

6.2 Kolförrådet ovan och under mark i Skogaby

Tryggve Persson, Johan Bergholm, Lars-Owe Nilsson & Hooshang Majdi

Inledning

Ett skogsekosystem har de största kolmängderna i markens döda organiska material och i trädbiomassan ovan mark, medan rötter och markorganismer normalt har mindre kolmängd. Flödena mellan dessa förråd har olika storlek, vilket antyds i kapitel 6.1, figur 6.1. Under en trädgeneration i en brukad skog ökar kolförrådet dramatiskt i trädbiomassan (både ovan och under mark) från planteringen till dess den når mogen ålder. Förråden av dött organiskt material i marken varierar totalt sett mycket mindre, dock mer i ytskiktet och mindre längre ned i marken. Det kolförråd som ligger i rostjorden (B-horisonten) och nedåt i marken förändras mycket långsamt. Det är motståndskraftigt mot störningar och påverkas normalt inte av t ex skogsbränder och ytlig markberedning.

Skogsekosystemets samlade förråd av kol kan sägas fungera som en motvikt till atmosfärens koldioxidkol. Ökar kolmängden i träd och mark beror det generellt på att växterna har tagit upp koldioxid från atmosfären och omvandlat det till organiskt kol, och minskar kolmängden i träd och mark innebär detta en nettoförlust av kol till atmosfären. Skogens förmåga att binda och lagra kol är därför en ekosystemfunktion som har stor betydelse för atmosfärens framtida koldioxidhalt.

En åtgärd som förespråkats att öka trädens och skogsmarkens kolförråd är kvävegödsling. Många gödslingsförsök, särskilt i mellersta och norra Sverige, har visat att trädens volymtillväxt har ökat efter kvävegödsling (Tamm 1991). Andra studier tyder på att kvävegödsling leder till en minskad nedbrytning av organisk substans (Berg & Ekbohm 1991, Berg & Matzner 1998, Persson m fl 2000 och många andra). Båda dessa effekter borde leda till en ökad uppbyggnad av kolförrådet i ekosystemet. Denna hypotes är dock inte allmänt prövad för områden med en från början relativt hög kvävedeposition, och där man kan förvänta sig att kvävetillförsel leder till att andra näringsämnen kan bli tillväxtbegränsande.

Ett mål i Skogabyförsöket var därför att pröva hypoteserna att ensidig kväve- och sva-veltillförsel leder till (1) ökad kolinlagring i växtbiomassan och (2) ökad kolmängd i marken. Därför jämfördes kolmängderna i träd och mark i främst kontroll- och NS-leden. Dessutom kunde kolmängderna i träden jämföras i I-, IF- och V-leden.

Metodik

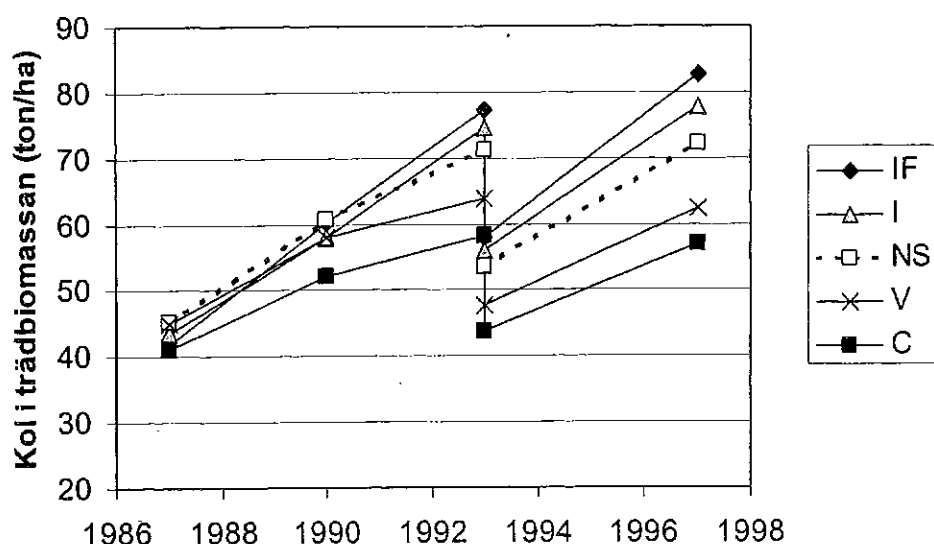
Kolförrådet har bestämts i olika trädfraktioner och markskikt (1) genom provtagning och bestämning av torrsubstansen (TS) och genom kolhaltsbestämning i kolanalysator (Carlo-Erba) för olika provtagningstillfällen. Kolet i trädbiomassan bestämdes 1987 (före experimentstarten), 1990 och 1993, i rotbiomassan 1988, 1989, 1990, 1992 och 1995 och i marken 1987 1990, 1992, 1993 och 1997 genom kvantitativa provtagningar i varje försöksparcell. Kol i den mikrobiella biomassan bestämdes vid ett tillfälle

(december 1997) i humusskiktet i kontroll- och NS-ytorna (Sjöberg 2000). Hur markdjursbiomassan skattades framgår av kapitel 9.

