabell 5). Sp2 hade en högre bruttointäkt än Sp1 men lägre nettointäkt då kostnaden för skotning av skogsbränslet vägde upp den lägre skördarkostnaden. Sp1 och Sp2 genererade i ett negativt netto. Förstagallringen i Sp3 gav ett positivt netto på 2 130 SEK/ha, 5 236 SEK/ha av bruttointäkten var från skogsbränsle och 13 160 SEK/ha från massaved. Den största kostnaden för förstagallring i alla skötselprogram var skördarkostnaden, den varierade dock mindre för Sp2 än i övriga skötselprogram.

Intäkten från massaved i andragallring var densamma i Sp1 och Sp3, men lägre i Sp2.

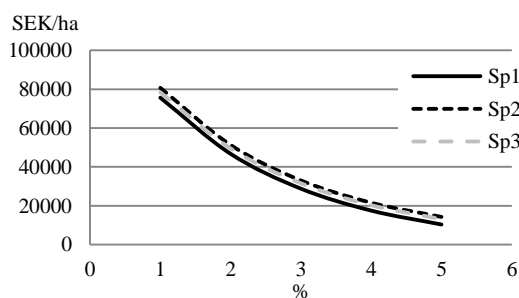
**Tabell 5.** Intäkter och kostnader för de olika skötselprogrammen i tallbeståndet, SEK/ha  
*Table 5. Revenues and costs for the different management regimes in the Scots Pine stand, SEK/ha*

<b>Sp1</b>	Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.
Timmerintäkt	0	-2	1605	34791
Massavedsintäkt	13155	11007	11401	43996
Skördarkostnad	-11340	-5310	-3528	-7356
Skotarkostnad	-2223	-1654	-1868	-4753
Netto	-408	4041	7611	66678
<b>Sp2</b>	Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.
Timmerintäkt	0	-2	1026	33937
Massavedsintäkt	0	10264	11245	45996
Skogsbränsleintäkt	14846	0	0	0
Skotarkostnad skogsbränsle	-6126	0	0	0
Skördarkostnad	-9221	-5929	-3750	-8040
Skotarkostnad	0	-1541	-1809	-4946
Netto	-501	2792	6712	66947
<b>Sp3</b>	Förstagallring	Andragallring	Tredjegallring	Föryngringsavv.
Timmerintäkt	0	-2	523	38628
Massavedsintäkt	13160	11007	13215	41539
Skogsbränsleintäkt	5236	0	0	0
Skotarkostnad skogsbränsle	-2704	0	0	0
Skördarkostnad	-11340	-5310	-3782	-7349
Skotarkostnad	-2223	-1654	-1931	-4810
Netto	2130	4041	8025	68008

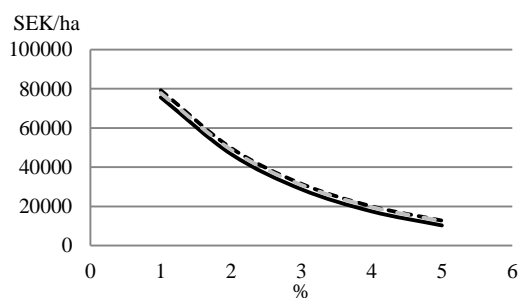
## Känslighetsanalys skogsbränslepris och ränta

Med dagens skogsbränslepris på 450 SEK/ton TS för träddeklar och 360 kr SEK/ton TS för GROT är nuvärdet högst med skötsel enligt Sp2 oavsett diskonteringsränta (Figur 5). Vid en 10 % sänkning av skogsbränslepriset minskade nuvärdet mer för Sp2 än för Sp3, men Sp2 var trots det mer lönsamt oavsett diskonteringsränta. När skogsbränslepriset minskade med 20 % var Sp2 mest lönsamt med en diskonteringsränta under 3 % och Sp3 mest lönsamt med en diskonteringsränta över 3 %. Vid en ökning av skogsbränslepris ökade nuvärdet mer för Sp2 än för Sp3. Även vid en ökning av skogsbränslepris på 20 % ökade nuvärdet mer för Sp2 än för Sp3.

