



SKOGSBRUKSPLAN MED KOLBUDGET

- ett beslutsstöd för framtiden

PILOTRAPPORT



EUROOPAN UNIONI

Interreg
Botnia-Atlantica
Euroopan aluekehitysrahasto



Rikare skog

Diversifiering genom Inkludering och Specialisering

INNEHÅLL

FÖRORD	1
INTRODUKTION	3
Trädprodukter, inbindning och substitution	4
Skogsbruksplan som beslutsstöd	4
Målgrupp	5
Skogsbruksplanen idag och nya framtida krav	5
SYFTE	6
METOD	7
Förslag på skogsbruksplaner med kolbudget	7
Modeller som krävs för att beräkna kolbudget	8
RESULTAT	10
DISKUSSION	17
SLUTSATSER	17
REFERENSER	18
Bilaga 1. Modeller och omräkningstal	20

FÖRORD

Rikare skog är ett projekt finansierat av Botnia Atlantica programmet (Interreg) tillsammans med Region Västerbotten, Region Västernorrland Österbottens kommunförbund och medverkande partnerorganisationer. Projektet pågår från augusti 2018 till slutet av 2021 och sker i samverkan mellan Sveriges lantbruksuniversitet och Skogsstyrelsen i Sverige och Ruralia institutet och Skogscentralen i Finland. Projektets syfte är att undersöka förutsättningar för nya typer av skoglig tjänsteutveckling som potentiellt kan attrahera ett bredare spektrum av skogsägare och därigenom bidra till en ökad lönsamhet och konkurrenskraft för de företag som är, eller önskar vara, verksamma på denna skogliga marknad. Med hjälp av ny kunskap identifierar projektet hinder och möjligheter i skoglig tjänsteutveckling vilket i sin tur stärker sektorns innovationsförmåga. En väl utvecklad tjänstemarknad anses avgörande för ett resurseffektivt och hållbart nyttjande av skogsresursen i de regioner som projektet är verksam i; Västerbotten, Västernorrland och Österbotten.

Projektet är uppdelat i tre huvudaktiviteter. Först identifieras behovet av ny kunskap och nya tjänstekoncept som motsvarar skogsägares behov av skoglig service (WP1). Den kunskapen utgör grunden är den andra huvudaktiviteten (WP2), där förutsättningar och potentialen i ett antal nya relevanta tjänstekoncept undersöks och utvecklas i form av så kallade piloter. Kunskapen och erfarenheterna från dessa aktiviteter omvandlas och överförs sedan till olika typer av lärandemoment (WP3).

I denna rapport presenteras ett resultat inom den andra projektaktiviteten (WP2) där ett specifikt tjänstekoncept eller affärsmodell undersöks i form av en pilot. Då fokus ligger på att studera innovativa möjligheter i nya, eller vidareutveckling befintliga, tjänstekoncept så kan en pilot också förstås som en pilotstudie i ett konkret och praktiskt genomförande. Det övergripande syftet för projektets samtliga piloter är att få en djupare förståelse för tjänstemarknaden i stort liksom vilken utvecklingspotential som finns för nya tjänster. Genom piloterna utvecklar projektet kunskap om specifika och enskilda tjänster – som sammantaget utgör pusselbitar i den större bilden och förståelsen.

Dessutom kommer erfarenheter från de svenska respektive finska projektområdena att bidra med en jämförande analys i relation till de två olika länderna.

Den nu redovisade piloten är resultatet av ett identifierat behov av en förbättrad skogsbruksplan för privata skogsägare. För genomförandet har Torgny Lind svarat. Rapporten har skrivits av Torgny Lind tillsammans med projektarbetsgruppen vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå.

För att lära dig mer om projektet, dess övriga piloter och resultat, besök:

www.slu.se/rikareskog

INTRODUKTION

Skogen är en viktig naturresurs i Sverige men även i många andra länder. Samhällets användning av skogsprodukter för olika ändamål som husbyggnation, bioenergi, papper, och förpackningar är viktig idag. Eftersom trä är förnyelsebart kommer det med största sannolikhet fortsätta vara det även i framtiden. Andra viktiga skogsekosystemtjänster som skogen ger skogsägare såväl som allmänheten är rekreation, jakt, bär och svamp.

I Sverige finns det idag ca 315 000 privata skogsägare som äger hälften av den produktiva skogsmarken (ca 11 miljoner ha) och står för omkring 60 % av virkesproduktionen. Skogsägarna är en mångfacetterad grupp som har många olika mål för sin skog. Över tid förändras åsikter om skogen och målen med skogsbruket. Detta är en kontinuerlig process även om den är långsam. Ett exempel är att andelen kvinnor som äger skog ökat från 34 till 38 % från 1992 till 2021. Ett annat är att andelen fastigheter med åboägare (minst en av ägarna som bor i samma kommun där skogsfastigheten är belägen) har varit på nästan samma nivå sedan 1990-talet. År 1992 ägdes ca 70% av de skogsfastigheterna av åboägare och 2021 68% (Skogsstyrelsen, 2021a).

Idag finns en omfattande diskussion om skogens roll kopplat till klimatförändringen. Ofta kan två motsatta åsikter ses kopplat till skogens roll. Ena sidan förespråkar att den bästa vägen framåt är satsning på ökad tillväxt och användning av skogsprodukter som ersätter icke-förnybara och fossilbaserade produkter. Den andra sidan menar att det bästa sättet är att minska avverkningarna avsevärt för att lagra så mycket kol som möjligt i skogen. Skogens betydelse för klimatet går att beräkna utifrån olika perspektiv. Från att enbart räkna med kolförråd i träden till att inkludera trädprodukter och substitutionseffekter av dessa.

