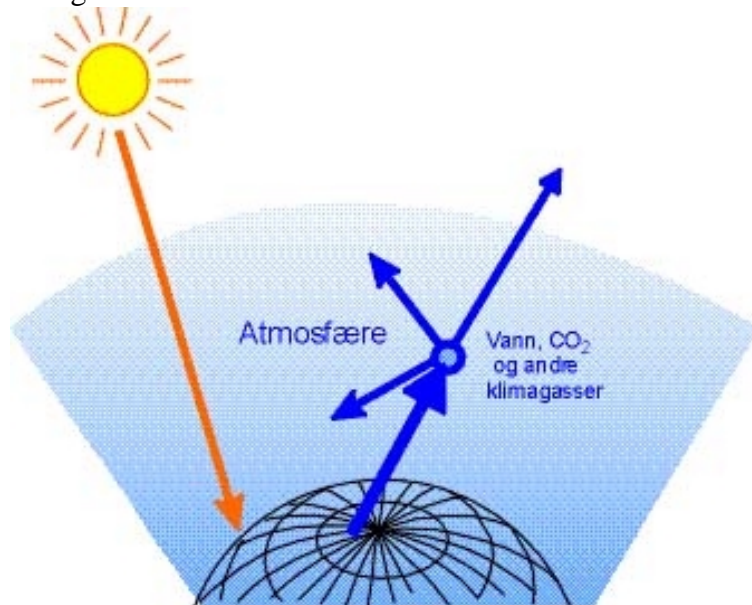


Kan opptak av atmosfærisk CO₂ i Grønlandshavet redusere virkningen av "drivhuseffekten"?

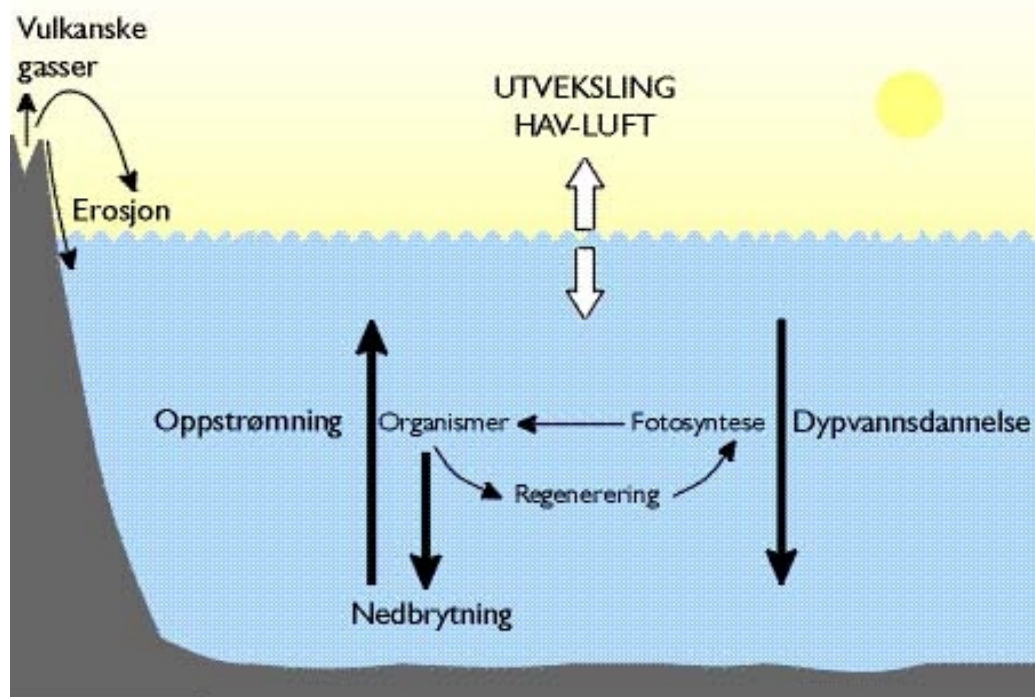
Lisa Miller, Francisco Rey og Thomas Noji