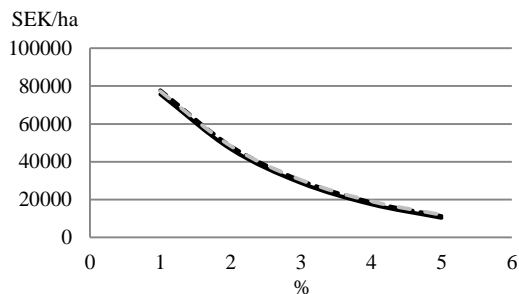
(a) Dagens priser



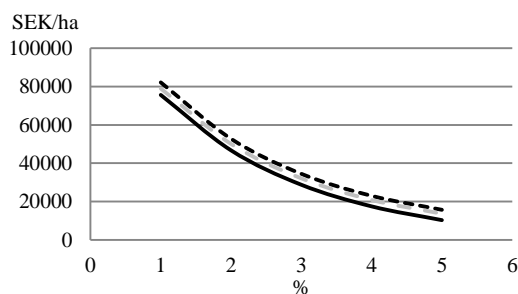
(b) 10 % sänkning av skogsbränslepris



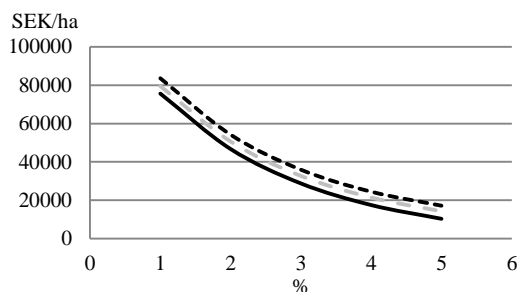
(c) 20 % sänkning av skogsbränslepris



(d) 10 % höjning av skogsbränslepris



(e) 20 % höjning av skogsbränslepris

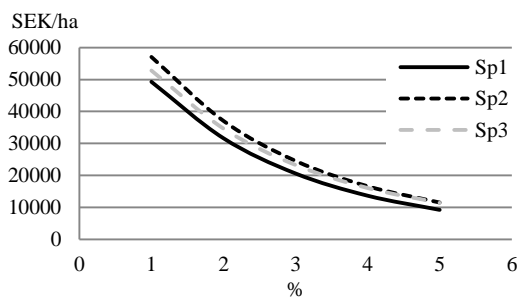


**Figur 5.** Nuvärde för granbeståndet med tidigare fastställd förnygringsavverkningsålder enligt de olika skötselprogrammen vid olika diskonteringsränta.

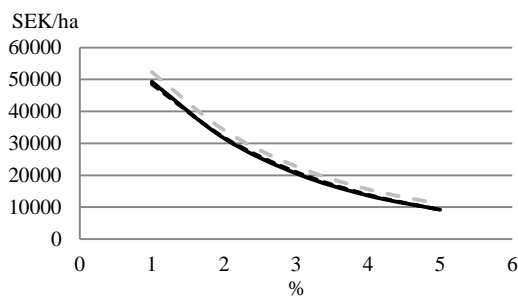
*Figure 5. Present value for the Norwegian Spruce stand with fixed age for clear cutting according to the different management regimes with different interest.*

Med dagens skogsbränslepris på 450 SEK/ton TS för träddelar och 360 kr SEK/ton TS för GROT, är nuvärdet högst med skötsel enligt Sp2 oavsett diskonteringsränta (Figur 6). Vid en 10 % sänkning av skogsbränslepriset minskade nuvärdet mer för Sp2 än för Sp3, och Sp3 var då mer lönsamt oavsett diskonteringsränta. Vid en diskonteringsränta på 1 % och 5 % var nuvärdet lägre för Sp2 än för Sp1 och Sp3. En sänkning av skogsbränslepriset på 20 % gjorde att Sp2 var minst lönsamt oavsett diskonteringsränta och Sp3 var mest lönsamt oavsett diskonteringsränta. Om skogsbränslepriset ökas med 10 % kommer nuvärde för Sp2 öka mer än för Sp3 och vara mest lönsamt oavsett diskonteringsränta, likaså gäller vid en 20 % ökning av skogsbränslepriset.

