

**ORIENTERINGSRAPPORT –
Långtidseffekter på skogsproduktion efter
askåterföring och kalkning –
Preliminära resultat från en pilotstudie**

Ulf Sikström, Staffan Jacobson, Ulf Johansson, Mikko Kukkola, Anna Saarsalmi och
Kjersti Holt-Hanssen

**Långtidseffekter på skogsproduktion efter
askåterföring och kalkning -**

Preliminära resultat från en pilotstudie

**Long-term growth responses of
ash addition and liming -**

Preliminary results from a pilot study

Ulf Sikström¹, Staffan Jacobson¹, Ulf Johansson², Mikko Kukkola³,
Anna Saarsalmi³ och Kjersti Holt-Hanssen⁴

¹Skogsbrukets Forskningsinstitut (Skogforsk), Uppsala Science Park,
SE-751 83 Uppsala, Sverige

²SLU, Enheten för skoglig fältforskning inom fakulteten för skogsvetenskap,
Tönnersjöhedens försökspark, Box 17, SE-310 38 Simlångsdalen, Sverige

³Skogsforskningsinstitutet (Metla), P.O. Box 18, FIN-01301 Vantaa, Finland

⁴Norsk Institutt for skog og landskap, P.b. 115, NO-1431 Ås, Norge

Q6-660

Långtidseffekter på skogsproduktion efter askåterföring och kalkning

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
April 2009
ISSN 1653-1248

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE OCH HYPOTES	2
2	MATERIAL OCH METOD	4
2.1	NYA TILLVÄXTDATA.....	4
2.1.1	<i>Försök E68 Öringe</i>	4
2.1.2	<i>Försök E69 Hasslov</i>	4
2.2	ÖVRIGA TILLVÄXTDATA OCH BESKRIVANDE DATA	5
2.3	INLEDANDE SYNTESARBETE	6
2.4	GRUPPERING AV MATERIALET	7
3	RESULTAT OCH DISKUSSION	8
3.1	NYA TILLVÄXTDATA.....	8
3.2	SAMBAND MELLAN TILLVÄXTEFFEKT OCH BESKRIVANDE VARIABLER.....	10
4	SLUTSATS	18
5	ERKÄNNANDEN	19
6	LITTERATURREFERENSER	20

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I de nordiska länderna är biobränslen idag ett betydelsefullt energislag. Tillvaratagande av s.k. primära skogsbränslen (grenar och toppar, klenskog och stubbar) förekommer främst i Sverige och Finland samt i viss mån i Norge. I de nordiska länderna finns det en potential att öka uttaget och därmed öka energiproduktionen från de primära skogsbränslena.

Lönsamheten vid uttag av primärt skogsbränsle för energiproduktion är beroende av många faktorer. Förutom de direkta intäkterna och kostnaderna i samband med skörd och transport är det många andra poster som måste beaktas och värderas. Det handlar bl.a. om tillväxtförändringar p.g.a. uttaget av extra näringsämnen, kostnader för eventuell näringskompensation (gödsling och/eller askåterföring) och dess effekter på trädutväxten samt hur kostnader för förnyingsåtgärder och förnyingsresultat påverkas. Faktorer av mer samhällsekonomisk karaktär är betydelsen av ersättning av fossila bränslen samt att det ofta handlar om inhemsk energi vilket kan ge utveckling på regional nivå och på landsbygden samt ökad försörjningstrygghet och sysselsättning.

Ett ökat uttag av biomassa från skogen, exv. i form av helträdsavverkning (stamved inkl. toppar och grenar (GROT)), medför ett väsentligt ökat uttag av näringsämnen och en ökad markförsurning jämfört med ett uttag av endast stamved (Weetman och Webber 1972, Mälkönen 1976, Nilsson 1993, Olsson et al. 1993, Rosén 1988).

Tillväxten minskar oftast efter helträdsavverkning jämfört med konventionell avverkning av endast stamved (Compton and Cole 1990, Proe et al. 1996, Egnell et al. 1998, Sterba 1988, Jacobson et al. 2000). Den troliga orsaken är minskad tillgång på växttillgängligt kväve (Proe et al. 1994, Jacobson et al. 2000). Skogsträdens tillväxt, i alla fall på kort sikt, tycks inte påverkas av en viss ökad markförsurning (Sikström 2001 och referenser där), men det är oklart vad en ytterligare ökad markförsurning kan innebära för tillväxten på lång sikt (Sikström et al. 2001).

I Sverige är rekommendationen att vedaska bör återföras till skogsmark där avverkningsrester tas ut i betydande omfattning någon gång under omloppstiden (Skogsstyrelsen 2008). I dagsläget återförs aska på ca 5000 ha per år (Skogsstyrelsen 2007). Ett av de svenska skogliga sektorsmålen är att år 2010 ska arealen där aska återförs motsvara arealen där GROT skördas vid avverkning. Skogsstyrelsen (2008) gör bedömningen att uttag som motsvarar mer än ett halvt ton aska per ha inte kan "definieras som uthållig markanvändning och att uttaget därför behöver kompenseras". Detta behöver dock utredas bättre ur olika aspekter. En aspekt är att klarlägga effekten på trädutväxt av askåterföring både på kort och lång sikt. I Finland och Norge finns i dagsläget inga riktlinjer för askåterföring efter GROT-uttag även om åtgärden finns med i den norska "Levende Skog-standarden" (Anonym 2007).

De kortsiktiga tillväxteffekterna (5–10 år) efter askåterföring är sparsamt belysta och långsiktiga effekter upp till ca 15 år finns endast rapporterade från enstaka försök. En ansats för att belysa möjliga effekter av aska är att utnyttja tillgängliga kalkförsök. Skälen för detta är att: (i) tillgängliga data på kort sikt (5–10 år) visar på likartade

tillväxteffekter efter askning och kalkning, (ii) det finns betydligt fler kalkförsök och (iii) kalkförsöken är etablerade betydligt tidigare än försöken med aska. Detta innebär att resultaten från kalkförsöken kan utgöra en prognos om förväntade långtidseffekter av askåterföring.

Att askåterföring och kalkning ger liknande effekter på trädutväxten i barrskogsbestånd på mineraljord konstateras bl.a. i en rapport från den svenska Energimyndigheten (Statens energimyndighet 2006). I medelålders och äldre skog kan tillväxten minska något på lågproduktiv skogsmark, den är i huvudsak oförändrad på medelproduktiva ståndorter, medan tillväxten kan öka något på bördig mark (Derome et al. 1986, Andersson et al. 1996, Nilsen och Granheim 1998, Sikström 2001, Jacobson 2001, Jacobson 2003, Saarsalmi et al. 2004, Saarsalmi et al. 2005, Sikström 2005). Den mest sannolika förklaringen till tillväxtförändringarna är att kalkverkan påverkar nettomineraliseringen av kväve och därmed utbudet av växttillgängligt kväve (jmf. Persson et al. 1991).

Tillförsel av kalk påverkar kväveomsättningen i marken (Person et al. 1989, Arnold et al. 1994, Huber et al. 2006). Kvoten mellan kol och kväve (C/N) i humusen har föreslagits som ett mått för att bedöma om en pH-höjning i marken kommer att medföra en ökad eller minskad nettomineralisering av kväve. Enligt en grov tumregel, baserad på erfarenheter från skogsmarkskalkningsförsök, sker en ökad nettomineralisering efter kalkning om C/N i humusen är lägre än 28–30 (Persson 1988; Persson & Wirén 1996). En ökad trädutväxt kan således troligen förväntas på mineraljordar med C/N < 30 i humusen (de bördiga markerna) och tvärtom på marker med C/N > 30 i humusen (de svaga markerna). Detta "gränsvärde" på C/N indikerades också i en analys av tillväxtdata från några svenska kalkningsförsök (Sikström 2001). Även andra direkta eller indirekta mått på markens bördighet, exv. bonitet, ståndortsindex och variabler som beskriver klimatet kan tänkas ha prognosvärde för tillväxtförändringar efter tillförsel av kalk eller aska.

Det här redovisade projektet startade som ett samarbete mellan Skogforsk och SLU i Sverige, men kom sedan att utökas till ett samarbete med forskare från Skogsforskningsinstitutet (Metla) i Finland och från Norsk institutt for skog og landskap i Norge. Detta nordiska samarbete innebar att försöksmaterialet har kunnat utökas väsentligt, men samtidigt medfört att materialet endast har kunnat bearbetas översiktligt. Under projekttiden framkom det också att det finns ytterligare försöksmaterial, främst i Finland. Detta material kommer att inkluderas och utnyttjas i ett projekt (2009–2010) som blir en direkt fortsättning av det här redovisade projektet. Detta är skälen för att detta projekt blivit ett **pilotprojekt** och de här redovisade **resultaten är att betrakta som preliminära**.

1.2 Syfte och hypotes

Syftet med projektet var att utvärdera långsiktiga tillväxteffekter (ca 10–20 år) av kalkning och asktillförsel i barrskog på mineraljordar. Empiriska data från fältförsök med kalk och aska i Sverige, Finland och Norge har sammanställts. Dessutom har en syntes av dessa data påbörjats. Ett viktigt syfte i syntesarbetet har varit, och kommer även att vara i den fortsatta analysen i ett kommande projekt, att relatera uppmätta

tillväxteffekter till några ståndortsfaktorer (exv. bonitet och kol-kväve-kvot (C/N) i marken) för att om möjligt kunna prognostisera eventuella effekter av åtgärderna.

Den hypotes som testades var att tillförsel av aska eller kalk i barrskog på mineraljord leder till minskad stamtillväxt på lågproduktiv mark (hög C/N i humus), oförändrad stamtillväxt på medelproduktiv mark, medan stamtillväxten ökar på bördig skogsmark (låg C/N i humus).

2 Material och metod

Projektet har genomförts i två faser, dels insamling och sammanställning av grunddata, dels ett inledande syntesarbete där några preliminära resultat tagits fram. Grunddata har sammanställts i ett dataset bestående av data från nya inhämtade tillväxtdata från några fältförsök, men huvuddelen kommer från tidigare framtagna resultat i fältförsök. I några försök har det gjorts kompletterande markprovtagning för bestämning av C/N i humus. I den andra fasen har det gjorts ett första preliminärt syntesarbete av insamlade tillväxt- och övriga beskrivande data från försöken.

2.1 Nya tillväxtdata

Nya tillväxtdata har tagits fram från två svenska kalkningsförsök (E68 Öringe och E69 Hasslöv). Mätdata har grundbearbetats och bearbetats statistiskt (variansanalys).

2.1.1 Försök E68 Öringe

Försöket anlades i syfte att pröva olika sorters kalkmedel (bl.a. aska) i granskog. Det ligger i Halmstads kommun, Hallands län (lat. 56°63'N, long. 13°12'E, alt. 120 m). Försöket anlades 1984 i en då 43-årig granskog och omfattade sju försöksled (Tabell 1) med fyra upprepningar av varje behandling. Parcellstorleken var 40 × 40 m² med en nettoparcell på 25 × 25 m² där träd tillväxten mättes. Jordarten var en sandig moig morän med låga pH-värden (humus 3,76; mineraljord 0–5 cm 3,96; mineraljord 5–10 cm 4,16; mineraljord 10–20 cm 4,33) och låg basmättnadsgrad (humus 14,4 %; mineraljord 0–5 cm 5,7 %; mineraljord 5–10 cm 4,1 %; mineraljord 10–20 cm 4,1 %). C/N i humus bestämdes till 28 och ståndortsindex till G32 m.

Tabell 1. Försöksled i E68 Öringe

Försöksled		
1	0, Kontroll	Obehandlad
2	Ca-1, Kalkstensmjöl	2000 kg/ha
3	Ca-2, Kalkstensmjöl	3830 kg/ha
4	D, Dolomit	3350 kg/ha
5	K, Konverterkalk	4250 kg/ha
6	W, Vedaska	3800 kg/ha
7	T, Torvaska	3800 kg/ha

2.1.2 Försök E69 Hasslöv

Försöket anlades i syfte att studera effekterna av olika kalkdoser i granskog. Det ligger i Laholms kommun, Hallands län (lat. 56°24'N, long. 13°00'E, alt. 190 m). Försöket anlades 1984 i en då 35-årig granskog och omfattade 10 försöksled (Tabell 2) med fyra upprepningar av varje behandling. Parcellstorleken var 40 × 40 m² med en nettoparcell på 25 × 25 m² där träd tillväxten mättes. Jordarten var en sandig moig morän med låga pH-värden (humus 4,15; mineraljord 0–5 cm 4,08; mineraljord 5–10 cm 4,15; mineraljord 10–20 cm 4,27) och låg basmättnadsgrad (humus 11,5 %; mineraljord 0–5

cm 4,5 %; mineraljord 5–10 cm 3,2 %; mineraljord 10–20 cm 2,7 %). C/N i humus bestämdes till 27 och ståndortsindex till G34 m.

Tabell 2. Försöksled i E69 Hasslöv

Försöksled		
1	0, Kontroll	Obehandlad
2	Ca, Kalkstensmjöl	1750 kg/ha
3	Dol1, Dolomit	1550 kg/ha
4	Dol2, Dolomit	3450 kg/ha
5	Dol3, Dolomit	8750 kg/ha
6	Dol4, Dolomit	500 kg/ha
7	KK1, Konverterkalk	2200 kg/ha
8	KK2, Konverterkalk	4850 kg/ha
9	KK3, Konverterkalk	12200 kg/ha
10	KK4, Konverterkalk	780 kg/ha

2.2 Övriga tillväxtdata och beskrivande data

Tillväxtdata från tidigare framtagna resultat och beskrivande bestånds- och ståndortsdata har sammanställts från 89 fältförsök lokaliserade i Sverige (12 försök med kalkbehandling och 12 försök med askbehandling), Finland (60 kalkförsök och 3 askförsök) och Norge (2 kalkförsök). I tre av försöken ingår behandlingar med både aska och kalk.

Försöksdesignen var randomiserade blockförsök. Kravet för att ta med ett försök var att det skulle finnas minst två block (upprepningar). Huvudträdslagen skulle vara tall (*Pinus sylvestris*) eller gran (*Picea abies*) och försöksbeståndets ålder vid anläggning skulle vara 20 år eller äldre. Skälet till detta ålderskriterium var att bestånden skulle ha uppnått brösthöjd vid anläggningen, vilket medför att det finns kontinuerliga mätserier för både diametrar och trädhöjd från dessa försök. Effektperioden skulle vara minst fem år i askförsöken och minst tio år i kalkförsöken. Med effektperiod avses tiden som löpt från tidpunkten för behandling till den senaste revisionen av tillväxten. Provyornas storlek i försöken varierade vanligtvis mellan $25 \times 25 \text{ m}^2$ och $40 \times 40 \text{ m}^2$. De finska kalkförsöken anlades under perioden 1958–1964, medan de finska askförsöken och alla utnyttjade försök i Sverige och Norge etablerades under 1980- och 1990-talen.

Kalkdosen var 2440 kg per ha i medeltal för alla observationer som ingick i analysen (standardavvikelse = 1610; minimum = 500; maximum = 12 200). 67 % av observationerna hade dosen 2000 kg kalk per ha. För askobservationerna var askdosen i medeltalet 3340 kg per ha (standardavvikelse = 1640; minimum = 1000; maximum = 9000). 51 % av dessa observationer hade dosen 3000 kg per ha.

De beskrivande data som ingår i datasetet är: Försöksnamn; Behandling (kalk eller aska); Dos (kg per ha); Uppskattad kalkverkan (kmol(+) per ha); Antal upprepningar i försöket (antal block); Effektperiod (antal år); Grundytetillväxt (m^2 per ha och år); Volymtillväxt (m^3 per ha och år); Trädslag (tall, gran); Beståndsdata vid anläggning (beståndsålder, medeldiameter, medelhöjd, antal träd per ha, grundyta, volym); Ståndortsindex (m); Bonitet (m^3 sk per ha och år); C/N i humus; Latitud ($^\circ$ ' N); Longitud

(° ' E); Altitud (m.ö.h.); Temperatursumma (dygnsgrader, tröskelvärde +5 °C; Morén och Perttu 1994); Medeltemperatur på årsbasis (°C); Nederbörd (mm per år).

En viktig del av sammanställningen av grunddata är att granska och värdera de försök och försöksdata som ska tillåtas ingå i analysen. Några kriterier är att det ska vara väl anlagda och kontrollerade försök (exv. jämförbarhet mellan provytor och kontroll på avgångar under observationstiden), med väl definierade och dokumenterade behandlingar (exv. medel, dos och spridning). Dessutom behöver mät- och beräkningsmetoder för tillväxtdata granskas och värderas. Det kan även finnas behov av att göra om beräkningarna i vissa försök för att utnyttja liknande beräkningsmetodik i alla försök och därmed erhålla mer konsistenta ingångsdata till syntesarbetet. Detta har dock inte kunnat göras fullt ut inom ramen för detta projekt (tidsmässigt och ekonomiskt) med tanke på den stora volymen försök som tillkommit under projektperioden, främst från Finland. Det är skälet för att **de här redovisade resultaten är att betrakta som preliminära.**

2.3 Inledande syntesarbete

Syftet med syntesarbetet var att med hjälp av korrelations- och regressionsanalys relatera tillväxteffekterna (behandlingseffekterna) av ask- och kalktillförsel till olika beskrivande bestånds- och ståndortsfaktorer. I analysen har relativ tillväxteffekt används som beroende variabel, både i form av årlig grundytetillväxt (RelBAI) och årlig volymtillväxt (RelVI), där:

$RelBAI = (BAI_{\text{behandling}} / BAI_{\text{kontroll}})$ och,

$RelVI = (VI_{\text{behandling}} / VI_{\text{kontroll}})$.

Minsta enhet för den beroende variabeln var en enskild behandling inom ett försök, d.v.s. medeltalet av blocken inom ett försök. Det innebar att i de försök där det ingick flera behandlingar (exv. två olika kalkdoser) genererade varje behandling en observation.

Följande oberoende variabler har testats:

Behandling	(kalk, aska)
Dos	(kg per ha)
Uppskattad kalkverkan	("Neuteff"; kmol(+) per ha)
Effektperiod	(antal år)
Trädslag	(tall, gran)
Beståndsålder	("AgeTot"; totalålder vid behandling)
Ståndortsindex	("SI"; m)
Bonitet	("SQ"; m ³ sk per ha och år)
C/N	(i humus)
Latitud	(° ' N)
Longitud	(° ' E)
Altitud	(m.ö.h.)
Temperatursumma	("TempSum"; dygnsgrader, tröskelvärde +5 °C; Morén och Perttu 1994)
Medeltemperatur	("TempMed"; °C; på årsbasis)
Nederbörd	("Precip"; mm per år).

2.4 Gruppering av materialet

I ett första steg i analysen grupperades materialet på lämpligt sätt. Beträffande effektperioden har försöken analyserats för tre olika grupper: ”period 1”, ”period 2” och ”period 1+2” (Tabell 3). I period 1 ingick kalkförsök med en effektperiod på 9–14 år och askförsök med 5–15 år. Period 2 innehöll endast kalkförsök med en effektperiod på 6–12 efter period 1. Slutligen period 1+2 där kriteriet var en effektperiod på > 15 år efter behandling och där utfallet blev 17–23 år. I den gruppen ingår endast kalkbehandlingar.

I ett andra steg studerades korrelationen (Pearsons korrelationskoefficient) mellan samtliga variabler, både beroende och oberoende variabler (PROC CORR; SAS 1999).

I ett tredje steg utnyttjades stegvis regression (PROC REG; SAS 1999), med optionerna BACKWARD, FORWARD och STEPWISE, för att analysera vilka av de kontinuerliga oberoende variablerna som hade de starkaste sambanden med respektive beroende tillväxtvariabel (RelBAI och RelVI). Dessa resultat redovisas dock inte i detalj. Regressioner med möjligheten att inkludera diskreta klassvariabler utnyttjades också (PROC GLM; SAS 1999). I dessa statistiska analyser testades även eventuella samband mellan de relativa tillväxterna och de oberoende ståndortsfaktorer som i tidigare analyser visat sig ge signifikanta samband (Sikström 2001), nämligen ståndortsindex, bonitet och C/N i humus.

Effekten av dos testades i en modell där ”försök”, ”dos” och den kombinerade variabeln ”dos inom försök” ingick i den statistiska modellen. Uppskattad kalkverkan (”neuteff”) testades också, genom att ”dos” byttes ut mot ”neuteff” i samma modell. Vid dessa analyser ingick endast de kalk- och askförsök där mer än en dos ingick i försökplanen.

Tabell 3. Antal observationer (”behandlingar”) per effektperiod.

	Period 1 Kalk 9–14 år, Aska 5–15 år	Period 2 Kalk 6–12 år efter period 1	Period 1+2 Kalk 17–23 år
Kalk			
Alla observationer	80	30	42
Med C/N data	62	28	40
Aska			
Alla observationer	35	–	–
Med C/N data	35	–	–
Kalk och Aska			
Alla observationer	115	30	42
Med C/N data	97	28	40

3 Resultat och diskussion

3.1 Nya tillväxtdata

För grundytetillväxten i försök E68 Öringe fanns det inga statistiskt säkerställda ($p < 0,05$) behandlingseffekter av de testade medlen eller doserna av kalksten (Tabell 4). Däremot var volymtillväxten i försöksledet med den höga givan kalksten signifikant högre (+ 30 %) än i kontrollen. För övriga behandlingar låg medeltalen för volymtillväxten i storleksordningen 10–20 % över kontrollen (ej signifikant).

I E69 Hasslöv fanns inga statistiskt säkerställda ($p < 0,05$) behandlingseffekter, vare sig för grundyte- eller volymtillväxt (Tabell 5). För samtliga behandlingar låg tillväxten i medeltal i storleksordningen 10–15 % över kontrollen.

Resultaten från dessa försök, som representerar granskog på bördig skogsmark i södra Sverige, ligger i linje med andra kalk- och askförsök i samma område (Jacobson 2003, Sikström 2005).

Tabell 4. Grundyte- och volymtillväxt i de olika försöksleden under 14 år efter behandling i försök E68 Öringe. Data avser tillväxten i medeltal \pm medelfel ($n = 4$). Värden inom parentes anger relativa tal i förhållande till den obehandlade kontrollen (= 100). Värden som anges med olika bokstäver är statistiskt signifikant ($p < 0,05$) skiljda enligt Tukey's test för multipla jämförelser.

Kontroll	Försöksled					
	Kalksten 2000 kg/ha (Ca-1)	Kalksten 3830 kg/ha (Ca-2)	Dolomit 3350 kg/ha (D)	Konverter 4250 kg/ha (K)	Vedaska 3800kg/ha (W)	Torvaska 3800 kg/ha (T)
(0)	(Ca-1)	(Ca-2)	(D)	(K)	(W)	(T)
Grundytetillväxt ($m^2 ha^{-1} \text{år}^{-1}$)^a						
1,03 \pm 0,057 (100) a	1,23 \pm 0,057 (119) a	1,30 \pm 0,063 (126) a	1,15 \pm 0,056 (112) a	1,14 \pm 0,056 (111) a	1,10 \pm 0,057 (107) a	1,18 \pm 0,056 (115) a
Volymtillväxt ($m^3 sk ha^{-1} \text{år}^{-1}$)^b						
15,1 \pm 0,79 (100) a	18,3 \pm 0,82 (121) ab	19,7 \pm 0,88 (130) b	17,5 \pm 0,79 (116) ab	18,4 \pm 0,79 (122) ab	16,7 \pm 0,81 (111) ab	18,2 \pm 0,79 (121) ab

^a p-värden från den statistiska analysen: $p_{modell} = 0,0017$; $p_{block} = 0,0028$; $p_{försöksled} = 0,115$; $p_{grundyta\ före} = 0,0119$.

^b p-värden från den statistiska analysen: $p_{modell} = 0,0003$; $p_{block} = 0,0029$; $p_{försöksled} = 0,031$; $p_{volym\ före} = 0,0004$.

Tabell 5. Grundyte- och volymtillväxt i de olika försöksleden under 23 år efter behandling i försök E69 Hasslöv. Data avser tillväxten i medeltal \pm medelfel ($n = 4$). Värden inom parentes anger relativa tal i förhållande till den obehandlade kontrollen. Värden som anges med olika bokstäver är statistiskt signifikant ($p < 0,05$) skiljda enligt Tukey's test för multipla jämförelser.

Kontroll	Försöksled								
	Kalksten 1750 kg/ha	Dolomit 1550 kg/ha	Dolomit 3450 kg/ha	Dolomit 8750 kg/ha	Dolomit 500 kg/ha	KK-kalk 2200 kg/ha	KK-kalk 4850 kg/ha	KK-kalk 12200 kg/ha	KK-kalk 780 kg/ha
(0)	(Ca)	(Dol1)	(Dol2)	(Dol3)	(Dol4)	(KK1)	(KK2)	(KK3)	(KK4)
Grundytetillväxt ($m^2 ha^{-1} \text{år}^{-1}$)^a									
1,31 \pm 0,057	1,52 \pm 0,058	1,45 \pm 0,058	1,49 \pm 0,057	1,50 \pm 0,058	1,39 \pm 0,057	1,44 \pm 0,059	1,51 \pm 0,057	1,47 \pm 0,058	1,48 \pm 0,058
(100)	(116)	(111)	(114)	(114)	(106)	(110)	(115)	(112)	(113)
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Volymtillväxt ($m^3 sk ha^{-1} \text{år}^{-1}$)^b									
19,6 \pm 0,75	22,4 \pm 0,75	21,6 \pm 0,75	21,6 \pm 0,74	21,7 \pm 0,75	20,8 \pm 0,74	21,3 \pm 0,77	22,2 \pm 0,74	21,5 \pm 0,76	21,8 \pm 0,76
(100)	(114)	(110)	(110)	(111)	(106)	(109)	(113)	(110)	(111)
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

^a p-värden från den statistiska analysen: $p_{\text{modell}} = 0,0050$; $p_{\text{block}} = 0,46$; $p_{\text{försöksled}} = 0,29$; $p_{\text{grundyta före}} = 0,004$.

^b p-värden från den statistiska analysen: $p_{\text{modell}} < 0,0001$; $p_{\text{block}} = 0,0376$; $p_{\text{försöksled}} = 0,38$; $p_{\text{volym före}} = 0,0013$.

3.2 Samband mellan tillväxteffekt och beskrivande variabler

De flesta tillväxtvariablerna (RelBAI och RelVI) var starkt korrelerade med varandra, särskilt mellan period 1 och period 1+2 ($p < 0,0002$) (Tabell 6). Mellan period 1 och period 2 var korrelationen svagare, särskilt för grundytetillväxten. Tillväxtvariablerna för period 1 och period 1+2 visade också stark korrelation ($p < 0,0068$) med de flesta klimat- och ståndortsvariabler, d.v.s. ståndortsindex, bonitet, latitud, longitud, temperatursumma, medeltemperatur och årsnederbörd. Det fanns även tendenser ($p < 0,10$) till korrelationer med dos för tillväxtvariablerna i period 1 och period 1+2 samt i enstaka fall med uppskattad kalkverkan. Korrelationen mellan tillväxtvariablerna och C/N var nästan obefintlig ($p = 0,26-0,99$), undantaget RelBAI i period 1 ($p = 0,11$). Många av de oberoende variablerna var starkt korrelerade med varandra (Tabell 6).

Enligt de linjära regressionsanalyserna fanns det signifikanta ($p < 0,0018$) positiva samband mellan bonitet och de relativa tillväxteffekterna i period 1 ("Kalk" och "Kalk+Aska") och period 1+2 ("Kalk") (Figur 1, 5). Detta gällde även grundytetillväxten för "Aska", medan sambandet mellan bonitet och volymtillväxt var svagare ($p = 0,11$) (Figur 1). Ståndortsindex gav liknande samband som bonitet, men sambanden var något svagare (data visas ej). För både bonitet (Figur 3) och ståndortsindex var det tendens ($p = 0,10-0,13$) till samband med RelBAI i period 2 ("Kalk"), men inte för RelVI ($p = 0,40-0,52$). Sambanden med C/N var generellt svaga eller obefintliga (Figur 2, 4, 6), undantaget RelBAI i period 1 ("Aska" och "Kalk+Aska") ($p = 0,11$).

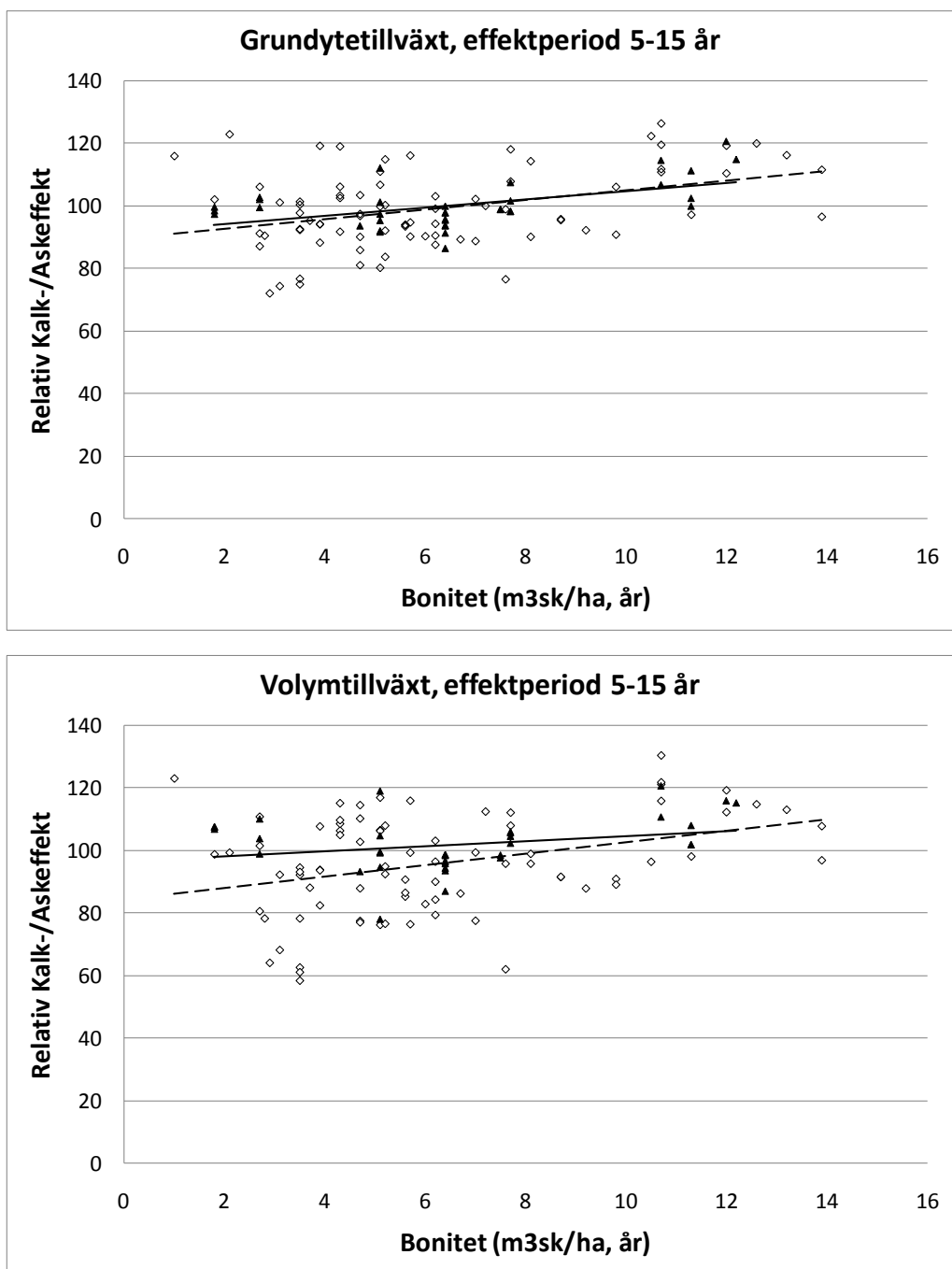
Sambanden mellan bonitet och de relativa tillväxteffekterna av kalk och aska under de första 5–15 åren i detta material var i överensstämmelse med tidigare analyser med liknande effektperioder (Sikström 2001, Jacobson opubl.). I den här studien påvisades liknande samband för effekten av kalk på tillväxt även på längre sikt (17–23 år), vilket tyder på en långsiktig påverkan på marken som även avspeglas på trädutväxten. Det ska dock påtalas att det är en stor spridning i materialet och förklaringsgraden i de statistiska modellerna varierade en hel del. Den var särskilt låg för data i period 1 ($R^2 = 0,08-0,28$), men oftast högre för period 1+2 ($R^2 = 0,24-0,43$). Ett viktigt steg i det fortsatta arbetet är att gå igenom och om möjligt harmonisera metodiken för tillväxtberäkningarna i samtliga försök. Detta bör göras för att undersöka om det är möjligt att minska spridningen i materialet.

I analysen med flera ingående kontinuerliga oberoende variabler (stegvis regression, PROC REG; STEPWISE; $p < 0,20$) var det oftast variabeln medeltemperatur som var stark i modellerna. Några andra exempel på starka variabler var altitud och bonitet.

Analysen av RelBAI (Period 1) för de försök där det ingick flera doser visade inte på någon signifikant effekt av dos ($p = 0,69$) eller uppskattad kalkverkan ($p = 0,29$). Dessa resultat stöder ansatsen och giltigheten av resultaten från de samlade analyserna där samtliga testade doser ingick i materialet.

Tabell 6. Korrelationsmatris för de kontinuerliga variabler som ingick i studiens dataset. Angivna värden: Pearsons korrelationskoefficient; p-värde; n.