Karbondioksyd (CO₂) er en viktig kilde til alt liv i havet. Ved fotosyntese omdanner plante-planktonet CO₂ til organisk karbon ved hjelp av lyset. I tillegg er CO₂ en viktig klimagass. Når kortbølget sollys treffer jordoverflaten, blir denne varmet opp og sender ut langbølget varmestråling. Denne varmestrålingen blir absorbert av en rekke såkalte klimagasser i atmosfæren, noe som fører til at temperaturen der øker. Atmosfæren virker altså på samme måte som glasset i et drivhus ved at det stenger for den langbølgete varmestråling ut. To av de viktigste klimagassene som fører til denne «drivhuseffekten» er vanndamp og CO₂ (figur 5.1).

"Drivhuseffekten" er altså årsaken til at jorden blir varm nok til å ha liv slik vi kjenner det. Uten atmosfærisk vanndamp og karbondioksyd ville nesten all varmen som reflekteres tilbake fra jordens overflate forsvinne ut i verdensrommet, og jordens gjennomsnittlige temperatur ville være ca - 18°C istedenfor 14°C som i dag. Selv om klimagassene danner grunnlaget for vår eksistens på jorden, kan økte tilførsler av dem også forårsake problemer. CO₂ lekker kontinuerlig fra jordens indre og blir i tillegg utløst fra steingrunn via naturlig slitasje. Plantene tar opp CO₂ direkte fra atmosfæren via fotosyntesen. Selv om mesteparten resirkuleres via respirasjon hos planter og dyr, blir en del lagret som tre eller kull. De mikroskopiske planter i havet, planteplanktonet, tar også opp CO₂ som er oppløst i havet. I tillegg til å bygge opp organisk stoff på samme måte som landplantene, bruker flere marine planteplanktonarter CO₂ til å bygge opp skall av kalsiumkarbonat. Når planteplanktonet eller de dyrene som ernærer seg av det dør, vil en liten del av dem synke til de store havdypene og bli lagret i bunnsedimentene.



Figur 5.1 Forenklet fremstilling av drivhuseffekten. Simplified representation of the green house effect.



Figur 5.2 Forenklet fremstilling av den globale karbonsyklusen knyttet til havet. Simplified representation of the global carbon cycle related to the ocean.

Siden begynnelsen av den industrielle revolusjonen er det observert en stadig økning av atmosfærisk CO₂ ved forbrenning av fossilt brennstoff (kull, gass, olje). Den omvendte prosess; omdanningen av atmosfærisk bundet karbon til fossilt brennstoff, er ikke rask nok til å kompensere for den første. Resultatet er en økning i konsentrasjonen av atmosfærisk CO₂. Siden 1800 har den midlere atmosfæriske CO₂ konsentrasjonen økt med ca 30 %, fra omtrent 280 deler per million (280 ppm) til ca 370 ppm i dag. I samme periode har også jordens gjennomsnittstemperatur økt. Som vist i figur 5.2 er den globale karbonsyklusen knyttet til havet ekstremt komplisert, og det er uklart hvordan de menneskelige utslippene av CO₂ til atmosfæren virker inn på dette systemet.

Bare halvparten av de menneskeskapte CO₂-utslippene fra fossilt brennstoff forblir i atmosfæren. Dette tyder på at den globale CO₂-syklusen delvis er i stand til å kompensere for økningen i utslippene. En del av denne økte CO₂-mengden blitt tatt opp av landplantene mens ca 30 % blir tatt opp av havet. Bare en ørliten del av den CO₂ som løses opp i havet fra atmosfæren felles ut som sedimenter på bunnen. En vesentlig del av CO₂ forblir i havets øverste lag, hvor det blir brukt og resirkulert av planteplanktonet og andre marine organismer. Karbondioksyden når de dypere vannmassene via to prosesser som på en effektiv måte "pumper" karbon fra overflaten og ned (figur 5.3).

Den første prosessen er kjent under navnet "den fysiske karbonpumpen" og er avhengig av det globale sirkulasjonsmønsteret i havet. I enkelte kalde og isolerte områder som i Grønlandshavet, Labradorhavet og Wedellhavet i Antarktis, blir overflatevannet om vinteren så kaldt og tungt at det synker ned til store dyp. Dette vannet strømmer ut av disse havene og fyller opp resten av verdens dyphavsområder med kaldt vann. Da gasser oppløses bedre i kaldt enn i varmt vann, inneholder disse vannmassene høye CO₂-konsentrasjoner. Selv om denne «fysiske karbon-pumpen» bare fungerer i noen få områder rundt om i verden, så vil de store vannmengder som synker ned her (ca 25 millioner m³ per sekund i verdensmålestokk)

gjøre at de tar med seg store mengder oppløst karbon bort fra overflatelaget og derved fra atmosfæren.

Den andre prosessen, kjent som den "biologiske karbonpumpen," fører med seg bare små mengder karbon ned til de store dyp, men den fungerer i alle verdenshav. Mesteparten av karbonet som tas opp av planteplanktonet, blir resirkulert i overflatelaget. En del av det karbon som er bundet til planteplanktonet synker ut av overflatelaget til de dypere vannlag, uten å nå havbunnen (ca 5 %). Bare små mengder når havets bunn (ca 0.5 %) og sedimentere der.

Hverken den biologiske eller den fysiske karbonpumpen bidrar noe særlig til permanent lagring av karbon i sedimentene. Men ved å transportere karbon vekk fra overflatelaget og til dype vannmassene, bidrar disse to mekanismene til å fjerne karbon fra atmosfæren for perioder lengre enn noen hundre år. Disse to mekanismene vil derfor påvirke den atmosfæriske CO₂-konsentrasjonen over flere generasjoner. Matematiske modeller som simulerer den globale karbonsyklusen, har vist at små endringer i den ene eller den andre av disse to prosessene kan ha store konsekvenser, som feks. dannelse av istider eller en raskere global oppvarming. Disse modellene kan bare fortelle oss hva som kan skje dersom det blir endringer i disse prosessenes virkemåte. De kan ikke fortelle oss om slike forandringer virkelig vil finne sted og i tilfelle hvordan.

I de siste årene har det vært spekulert mye over at en global oppvarming kan føre til en reduksjon eller stopp av dypvannsdannelsen i Nord-Atlanteren. En økning i den globale gjennom-snittstemperaturen kan føre til både økt nedbør og ferskvannsavrenning. Dette vil på sin side kunne resultere i en reduksjon av saltholdigheten i overflatevannet i nordområdene. I tillegg vil høyere temperaturer smelte havisen, og også bidra til en reduksjon av saltholdigheten i overflatevannet. For å bremse dypvannsdannelse trengs det kun en reduksjon i overflatesaltholdigheten på 0.01 %. Ferske observasjoner i de siste årene tyder på at den gjennomsnittlige istykkelsen i Arktis er blitt redusert med ca 30 % siden 70-årene, og at det totale isdekkingsarealet er blitt omkring 5 % mindre.

En reduksjon i dypvannsdannelse vil klart redusere effekten av den fysiske karbonpumpen, mens det er mindre klart hvordan dette kan påvirke den biologiske pumpen. Spørsmålet om en eventuell reduksjon i dypvannsdannelsen i Nord-Atlanteren og hvordan dette kan påvirke transporten av karbondioksyd til de store havdypene, er helt sentralt for å forstå hvordan menneskeskapte utslipp av CO₂ til atmosfæren kan endre det globale klima.

Grønlandshavet (figur 0.1) er et av de få områdene hvor det dannes dypvann. I de siste årene er området blitt sentrum for vitenskapelige undersøkelser for å forsøke å gi svar på viktige spørsmål omkring variasjoner i karbonpumpene. Varmt vann med høy saltholdighet blir transportert nordover fra Nord-Atlanteren via Den norske Atlanterhavstrømmen til Grønlandshavet. Dette vannet blandes her med kaldere vann som strømmer ut fra Polhavet via Øst-Grønlands-strømmen. Om vinteren, når temperaturen synker og isdannelsen finner sted, blir dette allerede salte og kalde vannet videre avkjølt og mer salt. Dermed blir tettheten så høy at det synker ned til større havdyp og strømmer sørover og ut av området. Dette vannet erstattes igjen av det nordgående atlantis vannet. Havforskere fra mange land har de siste ti årene arbeidet for å studere dette systemet, for å forstå hvordan prosessene som fører til dypvannsdannelse og karbonsyklusen henger sammen.

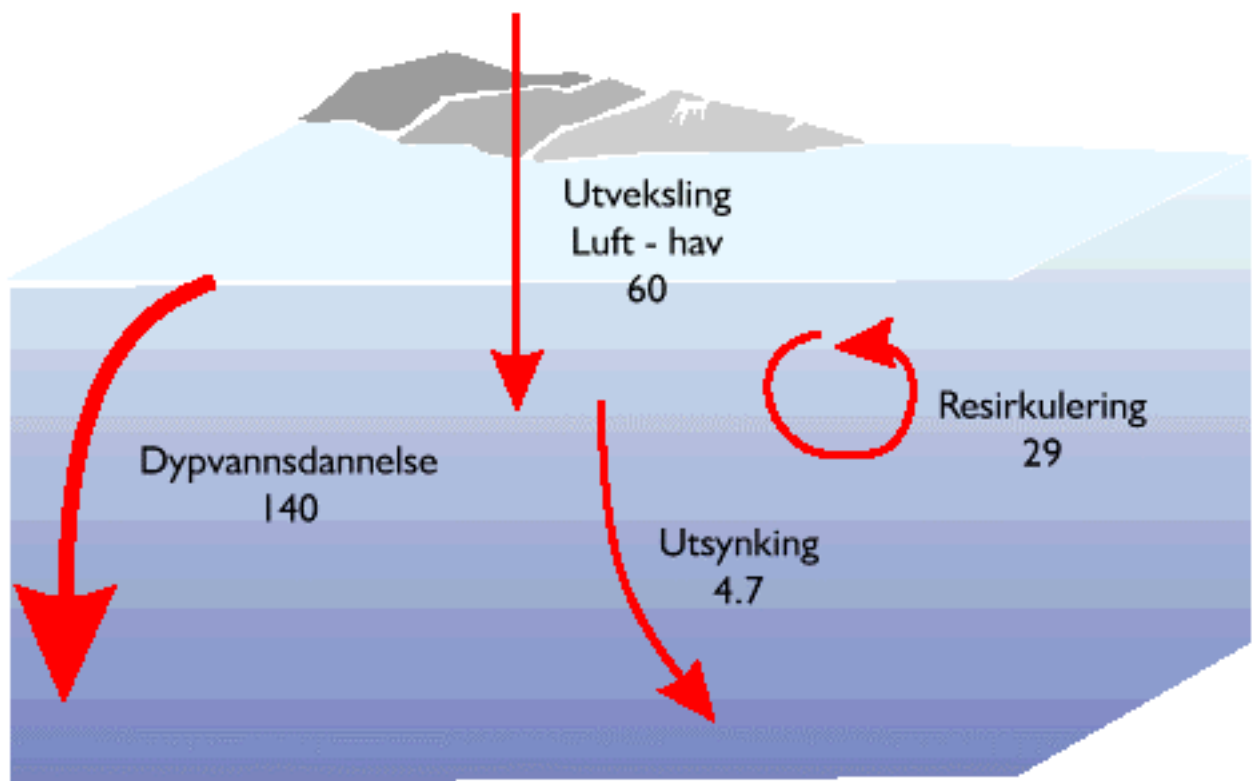
Et av de viktigste resultatene fra disse undersøkelsene er at Grønlandshavet aktivt fjerner CO₂ fra atmosfæren gjennom hele året. De fleste havområder kan ta opp CO₂ bare under den biologiske produksjonssesongen, dvs. vår og sommer. I Grønlandshavet er sjøvannet svært kaldt, og dermed kan større mengder gass bli oppløst. Dette resulterer i en kontinuerlig transport av atmosfærisk CO₂ til havet. Denne transporten for hele Grønlandshavet kommer opp i ca. 60 millioner tonn (figur 5.4). For å se denne mengden i et større perspektiv, bør vi

