

Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave)



Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave)

Magni Olsen Kyrkjeeide, Jesamine Bartlett,
Graciela M. Rusch, Hanno Sandvik & Jenni Nordén

Norsk institutt for naturforskning

Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave). NINA Temahefte 76b

Kyrkjeeide, M.O., Bartlett, J., Rusch, G., Sandvik, H. & Nordén, J.
2020. Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave). NINA
Temahefte 76b. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, mai 2020

ISSN: 2535-6526

ISBN: 978-82-426-4605-7

REVISJONER

Dette temaheftet erstatter NINA Temahefte 76. Opplysningene om
karbonregnskap på side 32 er korrigert.

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Signe Nybø, NINA

ANSVARLIG SIGNATUR

Kristin Thorsrud Teien, NINA (forskningsjef)

GRAFISK FORMGIVING

Kari Sivertsen, NINA

FOTO

Omslag: Siri Lie Olsen

KONTAKTOPPLYSNINGER

Norsk institutt for naturforskning (NINA)
Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim
Telefon 73 80 14 00
<http://www.nina.no>

Innhold

Innhold	3
Forord	5
Innledning	7
Karbon i norske økosystemer	9
Skog	11
Fjell	15
Åpent lavland.....	19
Våtmark	23
Økosystemer i vann.....	27
Klimatiltak og -tilpasning & beskyttelse av naturmangfold og naturgoder	31
Naturkur	37
Kunnskapsbehov	39
Les mer her	40



Foto: Magni Olsen Kyrkjeide

Forord

Dette temaheftet er et norsk sammendrag av NINA Rapport 1774b, som ble utarbeidet på oppdrag fra WWF Norge. Hovedrapporten oppsummerer kunnskap om karbonlager og karbonfangst i norske økosystemer. Vi evaluerer kapasiteten for karbonlager og -fangst i norske økosystemer og hvordan menneskelige og naturlige faktorer påvirker denne kapasiteten. Videre har vi omtalt hvordan tiltakene i Klimakur 2030 kan påvirke karbonbalansen i norske økosystemer og hvordan en tilnærming til tiltak bør inkludere en naturkur. En slik tilnærming vil sikre at vi også innfrir internasjonale mål og forpliktelser for å ivareta naturmangfold og naturgoder.

Takk til Anne Olga Syverhuset og Juliet Landrø (NINA) for hjelp med den norske oversettelsen og sammendraget av rapporten.

Trondheim, april 2020

På vegne av prosjektgruppa,
Magni Olsen Kyrkjeeide



*Åpent lavland, skog, granplantasje, dyrket mark og alpine økosystemer i Balsfjord, Troms.
Foto: Magni Olsen Kyrkjeeide*

Innledning

Karbonsyklusen er kretsløpet til karbon, som sirkulerer mellom jordsmonn, vann, atmosfæren og organismer som planter, alger og jordboende nedbrytere. Menneskelig aktivitet påvirker denne syklusen gjennom økt utslipp av karbondioksid (CO₂) til atmosfæren fra bruk av fossil brensel og fra arealinngrep. Økt utslipp har ført til global oppvarming, og det er forventet at temperaturen vil fortsette å øke med mindre utslippene kuttes drastisk. Gjennom Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å kutte utslippene og øke opptaket av CO₂ fra atmosfæren.

Ivaretagelse av økosystemer er den mest effektive og billigste løsningen for å lagre og øke opptaket av karbon. Totalt er det lagret 43,5 terratonn karbon i planetens økosystemer. Det er antatt at 80 % av karbonet som er bundet opp på land, er bundet opp i jordsmonnet. Dette er tre ganger mer enn i atmosfæren. For å bremse klimaendringene, er det nødvendig å stanse naturødeleggelser som fører til utslipp av klimagasser - spesielt fra jordsmonn. Det er også nødvendig med tiltak som bevarer og øker opptaket av karbon i økosystemene.

Denne rapporten er en oppsummering av eksisterende kunnskap om karbon i norske økosystemer. Den gir en oversikt over det store potensialet norske økosystemer har for karbonfangst og -lagring. Vi omtaler også hvordan Norges forslag til tiltak som skal redusere klimagassutslipp (Klimakur 2030), vil påvirke naturmangfold, og hvordan klimaendringer og ulik forvaltning av natur kan gi høyere eller lavere karbonutslipp fra økosystemer. Vi foreslår at det utredes en klima- og naturkur, hvor tiltak for klimatilpasning og bevaring av naturmangfold og naturgoder ses i sammenheng, gir synergier og forsterker hverandre.

Sentrale begreper og enheter

NINA har i denne rapporten brukt følgende inndeling av hovedøkosystemer: skog (121 000 km²), fjell (107 000 km²), åpent lavland (18 000 km²), våtmark (28 000 km², ekskludert 13 000 km² sumpskog) og økosystemer i vann (ferskvann (20 000 km²) og kyst).

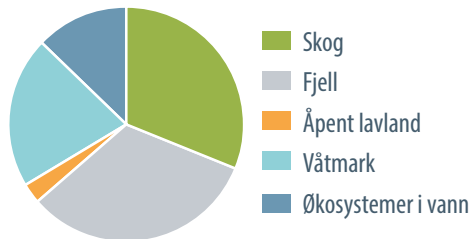
Fotosyntese er prosessen hvor organismer med klorofyll bruker lys for å omdanne CO₂ fra atmosfæren og vann til oksygen og organiske forbindelser. Dette skjer i hovedsak i planter. Respirasjon er prosessen hvor oksygen og organiske forbindelser forbrennes og omdannes til CO₂ og vann. Karbonfangst er prosessen hvor karbon tas opp fra atmosfæren og lagres. Karbonlager er en oppsamling av karbon som er midlertidig tatt ut av karbonsyklusen. I naturen består karbonlager av organiske former av karbon. Klimagasser er alle gasser som påvirker klimaet, for eksempel CO₂, lystgass (N₂O) og metan (CH₄). Effekten disse gassene har på global oppvarming, omregnes ofte til CO₂-ekvivalenter. Enheten tilsvarer effekten av en gitt mengde CO₂.

Tabell 1. Omregning av ulike måleenheter for karbonfangst og -lager. Forskjellige enheter brukes i ulike sammenhenger når det refereres til mengde karbon. Mengder (masser) kan være angitt i gram (g) eller tonn (t) med ulike prefiks. Når omregningsfaktoren er forskjellig fra 1, er den gjengitt med fet skrift og den alternative enheten skrevet i kursiv.