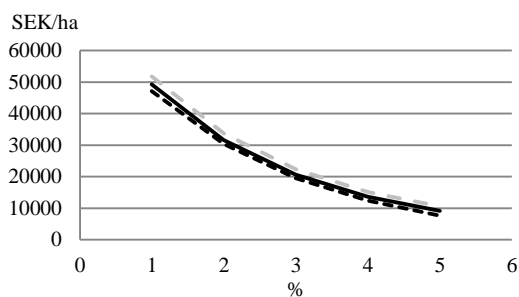
(f) Dagens priser



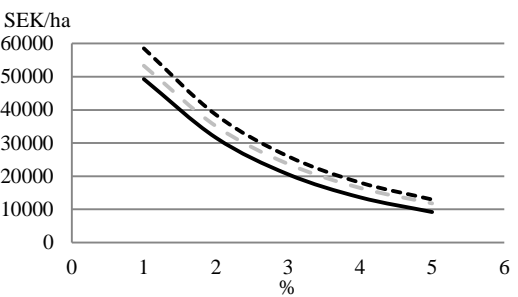
(g) 10 % sänkning av skogsbränslepris



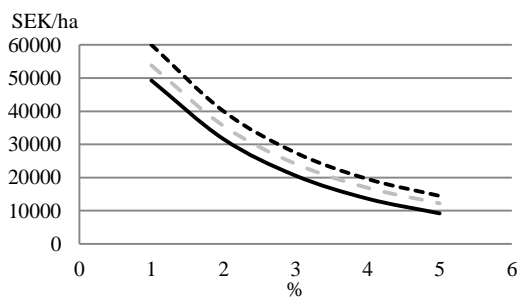
(h) 20 % sänkning av skogsbränslepris



(i) 10 % höjning av skogsbränslepris



(j) 20 % höjning av skogsbränslepris



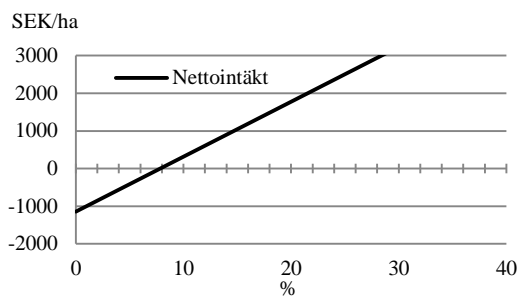
**Figur 6.** Nuvärde för tallbeståndet med tidigare fastställd förnygringsavverkningsålder enligt de olika skötselprogrammen med olika diskonteringsränta.  
*Figure 6. Present value for the Scots Pine stand with fixed age for clear cutting according to the different management regimes with different interest.*

## Känslighetsanalys skogsbränslepris och skördarkostnad förstagallring

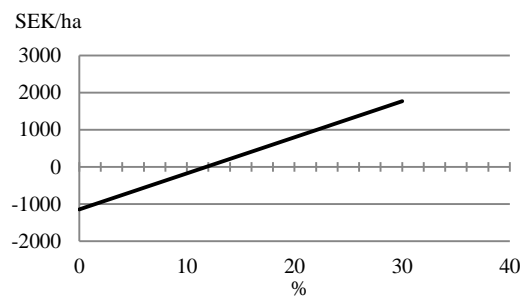
Vid dagens nivåer på skogsbränslepris och skördarkostnad resulterade förstagallring enligt Sp2 inte i ett positivt netto varken i gran- eller tallbeståndet (Figur 7). I typbeståndet för gran gav en sänkning av skördarkostnaderna med mer 12 % ( $\leq 493$  SEK/G<sub>15h</sub>) ett positivt netto. En höjning av skogsbränslepriset med mer än 8 % ( $\geq 486$  SEK/ton TS) resulterade i ett positivt netto för åtgärden. I tallbeståndet visar resultatet att en sänkning av skördarkostnaderna med mer än 6 % ( $\leq 526$  SEK/G<sub>15h</sub>) eller en höjning av priset på skogsbränsle med 3,5 % ( $\geq 466$  SEK/ton TS) eller mer leder till ett positivt netto för förstagallringen.

