

GÖRAN ÅGREN • RIITTA HYVÖNEN-OLSSON

## Fungerar kretsloppen om vi använder mera biobränslen?

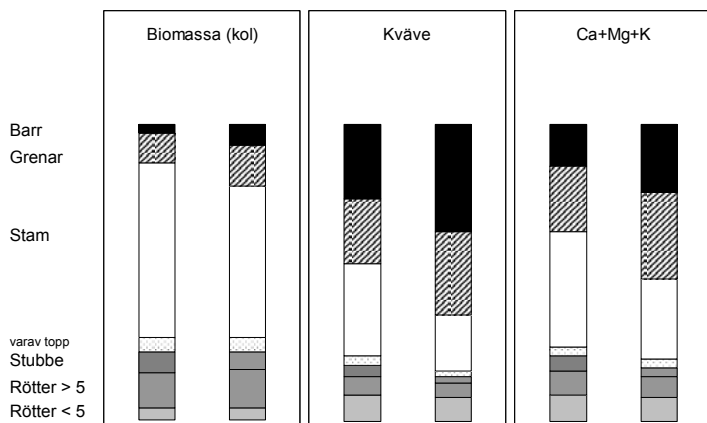
- Biobränslen kan i praktiken betraktas som koldioxidneutrala.
- Vid uttag av biobränslen bör blad och barr lämnas kvar för att minska näringsförlusterna.
- Återföring av vedaska krävs förmodligen för omfattande utnyttjande av biobränslen från skog.
- Upprätthållandet av kretsloppen för viktiga grundämnen är inte vad som kommer att sätta gränserna för hur mycket biobränslen som kan utnyttjas. Det är andra faktorer såsom upprätthållande av biodiversitet, landskapsbild, risk för näringsläckage samt ekonomi.



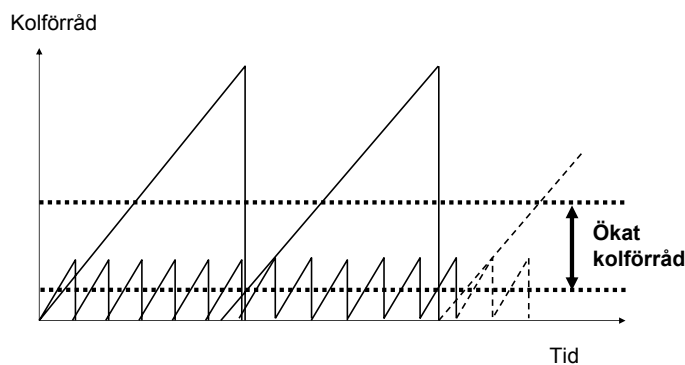
*Upplag av grot (grenar och toppar) efter slutavverkning.*

ett hastigt uppvaknande tycks vara på väg med insikten att tillgången på olja, eller åtminstone tiden med billig olja, snart är slut. Att förbränning av olja och andra fossila bränslen också leder till en ökande koncentration av koldioxid i atmosfären med stora risker för oönskade klimatförändringar är också accepterat av nästan alla. Som bot mot båda problemen föreslås ofta bibränslen i olika former. Men vad händer om vi går över till en storskalig användning av bibränslen? Då och då dyker påståendet upp att även bibränslen leder till mera koldioxid i atmosfären. Eller är bibränslen koldioxidneutrala i den meningen att bibränslen bara cirkulerar kol utan att öka koldioxidhalten i atmosfären? Hur påverkas kretsloppen av andra viktiga grundämnen som kväve, kalium, kalcium och magnesium?

Vi bör hålla isär kretsloppen för tre grupper av ämnen eftersom de påverkas olika vid ökad användning av bibränslen: kol, kväve och baskatjoner (kalium, kalcium och magnesium). Figur 1 visar hur de här tre grupperna av ämnen fördelar sig mellan olika biomassakomponenter i tall respektive gran när respektive trädslag närmar sig tiden för slutavverkning. Fram till ganska nyligen tog man vid avverkning bara hand om en del av stammen (inte toppen) för användning som timmer och massa. Som framgår av Figur 1 innebär det att man vid slutavverkningar



FIGUR 1. Fördelning av biomassa (kol), kväve och baskatjoner (kalcium, magnesium, kalium) på olika biomassakomponenter i avverkningsmogna tallar (v) och granar (h).