huske på at de totale CO₂-utslippene knyttet til fossilt brennstoff på verdensbasis er ca. 5400 millioner tonn. Det totale opptak i Grønlandshavet er slett ikke ubetydelig.

Opptaket av CO₂ fra atmosfæren i det kalde Grønlandshavet er bare begynnelsen på en lang prosess. Det neste trinnet er kritisk for den virkelige langtidslagringen av karbon. Alt karbon som er oppløst blir transportert ned til de store dyp med det vannet som synker ned under dypvanns-dannelsen. Denne tar årlig med seg i gjennomsnitt ca. 140 millioner tonn karbon til de store dyp (figur 5.4). Uten dypvansdannelsen i Grønlandshavet hadde det vært umulig å opprettholde denne store transporten av CO₂ fra atmosfæren til havet. I et hav uten dypvansdannelse vil sjøvannet oppnå en likevekt med atmosfæren, og det vil bli mettet med CO₂ bare etter noen få år.

Planteplankton kan ta opp karbon ganske raskt, men er ikke effektivt til å transportere det til de store havdyp. På verdensbasis utgjør det karbon som bindes av planteplanktonet mellom 1000 og 5000 millioner tonn. Hver vår og sommer tar planteplankton opp ca 29 millioner tonn karbon i det øvre vannlaget i Grønlandshavet, men nesten alt blir resirkulert i overflatelaget om høsten. Bare ca 5 millioner tonn karbon synker ned til de store dyp (figur 5.4).

Hva betyr disse observasjoner fra Grønlands-havet for de globale klimaendringene? Ennå er vi ikke i stand til å gi et fullstendig svar på dette spørsmålet. Det er klart at dersom dypvansdannelsen blir redusert pga ismelting og økt nedbør, vil dette kunne føre til en reduksjon av den totale mengde karbon som transporteres til store havdyp. Det er derimot ikke opplagt at dette fenomenet vil ha en global effekt. Det vannet som transporteres til store havdyp i områder som Grønlandshavet, blir balansert ved oppstrømning av vann til overflaten andre steder på kloden, særlig i ekvatoriale områder. Disse områder frigir CO₂ til atmosfæren fordi varmt vann kan inneholde mindre gass enn kaldt vann. Dersom dyp-vansdannelsen i polare områder blir redusert, vil dette også kunne resultere i en reduksjon av oppstrømningen i ekvatoriale områder med en tilsvarende reduksjon av det CO₂ som slippes tilbake til atmosfæren. Å forutsi hva som vil kunne skje med den biologiske karbon-pumpen er da mer komplisert. For at livet i havet skal kunne øke den mengde karbon som blir fjernet fra atmosfæren må resirkuleringen av organisk bundet karbon i det øvre vannlaget bli mindre effektiv, slik at mer karbon synker ut til de store havdyp.



Figur 5.4 Oppsummering av karbontransporten i Grønlandshavet. Tallene er gitt i millioner tonn karbon/år. NB! Ca 80 millioner tonn karbon/år kommer inn i Grønlandshavet med overflatestrømmene.

Summary of carbon fluxes in the Greenland Sea. The numbers are given in million tonnes carbon/year. Note that approximately 80 million tonnes carbon/year flows into the Greenland Sea with the surface current.