Skogssällskapet

Slutrapport

Projektrubrik: Hur påverkar markberedning kol- och kväveförråd i mark och biomassa efter 15-20 år?

Huvudsökande: =Monika Strömgren

Projektets löptid: =2023-01-01 - 2022-12-31

Populärvetenskaplig sammanfattning

Hur påverkas skogens kolbalans av markberedning och av kvävegödsling i det föregående beståndet? Vi har mätt hela skogsekosystemets kol- och kväveförråd i två långliggande fältförsök, 165 Hagfors och 132 Nissafors. Mätningarna gjordes 17 år efter markberedning och plantering, och 20 år eller mer efter senaste gödsling.

Försöken är ursprungligen anlagda omkring 1980 för att undersöka tillväxteffekter av gödsling på provytor med olika gödslingsbehandlingar. Under nära 40 år tillfördes kväve med olika interva ll beroende på behandling i Hagfors, där vi i den här studien undersökte fyra behandlingar (motsvarande totalt 0, 450, 900 och 1800 kg kväve per hektar). I Nissafors undersöktes två behandlingar, dels en gödslad där totalt 450 kg kväve per hektar tillförts under 13 år, dels en ogödslad referens. Båda försöken slutavverkades 2006 och provytorna delades sedan på hälften. Ena halvan harvades medan den andra halvan lämnades utan markberedning innan plantering. Sjutton år senare mätte och uppskattade vi kol- och kvävemängder i träd, markvegetation och mark.

Våra resultat visar att markberedningen gav omkring 50 % större kolförråd i träden jämfört med på ytor som inte markberetts. Detta berodde både på en bättre plantetablering och högre tillväxt hos träden. Däremot kunde vi inte påvisa någon minskning av marke ns totala kolförråd 17 år efter markberedning. Mängden kol i det översta humuslagret var lägre på markberedda ytor, men detta kompenserades av ett högre kolförråd i mineraljorden. Detta visar på en omfördeln ing av kol i marken efter markberedning snarare än en nettoförlust.

När alla kolförråd summerades var hela ekosystemets kolförråd större på markberedda ytor än på ytor som inte markberetts i Nissafors. Liknande tendens kunde ses i Hagfors även om skillnaden inte var statistiskt signifikant där. Markens kolförråd utgjorde d en största andelen av det totala kolförrådet, men eftersom trädens andel ökar då träden blir äldre kan skillnader mellan behandlingar på ekosystemnivå bli tydligare över tid.

Vi fann inte några effekter av den tidigare kvävegödslingen på kol- eller kväveförråden i mark, träd eller hela ekosystemet. Effekterna på markens svampsamhällen var generellt små. För ektomykorrhizasvampar observerades vissa skillnader i diversitet mellan enskilda b ehandlingar, men något tydligt generellt mönster saknades.

Sammanfattningsvis visar studien att markberedning ökade trädens kolinlagring utan att minska markens kolförråd på längre sikt, och att effekter av kvävegödsling i det tidigare beståndet inte tyck s vara bestående efter etablering av en ny skogsgeneration

Resultat

Hur påverkas skogens kolbalans av markberedning och av kvävegödsling i det föregående beståndet? I två långliggande fältförsök 165 Hagfors och 132 Nissafors har kol- och kväveförråd i hela ekosystemet undersökts 17 år efter markberedning och plantering, samt minst 20 år efter senaste gödsling.

I Hagfors anlades 1981 ett gödslingsförsök, där provytor gödslades med 150 kg kväve per hektar med olika tidsintervall. Totalt tillfördes mellan 450 och 1800 kg kväve per hektar beroende på behandling under nära 40 år. I Nissafors anlades ett liknande gödslingsförsök 1977, men med endast en gödslingsbehandling där motsvarande 450 kg kväve per hektar tillfördes fram till 1989. I båda försöken fanns även ogödslade referensytor.
Bestånden i båda försöken slutavverkades 2006. Därefter delades varje provyta i två halvor, där den ena harvades, medan andra lämnades utan markberedning före plantering. Sjutton år senare inventerades träd och markvegetation, och markprov togs för att bestämma kol- och kväveförråd ned till 20 cm djup i mineraljorden relativt läget på den ursprungliga mineraljordsytan.

Markberedning ökade trädens kolförråd utan att minska kolförrådet i marken

Kolförrådet i trädbiomassan var cirka 50 % större på markberedda ytor än ytor som inte markberetts (Figur 1). Detta berodde både på bättre plantetablering och högre tillväxt. Däremot kunde ingen minskning av markens totala kolförråd påvisas. Kolförrådet i humuslagret överst i markprofilen var lägre på markberedda ytor, men detta kompenserades av ett högre kolförråd i mineraljorden, vilket visar på en omfördelning av kol i markprofilen snarare än en nettoförlust.

Markvegetationens kolförråd påverkades också av markberedning, men responsen skilde sig mellan försökslokalerna. I Hagfors var kolförrådet i markvegetationen störst på harvade ytor, medan motsatt mönster observerades i Nissafors. Dessa förråd var dock små i relation till övriga kolpooler och hade därför liten betydelse för ekosystemets totala kolförråd.

Det totala kolförrådet i ekosystemet var större på markberedda än på ytor som inte markberetts, men skillnaden var endast statistiskt signifikant i Nissafors. I båda försöken utgjorde markens kolförråd den största andelen av ekosystemets kolförråd (70–80 %), medan resten fanns framför allt i trädbiomassan. Eftersom trädens andel ökar över beståndsåldern kan skillnader mellan behandlingar på ekosystemnivå bli tydligare över tid.

Kväveförråden i ekosystemet med dess olika delar visade samma mönster som kolförråden.

Inga kvarstående effekter av tidigare gödsling

Tidigare studier har visat att kvävegödsling kan öka skogens kolinlagring, både genom ökad tillväxt och ökad kolinlagring i marken. Hur långvariga dessa effekter är har dock varit oklart. I försöken kunde inga signifikanta skillnader i markens kol- eller kväveförråd kopplas till gödsling, varken före slutavverkning (Ring et al. 2011) eller i de nu 17-åriga bestånden. Inte heller i trädbiomassan eller i hela ekosystemets förråd kunde några gödslingseffekter påvisas. För markvegetationen förekom vissa skillnader mellan gödslingsbehandlingar, men mönstren var otydliga och förråden mycket små.

Små och otydliga effekter på svampsamhällen

Svampar spelar en central roll i skogens näringsomsättning och kolbalans. I Hagfors och Nissafors

analyserades markens svampsamhällen med DNA-baserade metoder, där svamparna beskrevs som OTU:er (artliknande DNA-grupper). Sjutton år efter markberedning och plantering kunde inga generella effekter av vare sig markberedning eller tidigare gödsling påvisas för svamparnas förekomst eller artrikedom.

För ektomykorrhizasvampar observerades i Hagfors högst diversitet på ogödslade ytor som inte markberetts. Skillnaden var statistiskt signifikant jämfört med vissa gödslade behandlingar, men mönstret var inte konsekvent och återfanns inte i Nissafors. Sammantaget saknas ett tydligt samband mellan behandlingarna och svampsamhällets diversitet.

Sammanfattningsvis visar resultaten att markberedning ökade trädens kolinlagring utan att minska markens kol- och kväveförråd, medan kvävegödsling i det föregående beståndet inte gav några långvariga effekter. Effekterna på markens svampsamhällen var små och otydliga.

Målbeskrivning

Projektets mål var att i två långliggande fältförsök undersöka hur gödsling i föregående bestånd och markberedning genom harvning påverkade kol- och kväveförråden i mark (ned till 20 cm djup i mineraljorden), markvegetation, trädbiomassa samt på ekosystemnivå 17 år efter markberedning. Ett ytterligare mål var att undersöka om dessa behandlingar gav långsiktiga effekter på sammansättning och diversitet hos mykorrhizasvampar, baserat på DNA-sekvensering.

Projektets mål har uppnåtts. Samtliga planerade mätningar och analyser av kol- och kväveförråd i mark, vegetation och trädbiomassa har genomförts, liksom analyser av markens svampsamhällen. Resultaten möjliggör en samlad bedömning av behandlingseffekter på ekosystemets kol- och kvävebalans 17 år efter markberedning i de båda försöken.

Projektet tog längre tid att genomföra än ursprungligen planerat, främst på grund av praktiska utmaningar i fältarbetet. I Hagfors visade det sig svårt att genomföra fullständig markprovtagning ned till 20 cm djup i mineraljorden på grund av mycket stenig mark. Provtagningen och analysmetodiken behövde därför anpassas, och kol- och kväveförråd i intervallet 10–20 cm skattades utifrån ett mer begränsat underlag. I Nissafors, där marken utgjordes av sedimentjordar, kunde provtagningen genomföras enligt plan.

Dessa avvikelser bedöms inte ha påverkat projektets övergripande måluppfyllelse eller slutsatser, men bidrog till en förlängd genomförandetid jämfört med den ursprungliga aktivitets- och tidsplanen.

Det ekonomiska utfallet för projektet skiljer sig något från budget. Kostnader för köpta tjänster blev ca 100 000 kr högre än beräknat. Det berodde dels på att kostnaderna för DNA-sekvenseringen blev högre än beräknat (ca 40 000 kr mer), dels att en forskare inom projektet slutade på Skogforsk under projektets gång och därefter ersattes som konsult under sista perioden (60 000 kr). Det senare är också en förklaring till att lönekostnader blev lägre i motsvarande storleksordning. Även posten för kommunikation blev ca 30 000 kr lägre än normalt. Det beror på att kostnaden för att publicera ”open access” kommer att hamna utanför projektettiden då det inskickade manuset inte har hunnit bli godkänt för vetenskaplig publicering än.

Kommunikation och nyttiggörande av resultat

Projektets resultat har kommunicerats både vetenskapligt och populärvetenskapligt samt genom riktade aktiviteter mot skogsbrukets aktörer och en bredare allmänhet.

Resultaten har sammanställts i ett vetenskapligt manus som skickades för granskning till Forest Ecology and Management i januari 2026. Parallellt har en svensk populärvetenskaplig sammanfattning tagits fram, med planerad publicering som kunskapsartikel på Skogforsks webbplats i samband med att den vetenskapliga artikeln förhoppningsvis accepteras för publicering.

Delresultat och slutsatser från projektet tillsammans med resultat från tidigare projekt har även kommunicerats löpande under projekttiden genom populärvetenskapliga kanaler. En artikel om markberedningens effekter på markens kolförråd publicerades 2024 i SLU:s kunskapsbank. Därutöver har resultat presenterats vid ett flertal seminarier, webbinarier, exkursioner och konferenser riktade till skogsbruket, beslutsfattare, rådgivare, forskare och en intresserad allmänhet (ca 10 tillfällen). Detta inkluderar bland annat presentationer vid Skogforsksdagarna, SLU:s föreläsningsserie Värt att veta, branschwebbinarier samt vid den internationella IUFRO-konferensen 2024. Resultaten har också nått en bredare publik genom medverkan i film av Framtidens skogsnäring samt genom uppmärksamhet i bransch- och fackmedia.

När det gäller nyttiggörande bidrar projektet med vetenskapligt underbyggd kunskap om långsiktiga effekter av markberedning och tidigare kvävegödsling på skogens kol- och kvävebalans. Resultaten är, tillsammans med resultat från andra studier, relevanta för skoglig rådgivning och policyutveckling i frågor som rör klimatpåverkan och hållbart skogsbruk.

Ytterligare aktiviteter som planeras är publicering av den vetenskapliga artikeln, spridning av slutliga resultaten genom Skogforsks och SLU:s kommunikationskanaler samt fortsatt användning av resultaten i rådgivnings- och kunskapssammanhang.