

Klimaat en de oceaan: De koolstofcyclus

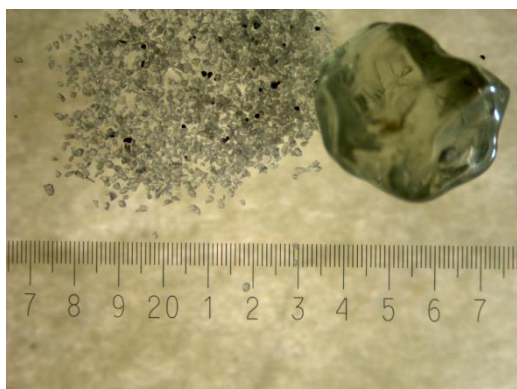
Werkbundel

Klimaatopwarming is wellicht het grootste probleem waar onze, en toekomstige generaties voor staan. Aan de basis van deze klimaatopwarming ligt CO_2 . In een door de mens onaangeroerd klimaat zorgt dit broeikasgas ervoor dat de temperatuur op aarde leefbaar is. Maar sinds de industriële revolutie heeft de mens steeds meer CO_2 in de atmosfeer gebracht zodat dit verwarmend effect versterkt wordt en uit de hand dreigt te lopen.

Om de klimaatopwarming een halt toe te roepen is het belangrijk dat we gezamenlijk minder CO_2 uit stoten. Tevens dient er ingezet te worden op het actief afvangen van CO_2 uit de lucht. Een methode die CO_2 kan afvangen is versnelde kustverwerking (“coastal enhanced silicate weathering”). Het idee is gebaseerd op het natuurlijk proces waarbij silicaatgesteenten (bijvoorbeeld kwarts of olivijn, beide silicaatmineralen) verweren en bij dit proces CO_2 vastzetten.

OPDRACHT: Chemisch rekenen – bereken hoeveel olivijn nodig is om voldoende CO_2 af te vangen in de strijd tegen de klimaatopwarming.

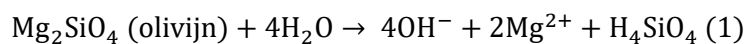
Luna Geerts en dr. Laurine Burdorf ([UAntwerpen](#)) ontwikkelden, in samenwerking met het VLIZ en de UGent, een opdracht om te onderzoeken of de verwerking van olivijn (Figuur 1) kan versneld worden.



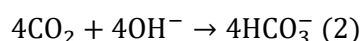
Figuur 1. (Gemalen) olivijn. Laurine Burdorf UAntwerpen.

Achtergrondinformatie

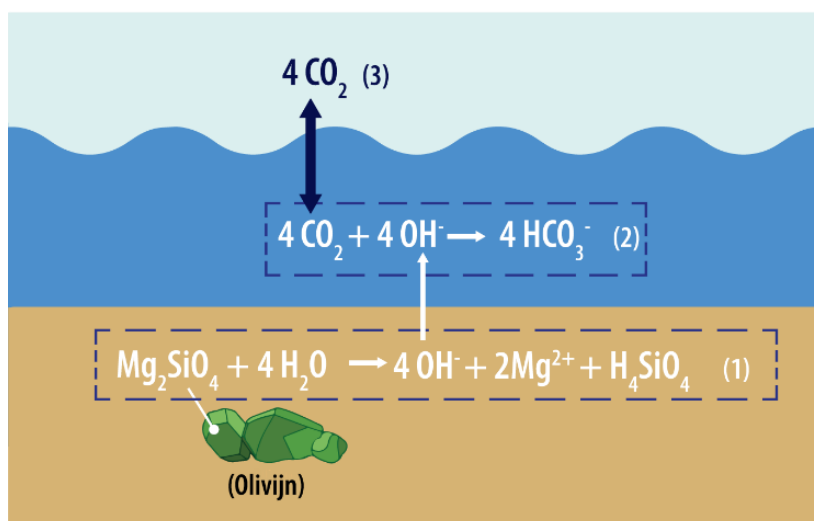
Verwerking is het natuurlijk proces waarbij gesteente verandert onder invloed van het weer, het klimaat en biologische activiteit. Chemische verwerking van gesteente (bv. silicaat) treedt op wanneer het oplost in contact met water (zie figuur 2).



De gevormde hydroxide-ionen (OH^-) onttrekken hierbij CO_2 aan de atmosfeer en vormen zo (bi)carbonaten in zeewater.