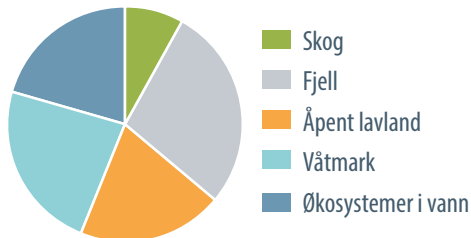
Enhet	Betydning	Alternativ enhet	Omregning
Mg	megagram	tonn	1 Mg = 10 ⁶ g = 1 t
Gg	gigagram	kilotonn	1 Gg = 10 ⁹ g = 10 ³ t = 1 kt
Tg	teragram	megatonn	1 Tg = 10 ¹² g = 10 ⁶ t = 1 Mt
Pg	petagram	gigatonn	1 Pg = 10 ¹⁵ g = 10 ⁹ t = 1 Gt
Eg	exagram	teratonn	1 Eg = 10 ¹⁸ g = 10 ¹² t = 1 Tt
g m ⁻²	gram per kvadratmeter	<i>kilogram per hektar</i>	1 g m ⁻² = 10 kg ha ⁻¹ = 1 t km ⁻²
kg m ⁻²	kilogram per kvadratmeter	<i>tonn per hektar</i>	1 kg m ⁻² = 10 t ha ⁻¹ = 1 kt km ⁻²
Gg år ⁻¹	gigagram per år	<i>tonn per dag, gram per sekund</i>	1 Gg år ⁻¹ ≈ 2.7 t d ⁻¹ ≈ 32 g s ⁻¹
g C	gram karbon	<i>gram CO₂</i>	1 g C ≈ 3.67 g CO ₂
g CO ₂	gram CO ₂	<i>gram karbon</i>	1 g CO ₂ ≈ 0.273 g C

Karbon i norske økosystemer

Figurene viser grove beregninger av karbon lagret i norske økosystemer basert på tall i denne rapporten.



Figur 1. Totalt karbon lagret i norske økosystemer.



Figur 2. Karbon i norske økosystemer i Gg C per km².



Foto: Jenni Nordin

Skog

Skog dekker 38 % av Norges landareal. Produktiv skog med en tilvekst på $> 1 \text{ m}^3$ per ha per år dekker 27 % av landarealet, og skog med lavere produktivitet utgjør resten av arealet. Dersom også fjellbjørkeskog inkluderes, utgjør skog 44 % av landarealet. Kun 2,5 % av den produktive skogen i Norge er eldre enn 160 år. Hele 60 % av alle arter kjent for Norge og 48 % av de truede arter i Norge, er knyttet til skog. De dominerende treartene i Norge er gran (*Picea abies*), furu (*Pinus sylvestris*) og bjørk (*Betula pubescens*). De kan bli henholdsvis 300–500, 500–700 og 150 år gamle. Sør i Norge kan også eik (*Quercus* sp.) danne skoger, og individer av eik kan bli opp mot 1000 år gamle. Et dødt tre kan bli stående lenge før det faller. For eksempel kan furu bli stående i inntil 500 år, og selv etter at det har falt, kan det ta flere tiår før treet brytes ned fullstendig.

Karbon i skog

Trær tar opp store mengder karbon i løpet av sin livstid. Karbonet fordeles fra treets røtter til sopp i jordsmonnet som lever i symbiose med trerøtter, og over tid bygges det opp et stort karbonlager i bakken. I tillegg tilføres karbon til jordsmonnet i skog i form av dødt organisk materiale fra trær og andre planter, sopp, dyr og bakterier. Noe karbon slippes ut i atmosfæren ved nedbrytning, mens det resterende karbonet bygger opp karbonlageret over tid. En rekke faktorer påvirker skogens karbonlagring. Den er størst i gamle skoger, fordi karbonlageret øker med tiden gjennom oppsamling av karbon. Karbonlageret er også høyere i skog med flere trearter og ved høyere temperatur og næringsinnhold i jord. I tillegg er karbonlageret høyere i fuktig enn tørr skog.

Boreal skog inneholder det største karbonlageret på land, både globalt og i Norge. Dette skyldes høyt karboninnhold i trærne, som også skaper det store karbonlageret i jordsmonnet i skogen. Det er lagret 3–4 ganger mer karbon i jordsmonnet enn i biomassen av trær og andre planter over bakken. Dette stemmer med globale estimater som viser at 80 % av skogkarbon er lagret under bakken. Karbonlageret i levende trær i Norge er estimert til 0,5 Pg C. Globale estimater viser at jordsmonnet i boreal skog som er eldre enn 200 år i snitt, inneholder mer enn 20 kg C per m^2 , mens skog som er 71–120 år inneholder omtrent 10 kg C per m^2 . I Norge er karbonlageret i jordsmonn i skog ned til 1 meter dybde estimert til totalt 1,83 Pg

C, noe som tilsvarer 15 kg C per m². Dette er høyt tatt i betraktning at produktiv skog i Norge er mindre enn 120 år gammel, noe som skulle tilsi et lager på 1,2 Pg C. Før intensiveringen av skogbruket startet, var karbonlageret antakeligvis 2,4–3,6 Pg C.

Skog er estimert til å stå for en stor andel av karbonopptaket på land i Norge, delvis fordi skog dekker et stort areal, men også fordi opptaket er mye høyere enn i andre økosystemer (49 g C per m² per år). Hoveddelen blir tatt opp av trær, mens en mindre andel tas opp i bakken. Det er antatt at opptaket avtar med alderen på treet, fordi netto opptak blir mindre. Men fordi eldre trær og jordsmonn fortsetter å ta opp mer karbon enn de slipper ut, vil den totale mengden i økosystemet øke over tid. Dette gjør at eldre trær er svært viktige for karbonfangst.

Faktorer som påvirker karbonbalansen i skog

Skogbruk foregår først og fremst i produktiv skog. Siden 1920 har Norge tredoblet tømmervolumet til 900 millioner m³, og skogbruksindustrien sysselsetter 25 000 mennesker. Skog hogges når trærne er mellom 60 og 120 år gamle, altså mye tidligere enn trærnes potensielle alder. I Norge blir 91 % av den produktive skogen høstet ved flatehogst. I flatehogst fjernes mesteparten av biomassen fra skogen, noe som hindrer tilførsel av karbon til jordsmonnet, slik at hogstflater istedenfor slipper ut karbon i 10–20 år etter hogst. Markberedning i etterkant av hogst forbedrer tilveksten av nye trær, men øker utslippene fra jordsmonnet. Næringsstoffer kan vaskes ut og føre til lavere produktivitet på sikt. Tiltak for mer bærekraftig bruk er innført, og både levende og døde trær blir i større grad etterlatt ved hogst i dag. Allikevel er mengden karbon lagret i produktiv skog mye lavere enn i naturskog.

Tømmer og hogstavfall fra skogbruk blir i økende grad brukt i bioenergi, som har til hensikt å redusere utslippene sammenlignet med fossilt brensel. På lang sikt kan det ha en effekt, selv om det er knyttet betydelig usikkerhet til modellene som viser dette. På kort sikt ser denne praksisen imidlertid ut til å øke utslippene. Det skyldes blant annet at jordsmonnet forstyrres i stor grad når også stubber høstes, og dermed slipper ut karbon heller enn å lagre det. Tiden det vil ta før mengden karbon som fjernes, igjen er fanget, er estimert til 89–362 år, avhengig av hvor store de fossile utslippene som skal erstattes er. Dette omtales gjerne som «tilbakebetalingstid». Til tross for en eventuell langsiktig effekt, bidrar det kortsiktige utslippet negativt til arbeidet med å nå klimamålene som er satt.

Nitrogen er et begrensende næringsstoff i skog og tilføres derfor i produksjonsskog for å øke veksten. Det er dermed ansett som et klimatiltak. Dette øker karbonfangsten, men kan ha en negativ effekt på jordprosesser. Dette fordi det fører til forsuring av jordsmonnet, som igjen kan gi tap av næringsstoffer og dermed lavere vekst på sikt. Nitrogen har også negativ effekt på mikrosamfunnet i jorda, og fører til lavere biologisk mangfold i skog. Dette kan igjen påvirke karbonsyklusen. Mikrobiell biomasse, så vel som karboninnholdet i biomassen, reduseres med nitrogentilsetning. Langtidseffekten som endret artssammensetning i jordsmonnet kan ha på naturgoder og økosystemfunksjoner, er dårlig kjent.

Trevekst er forventet å øke med varmere klima og forlenget vekstsesong. Dersom gjennomsnittstemperaturen øker med 2°C innen 100 år, kan opptaket av karbon i levende trær øke med 75 %, fra 4 til 7 Tg C årlig. Varmere klima kan også føre til kortere levetid for trær og dermed lavere potensial for karbonfangst. Samtidig kan klimaendringer med høyere temperaturer og endret nedbørsmønster gi økning av uønskede skadedyr og sykdomsutbrudd i skog. Tørke vil øke faren for skogbrann. Mikrobiell aktivitet er forventet å øke med høyere temperaturer, noe som øker hastigheten på nedbrytning og dermed frigjør mer karbon. Det er utfordrende å forutsi fremtidig karbonfangst i skog, fordi det avhenger av sammensetningen og mangfoldet av arter som står for nedbrytningen, og dette påvirkes igjen av kombinasjonen av varmere klima, skogbruk, forurensing og endret arealbruk.

Blandingsskog med høy produksjon og mye død ved i ravinelandskap i Berg naturreservat, Viken. Foto: Siri Lie Olsen





Foto: Siri Lie Olsen

Fjell

Alpine områder utgjør 33 % av arealet i Fastlands-Norge, inkludert 1 % av fastlandet som har permanent isdekke. Vi deler disse områdene over tregrensen inn i ulike bioklimatiske soner: lav- og mellomalpin sone (typisk 1000–1450 moh.) og høyalpin sone (over 1450 moh.). I tillegg omtaler vi kryosfæren som har permanent dekke av snø, is eller permafrost.

Karbon i fjell

Globalt har økosystemer i fjell og på tundra høye verdier av organisk karbon i jord, med ca. 22 kg C per m², i stor grad på grunn av lagringskapasiteten til palsmyr (myr med permafrost). Noen studier viser at det er relativt lite karbon i jord i lavalpine områder. I Norge er 256 Tg lagret i fjelløkosystemer dominert av busker, 351 Tg i alpin hei og 101 i englignende vegetasjon. I kryosfæren er usikkerheten svært stor, og estimatet ligger mellom 0,01 og 90 000 GgC.

Beregninger av karboninnholdet i isbreer og permafrost er fortsatt på et tidlig stadium, og kaskadeeffektene av oppvarming er fortsatt dårlig forstått.

Global oppvarming fører til at karbonlageret i permafrosten blir mindre, fordi organisk materiale smelter og brytes ned. Dette frigjør karbon. Det er estimert at de tre øverste meterne med skandinavisk permafrost vanligvis inneholder 57,5 kg C per m². Det tilsvarer omtrent 750 Tg karbon for Norge. Den vanligste dybden av norsk permafrost er 42,5 m², men mesteparten av karbonet er i de øverste meterne, som også er mest utsatt for oppvarming. Det er beregnet at et landskap med permafrost har en respirasjonsrate på 3,3 C per m² per år, målt i juli. Det tilsvarer en respirasjon på nesten 16 Tg C per år.

Faktorer som påvirker karbonbalansen i fjell

En stor andel av de større verneområdene i Norge er i fjell. I overkant av 30 % av fjellområdene er beskyttet gjennom områdevern. Den største trusselen for fjellområder er veksten av fritidsboliger. Fysiske forstyrrelser i lavalpine områder med fritidsboliger vil trolig føre til at områdene vil slippe ut mer karbon enn de tar opp. Vi har beregnet at fritidsboliger fortrenger omtrent 574 Gg karbon som har vært lagret i lavalpin jord; beregningen er gjort med et forbehold om at alle fritidsboligene er bygget i fjellet. I tillegg kommer et tap av karbonopptak på 80 Gg C per år som en følge av at vegetasjonen fjernes (som leder til minsket primærproduksjon).

Store beitedyr kan endre karbonlagrene ved at de endrer plantesamfunnene, for eksempel ved å redusere antallet trær og busker. Lav- og mellomalpin sone er mest påvirket av beite. Selv med liten tetthet kan sauer redusere rekruttering av trær, og der beiting opphører, kan tregrensen flytte seg oppover. Det betyr at når beite opphører, øker karbonlageret i norske fjelløkosystemer. At trær og busker koloniserer alpine heier, kan imidlertid minke mengden karbon som lagres under bakken.

En av de viktigste forsterkende effektene på klimaendringer i polare og alpine områder, er endringer i overflatealbedo som følge av redusert snø- og isdekke og mer vegetasjon. Albedo er et mål på hvor mye solstråling en overflate reflekterer. Høy albedo gir avkjølende effekt. Snø og is reflekterer mye og har en høy albedo, mens bar bakke og vegetasjon absorberer mye av solstrålene og har en lav albedo. Når det blir varmere og kryosfæren smelter, vil overflaten raskere varmes opp. Dette fører til at smelting og vegetasjonsvekst kan gå enda raskere. Ulike vegetasjonstyper har ulik albedo, og når tundra erstattes av skog, vil det bli mindre albedo og oppvarmingen gå raskere.