De största kollagren finns i biomassapoolen levande träd och i markens organiska kolförråd. Den största årliga lagerförändringen sker i den levande biomassapoolen. Som följd av ökat virkesförråd i skogen har kolinbindningen i levande biomassa legat på i netto mellan 23–39 miljoner ton CO₂-eq. för skogsmark under perioden 1990 – 2017. Avverkade trädprodukter definieras som all trädbiomassa som tas ut vid avverkning. Internationellt rapporteras utsläpp från trädprodukter som Harvest Wood Products (HWP). Trädproduktpoolen är baserat på poolbyten av tre produktkategorier; sågad trävara, träbaserade paneler, och pappersprodukter, samt trä som används för energi vilket anses omedelbart brytas ned. Trädprodukter bidrar till att mildra klimatförändringen genom att de (1) bildar en lagringspool av träbaserat kol och (2) ersätter miljöskadliga material- och energikällor såsom fossila bränslen.

Trädprodukter, inbindning och substitution

Trädprodukter är en kolsänka som följer utvecklingen av kol i levande biomassa (IPCC 2006). Ökade avverkningar ökar trädprodukterna men minskar samtidigt nettoinbindningen av koldioxid i den levande biomassapoolen. Trädprodukter hade en nettoinbindning på ca 6-7 Mton CO₂-eq per år i Sverige (Naturvårdsverket, 2020). Som jämförelse är utsläppen av växthusgaser från biltrafiken i Sverige 2019 på ca 10 Mt CO₂ eq (Naturvårdsverket 2021). Lagerförändringen beror på skillnaden mellan inflödet av kol i form av nya produkter och det modellerade utflödet av kasserade produkter.

Utsläppen från trädprodukter baseras på poolförändringar i de tre produktkategorierna; sågat trä, träbaserade paneler, och pappersprodukter. Utflödet beräknas med halveringstiden som en oberoende variabel, och de halveringstider som tillämpas är 35 år för sågat trä, 25 år för träbaserade paneler och 2 år för papper. De omvandlingsfaktorer som tillämpas är 0,62 t biomassa per m³ för träbaserade paneler, 0,42 t biomassa per m³ för sågat trä, och 0,9 t biomassa per t papper. Kolhalt för varje kategori är satt till 0,5 kg C per kg biomassa i träd.

Att substituera med skogsprodukter innebär att nettoutsläppen av koldioxid blir mycket lägre än vad utsläppen skulle ha varit om inte ett aktivt skogsbruk med produktion av skogsprodukter funnits utan att samhällets konsumtionsbehov istället tillgodosetts på annat sätt (mer fossil energiråvara, mer stål, mer betong, etc.) (Bergh et al. 2020 Lundmark et al. 2014). Detta ger stora effekter på beräkningar av nyttan av att använda trä i klimatsammanhang. Hur stor denna effekt är omdebatterad och beroende på antagande skiljer sig beräknade substitutionseffekten markant åt. Medelvärde för substitution, baserat på 21 studier inom byggsektorn, ligger på 2,1 kg kol per kg kol vid användning av trämaterial i substitutionseffekt (Rummukainen 2021).

Skogsbruksplan som beslutsstöd

Inverkan av enskilda skogsägarens beslut för sitt brukande av skogen påverkar kollagring i den egna skogen, trädprodukter och möjligheten till substitution. Idag är skogsbruksplaner för skogsfastigheter inte ett krav om inte ägaren är certifierad enligt FSC eller PEFC (FSC 2021, PEFC 2021). Trots avsaknad av lagkrav att inneha skogsbruksplan har många skogsägare en aktuell plan som ett viktigt verktyg för beslut om åtgärder i skogsbruket. Enligt statistik från Skogsstyrelsen (2021a) så har ca 70 % en skogsbruksplan som är mindre än 10 år gammal. Skogsbruksplanen består i huvudsak av tre delar; data om skogen för enskilda avdelningar och hela fastigheten, förslag på åtgärder samt kartor. I dagens skogsbruksplaner beskrivs skogen och avdelningarna med hjälp av ett antal variabler som volym per ha, trädslagsblandning, ålder, jordart, fuktighet,

etc. En sammanställning över fastigheten virkesförråd vid inventeringstillfället och om tio år med den förväntade tillväxten om åtgärdsförslag följs redovisas. I dessa skogsbruksplaner finns idag inga uppgifter om lagrat kol, aktuell årlig inbindning av kol i skogen och kol kopplat till avverkning och virkesuttag.

Skogsbruksplanen utgör ett primärt beslutsunderlag, vilket medför att den ligger till grund för beslut och handlande. Att inkludera fler aspekter i skogsbruksplanen skapar därmed en bredare grund för beslut och handlingsmöjligheter. En del som idag inte ingår är någon information och redovisning kopplat till kolmängder och kolbindning. Detta är information bör kunna utgöra ett stöd för beslut på olika nivåer i relation till fastigheten – från skötsel till val som är sammankopplade med avverkning – dvs ett koluttag från fastigheten – och vad som händer med detta kol därefter.

Målgrupp

De viktigaste målgrupperna för denna pilot är de enskilda skogsägare som beslutsfattare och virkesköpare som erbjuder tjänsten att ta fram skogsbruksplaner. Även företagen som förädlar virket är en målgrupp. För att möjliggöra implementering av piloten bör piloten också utgöra ett underlag för mjukvaruföretag som utvecklar programvara för skogsbruksplaner. För den enskilda skogsägaren innebär en redovisning av kolbudget ett utökat beslutsstödsunderlag som bidrar till en vidare förståelse av deras skogsfastighet och de val som de gör i relation till denna, så som utveckling och köp av olika typer av tjänster. För virkesköpare, eller andra tjänstepersoner aktiva inom den skogliga sektorn (så som skogsbruksplanläggare, drivningsledare, förvaltare, miljökonsekvensanalytiker med flera), ger detta möjligheten att utveckla både den befintliga tjänsten skogsbruksplan men även relaterade tjänster sett till de nya data/beslutsunderlag som en adderad kolbudget medför. För virkesförädlare företag och organisationer öppnar detta upp för mer anpassade och riktade tjänster i relation till virkesförädling och kolinlagring som knyter an till skogsägarens strategiska beslut och förvaltning av sin fastighet.