Kol i trädbiomassan ovan mark

När fältexperimentet i Skogaby påbörjades våren 1988 var träden i genomsnitt 26 år. Då (skattat hösten 1987) innehöll trädbeståndet (ovan mark) i genomsnitt 86,5 ton TS per ha (kapitel 4), vilket motsvarade ett kolförråd (50% C per enhet torrsubstans) på 43 ton per ha fördelat på 23,5 ton C i stamved, 3 ton C i bark, 12 ton C i levande och döda grenar och drygt 7 ton C i barr per ha. Kolförrådets förändring framgår av tabell 4.3 (kapitel 4), där värdena ges i ton TS per ha. Under vintern 1993/94 gallrades beståndet, då ca 25% av grundytan togs ut.

För att få en uppfattning om hur mycket kol som träden tog upp mellan 1993 och 1997 antogs att kolet i stam-, bark- och grenbiomassan ökade med samma genomsnittshastighet som under perioden 1987–1993. Barrbiomassan antogs vara lika stor 1997 som 1993 (före gallringen). Vidare antogs att 25% av kolet togs ut när 25% av grundytan avverkades, vilket sannolikt är en överskattning av koluttaget, eftersom främst småvuxna träd togs ut. Utifrån dessa antaganden beräknades kolförrådet i träden ovan mark till vad som visas i figur 6.2 och tabell 6.1. Detta kan uppfattas som en motsägelse till kapitel 4, där det uppgavs att grundytetillväxten i NS-ledet blev lägre med tiden, och att den t o m var lägre än i kontrollytorna från och med 1997. Det är dock välkänt att grundytetillväxten minskar när träden blir större utan att biomassa- och volymtillväxten behöver minska (på grund av stammens koniska form). Vi menar därför att biomassan i NS-ytorna, med högre biomassa än i kontrollytorna, mycket väl kan ha ökat lika mycket per år under 1994–97 som mellan 1987–93.



Figur 6.2. Skattad kolmängd i trädbiomassan ovan mark. Värdena 1987–1993 bygger på vägning av provträd och grundytebestämning. Vintern 1993/94 togs ca 25% av grundytan bort vid en gallring. Värdena efter 1993 är gissade (se text). C=kontroll, V=kvävefri gödsling, I=bevattning, NS=ammoniumsulfat, IF=näringsbevattning.

Tabell 6.1. Skattade kolförråd (ton C/ha) i trädbiomassan ovan mark, uttaget kol vid gallringen 1993/94 och ackumulerad kolmängd i trädbiomassan under 1987–97 i de olika behandlingarna (se figur 6.2 för beteckningar). Värdena efter 1993 är osäkra (se text).

	1987	1990	1993	1997	Skörd 1993/94	Ackumul. 1987-97	Ackumul. + skörd
C	41	52	58	57	15	16	31
I	44	58	75	78	19	34	53
IF	42	60	77	83	19	41	60
NS	45	61	71	72	18	27	45
V	42	58	64	62	16	20	36

Kolinnehåll i grov- och finrötter

Kolinnehållet i grovrötterna har inte mätts, men antogs utgöra 20% av det sammanlagda kolinnehållet i stammar och grenar. Det antogs öka över tiden som en funktion av de nämnda träddelarnas tillväxt. Under 1987–93 beräknades grovrötterna därför öka med 2,3 och 3,3 ton C per ha i kontroll- respektive NS-ytorna.

År 1993 skattades kolförrådet i grovrötterna till 10,3 och 12,5 ton per ha i kontroll- och NS-ytorna. Gallringen 1993/94 medförde att ca 25% av grovrötterna övergick till att bli grovrotförna. Därvid bör 2,6 och 3,1 ton C i grovrotsförna ha bildats per ha i kontroll- respektive NS-ytorna. Kvarvarande mängd grovrötter (75%) antogs öka sitt kolinnehåll per ha med samma hastighet som före gallringen, vilket medförde att kolförrådet i grovrötterna 1997 (enligt beräkningarna) var 10,0 respektive 12,7 ton C per ha i kontroll- och NS-ytorna (tabell 2). Genom att gallringen drog undan kol från de levande grovrötterna, ökade kolförrådet i dessa med bara 3,2 och 5,1 ton per ha från vintern 1987/88 till och med 1997.