En av de største effektene av klimaendringer på karbonbudsjettet i fjellområder og i Arktis, er gjengroing av busker. Dette skyldes at den globale oppvarmingen forlenger vekstsesongen og gjør at busker forflytter seg oppover i fjellet. Dette vil øke karbonopptaket med 100 Tg C mellom 2020 og 2050 i Norge. Men samtidig viser modeller at karbonlagrene i permafrost reduseres tilsvarende 700 Tg C, noe som vil utligne den økte karbonlagringen fra buskvekst. I tillegg kan økt buskvekst redusere karbon i jord, fordi alpine enger har mer karbon i jorda

enn i områder med busker. Redusert albedo som en følge av buskvekst gjør bildet enda mer komplisert, men vil trolig øke regional oppvarming.

Siden 2000 har norske isbreer krympet betydelig, og vi har et kontinuerlig tap av karbon og karbonlagringskapasitet etter hvert som isen minker. Karbonlagrene i isbreer på fastlandet i Norge er relativt lave sammenlignet med lagrene i permafrosten på tundraen. Effekter nedstrøms for breene, som jordras og flom, vil imidlertid slippe ut karbon, og tap av isdekke vil føre til reduksjon av permafrost under isbreene. I tillegg vil vekst av vegetasjon på nylig isfrie områder føre til økt karbonopptak og lagring på lang sikt.

Grasrabbe i fjellet. Foto: Siri Lie Olsen





Foto: Siri Lie Olsen

Åpent lavland

Åpent lavland inkluderer naturtyper under tregrensa som ikke har trær. Kulturmarkseng (slåtte- og beitemark) og kystlynghei er eksempler på naturtyper der etablering av trær hindres gjennom skjøtsel som beite eller slått. Kystlynghei blir også vedlikeholdt gjennom brann hvert 25.–40. år som holder etableringen av lyngvekster nede og næringsinnholdet oppe. Naturlig åpne naturtyper er ras- og skredmark.

Vegetasjonen i åpne naturtyper er ofte artsrik, fordi konkurransesvake arter slippes til. Dette gjelder særlig mange blomstrende planter. Disse naturtypene er derfor viktige for en rekke andre arter som pollinatorer, vesentlige for matproduksjon og ettertraktet som rekreasjonsområder. Åpent lavland finnes i hele landet, men arealet er dårlig kartlagt.

Karbon i åpent lavland

Karbon lagres i hovedsak i jordsmonnet i naturtyper som hei og eng, og særlig i eng hvor gress dominerer, fordi gress har mesteparten av sin biomasse i lange, tynne, kortlivede røtter. Disse danner store mengder organisk materiale i jord, som kan inneholde ca. 50 % karbon. Til tross for at biomasse fjernes gjennom beiting eller slått, er disse naturtypene viktige karbonlagre, fordi mesteparten av biomassen samles i jorden. Eng kan i noen tilfeller ha høyere karbonfangst enn skog, med større tilførsel av karbon til jordsmonnet (433 i eng mot 381 g C per m² per år i skog). Karbon lagret i jordsmonnet i eng kan lagres dypere enn i jordsmonnet i skog. Karbonbeholdningen i eng underestimeres ofte fordi den bare beregnes fra det øverste jordlaget. I Norge brukes et estimat på 9,8 kg C per m² for lagring av karbon i eng, noe som også stemmer med beregninger gjort utenfor Norge (7 and 13 kg C per m²).

Karbon i kystlynghei er lite undersøkt, men studier fra hei både langs kysten og fjellet tyder på at naturtypen hei inneholder store mengder karbon i jordsmonnet. Til sammen dekker hei under tregrensa 6800 km², ca. 2 % av landarealet. Basert på verdier av karboninnhold i hei i England, er norske heiøkosystemer estimert til å inneholde ca. 100 Tg C. Podsol, som er en vanlig jordtype i hei, inneholder om lag 17,5–21,1 kg C per m².

Faktorer som påvirker karbonbalansen i åpent lavland

Arealene med åpent lavland er kraftig redusert de siste 100 årene. Store arealer blir ikke lenger holdt åpne ved beite eller slått, og naturtypene gror igjen. Omtrent 1 % er igjen av de opprinnelige slåtteengene i Europa. Norge er unik i den sammenheng, med 2500 lokaliteter hvor skjøtsel opprettholdes, delvis gjennom statlig støtte. Det totale arealet for slåttemark i Norge ligger mellom 500 og 2000 hektar. Uten beite og slått vokser også de semi-naturlige strandengene igjen med hovedsakelig or (*Alnus* spp.). I Europa er omtrent 80 % av arealet med kystlynghei forsvunnet, og i Norge var det kun 10 % av det opprinnelige arealet igjen i 1990. Arealer med kystlynghei gror igjen eller forsvinner som følge av utbygging av infrastruktur og planting av fremmede bartrær. Gjenvekst av busker og trær øker ikke nødvendigvis karbonopptaket i disse naturtypene, fordi den totale mengden karbon i eng og hei kan være høyere enn i skog og krattskog. Karbonlageret i naturtyper i åpent lavland er kraftig påvirket av beite, fordi det ofte endrer vegetasjonen, vegetasjonsdekket og tilførselen av oksygen til jordsmonnet gjennom tråkk. Høyt beitetrykk kan resultere i redusert vegetasjonsdekning og erosjon, som igjen fører til karbontap. Særlig strandenger er sårbare for denne typen påvirkning. Drenering og gjødsling fører til økt plantevekst, men kan også ha negativ påvirkning på karbonfangst i åpent lavland på sikt. I tillegg trues særlig kystnære naturtyper i åpent lavland av fysiske inngrep.

Kulturmarkseng med passe beitetrykk og skjøtsel, er robust som karbonlager, særlig i brannutsatte og tørre områder, men også generelt fordi jorda ikke forstyrres når kontinuerlig vegetasjonsdekning opprettholdes. Forstyrrelser i vegetasjonen ville føre til økt nedbrytning av karbonlageret. Karbonlageret i kulturmarkseng virker også robust ved global oppvarming; målinger av karboninnhold i kulturmarkseng over tid (30–40 år) viser ingen merkbare endringer i karbonlageret til tross for høyere temperatur både i jord og luft. Kystlynghei kan derimot bli påvirket av global oppvarming, fordi høyere temperatur og tørkeperioder øker sjansen for uttørking. Vintertørke er en viktig faktor som påvirker kystlynghei. Karbonlageret kan påvirkes negativt, og faren for brann kan øke under ekstreme tørkeperioder.



Boreal lynghei dominert av røsslyng (*Calluna vulgaris*). Foto: Magni Olsen Kyrkjelde



Foto: Magni Olsen Kyrkjeide

Våtmark

Våtmark er karakterisert av konstant eller periodisk høyt grunnvannsspeil på nivå med markoverflaten og inkluderer blant annet myr, kilder, våteng og sump, med en rekke arter som er tilpasset og knyttet til disse naturtypene. Omtrent 10 % av landarealet i Norge består av våtmark. Myr er den typen våtmark vi har mest av i Norge med ca. 9 % dekning av landarealet. Torvmosene utgjør den viktigste planteslekta i myr. De kan forme sitt eget habitat, holder på vann og bygger torv. Tilveksten er lav, men over tid vokser torvlaget med 1 mm organisk materiale per år, og de dypeste myrene i Norge er 10 meter.

