

## 4. KARBONBINDING I KYSTSKOGENE. STATUS OG POTENSIAL

Bernt-Håvard Øyen, Petter Nilsen & Gro Hysten

*Flere har de siste årene tatt til orde for økt bruk av norsk skog som karbonlager, for å forsøke å avhjelpe eller dempe effektene fra forbrenning av fossilt brensel. Kystskogene i Norge har vist seg meget produktive, og spørsmålet man kan stille er hvor stor nettobinding man kan oppnå forutsatt en satsing på bruk av kystskog som C-lager.*

### Hvor stort er det samlede C-lageret i kystskogene?

C-lageret består både av karbon i humus og jordsmonn, i grov- og finrøtter og stubbe samt i overjordisk biomasse (bunnsjikt, feltsjikt, busksjikt og trær). Skogen har den fordelaktige egenskapen at den samtidig som den tar opp karbon fra lufta, også kan akkumulere karbonet i levende og død ved samt binde det i humus og jordsmonn. Karbonsyklusen i skog består av kortsiktige prosesser (respirasjon), prosesser som fluktuerer over året (omsetning av strø etc), men også meget langsiktige prosesser (C-nedbrytning av ved, C som bindes i ulike komponenter i jord).

I et forsøk på å estimere C-lageret i norsk skogsjord fant de Wit & Kvindesland (1999) at gjennomsnittlig C-mengde i produktiv skogsjord var 13,2 kg/m<sup>2</sup> eller 132 tonn per hektar (både organisk jord og mineraljord). På mineraljordtyper hadde Vestlandsfeltene størst C-innhold (18,5 kg/m<sup>2</sup>), mens de nordnorske feltene hadde lavest C-innhold (11,5 kg/m<sup>2</sup>). Trøndelag ligger nært landsgjennomsnittet med 15,7 kg/m<sup>2</sup>. Benytter man det nasjonale gjennomsnittstallet skulle samlet karbonmengde i produktiv skogsjord bli 0,96 Gt (Gt = 10<sup>15</sup> g), hvorav et skogareal på kysten på 31,3 mill daa skulle gi om lag 0,41 Gt. Det understrekes at tallestimatene er meget usikre. I studier i våre naboland har sum C-innhold (0-horisont + mineraljord) variert fra 5 til 10 kg/m<sup>2</sup>, og i Skottland har man studier fra skogsjord som viser gjennomsnitt på hele 35 kg/m<sup>2</sup>. Et kystklima med høg nedbørssum synes å være fordelaktig for å kunne bygge opp store karbonreserver i jorda (Bruun & Frank 1994). I en litteratursammenstilling fant Johnsen (1992) at gjengroing eller tilplanting på tidligere dyrket mark medførte betydelig økning i karbon bundet i jord, og en studie fra Danmark (Vesterdal et al. 2002) tyder på små forskjeller i C-bindingspotensialet i jord mellom ulike treslag. Om skogbehandlingens langsiktige effekt på jordsmonnets innhold av karbon er det fortsatt usikkerhet (jfr. Nilsen & de Wit 2001, Nilsen under utg.).

I tillegg kommer karbon bundet i den levende vegetasjonen. Ulike vegetasjonstyper har et mer eller mindre utviklet felt og bunnsjikt – av og til også et busksjikt. Noen samletall av overjordisk biomasse fra langsiktige feltforsøk fra Skogforsk (upubl.) med relativ tett tredekning viser:

Røsslyng-blokkebærskog:	225 g/m <sup>2</sup> = 0,225 t/daa
Blåbærskog:	290 g/m <sup>2</sup> = 0,290 t/daa
Lågurtskog	25 g/m <sup>2</sup> = 0,025 t/daa
Krattmyr	150 g/m <sup>2</sup> = 0,150 t/daa

I åpen lyngmark på Østlandet er det registrert en tørrstoffmengde på 1,2 t/daa fordelt med 0,5 t over jorda og nærmere 0,7 tonn i underjordiske deler. For røsslyngtypen angis 1,4 t over bakken og 0,95 t/daa i underjordiske deler, til sammen 2,37 t per daa.

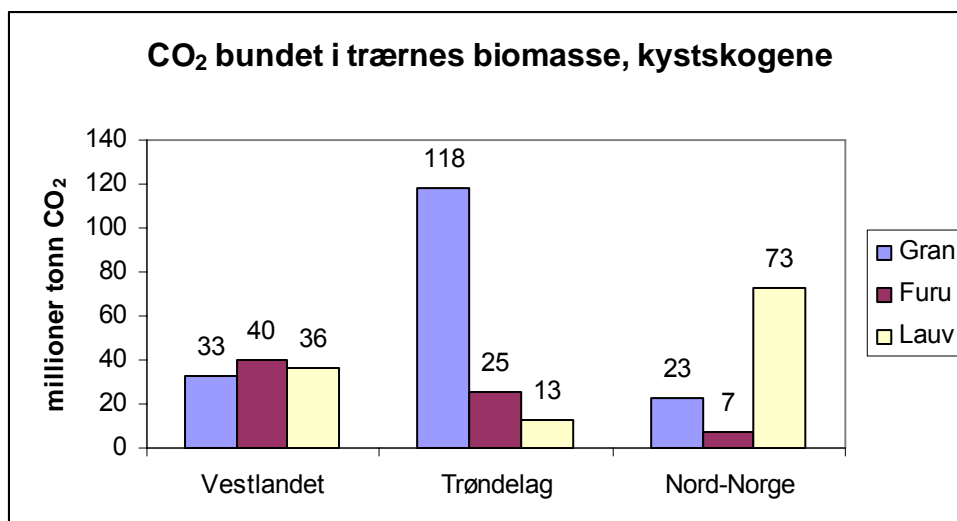
Benytter man et forsiktig anslag på 0,2 t/daa over bakken + 0,2 t/daa under bakken for alle vegetasjonstyper skulle felt- og bunnsjiktet samlet inneholde: 31,3 mill daa x 0,4 tonn/daa = 12,52 mill tonn tørrstoff eller om lag 6,26 mill tonn C. I visse vegetasjonstyper vil også busksjiktet være velutviklet uten at vi har prøvd å kvantifisere dette. For å beregne biomassen og C-innholdet i trærne (nåler/blad, greiner, stamme, stubbe, grovrøtter, finrøtter) benytter man seg av såkalte biomassefunksjoner (Tab. 11), og i Norge har man en tid benyttet funksjoner fra Sverige og Finland. Et begrenset antall av disse er testet for norske forhold.

Tabell 11. Eksempel på biomasseproduksjonen og dens fordeling på komponenter i tre modne bestand på likartet voksested i Vest-Norge (biomasse etter Marklunds funksjoner). SBM angir stående biomasse,  $BM_{\text{middel}}$  angir midlere biomasseproduksjon. For bjørk blir ikke alle komponenter beregnet via funksjoner (-).

	<b>Gran, G20, 65 år</b>	<b>Bjørk, B14, 70 år</b>	<b>Furu, F11, 90 år</b>
Volum (m <sup>3</sup> per daa)	45,3	16,5	21,9
Vedbiomasse (t/daa)	17,5	7,8	7,6
Barkbiomasse (t/daa)	1,6	1,3	0,6
Bladbiomasse (t/daa)	2,4	-	0,6
Lev. greiner (t/daa)	4,3	2,7	1,9
Døde greiner (t/daa)	0,4	0,1	0,3
Stubbe (t/daa)	2,1	-	1,1
Grovrøtter (t/daa)	4,2	-	1,9
Finrøtter (t/daa)	1,1	-	0,7
SBM (t/daa)	33,6	11,9	14,7
$BM_{\text{middel}}$ (t/daa/år)	0,83	0,25	0,25

For trærnes biomasse er det i eksemplet over estimert at i plantefelt med gran bindes det over et omløp om lag 0,83 t/daa med tørrstoff eller 0,4 tonn karbon per daa og år. Med furu- eller lauvskog er bindingen over omløpet på ca. 30% av tilsvarende i granplantefeltene. Trekker man inn biomasse i busk-, felt- og bunnsjikt er biomasseproduksjonen i lauv- og furuskogen på 1/3 av i granskogen. Bestokningen for granskogen etter 60 år har vi her satt lavt, mens kubikkmassen for lauv- eller furubestanden er optimistisk bedømt. Eksemplet over indikerer at C-lagringen i biomasse i granskogen sml. med lauv- og furuskog følger de forskjeller som er funnet i våre vekst- og produksjonsundersøkelser.

Ved bruk av siste landsdelstall fra Landsskogtakseringen (Skog 2007) samt finske funksjoner for boreal skog (Lethonen et al. 2004) har vi estimert at kystskogene per i dag har bundet om lag 367 mill tonn CO<sub>2</sub> (Fig. 15). Tallstørrelsen ligger, om man venter for areal, i samme størrelsesorden som tidligere er estimert i de nasjonale oppgavene (Kjønaas et al. 2001, Rypdal et al. 2005).



Figur 15. CO<sub>2</sub> bundet i stående trær i kystskogen fordelt på dominerende treslag. Kun produktive skogarealer er inkludert (og Finnmark er ikke tatt med). Tallgrunnlag: Skog 2007. Biomasseberegning etter Lethonen et al. 2004.

Samlet sett er det største karbonlageret å finne for de store arealgruppene, bl.a. med granskog i Trøndelag (6 mill daa) samt for lauvskogen i Nordland (7 mill daa). I forhold til areal fremstår de ca. 1,6 mill daa med granskog på Vestlandet med den klart størst arealeffektiviteten som C-lager og har så langt bundet om lag 33 mill tonn CO<sub>2</sub>.

For å omregne fra CO<sub>2</sub> til ren karbon kan man benytte en divisorfaktor på 3,6666. Karboninnholdet for trærne på kysten blir da 100 mill tonn C eller 0,10 Gt. Sammenlignet med medianverdien for C-innhold i jord ser vi at karboninnholdet i skogsjorda er om lag 4 ganger høyere enn i trærnes biomasse. Samtidig må man ha i mente at dette karbonet fremstår i ulike fraksjoner som man bare delvis kan påvirke gjennom tiltak som for eksempel skogbruk (Dalen 2008). Estimert av innholdet i felt- og bunnsjikt utgjør om lag 6 % av det som finnes i trærne og betyr samlet sett lite som lager, men kan ha relativ større betydning i forhold til sirkulasjon og årlig omsetning.

## Hvor stor er den årlige C-bindingen i kystskogen?

Et estimat for C-bindingen i levende biomasse får man ved å benytte netto tilveksttall (brutto tilvekst – hogst) for kystfylkene og multiplisere tallet med den såkalte bindingseffekten per kubikkmeter trevirke. Den nettotilvekst som her er beregnet for kysten gjelder uten naturlig avgang. Undersøkelser har vist at for å produsere 1 kubikkmeter med trevirke forbruker man om lag 1,5-1,6 tonn med CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, relativt uavhengig av bestandets alder (Lethonen et al. 2004). For de ulike landsdeler er estimatene for det som er bundet i skogens biomasse (både over bakken og i røtter) vist i tabell 12.

Tabell 12. Tilveksttall (Skog 2007) og hogst (mill m<sup>3</sup>) for ulike landsdeler basert på Landsskogtakseringens og SSB (2005) oppgaver.

	Vestlandet	Trøndelag	Nord-Norge	"Kysten"
<b>Bruttotilvekst*</b>	3,436	2,334	1,565	7,335
<b>Hogst*</b>	0,310	0,789	0,210	1,309
<b>"Nettotilvekst"</b>	3,126	1,545	1,355	6,026
<b>CO<sub>2</sub>-binding</b>	<b>4,7 mill tonn</b>	<b>2,3 mill tonn</b>	<b>2,0 mill tonn</b>	<b>9,0 mill tonn</b>

\*Bruttotilvekst er kubikk under bark. Vi forutsetter at barkvolumet balanserer hjemmeforbruket.

Trærne i kystsonen akkumulerer årlig 9 mill tonn med CO<sub>2</sub>. I tillegg kan man forvente at det skjer en viss akkumulering av C i jordsmonnet gjennom nedbrytning av død ved, humusoppbygging etc. Per i dag tilføres arealene på kysten i overkant av 1 mill m<sup>3</sup> årlig som død ved (Skog 2007;91).

## Hvor stor C-binding kan man oppnå?

Dette spørsmålet er ikke enkelt å svare på fordi det knytter seg flere forutsetninger til regnestykkene herunder fremtidig arealutvikling, treslag- og hogstklassefordeling, skogskjøtsel og avvirkningsstrategier. Sentralt er også den tiden som trengs og de investeringer som må til for å få gjennomført satsingene.

La oss forenklet forutsette at Tab. 13 representerer dagens situasjon – det såkalte 0-alternativet (Alt 1).

Alternativ 1+ representerer en "lite offensiv" karbonlagringspolitikk uten vektlegging av potensialet med økt C-bindingen i kystskogene de kommende 60 år. Derimot øker hogstaktiviteten i tråd med de forventningene sektoren har. Tiltakene er:

- Hogsten øker moderat fra dagens nivå for Trøndelag og mer enn dobles for Vestlandet og Nord-Norge.
- Arealenes produksjonsevne utnyttes i begrenset grad, man velger stort sett å vedlikeholde de kulturskogarealer som allerede er etablert.
- Det gjennomføres ingen form for treslagsskifte og man lar gjengroingen skje uten vesentlige skogskjøstiltak. Kulturskogarealet opprettholdes på dagens nivå i antall dekar.
- Produktivt skogareal vokser fra 31,2 til ca. 36 mill daa (jf. kapittel 1).

Tabell 13. Tilveksttall og hogst (mill m<sup>3</sup>) for ulike landsdeler. Karbonbinding etter alt. 1+.

	<b>Vestlandet</b>	<b>Trøndelag</b>	<b>Nord-Norge</b>	<b>"Kysten"</b>
Bruttotilvekst	3,9	2,8	1,9	8,6
Hogst	0,8	0,9	0,5	2,2
"Nettotilvekst"	3,1	2,1	1,4	6,4
<b>CO<sub>2</sub>-binding</b>	<b>4,7 mill tonn</b>	<b>3,2 mill tonn</b>	<b>2,1 mill tonn</b>	<b>10,0 mill tonn</b>

Fra Tab. 13 ser man at selv med liten eller ingen satsing på C-binding i kystskogene vil opptaket i treaktig vegetasjon øke til om lag 10 mill tonn CO<sub>2</sub> per år over de kommende tiårene. En rimelig stor hogstøkning fra dagens nivå er da lagt inn som forutsetning. I tillegg vil man få effekten på jordsmonnet ved at nærmere 5 mill daa overføres til skogsmark (i dag snaumark, hagemark, lynghei, andre arealer). Effekten av dette har vi ikke prøvd å beregne. Ved at man substituerer oljeprodukter med biobrensel samt benytter langvarige treprodukter i byggebransjen vil den reelle effekten kunne bli adskillig større enn biomasseopptaket alene tilkjenner. Heller ikke disse effektene har vi forsøkt å presentere noe samlet regnestykke for.

Alternativ 2 representerer en noe mer offensiv tilnærming – "moderat satsing" - i forhold til C-binding i kystskogen og hvor satsingen består i:

- Hogsten holdes på dagens nivå for Trøndelag og dobles for Vestlandet og Nord-Norge
- Kulturskogfeltenes areal utvides ut og dekker til sammen 2,5 mill på Vestlandet og 1,5 mill i Nord-Norge samt nye 0,25 mill daa i Trøndelag.
- Gjengroingsarealer med gode driftsforhold tas i aktiv bruk hvorav 1/3 underlegges aktiv skogskjøtsel. Produktivt skogareal vokser fra 31,2 til 36 mill daa.

Tabell 14. Tilveksttall og hogst (mill m<sup>3</sup>) for ulike landsdeler. Karbonbinding etter alt 2.

	<b>Vestlandet</b>	<b>Trøndelag</b>	<b>Nord-Norge</b>	<b>"Kysten"</b>
Bruttotilvekst	4,6	3,1	3,0	10,7
Hogst	0,8	0,9	0,5	2,2
"Nettotilvekst"	3,8	2,2	2,5	8,5
<b>CO<sub>2</sub>-binding</b>	<b>5,7 mill tonn</b>	<b>3,3 mill tonn</b>	<b>3,8 mill tonn</b>	<b>12,8 mill tonn</b>

Fra Tab. 14 ser man at effekten av denne satsingen blir en ekstra binding på ca. 3,8 mill tonn CO<sub>2</sub> per år. For alternativ 1+ og 2 vil det ta anslagsvis 20-30 år før man når opp i en nettobinding i den størrelsesorden som her er antydnet. Årsaken er først og fremst den at en kulturskogsatsing nødvendigvis vil måtte foregå over flere tiår.

Alternativ 3 representerer en "meget offensiv karbonbindingspolitikk" i retning en betydelig andel "klimaskoger" og hvor satsingen omfatter:

- Hogsten holdes på dagens nivå for Trøndelag og doubles for Vestlandet og Nord-Norge
- Skogskjøtselen innrettes slik at man forutsetter omforming av produksjonsskogene til en normalskogmodell og at produksjonsevnen utnyttes optimalt (full produksjonskapasitet).
- Treslagsskifte og kulturskog på til sammen 7,5 mill daa, ca. 19 % av det produktive skogarealet på kysten (økning til 5,0 mill daa på Vestlandet, 2,0 mill daa i Nord-Norge og 0,50 mill daa i Trøndelag). Dette vil kunne gi en forventet langsiktig tilvekstøkning opp til ca. 13,1 mill m<sup>3</sup>.
- Alle gjengroingsarealer tas i aktiv bruk og hvor alle slike arealer underlegges en offensiv skogbehandling for å optimalisere C-binding. Produktivt skogareal vokser fra 31,3 til 40 mill daa.

Tabell 15. Tilveksttall og hogst (mill m<sup>3</sup>) for ulike landsdeler. Karbonbinding etter alt 3.

	<b>Vestlandet</b>	<b>Trøndelag</b>	<b>Nord-Norge</b>	<b>"Kysten"</b>
Bruttotilvekst	6,1	3,5	3,5	13,1
Hogst	0,8	0,9	0,5	2,2
"Nettotilvekst"	5,3	2,6	3,0	10,9
<b>CO<sub>2</sub>-binding</b>	<b>8,0 mill tonn</b>	<b>3,9 mill tonn</b>	<b>4,5 mill tonn</b>	<b>16,4 mill tonn</b>

I Tab. 15 ser man at effekten av en meget omfattende satsing på kultivering av gjengroingsarealene på kysten, parallelt med at eksisterende arealer holdes i hevd, vil kunne medføre et ekstra bindingspotensial på 7,4 mill tonn CO<sub>2</sub> per år, på toppen av de om lag 9 mill tonn CO<sub>2</sub> som bindes per i dag. En slik stor satsing vil nødvendigvis måtte ta tid, og forventede effekter er at bindingspotensialet gradvis bygges opp fra 9,0 og til 16,4 mill tonn CO<sub>2</sub> per år over et tidsintervall på ca. 60 år.

Island er blant de land i Nord-Europa som for tiden fører den mest aktive skogreisningspolitikken – med et entydig mål også om å øke C-lagringen i Islands skoger. I 2005 var beregnet opptak i skogene på ca. 100 000 t CO<sub>2</sub>, og man forventer at denne frem til 2015 gjennom tilplanting gradvis kan øke til mellom 180 og 300 000 t CO<sub>2</sub> (Sigurdsson et al. 2005).

Sentralt i forkant av en eventuell satsing er det at det legges opp realistiske og faglig godt funderte planer for hvordan ulike interesser skal balanseres. Det vil trolig, med omfattende nyplanting på kulturmark, også være slik at kulturskogsatsingen vil kunne komme i konflikt med eksisterende miljømål og gjeldende standarder for et bærekraftig skogbruk. Det anbefales derfor at en plan for norske klimaskoger underlegges en bred og grundig faglig gjennomgang, som basis for politiske og arealmessige avveininger.

## Referanser

- Bruun, F.R & Frank, J. 1994. Effekter av ulike skogskjøtseltiltak på karbonstatus i jord. *Aktuelt fra skogforskningen* 11, 1-21.
- Dalen, L. 2008. Skogskjøtsel for økt karbonbinding. Web-artikkel [[www.skogoglandskap.no/fagartikler/2008/skogskjotsel\\_for\\_karbonbinding](http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2008/skogskjotsel_for_karbonbinding)].
- De Wit, H. & Kvindesland, S. 1999. Carbon stocks in Norwegian forest soils and effects of forest management on carbon storage. *Rapp. Skogforskningen. Supplement* 14, 52 s.
- Johnsen, D.W. 1992. Effects on forest management on soil carbon storage. *Water Air Soil Poll* 64, 83-120.
- Kjønaas, J.O., Aalde, H., Dalen, L., De Wit, H. A., Eldhuset, T., & Øyen, B.-H. 2001. Carbon stocks in Norwegian forested systems. Preliminary data. *Biotechnol. Agron. Sos. Environ.* 4(4): 311-314.
- Lehtonen, A., Makipaa, R., Heikkinen, J., Sievanen, R. and Liski, J., 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *Forest Ecology and Management* 188(1-3): 211-224.
- Nilsen, P. & de Wit, H. 2001. Binding og frigjøring av karbon i skog – virkningen av ulike tiltak. *Aktuelt fra skogforskningen* 6/01, 47-49.
- Rypdal, K., Bloch, V., Flugsrud, K., Gobakken, T., Hoem, B., Tomter, S. & Aalde, H. 2005. Emissions and removals of greenhouse gases from land use, and land use change and forestry in Norway. *NIJOS-rapport* 11-2005.
- Sigurdsson, B.D., Snorrason, A., Kjartansson, B. & Jonsson, J.A. 2005. Total area of planted forests in Iceland and their carbon stocks and fluxes. *AFFORNORD. Proceedings. Reykholt, Iceland*, 198-205.
- Vesterdal, L., Ritter, E., & Gundersen, P. 2002. Changes in soil carbon following afforestation on former arable land. *For. Ecol. Manage.* 169, 137-147.