	Releff_BAI_1	Releff_BAI_2	Releff_BAI_12	Releff_VI_1	Releff_VI_2	Releff_VI_12	SI	SQ	CN_Me_C	Dos	Neuteff	AgeTot	Latitud	Longitud	Altitud	TempSum	TempMean	Precip
Releff_BAI_1		0,2545 0,1747 30	0,7128 <0,0001 115	0,7783 <0,0001 115	0,4394 0,0151 30	0,6306 0,0002 115	0,3390 0,0002 115	0,3965 <0,0001 115	-0,1643 0,1076 97	0,1544 0,0992 115	0,1577 0,0921 115	0,0613 0,5150 115	-0,4343 <0,0001 115	-0,3850 <0,0001 115	-0,0440 0,6402 115	0,3132 0,0007 115	0,4503 <0,0001 115	0,3871 <0,0001 115
Releff_BAI_2			0,8423 <0,0001 30	0,1160 0,5414 30	0,8795 <0,0001 30	0,6928 <0,0001 30	0,3091 0,0964 30	0,2814 0,1319 30	-0,0176 0,9290 28	- - -	- - -	0,0491 0,7964 30	-0,2369 0,2074 30	0,0895 0,6378 30	-0,4138 0,0230 30	0,3301 0,0747 30	0,3204 0,0843 30	0,0719 0,7057 30
Releff_BAI_12				0,4997 0,0049 30	0,8496 <0,0001 42	0,9044 <0,0001 42	0,6353 <0,0001 42	0,6572 <0,0001 42	-0,1809 0,2637 40	0,3136 0,0431 42	0,3004 0,0532 42	0,2838 0,0685 42	-0,6339 <0,0001 42	-0,5928 <0,0001 42	-0,0541 0,7335 42	0,4813 0,0012 42	0,6668 <0,0001 42	0,6339 <0,0001 42
Releff_VI_1					0,3792 0,0388 30	0,7423 <0,0001 30	0,2638 0,0044 115	0,3289 0,0003 115	-0,0106 0,9178 97	0,2127 0,0224 115	0,1273 0,1749 115	0,0781 0,4067 115	-0,3884 <0,0001 115	-0,3839 <0,0001 115	-0,0549 0,5598 115	0,2669 0,0039 115	0,3885 <0,0001 115	0,4009 <0,0001 115
Releff_VI_2						0,8941 <0,0001 30	0,1608 0,3960 30	0,1233 0,5162 30	0,1529 0,4371 28	- - -	- - -	0,0809 0,6705 30	-0,1678 0,3752 30	0,0541 0,7765 30	-0,3912 0,0325 30	0,2618 0,1622 30	0,2215 0,2393 30	0,0301 0,8743 30
Releff_VI_12							0,4685 0,0018 42	0,4883 0,0010 42	-0,0000 0,9999 40	0,2599 0,0964 42	0,2426 0,1216 42	0,1907 0,2263 42	-0,5359 0,0003 42	-0,5231 0,0004 42	-0,0876 0,5809 42	0,4114 0,0068 42	0,5616 0,0001 42	0,5425 0,0002 42
SI								0,9792 <0,0001 127	-0,7494 <0,0001 109	0,1861 0,0362 127	0,1736 0,0509 127	-0,2417 0,0062 127	-0,7172 <0,0001 127	-0,4823 <0,0001 127	-0,0669 0,4545 127	0,5741 <0,0001 127	0,7200 <0,0001 127	0,5700 <0,0001 127
SQ									-0,7229 <0,0001 109	0,2286 0,0097 127	0,2077 0,0191 127	-0,2067 0,0197 127	-0,7737 <0,0001 127	-0,5679 <0,0001 127	-0,0471 0,5987 127	0,5896 <0,0001 127	0,7786 <0,0001 127	0,6475 <0,0001 127
CN_Me_C									-0,0494 0,6099 109	-0,0533 0,5820 109	0,5223 <0,0001 109	0,5670 <0,0001 109	0,3509 0,0002 109	0,0325 0,7366 109	-0,4562 <0,0001 109	-0,5596 <0,0001 109	-0,4599 <0,0001 109	
Dos										0,8313 <0,0001 127	0,0346 0,6986 127	-0,2662 0,0025 127	-0,3403 0,0001 127	0,0025 0,9775 127	0,1309 0,1421 127	0,2485 0,0048 127	0,3314 0,0001 127	
Neuteff											0,0046 0,9585 127	-0,2063 0,0200 127	-0,2220 0,0121 127	0,0685 0,4439 127	0,1007 0,2595 127	0,2026 0,0223 127	0,2395 0,0067 127	
AgeTot													0,0872 0,3295 127	0,0066 0,9405 127	-0,1463 0,1005 127	-0,0132 0,8827 127	-0,0262 0,7699 127	-0,0525 0,5575 127
Latitud														0,7472 <0,0001 127	0,0617 0,4906 127	-0,7624 <0,0001 127	-0,9627 <0,0001 127	-0,8145 <0,0001 127
Longitud															-0,3594 <0,0001 127	-0,2163 0,0146 127	-0,6762 <0,0001 127	-0,7575 <0,0001 127
Altitud																-0,6502 <0,0001 127	-0,2242 0,0113 127	-0,0096 0,9140 127
TempSum																	0,8282 <0,0001 127	0,5634 <0,0001 127
TempMean																		0,8023 <0,0001 127
Precip																		



Figur 1. Samband mellan bonitet och relativ tillväxteffekt av kalk och aska under 5–15 år efter behandling (kalk 9–14 år; aska 5–15 år). Grundytetillväxt angiven i figuren ovan och volymtillväxt under; \diamond = kalk (streckad regressionslinje) och \blacktriangle = aska (heldragen).

Ekvationer, grundytetillväxt:

Kalk: $y = 1,5338 \times \text{bonitet} + 89,581$; $R^2 = 0,1385$; $p < 0,0007$; $n = 80$.

Aska: $y = 1,3029 \times \text{bonitet} + 91,703$; $R^2 = 0,2762$; $p < 0,0012$; $n = 35$.

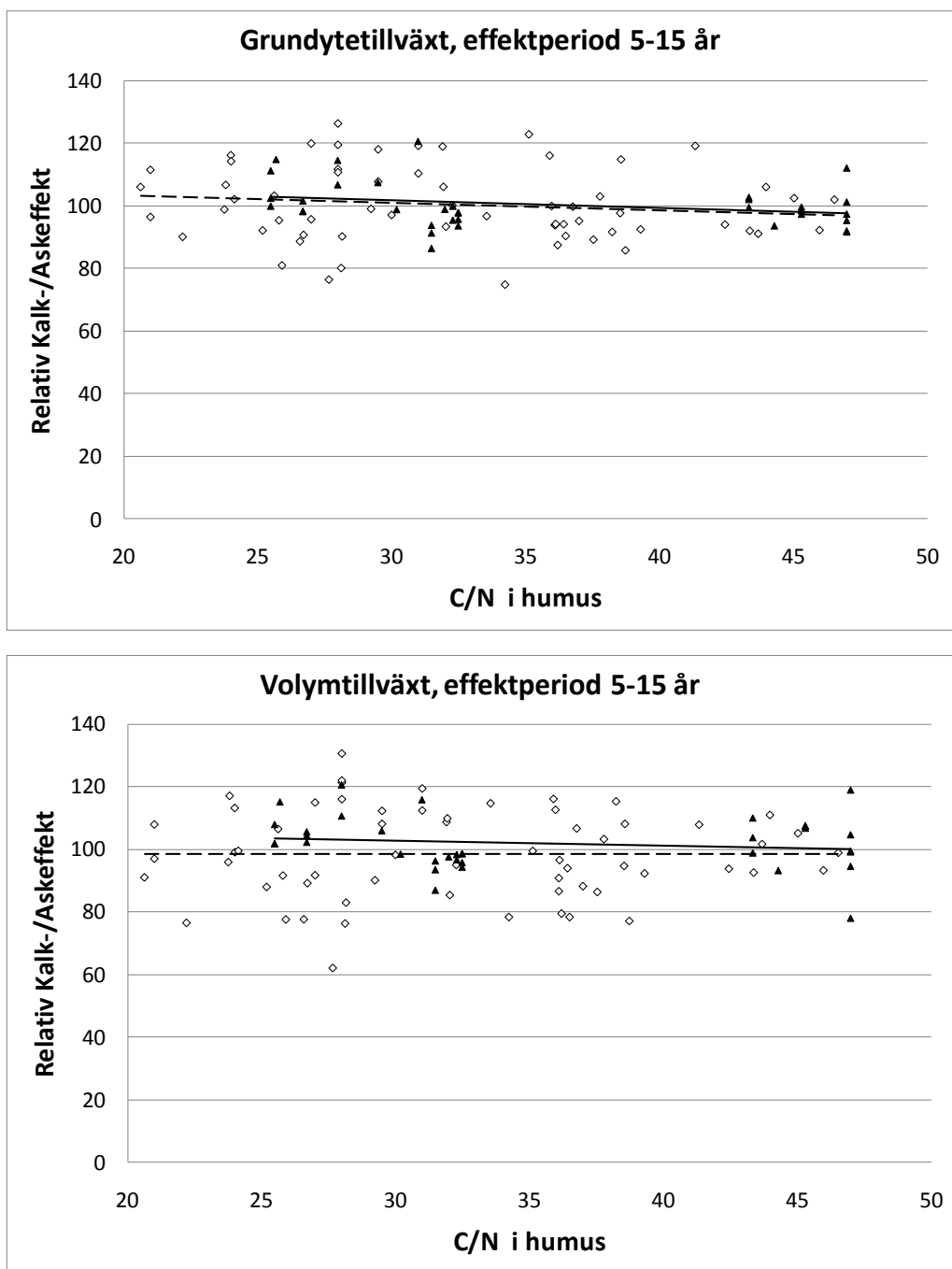
Kalk och aska: $y = 1,473 \times \text{bonitet} + 90,143$; $R^2 = 0,1572$; $p < 0,0001$; $n = 115$.

Ekvationer, volymtillväxt:

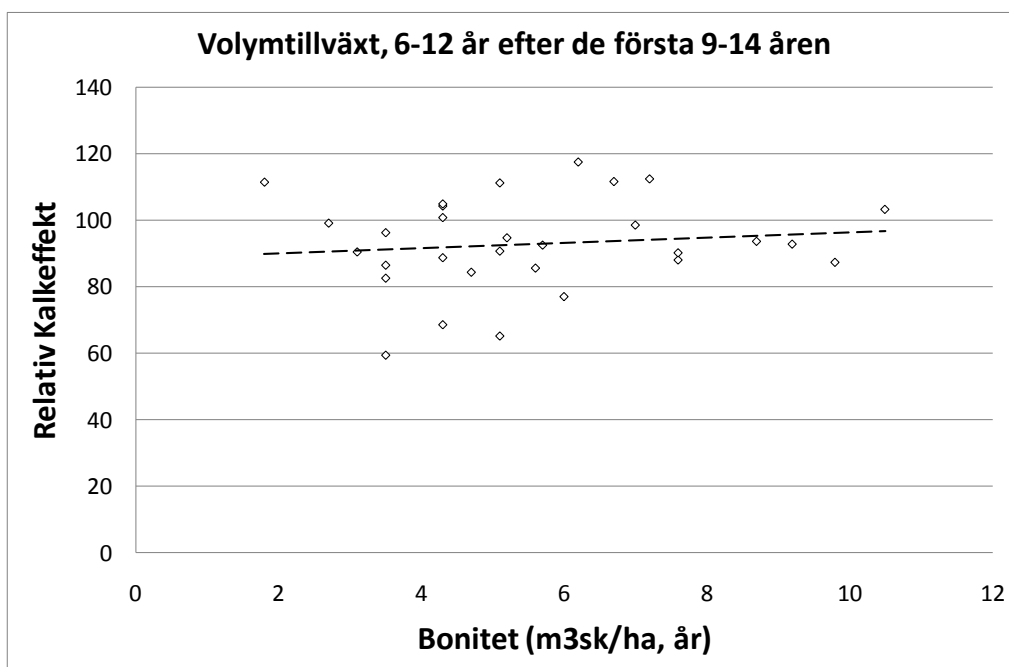
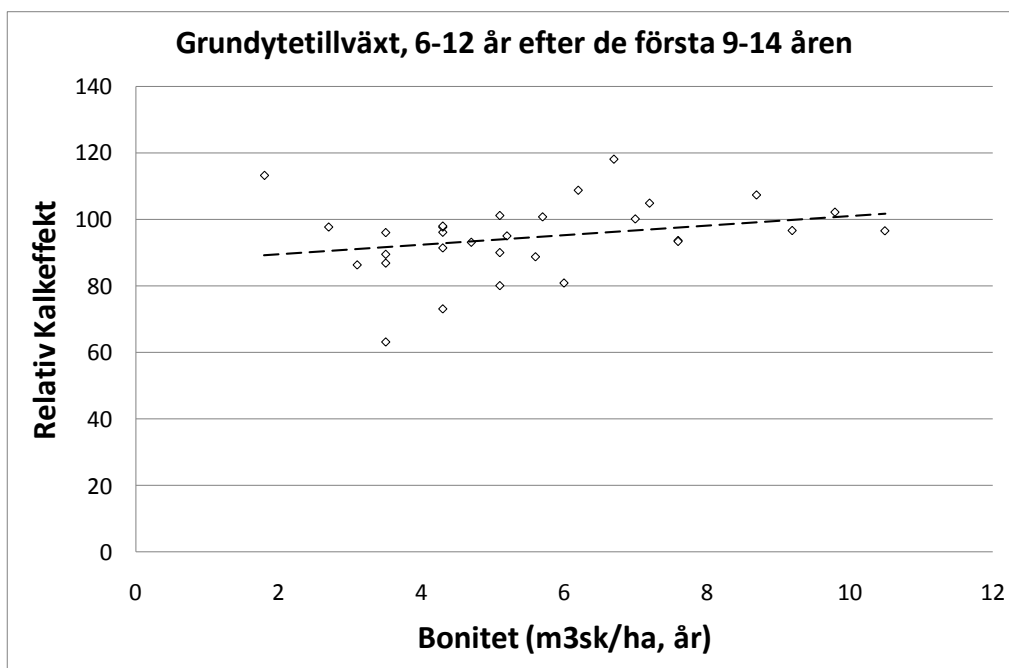
Kalk: $y = 1,8133 \times \text{bonitet} + 84,475$; $R^2 = 0,1178$; $p < 0,0018$; $n = 80$.

Aska: $y = 0,812 \times \text{bonitet} + 96,569$; $R^2 = 0,0772$; $p < 0,1061$; $n = 35$.

Kalk och aska: $y = 1,581 \times \text{bonitet} + 87,601$; $R^2 = 0,1082$; $p < 0,0003$; $n = 115$.



Figur 2. Samband mellan C/N i humus och relativ tillväxteffekt av kalk och aska under 5–15 år efter behandling (kalk 9–14 år; aska 5–15 år). Grundytetillväxt angiven i figuren ovan och volymtillväxt under; \diamond = kalk (streckad regressionslinje) och \blacktriangle = aska (heldragen).
 Ekvationer, grundytetillväxt:
 Kalk: $y = -0,234 \times C/N + 107,97$; $R^2 = 0,0181$; $p < 0,2973$; $n = 62$.
 Aska: $y = -0,245 \times C/N + 109,02$; $R^2 = 0,0746$; $p < 0,1124$; $n = 35$.
 Kalk och aska: $y = -0,230 \times C/N + 108,07$; $R^2 = 0,0270$; $p < 0,1076$; $n = 97$.
 Ekvationer, volymtillväxt:
 Kalk: $y = 0,0036 \times C/N + 98,283$; $R^2 = 0,0000$; $p < 0,9891$; $n = 62$.
 Aska: $y = -0,156 \times C/N + 107,47$; $R^2 = 0,0217$; $p < 0,3987$; $n = 35$.
 Kalk och aska: $y = -0,0178 \times C/N + 100,28$; $R^2 = 0,0001$; $p < 0,9178$; $n = 97$.



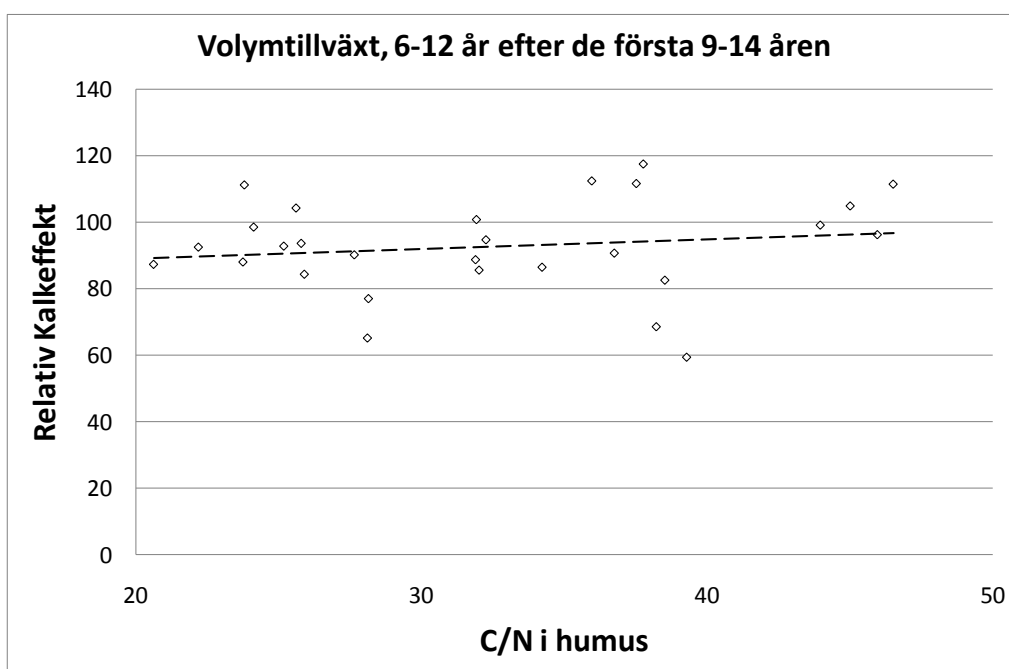
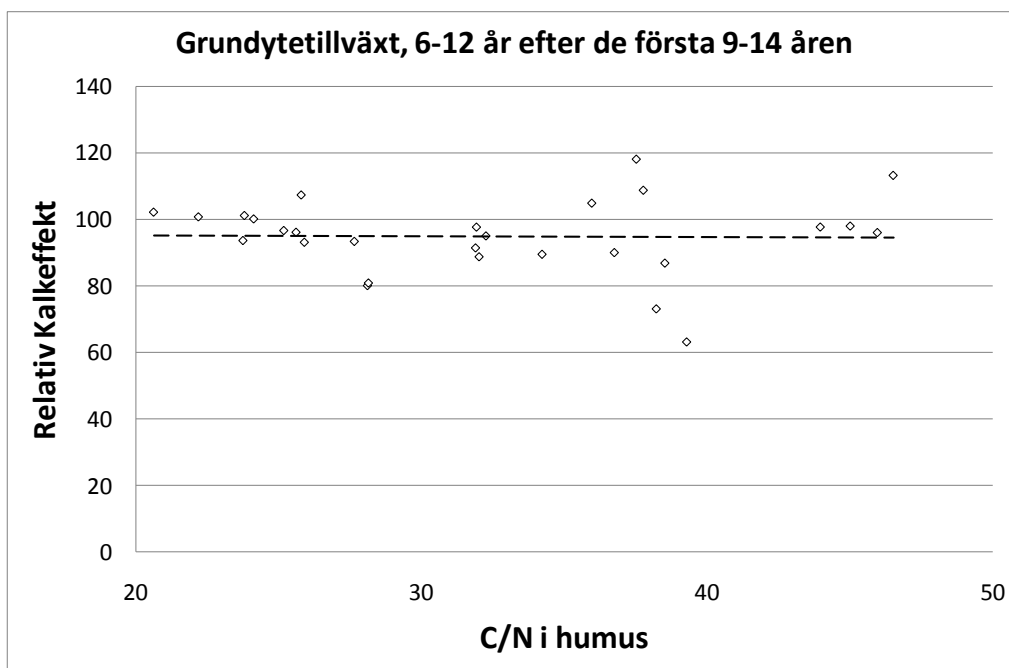
Figur 3. Samband mellan bonitet och relativ tillväxteffekt av kalk under 6–12 år efter de första 9–14 åren efter behandling. Grundytetillväxt angiven i figuren ovan och volymtillväxt under.

