

FAKTA *Skog*

Sammanfattar aktuell forskning • Nr 2 2000

Ann-Sofie Morén • Achim Grelle • Anders Lindroth

Kolbalansen i svenska skogar

- En viktig fråga som forskare länge diskuterat är den globala kolbudgeten. Budgeten går inte ihop. Det kan bero på att de nordliga skogarna tar upp mer koldioxid än man tidigare trott, men än så länge har vi inte kunnat visa att så är fallet.
- Mätningar i Uppland visar att skogsekosystem ibland ger ifrån sig mer koldioxid än de tar upp. Aktuell forskning visar att flera nordliga skogsekosystem ligger nära en jämvikt medan sydligare skogar tar upp mer koldioxid än de avger.
- Skillnaden mellan den mängd koldioxid som tas upp vid fotosyntesen och den mängd som avges vid respiration utgör nettoflödet mellan skog och atmosfär. Nettoflödet är ofta litet och kan förändras från upplagring till förlust om klimatet ändras.
- Våra åtaganden enligt Kyoto-protokollet kräver att vi sätter upp en nationell kolbudget. I dagsläget anser vi inte att vi har tillräcklig kunskap om de processer som styr kolflödena för att göra det.



Illustration: Peter Roberntz

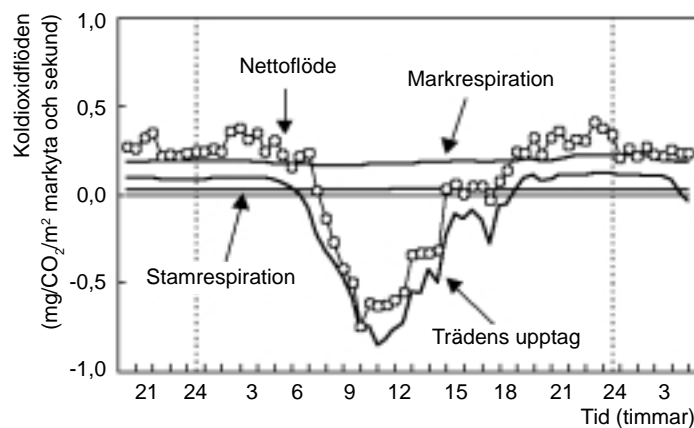
Skogarnas roll som kolfixerare och deras betydelse för den globala kolbudgeten, och därmed jordens klimat, har länge diskuterats bland forskare. Men efter klimatmötet i Kyoto i Japan 1997 och de efterföljande diskussionerna i Buenos Aires 1998, har frågan antagit en mer politisk karaktär. Bland annat beslutades att de länder som anslöt sig till Kyotoavtalet skulle få möjlighet att tillgodoräkna sig den kolupplagring som sker i vissa former av skogsbruk. Ur klimatsynpunkt är det dessutom angeläget att nationella och globala kolbudgetar upprättas dels för att skapa ökad förståelse för vilka processer som styr kolbalansen, dels för att utgöra underlag för åtgärder som måste vidtas för att motverka ökningen av mängden koldioxid i atmosfären. I dessa sammanhang utgör skogen en mycket viktig komponent, eftersom den för närvarande utgör en realistisk möjlighet att lagra kol vid jordens yta.

Globala kolbudgeten förbyllar

Den globala kolbudgeten har länge gäckat forskarna. Summering av utsläpp och upptag av koldioxid ger en obalanserad budget (faktaruta 1). På årsbasis blir utsläppen ungefär 5.3 gigaton större än upptagen och ökningen av mängden koldioxid i atmosfären tillsammans. Obalansen har lett till diskussioner om "den saknade sänkan", dvs. upptaget av koldioxid som ännu inte kan förklaras. Kanske bör budgeten balanseras genom att räkna med trädens ökade tillväxt p.g.a. koldioxidgödsling och kvävedeposition, eller kanske står de nordliga skogarna för ett större upptag än hittills beräknat.

"Den saknade sänkan" och de nordliga skogarnas roll

De globala modelleringar som har gjorts, baserade på halten av koldioxid i atmosfären, indikerar att de nordliga skogarna tar upp mer koldioxid än man räknat med. Att skog kan ta upp och lagra stora mängder kol framgår av att skogarna under årtusenden byggt upp stora förråd av kol i marken. Frågan är hur förhållandena ser ut idag? På grund av denna osäkerhet startades under 1990-talet flera projekt med syfte att



FIGUR 1. Koldioxidflöden i Norundaskogen den 6-8 juli 1995. Positiva värden innebär utsläpp av koldioxid och negativa värden upptag av koldioxid. Flödena från mark, stammar och träd har mätts med kyvetter; nettoflödet med turbulensinstrument (faktaruta 2). Flödet från marken omfattar markrespirationen samt koldioxid-upptaget av mossor och annan markvegetation dagtid. Trädens koldioxidförlust nattetid utgörs av respiration från barr och grenar.

ta reda på hur mycket koldioxid de nordliga skogarna tar upp från atmosfären, och hur markens kolförråd byggs upp.

Överraskande resultat

I Sverige studerar vi sedan mitten av 1990-talet utbytet av koldioxid mellan skog och atmosfär på två platser, i Norunda i nordvästra Uppland och i Flakaliden i Västerbotten. Det har visat sig att skogen i Norunda idag ger ifrån sig mer koldioxid än den tar upp. Den fungerar med andra ord som en källa. Skogen, som består av en blandning av tall och gran, är i och för sig gammal (70–100 år) men den har fortfarande en relativt hög tillväxt. Under de fem säsonger mätningarna varit igång har skogen varit en källa under fyra säsonger och en sänka under en säsong. Skogen

i Flakaliden som är en ung (ca 40 år) granskog, har under de tre säsonger som mätningar pågått varit en sänka.

Osynliga flöden synliggörs

Koldioxidutbytet mellan skogsekosystem och atmosfär bestäms av upptag av koldioxid via vegetationens fotosyntes och förlusten av koldioxid till atmosfären genom vegetationens och markens respiration.

Studerar man ett skogsekosystem under ett sommardygn, ser man att det förlorar koldioxid under dygnets mörka timmar och tar upp koldioxid när det är ljus (figur 1). Upptaget dagtid är oftast flera gånger större än förlusten nattetid, vilket innebär att skogen i genomsnitt tar upp koldioxid. Under vintern förlorar däremot skogen koldioxid till

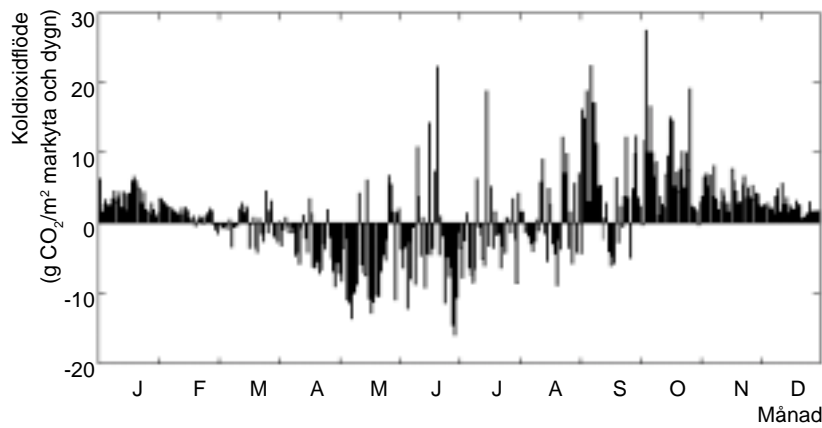
Den globala kolbudgeten

Faktaruta 1

I den globala kolbudgeten tittar man ofta endast på hur de av människan skapade utsläppen av kol i form av koldioxid balanseras genom upptag av koldioxid vid jordens yta. Än så länge diskuterar man i det här sammanhanget mest koldioxid eftersom den, efter vattenånga, är den viktigaste växthusgasen.

Genom förbränning av fossila bränslen samt cementproduktion produceras årligen cirka 20.2 ± 1.8 Gt* koldioxid. Vidare bidrar ändrad markanvändning i tropiska områden årligen med omkring 5.9 ± 3.7 Gt koldioxid. Hur man ska uppskatta upptagen är mer osäkert men av den koldioxid som producerats genom mänsklig verksamhet räknar man med att 11.7 ± 0.7 Gt lagras i atmosfären, att oceanerna årligen tar upp 7.3 ± 2.9 Gt och att norra halvklotets skogar genom återväxt årligen tar upp omkring 1.8 ± 1.8 Gt. En summering visar att ca 5.3 Gt koldioxid per år "blir över". Det är detta som kallas "den saknade sänkan" dvs. någonstans på jorden tas det uppenbarligen upp mer koldioxid än beräkningarna visar.

* 1 Gt = 1 gigaton = 1 miljard ton; 1 Gt koldioxid = 0.27 Gt kol



FIGUR 2. Exempel på nettoflöden av koldioxid från Norundaskogen under 1995, summerat per dygn. Observera att skogen vissa dygn sommartid avger mer koldioxid än den tar upp. Det inträffar under varma, mulna dygn när respirationen p.g.a. den höga temperaturen blir större än fotosyntesen.

atmosfären eftersom respirationen, trots att den är liten, inte såsom fotosyntesen avstannar under vintern. Genom att summera koldioxidflödena per dygn får man en tydlig bild av hur de varierar under året (figur 2).

En koldioxidbudget för ett helt år visar att nettoflödet är väldigt litet: det är bara differensen mellan de två stora termerna, fotosyntes (upptag) och respiration (förlust) (figur 3). Budgeten visar hur svårt och samtidigt viktigt det är att göra tillförlitliga uppskattningar av nettoflödena. Små fel i uppskattningen av fotosyntes och respiration kan få stora konsekvenser för nettoflödet och kan göra ett inflöde till ett utflöde eller tvärtom.

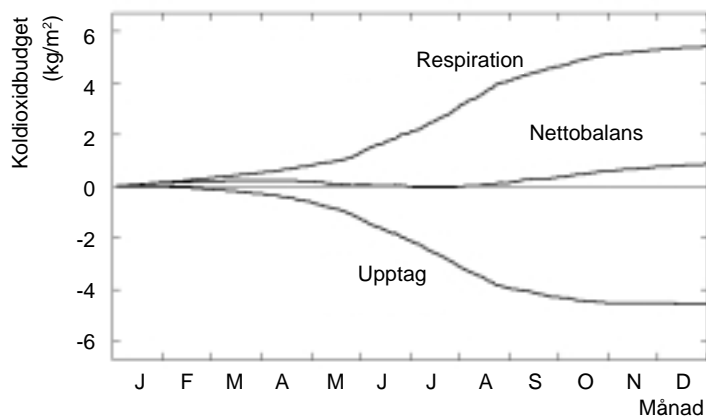
Dikning förklaringen?

När koldioxidutbytet mellan skog och atmosfär ligger så nära jämvikt som i Norunda (figur 3), avgör vädret under året om skogsekosystemet på årsbasis blir en källa eller en sänka.

Mätningarna inne i Norundaskogen visar att träden fotosyntetiserar normalt, medan marken släpper ifrån sig större mängder koldioxid än förväntat. Det är svårt att veta varför, men vi spekulerar i att det beror på att marken dikades för 25 år sedan. En dikning medför att grundvattennivån sänks och att mer kol blir tillgängligt för aerob nedbrytning (isyrefattig miljö). Vid aerob nedbrytning bildas koldioxid, till skillnad från vid anaerob nedbrytning (isyrefattig miljö), där man i stället får metan (jfr. myrar).

Sydliga skogar sväljer mer

Det normala är att skogar, på årsbasis, tar upp mer koldioxid än de ger ifrån sig och på så sätt binder kol i biomassa och mark. På senare tid har man dock, bl.a. i Kanada och Belgien, noterat att skogsekosystem periodvis fungerar som källor för koldioxid. Mätresultaten från ett europeiskt nätverk av stationer (EUROFLUX), där Norunda och



FIGUR 3. Ackumulerade värden av fotosyntes, respiration och nettoflöde av koldioxid under 1995 i Norundaskogen. Nettobalansen, som motsvarar de summerade flödena i figur 2, är den lilla differensen mellan två stora termer:

Flakaliden ingår, tyder på att de sydliga skogarna idag är större kolsänkor än de nordliga. Flera nordliga skogs- och myrekosystem ligger nära en jämvikt mellan upptag och utsläpp av koldioxid, vilket innebär att fotosyntesen och respirationen i stort sett balanserar varandra. Vad det beror på vet vi inte idag. Men vi kan konstatera att vi inte löst gatan med "den saknade sänkan".

Klimatet i framtiden?

Vi påverkas alla av vårt klimat, men vi vet inte vad som händer med klimatet i framtiden. Däremot vet vi att koldioxidhalten i luften ökar på grund av mänsklig verksamhet. Med ökande koldioxidhalt förväntas den globala temperaturen stiga. Vilka andra konsekvenser det får för klimatet är svårt att sja om. Men högre temperatur kan t.ex. leda till ökad avdunstning och därmed mera moln och nederbörd. Eftersom all respiration i skogsekosystem i hög grad är temperaturberoende, förväntas utsläppen av koldioxid från dessa öka med stigande temperatur. Det skulle förstärka den s.k. växthuseffekten. Samtidigt har den stigande temperaturen och den ökande halten av koldioxid i atmosfären en viss gödslande effekt på vegetationen. Koldioxiden blir mer lättillgänglig för träden och många räknar med att nedbrytningen i marken går snabbare vid högre temperatur, så att mängden tillgänglig näring ökar.

Frågan om klimatet i framtiden är komplicerad och skogen utgör utan tvekan en mycket viktig del i spelet mellan jordens klimat och koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. I Sverige förblir sannolikt skogens roll att dels fanga och binda kol, dels ersätta fossila bränslen genom ökad biobränsleanvändning. Skogen får därigenom en dubbelroll som positiv klimatpåverkande faktor. En viktig fråga i sammanhanget är hur det moderna skogsbruket påverkar kolbalansen. Vad betyder t.ex. markberedning ur kolbalanssynpunkt?

En nationell kolbudget

För att få en bra totalbild av skogens roll i klimatsammanhang är det viktigt att upprätta nationella kolbudgetar. För att göra det krävs det

Mäta kolbalanser?

Faktaruta 2

Det finns i princip två sätt att uppskatta nettoutbytet av koldioxid mellan skog och atmosfär. Den ena metoden, förrådsmetoden, innebär att man uppskattar nettoändringar av mängden kol lagrad i den stående biomassan (träden) och i marken. Den andra metoden, flödesmetoden, innebär att man direkt mäter flödet av koldioxid mellan skog (hela skogen eller enskilda träd och marken) och atmosfären. Då förändringar i kolförråden är en långsam process, är det knappast meningsfullt att göra uppskattningar av kollagren oftare än cirka vart tionde år. Förrådsmetoden ger alltså en låg tisuoplösning, dvs. få mätpunkter över tiden och ger inga kunskaper om vilka processer som medverkat till förändringarna i kolförråden.

Till skillnad från förändringarna i kolförråden ändras koldioxidflödena i luften mycket snabbt. Därför krävs att koldioxidflöden mäts med hög tisuoplösning, dvs. flera gånger per sekund – något som går idag men var tekniskt omöjligt för 20 år sedan. Flödesmetoden ger, förutom nettoutbytet av koldioxid, också kunskaper om de processer som kontrollerar koldioxidflödena. Den mätmetod som fått störst betydelse för sådana studier kan på svenska kallas för virvelkorrelation (på engelska: eddy correlation, eddy covariance eller eddy flux). Med ett turbulensinstrument mäter man det totala utbytet av koldioxid mellan skog och atmosfär. Ofta kompletterar man dessa mätningar med mätningar inne i skogsbestånden för att få en uppfattning om trädens respektive markens bidrag till de totala koldioxidflödena. Mer om hur vi tillämpar flödesmetoden finns kortfattat beskrivet i FaktaSkog 2/96.

att vi förstår mekanismerna som avgör om ett skogsekosystem fungerar som en källa eller en sänka. Mot bakgrund av mätningarna i Norunda kan man inte längre ta för givet att skogsekosystemen alltid fungerar som sänkor. Virvelkorrelations-tekniken (faktaruta 2) kan i det här sammanhanget fungera som ett kontrollverktyg. I kombination med mätningar inne i skogar kan vi dessutom använda tekniken för att lära oss mer om hur skogsekosystemen fungerar och hur olika skogsskötselåtgärder påverkar koldioxidflödena.

Vad händer framöver?

De väderrelaterade katastrofer som inträffat under den senaste tiden har gett klimatfrågan ny aktualitet. Många menar att ovädren är en följd av att människan påverkar klimatet. Inom EU sker en stor satsning på forskning inom kol-/klimatområdet under de närmaste tre åren och även nationellt förstärks insatserna. För egen del innebär det att vi kommer att studera fler skogar än hittills och

bl.a. undersöka vilken betydelse skogens ålder har för kolbalansen. Vi kommer att göra mätningar med flygplan för att få en bättre bild av de rumsliga variationerna. Vi kommer också att använda fjärranalys och modeller för att bättre kunna beskriva kolbudgeten för hela Sverige.



Foto: Anders Båth

Ämnesord

boreal skog, klimatförändring, koldioxidflöden, kolbudget

Litteratur

- Morén, A.S. 1996. Biogeofysikern – på tvären i ung vetenskap. *Fakta Skog* nr 2/96
- Schimel, D. S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology* 1:77-91
- Kolbalansen är hämtad från Walker B och Steffen W eds. 1997. *IGBP SCI-ENCEN* No. 1. The terrestrial biosphere and global change: implications for natural and managed ecosystems, A synthesis of GCTE and related research. *Stockholm: IGBP* 31 pp.

På de hemsidor som anges nedan finns mer utförliga litteraturlistor för den som vill läsa vidare.

För detta nummer av Fakta Skog står en grupp biogeofysiker vid SLU och Lunds universitet, som arbetar med kolbalansen i boreala skogar.

I Uppsala arbetar Achim Grelle, Fredrik Lagergren, Mattias Lundblad, Ann-Sofie Morén och Britta Widén. De finns på institutionen för skoglig produktionsekologi vid SLU, Box 7042, 750 07 Uppsala. Telefon 018-67 10 00. E-post fornamn.efternamn@spek.slu.se. Hemsida: <http://www.spek.slu.se/>

Anders Lindroth, Harry Lankreijer, Zinaida Iritz och Melis Mölder arbetar vid institutionen för naturgeografi vid Lunds universitet, Box 118, 221 00 Lund. Telefon 046-222 00 00. E-post fornamn.efternamn@natgeo.lu.se. Hemsida: <http://www.natgeo.lu.se/>

Flöden av koldioxid i luften över Norundaskogen mäts med s.k. turbulensinstrument som registrerar de snabba luft rörelserna och hur halten av koldioxid varierar:

Ansvarig utgivare:

Redaktör:

Internet:

Prenumeration, distribution och lösnummerförsäljning

Pris:

Tryck:

Göran Hallsby, Institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ

Lotta Möller, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: Lotta.Moller@info.slu.se

www.slu.se/forskning/fakta.html

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54/67 35 00

E-post: Inger.Blomstedt@service.slu.se

300 kr + moms

SLU Reproenheten, Uppsala, 2000

ISSN 1400-7789 © SLU