### Granbeståndet

(a) höjning av skogsbränslepris

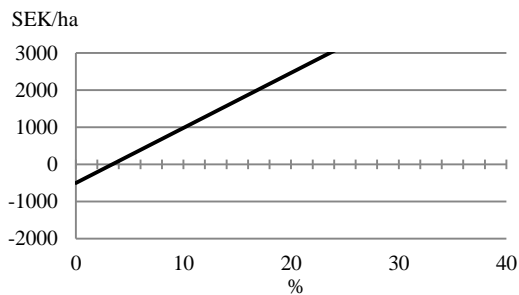


(b) sänkning av skördarkostnad

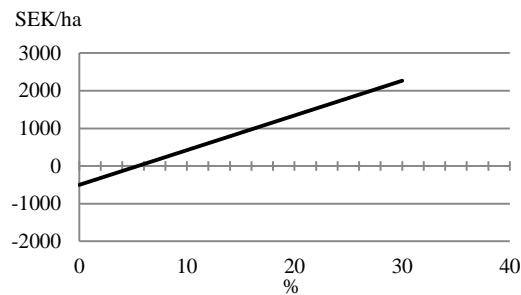


### Tallbeståndet

(c) höjning av skogsbränslepris



(d) sänkning av skördarkostnad



**Figur 7.** Skogsbränslepris och skördarkostnads inverkan på nettointäkt vid förstagallring.  
*Figure 7. Forest fuel price and harvester cost impact on net revenue in first thinning.*

## Diskussion

Syftet med studien var att undersöka skillnader i beståndsutveckling och ekonomiskt utfall vid uttag av skogsbränsle jämfört med konventionellt massavedsuttag i förstagallringar. Studien visar att beståndsutvecklingen för de olika skötselprogrammen inte skilde sig påtagligt så länge åtgärderna gjordes vid samma period. Det var således tidpunkten som blev den avgörande faktorn för beståndsutvecklingen då skötselningreppens form och styrka var desamma för samtliga skötselprogram. Ett tidigare skogsbränsleuttag i förstagallring gav ett högre nuvärde för hela omloppstiden jämfört med ett senare massavedsuttag i förstagallring. Skillnaden i volymuttaget av massaved och timmer till följd av ett tidigare skogsbränsleuttag i förstagallring var en mindre medelstam, men detta påverkade inte den totala timmervolymen märkbart.

Vårt resultat bekräftar att det går att ta ut en betydligt större totalvolym vid skörd av skogsbränsle jämfört med massaved, dock skiljer sig andelen skogsbränsle beroende på vilken period uttaget görs. Ett skogsbränsleuttag i granbeståndet där förstagallringarna enligt alla skötselprogram gjordes i period 1 ökade uttaget med 120 % medan ett skogsbränsleuttag i tallbeståndet där skogsbränsleuttaget gjordes en period tidigare än de andra skötselprogrammen ökade uttaget med 62 %. Dessutom kan ett kombinerat uttag höja intäkten betydligt om det finns tillräckligt många grova träd som kan gå som massaved och kan göra att skötselningreppet genererar ett positivt netto. Dessa resultat visar som tidigare studier att ett skogsbränsleuttag ökar uttagen biomassavolym betydligt jämfört med ett konventionellt massavedsuttag (Iwarsson Wide & Belbo, 2009).

Skillnader påvisades mellan tall- och granbeståndet med avseende på skördarkostnaden och skogsbränslepriset. En höjning av skogsbränslepriset påverkar nettointäkten mer i Sp2 än en motsvarande procentuell sänkning av skördarkostnaderna. Detta beror på att uttaget i ton TS/ha är större än tidsåtgången G15-h/ha. Skogsbränslepriset har således en större betydelse för nettot än skördarkostnaden. Tidigare studier som undersökt förhållandet mellan uttag av skogsbränsle och massaved i förstagallringar har visat att skogsbränsle med rådande priser kan vara att föredra. I tallbeståndet skulle en ökning av skogsbränslepriset med 10 % (495 SEK/ton TS) resultera i ett positivt netto på närmare 1 000 SEK/ha, vilket överensstämmer väl med tidigare studier (Bergström et al., 2010). Hakkila (2005) tar upp faktorer som bör utvecklas för att sänka kostnader för uttag av skogsbränsle i förstagallringar. Vårt resultat från känslighetsanalyserna ger indikation på hur mycket skördarkostnaden bör minska för att ingreppet ska generera ett positivt netto.