Karbon i våtmark

Våtmark er en overgang mellom land og vann, og karbonsyklusen er derfor kompleks. Atmosfærisk CO₂ tas opp via fotosyntesen og slippes ut via respirasjon, men karbon går også gjennom systemet via vann fra høyereliggende til lavereliggende økosystemer. Fordi vannstanden er høy i våtmarker, er det lav tilgang på oksygen, og våtmarkene er dermed også levested for organismer som slipper ut karbon i form av metan. Høy vannstand og lite oksygen fører også til svært lav nedbrytning i våtmarker. Dermed akkumuleres planter og dyr som ikke er fullstendig nedbrutt over tid og pakkes sammen til karbonrik organisk jord, for eksempel torv, som kan bestå av hele 50 % karbon. På verdensbasis er det beregnet at 500 Pg karbon er bundet opp i døde og levende torvmoser. Selv om myr bare utgjør 3 % av landarealet i verden, er omtrent 20 % av alt karbon i jordsmonn lagret i torv. Karbonlageret i myr kan være enormt, selv på svært små arealer. Karboninnholdet er vanskelig å estimere uten nøyaktige målinger, fordi det varierer med torvtetthet, dybde og areal. I Norge har karbon i myr blitt estimert til 943–1035 Tg C, tilsvarende 50 kg C per m², men estimatet er basert på et mye mindre areal enn myr dekker, så det reelle tallet er nok mye høyere.

Det er stor variasjon i karbonfangst mellom ulike naturtyper av våtmark, og opptaket kan variere mellom 122,6 g C per m² per år i høyproduktive tredekte våtmarkstyper og 26,1 g C per m² per år i åpen myr (19 ± 15 g C per m² per år målt i Norge). Netto opptak av karbon i uberørte myrer i Norge er beregnet til 290 ± 220 Gg C per år, mens det i drenerte myrer er et netto tap av karbon (–50 ± 40 Gg C per år).

Faktorer som påvirker karbonbalansen i våtmark

Den største trusselen for myr i Norge er drenering. I tillegg kommer nedbygging og uttak av torv. Det er nødvendig å bevare den høye vannstanden i våtmark for å opprettholde karbonlageret. Utslipet fra ødelagt myr er estimert til 5,55 Tg CO₂-ekvivalenter årlig. Det tilsvarer 10 % av Norges totale utslipp i 2013. Tallet er basert på et areal på 3618 km², men antakelig er arealet med drenert myr omtrent 7000 km². Det er nødvendig og mulig å restaurere myr. Det gjøres ved å heve vannstanden, for eksempel ved å tette grøfter. Da stanser nedbryting av torv, noe som over tid vil gi netto karbonfangst. Dette er en tidkrevende prosess, og det er mye mer effektivt å hindre nedbygging av myr. Norge har en handlingsplan for restaurering av våtmark, og drenering av våtmark for skogplanting ble forbudt i 2007. En tilsvarende lov ble foreslått for jordbruk i 2019. Stans av nydyrking i myr kan bevare 25 Gg CO₂-ekvivalenter per km² myr som ikke bygges ned.

Klimaendringer vil føre til varmere somre og lengre tørkeperioder i noen områder. Det vil gi uttørking av myrområder. Nedbrytningen i myr kan da øke, og dermed slippes det ut karbon. Allikevel vil store mengder karbon forbli lagret i myr hvis de får stå uberørt. I områder med fortsatt høy og jevn tilgang på nedbør, kan produktiviteten og lagring av karbon øke. Det bør tas med i vurderingen når myr skal restaureres.

Abelstorfmosse (Sphagnum divinum). Foto: Magni Olsen Kyrkjeeide





Foto: Siri Lie Olsen



Foto: Siri Lie Olsen

Økosystemer i vann

Norges kystlinje er mer enn 100 000 km lang. Økosystemet kyst strekker seg inntil én nautisk mil fra land og består av et høyt mangfold av naturtyper fra tareskog til planktonrike vannmasser. Elver og innsjøer i Norge dekker om lag 5 % av landarealet. Til sammen lever 5 000 arter i ferskvannshabitater, hvorav 42 arter fisk, seks arter pattedyr, og mer enn 80 fuglearter er avhengig av disse habitatene.

Karbon i økosystemer i vann

Havet inneholder 93 % av verdens karbonbeholdning (ca. 41 Eg C). Det meste foreligger som oppløst CO₂ dypt i vannmassene (37 Eg C), etterfulgt av havbunnssedimenter (1,8 Eg C), oppløst CO₂ i de overflatenære vannmassene (0,9 Eg C), oppløst organisk karbon (0,7 Eg C) og marine organismer (3 Pg C). Det skjer en kontinuerlig gassutveksling mellom atmosfæren og havet. I førindustriell tid var det et årlig netto utslipp fra havet til atmosfæren (0,7 Pg C). På grunn av menneskeskapte CO₂-utslipp, har dette nå blitt til et årlig netto opptak på $2,3 \pm 0,7$ Pg C. Som en følge av denne reverserte karbonfluksen, har havet tatt opp en tredjedel av det totale CO₂-utslippet siden den industrielle revolusjon og dermed redusert den menneskeskapte drivhuseffekten. Havets karbonopptak skyldes delvis fysiske prosesser (CO₂-ets løselighet i vann) og delvis biologiske prosesser (fotosyntese). Organisk karbon som synker til havbunnen (0,2 Pg C per år), tas permanent ut av karbonsyklusen. Hele 50–70 % av denne permanente karbonlagringen finner sted i den kystnære vegetasjonen, selv om dennes areal kun dekker 0,3 % av havområdene.

Marine naturtyper som mangroveskog, strandenger og ålegrasenger er produktive systemer som fanger karbon, hvorav de to sistnevnte finnes i Norge. Arealene av deres forekomster i Norge er imidlertid så små at de bidrar lite til den totale karbonlagringen. Ålegrasenger i Norge dekker kun 93 km².

Potensialet for karbonfangst i tareskog er langt bedre kjent for norske forhold. Karbonet som blir tatt opp i tare, er estimert til totalt 3,6 Tg C per år. Siden tare vokser direkte på steinbunn, lagres ikke karbon i tareskogen, men en liten prosentdel antas å inngå i bunnssedimenter andre steder. Siden 1950-tallet har nedbeiting gjennom drøbakspiggsvin (*Strongylocentrotus*

droebachiensis) redusert tareskogen med 55 %. Årsakene til sjøpiggsvinets bestandsøkning er dårlig kjent, men én grunn kan være nedgang i predatorer som torsk (*Gadus morhua*). Tare har flere steder reetablert seg langs kysten, og dersom tapet av tarebiomassen kan reverseres, kan norske tareskoger ta opp 4,5 Tg C. Denne prosessen vil ta omtrent 30 år.