Skogsbruksplanen idag och nya framtida krav

EU har tagit fram en ny skogsstrategi för 2030 (Europeiska kommissionen 2021a). I denna skrivs det bl.a. att andelen skogsareal som omfattas av skogsbruksplaner bör öka för privata skogar. I EU:s taxonomiförordning (EU 2020, Europeiska kommissionen 2021b) finns förslag kopplat till skogsbruksplaner. I skrivningen om under vilka villkor en ekonomisk verksamhet ska anses bidra väsentligt till begränsningen av eller anpassningen till klimatförändringar är skogsbruksplanen ett mycket viktigt verktyg.

För att grönklassa ett skogsbruk enligt EU:s taxonomi behöver en skogsbruksplan finnas och den ska uppdateras vart tionde år. Dessutom föreslås det att en klimatnyttoanalys för fastigheten ska finnas för att skogsbruket ska kunna grönklassas. Väljer skogsägaren att anpassa sitt skogsbruk till taxonomin så måste denne göra en så kallad klimatnyttoanalys av sin skogsfastighet som bevisar att det nuvarande skogsbruket binder kol. Klimatnyttoanalysen ska innefatta alla kolpooler som påverkas av verksamheten som biomassa ovan jord, biomassa under jord, död ved, förna och humus. Skogsägare som äger mindre än 13 ha ska inte behöva göra en sådan analys.

SYFTE

Det övergripande syftet med piloten är att undersöka förutsättningarna och möjligheterna att inkludera kolbindning och kolförråd i en skogsbruksplan. Detta kan göras på olika sätt, med alla eller delar av kolpoolerna och med varierande detaljeringsgrad. För att testa både layout och innehåll har det för en fastighet genomförts beräkningar baserad på en befintlig skogsbruksplan.

Huvudsyftet med denna pilot är att beskriva hur kolmängder, inbindning och utsläpp skulle kunna implementeras i skogsbruksplaner. Detta med hjälp av traditionellt insamlade skogliga data och ytterligare data för trädprodukter, utsläpp vid åtgärder och substitutionseffekter.

Ett mål är att skogsbruksplanen ska kunna användas för att redovisa den enskilda skogsfastighetens roll för klimatet på ett tydligt sätt. Köpare och producenter av trävaror kan då inkludera hela kedjan från träd till produkt. Ofta erbjuder virkesköparna tjänsten att göra skogsbruksplaner till skogsägarna och att inkludera kolberäkningar skulle då vara en utvecklad tjänst, men även ett beslutsstöd som skulle möjliggöra andra typer av tjänster. Beslutsstödet skulle öppna upp för att addera fler och konkreta klimataspekter i beslutsfattande och rådgivning utifrån skogsägarens intressen och drivkrafter – men även samhällsövergripande mål som att bli klimatneutral.

För att möjliggöra detta fokuserar piloten på att undersöka hur de redovisade effekterna av ett skogsbruk i en skogsbruksplan för mindre fastigheter vad gäller kollagring, kolinlagring och utsläpp relaterat till klimatförändringen kan beskrivas och kommuniceras. Detta genom att redovisa hur kolmängder, inbindning, utsläpp samt substitutionseffekter kan beräknas och redovisas.

METOD

Arbetet med att ta fram ett förslag på skogsbruksplan som innehåller en kolbudget har gjorts stegvis. Initialt diskuterades förslaget med representanter för Martinson AB kring konceptet, dess implementering och potentiella bidrag till deras verksamhet och tjänster. Utifrån denna dialog, omvärldsanalys, litteratur samt syftet med piloten, utarbetades ett förslag på alternativ för hur en kolbudget skulle kunna implementeras i dagens traditionella skogsbruksplaner. Beräkningar för några enskilda privata fastigheter gjordes, men i denna rapport presenteras enbart resultat baserat på en mindre fastighet som ägs av SLU.

Förslag på skogsbruksplaner med kolbudget

I tabell 1 ges förslag på fyra alternativa sätta att redovisas kolmängder i en skogsbruksplan. Alternativen 1 till 4 innebär en gradvis ökad detaljeringsgrad och att fler kolpooler tas med i beräkningarna. För alla alternativ bygger beräkningarna på att kolmängd beräknas på avdelningsnivå för att sedan summeras upp till fastighetsnivå. I resultat redovisas enbart siffror på fastighetsnivå. På avdelningsnivå kan förråd kol, inbindning och uttag av kol redovisas på liknande sätt som övriga skogliga variabler som virkesförråd, tillväxt och virkesuttag. Kolet rapporteras för initialt tillstånd och vid slutet av planeringsperioden för skogsbruksplanen (normalt 10 år) baserat på att föreslagna åtgärder följs. Om kolmängder redovisas både år 0 och år 10 kan en beräkning för inbindning av kol tas fram. För alla alternativ bör kolbudgeten kunna uppdateras i samband med en uppdatering av skogsbruksplanen. En förutsättning för implementering i planen är att redovisning av kol inte ska innebära stora extra kostnader och bygga på befintliga indata, dvs att befintliga plandata kan användas utan extra fältmätningar. Det gör att befintliga aktuella planer skulle kunna uppdateras med information och innehålla redovisning av kol.

Alternativ 1 innebär att redovisningen begränsas till kol i trädkiktet ovan mark och inte tar hänsyn till trädprodukters användning efter avverkning. Alternativ 2 redovisar hur trädprodukter binder kol efter att träd avverkas i trädprodukter. Detta innebär att efter avverkning frigörs inte allt kol omedelbart till atmosfären utan viss del lagras i trädprodukter. Alternativ 3 redovisar även kolmängder i stubbar och rötter likväl som i marken. I alternativ 4 tas även en substitutionseffekt och utsläpp kopplat till åtgärder med.