Ekvation, grundytetillväxt:

$$\text{Kalk: } y = 1,46 \times \text{bonitet} + 86,511; R^2 = 0,0792; p < 0,1319; n = 30.$$

Ekvation, volymtillväxt:

$$\text{Kalk: } y = 0,7951 \times \text{bonitet} + 88,491; R^2 = 0,0152; p < 0,5162; n = 30.$$



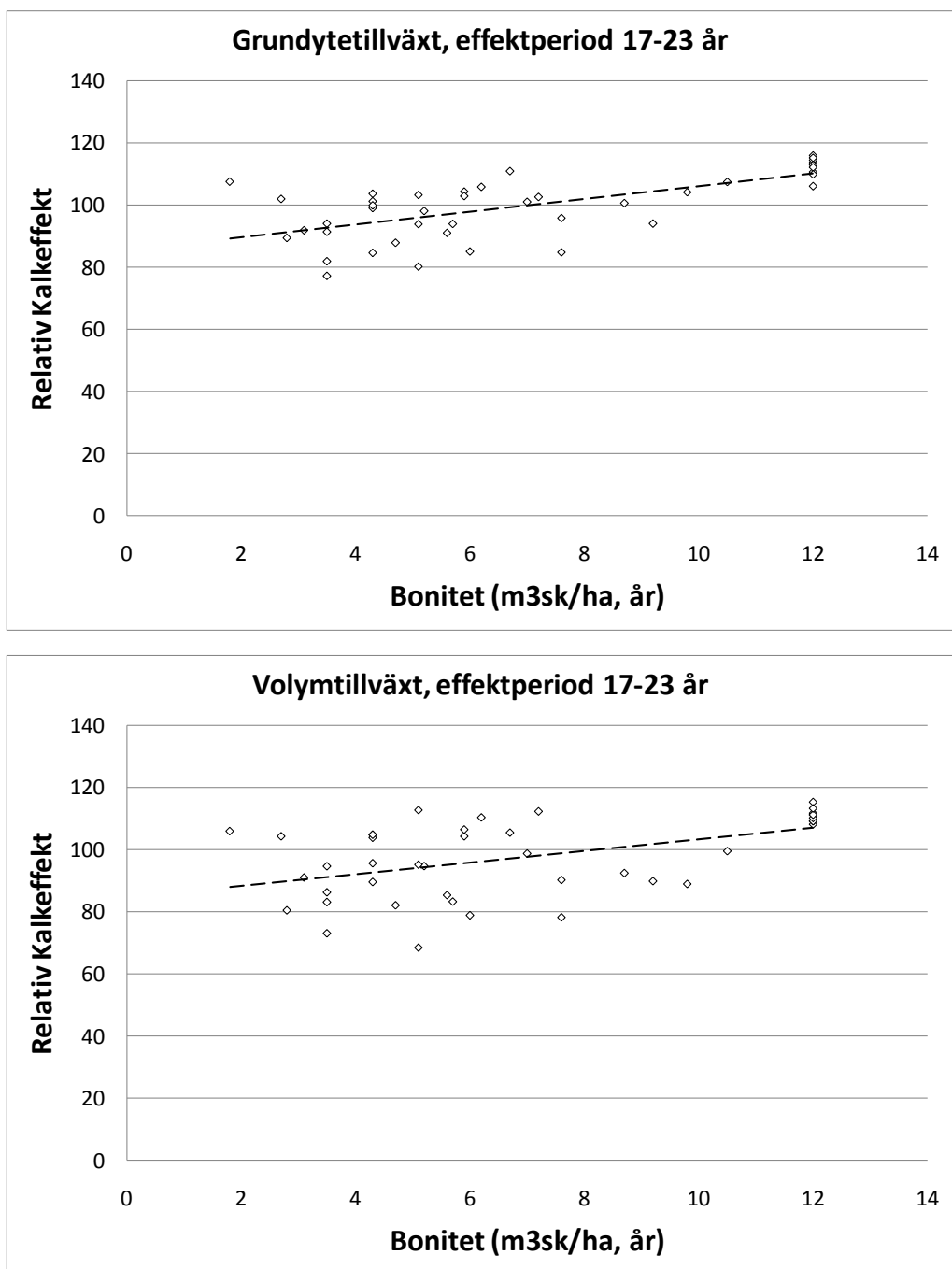
Figur 4. Samband mellan C/N i humus och relativ tillväxteffekt av kalk under 6–12 år efter de första 9–14 åren efter behandling. Grundytetillväxt angiven i figuren ovan och volymtillväxt under.

Ekvation, grundytetillväxt:

$$\text{Kalk: } y = -0,0264 \times C/N + 95,684; R^2 = 0,0003; p < 0,9290; n = 28.$$

Ekvation, volymtillväxt:

$$\text{Kalk: } y = 0,2848 \times C/N + 83,372; R^2 = 0,0234; p < 0,4371; n = 28.$$



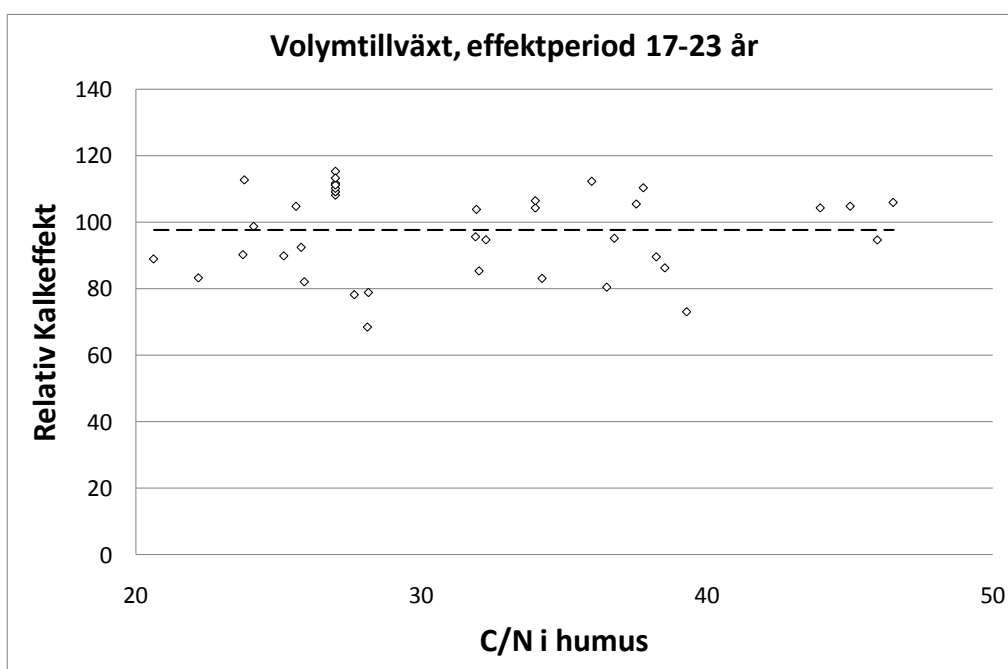
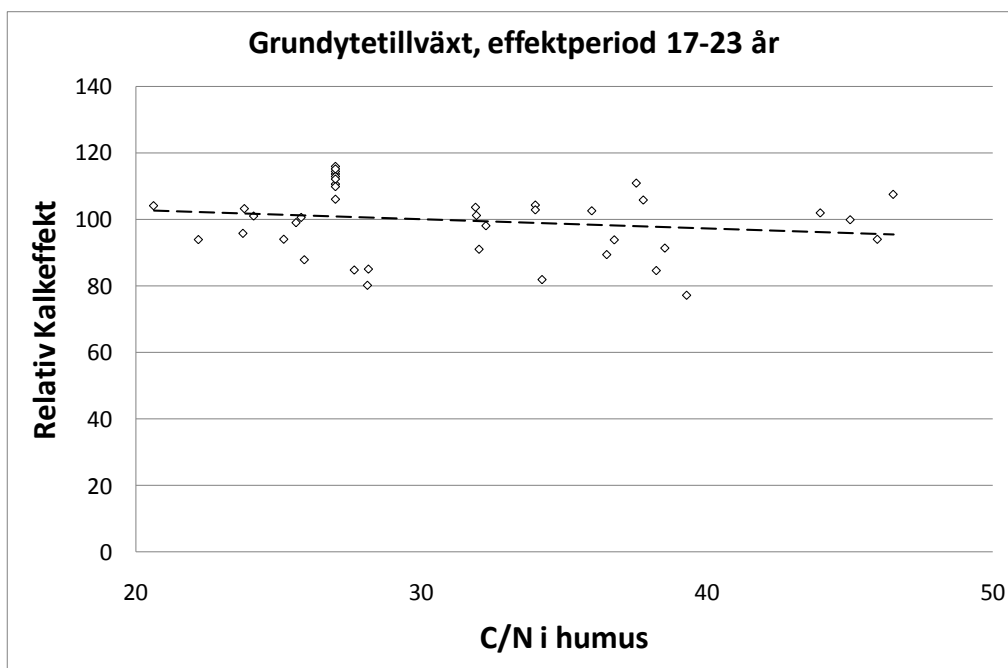
Figur 5. Samband mellan bonitet och relativ tillväxteffekt av kalk under 17–23 år efter behandling. Grundytetillväxt angiven i figuren ovan och volymtillväxt under.

Ekvation, grundytetillväxt:

$$\text{Kalk: } y = 2,0711 \times \text{bonitet} + 85,338; R^2 = 0,432; p < 0,0001; n = 42.$$

Ekvation, volymtillväxt:

$$\text{Kalk: } y = 1,8657 \times \text{bonitet} + 84,725; R^2 = 0,2384; p < 0,0010; n = 42.$$



Figur 6. Samband mellan C/N i humus och relativ tillväxteffekt av kalk under 17–23 år efter behandling. Grundytetillväxt angiven i figuren ovan och volymtillväxt under.

Ekvation, grundytetillväxt:

$$\text{Kalk: } y = -0,2766 \times \text{C/N} + 108,26; R^2 = 0,0328; p < 0,2637; n = 40.$$

Ekvation, volymtillväxt:

$$\text{Kalk: } y = 0,0000 \times \text{C/N} + 97,661; R^2 = 0,0000; p < 0,9999; n = 40.$$

4 Slutsats

Enligt denna pilotstudie med preliminära resultat påvisades trender i försöksmaterialet som indikerade att tillförsel av aska eller kalk i barrskog på mineraljord kan leda till minskad stamtillväxt på mark med låg bonitet, oförändrad stamtillväxt på medelproduktiv mark, medan stamtillväxten kan öka på marker med hög bonitet. Detta gällde för såväl effektperioder på 5–15 år som på något längre sikt (17–23 år; kalk). Därmed kunde den uppställda hypotesen, avseende tillväxteffektens beroende av markens bördighet uttryckt som bonitet (eller ståndortsindex), ej förkastas. Däremot kunde inte tidigare redovisade indikationer på ett liknande samband med C/N i humusen bekräftas i denna första utvärdering av materialet.

5 Erkännanden

Ett tack till finansiärerna Värmeforsks forskningsprogram ”Miljövänlig användning av askor” (Askprogrammet), som bidragit med merparten av finansieringen, och Svenska Kalkföreningen.

6 Litteraturreferenser

Andersson F., Hallbäcken L. & Popovic B. 1996. Kalkning och träd tillväxt. I: Staaf, H., Persson T. och Bertills U. (red) Skogsmarkskalkning – Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Naturvårdsverket, Rapport 4559, s. 122–133. Stockholm.

Anonym. 2007. Levende Skog. Standard for et bærekraftig norsk skogbruk. 40 s. [www.levendeskog.no]

Anonym. 2008. Kampen mot klimatförändringarna – EU visar vägen. Serien Europa på väg, Europeiska kommissionen. 24 s. ISBN 978-92-79-06073-1.

Arnold G., Van Beusichem M.L. & Van Diest A. 1994. Nitrogen mineralization and H⁺ transfer in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest stand affected by liming. *Plant and Soil* 161: 209–218.

Compton J. & Cole D.W. 1990. Impact of harvest intensity on growth and nutrition of second rotation Douglas-fir. In: W.J. Dyck and C.A. Mees (Eds.) Long term field trial to assess environmental impacts of harvesting, Proceedings IEA/BE Workshop, pp. 151–162.

Derome J., Kukkola K. & Mälkönen E. 1986. Forest liming on mineral soils – Results of Finnish experiments. National Swedish Environmental Protection Board, Report 3084. Solna. 107 pp. ISBN 91-620-3084-1.

Egnell G., Nohrstedt H.-Ö., Weslien J., Westling O. & Örlander G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen, Rapport 1/1988. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping. 170 p.

Huber C., Baier R., Göttlein A. & Wendelin W. 2006. Changes in soil, seepage water and needle chemistry between 1984 and 2004 after liming an N-saturated Norway spruce stand at the Högwald, Germany. *For. Ecol. Manage* 233: 11–20.

Jacobson S. 2001. Fertilization to increase and sustain tree growth in coniferous stands in Sweden. Doctoral thesis. *Silvestria* 217, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 34 pp.

Jacobson S. 2003. Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils – effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica* 37(4): 437–450.

Jacobson S., Kukkola M., Mälkönen E. & Tveite, B., 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *For. Ecol. Manage.* 129, 41–51.

Morén, A.-S och Perttu, K. 1994. Regional temperature and radiation indices and their adjustment to horizontal and inclined forest land. *Studia Forestalia Suecica* No. 194: 1–19. ISSN 0039-3150.

- Mälkönen E. 1976. Effects of whole-tree harvesting on soil fertility. *Silva Fennica* 10(3): 157–164.
- Nilsen P. & Granheim O. 1998. Langsiktige virkninger av kalking på trær och vegetasjon. In: Nilsen, P. (Ed.) FoU-programmet ”Miljøtiltak i skog” – Sluttrapport. Norsk Institutt for Skogforskning/Institutt for skogfag, NHL, Aktuelt fra skogforskningen 2/98, pp. 17–22. Ås.
- Nilsson S.I. 1993. Acidification of Swedish oligotrophic lakes – Interactions between deposition, forest growth and effects on lake-water quality. *Ambio* 22: 272–276.
- Olsson M., Rosén K. & Melkerud P.-A. 1993. Regional modelling of base cation losses from Swedish forest soils due to whole-tree harvesting. *Applied geochemistry, Supplement no 2*: 189–194.
- Persson T. 1988. Effects of acidification and liming on soil biology. I: Andersson F. & Persson T. (red.). Liming as a measure to improve soil and tree condition in areas affected by air pollution. National Swedish Environmental Protection Board, Report 518: 53–71.
- Persson T. & Wirén A. 1996. Effekter av skogsmarkskalkning på kväveomsättningen. I: Staaf H., Persson T. & Bertills U. (red.) Skogsmarkskalkning. Naturvårdsverket, Rapport 4559. s. 70–91.
- Persson T., Wirén A. & Andersson S. 1991. Effects of liming on carbon and nitrogen mineralization in coniferous forests. *Water Air Soil Pollut.* 54: 351–364.
- Persson T., Lundkvist H., Wirén A., Hyvönen R. & Wessén B. 1989. Effects of acidification and liming on carbon and nitrogen mineralization and soil organisms in mor humus. *Water Air Soil Pollut.* 45: 77-96.
- Proe M.F., Dutch J., Griffiths J., 1994. Harvest residue effect on micro-climate, nutrition, and early growth of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) seedlings on a restock site. *N.Z. J. For. Sci.* 24, 390–401.
- Proe M.F., Cameron A.D., Dutch J. & Christodoulou X.C., 1996. The effect of whole-tree harvesting on the growth of second rotation Sitka spruce. *Forestry* 69: 389–401.
- Rosén K. 1988. Skogsenergi eller fossila bränslen – En jämförelse ur förurningssynpunkt. Naturvårdsverket, Rapport 3521. 40 s. ISSN 02-7298. ISBN 91-620-3521-5.
- Saarsalmi A., Mälkönen E. & Kukkola M. 2004. Effects of wood ash fertilization on soil chemical properties and stand nutrient status and growth of some coniferous stands in Finland. *Scand. J. For. Res.* 19: 217-233.
- Saarsalmi A., Derome J. & Levula, T. 2005. Effects of wood ash fertilisation on stand growth, soil, water and needle chemistry, and berry yields of lingonberry (*Vaccinium vitis-idea* L.). *Forestry Studies* 42: 13–33.

- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STATTM, Guide for personal computers, version 8, edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 3884 p.
- Sikström U. 2001. Growth and nutrition of coniferous forests on acidic mineral soils – status and effects of liming and fertilization. Doctoral thesis. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 182. 54 p. plus 5 appendix.
- Sikström U. 2005. Effects of liming and fertilization (N, PK) on stem growth of *Picea abies* stands in SW Sweden ten years after treatment. In: Hunová et al. (eds.) Acid rain 2005, 7th International Conference on Acid deposition, Prague, Czech Republic, 12–17 June 2005, Conference abstract p. 518.
- Sikström U., Albrektsson A., Näsholm T. & Bergh J. 2001. Effekter på skogsproduktionen av markförsurning och motåtgärder. Skogsstyrelsen, Rapport 11F, Temaserie: Markförsurning & motåtgärder. 44 s. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Skogsstyrelsen, Meddelande 2-2008. 22 s. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2001. Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken. Skogsstyrelsen, Meddelande 4-2001. 37 s. plus bilagor. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2007. Fördjupad utvärdering av levande skogar. Skogsstyrelsen, Meddelande 4-2007. 155 s. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.
- Statens energimyndighet. 2006. Miljöeffekter av skogsbränsleuttag och askåterföring i Sverige. En syntes av Energimyndighetens forskningsprogram 1997 till 2004. Statens energimyndighet, ER 2006:44. 211 s. ISSN 1403-1892.
- Sterba H. 1988. Increment losses by full-tree harvesting in Norway spruce (*Picea abies*). For. Ecol. Manage. 24, 283–292.
- Weetman G.F. and Webber B. 1972. The influence of wood harvesting on the nutrient status of two spruce stands. Can. J. For. Res. 2: 351–369.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB

101 53 Stockholm

Tel 08-677 25 80

Fax 08-677 25 35

www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker

Fax 08-677 25 35