Norske elver frakter hvert år 1,7 Tg karbon, som er vasket ut fra jord eller forvitret stein. Innsjøer avgir 730 Gg C per år til atmosfæren, mens 94 Gg C lagres i sedimenter hvert år. De resterende 810 Gg C ender opp i havet. Karbonopptaket i norske innsjøer er på rundt 26 Gg C per år, om lag 30 ganger lavere enn utslippet. I tillegg slipper innsjøer ut metan. Det er derfor et netto karbonutslipp fra innsjøer.

Faktorer som påvirker karbonbalansen i økosystemer i vann

Det er høyt press på kysten av Norge, med omlag 80 % av landets befolkningen bosatt innenfor et område ti kilometer fra kystlinja. I tillegg kommer aktivitet knyttet til de marine områdene langs kysten, som akvakultur, fiskeri, olje- og gassproduksjon og -transport, samt avrenning av næringsstoffer fra land. Klimaendringene påvirker ålegrasenger og tareskoger negativt gjennom økt stormintensitet, mens effekten av økninger i vanntemperaturen kan slå ut positivt for tareskog, fordi sjøpiggsvin påvirkes negativt. Ålegrasenger, strandenger og tareskog bevares best ved å hindre nedbygging og redusere næringstilførselen fra bl.a. oppdrettsanlegg. Tiltak som kan øke karbonopptaket i marine naturtyper, inkluderer gjødsling, kalking og CO₂-injeksjon i dypere vannlag, men effekten av disse tiltakene er høyst usikker, og de er forventet å påvirke biologisk mangfold negativt. Reduserte bestander av sjøpiggsvin for å understøtte gjenveksten av tareskogen, ville derimot ha positive effekter både for det biologiske mangfoldet og karbonopptaket.

Ferskvannsnaturtyper påvirkes av sur nedbør, eutrofiering (økt næringsinnhold med påfølgende oppblomstring av alger og andre organismer) og arealbruksendringer, som for eksempel oppdemming til vannkraft. Disse faktorene påvirker det biologiske mangfoldet i økosystemet. Klimaendringene gir både økt sedimentering av karbon i innsjøer og økt avrenning av karbon til havet. Vannregulering knyttet til kraftproduksjon kan over tid bidra til fangst og lagring av karbon i sedimenter, ifølge noen estimer rundt 1,5 kg CO₂-ekvivalenter per m² per år, noe som er dobbelt så mye som utslippsraten. Derfor kan akkumulering, mudring og fjerning av sedimenter ha en stor påvirkning på karbonbeholdningen i regulerede innsjøer.



Tareskog. © Jonas Thormar / Havforskningsinstituttet



*Plåntefelt og selvsprede individer av den fremmede arten sitkagran på Dønna, Nordland.
Foto: Magni Olsen Kyrkjeeide*

Klimatiltak og -tilpasning & beskyttelse av naturmangfold og naturgoder

Norges innsats for å oppfylle Parisavtalen under klimakonvensjonen

Norske myndigheter har satt i gang med ulike tiltak for å nå klimamålene vi har forpliktet oss til i Parisavtalen under klimakonvensjonen.

Målene er delt inn i tre «søylar» som vil påvirke hele samfunnet vårt: 1) EUs kvotehandels-system (EU ETS), 2) mål for sektorer som ikke er inkludert under EU ETS, som er regulert av innsatsfordelingsforordningen i ikke-kvotepliktig sektor (ESR), og 3) tiltak som retter seg mot arealbruk, endring av arealbruk og skogbruk (LULUCF) som definert i Kyoto-protokollen.

Rapporten Klimakur 2030 fra Miljødirektoratet presenterer 60 mulige tiltak under søyle 2 og 3 i klimastrategien. Rapporten viser også forventede klimagassutslipp fra ulike sektorer fra 2021 til 2030, inkludert en analyse av hvordan tiltakene bidrar til å redusere utslipp.

Nødvendige livsstilsendringer, teknologisk nyvinning og tilpasning av produksjonssystemer vil resultere i dyptgripende samfunnsendringer. Å gå over til et lavutslippssamfunn kan også få stor påvirkning på norske økosystemer og den evnen de har til å ta opp drivhusgasser og yte andre naturgoder.

Potensielle effekter av Klimakur 2030 på norske økosystemer

Kapasiteten naturen har for karbonfangst, avhenger av plantenes kapasitet til å ta opp atmosfærisk CO₂ og de biologiske prosessene som bygger og lagrer stabile organiske forbindelser i jorda. Karbonsyklusen i skog og andre økosystemer er imidlertid kompleks, og det er begrenset kunnskap for å støtte dagens beregninger av karbonutslipp. Mer kunnskap vil bidra til å identifisere, tallfeste og redusere usikkerhet i årene framover

En begrensning når vi skal rapportere tiltak for utslippsreduksjon på land, er at landsystemene i LULUCF i hovedsak inkluderer det som er relevant for landbrukssektoren, for eksempel skog som driftes, og skog som blir gjort om til landbruksland. De store karbonlagrene i naturlige økosystemer regnes med i begrenset omfang, fordi det ikke finnes noen systematiske målinger av karbon for hele økosystemet, og fordi kvantitative endringer i økosystemenes karbon som resulterer fra inngrep og naturrestaurering, er dårlig kjent. Det betyr at menneskelige inngrep på naturens karbonlagre, f.eks. ved bygging av infrastruktur, urbanisering eller restaurering av naturområder, ikke fanges tilstrekkelig opp av beregningen, hvis de skjer utenfor landbrukssektoren. Hovedfokuset i karbonregnskapet har vært på trær, men det er store kunnskapshull når det gjelder karbonbudsjetter på økosystemnivå, selv om det er minst like viktig for nasjonale karbonbudsjetter.

Transportsektoren er den største utslippskilden og har dermed et stort potensiale for å redusere klimagassutslipp. Tiltakene som er foreslått, er hovedsakelig basert på å erstatte fossile transportmidler med elektriske, både til lands og til vanns. Elektrifiseringen vil kreve store investeringer i prosjekter innen fornybar energi, et omfattende nettverk av kraftledninger og ladestasjoner og en utvidelse av jernbanenettet. Det betyr at vi må forvente store inngrep i økosystemer og naturlige karbonlager, noe som vil føre til utslipp av klimagasser.