Tabell 1. Alternativ för kolrapportering i en utvecklad skogsbruksplan

Redovisning av kolpool	Alternativ			
	1	2	3	4
a) Kol i stående skog ovan jord i träd exklusive stubbar och rötter (utgångsläge och vid planperiodens slut)	x	x	x	x
b) Kol i avverkade träd som enligt åtgärdsförslag under planperioden	x	x	x	x
c) Redovisning av trädprodukter baserat på utförda avverkningar enligt åtgärdsförslag		x	x	x
d) Kol i stubbar och rötter (år 0 och slutet av planperioden)			x	x
e) Kol i mark (år 0 och slutet av planperioden)			x	x
f) Substitutionseffekt (baserat på avverkningar år 0 – 10)				x
g) Utsläpp kopplat till åtgärder som avverkning av träd och transporter av virke				x

Modeller som krävs för att beräkna kolbudget

För att kunna redovisa kolmängder finns det ett behov av modeller som beräknar kolmängd baserat på ordinarie skogliga variabler i planen se tabell 2 på nästa sida. Detta kan göras genom att använda modeller eller omräkningstal för biomassa och kolmängd i träd. För mark finns modeller för skattning av initial kolmängd och inbindning. För trädprodukter finns det behov av data/omräkningstal för hur produkter vidareförädlas. För omvandling från biomassa till kol används 0.5 kg C per kg ton torrs substans biomassa. Omräkningstal och mer information om modellerna finns i bilaga 1.

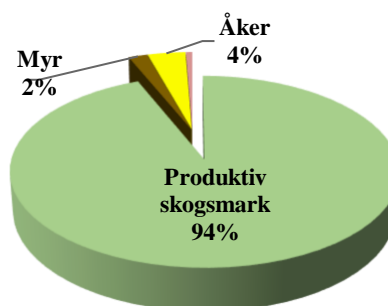
Tabell 2. Modeller som krävs för beräkningar av kolmängd

Kolpool	Modeller/data som behövs	Referenser
a) Kol i stående skog ovan jord i träd exklusive stubbar och rötter	<ul style="list-style-type: none"> – Biomassamodell som skattar biomassa i träd ovan jord exklusive stubbe – Omräkningstal 	<ul style="list-style-type: none"> – (Marklund, 1988; Petersson, 1999) – Omräkningstal bilaga 1
b) Kol i avverkade träd	<ul style="list-style-type: none"> – Biomassamodeller – Omräkningstal. 	<ul style="list-style-type: none"> – (Marklund, 1988; Petersson, 1999) – Omräkningstal bilaga 1
c) Trädprodukter	<ul style="list-style-type: none"> – Avverkningsvolymernas fördelning på timmer och massaved enligt modell eller uppföljningsdata från skördare/virkesredovisning – Biomassamodell för träd – Data om sortimentens halveringstid 	<ul style="list-style-type: none"> – (Ollas, 1980) – (Marklund, 1988; Petersson, 1999) – Omräkningstal bilaga 1 – Naturvårdsverket (2020)
d) Kol i stubbar och rötter.	<ul style="list-style-type: none"> – Biomassamodeller för fraktion stubbe och rötter – Omräkningstal. 	<ul style="list-style-type: none"> – (Marklund, 1988; Petersson, 1999), – Omräkningstal bilaga 1.
e) Kol i mark	<ul style="list-style-type: none"> – Modell för inlagring av kol i skogsmark 	<ul style="list-style-type: none"> – Markkolmodeller, se bilaga 1
f) Substitutions-effekt	<ul style="list-style-type: none"> – Uppgift om effekt per ton C 	<ul style="list-style-type: none"> – Omräkningstal enligt (Lundmark et al. 2014)
g) Utsläpp vid åtgärder	<ul style="list-style-type: none"> – Uppgifter om utsläpp från maskiner 	<ul style="list-style-type: none"> – Omräkningstal enligt (Björheden 2019)

RESULTAT

Denna resultatredovisning baseras på beräkningar för en fastighet ägd av SLU i Innertavle, Umeå. Indata baseras på en skogsbruksplan upprättad 2017 av studenter vid SLU. Figur 1 visar på en standardiserad sammanställning av skogsbruksplanens data som den ser ut idag i planverktyget pcSKOG (pcSKOG 2021). Värden på kolmängder i träd och mark i exemplet baserats på beräkningar med Heureka PlanVis (Wikström et al. 2011). Heurekasystemet använder sig av modeller beskrivna i bilaga 1 för kol i träd och mark. För trädprodukter och substitutionseffekter har beräkningar utanför systemet gjorts med omräkningstal enligt bilaga 1.

Arealer	Ha	Andel, %
Produktiv skogsmark	30,5	94
Myr	0,6	2
Berg	0,0	0
Åker	1,2	4
Väg och kraftledning	0,2	1
Övrigt	0,0	0
Summa landareal	32,5	
Vatten	0,0	



Virkesförråd, m ³ sk	Trädslag	m ³ sk	%	Ha
5840	Tall	2424	42	13
	Gran	3140	54	16
	Löv	181	3	1
Medel per ha, m ³ sk/ha	Björk	95	2	0
192	Total	5840	100	30

Bonitet, m³sk per ha
5,0

Tillväxt, m³sk per år
164

Avverkningsförslag

Åtgärd	m ³ sk
Föryngringsavverkning	1067
Gallring	522
Totalt under perioden	1589

Figur 1. Sammanställning av ingående skogstillstånd 2017, tillväxt och avverkningsförslag enligt ordinarie sammanställning i skogsbruksplanen.

Om redovisning av kol görs enligt alternativ 1 där kolmängd i träd och avverkningar tas med kan dessa presenteras enligt figur 2. Med föreslagna åtgärder kommer nettoinbindningen vara ca 10 ton C under 10 årsperioden, detta som följd av ett något ökat virkesförråd. Kolinbindningen är ca 44,5 ton C per år vilket innebär en total inbindning av 445 ton C under 10 årsperioden. Avverkningarna är under samma period föreslås vara 435 ton C. En inbindning av kol uttrycks som ett negativt värde. I många sammanhang presenteras utsläpp och inbindning som kg CO₂. Ett kg C motsvarar 3,67 kg CO₂.