FIGUR 2. Kolförråd i energiskog (høga kurvor) jämfört med kolförråd i en jordbruksgröda. De prickade linjerna utvisar de genomsnittliga förråden för många bestånd av olika åldrar.

hittills bara har tagit tillvara drygt hälften av den biomassa som kan skördas. Barr, grenar, topp och eventuellt stubbe och en del grövre rötter har därför sedan några år tillbaka blivit intressanta som energiråvara. År 2004 var utnyttjandet av stamved 85 miljoner m<sup>3</sup> med ett energiinnehåll av 200 TWh, vilket är strax under energitillförseln från fossila bränslen (244 TWh år 2005). Om det finns nästan lika mycket biomassa till att hämta så är det en avsevärd energipotential som hittills inte tillvaratagits. Vi skall i detta Fakta Skog visa att vi i praktiken skall betrakta biobränslen som koldioxidneutrala och att påverkan på övriga kretslopp bör kunna hållas inom rimliga gränser.

### Kolets kretslopp

Biobränslen kan produceras på framförallt två sätt. Det kan vara olika energigrödor (raps och rörfen) som skördas varje år eller energiskog som skördas med 5–10 års intervaller. I båda dessa fall ersätter biobränslen nästan alltid jordbruksgrödor som skördas och konsumeras under året. Det andra alternativet är att mera biomassa tas ut ur skog i samband med gallringar eller slutavverkningar (skogsenergi). Ur koldioxidsynpunkt fungerar de här två alternativen olika och vi skall därför diskutera dem separat.

### Biobränslen från åkermark

Om vi odlar energiskog så startar vi från en kal markyta och låter energiskogen växa under ett antal år. Under den tiden byggs det upp ett kolförråd i biomassan genom att energiskogen via fotosyntes hämtar koldioxid ur atmosfären. Vi skördar sedan biomassan, men efter skörd låter vi en ny energiskog växa upp, och så vidare. Det här förloppet illustreras i Figur 2 som visar hur kolförrådet i en energiskog kommer att variera mycket mellan skördar. Men eftersom vi kommer att ha många energiskogar och eftersom vi skördar dessa vid olika tidpunkter så kommer kolförrådet för alla dessa att bli ett medelvärde av energiskogar av olika åldrar. Kolförrådet i dessa energiskogar skall nu jämföras med en alternativ användning av samma mark. Eftersom energiskog i allmänhet odlas på tidigare jordbruksmark så är alternativet en gröda som skördas varje år (Figur 2). I genomsnitt har en sådan gröda ett betydligt lägre kolförråd. Att plantera energiskog istället för jordbruksgrödor betyder därför att vi bygger upp ett kolförråd i växter på den här marken och detta kolförråd kommer

från atmosfärens koldioxid. Energiskog är därför inte koldioxidneutral utan minskar faktiskt koldioxidhalten i atmosfären. Skall vi vara noggranna så måste vi ta hänsyn till hur mycket skörderester liksom döda växtdelar (blad, rötter mm) som lämnas kvar från olika grödor eftersom dessa bidrar till kolförrådet i marken. Detta kommer att variera avsevärt mellan olika brukningsformer, men kommer inte att förändra bilden av att energiskog bör betraktas som minst koldioxidneutral.

Om vi istället för energiskog använder energigrödor som skördas varje år, ja då blir skillnaden mot andra jordbruksgrödor ingen alls.

### **Biobränslen från skogsmark**

I de fall vi hämtar biobränslen från skogen genom att använda hyggesrester som hittills har lämnats kvar så är situationen annorlunda, eftersom vi nu måste jämföra två andra system: ett där vi lämnar hyggesrester kvar och ett där vi tar bort hyggesrester. Hur det här fungerar illustrerar vi i Figur 3. Vi utgår från tiden precis efter ett hygge. Då finns inga träd men däremot en massa kol i marken, både sådant som härrör från tidigare skogsbestånd och som funnits där länge och sådant som är hyggesrester från det just upptagna hygget. Det tar tid innan de nyplanterade träden bidrar särskilt mycket till ekosystemets kolförråd. Under tiden försvinner kol ur marken genom att bakterier och svampar i marken (nedbrytare) konsumerar det organiska materialet.

Förlusten av kol från marken är större när vi lämnat hyggesrester eftersom där finns mera mat för nedbrytarna. Så småningom har träden blivit stora och träddeklar (blad, grenar, och inte minst rötter) börjar dö och blir förna som fyller på markens förråd av kol. Så småningom minskar förlusterna av kol från marken eftersom förrådet minskat på grund av nedbrytningen. Samtidigt har tillförseln av kol från trädens förnaproduktion ökat, och kolförrådet i marken börjar åter stiga. När så lång tid har gått att skogen är mogen för en ny slutavverkning, 75–100 år efter den föregående, så skiljer sig inte kolförråden i mark och ekosystem mellan de två system där vi tog ut hyggesresterna respektive inte gjorde det.

Att vi i slutänden inte har någon effekt av ett ökat uttag av hyggesrester beror förstås på att under så lång tid som en skogs omloppstid hinner de hyggesrester som lämnades kvar i stort sett brytas ner helt och hållet. Däremot har vi ju under

större delen av omloppstiden ett mindre kolförråd i de skogar där vi tar ut hyggesresterna. Eftersom vi nu återigen inte skall se till bara en enda skog utan tänker oss att vi tar ut mera hyggesrester från många olika skogar, kommer vi efter en tid att ha skogar av alla tänkbara åldrar. Den minskning av skogens kolförråd som vi skall ta hänsyn till blir då ett medelvärde av minskningen i en viss skog.

I motsats till energiskog på åkermark så leder således skogsenergi till en minskning av kolförrådet i skogecosystemet och en motsvarande ökning av atmosfärens koldioxidhalt. Frågan är dock: Är detta en stor eller liten förändring? För att göra det tydligt har vi valt ett extremfall: vi tar ut alla grenar och toppar (grot) i samband med alla slutavverkningar. Om vi gör detta under 150 år i Sverige uppskattar vi att skogsmarkens kolförråd minskar med 0,34 Tg (C) per år. Det här skall jämföras med att vi samtidigt får ut 11 Tg (C) per år extra från skogen att använda som bränsle och som kan ersätta en stor del av de ca 16 Tg (C) per år som emitteras från förbränning av fossila bränslen. Kolförrådet i svenska skogsmarker uppskattas också till ungefär 1700 Tg (C). Ett varmare klimat med 4 °C inom det närmsta seklet, vilket är ett rimligt scenario med nuvarande storlek på utsläppen av koldioxid från fossila bränslen, kommer också att påverka skogsmarkens kolförråd eftersom nedbrytarna arbetar snabbare när temperaturen går upp. Förlusterna av kol under motsvarande period på 150 år uppskattar vi då till ungefär 0,9 Tg (C) per år, dvs. nästan tre gånger så mycket som förlusterna på grund av grotanvändning. Slutsatsen är att även om ett ökat uttag av hyggesrester leder till en minskning av skogens kolförråd, så är minskningen så liten och vinsterna så stora att ökad användning av skogsenergi inom rimliga gränser kan betraktas som koldioxidneutral.

### **Kvävets kretslopp**

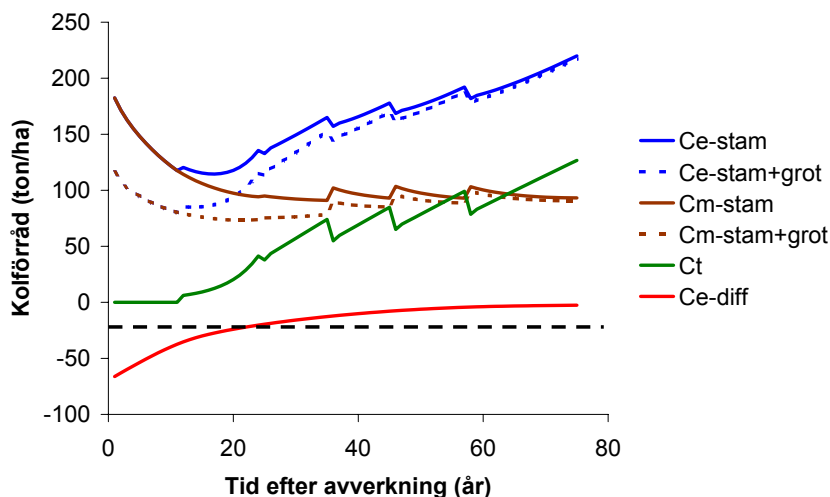
När vi för bort kväve genom skörd av både energiskog och skogsenergi så kanske vi bryter kretsloppet för detta kväve eftersom vi saknar metoder att återvinna det. Kvävet kan försvinna som kväveoxider och kommer i så fall tillbaka i kretsloppet som salpetersyra i surt regn. Kretsloppet upprätthålls men förmodligen kommer inte kvävet tillbaka på det ställe där det hämtades, och risken finns att det landar där det inte är önskvärt. Alternativt har vi god rökgasrening och då återgår kvä-

vet till kvävgas ( $N_2$ ) och är helt ofarligt men förlorat för biologisk aktivitet. Som framgår av Figur 1 så har bortförseln av kväve inte varit så stor så länge som vi bara använt stamved. De kväveförlusterna har kompensats av kvävefixerare i skogen och ett måttligt nedfall av kväve. Figur 1 visar emellertid en del av lösningen. De stora mängderna kväve finns i barr, medan barr bara utgör en liten del av biomassan. Kan vi därför lämna barren kvar så kan påverkan minskas avsevärt. Samma sak gäller om vi skördar energiskog; bladen skall lämnas kvar.

För att inte skogens produktion på lång sikt skall sjunka så kan det bli nödvändigt med en viss kvävegödsling, åtminstone i de delar av landet som inte har en hög kvävedeposition. Energiskog med sin kortare omloppstid behöver förmodligen alltid kvävegödsling. Det är ju väl känt att framställning av kvävegödsel är energikrävande. Kommer då inte behovet av gödselmedel att förbruka den energi som utvinns från skogsbränslet? Energiinnehållet i 1 ton ved är ungefär 5 MWh och 1 ton ved innehåller 1–4 kg kväve beroende på om den kommer från skogsenergi eller energiskog. Framställning och transporter av 1 kg kväve i kvävegödsel kräver ungefär 12 kWh. En insats av 1 kg kvävegödsel (12 kWh) ger således i utbyte 1–5 MWh. Energiutbytet av gödsling är därför mycket stort.

### **Basketjoner**

Vid ett ökat uttag av biomassa ur skog så kommer även basketjoner att transporteras bort. Det skulle kunna bli ett problem eftersom förlusten av basketjoner redan med bara nuvarande stamvedsuttag balanserar på gränsen till vad som kan ersättas genom vittring. Även i det här fallet gäller att lämna kvar barr och blad men effekten är inte lika stor som när det gällde kväve eftersom en större del av basketjonerna finns i veddeklar. Till skillnad från vad som är fallet med kväve förlorar vi inte basketjonerna vid energiframställning utan de finns kvar i askan som bildas vid förbränning eller i andra restprodukter. Det finns idag ganska många försök där aska från förbränning av ved har spritts ut i skog och dessa försök visar att återföring av aska är tekniskt möjlig och att den inte behöver leda till några allvarliga miljökonsekvenser.



FIGUR 3. Kolförråd i skogsekosystem (Ce), fördelat på träd (Ct) och mark (Cm), i bestånd där antingen enbart stamved (stam) eller stamved samt grenar och toppar (stam+grot) tagits ut vid slutavverkning. Kolförrådet i marken består dels av gammalt kol som finns sedan tidigare skogs-generationer, dels av nytt kol som kommer från avverkningsrester och sådant som kommer i form av förna från det stående beståndet. De små hacken i kurvorna visar effekter av röjningar och gallringar. Ce-diff visar skillnaden i kolförråd mellan ett ekosystem där grenar och toppar tagits ut vid slutavverkning och ett där de lämnats kvar. Den streckade horisontella linjen visar den genomsnittliga minskningen av kolförrådet för bestånd av många åldrar (-17 ton/ha).



Energiskog. Längst bak 20-åriga popplar. I mitten 2-årig salix. Längst fram jordbruksmark på våren.

### Ämnesord

Kolbalans, näringsförluster, biobränslen, kretslopp, aska

### Läs mer

- Akselsson, C. and Westling, O. 2005. Regionalized nitrogen budgets in forest soils for different deposition and forestry scenarios in Sweden. *Global Ecology and Biogeography* 14: 85-95.
- Arvidsson, H. 2001. Wood ash application in spruce stands. Effects on ground vegetation, tree nutrient status and soil chemistry. Doktorsavhandling. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 221.
- Ågren, G.I. & Hyvönen, R. 2003. Changes in carbon stores in Swedish forest soils due to increased biomass harvest and increased temperatures analysed with a semi-empirical model. *Forest Ecology and Management* 174: 25-37.

### Författare



Göran Ågren är professor och Riitta Hyvönen-Olsson är forskare vid SLU:s institution för ekologi och miljövärd Box 7072, 750 07 Uppsala.  
Tel: 018-67 24 49; 018-67 34 19  
E-post: Goran.Agren@com.slu.se  
Riitta.Hyvonen@com.slu.se

### Fakta Skog – Om forskning vid Sveriges lantbruksuniversitet

**Redaktör:** Göran Sjöberg, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 Umeå  
090-786 82 96 • Goran.Sjoberg@adm.slu.se

**Ansvarig utgivare:** Jan-Erik Hällgren, 090-786 82 38 • Jan-Erik.Hallgren@sfak.slu.se

**Webb:** www.slu.se/?id=142

**Prenumeration:** 15 nummer per år för 340 kronor + moms.

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07, Uppsala, 018-67 11 00 • Publikationstjanst@slu.se

Elanders Tofters AB, Uppsala 2006

ISSN 1400-7789 © SLU



Universitetet som utbildar  
och forskar för livet