Et annet tiltak for å redusere CO₂-utslipp fra transportsektoren er å inkludere 10 % biodrivstoff i dagens fossilbaserte drivstoff. Intensjonen er at disse prosentene skal være såkalt avansert biodrivstoff, noe som betyr at kildene til biodrivstoffet enten skal komme fra avfall eller fra annen biomasse, blant annet fra skogbruksavfall. Bruk av biodrivstoff kan ha store effekter på karbonlagrene og næringsstoffene i skog. Klimapanelets retningslinjer anbefalte land med betydelige forstyrrelser eller endring i forvaltningspraksis (som gjødsling, fortetning eller høyere uttak) i skog, å skaffe mer detaljerte data for disse endringene og for å rapportere endringene i lager og utslipp av andre gasser enn CO₂. Til tross for dette, er bruk av skogsprodukter i biodrivstoff ukritisk sett på som en karbonnøytral energikilde, mens forskning viser at denne praksisen kan øke utslippene, i hvert fall på kort sikt.

Utbyggingen av stadig mer infrastruktur forstyrrer hele økosystemer, fra gamle jordprofiler til våtmark og elvesystemer. Dette gir utslipp fra økosystemer og tap av biologisk mangfold. Økt produksjon av elektrisk energi kan kreve nedbygging av nye store landområder, men det er foreløpig ikke gjort noe karbonregnskap på dette.

Tiltak for redusert utslipp under søyle 3 og påvirkningen på økosystemer

Klimagasskutt i LULUCF-sektoren er i tråd med anbefalingene fra FNs klimapanel (IPCC) og inkluderer tre hovedtiltak: økt tetthet av treplanting, gjødsling av skog og utvidet skogsareal. Dette kan få konsekvenser for karbonbeholdningen i berørte økosystemer, og høy usikkerhet knyttet til effekter av tiltakene gjør at det anbefales å innhente mer kunnskap som grunnlag for beslutninger om tiltak.

Tett planting av trær fører til mindre bakkevegetasjon, som bidrar til opptak og lagring av karbon. Tett beplantning går også hardt utover biologisk mangfold. Klimaendringene vil dessuten gi flere skadedyr og soppangrep og hyppigere stormer, og skadeomfanget øker i skog hvor trærne står tett. I Sverige er det foreslått å øke mangfold i skog, og det frarådes blant annet monokulturer med høy tetthet av trær, som rasktvoksende sitkagran (*Picea sitchensis*).

Gjødsling av skog kan også påvirke miljøet negativt gjennom økt forurensing og eutrofiering, lavere mangfold av sopp og planter, endring i mikrobiell biota og endring i nivået av karbonutslipp. Nitrogentilførsel øker utslippene av N_2O , som gir 300 ganger så høy drivhuseffekt som CO_2 , og er stikk i strid med forpliktelser rettet mot reduksjon av NO_x -gasser. Effekten på naturmangfold vil være størst i miljøer tilpasset næringsfattige forhold, og potensialet for lekkasje av gjødsel til slike naturtyper bør utredes grundig. Videre kan nitrogen redusere motstandsdyktigheten av trær mot tørke og sykdomsutbrudd.

Skogplanting kan ha negative effekter på biologisk mangfold, særlig dersom semi-naturlige naturtyper blir berørt. Dette er viktige områder for bevaring av konkurransesvake planter som krever åpne habitater, og dyrene som lever av og på disse. Som følge av gjengroing er dette naturtyper som allerede er i sterk tilbakegang, men hvor potensialet for karbonfangst allerede er høyt.

Å legge til rette for tilpasning av norske økosystemer til klimaendringer vil være helt nødvendig med tanke på forvaltning av landets karbonbudsjett. Tilpasninger til langtidsendringer er anbefalt av Klimapanelet. Smelting av permafrost er antakelig uunngåelig på dette tidspunktet, og økt jordskred- og flomfare i fjellregioner er sannsynlig som følge av økt ustabilitet i bakken. Gjengroing i fjellregionen kan motarbeide utslippene fra permafrostsmelting,

men dette er ikke entydig. Økt areal, færre geografiske barrierer og mindre habitatfragmentering kan øke sjansene for at arter kan endre sin utbredelse oppover og nordover naturlig. Tilsvarende kan restaurering og forvaltning med mål om å forbedre økosystemers tilstand slik at utbyttet av naturgoder som karbonfangst øker, være effektive tiltak i klimatilpasning.

Rapportering av tiltak som retter seg mot arealbruk, endring av arealbruk og skogbruk (LULUCF), er et resultat av en lang prosess siden Klimapanelet ble opprettet, og innebærer internasjonale forhandlinger og kompromisser. Det er derfor forståelig at systemet har noen begrensinger, særlig knyttet til tidsmessig og romlig variasjon i karbonbeholdningen. Tatt i betraktning at store deler av Norges landareal ikke inngår i rapporteringen, bør føre-var-prinsippet benyttes i alle tilfeller hvor usikkerheten knyttet til effekten av et tiltak er høy. Velfungerende økosystemer med høyt biologisk mangfold og intakte økosystemfunksjoner har potensial til å levere tiltak som kan dempe klimaendringer.

Plantefelt med tett beplantning av sitkagran hindrer etablering av vegetasjon i skogbunnen. Foto: Siri Lie Olsen



Død ved og vegetasjon i skogbunnen bidrar til lagring av karbon i jordsmonnet. Foto: Jenni Nordin



Alternativer som vil øke opptak og redusere utslipp i økosystemer og samtidig fremme andre fordeler

Flere naturlige klimaløsninger for å øke karbonlagring og redusere utslipp fra økosystemer har blitt foreslått både av FNs naturpanel (IPBES) og Klimapanelet. Dette viser at det kan finnes avveininger mellom klimatiltak og bærekraftig bruk av økosystemer som må løses. Tiltak på tvers av sektorer er nødvendig for å løse utfordringene knyttet til tap av biologisk mangfold og naturgoder.

Restaurering av natur kan både levere klimatiltak, innfri internasjonale forpliktelser som bevaring av biologisk mangfold og oppnå mål som Norges nasjonale pollinatorstrategi. Skog og myr er naturlige karbonfangere, som bør restaureres for å øke karbonopptak og bevare karbonlager i jordsmonnet. Videre vil restaurering av beite- og slåttemark gi råstoff til bioenergi gjennom fjerning av fremmede arter, samtidig som den øker biologisk mangfold. Dette er nøkkelbiotoper for pollinerende insekter, og reduserte landområder anses for å være hovedårsaken til nedgangen av disse artene nasjonalt og globalt. For å gjennomføre restaurering i stor skala, vil det være behov for kompensasjon på lik linje med de som benyttes for å iverksette klimatiltak i landbruk og skogbruk i dag.

Endring i forvaltningspraksis av skog kan også øke karbonopptak og biologisk mangfold. Eksempler er økt bruk av lukkede hogstformer og forbud mot jordforbedring som fører til karbonutslipp fra jordsmonnet. I tillegg har økt areal med vernet skog blitt foreslått som et effektivt klimatiltak.

