

CO2 og klima de sidste 400 mill. år

Per Arne Bjørkum - Oversat fra [Geoforskning.no](https://www.geoforskning.no)

27. April 2023

CO2 har haft betydning for Jordens klima, men effekten er indirekte og går via vanddamp fra træer, skriver Per Arne Bjørkum.



Det generelle billede (se figur under overskriften "Ligheder med vores nuværende verden") er, at temperaturen har ændret sig hurtigt over de sidste 400 millioner år, og typisk med ± 10 °C, mens CO₂-indholdet med en enkelt undtagelse har ændret sig. langsomt. Der er derfor ikke en god sammenhæng mellem temperaturen og CO₂-indholdet i atmosfæren.

Det er formentlig årsagen til, at FN's klimapanel (IPCC) ekspertrapporter ikke har en gennemgang af sammenhængen mellem jordens klima og atmosfærens CO₂ indhold de sidste 400 millioner år. Jeg vil dog gerne argumentere for, at der ganske rigtigt er en sammenhæng, men at den er *indirekte* og går via vanddamp (H₂O) fra træer. Baggrunden er, at vanddamp er den gas, der betyder mest for jordens *temperatur*.

Selvom vi ikke har gode data om luftfugtigheden bagud i tiden, kan vi sige noget kvalitativt om den ved at se på, hvad der producerer vanddamp og *hvordan*.

Luften modtager vanddamp på to måder. Ved fysisk fordampning fra havet/ferskvandet og fra planter, der sender vanddamp op i luften via små huller i bladene. Træer, som dækker 1/3 af den terrestriske jord, bruger langt størstedelen af vand (> 99 procent) til at transportere næringsstoffer fra jorden. Træer kan sende fra et par hundrede til over tusinde liter vand i luften som vanddamp i løbet af en dag. Det er mere end ti gange mere, end hvad det samme jordareal med planter producerer.

Der er en vigtig forskel mellem disse to kilder til vanddamp. For at der kan komme mere vanddamp fra havet, skal temperaturen i havet stige, altså højere temperatur -> mere vanddamp. Der er ikke krav om øget temperatur for at træer skal producere mere vanddamp. De vil kunne producere mere vanddamp, hvis CO₂-niveauet stiger. Det generelle billede er, at CO₂ fungerer som gødning til træer. De bliver større og vokser nye steder, dvs. der er mere skov. Så vil der være mere vanddamp i luften.

I den forbindelse er det vigtigt at være opmærksom på, at luften nærmest jordens overflade aldrig er mættet med vanddamp, og at den derfor altid kan modtage mere vanddamp. Årsagen er, at når der tilføres vanddamp til luften, fortrænger H₂O molekylerne (molekyle for molekyle) de tungere N₂ og O₂ molekyler.

Det betyder, at jo mere vanddamp den indeholder, jo lettere bliver luften. Derfor stiger det op i luften, og erstattes af tørrere luft, altså luft, der kan optage vanddamp.

Mere vanddamp vil have størst effekt på temperaturen, hvor der var lidt før, som her på Nordkalotten.

Ved ækvator er indholdet af vanddamp så højt – 3-4 procent – at vandmolekylerne stopper varmestralerne fra jorden, at de kan stoppe. Mere vanddamp vil derfor ikke føre til højere temperaturer.

Pointen, og det er vigtigt i det, jeg præsenterer, er, at luften *ikke må opvarmes* for at modtage mere vanddamp, og derfor kan luften nær jorden modtage mere vanddamp, hvis træer begynder at producere mere på grund af en højere CO₂ - indhold i luften.

Fra et geologisk perspektiv er vulkaner den vigtigste kilde til CO₂. Fotosyntese, og livsformer, der danner carbonatskaller, trækker CO₂ ud af luften og sikrer en "balance". Men efter at træerne overtog landet for lidt over 400 millioner år siden, blev denne "balance" forstyrret.

Koncentrationen af CO₂ i atmosfæren, og dermed havet, begyndte at falde, fra godt 2.500 ppm til under 200 ppm i løbet af få titusinder af år.

Træerne i den geologiske karbonperiode indeholdt et stof, lignin, som datidens mikroorganismer ikke kunne nedbryde. Henfald, som returnerer CO₂ til luften (via oxidation), er derfor "stoppet".

Det førte til, at en usædvanlig stor mængde af barken, som kunne udgøre op til 90 procent af træets masse, blev begravet og forvandlet til kul. Deraf navnet kulstof (næsten alt kul i verden stammer fra denne periode).