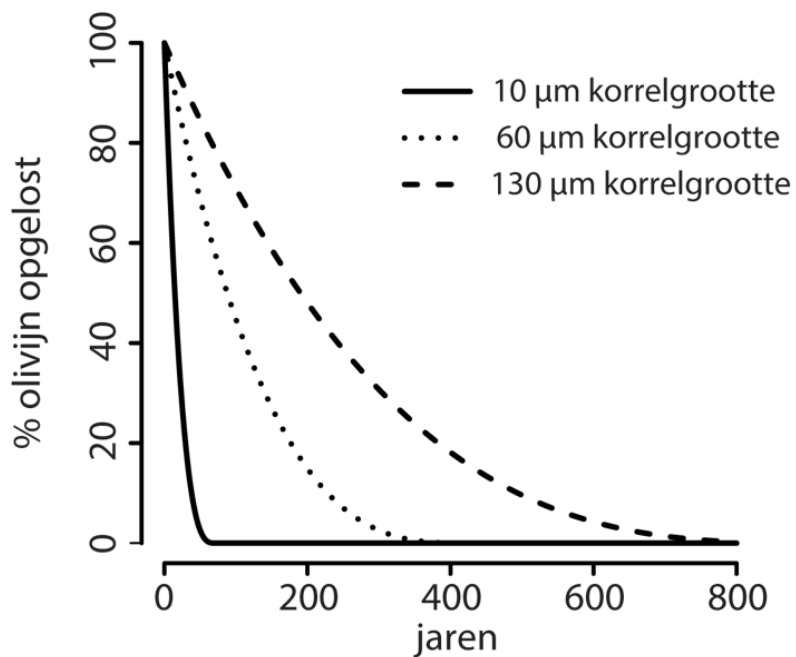
De CO_2 die opgelost was in het water is in balans met de CO_2 in de atmosfeer. Omdat er minder CO_2 in het water is, wordt dit tekort bijgevuld door de CO_2 in de atmosfeer. Eindresultaat: minder CO_2 in de atmosfeer.



Figuur 2. Bij het (chemisch) verwerken van olivijn kan CO_2 'vastgezet' worden – © Coastal enhanced silicate Weathering

Dit proces van CO_2 -captatie speelt zich normaal af over miljoenen tot biljoenen jaren. Tijd die we, gezien de hoogdringendheid van ons klimaatbeleid, niet hebben. Deze manier van *koolstofopslag* proberen versnellen, is onderdeel van het onderzoek. Een snel verwerend silicaatmineraal (zoals olivijn) wordt fijngemalen tot de grootte van fijn zand. Door het vermalen vergroot het contactoppervlak en versnelt de verweringsreactie aanzienlijk (zie figuur 3). Dit 'zand' wordt hierna verspreid in ondiepe kustzones. Verwerking op zee of in kustgebieden heeft groot potentieel omdat golfslag en getijdenwerking het proces in de hand werken. Het maakt dat zeewater, dat al veel CO_2 absorbeert, er nog meer kan stockeren.

Effect van korrelgrootte op verweringsnelheid



Figuur 3. Effect van korrelgrootte op verweringsnelheid © Coastal enhanced silicate Weathering

Opdracht

Om de klimaatdoelstellingen te halen moeten we niet alleen minder CO₂ uitstoten maar ook CO₂ afvangen uit de atmosfeer. Modellen tonen aan dat we 730 Gt (1 Gigaton = 1 Petagram = 10¹⁵ gram) CO₂ moeten afvangen tegen 2100 als we de opwarming willen beperken tot een extra 1,5°C t.o.v. het pre-industrieel niveau.

Stel dat de Verenigde Naties een ambitieus plan uitrollen om met behulp van versnelde silicaatverwerking 730 Gt CO₂ af te vangen tegen 2100. Jij wordt als adviseur op dit project gezet.

1. Welke korrelgrootte zou je adviseren te gebruiken (10 μm, 60 μm, of 130 μm) en waarom?
2. Hoeveel mol en gram olivijn moet er theoretisch worden uitgestrooid om 730 Gt CO₂ af te vangen? (tip: bekijk reactie (1))
3. Echter, als we de CO₂-uitstoot ten gevolge van het mijnen, malen en spreiden van olivijn meenemen in de berekening, vinden we dat er 3,04 mol CO₂ wordt opgenomen per gram olivijn (in plaats van de 4 mol waar we theoretisch van uitgingen). Hoeveel olivijn is er nodig als we hiervoor corrigeren?

4. De oppervlakte die beschikbaar wordt gesteld voor dit project is de continentale plaat van de Noord-Atlantische oceaan ($7\,313\,790\text{ km}^2$). Hoe dik moet de laag olivijn zijn die we uitstrooien? Het molair volume van olivijn is $43.02\text{ cm}^3/\text{mol}$.

Extra info: Het olivijn wordt niet uitgestrooid als één grote blok, maar als fijn zand. Het molaire volume toont de densiteit van een blok olivijn maar niet van een berg olivijn korrels. We corrigeren hiervoor met *tortuositeit* en *porositeit*. Dit is de fractie van de berg olivijn die respectievelijk uit olivijn en lucht bestaat. Voor $10\text{ }\mu\text{m}$ korrels is de tortuositeit 0,4 en de porositeit 0,6. Of in andere woorden: 40% van een berg olivijnzand (van $10\text{ }\mu\text{m}$) bestaat uit olivijn, het overige wordt opgevuld door lucht.

Stap 1: bereken het volume olivijn voor een solide blok olivijn, wetende dat het molair volume van olivijn $43,02\text{ cm}^3/\text{mol}$ is en de porositeit van een hoop korrels met een diameter van $10\text{ }\mu\text{m}$ 0,6.

Stap 2: corrigeer voor porositeit/tortuositeit

Stap 3: bereken de dikte van de laag olivijn die op de Atlantische continentale plaat moet verspreid worden om 730 Gt CO_2 af te vangen.