Tabell 6.2. Skattat kolförråd (ton C/ha) i grovrötterna (beräknat som 20% av kolet i stammar och grenar), kol i avdöende grovrötter efter gallringen 1993/94 och ackumulerad kolmängd i grovrötterna under 1987–97 i de olika behandlingarna. Värdena efter 1993 är osäkra (se text).

	1987	1990	1993	1997	Avdöende rötter 1993/94	Ackumul. 1987-97	Ackumul. + döda rötter 1987-97
C	6,8	8,8	10,3	10,0	2,6	3,2	5,7
I	7,3	9,8	13,1	13,6	3,3	6,4	9,6
IF	6,9	10,1	13,6	14,6	3,4	7,7	11,1
NS	7,6	10,4	12,5	12,7	3,1	5,1	8,2
V	7,5	9,9	11,3	11,0	2,8	3,5	6,4

Finrotsbiomassan i humus- och mineraljordsskikten ned till 30 cm djup skattades till mellan 2,6 och 7,3 ton torrsbstans (TS) per ha i de olika behandlingarna (se kapitel 5). Den skattade kolmängden i finrotsbiomassan (50% C per g TS) ges i tabell 6.3. Där framgår att kolmängden i finrötterna i genomsnitt var obetydligt större i kontroll- (2,87 ton C/ha) än i NS-ytorna (2,64 ton C/ha) under behandlingsperioden 1988–92. Den senast gjorda skattningen (1995) antyder dock att NS-behandlingen ledde till minskad kolmängd i finrötterna. Om den senaste skattningen antas spegla senare års kolmängd i finrotsbiomassan, hade man 1997 en finrotsbiomassa på 2,6 ton C/ha i kontroll- och 1,4 ton C/ha i NS-ytorna och en grovrotsbiomassa på 10,0 respektive 12,7 ton C/ha (tabell

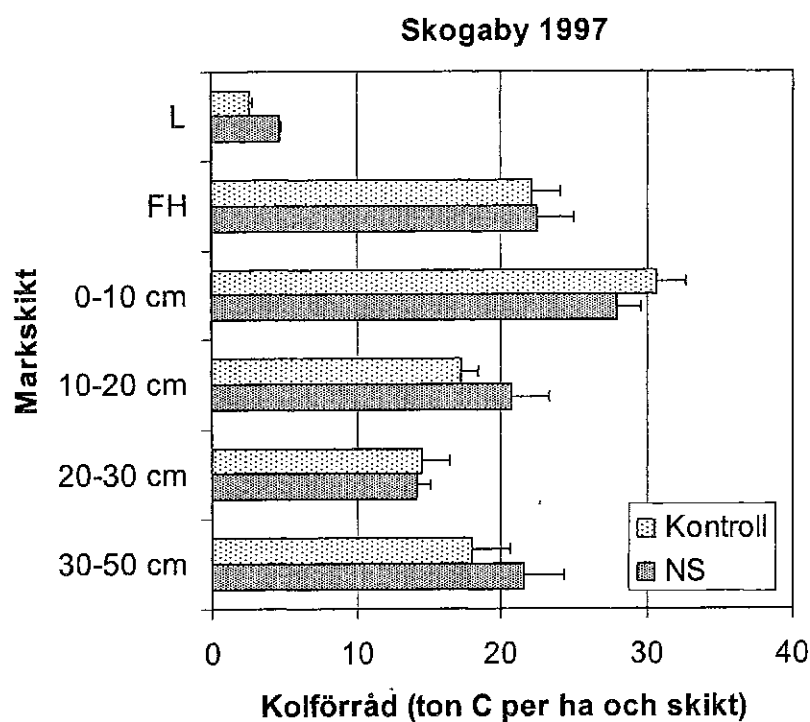
6.2). Den totala rotbiomassan borde därför innehålla 12,6 respektive 14,1 ton C/ha år 1997.

Tabell 6.3. Skattat kolförråd (ton C/ha) i finrötter (<2 mm i diameter) i kontroll- och NS-ytorna i humusskiktet och mineraljorden ner till 30 cm djup före behandlingen 1987 och under behandlingen 1988-1995.