Det kan diskuteras huruvida det är optimalt att ha så många gallringar. Men eftersom vi inte har optimerat gallringsprogrammen utifrån ekonomisk avkastning utan endast följt Skogsstyrelsens gallringsmall har alla skötselprogram haft samma förutsättningar och bör därför vara jämförbara med varandra. Dock kan man tänka sig att tredjegallringen förskjuter omloppstiden, alternativt genererar en lägre nettointäkt i slutavverkningen. Någon större skillnad i omloppstid gick inte att tyda eftersom skötselprogrammen simuleras i 5-års perioder. Hade diskonteringsräntan varit lägre hade omloppstiden varit längre, medan en högre diskonteringsränta hade resulterat i kortare omloppstid.

Skogsbränsleuttag som förstagallring omnämns frekvent som en möjlig lösning på den stora areal där röjning varit bristfällig. Om Heureka ska bli mer användarvänligt och kunna användas för att simulera beståndsutveckling och jämföra olika alternativ måste bättre modeller för skogsbränsleuttag i gallringsverktyget utvecklas så att man kan analysera olika



alternativ i Planwise. Dessutom bör det vara av intresse för användaren att kunna analysera hur tillväxtförluster efter skogsbränsleuttag påverkar framtida virkesförråd genom Planwise, och på så vis kunna välja det alternativ som uppfyller användarens mål. Modeller baserade på empiriska data där påverkande variabler för tillväxteffekterna inkluderas kan ge användaren möjlighet att se hur tillväxt påverkas efter skogsbränsleuttag. Att som Heureka gör nu, förutspå framtida tillväxteffekter av skogsbränsleuttag som en fast tillväxtförlust oberoende av t.ex. uttagens storlek är inte rimligt när forskning visar på betydande förluster beroende på hur mycket gröndelar som tas ut. Skall dessutom ett skogsbränsleuttag genomföras i samband med förnygringsavverkning kan effekterna bli än mer omfattande.

Som vårt resultat påvisar att någon form av skogsbränsleuttag i förstagallring genererar ett bättre nuvärde jämfört med ett massavedsuttag i eftersatta bestånd. När ingrepp ska göras i den stora areal B3- och C1-skog som rubriceras som akut röjningsbehov kan vårt resultat vara ett hjälpverktyg för att uppmärksamma fördelarna med ett skogsbränsleuttag.

Dessutom har vi påvisat riskerna med att lämna bestånd oröjda och göra olika former av förstagallringar. Ulvcróna et al. (2010) menar att man vid ett uttag i stamtäta tallbestånd kan uppnå en tillfredsställande utveckling av beståndet och att skadorna är förhållandevis små. Å andra sidan finns studier som undersökt skadefrekvens vid olika gallringsprogram som visar att stamtäta bestånd löper betydligt större risk för skador efter gallring jämfört med väl skötta bestånd (Valinger et al., 1994; Valinger & Pettersson, 1996). Detta understryker de beslutssvårigheter som uppstår när ett bestånd blir eftersatt och varför det inte finns någon vedertagen mall att rätta sig efter.

## **Tillkännagivande**

Vi vill tacka våra handledare Erik Valinger och Torgny Lind för deras kommentarer och nyttiga återkopplingar. Vi vill även tacka Jonas Fridman från riksskogstaxeringen som hjälpt oss med beståndsdata.

