

FAKTA *Skog*

Sammanfattar aktuell forskning • Nr 15 2000

Johan Bergh • Sune Linder • Ann-Sofie Morén • Achim Grelle • Anders Lindroth
• Peter Roberntz

Skogens kolbalans

- många faktorer inverkar

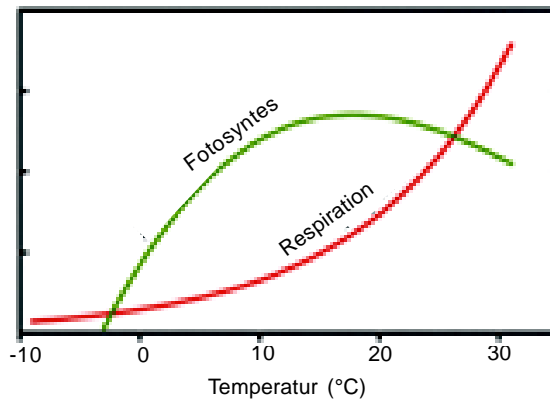
- Skogens årliga kolbalans kan variera mycket mellan olika år, beroende på solinstrålningen under växtsäsongen och temperaturklimatet under året.
- Kolfixeringen i nordliga barrskogar är störst vid klart väder och temperaturer kring 15–20 °C. Riktigt varma dagar är respirationen från träden och marken så hög att skogen istället kan avge koldioxid.
- Kolfixeringen förändras under skogsbeståndets olika utvecklingsfaser. På kalytor samt i plant- och ungskog avges koldioxid. När skogen sluter sig och nettoproduktionen är som störst när kolfixeringen en topp varefter upptaget klingar av och avgivningen successivt ökar ju äldre beståndet blir.

Illustration: Peter Roberntz



FIGUR 1. Kolbalansen beror bl.a. på skogstyp och i vilket utvecklingsstadium skogsbeståndet befinner sig. Här illustreras storleken på olika bestånds koldioxidupptag (grön pil) och koldioxidavgivning (röd pil).

Kunskap om skogens kolbalans är viktig för att kunna förfina prognoserna om hur skogen kommer att påverkas av (och påverka) en ökande koldioxidhalt i atmosfären och framtida förhöjd temperatur. Generellt kan man säga att de flesta typer av skogsekosystem i Sverige tar upp mer kol än de avger. Detta påstående gäller om man ser till en längre tidsperiod som t.ex. decennier eller ett bestånds omloppstid (60–110 år). Detta hindrar inte att kolavgivningen i samma bestånd vissa dagar, månader eller år är högre än upptaget. Skogens ålder och utvecklingsfas har en avgörande betydelse för nettokolbalansen liksom typen av skogsekosystem (figur 1). Även hur skogen sköts har stor betydelse för den långsiktiga kolbalansen. I detta nummer av Fakta Skog avser vi att peka på faktorer



FIGUR 3. Principiell skiss på ljusmättad fotosyntes (grön linje) och respiration (röd linje) vid olika lufttemperaturer.

som inverkar på skogens kolbalans i vår boreala klimatzon. Figurerna är i de flesta fall baserade på resultat från våra fältförsök i Uppland och Västerbotten.