	1987	1988	1989	1990	1992	1995
Kontroll	3,00	3,64	2,63	2,75	2,44	2,58
NS	3,00	3,30	2,50	2,31	2,43	1,43

Kol i markens organiska substans

Enligt den skiktindelning som gjordes fanns mest kol i markens humusskikt och översta mineraljordsskikt (0-10 cm), medan t ex förnaskiktet innehöll relativt små mängder kol (figur 6.3, tabell 6.4). Markens totalförråd av kol (exklusive rötterna) skattades till i runda tal 100 ton per ha och ingen skillnad i förråd kunde konstateras för kontroll- och NS-behandlingarna ner till 50 cm djup i mineraljorden.



Figur 6.3. Kolförråd (medelvärde \pm medelfel) i kontroll- och NS-ytorna i olika markskikt i Skogaby våren 1997, nio år efter behandlingsstarten. Provtagningen gjordes i delområden med begränsad stenförekomst, men värdena har korrigerats för den normalt högre stenigheten.

Tabell 6.4. Skattad kolmängd (medelvärde, ton C/ha) i marken före start och i kontroll- och NS-ytorna efter att försöket påbörjades 1988. Två metoder användes 1997, och de värden som markerats med * är medelvärden för hela perioden 1987-97 (med samma metodik). Den andra skattningen för 1997 avser platser med begränsad stenighet men har korrigerats för steninnehållet. Förna insamlades ej 1987 och 1990. NS-värden i fet stil skiljer sig signifikant ($p < 0,05$) från samma års kontrollvärde. Se figur 6.3 för ungefärlig osäkerhetsskattning.

	1987		1990		1992		1993		1997		1997 (korr. för stenighet)	
	(före start)											
	Kontr	NS	Kontr	NS	Kontr	NS	Kontr	NS	Kontr	NS	Kontr	NS
L	-	-	-	-	1,9	2,5	3,5	7,6	1,9	3,6	2,7	4,7
FH	17,5	20,1	25,0	25,3	18,3	19,0	23,4	23,8	25,8	25,6	22,2	22,5
0-10 cm									21,2*	22,3*	30,7	28,0
10-20 cm									17,7*	18,8*	17,3	20,7
20-30 cm									16,0*	14,9*	14,6	14,2
30-40 cm									10,8*	11,3*	10,8	13,0
40-50 cm									6,5*	6,8*	7,2	8,6
Totalt									100,1*	103,2*	105,5	111,8

I maj 1997 togs markproverna på platser där det var fritt från större stenar ner till 20 cm djup med syfte att optimera jämförelsen mellan behandlingar (på bekostnad av ett rättvisande arealvärde). Vid denna skattning (se tabell 6.4, ytor korr. för låg stenighet) kunde inte heller någon skillnad mellan behandlingarna påvisas för totalförrådet av kol. Däremot var kolförrådet större i NS-ytornas förnaskikt än i kontrollytornas förnaskikt från och med 1993 års provtagning. Kolförrådsökningen i NS-ytornas förnaskikt berodde troligen både på ett ökat förnafall (se kapitel 4) och en minskad nedbrytningshastighet (se kapitel 6.6). Fluktuationerna i kolmängder mellan år (tabell 6.4) berodde sannolikt på svårigheten att avgränsa markskikten snarare än på en reell mellanårsvariation. Gallringen 1993/94 kan dock ha lett till att en mindre mängd förna föll under de påföljande åren, något som minskade kolmängden i förnaskiktet från 1993 till 1997.

Kol i mikrobiell biomassa

Den mikrobiella biomassan i humusskiktet innehöll ca 500 och 300 kg C/ha i kontroll- respektive NS-ytorna enligt en skattning i december 1997 (Sjöberg 2000). Ingen skattning av mikrobiell biomassa har gjorts för något annat markskikt. Kolet i den mikrobiella biomassan var i stort sett proportionellt mot den skattade kolmineraliseringen i humusskiktet, som var 955 och 586 kg C per ha och år (1997) i kontroll- respektive NS-ytorna (se tabell 6.10 i kapitel 6.6). Kolmineraliseringen i hela markprofilen var 2700 respektive 2200 (82% av den i kontrollytorna) kg C per ha och år. Om biomassakolet var proportionellt mot kolmineraliseringen borde alltså kolet i den mikrobiella biomassan i hela markprofilen ned till 50 cm djup ha varit 1400 kg C per ha i kontrollytorna och 1100 kg C per ha i NS-ytorna.