## Literaturlista

- Alriksson, B.Å. (2002). *Han skapar nytt lönande fastbränsle*. Skogseko nr 3, 16-17.
- Anon. (1969). *Beståndsvård och produktionsekonomi*. Kungliga Skogsstyrelsen, Stockholm.
- Anon. (2002). *Skogsdata 2002, Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från riksskogstaxeringen, Tema Ungskogar*. Sveriges Officiella statistik, Inst. För skoglig resurshushållning, Umeå.
- Anon. (2009). *Genomförande av direktiv om förnybar energi*. Regeringen. Prop. 2009/10:128.
- Bergström, D. Ulvcrona, T. Nordfjell, T. Egnell, G. & Lundmark, T. (2010). *Skörd av skogsbränsle i förstagallringar*. Arbetsrapport 281 2010. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig resurshushållning, Umeå.
- Bergkvist, I. (2003). *Flerträdshantering ökar prestationen och ökar nettot i klen gallring*. Resultat nr.5 Skogforsk.
- Egnell, G. & Valinger, E. (2002). *Survival, growth, and growth allocation of planted Scots pine trees after different levels of biomass removal in clear-felling*. Forest Ecology and Management 177: 65-74.
- Egnell, G. (2009). *Skogsskötselserien Nr 17 - Skogsbränsle*, Skogsstyrelsen 15 April 2009
- Gullberg, T. & Liss, J. E. (1997). *Sänkta skogsvårdskostnader och ökade bränslevolymer med ny teknik*. Bioenergi nr 3.
- Hakkila, P. (2003). *Developing technology for large scale-production of forest chips*. Wood Energy Technology Program 1999-2003, Tekes- Technology program report 5/2003. Sida 24.
- Hakkila, P. (2005). *Fuel from early thinnings*. International Journal of Forest Engineering. Vol. 16 Nr. 1 2005.
- Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. (2009). *Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag*. Skogforsk arbetsrapport nr. 679 2009.
- Jacobson, S. Kukkola, M. Mälkönen, E. & Tveite, B. (2000). *Impact of whole tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stand*. Forest Ecology and Management 129: 41-51.
- Larsson, F. & Nylinder, M. Wood Energy Calculation, beta version. [Online] Tillgänglig:

<http://woodenergy.sites.djangoeurope.com/conversion/> [2012-04-13].

Ligné, D. (2004). *New Technical and Alternative Silviculture Approaches to Pre-commercial Thinning*. Swedish University of Agricultural Sciences. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 331.

Liss, J-E. (2004). *Avverkningsvolym och netto i tidig gallring vid alternativen skogsbränsle eller massaved*. Inst. För matematik, naturvetenskap och teknik. Högskolan i Dalarna, Garpenberg.

Marklund, L. G. (1988). *Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige*. Rapport 45. Sveriges Lantbruksuniversitet, inst. för skogstaxering, Umeå.

Mattsson, S. (1999). *Tillväxtförluster ger dolda kostnader vid uttag av skogsbränsle - framförallt i gallring*. Skogforsk resultat nr 14 1999.

Nordfjell, T., Nilsson, P., Henningsson, M & Wästerlund, I. (2008). *Unutilized biomass resources in Swedish young stands*. Proceedings. World Bioenergy 2008, 27-29 May, Jönköping, Sweden. Pp: 323-325.

Olsson, B.A., Staaf, H., Lundqvist, H., Bengtsson, J. & Rosén, K. (1996). *Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvests of different intensity*. Forest Ecology and Management 82: 19-32.

Pettersson, N. Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2007). *Skogsskötselserien Nr 6 - Røjning*. Skogsstyrelsen, 16 November 2007.

Rosenberg, O. & Jacobson, S. (2004). *Effects of Repeated Slash Removal in Thinned Stands on Soil Chemistry and Understorey Vegetation*, Silva Fennica 38 (2): 133-142.

Skogsstyrelsen, (2007). *Orsaksanalys och åtgärdsförslag för nationella skogliga sektorsmål*. Rapport, diariern; 2007/1818.

Skogsstyrelsens, (2011). *Skogsstyrelsens årsredovisning 2010*.

Ulvcróna, K. Ulvcróna, T. & Lundmark, T. (2010). *Skador efter tidig gallring i täta tallbestånd*. Skog & trä 2010:1. Sveriges lantbruksuniversitet, enheten för skoglig fältforskning. Vindelns försökspark.

Valinger, E., Lundqvist, L. & Brandel, G. (1994). *Wind and snow damage in a thinning and fertilisation experiment in Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal Forestry Resources 9, 129-134.

Valinger, E. & Pettersson, N. (1996). *Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in Picea abies in southern Sweden*. Forestry 69, nr. 1.

Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson L. O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. & Klintebäck, F. (2011). *The Heureka Forestry Decision Support System: An Overview*. Mathematical and Computational Forestry & Natural Resource Science.