Arealplanlegging er avgjørende for vellykkede tiltak mot klimaendringer. Restaurering eller skogplanting bør skje i områder med høyest effekt. Dette er ikke alltid tilfelle, og tiltakene vil da ha liten eller ingen effekt. I tillegg bør lavt konfliktnivå og lave kostnader etterstrebes. Livssyklusanalyse er et nyttig verktøy for å se på innvirkningen et inngrep har på miljøet, men brukes sjelden fordi metoder som inkluderer biologisk mangfold ikke er godt innarbeidet. I Skottland har det blitt utviklet en karbonkalkulator som beregner om etableringen av en vindpark i et gitt område gir reduserte eller økte utslipp av karbon. Den inkluderer alt fra byggematerialer til utslipp som følge av naturinngrep, men tar også med reduksjon av utslipp fra fornybar energi sammenlignet med andre energikilder.



Foto: Arnstein Staverløkk

Naturkur

Det er gjort fremskritt i det globale samfunnet for å ta tak i problemene knyttet til menneskeskapte klimaendringer siden Klimapanelet (IPCC) ble opprettet og Kyoto-protokollen vedtatt i 1998. De siste to tiårene er det samlet kunnskap og foreslått tiltak som vil redusere utslipp fra fossile kilder og endringer i arealbruk. Klimapanelets arbeid har ført til en global enighet og målsetning om å redusere utslipp av klimagasser, konkretisert i Parisavtalen i 2015.

Det internasjonale Naturpanelet (IPBES) ble etablert av 94 land i 2012, som et uavhengig organ med formål å fremskaffe kunnskap om og bidra til å hindre tap av biologisk mangfold og økosystemtjenester og overføre kunnskapen til politiske beslutningstakere. Klimapanelets prosesser har banet vei for Naturpanelets arbeid, som startet 20 år senere. Naturpanelet har sammenstilt en rekke rapporter de to siste årene, og ett av hovedbudskapene er at arealbruksendring er hovedårsaken til tap av biologisk mangfold på land. Derfor må tiltak mot klimaendringer også sørge for at naturen forvaltes på en bærekraftig måte.

Naturpanelet fremhever i sin globale rapport om naturen at tiltak som har til hensikt å redusere utslipp fra fossil brensel, kan ha store negative konsekvenser for arter og økosystemer. Flere av tiltakene foreslått under søyle 3 i Klimakur 2030 er av den type tiltak. Rapporten fra Naturpanelet foreslår en rekke alternativer som kan gi løsninger på flere samfunnsutfordringer. På samme måte som Klimapanelet understreker behovet for å stabilisere klimaet, understreker Naturpanelet behovet for å stanse tap av biologisk mangfold og nedgangen i økosystemtjenester. Videre viser Naturpanelet at fortsatt tap av biologisk mangfold vil hindre oss i å nå FNs bærekraftsmål.

I tillegg til klimakur bør det derfor utredes en tilsvarende naturkur. Målet bør være å implementere norsk handlingsplan for naturmangfold (Meld. St. 14 (2015–2016)), følge opp funn og anbefalinger fra naturpanelet og de nye globale målene som skal vedtas av konvensjonen om biologisk mangfold (CBD) i 2021. En naturkur vil kunne bidra til at Norge opprettholder et mangfold av økosystemer i god økologisk tilstand, noe som er svært viktig for lagring og opptak av karbon. Naturkur-utredningen bør blant annet inneholde en oversikt over tiltak og løsninger som er bra for både naturmangfold og klima.

Aller helst bør det utredes en klima- og naturkur, hvor tiltak for klimatilpasning og bevaring av biologisk mangfold og økosystemtjenester ses i sammenheng, gir synergier og forsterker hverandre.



Økt produksjon av elektrisk energi kan kreve nedbygging av nye store landområder, men det er foreløpig ikke gjort noe karbonregnskap på dette. Foto: © Anders Lyngstad / NTNU Vitenskapsmuseet

Kunnskapsbehov

Det er ennå store hull i kunnskapen om karbonfangst og -lagring i norske økosystemer, og denne rapporten er basert på et begrenset utvalg litteratur, ofte innenfor en vid definisjon av økosystemer. Innenfor følgende temaer bør kunnskapen økes, slik at usikkerheten reduseres:

- En årsak til kunnskapshull i karbonestimer er **lav nøyaktighet i kartgrunnlaget for naturtyper** i Norge, noe som hindrer gode arealestimer og målrettede tiltak for bevaring, restaurering og/eller hindring av nedbygging av natur.
- **Karbonbeholdningen over og under bakkenivå** er i hovedsak basert på studier gjort utenfor Norge. Noen naturtyper er ikke rapportert i det hele tatt, som sumpskog, snødekte områder og hovedandelen av naturtyper innenfor åpent lavland.
- **Karbonfluksen** i de vurderte økosystemene er variabel der den er godt undersøkt, som i skog, og usikker, der den er dårlig undersøkt, som i alpine økosystemer. Noen estimer er basert på eldre studier. **Forskning på karbonfangst og -lagring** har kommet kort i Norge.
- Konsekvensene av **ulik forvaltning og arealbruk på karbondynamikk**, sammen med andre drivere av økologiske endringer, må belyses ytterligere, slik at tiltak mot karbonutslipp og økt fangst blir effektive, samtidig som andre naturgoder ivaretas. Slik kan flere målsetninger oppnås samtidig. Potensialet for karbonfangst og -lagring i norske økosystemer må tas med i betraktningen når tiltak som skal redusere karbonutslipp iverksettes.
- **Nitrogensyklusen** er ikke tatt med i denne rapporten, men kan føre til forringelse av økosystemer og endring i næringstilgangen. Dette er lite undersøkt utenfor økosystemer i landbruket. Videre har utslipp av metan i liten grad blitt undersøkt, men økte utslipp kan forventes i Norge som følge av klimaendringer.
- Det er store kunnskapshull om sammenhengen mellom **biologisk mangfold og karbonfangst**. Nyere studier påpeker betydningen av høyt biologisk mangfold for økosystemfunksjoner, for eksempel kan vegetasjonen i skogbunnen og mangfold av arter i beitemark ha stor positiv påvirkning på evnen til karbonopptak. Dette viser betydningen av å ta hensyn til konsekvensene som manglende kunnskap om økosystemer kan få.

Les mer her

Referanse til hovedrapporten:

Bartlett, J, Rusch, G, Kyrkjeeide, M.O., Sandvik, H. & Nordén, J. 2020. Carbon storage in Norwegian eco-systems (revised edition). NINA Rapport 1774b. Norsk Institutt for Naturforskning. ISBN: 978-82-426-4604-0. Lenke: <https://hdl.handle.net/11250/2655580>

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.



76b

NINA Temahefte

ISSN 2535-6526
ISBN 978-82-426-4605-7

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger