



Skog & Trä

2006:1

**Skogsbruksteknisk och miljömässig studie
av alternativa avverkningsformer
i intensivodlad ung granskog**

**Tomas Lundmark
Sune Linder
Harald Grip**



**Sveriges Lantbruksuniversitet
Enheten för skoglig fältforskning
Vindelns Försöksparker**

**ISSN 1403-6398
ISBN 91-975053-8-2**





Skog & Trä

Skogsbruksteknisk och miljömässig studie av alternativa avverkningsformer i intensivodlad ung granskog

Tomas Lundmark

Innehållsförteckning

Sammanfattning/Summary	1
Bakgrund	2
Material och metoder	3
<i>Gallringsmetodik och storlek på uttag</i>	3
<i>Kostnader och intäkter vid olika gallringsformer</i>	5
<i>Skattning av läckage</i>	6
Resultat	6
<i>Uttag av biomassa</i>	6
<i>Teknik och ekonomiskt resultat</i>	7
<i>Näringsutlakning</i>	8
<i>Kvävetillförsel, uttag och läckage under försöksperioden</i>	9
Slutsatser	9
References	10

Sammanfattning

Det saknas i stort sett kunskaper om lokala effekter på mark- och vattenmiljö efter avverkning i bestånd som odlats intensivt med hjälp av optimerad näringstillförsel. På Flakalidens försöksområde i Västerbotten gavs en unik möjlighet att fastställa om, och i så fall i vilken omfattning, växtnäring förluster (läckage) uppträder i samband med avverkningar i skogsskötselsystem baserade på näringsoptimering när det under vintern 2003 genomfördes en gallring på Flakaliden. För att utveckla skördeteknik i intensivodlade system krävs kännedom om hur eventuella näringsförluster påverkas av olika storlek på uttag och om hela träd eller bara stamdelen skördas. För första gången gavs nu tillfälle att undersöka detta.

Resultaten visar att på medelgod bonitet i norra Sverige kan man, efter 15 års intensivgödsling, gallra ut upp till 50 % av grundytan utan besvärande läckage under de två första åren. Något stort läckage har inte observerats och en överslagsberäkning ger vid handen att det största årliga läckaget var ca 0.8 kg NO₃-N ha⁻¹, medan läckaget från kontrolleret var ca 0.5 kg NO₃-N ha⁻¹. Träddelsavverkning i förstagallring av intensivgödslad gran gav cirka 66 % större skörd än konventionell gallring. Med dagens (2005) teknik och energipriser kan gallringsnettot för träddelsavverkning bli något högre än för konventionell gallring, även när hänsyn tas till vattenhalten i energisortimentet. Den ogödslade kontrollen hade en stående virkesvolym på i medeltal 64 m³sk/ha vilket kan jämföras med kvarvarande virkesvolym efter gallring av intensivgödslad gran som i medeltal varierade mellan 107-151 m³sk/ha för den 50 %-iga respektive 30 %-iga uttagsnivån.

Summary

Swedish biomass production potential could be increased significantly if new production methods, such as optimised fertilisation, were to be used. There is however a need to evaluate silvicultural systems where intensive fertilisation programs are practised in terms of profitability and risk for nutrient leakage. During the winter 2003, a commercial thinning was carried out at some of the fertilised plots at Flakaliden experimental site. Since 1987 the most intensively fertilised plots had received 1200 kg N per hectare in total. For the first time it was now possible to estimate the risk for nutrient leakages after cutting in stands where optimised fertilisation had been practised. The results showed that even after a commercial thinning when up to 50 % of the basal area was removed, no significant leakage of nutrients could be detected in the soil water. It was also evident that whole tree harvest resulted in a 66 % increase in the amount of harvested biomass compared to a traditional pulp-wood harvest. After thinning the remaining volume of standing trees varied between 107-151 m³sk/ha which can be compared to the unthinned control treatment averaging a standing volume of 64 m³sk/ha. Using commercial harvesting techniques whole tree harvest gave a slightly better economic result than a traditional pulp-wood harvest.

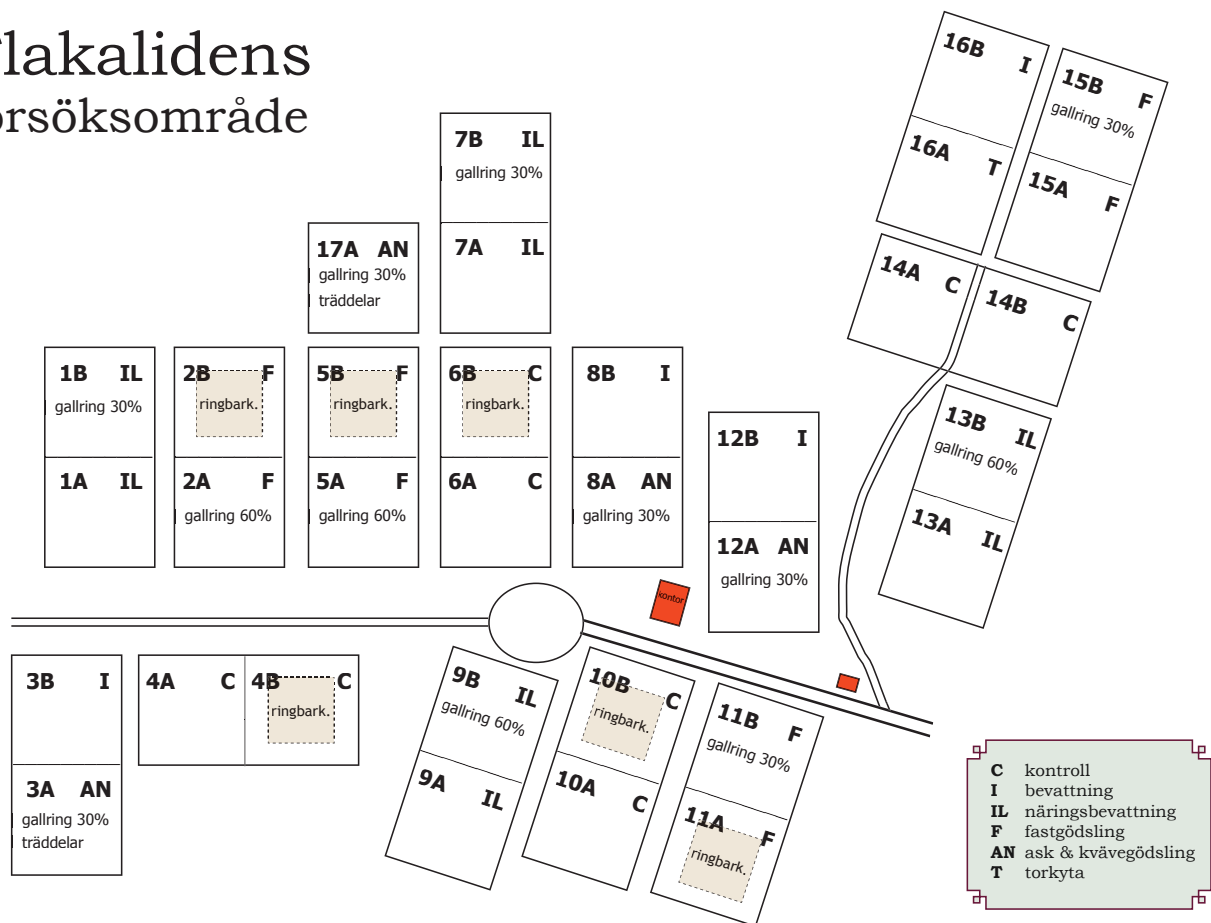
Bakgrund

Regeringen har tillsatt en oljekommission för att Sverige ska bli oberoende av olja innan 2020. Denna utmaning sätter stor press på att snabbt utveckla alternativ till olja framför allt för drivmedel men också för värme och el. Intensivodlad skog erbjuder en viktig möjlighet att öka landets totala skogsproduktion för att täcka framtida ökande behov av skogsråvara. En kritisk fråga är om sådan produktion kan ske på ett miljömässigt godtagbart sätt utan stora näringsförluster.

Det saknas i stort sett kunskaper om lokala effekter på mark- och vattenmiljö efter avverkning i bestånd som odlats intensivt med hjälp av optimerad näringstillförsel. De gödslade ytorna på Flakaliden hade efter 15 års behandling nått grundtytor och volymer där man enligt traditionell skogsskötselsynpunkt borde genomföra

en första gallring. Näringsläckaget har visat sig vara litet, < 4 %, trots att den kumulativa givan 1987-2001 varit 1200 kg N ha⁻¹ för de intensivt gödslade behandlingarna. Hittillsvarande undersökningar tyder således på att näringsförlusterna under produktionsfasen kan hållas mycket låga, men farhågor har rests om att stora förluster kan uppträda i samband med avverkningar. Därför gavs en unik möjlighet att fastställa om, och i så fall i vilken omfattning, växtnäringförluster (läckage) uppträder i samband med avverkningar i skogsskötselssystem baserade på näringsoptimering när det under vintern 2003 genomfördes en gallring på Flakaliden. För att utveckla skördeteknik i intensivodlade system krävs kännedom om hur eventuella näringsförluster påverkas av olika storlek på uttag och om hela träd eller bara stamdelar skördas. För första gången gavs nu tillfälle att undersöka detta.

Flakalidens försöksområde



Figur 1. Översikt av de olika behandlingsleden på Flakaliden efter genomförd gallring av fastgödslade (F), näringsbevattnade (IL) och ask- och kvävebehandlade (AN) ytor. Dels har en konventionell gallring genomförts samt för ett antal F- och IL-ytor ett dubbelt så kraftigt uttag. Kontroll- (C) och bevattnade (I) ytor har ännu ej nått första gallringstadiet och fem gödslade ytor har lämnats ogallrad.

Tidigare undersökningar av näringsförluster efter slutavverkning har visat att effektens intensitet och tidsutsträckt är beroende av ståndortens bonitet. Sålunda har goda boniteter givit stor förlust under kort tid efter ingreppet, medan svaga haft lägre förlust men också utdraget under fler år. I föreliggande fall väntar vi oss att den största näringsförlusten kommer att ske under de första tre åren efter ingreppen. Med de behandlingar som nu skett på Flakaliden ges unika möjligheter att inom ett par år väsentligt öka kunskapen om risken för näringsläckage efter avverkning av intensivodlade granskogar och hur valet av skogsbruksteknik kan påverka detta. Förutom den miljömäsiga bedömningen ges också ett värdefullt underlag för att utveckla skördeteknik i intensivodlade bestånd.

Målsättningen med detta projekt har varit att kombinera teknikutveckling vars syfte är att minska kostnaderna vid skörd av intensivodlade granbestånd med miljömässiga analyser av olika skördesystem i samband med avverkning. Denna kombination ger unika möjligheter att analysera lönsamhet och miljöpåverkan i olika skogsskötselprogram med intensivodling och därmed skapas också underlag för att diskutera och belysa storleken av intensivodlingens potentiella bidrag till energiförsörjningen. Resultaten kommer att kunna nyttiggöras av näringslivets aktörer på bioenergiområdet och

då framför allt skogsägare och skogsbrukstekniska företag men de kommer också att kunna användas som underlag för myndigheters råd och riktlinjer.

Material och metoder

Gallringsmetodik och storlek på uttag

För att kunna planera gallringsuttaget och beräkna gallringseffekten på biomassaproduktionen genomfördes en fullständig revision av samtliga ytor före gallringen (Tabell 1).

Maskinell gallring av de näringsoptimerade bestånden genomfördes i månadsskiftet november-december, 2003. För att efterlikna praktiskt tillämpning utformades gallringen så att stickvägsarealens andel av de behandlade parcellerna motsvarar den andel stickvägsareal som skulle gälla vid praktisk gallring. Gallringen gjordes med två styrkor, dels ett konventionellt uttag (30 %), dels ett kraftigt uttag med målsättningen att nå ett uttag på 60 % av grundytan (Tabell 1).

De ytor som behandlats med vedaska och kväve kunde på grund av logistiska problem och snösituationen inte gallras under vintern 2003/2004 utan gallringen senarelades, efter medgivande från STEM, till hösten 2004.

Tabell 1. Trädantal och grundyta i de olika försöksleden före och efter gallringsingreppet. Målet med den konventionella gallringen var ett uttag på 30 % och i den kraftiga gallringen 60 % av grundytan Förklaring till behandlingar se Figur 1.

Behandling	Träd per ha		Reduktion	Grundyta m ² ha ⁻¹		Reduktion
	Före	Efter	%	Före	Efter	%
IL-30	2530	1410	44.3	40.8	28.0	31.4
IL-30	2300	1290	43.9	36.5	25.0	31.5
IL-60	2020	700	65.3	36.5	17.4	52.3
IL-60	2190	760	65.3	41.2	19.0	54.0
F-30	2100	1290	38.6	36.5	25.8	29.3
F-30	2150	1250	41.9	38.9	27.0	30.7
F-60	1990	680	65.8	38.9	18.5	52.5
F-60	1860	690	62.9	33.6	16.2	51.8
AN-30	2280	1370	39.9	30.9	22.0	29.0
AN-30	2060	1330	35.4	31.6	22.8	28.0
AN-30	2100	1310	37.6	31.4	22.6	28.1
AN-30	1990	1250	37.2	34.9	24.5	29.8



Figur 2. Valmet 901, gallring Flakaliden december 2003.

Vid gallringen användes traditionell teknik med en engreppskördare (Valmet 901 med smal hjuluppsättning, Fig. 2) och skotare (Valmet 840).

Uttaget på de fastgödslade (F) och närings-bevattnade (IL) parcellerna gjordes från två stickvägar per parcell där riset ackumuleras

des i stickvägen för att maximera mängden kvarvarande gren- och barrbiomassa (Fig. 3) där uttaget/störningen var som störst (stickvägen). På motsvarande sätt erhöles en risfri gallrad mellanzon (Fig. 4). På de aska-kväve-gödslade parcellerna gjordes gallringen som en traditionell trädavverkning med samma stickvägsmönster som för övriga parceller som gallrats.



Figur 3. Stickväg med risfri mellanzon.



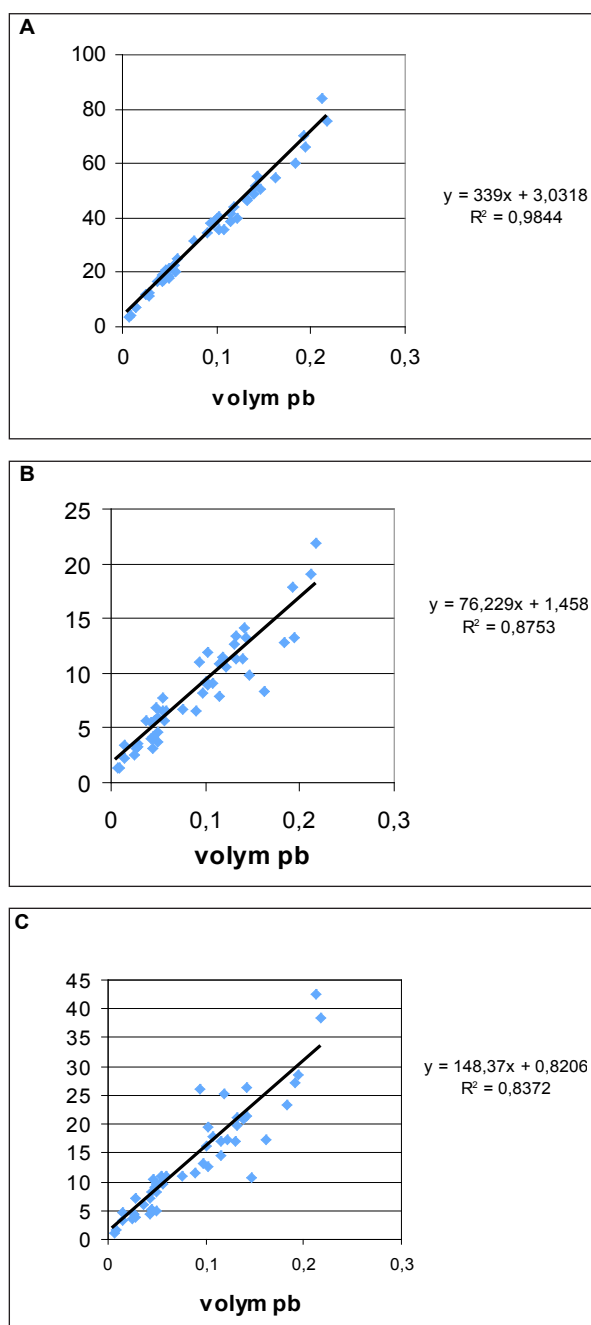
Figur 4. Stickväg med ris.

I samband med gallringen genomfördes en provtagning av hela träd för biomassauppskattning. Dessa provträd togs i stickvägarna så att samplet skulle representera såväl kvarvarande som utgallrade träd. Totalt provtogs 48 träd. Varje provträd delades upp i 7 stycken strata. Från varje stratum togs en provgren. Stamtrissor togs på 6 nivåer, bastrissa, brösthöjd samt på 30, 55, 70 och 85% av trädhöjden. Friskvikter per stratum uppdelat på stam och grenar inklusive barr samt friskvikt på provgrenar och stamtrissor bestämdes i fält. Torr vikter på provgrenar uppdelade på barr och gren samt torr vikter på stamtrissor inklusive bark bestämdes efter torkning på laboratorium. Biomassan storlek uppdelad på fraktionerna stam, grenar och barr skattades med hjälp av enkla algoritmer som utvecklats från samband mellan trädens stamvolym och de respektive fraktionernas torr vikt (Fig. 5A-C). Stamvolymen för provträden skattades med hjälp av sektionsskubering medan stamvolymen för stående och utgallrade träd skattades med hjälp av Näslunds funktioner.

Kostnader och intäkter vid olika gallringsformer

I detta projekt avsågs även att studera principer för trädelssskörd där träden i samband med avverkningen ska kunna hållas fast och upprätt för ackumulering under skördarbetet. De ackumulerade träden skall då dras in mot basmaskinen och kunna hanteras som en bunt för att därefter knäckkvistas och/eller kapas. Den experimenttrigg som skulle användas för att genomföra dessa fältförsök har dock inte kunnat färdigställas i tid främst beroende på att det varit svårt att få tillgång till en basmaskin under året (stormen Gudrun). Dessa tids- och metodstudier har därför tvingats utgå. Istället har resultat och erfarenheter från andra studier i gallring nyttjats där metodvalet liknar de som använts i detta arbete.

Produktionen i konventionell gallring har antagits vara 7.5 m³/f/tim för skördaren och 13 m³/f/tim för skotaren (med ett terrängtransportavstånd på 300m) (Brunberg 1997, 2004, 2005). Timkostnaden för skotaren har satts till 650 kr/tim och för skördaren till 850 kr/tim vilket innebär att den totala drivningskostnaden beräknats till $850/7.5 + 650/13 = 163.3$ kr/m³f.



Figur 5. Linjärt samband mellan stamvolymen på bark och torr vikten för fraktionerna stam inklusive bark (A), grenar (B) och barr (C).

Det har varit svårt att hitta tillförlitliga data och motsvarande produktionsnorm för trädelsavverkning. I en studie av Skogforsk (Brunberg et al 1998) finns dock ett bestånd med samma medelstamsvolym som i detta försök varför dessa resultat har använts som en norm. Med antagandet att resultaten är överförbara på gallringen i denna studie skulle kostanden för trädelsavverkning uppgå till 168 kr/m³ omräknat till fastkubikmeter. För att uppdatera kostnaden till dagens prisnivå har priset justerats till 180 kr/m³f.

Intäkten för massaved har satts till 240 kr/m³f och för energived till 100 kr/MWh fritt bilväg.

Skattning av läckage

Markvatten för kemisk analys samlades på 50 cm djup, dvs. under den huvudsakliga rotzonen. Vattenprov extraherades med s.k. undertrycks-lysimetrar, vilka består av en ihålig keramisk kropp (K 100, <http://www.ums-muc.de/>), vars aktiva längd är 54 mm, diameter är 20 mm och godstjockleken är 3 mm. Detta ger en aktiv yta av 34 cm². Det keramiska materialet består nästan uteslutande av mullit (70 % Al₂O₃, 29 % SiO₂ och 0,8 % andra oxider), vilket ger en låg sorptionskapacitet. Porositeten är 45 % och porstorleken är 1 µm med liten variation, varför luftinträningstrycket blir ca 300 kPa. Vid evakuering av en våt lysimeterkropp kan därför vatten, men inte luft tränga in. På lysimeterkropparna monterades en krage av PVC med ett genomgående PVC-rör till vilket en slang anslöts. Slangen mynnar i ett uppsamlingskärl vid markytan.

Vid installation ställdes lysimeterkropparna i en burk med destillerat vatten. Ett vertikalt hål borrades till 50 cm djup i marken. I mycket stenig terräng spettades i stället ett hål. En våt lysimeterkropp fördes ned i hålet och trycktes mot botten. För att få god kapillär kontakt mellan kroppen och omgivande jord pressades jord från samma horisont ned runt kroppen. Därefter återfylldes hålet med jord i naturlig lagerföljd. Uppsamlingskärlet grävdes ned i markytan så att provet står svalt.

Vid provtagning evakueras provkärl, slang och lysimeter till ca 70 kPa med vakuumpump. Systemet fick stå ett till två dygn. Därefter överfördes det uppsugna provet till en syradiskad provflaska. Proven förvarades djupfrysta i väntan på kemisk analys.

Markvattenprov togs i början av juni och i oktober och sammanföll därmed i tid med de huvudsakliga markvattenflödena. På de parceller som skulle gallras fanns sedan tidigare två till sex undertryckslysimetrar installerade. Dessa kom att ligga på delytor utan ris. I körstråken där riset samlats installerades fem nya lysimetrar per parcell.

Utöver ämneskoncentrationer har en enkel skattning gjorts av det årliga markvattenflödet och därmed av ämnestransporten.

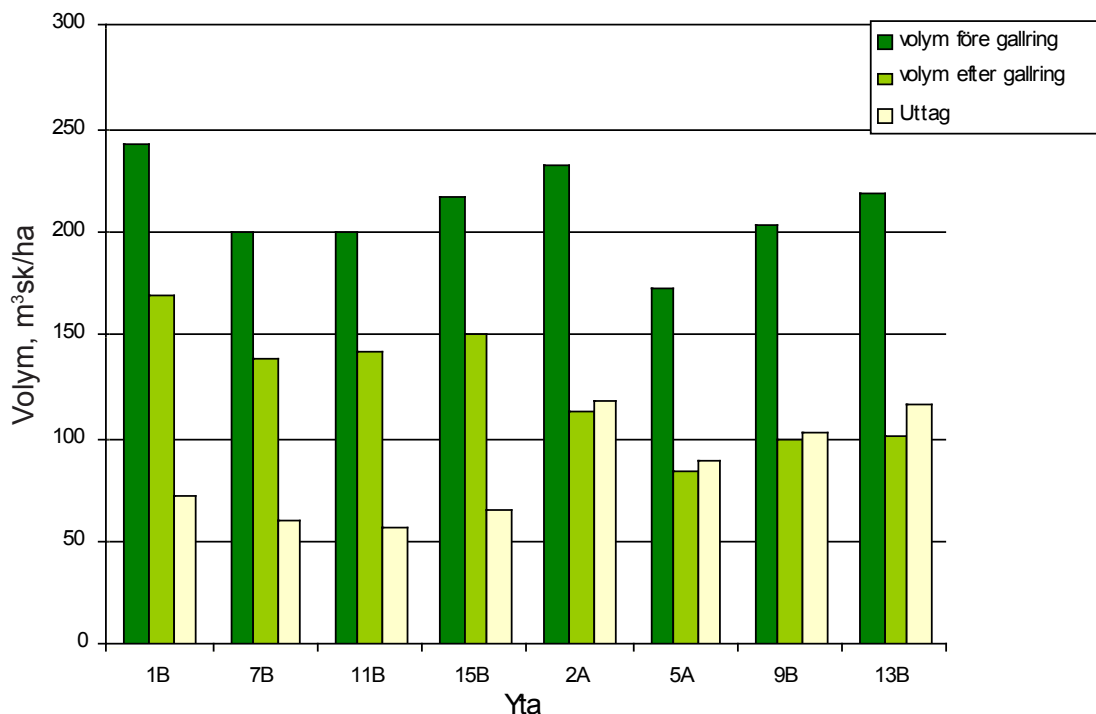
Resultat

Uttag av biomassa

Volymen före gallring varierade mellan 174-242 m³sk per hektar (Fig. 6). På de ytor som gallrades med målsättningen att uttaget skulle bli 30% av grundytan blev det verkliga uttaget 29.2-31.7% av grundytan eller 57-72 m³sk per hektar (medel 66.4). Motsvarande siffror för gallringen med målet att uttaget skulle bli 60% av grundytan blev 52.1-54% respektive 89-119 m³sk per hektar (medel 116.7). Den kvarvarande volymen efter gallring var således 84-113 m³sk per hektar för den hårdare gallringen och 140-170 m³sk per hektar för den 30%-iga gallringen. Dessa siffror kan jämföras med den ögödslade kontrollen som vid motsvarande tillfälle uppvisade en volym på i medeltal 64 m³sk per hektar. Omräknat till kväve blev uttaget 105 kg per hektar för den 30%-iga gallringen och 185 kg per hektar för den starkare gallringen (Tabell 2).

Man kan dra slutsatsen att om man gallrat konventionellt med ett 30 %-igt uttag av grundytan så hade uttaget av stamved blivit 66 m³sk eller 22.5 ton ts per hektar. En energiskörd i form av träddelar skulle ha gett motsvarande uttag av stamved men även nästan 15 ton ts grenar och barr (66 % mer biomassa).

Uttaget av kväve i samband med gallringen varierade med gallringens styrka och uttagsprincip. För konventionell gallring med ett uttag av 30 % av grundytan innehöll stamveden 27 kg kväve per hektar. Då barrrens kväveinnehåll är ca 10 gånger högre än i stamveden och grenarna ökade uttaget av kväve vid träddelsskörd. För den 30 %-iga uttagsnivån blev kväveuttaget 105 kg per hektar jämfört med 27 kg om enbart stamveden skördats. Det största kväveuttaget i denna studie, 185 kg per hektar, erhöles vid träddelsskörd och en uttagsnivå motsvarande drygt 50 % av grundytan (Tabell 2).



Figur 6. Volymen före och efter gallring samt storleken på utgallrat virke på de olika ytorna på Flakaliden. Behandlingarna på de olika ytorna framgår av Figur 1. Gallringen utfördes i november-december 2003.

Tabell 2. Uttag i samband med gallring uttryckt som skogskubikmeter samt torrsvikt (ts) av fraktionerna stam inklusive bark, grenar och barr. Kväveinnehållet har hämtats från Ivonon et al 2006.

	Volym m³sk	ts kg/ha stam	ts kg/ha barr	ts kg/ha grenar	ts kg/ha totalt	N kg/ha stam	N kg/ha barr	N kg/ha grenar	N-uttag kg/ha tot
uttag 30 %	66,4	22513	5061	9855	37428	27	68	10	105
uttag 50 %	116,7	39564	8894	17319	65777	47	120	17	185
N%		0,12	1,35	0,1					

Teknik och ekonomiskt resultat

Med de antaganden som angetts ovan kostade den konventionella gallringen ca 10 800 kr per hektar och ca 19 000 kr per hektar för den 30- respektive 50 %-iga gallringsstyrkan. Intäkterna för de två uttagsnivåerna beräknas till 15 900 respektive 28 000 kr varför gallringsnettot vid konventionell gallring skulle variera mellan ca 5 000 kr och 9 000 kr per hektar beroende på uttagsnivå.

För trädelsavverkningen är kostanden uttryckt per fastkubikmeter stamved något högre men å andra sidan skördas utöver stamveden även grenar, barr och topp. Trädelsavverkningen i detta försök kostade 12 000 kr per hektar och 21 000 kr per hektar för den 30- respektive 50%-iga gallringsstyrkan. Intäkterna beräknas

utifrån torrsviktarna och ett energiinnehåll på 5.37 MWh/ton ts (kalorimetriskt värmevärde) (Rhén 2004, 1% aska). Intäkterna skulle då uppgå till ca 20 000 kr respektive 35 700 kr per hektar för helt torrt virke varför gallringsnettot vid trädelsavverkning skulle variera mellan ca 8 000 kr och 15 000 kr per hektar beroende på uttagsnivå. Beroende på trädernas fukthalt kan betalningsförmågan minska något då många köpare räknar fram ett energiinnehåll som tar hänsyn till såväl askahalt som fukthalt.

$$h_{\text{net}} = \left[h_{\text{eff}} * \frac{100-A}{100} * \left(1 - \frac{F}{100} \right) - 2,44 * \frac{F}{100} \right] * \frac{1}{3,6} \text{ MWh/ton}$$

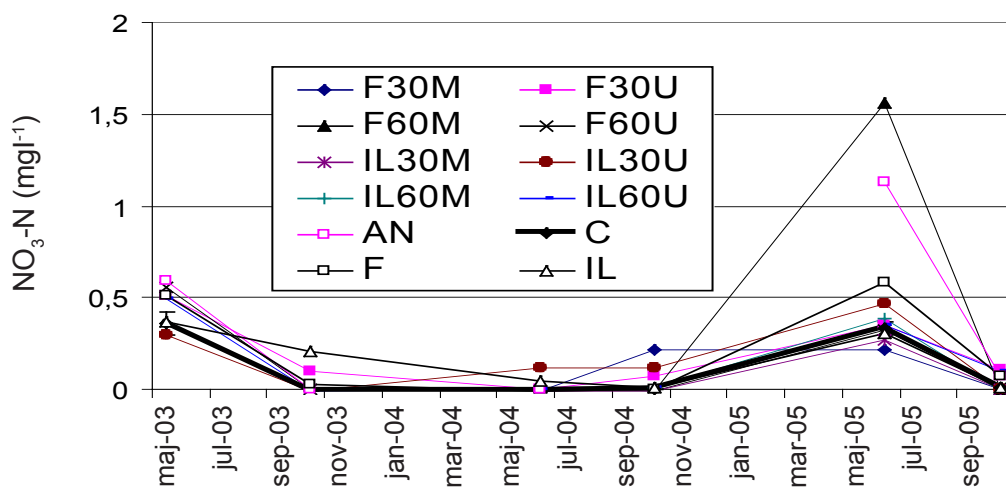
Om fukthalten sätts till 50% skulle gallringsnettot i beräkningen för trädelsavverkning minska till 5550 respektive 10250 kr per hektar, d.v.s. i nivå med konventionell gallring.

Näringsutlakning

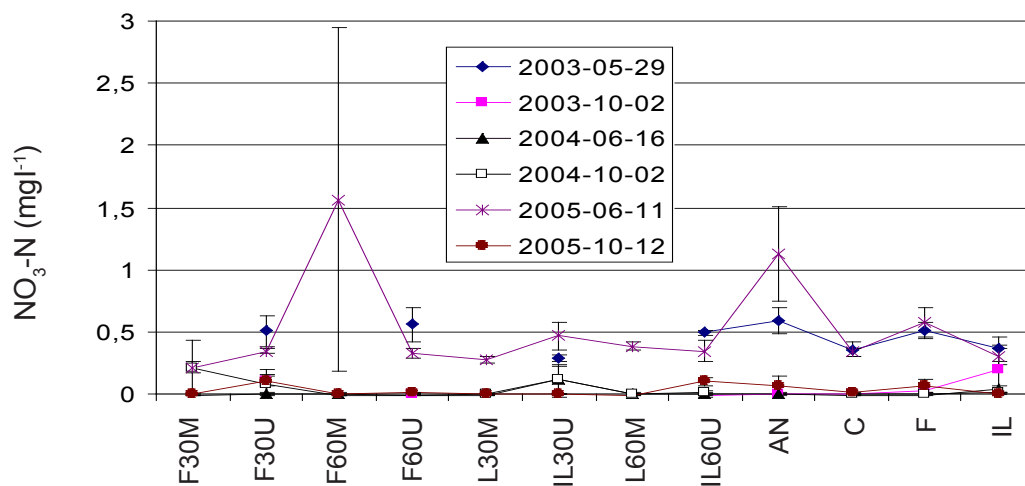
Nitratkvävehalterna i markvattnet har i stort sett inte förändrats efter gallringarna. År 2005 rangordnades behandlingarna enligt IL (0.155 mg NO₃-N l⁻¹) < C (0.172) < U(F, IL) (0.213) < F (0.273) < M(F, IL) (0.303) < AN (0.674). Endast det gallrade AN-ledet avvek från övriga ($p < 0.05$), vilka i sin tur inte var signifikant skilda. För åren 2004 och 2005 finns ingen säkerställd skillnad mellan C-yltor (ej gödslade, ej gallrade) och gallrade ytor, mellan gallrade ytor med (M) och utan (U) ris, mellan gallringsintensiteterna (30, 60 %), eller mellan gallrade F- och IL-yltor.

I observationsmaterialet (Fig. 7) slår årsmånen tydligt igenom. Våren 2003, när ännu ingen gallring skett observerades förhöjda nitrathalter i alla försöksled, även i kontrolleret. Under hösten 2003, våren 2004, hösten 2004 och hösten 2005 var nitrathalterna mycket låga i alla försöksled. Våren 2005 var dock halterna något förhöjda i samtliga försöksled. Halterna var då speciellt höga under ris i det hårt gallrade F-ledet (F60M) och i det konventionellt gallrade aska/kväve-ledet (AN).

De jämförelsevis höga nitrathalterna våren 2005 på samtliga försöksled innefattade också de två extremerna (F60M och AN)(Fig. 8).



Figur 7. Nitratkvävehalter i markvattnet under olika behandlingar från maj 2003 till oktober 2005. Grundbehandlingarna har varit; kontroll (C), fastgödsel (F), näringsbevattnings (IL) och aska + samma kvävemängd som i F-ledet (AN). F- och IL-leden gallrades vintern 2003 – 2004 varvid 30 eller 60 % av grundytan togs ut och läckaget observerades där riset tagits bort (U) respektive samlats (M). I AN-ledet gjordes konventionell gallring vintern 2004 – 2005.



Figur 8. Nitratkvävehalter i markvattnet vid olika tidpunkter under perioden maj 2003 till oktober 2005. Grundbehandlingarna var kontroll (C), fastgödsel (F), näringsbevattnings (IL), aska + samma mängd kväve som i F-ledet (AN). Gallringsintensiteten var 30 respektive 60 % av grundytan (I AN-ledet togs ca 30 % av grundytan ut). Markvattenhalterna bestämdes på delytor med (M) och utan (U) ris.

Dessa medelvärden hade stort medelfel (se). De enskilda värdena för gallrade fastgödselytor med ris (F60M) var 2.95 respektive 0.18 mg NO₃-N l⁻¹ och för AN-ledet 2.25, 0.96, 0.67 respektive 0.62 mg NO₃-N l⁻¹. Frånsett möjligen AN var halterna våren 2003, dvs. före gallringen lika stor som våren 2005 ett halvt till ett och ett halvt år efter gallringen (Fig. 7).

Kvävetillförsel, uttag och läckage under försöksperioden

Totalt under behandlingsperioden 1987-2001 har den kumulativa kvävegivan uppgått till 1200 kg/hektar (Tabell 3). 2002 och 2003 skedde ingen gödsling då det planerades för en gallring vintern 2003/04. Under 2004-2006 sker heller ingen gödsling för att kunna följa effekterna av avverkningen på eventuellt läckage av kväve.

Det är möjligt att göra en enkel kvävebudget utifrån de mätningar som gjorts på Flakaliden. I samband med gallringen så skördades mellan 105-185 kg N ha⁻¹ beroende på gallringsstyrka och avverkningsmetod. För konventionell gallring återförs marken via grenar och toppar en stor del av det kväve som skördats. Det kvarvarande beståndet innehåller 84-170 m³sk vilket motsvarar 100-200 kg N ha⁻¹ exklusive kväve bundet i rotbiomassan. Läckaget har varit mindre än 4 % under behandlingsperioden, dvs. <48 kg N ha⁻¹. Vid markprovtagning 1998 hade 230 kg N ha⁻¹ ackumulerats i mårslagret, varför ca 600 kg ha⁻¹ av den tillförda kvävegivan bör vara fastlagd i mineraljorden, bunden i annan biomassa än trädens ovanjordsdelar, eller ha förlorats genom denitrifikation.

Det totala förrådet av kväve i mineraljorden till 50 cm djup är ca 2000 kg N ha⁻¹, men spridningen är stor, varför det inte går att fastställa någon förändring i mineraljorden utan ett mycket stort antal prov.

Slutsatser

- På medelgod bonitet i norra Sverige kan man, efter 15 års intensivgödsling, gallra ut upp till 50 % av grundytan utan besvärande läckage under de två första åren. Något stort läckage har inte observerats och en överslagsberäkning ger vid handen att det största årliga läckaget var ca 0.8 kg NO₃-N ha⁻¹ (F60), medan läckaget från kontolledet (C) var ca 0.5 kg NO₃-N ha⁻¹.
- Träddelsavverkning i första gallring av intensivgödslad gran ger cirka 66 % större skörd än konventionell gallring. Med dagens (2005) teknik och energipriser kan gallringsnettot för träddelsavverkning bli något högre än för konventionell gallring, även när hänsyn tas till vattenhalten i energisortimentet.
- Gallringsnettot från första gallringen i intensivgödslad granskog varierade mellan 5000 och 10000 kr/ha beroende på avverkningsform och uttagsnivå.
- Den ogödslade kontrollen hade en stående virkesvolym på i medeltal 64 m³sk/ha vilket kan jämföras med kvarvarande virkesvolym efter gallring av intensivgödslad gran som i medeltal varierade mellan 107-151 m³sk/ha för den 50 %-iga respektive 30 %-iga uttagsnivån.

Tabell 3. Tillförd växtnäring (kg/ha) under perioden 1987-2001 för IL- och F-behandlingarna.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	B	Cu
IL	1200	185	537	68	114	28	4.0	7.0	0.3	4.0	0.3
F	1200	212	555	107	119	119	8.5	0.0	2.3	3.9	0.7

Referenser

- Brunberg, B., Andersson, G., Nordén, B. & Thor, M. 1998. Uppdragsprojekt Skogsbränsle – slutrapport. Redogörelse nr 6. SkogForsk.
- Brunberg, T. 2004. Underlag för produktionsnormer för skotare. SkogForsk. Redogörelse nr 3. (9 s)
- Brunberg, T. 2005. Ökade skogsbrukskostnader 2004. Resultat från SkogForsk nr 13 (2s).
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. SkogForsk. Redogörelse nr 8.
- Ivonen, S., Kaakinen, S., Jolkkonen, A, Vapaavuori, E. and Linder, S. 2006. Influence of long term nutrient optimisation on biomass, carbon and nitrogen acquisition and allocation in Norway spruce. Can. J. For. Res., accepted.
- Rhén, C. 2004. Chemical composition and gross calorific value of the above-ground biomass components of young *Picea abies*. Scand. J. For. Res. 19: 72-81.