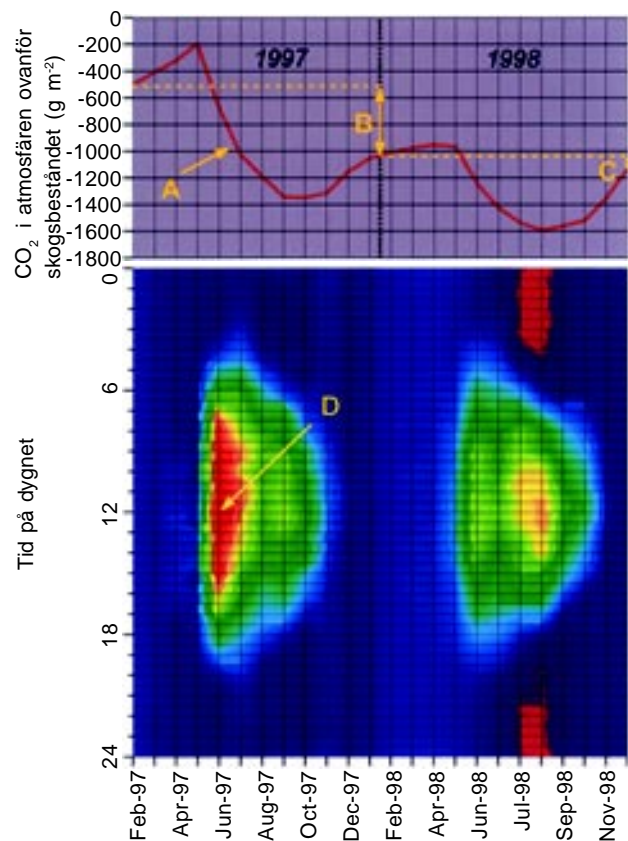
Vädret styr fotosyntes och respiration

De grundläggande processerna som styr skogens kolbalans är foto-

syntes och respiration (andning), processer som i stor utsträckning påverkas av väderleken. Skogen tar genom trädens och markvegetationens fotosyntes upp koldioxid och lagrar kolet i form av växtbiomassa. På grund av vårt kärva vinterklimat med minusgrader och marktjällesker i stort sett ingen fotosyntes under vinterhalvåret. Det innebär att



FIGUR 2. Träd (A) och markvegetation (B) tar upp koldioxid genom fotosyntesen (grön pil) samtidigt som de avger koldioxid vid respirationen (röd pil). Respirationen från rötter och markorganismer (C) är betydande i skogsekosystemet men tack vare att tillförseln av kol till marken vanligtvis är större, genom tillskott av döda växtdelar (barr, blad, grenar, trädstammar, rötter, markvegetation), sker det en upplagring av kol i marken.



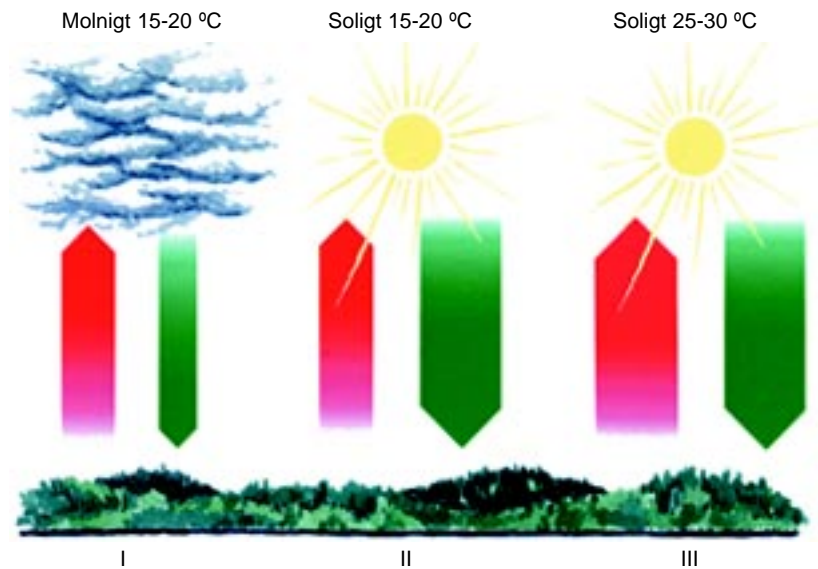
FIGUR 4. I övre delen av figuren visas en granskogs (Västerbotten) ackumulerade kolupptag under perioden 1997–1998. Vid kolupptag blir värdet mer negativt, vid kolavgivning tvärtom. Pilarna visar (A) hög fotosyntes och stort kolupptag under sommaren 1997, (B) ackumulerad mängd kol under 1997, och (C) ackumulerad kolmängd under 1998. I den nedre delfiguren visas hur kolupptaget varierar under året och inom dygnet. Röda och gula nyanser innebär att kol tas upp av granskogen och blåa att kol avges. Pil (D) visar när det största kolupptaget vanligtvis sker under försommaren.

omkring 95 procent av den årliga fotosyntesen äger rum under årets sex varmaste månader. Vid minusgrader är fotosyntesaktiviteten i det närmaste noll. Våra mätningar visar att fotosyntesen ökar snabbt med stigande temperatur och når vanligtvis en maximal nivå vid 15 – 20 °C. Vid högre temperaturer avtar nettofotosyntesen på grund av ökande respirationsförluster. Under vinterhalvåret är det normalt temperaturen, i kombination med tjäle, som begränsar fotosyntesproduktionen. Under sommarhalvåret är det däremot mängden solljus och vattentillgång som avgör hur stor fotosyntesen blir. Vi har tidigare visat att sambandet mellan absorberat solljus och fotosyntesproduktion hos träd är mycket starkt (se Fakta Skog 2/99).

Vid uppbyggnad av växtbiomassa och vid underhåll av funktioner hos levande växtceller avges koldioxid genom respirationen. Även marken respirerar och en betydande mängd kol avges genom respiration från rötter och markorganismer (figur 2). Respirationen är starkt temperaturberoende och ökar exponentiellt med ökad temperatur (figur 3). Till skillnad från fotosyntesen pågår respirationen dygnet runt hela året. På årsbasis tar träden och markvegetationen upp mer koldioxid än de avger och marken tillförs kol genom döda blad, grenar och rötter. Detta innebär att kollagen (både markens kollager och växtbiomassan) ökar i de flesta skogsekosystem under en omloppstid.

Stor skillnad i kolupptag mellan olika år

Idag kan vi mäta hur mycket koldioxid olika skogsekosystem tar upp eller avger till atmosfären, dvs. nettot av fotosyntes och respiration. Tekniken kan på svenska kallas virvelkorrelation och beskrivs i Fakta Skog 2/2000. Mätningarna visar bland annat att flödena av koldioxid mellan skog och atmosfär varierar kraftigt mellan åren. Dessa variationer beror på ständigt varierande väderförhållanden. I stora delar av Sverige var sommaren 1997 en bra sommar, även ur fotosyntes-



FIGUR 5. Granskogens kolupptag varierar vid olika solljus och temperaturförhållanden; (I) mulna dygn vid 15-20 °C, (II) soliga dygn vid 15-20 °C, samt (III) soliga dygn vid 25-30 °C. De gröna pilarna symboliserar kolupptag (fotosyntes) och de röda kolavgivning (respiration).

synpunkt, med mycket solinstrålning. Den stora mängden solinstrålning under tillväxtsäsongen förklarar varför upptaget av koldioxid på försöksområdet i Västerbotten var stort under juni (se pil A i figur 4). Sommaren därpå var däremot en av de regnigaste under 1900-talet. Mängden solinstrålning var under tillväxtsäsongen 1998 betydligt mindre än under 1997 (jämför pil B och C i figur 4). Vanligtvis är skogens kolupptag störst mitt på dagen, i början på sommaren, då solinstrålningen är som mest intensiv och lufttemperaturen inte alltför hög (se pil D i figur 4).

Även stor dygnsvariation

I våra fältförsök har det visat sig att skogen under vissa dygn sommartid avger mer koldioxid än den tar upp. Det inträffar under varma dygn när respirationen från träden och marken pga. den höga temperaturen är större än fotosyntesen. Det kan också inträffa under dygn med mulet väder, då fotosyntesen pga. mindre solinstrålning är låg (figur 5).

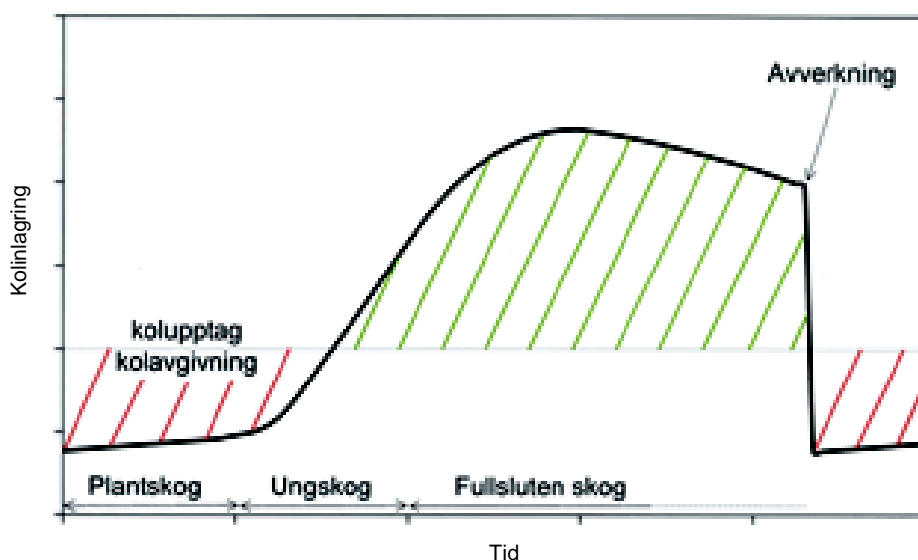
Kolbalansen varierar med skogens utvecklingskede

På ett nyplanterat hygge står plantorna inte för någon betydande fotosyntesproduktion. I detta skede är mossar, lavar, ris, gräs och örter de primära fotosyntesproducenter-

na. Deras kolbindning är dock förhållandevis liten jämfört med ett slutet trädbestand. I och med att marken är exponerad för solljus är marktemperaturen relativt hög, vilket ger hög markrespiration. Sammantaget innebär detta att ett planterat hygge avger koldioxid under plantstadiet och den första delen av ungskogsfasen (figur 6). Efter hand, då trädens tillväxt tar fart och beståndet sluter sig ökar trädens fotosyntes/kolbindning avsevärt. Beskuggningen av marken ger lägre marktemperaturer jämfört med hyggesfasen och markrespirationen avtar. Detta medför att under omloppstiden är kolupptaget störst när beståndet sluter sig (figur 6), vilket sammanfaller med den tidpunkt då produktionen av växtbiomassa når sitt maximum. I äldre bestånd avtar produktionen, men kolupplagringen fortsätter i de flesta fall. Sammantaget binder skogen i normala fall en stor mängd kol under en omloppstid.

Skötsel och typ av skogsekosystem inverkar också

Skötseln av skogen och typen av skogsekosystem har också stor betydelse för skogens kolbalans. Skötselmetoder som förkortar plant- och ungskogsfasen, såsom rätt markberedning, snabbetablerade plantor och trädslag, inverkar positivt på skogens kolbalans sett över en om-



FIGUR 6. Principskiss på hur kolinlagringen under en omloppstid kan se ut. Det grönstreckade området indikerar att skogen tar upp mer koldioxid än den avger. I det röstreckade området är förhållandena de motsatta.

loppstid. Markberedningsåtgärder där humuslagret utsätts för kraftig störning kan leda till att mycket kol avges från marken, så ur kolbindningssynpunkt är skonsammare markberedningsformer att föredra. Dock får markberedningsformen inte äventyra plantetableringen och tillväxten i ungskogen i alltför stor utsträckning. Genom att sköta skogen så att den upprätthåller en hög slutenhet där mängden fotosyntetiserande blad/barr är stor leder skötseln till en större kolinlagring i växtbiomassan.

Diking kan påverka skogens kolbalans negativt under en följd av år. Dikningen medför att den biologiska aktiviteten i marken ökar avsevärt genom att man skapar en mer syrerik (aerob) miljö. Ett exempel på att detta kan förekomma redovisas i Fakta Skog nr 2/2000. I urskogsbetonade bestånd där både barr, grenar och stammar tillförs marken är kolbalansen nära jämvikt och fotosyntesen balanseras av respirationen.

Pågående forskning

Inom EUs femte ramprogram pågår, med svenskt deltagande, ett antal intressanta forskningsprojekt avse-

ende skogens kolbalans. Forskningen samordnas inom "Carbo-Europe" och omfattar, förutom kolbalansmätningar över bestånd, studier där man mäter kolflödet i likartade bestånd med olika ålder. I ett annat projekt studeras skogs-skötselformer som kan minimera kolförlusterna samtidigt som biomassaproduktionen och kolupplagringen stimuleras. På så sätt kan man få klarlagt hur kolbalansen varierar under en omloppstid i relation till skötselmetoder. Förutom pågående EU-projekt finns ett antal omfattande nationella projekt för att utarbeta skötselstrategier för att öka kolupplagring i skog och skogsmark (LUSTRA) samt utveckla prognosinstrument för skogsproduktionen i ett framtida "växthus klimat" (HEUREKA).

Ämnesord

Fotosyntes, kolbalans, omloppstid, respiration, skogsskötsel

Litteratur

Bergh J., Linder S. & Bergström J. 1999. Intensivodling av gran – en outnyttjad möjlighet. *Fakta Skog* nr 2/99 ISSN 1400-7789.

Cannell M.G.R. 1995. Forests and the Global Carbon Cycle in the

Past, Present and Future. *European Forest Institute Research Report* no. 2, 66 pp.

Morén, A.-S., Grelle A. & Lindroth, A. 2000. Kolbalansen i svenska skogar. *Fakta Skog* nr 2/2000, ISSN 1400-7789.

Schimel, D.S. 1995. Terrestrial Ecosystems and the Carbon Cycle. *Global Change Biology* 1:77-91.

Johan Bergh, Achim Grelle, Sune Linder, Ann-Sofie Morén och Peter Roberntz arbetar bland annat med kolbalansen i boreala skogar på Institutionen för skoglig produktionsekologi. Adress: SLU, Inst. f. skoglig produktionsekologi, Box 7042, 750 07 Uppsala. Telefon: 018-67 10 00. Hemsida: www.spek.slu.se

Anders Lindroth arbetar med kolflödet mellan skogsekosystem och atmosfären på Institutionen för naturgeografi vid Lunds Universitet. Box 118, 221 00 Lund.

Telefon: 046-222 00 00. Hemsida: www.natgeo.lu.se

Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Göran Hallsby, Institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ
Helene Oscarsson, Text & Form, på uppdrag av Info.avd., SLU, Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 013-39 10 32 • Telefax: 013-39 12 56
E-post: h.oscarsson@telia.com
www.slu.se/forskning/fakta.html
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: publikationstjanst@slu.se
300 kronor + moms
TK-tryck, Uppsala 2000
ISSN 1400-7789 © SLU

Internet:
Prenumeration och lösnummer:

Prenumerationspris:
Tryck:

