



Hur påverkas markens kolförråd av stubbskörd?

Bengt A Olsson (SLU, Uppsala), Monika Strömgren (SLU, Uppsala), Riitta Hyvönen (SLU, Uppsala), Achim Grelle (SLU, Uppsala), Michael Freeman (SLU, Uppsala), Gustaf Egnell (SLU, Umeå) och Tryggve Persson (SLU, Uppsala)

Skörd av stubbar och grovrötter minskar det totala förrådet av kol i marken, men i takt med att de kvarvarande stubbarna och rötterna bryts ned, minskar skillnaden mellan stubbskördade och icke stubbskördade hyggen. Modellstudier indikerar att stubbskörd även på sikt kan leda till en viss minskning av markens kolförråd, men de flesta empiriska studier på välodränerad fastmark har inte kunnat visa på någon skillnad i markens kolförråd mellan stubbskörd och maskinell markberedning på längre sikt (35 år). Däremot finns belägg för att stubbskörd leder till att kolförrådet kan omfördelas från markens humusskikt till djupare liggande skikt.

Skogsmarkens förråd av kol bundet i dött organiskt material är resultatet av två processer som balanserar varandra – å ena sidan tillförsel av organiskt material från bland annat döda barr, rötter, vedartad förna och svamphyfer och å andra sidan nedbrytning. Nästan hela förrådet av kol ligger i form av organiska humusföreningar i varierande grad av förmultning och ålder – från årgammal förna till många sekler gamla humusrester. Skogsmarkens kväveförråd består till allra största delen av kväve som är organiskt bundet till kolet.

Sett i ett globalt perspektiv är markens kolförråd betydande, och en förlust av markens hela kolförråd skulle innebära en betydande ökning av atmosfärens koldioxidhalt. Samtidigt är en kontinuerlig omsättning av markkolet nödvändig för att frigöra den näring som finns bunden i organiskt material, vilket är en förutsättning för växtproduktion och därmed tillförsel av nytt kol till marken.

Poängen med att använda biobränslen, som stub-

bar och andra rester från skogsbruket, i stället för fossila bränslen, är att dessa skörderester avger koldioxid även om de lämnas kvar på hygget. Skillnaden är att koldioxidutsläppet sker momentant vid förbränning men långsamt från skörderesterna i naturen. Den förväntade effekten är att markens kolförråd (och kväveförråd) minskar något efter skörd av grot och stubbar, helt enkelt därför att ju mer organisk substans vi skördar, desto mindre finns kvar. Man har visat med modeller att då man börjar skörda stubbar i ett landskap med skogar i olika åldrar minskar de sammanlagda kolförråden i marken något till en början, men minskningen stannar av med tiden och en ny jämvikt uppstår (Eliasson m fl 2013).

Många fältförsök

Flera projekt inom Tema stubbar har undersökt effekten av stubbskörd på markens kolförråd, och det finns resultat från tidigare studier som har gett vissa svar. Studierna kan delas in efter typ av försök och försöksålder. Nya försök har startats sedan 2012 på 14 olika platser i Sverige för att jämföra effekten av stubbskörd med markberedning. Vi har också undersökt två serier med fältförsök med stubb- och grottskörd i olika kombinationer som startades i slutet av 1970- och början på 1980-talet. Det finns också studier av stubbskörd i praktisk verksamhet. I mellersta Finland började man skörda stubbar i större skala i början på 2000-talet, och studier på dessa lokaler har gett oss inblick i effekterna på ett decenniums sikt.

Referenssituationen viktig

Frågan som ställs i rubriken, d v s hur markens kolförråd påverkas av stubbskörd, kan bara besvaras som en jämförelse med en referenssituation. Den jämförelse som är mest realistisk i dagens skogsbruk är med hyggen där grot men inte stubbar skördas, och som markbereds maskinellt. Att skörda stubbar och lämna kvar grot är inte realistiskt, men förekommer i fältförsök.

Poängen med att använda biobränslen som stubbar, istället för fossila bränslen, är att stubbarna avger koldioxid även om de lämnas kvar på hygget.

Inga betydande effekter av stubbskörd

Nyanlagda försök

Om man bortser från kolet i stubbar och rötter, så har vi inte sett någon omedelbar effekt av stubbskörd på markens kolförråd i de nyanlagda försöken. En kortsiktig effekt på detta förråd i kilo kol per hektar borde inte heller uppstå, men stubbskörd skulle kunna resultera i en omlagring, med mindre förråd av kol vid markytan och större förråd djupare ner i marken. I de nya försöken fanns en tendens till att kolhalten (procent kol av torrvikten) var lägre i humusskiktet och högre i mineraljorden efter stubbskörd, men skillnaden var inte statistiskt säkerställd (Fig. 1).

10-åriga försök i Finland

På tioåriga markberedda hyggen i Finland gick det inte heller att se någon statistiskt säkerställd skillnad i markens kolförråd mellan hyggen med och utan stubbskörd. Medelvärdena var dock lägre på stubbskördade hyggen, vilket antydde en möjlig svag effekt (Hyvönen m fl 2016). I likhet med studien i svenska nyanlagda försök definierades markkolet här som det kol som fanns fördelat i jorden.

25-åriga försök

I en studie av fyra 25-åriga fältförsök var förråden av kol i markens översta skikt och de totala förråden i både mark och biomassa mindre på ytor med stubbskörd och grotuttag jämfört med ytor med enbart stamvedsuttag (och utan maskinell markberedning) (Strömngren m fl 2013). Det fanns ingen skillnad i det totala förrådet



Det finns inget stöd från fältexperiment för att stubbskörd skulle leda till betydande förluster av kol i marken. Det talar för att stubbar som bränsle har bra egenskaper ur ett växthusgasperspektiv.

mellan ytor med enbart stamvedsuttag och ytor med stam- och stubbskörd men med kvarlämnad grot.

20-30 åriga försök i Norduppland-Gästrikland

Under 1970- och 1980-talet bröts stubbar i Gästrikland och Norduppland för att förse massfabriken i Mackmyra utanför Gävle med råvara. En jämförelse av kolförrådet i stubbskördade ytor och ytor med vanlig markberedning gjordes 20-30 år efter stubbskörd av Persson m fl (2017). Inte heller där kunde man belägga någon skillnad i kol- och kvävförrådet i markprofilen som helhet, men på de stubbskördade ytorna var kolmängden i humusskiktet signifikant mindre än på de markberedda ytorna. Omvänt fanns en tendens till mer kol lite längre ned i marken på de stubbskördade ytorna, något som visar att stubbskörd ger en ökad omblandning av markskikten jämfört med markberedning.

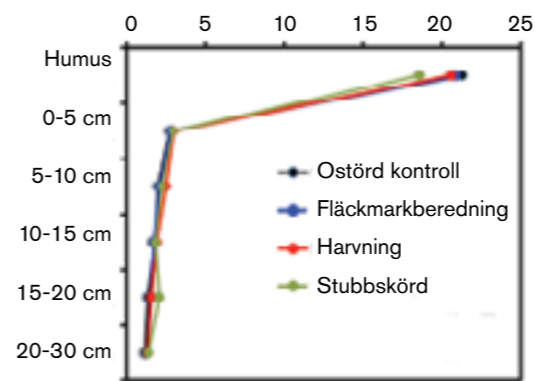
Kardells 35-åriga försök

De mest långsiktiga effekterna av stubbskörd – ca 35 år – har vi kunnat analysera genom studier av Lars Kardells fältförsök som etablerades i slutet på 1970-talet. Försöksserien jämförde effekten av grotuttag och stubbskörd var för sig och i kombination, och i alla försöksled gjordes en maskinell markberedning (Jurevics m fl 2016). Vi fann inte några signifikanta effekter av stubbskörd på markens totala kolförråd (här var också kolet i stubbar och grovrötter inräknat). I samma långtidsförsök fann Olsson & Strömngren (2016) att kolhalten i humusskiktet var statistiskt signifikant lägre efter stubb- och grotuttag jämfört med enbart stamkörd, vilket kan tolkas som en högre inblandning av mineraljord i humusskiktet orsakad av markstörningen (Fig. 1).

Försök med djup markberedning

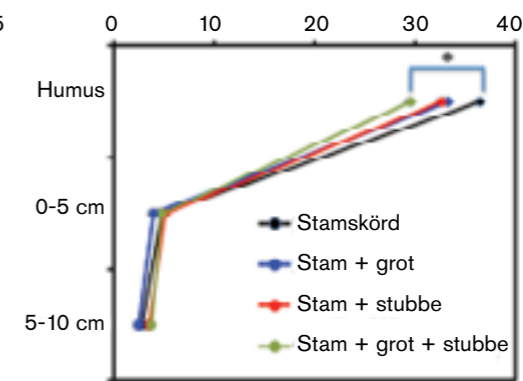
I slutet på 1980-talet startade Örlander m fl (2002) två försök, ett i Västerbotten och ett i Småland, med stubbskörd i kombination med djup markberedning med en plog. Hela markprofilen ner till 50 cm vändes om fullständigt. Ingreppet jämfördes med enbart stamvedsuttag och manuell fläckmarkberedning. Drygt 20 år efter behandlingarna observerades signifikant lägre kol- och kvävförråd i marken i det norrländska försöket, men inte i det småländska. På den senare lokalen var trädutväxten högre efter stubbskörd och markberedning, och den högre tillväxten gav en högre förnäringsproduktion som delvis hade kompenserat den negativa effekten av markberedning och stubbskörd på kol- och kvävförråden i marken (Egnell m fl 2015). Markberedningen i försöket påverkade djupare marklager och omfattade hela markytan, vilket inte är fallet med konventionella metoder. Försöket kan därför betraktas som en extrem behandling med vetenskapligt värde, men det avspeglar inte effekten av kon-

Kolhalt (C %)



Efter 1 år (nya försök)

Kolhalt (C %)



Efter ca 35 år (Kardells försök)

* = statistisk signifikant skillnad

Figur 1. Kolhalten i marken (% C av torrvikten) ca 1 år (vänster) och 35 år (höger) efter olika markbehandling och biomassaskörd. Data från två olika försöksserier. I de nya försöken skördades först grot i alla försöksled, och sedan jämfördes stubbskörd med olika markberedningsalternativ. I den äldre försöksserien, etablerad av Lars Kardell i slutet av 1970-talet, jämfördes olika skördeuttag (alla försöksled markbereddes). Den enda statistiskt säkerställda skillnaden (*) fanns i humusskiktet efter ca 35 år (Olsson & Strömngren 2016).

ventionell markberedning. Dessutom resulterade markberedningen i ett högre kolförråd i trädbiomassan, varför det totala kolförrådet i mark och biomassa inte skilde sig åt mellan behandlingarna. Detta visar kopplingen mellan markkolomsättning, näringsfrigörelse och trädutväxt. En viktig lärdom här är att man inte kan dra några slutsatser om klimatpåverkan genom att studera kolförråden enbart i mark eller enbart i bestånd.

Kväve bestämmer kolupplagringen på lång sikt

Det finns flera tänkbara förklaringar till varför stubbskörd inte har påverkat markens kolförråd i våra fältstudier. Det kan finnas små men sanna effekter som är svåra att upptäcka i fältförsök därför att de maskeras av andra faktorer och naturlig variation. Å andra sidan har vi med samma metoder upptäckt långsiktiga effekter av andra skogsbruksåtgärder på kolförråden, t ex gödsling, trädslagsval och grotuttag. Detta pekar på att effekterna av stubbskörd inte kan vara särskilt betydande.

På lång sikt bestäms uppbyggnaden av kol i marken i hög grad av skogstillväxten som i sin tur är starkt beroende av tillgången på kväve. Mindre skogsproduktion ger generellt mindre kolupplagring. Olika fältförsök har visat att grotuttag vid framför allt gallring men även slutavverkning ger minskad skogstillväxt, och kvävetaget i grot är den mest troliga förklaringen till detta (Egnell 2016). Stubbskörd påverkar däremot inte skogstillväxten negativt, den kan tvärtom ge en svagt positiv effekt (t ex Jurevics m fl 2016). De relativt ringa kväveförlusterna vid stubbskörd kan vara en bidragande orsak till detta. Det betyder att stubbskörd inte påverkar den

långsiktiga kolinlagringen i marken genom förändrad skogstillväxt och förnäringsproduktion.

En annan viktig förklaring är att undersökningar av koldioxidutsläppen från marken i de nya försöken inte har gett stöd till hypotesen att markstörning ökar nedbrytningen av markens organiska material. Resultaten pekar snarare på det motsatta förhållandet (Strömngren m fl 2016).

Är stubbar bra som bränsle om man ser till kolomsättningen i marken?

Modellstudier har demonstrerat att det är högst troligt att stubbskörd kan leda till en viss minskning av markens kolförråd (t ex Melin m fl 2009; Eliasson m fl 2013). Men de flesta empiriska studier av stubbskörd på väl-dränerad fastmark i Sverige och Finland har inte kunnat visa några sådana effekter på markens kolförråd om jämförelsen är maskinell markberedning. Det finns därför inget starkt stöd från fältexperiment för att enbart stubbskörd skulle leda till några större förluster av kol i marken. Diskrepansen mellan modell och empiri kan bland annat förklaras med att det är svårt att mäta små kolförrådsändringar i skogsmark, där variationen mellan olika provtagningspunkter normalt är mycket stor.

Modellerna är å andra sidan ofta konstruerade för att svara på generella frågor snarare än att ge precisa förutsägelser. Värderingen av stubbar som bränsle ur ett växthusgasperspektiv måste bygga på kunskap om hur kolomsättningen påverkas i olika skalor i tid och rum. Om man enbart ser till effekterna av stubbskörd på markens kolförråd visar de empiriska studierna att stubbar är ett bra bränsle ur detta perspektiv.