Kol i markdjur

Markdjurens biomassa innehåller omkring 50% kol. Med ledning av biomassaskattningen i tabell 9.7 (kapitel 9) kan därför kolinnehållet i de undersökta markdjursgrupperna beräknas till 12 och 4 kg C per ha i kontroll- respektive NS-ytorna. Även om resterande markdjursgrupper skulle inkluderas skulle C-innehållet knappast överstiga 20 resp 10 kg per ha.

Summering och slutsatser

Kolinnehållet i träden ovan mark ökade över tiden som en funktion av trädens totala tillväxt. Kolmängden ökade mer i IF- och I-behandlingarna än i NS-, V- och kontroll-behandlingarna. Totalt beräknades kolmängden ha ökat från 41 till 57 ton C/ha i träd-biomassan i kontrollytorna och från 45 till 72 ton C/ha i NS-ytorna under perioden 1988–97. Dessutom togs 15 resp 18 ton C/ha ut vid gallringen, vilket innebär att 31 resp 45 ton C/ha hade byggts in i växtbiomassan ovan mark i kontroll- och NS-ytorna under denna period. Motsvarande ökning i grovrotsbiomassan var 5,7 och 8,2 ton C/ha. Finrotsbiomassan verkade inte påverkas av NS-behandlingen under de första fyra-fem åren, men tre år senare, 1995, var finrotbiomassan och finrotskolet påtagligt lägre i NS-ytorna än i kontrollytorna.

Markens totala kolförråd (exklusive rötterna) ner till 50 cm djup i mineraljorden skattades (med normalt förekommande stenighet) till i runda tal 100–110 ton per ha under perioden 1987–1997. Ingen mätbar förändring över tiden kunde påvisas, och tillförsel av kväve i NS-behandlingen ledde inte heller till någon säkerställd förändring under tioårsperioden. NS-behandlingen ledde dock till att kolförrådet ökade signifikant i förnaskiktet. NS-behandlingen ledde inte till någon tydlig förrådsökning eller minskning i C/N-kvoten i humusskiktet (se kapitel 7.3).

Den mikrobiella biomassan, som är en delmängd av totalskattningen ovan, beräknades innehålla 1400 kg C/ha i kontrollytorna och 1100 kg C/ha i NS-ytorna vid en provtagning 1997. I den mikrobiella biomassan ingår svampar, bakterier och markdjur. Markdjuren beräknades innehålla högst 20 kg C/ha i kontrollytorna och 10 kg C/ha i NS-ytorna.

Kolmängden i träd (tabell 6.1–6.3) och mark (tabell 6.4, C i förnan 1987 satt lika med C i förnan 1992, C i mineraljorden 1987 antogs vara lika med C i mineraljorden 1997) ökade, om man bortser från alla osäkerheter, från 143 (51 i träd och 92 i mark) 1987 till 176 (70+106) ton C/ha 1997 i kontrollytorna och från 152 (56+96) till 198 (86+112) ton C/ha i NS-ytorna. Dessutom togs 15 respektive 18 ton C/ha ut vid gallringen 1993/94 och 3 respektive 3 ton C/ha blev kvar i marken som grovrotsförna (ej inräknad i markkolet) vid samma gallring. Växtbiomassan (inklusive skörd) byggde således in 34 och 48 ton C/ha och marken (exklusive grovrotsförnan) lagrade in 14 och 16 ton C/ha i kontroll- respektive NS-ytorna enligt detta sätt att räkna. Trots att beräkningen av kolförrådsförändringen i marken är osäker (se annan beräkning i kapitel 6.8), kan man nog våga påstå att växtbiomassan bidrog mer än marken till kolinlagringen, och att kolinlagringen var högre i NS- (67 ton C/ha) än i kontrollytorna (51 ton C/ha).

Referenser

- Berg B, Ekbohm G (1991): Litter mass-loss rates and decomposition patterns in some needle and leaf litter types. Long-term decomposition in a Scots pine forest. VII. Canadian Journal of Botany 69, 1449-1456.
- Berg B, Matzner E (1998): Effect of N deposition on decomposition of plant litter and soil organic matter in forest systems. Environ. Rev. 5, 1-25.

- Persson T, Karlsson PS, Seyferth U, Sjöberg RM, Rudebeck A (2000): Carbon mineralisation in European forest soils. I: Schulze E-D (red) Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems, Ecological Studies 142, 257-275.
- Sjöberg RM (2000): Carbon and nitrogen turnover in the humus layer of coniferous forests with emphasis on immobilisation, stabilisation and uptake processes. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 153 (Dr-avhandling på SLU).
- Tamm CO (1991): Nitrogen in terrestrial ecosystems. Ecological Studies 81, 1-115. Springer Verlag, Berlin.