Men: Selvom CO₂-indholdet i luften faldt, holdt temperaturen sig høj, omkring 22°C, i store dele af kulstof - indtil den faldt med godt 10 grader på kort tid (et par millioner år).

Temperaturfaldet opstod, da CO₂-indholdet i atmosfæren nærmede sig 200 ppm. Det er tæt på grænsen for, hvornår fotosyntesen stopper. Vi kan derfor antage, at træerne begyndte at lide. Det er der i hvert fald meget, der tyder på, da skoven var opdelt i mindre "enheder".

Vi kan derfor også forestille os, at der var mindre vanddamp i luften og derfor koldere. Men hvorfor skete det så pludseligt?

For at forklare det, skal vi se på, hvordan drivhusgassen *vanddamp* opfører sig i atmosfæren. Når indholdet af vanddamp er så højt som i troperne i dag, omkring 3-4 procent, stoppes stort set alle varmestraler fra jorden af vanddampen. Det betyder, at selvom indholdet af vanddamp skulle stige, vil temperaturen ikke stige.

Det er ikke tilfældet i områder, der ligger et godt stykke nord eller syd for ækvator - såsom de arktiske egne. Der er luftfugtigheden så lav, at en stor del af varmestralerne fra jorden vil passere igennem. I disse områder vil mere vanddamp derfor føre til en højere temperatur og mindre vanddamp vil sænke den.

Vi kan derfor forestille os, at noget af den tilbageværende kulstofskov til sidst producerede så lidt vanddamp, at luftens vanddampindhold faldt under grænsen, hvor vandmolekylerne stoppede "alle" varmestralerne.

Dette satte gang i en afkøling, der gik længere ud over skoven. Det faktum, at der **var is ved polerne**, som i dag, understøtter en sådan hypotese.

Fordi næsten sammenhængende skov også er afgørende for transporten af vanddamp ned i jorden, de såkaldte atmosfæriske floder, som jeg har redegjort for **her**, var de resterende og isolerede skovområder formentlig også ramt af tiltagende tørke. Det reducerede luftfugtigheden yderligere.

De resterende skove i kulstof fik dog et kraftigt opsving, da vulkanerne i Sibirien for godt 252 millioner år siden begyndte at tilføre unormalt store mængder CO til luften. CO₂-indholdet steg til over 3.000 ppm. Den globale temperatur steg også hurtigt til gamle højder (25 °C). Dette kan forklares med, at luften blev mere fugtig og varmere – især over områderne nær polerne (dengang var der et sammenhængende landområde, **Pangea**, fra nord til syd).

Skovenes opblomstring var dog kortvarig – noget jeg har beskrevet **her**. Vulkanerne i Sibirien udsendte også store mængder SO₂ og H₂S. Det er giftige gasser, der bliver til syre i kontakt med vand. Disse gasser dræbte til sidst det meste liv på Jorden. *Alle* træerne døde, men nye træarter overtog til sidst landet.

Vulkanerne i Sibirien "slukkede", men CO₂-koncentrationen i atmosfæren (og dermed havet) forblev relativt høj. Det var mellem 1.000 og 2.000 ppm, indtil det steg til tæt på 3.000 ppm for 170 millioner år siden – *uden at det påvirkede temperaturen*. Sandsynligvis fordi træer ikke vokser hurtigere, hvis CO₂ indholdet er højere end 1.000 ppm.

Efter at CO₂-koncentrationen havde holdt sig på ~3.000 ppm i et stykke tid, faldt den gradvist til præindustrielle niveauer, dvs. ~280 ppm. Igen ser vi, at temperaturen i begyndelsen *ikke* var påvirket,

selvom CO₂-indholdet faldt. Det faldt ikke før CO₂-koncentrationen i atmosfæren faldt til under 1.000 ppm (ca. 50 millioner år siden). Så faldt temperaturen til gengæld "pludselig" - og i to trin - med i alt over 10 grader.

Det pludselige temperaturfald for cirka 50 millioner år siden kan formentlig forklares med, at de nye træer begyndte at kæmpe, da CO₂-koncentrationen faldt til under 1.000 ppm CO₂. Så kom der mindre vanddamp fra træer - og da luftfugtigheden faldt under et vist niveau (anslået til 3-4 pct.) blev det "pludselig" koldere, da det var i Carbon-tiden.

Gennemsnitstemperaturen på Jorden har skiftet mellem to temperaturlilstande, henholdsvis en omkring 25 °C og en omkring 12/14 °C - hvor 25 °C ser ud til at være basistilstanden. Skiftet i temperatur mellem disse to tilstande er så markant og sker så hurtigt, at det næppe kan forbindes med langsomme udenjordske fænomener - såsom en ændring i jordens position omkring solen, eller fordelingen af landareal, altså pladetektonik.

Pilen peger på vanddamp fra de store skove som drivkraft for klimaet. Det gør den stadig i dag. CO₂-koncentrationen i atmosfæren er steget fra 280 ppm til 420 ppm i løbet af 150 år. Det er over 1.000 gange hurtigere end mod slutningen af kulstof. Plantelivet er derfor taget kraftigt op - igen. Jorden er blevet ~15 procent grønnere og ~7 procent vådere i løbet af de sidste 150 år - trods fjernelse af meget tropisk skov.

Heldigvis er vanddamp en frisk vare i naturen. Vi behøver derfor ikke at dræne luften for vanddamp for at sænke temperaturen. Det, vi kan gøre, er at forsøge at holde produktionen nede - og måske især der, hvor temperaturen er steget mest, altså over de arktiske skove. Hvis vi vil have det koldere her i nord, bør vi derfor tynde skoven - noget jeg foreslog for næsten 2 år siden.

Så kan vi plante træer, hvor indholdet af vanddamp er så stort, at mere vanddamp ikke fører til en højere temperatur som ved ækvator. Udtynding af skoven vil have en øjeblikkelig effekt, mens plantning af træer for at fjerne CO₂ fra luften vil tage tid. Pointen er, at vi kan styre temperaturen med enkle trin.

Klimapanelet har beregnet, at vi for at holde temperaturen under 1,5-2 °C skal fjerne anslået en billion ton CO₂ fra atmosfæren inden år 2100. Det svarer til den mængde kulstof, der er bundet i alle levende ting! Træplantning vil derfor ikke være nok.

Langt størstedelen af CO₂-gassen skal derfor trækkes ud af luften via mekaniske/kemiske processer - og derefter opbevares. Det er en enorm teknologisk opgave, som vil kræve, at politikerne prioriterer dette *langsigtede* mål. Det har vist sig svært.

Men ud fra hvad jeg har argumenteret for i dette indlæg, kan det at dræne luften for CO₂ vise sig lige så spild/skadeligt som at dræne folk for blod for at sænke deres kropstemperatur.

Nu er det heller ikke givet, at mere CO₂ i luften samlet set er så negativt, som klimapanelet gerne vil have det, da mere CO₂ er en fordel for fødevareproduktionen. Ifølge *den hemmelige australske klimarapport fra 1981* vil fordelene (mere fødevareproduktion hvor det er for koldt og mere nedbør hvor der er for lidt) blive opvejet af ulemperne (øget tørke, varmere hvor det er alt for varmt og stigende havniveauer), ved en temperaturstigning på 2-3 grader.

Før jeg slutter, bør jeg "advare" læserne om, at det, jeg har skrevet, ikke er foreneligt med den måde, IPCC ser på vanddamp. De ser ikke vanddamp som en årsag til klimaændringer, som jeg har gjort. For dem er vanddamp noget, der bliver mere af, hvis, og kun hvis, det bliver varmere.

Nogle *klimaforskere fra NASA* følte behov for at præcisere dette med formuleringen:

"Men øget vanddamp forårsager ikke global opvarmning. I stedet er det en konsekvens af det."

Dette er dog en halv sandhed, og derfor forkert. Der vil selvfølgelig være mere vanddamp, når det bliver varmere, men som vi har set, kan træer (og andre planter) tilføre mere vanddamp til luften, hvilket ifølge Norsk Encyklopædi kg for kg er en kraftigere *drivhusgas* end CO₂, uden at temperaturen skal stige .

Dette er ikke flisebelægning. Det vender op og ned på årsagssammenhængene. Når det sker, skal man være opmærksom. Så kan det blive et spørgsmål om liv - som da lægerne, der kom fra lighuset, nægtede at vaske hænder i klørvand, før de assisterede fødende kvinder. De mente, at bakterier var et symptom på febersygdom - og ikke årsagen.

PER ARNE BJØRKUM

Professor emeritus i geologi ved Universitetet i Stavanger.

April 2023