



Skogsbränsleuttag i gallringsröjning
- Hur påverkar det tillväxten?

Forest fuel extraction from postponed clearing
- *How does it affect growth?*



Foto: www.100innovationer.com (2013-04-18)

Henrik Pålsson & Johannes Jacobsson

Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap, SLU

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Henrik Pålsson & Johannes Jacobsson
Titel, Sv	Skogsbränsleuttag i gallringsrökning – Hur påverkar det tillväxten?
Titel, Eng	Forest fuel extraction from postponed clearing – How does it affect growth?
Nyckelord/ Keywords	Biomassa, senarelagd röjning, täta unga skogar, helträdsuttag, Pinus sylvestris, biomassa-uttag. <i>Biomass, delayed clearing, dense young forests, whole-tree harvesting, Pinus sylvestris, removal of biomass.</i>
Handledare/Supervisor	Gustaf Egnell, SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2013

Förord

Detta arbete är gjort av Henrik Pålsson och Johannes Jacobsson under vår sjätte termin på Jägmästarprogrammet i Umeå. Vi vill tacka vår handledare Gustaf Egnell för att han hjälpt oss på ett bra sätt och för att han gett oss material för att möjliggöra vårt arbete. Vi vill även tacka Anton Grafström som hjälpt oss med de statistiska analyserna i Minitab.

Sammanfattning

Man vill idag öka tillförseln av förnybar energi både i Sverige och i resten av världen. Det finns en möjlighet att i våra svenska skogar hoppa över röjningen för att sedan göra det vi kallar för en gallringsröjning i denna uppsats. Tanken att man skördar biomassa från bestånden. Det finns dock frågor som behöver besvaras innan man kan rekommendera att hoppa över röjningen för att ägna sig åt röjningsgallring istället. Vårt mål med arbetet var att koncentrera oss på frågeställningen om huruvida ett uttag av helträd sänker tillväxten jämfört med en röjning där träden lämnas kvar. Vi har som material, data från ett randomiserat blockförsök på fyra olika lokaler med totalt 15 block och två behandlingar inom varje block. Försöket är startat från 1983-1985 (beroende på lokal) och det har gjorts uppmätningar av tillväxten vid tre tillfällen (1990-1991, 1996, 2002-2004). Den uppmätta tillväxten har vi använt oss av för att komma fram till ett resultat. Vårt material rör tall (*Pinus sylvestris* L) och därmed även resultatet. Vårt resultat säger att det finns en signifikant skillnad i tillväxt vid det första revisionstillfället, men vid de senare två går det inte att signifikant visa på något samband mellan behandlingen och tillväxten. Vi anser att vårt material inte är tillräckligt stort för att visa på huruvida det finns något samband mellan tillväxten och behandlingen. Vidare studier måste genomföras innan man kan rekommendera gallringsröjning i konventionellt skogsbruk.

Nyckelord: biomassa, senarelagd röjning, täta unga skogar, helträdsuttag, *Pinus sylvestris*, biomassauttag.

Summary

Today we want to increase the supply of renewable energy, both in Sweden and in the rest of the world. There is a possibility to skip the clearing in the Swedish forests and then do what we call a thinningclearing in this paper. The idea is to harvest biomass from the stocks. However, there are questions that need to be answered before we can recommend skipping the clearance to engage in thinningclearing instead. Our goal with this study was to focus on the issue of whether a whole tree harvest decreases growth compared to a clearing where the trees are left. As material we have data from a randomized block design in four different locations with total 15 blocks and two treatments within each block. The experiment is started from 1983-1985 (depending on locale) and there have been measurements of growth three times (1990-1991, 1996, 2002-2004). We used the measured growth to get a result. Our material relating to Scotch pine (*Pinus sylvestris* L) and so does the result. Our result says that there is a significant difference in growth at the first time of the revision, but in the latter two we cannot significantly show any relationship between treatment and growth. We believe that our material is not large enough to show whether there is any correlation between growth and treatment. Further studies must be carried out before we can recommend thinningclearing in conventional forestry.

Keywords: biomass, delayed clearing, dense young forests, whole-tree harvesting, *Pinus sylvestris*, removal of biomass.

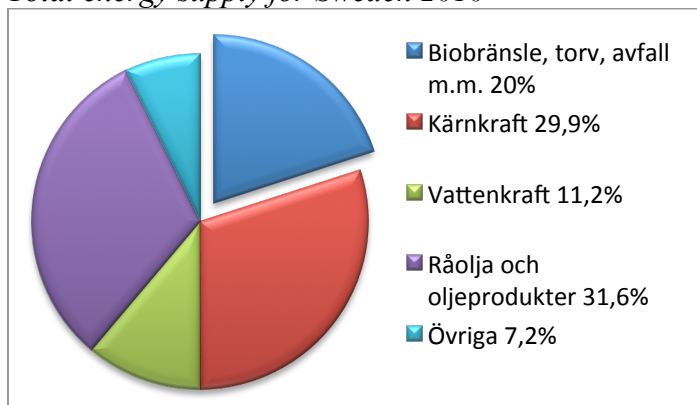
Inledning

Bakgrund

Världen är i ständig kamp mot klimatförändringen. Energi utvinns fortfarande främst från fossila bränslen, som olja och naturgas. De flesta är överens om att detta måste ändras. EU har satt upp målet att 20 % av all energitillförsel inom EU skall utgöras av förnybar energi år 2020 (Statens energimyndighet 2012). Alla medlemsländer har fått egna mål, anpassade till deras förutsättningar. Ur figur 1 nedan går att utläsa Sveriges energitillförsel år 2010. Sveriges mål från EU är 49 % förnybar energi, men Sverige har nationellt höjt detta mål till 50 % (Statens energimyndighet 2012). Bioenergi ses som en viktig del för att nå dessa mål (Landsbyggsdepartementet 2008). Energi utvinns redan från industrins restprodukter, grenar och toppar (GROT) och avverkning av klenträd. Nu har även stubbar börjat brytas och man försöker hela tiden hitta nya sätt att utnyttja skogen som energiresurs. Samtidigt börjar ett forna stort sortiment minska; papper. Vi läser inte lika mycket tidningar i pappersform längre så nu måste ett nytt användningsområde ersätta den tidigare jätten. Ett nytt sätt kan vara att plocka ut biomassa ur röjningar.

Sveriges totala energitillförsel, 2010.

Total energy supply for Sweden 2010



Figur 1 Källa/source: Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2011, ET 2011:42.

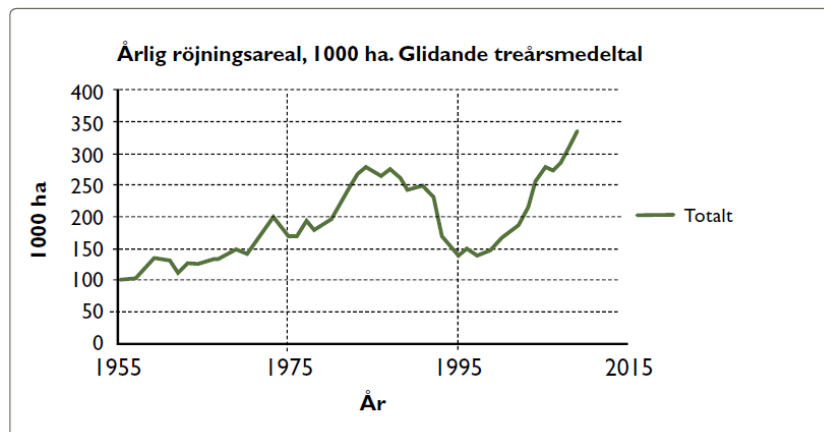
Optimera biomassaavgift

I dagsläget optimeras skogsskötseln i Sverige mot produktion av massaved och timmer. Framtiden kommer antagligen se annorlunda ut. Redan idag står biomassa från skogen för en stor del av Sveriges totala energitillförsel, (figur 1). I framtiden kan vi förvänta oss att skogsproduktionen kommer optimeras ytterligare mot maximering av biomassaproduktion på bekostnad av optimeringen mot volymproduktion av massaved och timmer.

Röjningsberget

Skogssverige letar nu efter nya sätt att utvinna energi ur skogen. En möjlig resurs till det kan vara det så kallade *röjningsberget*. Det är bestånd som har uppkommit på grund frikostig självföryngring och utebliven röjning. De har utvecklats till stamrika bestånd med jämförelsevis stort biomassa-förråd. En del kallar dem för konfliktbestånd eftersom det är svårt att veta vad man bör göra med dem. Den uteblivna röjningen beror bland annat på en lagändring år 1994 som innebar att man inte längre tvingades till att röja sin skog (Enander 2003). Hela 18,4% av skogsarealen i Sverige utgörs av ogallrad skog under 15m och med

över 30 ton TS/ha. Enligt Nordfjell et al (2008) skulle det kunna ge en årlig tillgång på ca 23TWh i Sverige. Energisektorn ser gärna att bioenergi skördas ur bestånden och skogssektorn verkar också positivt inställda till det alternativa användningsområdet (Olsson 2004). Det röjs idag mer än någonsin tidigare (figur 2). Trots det finns det så kallade röjningsberget, vilket beror på svackan från 1995 och några år framåt.

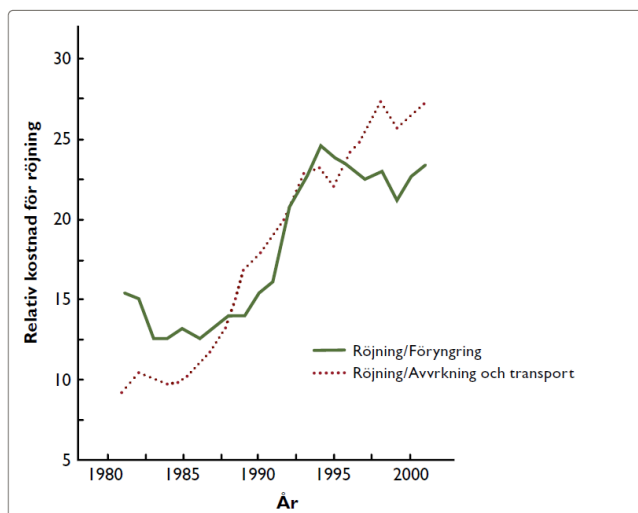


Figur 2. Årlig röjningsareal i Sverige/Annual clearing area in Sweden

Källa/source: Riksskogstaxeringen 2010.

Höga kostnader

Att röja idag är förhållandevis dyrt,(figur 3) vilket till vis del beror på bristen på utveckling. Medan metoder för andra skogliga åtgärder rationaliserats ser röjningssättet i princip likadant ut. Tekniken är utvecklad för unga bestånd, (2-6 m) och därför är det idag rekommenderat med tidig röjning för att hålla ned kostnaderna. De bestånd som inte röjs enligt ”skolboken” blir stamrikare och medelstammens diameter ökar. Röjningskostnaden blir högre ju längre man väntar (Skogsstyrelsen 2012). Det behövs helt enkelt nya sätt att hantera röjningsberget.



Figur 3. Årlig kostnad för röjning/Annual clearing cost for Sweden

Källa/source: Skogsskötselserien nr6, röjning. Skogsstyrelsen 2012.

Gallringsröjning

En förhållandevis ny tanke att få ut mer energi ur skogen är att senarelägga röjningar för att kunna ta ut biomassa från dem. (Vi kommer kalla det för *gallringsröjning* i detta arbete). Tanken är att inte röja alls enligt traditionellt vis, utan att gå in vid 8-12m höjd, göra en gallringsröjning och ta ut träd till bioenergi. Det innebär att det initialt kommer bli bestånd med mycket volym, hög grundyta och med en låg medeldiameter. Skötselåtgärden ska helst ge en vinst, men är lönsam så länge åtgärden kostar mindre än dagens röjningsåtgärd.

Problembeskrivning

Biomassa från gallringsröjningar ses som en möjlighet att få ut mer energi ur skogen. Det är dock ett än så länge outforskat skötselsätt. Ingen vet egentligen hur detta förändrade skötselsätt påverkar de kvarlämnade träden och området där ingreppet skett. ”Uttag av skogsbränsle innebär en intensifiering av skördeuttaget, vilket kan påverka skogsekosystemet och omgivande ekosystem på kort och lång sikt” (Skogsstyrelsen 2009). Det finns ett antal frågor som måste besvaras innan man vågar rekommendera ett skötselsystem där man hoppar över en tidig röjning till förmån för en senare gallringsröjning. För det första måste man komma ihåg att åtgärder som går bra att göra på vissa marker, kan vara ödesstigna på andra. Förändring av älgbete och andra viltskador måste utredas. Risken för snöskador är som störst i bestånd med ett stort antal klena träd. Vindskador uppstår däremot efter ett stort uttag, så som starka gallringar (Valinger & Fridman 2000). Än så länge vet vi inte hur skaderisker kommer se ut i de bestånd som röjningsgallrats. Vi vet till exempel inte om insekter, svamp och bakterier får fler eller färre substrat att frodas i. Röjningsgallring innebär att vi får många klena träd och vid maskinella uttag bildas många stickvägar för vind som skulle kunna förstärka vindstyrkan och skada de känsliga träden. Bergströms et. al (2010) studie visar dock på att det finns tillräckligt många oskadade stammar efter skogsbränsleuttag, 1900-3800st/ha vid 7,4- 11,3 meters medelhöjd, för en acceptabel fortsatt beståndsutveckling.

Näringsbalansen för kväve, baskatjoner och fosfor påverkas av att man tar ut träddeklar, vilket kan påverka övergödning, urlakning och näringstillgången för kvarlämnade träd (Hellsten et al. 2010). Eftersom näringsbehovet för ett bestånd är stort i gallringsstadiet innan skogen slutit sig (Mätkönen 1974), så kan beståndet vara känsligt för stora uttag (Jacobson et al 1996). Träden har i det stadiet framförallt behov av Kväve (N), Kalium (K) och Fosfor (P) för att bygga ut grönkronorna (Bergh et al. 2005). Det finns risk att dessa betydelsefulla näringsämnen minskar och att träden då minskar i tillväxt. Den mesta näringen sitter i grenar och barr. Att ta ut de delarna kan innebära tillväxtförluster, och eventuellt en längre omloppstid (Bergström et al. 2010). Det är än så länge svårt att veta vad som sker på längre sikt (Egnell & Leijon 1997).

Kostnader är ett annat problem. För att kunna införa gallringsröjning måste vi ha ett kostnadseffektivt maskinsystem. Än så länge finns inget självklart system som kan användas i en gallringsröjning. Det har dock gjorts en hel del studier på gallring i klena skogar. De innefattar bestånd som liknar de tänkta gallringsröjningsbestånden. Skogforsk har gett ut rapporter som berör klenvirkeshantering. De har till exempel en studie av *Fixteri*, en finsk klenvirkeshantering, som kan vara ett alternativ i förstagallringar. Den faller, kapar, komprimerar och buntar hela klena träd. Den är rent tekniskt intressant, men än så länge alldeles för ineffektiv (Björheden, et al. 2007). En annan studie jämför olika aggregat, där det visade sig att matarhjul och flerträdshantering gav en effektiv avverkning i klen skog. Ju fler träd som kan hanteras, desto effektivare var det (Iwarsson & Belbo 2009).

En teknikutveckling är på gång, vilket är absolut nödvändigt för att hitta effektiva system som avverkar och transporterar till låga kostnader.

Alla dessa frågor och fler måste besvaras innan någon med säkerhet kan rekommendera gallringsröjning. Idag finns ännu inte tillräckligt med information för att ge svar på allt. Det är därför viktigt att studier och försök i fält görs, för att sedan kunna ge praktiska rekommendationer. En avgörande fråga är tillväxten och hur mycket näring som försvinner om vi inför detta skötselsätt. Vi ska se närmare på dessa frågor.

Syfte och frågeställning

Huvudsyftet med detta kandidatarbete är att bidra till svar på en av de frågor som måste besvaras innan senarelagd röjning kan rekommenderas på bred front, nämligen om:

Skogsproduktionen minskar på medellång sikt då röjningsstammar med dess näringsrika grenar och barr tas ut i senarelagda röjningar.

Genom att analysera data från ett fältförsök, tillsammans med litteratur i ämnet ska vi bidra till ett svar i frågan om tillväxten äventyras.

Hypotes: Med gallringsröjning kommer produktionen minska i det kvarvarande beståndet jämfört med en liknande röjning där biomassan lämnas kvar.

Material och metod

Datat kommer från S-O Anderssons röjningsförsök som är anlagt mellan 1983-1985 på fyra försökslokaler; Avesta, Ruskesele, Ramsberg, Fiskesjö. På varje lokal finns tre till fyra block. Inom varje block finns två avdelningar, en där röjningsstammarna tagits ut och en där de lämnats kvar.

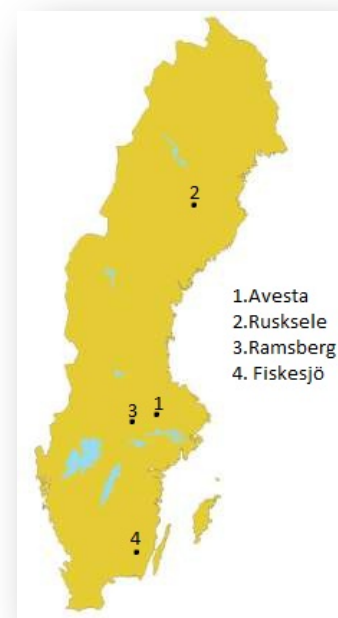
Tabell 1. Presentation av lokalerna i försöket. *Table 1. Presentation of the locations in the study.*

Namn	Avesta	Ruskesele	Ramsberg	Fiskesjö
lat, long	60°13', 16°06'	64°48', 18°51'	59°48', 15°15'	(grunddoku- mentation saknas)
H ö h	105m	215m	205m	
Jordart	sediment	Sediment	morän	
Textur	finsand	Grovmo	sandig moig	
Jordmån	Fe-podsol	Podsol	Fe/Fehum podsol	
Markfukt	torr	frisk	frisk-fuktig	
Vegetation	lingon - lav	lav - ling/blå	Ristyp	
Uppkomst	självsått 1973	självsått 1943	självsått 1964	
Trädslag	Tall (med Gran och Björk)	Tall	Tall (med Gran och Björk)	
Anlagt	1983	1983	1983/84	1985
Tot. åld. Vid anlägg	10	38	20	24
Block	3	4	4	4
Avdelningar	6	8	8	8
Parceller	0.0481-0.0743 ha	0.078-0.1	0.07 - 0.957	0.0702-0.0888
Medelvolym/ha försöksstart	8,2m ³ sk	37,3m ³ sk	41,9m ³ sk	59,5m ³ sk
SI	30,9	17,9	29,7	26,8
Medelhöjd försöksstart	4,0	7,9	7,3	8,9

I försöket har det gjorts två behandlingar. År noll har man antingen röjt avdelningen och tagit ut biomassan, eller också har man röjt avdelningen men lämnat kvar biomassan. Sedan har det gjorts tre revisioner; 1990-1991, hösten 1996 och hösten 2002-2004. För varje lokal och revision finns data på grundyta/ha, volym/ha, stamantal/ha och övre höjd, både innan åtgärd, uttag vid åtgärd och efter åtgärd.

Blockens uppbyggnad

I våra data ingår alltså fyra lokaler, de fyra lokalerna har sammanlagt 15 block. Det rör sig om randomiserade blockförsök. Inom ett block finns två ytor (avdelningar) som har samhörighet med varandra. De två ytorna har liknande grundyta,



volym och ståndortsindex. Behandlingen har lottats till avdelning inom block. Alltså är de två parade avdelningarna jämförbara med varandra om man sen vill se tillväxten och volymen. Vi har lagt till nya blocknamn när vi analyserat materialet, då olika block på olika lokaler tidigare kunde ha samma namn. Exempelvis fanns block 1 på alla våra olika lokaler. Efter att vi lagt till de nya blocknamnen hade varje block ett unikt namn. De nya blocken ligger under överskriften ”nyblock”.

För att tydliggöra visas ett exempel. På lokalen Avesta har vi tre stycken block. På de tre första ytorna (inom block 1, 2, 3) lämnas biomassan, på de tre sista tas den ut. I övrigt ser man att det är liknande värden mellan ytorna tillhörande samma block. I gult ser vi till exempel block 1. I just fallet nedan har blocken inom nyblock och block samma namn.

Tabell 2. Data för lokal Avesta. *Table 2. Data on local Avesta.*

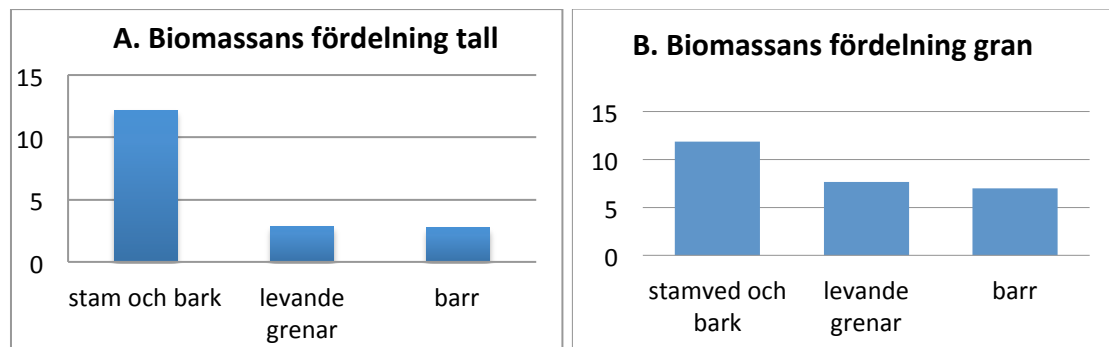
Lokal	Block	Nyblock	Röjda träd	SI	Grundyta	Volym
Avesta	1	1	Kvar	30,9	1,7	4,5
Avesta	2	2	Kvar	32,7	3,9	11,8
Avesta	3	3	Kvar	30,9	3,0	8,9
Avesta	1	1	Bort	30,0	1,8	4,8
Avesta	2	2	Bort	30,2	3,4	10,2
Avesta	3	3	Bort	30,4	3,1	9,1

Vi har även fått data på näringshalter i biomassaprovträd tagna vid etablering av försöken, i % av torrvikten. De näringsämnen som mätts upp är makronäringsämnena N, P, K.

Skattning av biomassa och näringsinnehåll

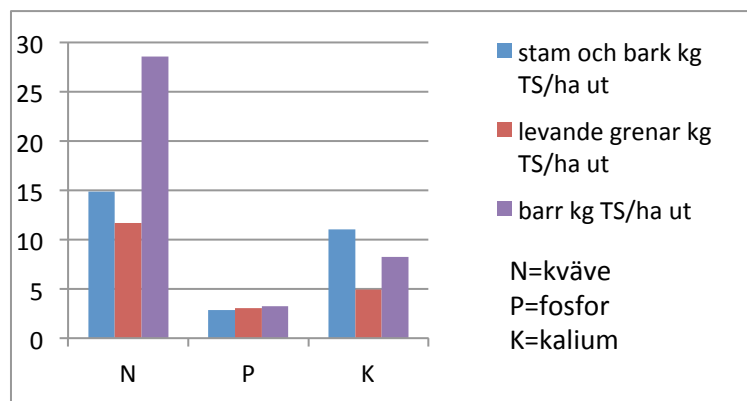
För att skatta hur mycket biomassa som tagits ut ur bestånden beräknade vi först *grundytamedelstammens diameter (dg)* för de olika ytorna. $Dg = 2 \cdot \sqrt{(Gy / \text{Stamantal} / \pi)}$

Sedan använde vi grundytamedelstammens diameter som en variabel i *Marklunds funktioner* för att skatta biomassa i dess torra vikt. Vi skattade uttagen biomassa i tre träddelar: stamved + stambark, levande grenar och barr. Vi skattade också samma sak med gran för jämförelse. Där förutsatte vi samma medeldiameter för gran som för tall.



Figur 4A & 4B. Biomassans fördelning i tall och gran. Uttag vid behandling (ton TS/ha). *Figure 4A & 4B. Biomass distribution in Scotch pine and Norway spruce. Biomass socket (ton dry matter/ha)*

Utifrån resultatet kunde vi skatta hur stor mängd av varje näringsämne som finns i de olika träddelarna för tall. Det gjorde vi med hjälp av data vi har om näringshalter i biomassaprovträd, (% av TS).



Figur 5. Näringsuttag vid gallringsröjning. Skattat utifrån våra försök. *Figure 5. Nutritional socket with the treatment.*

Statistiska analyser i minitab

Enkelsidigt t-test

För att kunna göra ett enkelsidigt t-test var vi först tvungna att beräkna tillväxtdifferensen mellan de ytor där biomassa tagits ut, jämfört med de ytor där de lämnats kvar. Detta gjorde vi för varje block vid de olika revisionstidpunkterna. Vi sammanställde resultatet för att se hur differensen såg ut för de olika lokalerna och hur det såg ut totalt. Tabell 3 är det totala värdet av blocken i varje lokal.

Tabell 3. Tillväxt efter röjning utan biomassauttag subtraherat med tillväxt efter röjning med biomassauttag *Tabel 3. Growth after clearing without removal of biomass subtracted with growth after clearing with removal of biomass.*

Lokal:	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Avesta	27,6	53,6	84,8
Rusksele	3,5	8,9	13,1
Ramsberg	-1,8	-27	-33
Fiskesjö	10,5	20,6	29,5

När vi beräknat differensen gjorde vi t-testet över resultatet. Nollhypotesen var att differensen var lika med 0, och den alternativa hypotesen var att differensen var större än noll. Från testet fick vi ett P-värde¹.

¹ Med hjälp av P-värdet kan man se om nollhypotesen kan förkastas eller inte. För att kunna förkasta nollhypotesen skall P-värdet vara lägre än signifikansnivån, som brukar ligga på 0,05. Vilket är det värde även vi

Tvåvägs ANOVA

Innan vi kunde göra någon variansanalys med hela vårt material ville vi se om ytorna med de olika behandlingssystemen är jämförbara. Därför använde vi funktionen Display descriptive statistics. Utifrån den fick vi fram medelvärden, median, övre och undre kvartil för ståndortsindex och volym efter röjning/ha för alla ytor.

Vi gjorde sedan en tvåvägs ANOVA, vilket är en typ av variansanalys. Vi satte in tillväxten fram till de olika revisionstidpunkterna som en responsvariabel. De två faktorerna var ”nyblock” och om vi lämnat kvar eller tagit ut biomassan vid röjningen. På så vis fick vi fram ett P-värde och en förklaringsgrad².

Envägs ANOVA- lokal för lokal

Vi har även gjort en variansanalys för varje enskild lokal. Där använde vi en envägs ANOVA med tillväxt som responsvariabel och behandlingen bort eller kvar som faktor.

Resultat

² Förklaringsgraden visar vilken proportion av totala variationen i den beroende variabeln, (tillväxten), som kan förklaras av variationen i den oberoende variabeln, (”kvar/bort”).

Produktion i avdelningarna efter gallringsröjning

Vi har inte kunnat bevisa att det finns en signifikant effekt med tvåvägs ANOVA. Till slut kunde vi få ett signifikant p-värde då vi gjorde ett ensidigt t-test. Det var dock endast för revision ett, och om det finns en effekt i verkligheten är svårt att se.

Basic statistic – för att kunna jämföra

För att kunna göra en statistisk säker analys mellan de olika blocken ville vi först se att de var jämförelsebara. Vi visar här den beskrivande statistiken mellan de två alternativen ”bort”, som innefattar de blocken där man tagit ut den biomassan som röjts, och ”kvar” som innefattar de blocken där man efter röjning lämnat kvar biomassan. Det är tre olika faktorer som korrelerar med ”kvar” och ”bort”; ståndortsindex, volym efter röjning inför försöksstart och grundytan vid försöksstart. De turkosmarkerade siffrorna visar medelvärdet för respektive block. Man kan se att skillnaden är liten, tillräckligt liten för att kunna fortsätta studien och veta att eventuella skillnader som kommer inte beror på någon av dessa faktorer.

A.Descriptive Statistics: Ståndortsindex för de olika blocken

Variable	kvar/bort	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median
SI	0	15	0	25,89	1,37	5,31	17,20	18,30	27,80
	1	15	0	26,11	1,39	5,39	17,40	18,60	27,90
Variable	kvar/bort	Q3		Maximum					
SI	0	30,00		31,20					

B.Descriptive Statistics: Volym efter röjning (m3sk/ha), inför försöksstart

Variable	kvar/bort	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum
Volym efter röjning (m3s	0	15	0	38,67	5,14	19,90	4,80
	1	15	0	38,62	5,03	19,48	4,50

Variable	kvar/bort	Q1	Median	Q3	Maximum
Volym efter röjning (m3s	0	28,30	39,90	54,30	74,80
	1	29,00	40,50	49,70	72,80

C.Descriptive Statistics: Grundyta vid försöksstart

Variable	kvar/bort	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median
G	0	15	0	8,980	0,996	3,856	1,800	7,300	9,200
	1	15	0	8,973	0,964	3,735	1,700	7,200	9,900
Variable	kvar/bort	Q3		Maximum					
G	0	12,300		14,900					
	1	11,000		14,700					

Figur 6A,B & C. Basic statistic från minitab. Figure 6A, 6B & 6C. Basic statistic from minitab.

Tvåvägs ANOVA

Nedan visas resultatet från vår tvåvägs ANOVA. I figur 7 ser vi P-värdet som står i den gula rutan, förklaringsgraden i den röda rutan och i den blå rutan finns variansen. I figur 8 visas de

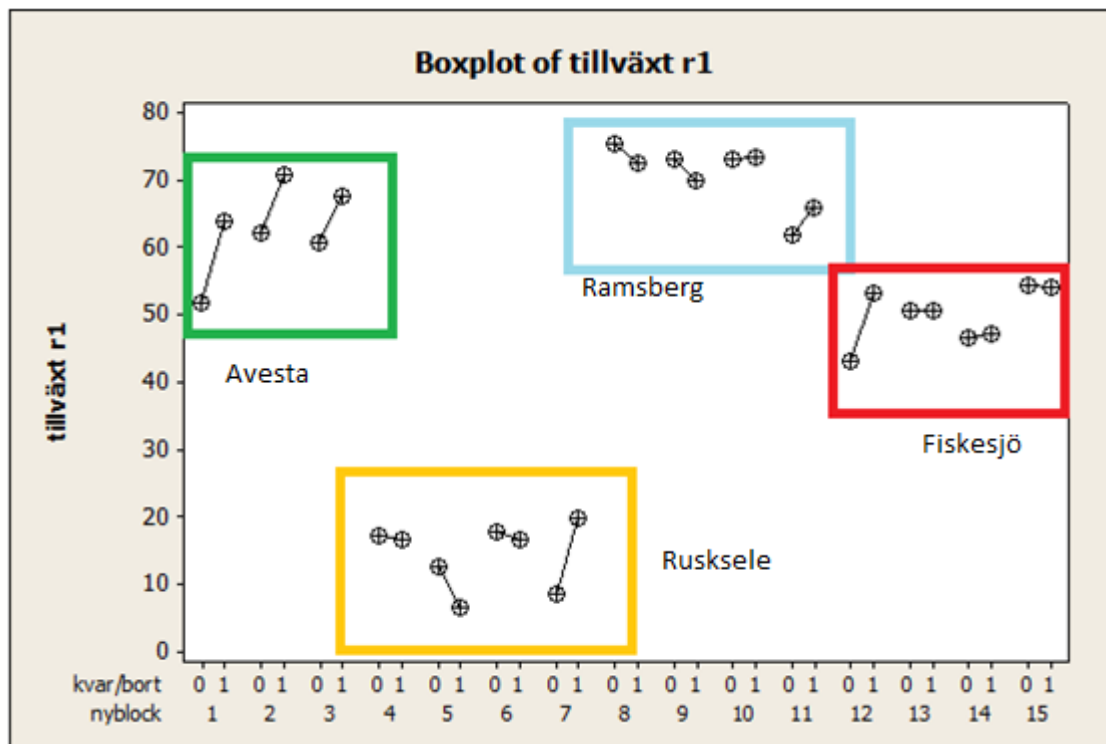
parade avdelningarna med de olika behandlingarna kvar och bort. Lokalerna har tydliggjorts genom att ruta in var och en.

Two-way ANOVA: tillväxt r1 versus nyblock; kvar/bort

Source	DF	SS	MS	F	P
nyblock	14	14680,0	1048,57	63,83	0,000
kvar/bort	1	52,8	52,80	3,21	0,095
Error	14	230,0	16,43		
Total	29	14962,8			

S = 4,053 R-Sq = 98,46% R-Sq(adj) = 96,82%

Figur 7. Resultat tvåvägs ANOVA i minitab. Figure 7. Result from a two-way ANOVA in minitab.



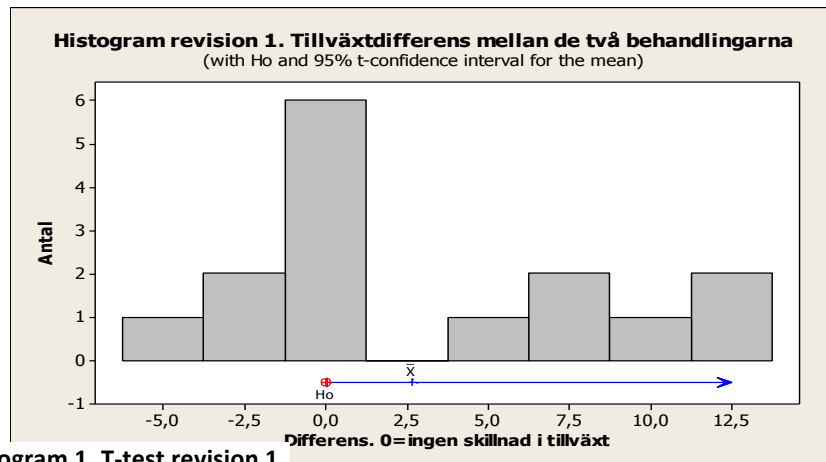
Figur 8. Boxplot från resultat av tvåvägs ANOVA i minitab, revision 1. Figure 8. Boxplot from the results of a two-way ANOVA in minitab.

Ensidigt T-test

Det ensidiga t-testet tyckte vi passade bäst till vår hypotes. Resultatet ser vi i figurerna nedan. P-värdet från testet av revision ett är strax under 0,05. Det kan tyda på att det har en positiv inverkan på tillväxten att lämna biomassan. Värdet är dock väldigt nära 0,05, (0,047). I testen från revision två och tre är p-värdena för höga. Detta kan innebära att det finns en initial positiv effekt av att lämna kvar biomassan, men att den effekten minskar efter en viss tid.

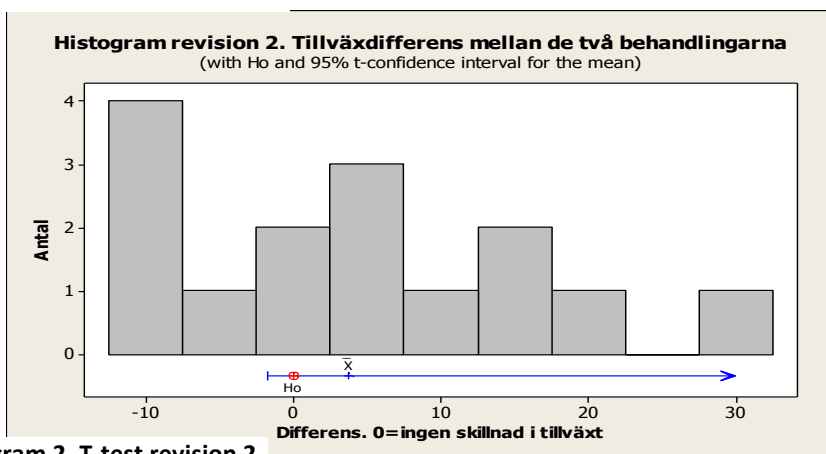
I histogrammen visas fördelningen av tillväxtdifferensen. Medelvärde ligger vid x-et under staplarna. De positiva värdena visar på en högre tillväxt då man lämnar kvar biomassan, medan de negativa värdena visar på högre tillväxt då man tagit ut biomassa. I det första diagrammet ser vi att medelvärdet ligger på 2,65 (Histogram 1) men att en stor del av differensen är kring noll, som är stapeln över den röda pricken. Analysen visar att fram till

revision ett går det att statistisk säkerställa en viss effekt av gallringsröjning på signifikansnivån 0,05, men att den ej går att säkerställa fram till revision två och tre. Antal (histogram 1, 2 & 3) visar hur många block som ligger i varje stapel.



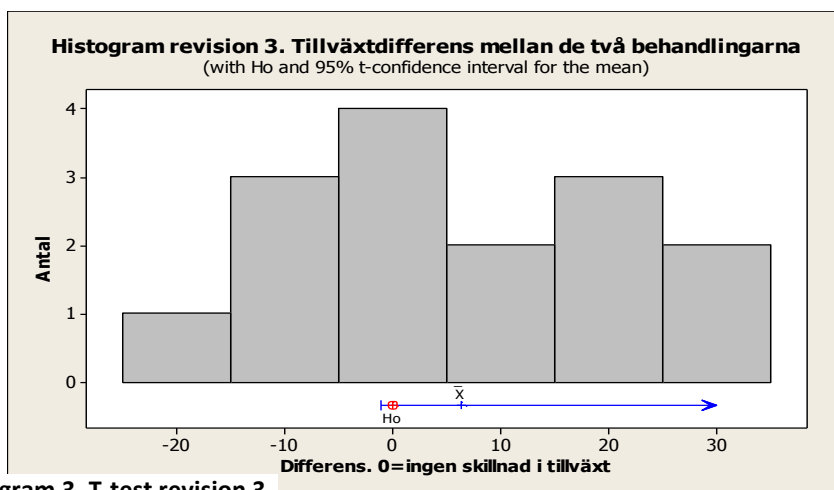
P-värde = 0,047

Histogram 1. T-test revision 1.



P-värde = 0,124

Histogram 2. T-test revision 2.



P-värde = 0,077

Histogram 3. T-test revision 3

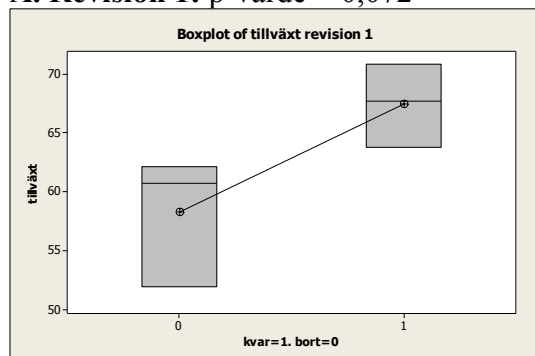
Envägs ANOVA, lokal för lokal

Vi har valt att inte visa resultatet från variansanalysen av alla lokalerna, utan bara för de i Avesta och i Ramsberg, för att visa skillnader mellan olika lokaler. På lokal Avesta kan man se en signifikant skillnad mellan de olika behandlingarna även på lång sikt. I Ramsberg kan vi

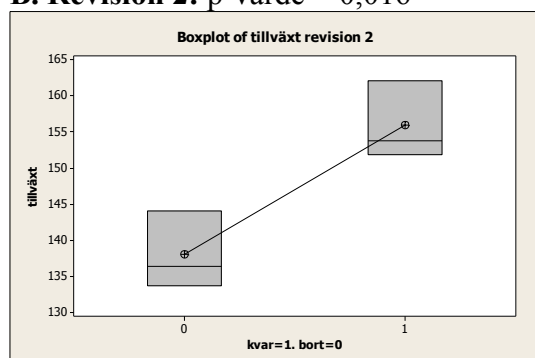
inte visa någon signifikant skillnad i någon av revisionerna, vilket även gäller för de två lokalerna vi inte visar resultat från.

Avesta:

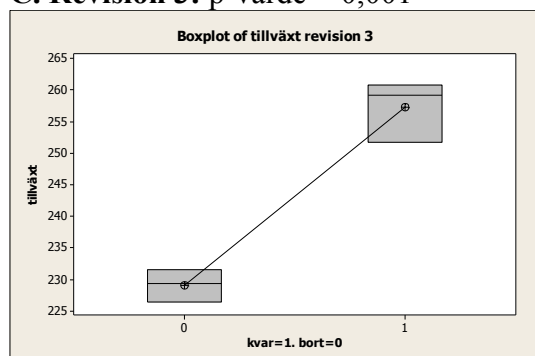
A. Revision 1: p-värde = 0,072



B. Revision 2: p-värde = 0,016



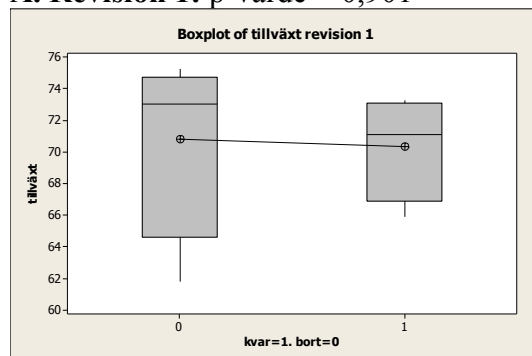
C. Revision 3: p-värde = 0,001



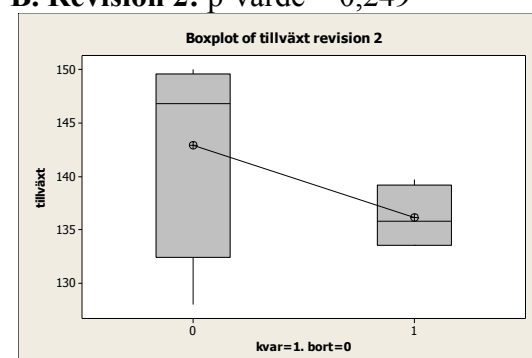
Figur 9A, B och C. Boxplot över resultatet från en envägs ANOVA för de tre revisionerna i Avesta. Figure 9A, B & C. Boxplot from the result of a one-way ANOVA for the audits in local Avesta.

Ramsberg:

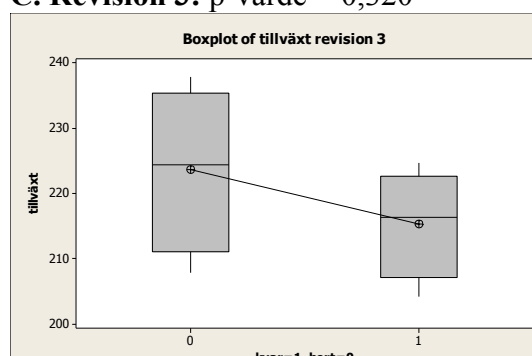
A. Revision 1: p-värde = 0,901



B. Revision 2: p-värde = 0,249



C. Revision 3: p-värde = 0,320



Figur 10A, B och C. Boxplot över resultatet från en envägs ANOVA för de tre revisionerna i Ramsberg. Figure 10A, B & C. Boxplot from the results of a one-way ANOVA for the audits in local Ramsberg.

Diskussion

Vi blev förvånade över resultatet från våra analyser. I vår hypotes skrev vi att tillväxten skulle vara mindre i de block där man plockat ut biomassan, men våra resultat har svårt att bevisa att gallringsröjning har en negativ effekt på tillväxten i tallskog. Det går att se en viss påverkan,

men den är inte statistiskt säkerställd mer än på kort sikt och frågan är om de skillnader som finns har någon betydelse i verkligheten. Då vi tittat på olika lokaler var för sig har vi på en av de fyra, lokal Avesta, kunnat visa på en signifikant tillväxtskillnad även vid revision två och tre. På de andra tre har vi inte kunnat se någon signifikant tillväxtskillnad. Vad det beror på att ingreppets effekt skiljer sig på olika lokaler vet vi inte. Ståndortsindex är nästan exakt samma i Ramsberg och Avesta, men däremot kan vi se att medelhöjden på lokal Avesta är lägre (4m) jämfört med de övriga. Tyvärr är det svårt att se orsaken till skillnader med få observationer. Med ett större försök hade man eventuellt kunnat utläsa en tydligare trend.

Det finns flera sätt att analysera data i minitab. Därför har det varit svårt att välja vilken analysmetod som var lämplig för oss att använda. Vi tyckte att det ensidiga t-testet var den metoden som passade bäst till vår frågeställning och hypotes, eftersom vi ville se om tillväxten var högre i de avdelningar där biomassa lämnats. De skulle alltså skilja sig från noll, och dessutom vara större än noll.

Ett problem med studien är att vi hade för få observationer för att kunna göra några säkra slutsatser. Det fanns bara 30 parade avdelningar, vilket är för lite. Dessutom startades röjningsförsöket då träden hade en medelhöjd mellan 4m och 8,9m. Det är inte en optimal höjd för att göra en gallringsröjning. Den ska helst vara lite högre (8-12m) innan man gör någon behandling, eftersom det då finns mer biomassa att ta ut. Ska man med säkerhet kunna påstå att det finns någon effekt av biomassauttagen måste en större studie göras, och som är mer anpassad till den tänkta skötselmetoden.

Våra resultat från det enkelsidiga t-testet visar på att det finns en signifikant skillnad i tillväxten. P-värdet är 0,047, vilket är väldigt nära vår signifikansnivå på 0,05. De två senare p-värdena är dock över signifikansnivån. Detta kan tyda på en initial effekt, men kan lika gärna vara slumpen med tanke på p-värdet. Histogrammet visar också att de flesta differenser ligger kring noll, vilket gör att eventuella avstickare från noll får en större betydelse för resultatet. Histogrammet två och tre visar en mer normalfördelad kurva. P-värdet är högre för revision två än revision tre. Det tredje p-värdet (0,077) är inte långt ifrån signifikansnivån. Vad skulle hända om vi mätte en fjärde gång ytterligare några år senare? Kanske hade vi åter fått en signifikansnivå under 0,05? Detta kan bero på att ju mer kväve som frigörs desto långsammare tar nedbrytningen. Kväve förändrar nämligen ämnesomsättningen hos nedbrytare som gör att organiskt material blir alltmer svårnedbrytbart (Franklin 2004). Eventuellt kan det vara så att avdelningarna med biomassan kvar har fått en initial effekt på tillväxten, men att denna bromsats upp ju mer kväve som frigjorts. Efter en tid har träden tagit upp kvävet i marken och nedbrytningen har åter fått fart.

Resultatet från vår tvåvägs ANOVA visar att det inte går att säkerställa en signifikant skillnad i tillväxten. Anledningen till att vi gjorde analysen var att vi ville ta hänsyn till att blocken ser olika ut, och kunna jämföra de parade avdelningarna direkt med varandra. Vi hade hoppats att detta skulle eliminera en möjlig störning under testen av behandlingen bort eller kvar. I boxploten ser vi alla fyra lokaler och dess block. Resultaten är olika för varje block. I Avesta tycks resultaten tydliga, men i de övriga varierar det mycket. P-värdet är ganska lågt men inte signifikant för *kvar/bort*. Variansen, som visas i den blå rutan i figur 7, är totalt 14962,8. Endast 52,8 av variansen (0,3 %) kan förklaras av *kvar/bort*, resten förklaras av att blocken som parats ihop vid försöksstart jämförs med varandra. Den höga förklaringsgraden beror också på de hopparade blocken, och inte på gallringsröjningen.

Vi upptäckte under arbetets gång att i de blocken där tillväxten skiljde sig blev skillnaden större över tid. I till exempel lokalen Avesta såg vi i revision ett att biomassa-uttagen hämmade tillväxten. I revision två ökade skillnaden och i revision tre blev den ytterligare större. Vid en första anblick trodde vi att den ökande skillnaden berodde på att blocken där biomassa tagits ut hade lägre näringshalter. Det behöver dock inte vara hela sanningen. I blocken där man låtit biomassa vara kvar har man efter revision ett en större grundyta och mer volym. Detta har gett blocken ett försprång vilket gjort att de kunnat öka sin volym mer än de andra blocken. Stor volym föder större volym. Därför bör man tänka två gånger om resultaten visar denna slags ökande skillnad. Det har inte nödvändigtvis en direkt koppling till lägre näringshalter.

I material och metod presenterade vi hur mycket näring som tagits ut i genomsnitt under försöket. Frågan är om de mängderna har betydelse för tillväxten.

Vi har visat att stammen utgör en stor del av biomassa i träd. Trots det utgör den en relativt liten del av näringsinnehållet i träd. Grenar och framförallt barr utgör dock en stor del av näringsinnehållet. Det kan vara värt att tänka på om man i framtiden vill använda sig av gallringsröjning i större skala. Skulle det visa sig att åtgärden är hämmande för tillväxten finns en möjlighet att låta barr och kanske grenar vara kvar för att lämna mer näringsämnen och på så vis kunna slippa en eventuell tillväxtminskning.

Man kan kompensera tillväxtförluster med gödsling och askåterföring, men det ger olika resultat beroende på markens textur, bonitet, geografiska läge och så vidare (Jacobson et al. 2000). Kväve är oftast den begränsade faktorn för tillväxt i våra boreala skogar.

Kvävegödsling kan alltså tillämpas ända till kväve inte är den begränsade tillväxtfaktorn (Ulvcröna 2011). En normal gödselgiva ligger idag på ca 150 kg/ha (Palmér 2008). I våra uttag togs ungefär 55 kg kväve/ha. Alltså borde det teoretiskt kunna gå att kompensera med gödsling. Askåterföring ger tillbaka i princip alla näringsämnen förutom kväve. Det blir alltså i de flesta fall svårt att höja tillväxten med hjälp av den åtgärden.

I våra försökslokaler är ingreppen gjorda motermanuellt. Om en biomassa-skörd ska genomföras är detta normalt sett maskinellt. Risken för vindskador är hög efter ingrepp i bestånd med eftersatt röjning (skogsskötselserien 2012). Även risken för snöbrott är hög i stamtäta bestånd med låg medeldiameter (Valinger & Fridman 2000). Den typen av system som vi pratar om, där man inte röjer alls skapar stamtäta bestånd med låg medeldiameter. Därmed kan risken för skador öka, vilket kan sänka tillväxten. Dessutom tror vi att stickvägarna bildar korridorer för vinden, vilket inte skett vid de motermanuella ingrepp som gjorts på försökslokalerna. Ingreppen är dessutom gjorda tidigt och vi tror därav inte att vind och snöskador visat sig i våra resultat.

I detta arbete har endast tall studerats. Tallen har mindre biomassa än gran. I våra skattningar såg vi att mycket av näringen i träden satt i grenar och barr. Det vore logiskt att det finns mer näring i en gran, eftersom den har mer grenar och barr. Det innebär att den har ett större behov av t.ex. kväve. En gran har generellt sett mer fina rötter än tall, (Helmisaari et al. 2007), vilket också kan tyda på större behov av näringsämnen. Förlusten av näringsämnen som sker via en gallringsröjning har troligtvis större betydelse i granbestånd än vad som visat sig i våra tallbestånd.

Storleken på tillväxttappet avgör framtiden för gallringsröjning. Om det, efter fler och större undersökningar, visar sig att det finns en tillväxtminskning behöver detta inte betyda att gallringsröjning inte kommer bli aktuellt. Även om man i ett inledande stadium får en mindre

tillväxt kan inkomsten från biomassan möjliggöra att det kompenseras med gödsling senare. Den ekonomiska aspekten väger naturligtvis tungt då gallringsröjningens framtid ska avgöras.

Referenser:

- Ahnlund Ulvcrona K. (2011) Effects of silvicultural treatments in young scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvests ISSN: 1652-6880
- Bergh, J. Linder, S. & Bergström, J. (2005). The potential production for Norway spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management* 204, 1-10.
- Bergström, D. Ulvcrona, T. Nordfjell, T. Egnell, G. Lundmark, T. (2010). Skörd av skogsbränsle i förstagallringar.
- Björheden, R. Kärhä, K. Jylhä, P. & Laitila, J. (2007). Resultat från skogforsk nr17.
- Egnell, G. Leijon, B. (1997). Effects of different levels of biomass removal in thinning on short-term production of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Stands. *Scand. J. For. Res.* 12, 17–26.
- Enander, G. (2003). Visa skogsministern att vi klarar röjningen! *Skogseko* nr 2, 2.
- Franklin, O. (2004). Fakta skog nr7-Gödslad skog bidrar till minskad växthuseffekt.
- Hellsten, S. Akselsson, C. Hagberg, L. & Fuhrman, F. (2010). Effekter av skogsbränsleuttag på näringsbalanser som underlag för avvägning mellan miljömål.
- Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. (2009). Resultat från skogforsk nr 14 ”Flerträdshantering och matarhjul ger effektiv avverkning i klen skog”.
- Jacobson, S. Kukkola, M. Mälikönen, E. Tveite, B. & Möller, G. (1996). Growth response of coniferous stands to whole-tree harvesting in early thinnings. *Scand. J. For. Res.* 11, 50–59
- Jacobson, S. Kukkola, M. Mälikönen, E. & Tveite, B. (2000). Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *For. Ecol. Manage.* 129, 41–51.
- Landsbygdsdepartementet (2008). Bioenergi från jord- och skogsbruket. <http://www.regeringen.se/sb/d/9097> (hämtad 2013-03-14)
- Marklund, L-G. (1988). Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Umeå: Sveriger lantbruksuniversitet. ISSN: 0348-0496. Rapport 45
- Mälikönen, E. (1976). Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. *Silva Fenn.* 10, 157–164.
- Nordfjell, T. Nilsson, P. Henningsson, M. & Wästerlund, I. (2008). Unutilized biomass resources in Swedish young dense stands. *Proceedings: World Bioenergy 2008*, 27-29 May, Jönköping, Sweden. pp: 323-325.
- Olsson S. (2004) Behandling av konfliktbestånd: problem och möjligheter.
- Palmér, C-H. (2008) Din skog-en tidning från SCA-skog nr1.
- Skogsstyrelsen, Egnell, G. (2009) Skogsskötselserien nr 17, Skogsbränsle
- Skogsstyrelsen, Pettersson, N. Fahlvik, N. & Karlsson A. (2012) Skogsskötselserien nr 6, Rövning
- Statens energimyndighet. (2012). Energiläget 2012. Eskilstuna: ET 2012:34
- Valinger, E. & Fridman, J. (2000). Fakta skog- Träden avslöjar risken för vind och snöskador.