Kolförråd stående skog, ton C

1 592

C ton per ha

52

Kolförråd trädslagsvis

Trädslag	C, ton	%
Tall	661	42
Gran	856	54
Övrigt	49	3
Björk	26	2
Total	1593	100

Inbindning, C ton/per år

44,5

Avverkning enligt åtgärdsförslag

Åtgärd	ton C
Föryngringsavverkning	291
Gallring	143
Totalt	434
CO ₂ Eq	1590

Ett negativt värde innebär upptag
 Ett positivt värde innebär utsläpp
 Ett ton kol motsvarar 3,67 CO₂

Kolförråd

År	Kol, ton
0	1 592
10	1 603
	-11
CO ₂ Eq	-39

Figur 2. Redovisning av kolmängder enligt alternativ 1.

Redovisning av kol där hänsyn tas till lagring av trädprodukter presenteras i figur 3. I detta exempel antas inte att det finns någon trädproduktspool i utgångsläget, dvs att det inte finns trädprodukter lagrade från tidigare som bryts ner under 10 årsperioden. Detta är en förenkling i sammanhanget. Halveringstid för den del av timmer som blir sågade produkter är 35 år, dvs att hälften av kolet i sågat finns kvar efter 35 år. Sågutbytet för timmer antas vara 50 %. För massaveden så är halveringstiden 2 år.

Kol i avverkning, ton C

År	Föryngringsav.	Gallring	Totalt
1-5	221	60	281
6-10	76	79	154
Alla	296	139	435

Avverkning fördelat på sortiment och trädprodukter

År	Volym, m ³ fub		Trädprodukter kvar år 10, ton C		
	Timmer	Mv	Sågat	Papper	Totalt
1-5	302	521	-25	-7	-32
6-10	287	219	-27	-23	-50
Totalt	589	741	-53	-30	-82

Inbindning år 0-10, ton C

-445

Kolbudget, skog och produkter år 0 - 10

Kolpool	Kol, ton
Kol i träd	-9
Trädprodukter	-82
Totalt	-92
CO ₂ Eq	-336

Ett negativt värde innebär upptag
Ett positivt värde innebär utsläpp
Ett ton kol motsvarar 3,67 CO₂

Figur 3. Redovisning enligt alternativ 2.

I redovisning där kol i stubbar, rötter och i mark tas med innebär en betydligt större mängd kol i redovisningarna då markpoolen är stor. Anledningen till den stora ökningen av mängd kol i mark under perioden är att en stor mängd stubbar och rötter från avverkade träd redovisas som kol i mark. Kol i stubbe och rötter för levande träd minskar något under perioden. På lång sikt binds en del av stubbarna och rötterna i marken som kol i mineraljord medan en del ger utsläpp vid nedbrytning. Enligt markinventeringen (Stendahl 2017) innehåller svensk skogsmark ca 75 ton C per ha.

Kolförråd i träd, stubbar och mark

Tidpunkt	Stubbar och rötter, ton C	Kol i mark, ton C
År 0	497	1685
År 10	480	1877
Förändring	17	-192

Inbindning i träd år 0 - 10 -445

Uttag av kol från avverkning 435

Sammanställning kolbudget år 0 - 10

Kolpool	Kol, ton C
Kol i träd	-9
Trädprodukter	-82
Mark	-172
Totalt	-264

Ett negativt värde innebär upptag
Ett positivt värde innebär utsläpp
Ett ton kol motsvarar 3,67 CO₂

Markkol består av kol i döda stubbar och rötter samt kol i mineraljorden

CO₂ Eq -1357

Figur 4. Redovisning enligt alternativ 3.

Om redovisning av substitutionseffekt tas med och utsläpp från drivning (främst skördare och skotares emissioner) och transport till industri. I denna redovisning har det antagits att substitutionseffekten är 470 kg CO₂ per avverkad kubikmeter avverkad kubikmeter virke motsvarande 128 kg C per m³ (Lundmark et al. 2014). Utsläpp vid avverkning är enligt 12,4 kg CO₂/m³fub för drivnings och transportarbete, dvs ca 3,4 kg C/m³fub.

Kolbudget år 0 - 10	
Kolpool	Kol, ton
Kol i träd	-9
Trädprodukter	-82
Mark	-175
Substitution	-204
Utsläpp drivning	4
Ton C	-466
CO ₂ Eq	-1708

I snitt utgörs substitutionseffekten ca 470 kg CO₂ per kubikmeter som avverkas.
Utsläpp vid avverkning, 3,38 kg C/m³

Figur 5. Redovisning enligt alternativ 4.

Redovisningen av kolbudget med de olika alternativen innebär helt olika resultat. Kolbudgeterna visar på ett nettoupptag för skogsfastigheten på -11, -84, -256, - 458 ton C för respektive alternativ beroende på vad som ingår i redovisningen. Detta med de föreslagna avverkningarna för 10 årsperioden. Om ingen avverkning görs under 10 årsperioden på fastigheten skulle skogen resultatet bli -679 ton C om både träd och mark räknas med och om enbart träd - 475 ton C. En förenkling i dessa beräkningar är att kol i död ved inte tagits med. Vanligtvis finns inte inventeringsdata för död ved med i skogsbruksplaner, tillförsel av död ved från naturlig avgång och tillvaratagandegrad av död ved, dvs om skogsägaren tar ut döda eller döende träd. En ytterligare förenkling är att beräkningen av trädprodukter startar från noll, dvs ingen tidigare trädproduktspool beräknas. Detta ger en underskattning av utsläppen av CO₂ eftersom nedbrytning av tidigare trädprodukter från fastigheten inte räknas in.