# Bilagor

## Bilaga 1

**Tabell 1.** Beståndsdata för granbeståndet  
*Table 1. Stand data for Norwegian Spruce stand*

### Typbestånd Gran

Basal area (incl overstorey) Before	m <sup>2</sup> /ha	26,979
Dgv Before	cm	8,86
Dominant Species Before	species	Spruce
DominantHeight Before	m	10,482
Hgv Before	m	10,773
Mean Age (incl overstorey) Before	yrs	28,801
Mean Age Biological (incl overstorey) Before	yrs	28,801
SIS (projected) Before	H100 m	28
Stems Before	Trees/ha	5184,402
Volume (incl overstorey) Before	m <sup>3</sup> sk/ha	146,415
Volume >= 8cm dbh (incl overstorey) Before	m <sup>3</sup> sk/ha	105,307

Area Node : Vrml

Treatment unit: 3014-06

Plot: 3014-06

Plot area: 10 000 m<sup>2</sup>

Inventory year: 2006

Mean age: 31 years, total age

Latitude: 59

Altitude: 100m

County: S, Värmland

SI Species : Spruce

Site Index: G28

Slope: 10-20%

Slope direction: Other

Soil depth: 3-deep (>70cm)

Plot type: Trees

Age diversity: 1-Even aged

Climate code: Other

Vegetation type: 9, thin leaved grasses

Bottom layer: 6, Mesic mosstype (Friskmossor)

Soil moisture: 2, Mesic (Frisk)

Soil texture: Sandy, fine

Lateral Water: Shorter periods

Maturity class (NFI) : C1, medelålders ogallrad skog d<20cm

Number of trees: 5329

Stamantal & Grundyta:

Björk : 3574,509384 stam/ha, 18,1 m<sup>2</sup>/ha (67%)

Gran : 1429,161994 stam/ha, 7,2m<sup>2</sup>/ha ( 27 %)

Tall : 324,8018705 stam/ha, 1,6 m<sub>2</sub>/ha (6%)

Totalt : 5328,473248 stam/ha , 26,979m<sub>2</sub>/ha

## Tabell 2. Beståndsdata för tallbeståndet

Table 2. Stand data for the Scots Pine stand

### Typbestånd Tall

Forest Data	Basal area (incl overstorey) Before	m <sup>2</sup> /ha	28,148
Forest Data	Dgv Before	cm	9,059
Forest Data	Dominant Species Before	species	Pine
Forest Data	DominantHeight Before	m	8,986
Forest Data	Hgv Before	m	10,348
Forest Data	Mean Age (incl overstorey) Before	yrs	30,199
Forest Data	Mean Age Biological (incl overstorey) Before	yrs	30,199
Forest Data	SIS (projected) Before	H100 m	25
Forest Data	Stems Before	Trees/ha	5132,017
Forest Data	Volume (incl overstorey) Before	m <sup>3</sup> sk/ha	147,086
Forest Data	Volume >= 8cm dbh (incl overstorey) Before	m <sup>3</sup> sk/ha	109,786

Area Node : Vrml

Treatment unit: 3005-09

Plot: 3005-09

Plot area: 10 000 m<sub>2</sub>

Inventory year: 2009

Mean age: 29 years, total age

Latitude: 59

Altitude: 100m

County: S, Värmland

SI Species : Pine

Site Index: T25

Slope: 0-10%

Slope direction: Other

Soil depth: 3-deep (>70cm)

Plot type: Trees

Age diversity: 1-Even aged

Climate code: Other

Vegetation type: 13, Bilberry, Blåbär

Bottom layer: 6, Mesic mosstype (Friskmossor)

Soil moisture: 2, Mesic (Frisk)

Soil texture: Sandy, medium

Lateral Water: 0, Seldom/never

Maturity class (NFI) : C1, medelålders ogallrad skog d<20cm

Number of trees: 5199

Stamantal & Grundyta :

Björk : 3509,54901 stam/ha, 19m<sub>2</sub>/ha (67,5 %)

Gran : 129,9207482 stam/ha, 0,7m<sub>2</sub>/ha ( 2,5%)

Tall : 1559,082742 stam/ha, 8,4m<sub>2</sub>/ha (30%)

Totalt : 5198,5525 stam/ha , 28,15 m<sub>2</sub>/ha

## Bilaga 2

**Tabell 1.** Prislista Talltimmer, Mellanskog

*Table 1. Pricelist Scots Pine timber, Mellanskog*

Diameterklass	Kvalitetsklass 1	Kvalitetsklass 2	Kvalitetsklass 3	Kvalitetsklass 4	vrak
cm	kr/m <sup>3</sup> to	kr/m <sup>3</sup> to	kr/m <sup>3</sup> to	kr/m <sup>3</sup> to	kr/m <sup>3</sup> to
14	470	470	420	370	0
16	495	495	445	370	0
18	545	545	495	395	0
20	645	545	520	395	0
22	695	545	545	395	0
24	745	570	570	395	0
26	770	595	595	395	0
28	795	615	615	420	0
30	820	635	635	420	0
32	820	645	645	420	0
34	820	645	645	420	0
36	770	545	545	320	0

**Tabell 2.** Fördelning per kvalitetsklass för talltimmer, % av timmerstock

*Table 2. Distribution per quality class for scots pine timber, % of timber log*

Stamdel	Kvalitetsklass 1	Kvalitetsklass 2	Kvalitetsklass 3	Kvalitetsklass 4	vrak
Rotstock	30	0	56	12	2
Mittstock	0	30	56	12	2
Toppstock	0	30	56	12	2

**Tabell 3.** Prislista grantimmer, Mellanskog

*Table 3. Pricelist Norwegian Spruce timber, Mellanskog*

Diameterklass	Kvalitetsklass 1	Kvalitetsklass 2	Vrak
cm	kr/m <sup>3</sup> to	kr/m <sup>3</sup> to	kr/m <sup>3</sup> to
14	500	450	0
16	525	450	0
18	575	475	0
20	600	475	0
22	625	475	0
24	650	475	0
26	665	475	0
28	680	500	0
30	695	500	0
32	700	500	0
34	700	500	0
36	600	400	0



**Tabell 4.** Fördelning per kvalitetsklass för grantimmer, % av timmerstock  
*Table 4. Distribution per quality class for Norwegian Spruce timber, % of timber log*

Stamdel	Kvalitetsklass 1	Kvalitetsklass 2	Vrak
Rotstock	85	13	2
Mittstock	85	13	2
Toppstock	85	13	2

**Tabell 5.** Prislista massaved, Mellanskog  
*Table 5. Pricelist pulpwood, Mellanskog*

Sort	kr/m <sup>3</sup> fub
Tall	275
Gran	290
Björk	300
Asp	270
Övrigt löv	200

**Tabell 6.** Diamterrestriktion massaved  
*Table 6. Diameter restriction pulpwood*

Min	5 cm
Max	100 cm

**Tabell 7.** Längdrestriktion massaved  
*Table 7. Length restriction pulpwood*

Min	310 cm
Max	500 cm

**Tabell 8.** Stamdelsfördelning för gran och tall  
*Table 8. Stem part distribution for Norwegian Spruce and Scots Pine*

Stamdel	Max höjd, m
Rotstock	4,6
Mittstock	9,2
Toppstock	99

**Tabell 9.** Massaveds procentandel av timmerstock för gran och tall  
*Table 9. Pulpwood percentage of timber logs for Norwegian Spruce and Scots Pine*

Stamdel	Massavedsandel av timmerstock %
Rotstock	10
Mittstock	10
Toppstock	10

**Tabell 10. Längdrestriktion för timmer***Table 10. Length restriction for timber*

---

Min	310 cm
Max	550cm

---

## Bilaga 3

**Tabell 1.** Skogsbränslepris och egenskaper skogsbränsle  
*Table 1. Forest fuel prices and characteristics of forest fuels*

	SEK/MWh	SEK/tonTS	Torrhalt %	Askhalt %	Eff. Värmevärde (torr och askfri) MJ/kgTS	Torr-rå densitet kg/m <sup>3</sup>	Fastmassa %	Barkandel %
Grot	78	367,4	50	2,1	19,8	456	17	37
Träddelar	98	453,5	50	0,6	19,2	410	55	11