I tabell 3 sammanfattas styrkor och svagheter med de fyra föreslagna alternativen. Om trädprodukter ingår kan enskilda virkesköparens användning av trädråvara användas för att justera beräkningarna av hur trädprodukter lagras i framtiden i samband med uppdateringar av skogsbruksplaner. Uppdatering både vad gäller andel av virket som blir sågtimmer eller massaved såväl som justeringar av avverkningsnivåer bör då göras.

Tabell 3. Sammanställning av styrkor och svagheter med föreslagna alternativ.

Alternativ	Styrkor	Svagheter
1	+ Enkel att implementera + Lätt att förstå	– Ger en underskattning av kollagring kopplat till skogsägarens åtgärder
2	+ Tar med effekter av kollagring i produkter + Kan anpassas till köparens hantering av trädprodukter	– Kräver mer indata och antagande om trädprodukter
3	+ Tar med den stora kolpoolen i trädens stubbar och rötter samt mark	– Skattning av kolförråd i mark, stubbar och rötter osäker – Kräver mer data och beräkningar – Osäker koppling mellan åtgärder och kol i mark
4	+ Tar med substitutionseffekter. + Tar med utsläpp kopplat till åtgärder	– Substitutionseffekter omtvistade och förändras över tid – Emissioner från maskiner kräver indata

DISKUSSION

En intensiv debatt pågår om skogen och dess roll kopplat till klimatförändringen och hur den bäst ska användas i detta sammanhang. Ska skogen huvudsakligen användas för att lagra kol eller ska skogen användas och brukas i hög grad för att bidra med produkter som lagrar kol och som substituerar produkter baserat på fossil råvara. Som beräkningsexemplet ovan visar så blir resultaten helt olika beroende på vad som tas med i kolbudgeten. Tas trädprodukter och substitution med så innebär det helt andra resultat kopplat till fastigheten än om enbart träd ovan mark och avverkning tas med. För enskilda skogsägare är den viktigaste informationskällan kring sin skog normalt en skogsbruksplan. Enligt Skogsstyrelsen statistik har ca 70 % av alla skogsfastigheter en aktuell plan, dvs en plan som inte är äldre än 10 år. Hittills har efterfrågan från skogsägare att inkludera kolberäkningar i skogsbruksplaner inte varit hög. Det innebär inte att detta kommer att gälla i framtiden med nya skogsägare, krav på redovisning från samhället och ett allmänt större intresse för skogens roll i klimatarbetet. Piloten visar på att en inkluderad kolberäkning adderar ett beslutstöd för planering, skötsel och virkesförsäljning, vilket både kan vara relevant för enskilda skogsägare likväl som skogliga tjänsteföretag och virkesköpande organisationer. Ett ökat fokus på kol inom ramen för skogsägarskapet har potentialen att bidra till nya drivkrafter och målsättningar med hänsyn till klimatet och miljön, vilket kan öppna upp för ökad aktivitet bland nya grupper av skogsägare. Redovisningen av trädprodukter öppnar även upp för nya värden i tjänste- och virkesförsäljningen som vidgar beslutsfattandet bortom att avverka eller inte.

SLUTSATSER

Att implementera en kolbudget i befintliga skogsbruksplaner är möjligt baserat på det data som samlas in i en ordinarie plan då redovisning görs av trädskiktet ovan mark. För trädprodukter kan enkla omräkningstal användas men beräkningarna bör kunna anpassas till virkesköparens användning av träråvaran. Om beräkningar av kolförrådsförändring i mark ska implementeras så krävs mer beräkningar av komplex natur och framtagande av nya omräkningstal. Det vidgade beslutstödet som en kolbudget medför i skogsbruksplanen bör vara av nytta för skogsägarna, virkesköpare och andra tjänsteföretag. Det krävs dock en kommunikationsinsats i form av utbildningsmaterial och lättfattlig dokumentation samt implementering i mjukvara. Detta för att både skogsägare och skogliga tjänstepersoner och entreprenörer skall kunna dra full nytta av stödet.

REFERENSER

Bergh, J., Egnell, G. Lundmark, T. (2020). Skogsskötselserien, kapitel 21, Skogens kolbalans och klimatet, Skogsstyrelsen, oktober 2020

Björheden (2019). Det svenska skogsbrukets klimatpåverkan <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2019/det-svenska-skogsbrukets-klimatpaverkan/> [2021-11-11]

Biometria (2018) Virkesförbrukningsstatistik 2018. <https://www.biometria.se/virkesforbrukningsstatistik/> [2021-11-15]

EU (2020). Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/852 av den 18 juni 2020 om inrättande av en ram för att underlätta hållbara investeringar och om ändring av förordning (EU) 2019/2088 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&from=SV> [2021-11-11]

Europeiska Kommissionen (2021a). Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, Rådet, Europeiska Ekonomiska och sociala kommittén samt regionkommittén Ny EU-skogsstrategi för 2030 {SWD(2021) 651 final} - {SWD(2021) 652 final} Bryssel den 16.7.2021 COM(2021) 572 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0d918e07-e610-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF [2021-11-11]

Europeiska kommissionen (2021b). Komplettering av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/852. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d84ec73c-c773-11eb-a925-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_2&format=PDF [2021-11-11]

FSC (2021). Svensk skogsbruksstandard enligt FSC - endast SLIMF - för markägare med mindre än 1 000 ha produktiv skogsmark V2-1 050510. <https://se.fsc.org/se-se> [2021-10-10].

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 12.1 CHAPTER 12 HARVESTED WOOD PRODUCTS Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.C., Sathre, R., Taverna, R. & Werner, F. (2014) Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation. *Forests* 5: 557–578.

LRF konsult (2019). Skogsbarometern 2019. <https://skogforum.se/download/file.php?id=73163> [2021-11-16]

Marklund, L.-G. (1988). "Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige." Institutionen för skogstaxering, SLU. Rapport 45.

Naturvårdsverket (2020). National Inventory Report Sweden 2020. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2018. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol.

Naturvårdsverket (2021). Inrikes transporter, utsläpp av växthusgaser. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/> [2021-11-11]

- Ollas, R. (1980). Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Ekonomi, nr 5 1908.
- pcSKOG (2021). Hemsida pcSKOG. <https://www.pcskog.se/> [2021-11-11]
- PEFC (2021). PEFC SWE 002 Svenska PEFC:s skogsstandard. 2017 – 2022. <https://pefc.se/> [2021-10-11].
- Petersson, H. (1999). "Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige." *Arbetsrapport 59 1999*.
- Petersson, H. & Ståhl, G. (2006). "Functions for below-ground biomass of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden." *Scandinavian Journal of Forest Research* **21**(S7): 84-93.
- Rummukainen, M. (2021) Skogens klimatnyttor – en balansakt i prioritering (utökad utgåva). CEC Rapport Nr 6. Centrum för miljö- och klimatvetenskap, Lunds universitet. ISBN 978-91-984349-6-5
- Stendahl, J. (2017). Tema: Skogsmarkens kolförråd. I: Skogsdata 2017. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. s. 14–23. SLU, inst. för skogshushållning. Umeå.
- Skogsstyrelsen (2021a). Areal skogsbruksplan efter ägarklass. Skogsstyrelsens statistikdatabas.
- Skogsstyrelsen (2021b). Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden JO1405 SM 2001 ISSN 1654-4021 Serie JO – Jordbruk, skogsbruk och fiske. Utkom den 7 oktober 2021. Uppdaterad 2021-10-13.
- Wikström, P., L. Edenius, Elfving, B., Eriksson, L.O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C., Klintebäck, F. (2011). The Heureka forestry decision support system: An overview. *Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences*. 3(2): 87-94.

Bilaga 1. Modeller och omräkningstal

Modeller för att beräkna biomassa för trädfraktioner på enskilda träd finns framtaget av Marklund (1988), Petersson (1999) och Petersson & Ståhl (2006). Dessa funktioner är baserade på data för enskilda träd. Om dessa ska tillämpas på beståndsdata krävs antingen att enskilda träd genereras utifrån beståndsdata eller att omräkningstal används för fraktioner utifrån virkesvolym på stående träd som i tabell 1.1. Dessa omräkningstal är framtaget med Riksskogstaxeringens provytedata (2015 - 2019) och biomassamodellerna.

Tabell 1.1 Konverteringsfaktor för 1 m³sk stamved (stam från stubbe till topp inklusive bark) i Sverige, torrsvikt kg och (kg CO₂ ekvivalenter).

Trädslag	Stamved	Grenar och barr	Stubbar	Totalt
Tall	395 (724)	103 (189)	165 (303)	663 (1216)
Gran	391 (717)	197 (361)	194 (356)	781 (1432)
Löv	497 (911)	136 (249)	208 (381)	841 (1542)
Alla	415 (761)	151 (277)	187 (343)	752 (1379)

Konvertering från torrsvikt till C beräknas som 0,5 kg C per kg biomassa torrsvikt.

För att omvandla 1 kg C till CO₂ ekvivalenter multipliceras kolmängd med kvoten (44/12).

Trädprodukter (HWP)

I den internationella rapporteringen (Naturvårdsverket 2020) använder sig Sverige av följande halveringstider för produkterna sågtimmer 35 år, träpaneler 25 år och 2 år för papper.

För att beräkna varje års kolförråd kan ekvation 1 användas (IPCC 2006)

$$c(i + 1) = e^{-k} \cdot c(i) + \left[\frac{1 - e^{-k}}{k} \right] \cdot \text{inflöde}(i) \quad (1)$$

där

c = Kolpool

k=ln(2)/HL

HL = halveringstid

inflöde = inflöde år i

Hur kolpoolen utvecklas över tid beror då på avverkningens storlek, sortimentsfördelning och sågutbyte. Sågutbytet för perioden 2014-18 var på ca 49 % (Biometria 2021). Det innebär att av sågtimmer från avverkning blir 49 % långlivade produkter och övriga restprodukter kortlivade produkter som flis till massaindustrin, energiproduktion.

Fördelning på timmer och massaved

Vid avverkning baserat på avdelningsdata kan fördelning mellan timmer och massaved beräknas med Ollas funktioner (Ollas 1980) enligt följande

$$g_{3m} = 1 - \frac{0,86}{dgv-y}$$

$$g_{fall} = 1 - \frac{0,31}{dgv-y} \quad \text{där}$$

g_{3m} = gagnvirkesandel vid aptering till massaved i 3 m längder

g_{fall} = gagnvirkesandel vid aptering till massaved i fallande längder

dgv = grundtyevägd medeldiameter ub , cm

y = minsta toppdiameter för massaved, ub cm

Timmerandel beräknas som stamvolym under bark (gagnvirkesandelen) gånger timmerandelen.

$$t = 0,86 - \frac{0,6x}{dgv} + 0,0009 * dgv - 0,01x \quad \text{där}$$

t = timmerandel

x = minsta toppdiameter för timmer

dgv = grundtyevägd medeldiameter

Kol i förna och mark

Grundläggande för beräkningarna är att kol i marken baseras på mängd och nedbrytning av biomassa i stubbar, rötter och förna. Förnafall beräknas med utgångspunkt från stående biomassa, kvarlämnad biomassa efter avverkning, samt träddelar från självdöda träd. När det gäller självdöda träd ingår grenar, barr, stubbar och rötter, medan stamdelen, inklusive toppdelen av stammen, förs till död-ved poolen. Biomassa i stubbar och rötter beräknas med biomassamodeller (Petersson & Ståhl 2006). För att få detta att fungera på avdelningsdata krävs antingen att enskilda träddata skapas utifrån beståndsdata eller att omräkningstal tas fram för rötter och barr. Detta är möjligt att ta fram baserat på Riksskogstaxeringsdata på samma sätt som i tabell 1.1. En svårighet är att hantera död ved som tillkommer och bryts ner över tid då det krävs både indata för mängd idag och tillkomst under planperioden. Uppgifter om död ved finns normalt inte med i skogsbruksplaner och är tidskrävande att inventera. Även detta skulle kunna hanteras via standardvärden och omräkningstal. Förutom den mängd död ved som skapas så krävs även data på tillvaratagandegrad av död ved kopplat till skogsägaren, dvs hur stor andel som skogsägaren tar ut från skogen av den nytillkomna döda veden.

I Heureka systemet används flera modeller för att beräkna utvecklingen av kolmängd i marken. En beskrivning finns tillgänglig på Heureka Wiki (<https://www.heureka.se/wiki/Q-model>)

Kolinnehållet i mark beräknas stegvis i sex steg. För mer detaljer se referenser 1 - 6 nedan.

Steg 1. Beräkna storlek på och nedbrytningsparametrar för det befintliga kolförrådet

Baserat på beräkningar från Markinventeringens databas 1993-2002

För frisk mark (om Latitud >59.5) $C_{ss}=4.25 + 0.410*TEMP$ annars

$C_{ss}=15.7 - 0.582*Longitud$. För Frisk-fuktig mark gäller $C_{ss}=5.90 + 0.789*TEMP$

där

$C_{ss} = \text{Kg C per m}^2$

$TEMP = 43,5 - 0,639*Latitude - 0,00474*altitude$

Steg 2: Beräkna kvarvarande mängd av det befintliga kolförrådet vid slutet av tidsperioden

Baserat på beräkningar från Markinventeringens databas 1993-2002

$$C_0(t) = C_{ss} (1 + \alpha_0 t)^{1-z}$$

OM (LAT >59.5) $\alpha_0 = 0.135 + 0.00699*TEMP$

OM (LAT <=59.5) $\alpha_0 = -0.0176 + 0.0137*Longitud$

För frisk mark

$\alpha_0 = 0.558 - 0.00735*Latitud$

$z = 1.19$

Steg 3: För varje trädslag, beräkna kvarvarande mängd kol från barrförna efter nedbrytning vid slutet av tidsperioden

$$G_n(t) = \frac{1}{(1 + \alpha_n t)^z}$$

Steg 4: För varje trädslag, beräkna kvarvarande mängd kol från förna av grenar, stammar och grova rötter (>2 mm) efter nedbrytning vid slutet av tidsperioden.

$$G_w(t, t_{\max}) = \frac{2}{\alpha_w(1-z)t_{\max}} \left[(1 + \alpha_w t)^{1-z} - [1 + \alpha_w(t-t')]^{1-z} \left(1 - \frac{t'}{t_{\max}} \right) \right] + \frac{2}{\alpha_w^2(1-z)(2-z)t_{\max}^2} \left\{ [1 + \alpha_w(t-t')]^{2-z} - [1 + \alpha_w t]^{2-z} \right\} + \left(1 - \frac{t'}{t_{\max}} \right)^2$$

Steg 5: För varje trädslag, beräkna kvarvarande mängd kol från finrotsförna efter nedbrytning vid slutet av tidsperioden

$$G_f(t) = \frac{1}{(1 + \alpha_f t)^z}$$

Steg 6: Uppdatera kolförrådet baserat på Steg 1-5 och data över förnatillförseln.

Den del av kolförrådet vid en viss tidpunkt (t) som härstammar från en viss förna som tillförts marken vid en annan tidpunkt (t_L) kan beräknas genom att multiplicera mängden förna med kvarvarande andel som finns kvar efter att förnan brutits ned för tiden som förflutit ($t - t_L$):

$C_n(t) = G_n(t - t_L)lit_C L_n(t_L)$	för barr
$C_b(t) = G_b(t - t_L)lit_C(L_b(t_L) + L_m(t_L))$	för grenar och mellanrötter
$C_s(t) = G_s(t - t_L)lit_C L_s(t_L)$	för stammar
$C_c(t) = G_c(t - t_L)lit_C L_c(t_L)$	för grova rötter och stubbe
$C_m(t) = G_m(t - t_L)lit_C L_m(t_L)$	för mellanrötter
$C_f(t) = G_f(t - t_L)lit_C L_f(t_L)$	för finrötter

För att beräkna det totala förrådet summeras alla förnaslagen och det som finns kvar av det befintliga kol- eller kväveförrådet.

$$C(t) = C_0(t) + C_n(t) + C_b(t) + C_s(t) + C_c(t) + C_m(t) + C_f(t)$$

Referenser för markmodellering

Alriksson, A. and H. M. Eriksson (1998). "Variations in mineral nutrient and C distribution in the soil and vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden." *Forest Ecology and Management* 108(3): 261-273.

Bosatta, E. and G. I. Ågren (1996). "Theoretical analyses of carbon and nutrient dynamics in soil profiles." *Soil Biology and Biochemistry* 28(10): 1523-1531.

Johansson, M-B., Berg, B. & Meentemeyer, V. (1995). Litter mass-loss rates in late stages of decomposition in a climatic transect of pine forests. Long-term decomposition in a Scots pine forest. IX. *Canadian journal of botany : Revue canadienne de botanique*, Vol.73(10), p.1509-1521 **ISSN:** 0008-4026; **DOI:** 10.1139/b95-163

Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A.-M., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & Starr, M. (2004). Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and Soil*, 263(1/2), 53–67. <http://www.jstor.org/stable/42951551>

Ågren, G. I. and R. Hyvönen (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(1): 25-37.

Ågren, G.I., Hyvönen, R. & Nilsson, T. (2007). Are Swedish forest soils sinks or sources for CO₂—model analyses based on forest inventory data. *Biogeochemistry* 82, 217–227. <https://doi.org/10.1007/s10533-006-9064-0>