

# Wie olivijn zaait, zal CO<sub>2</sub> oogsten

door **Joep Trommelen**

Chemie in zijn simpelste vorm kan de opwarmende aarde gaan redden, beweert professor Olaf Schuiling (77), emeritus hoogleraar geochemie aan de Universiteit Utrecht. Hij hoopt dan ook dat miljardair en weldoener Richard Branson zijn plan met het gesteente olivijn eind dit jaar belooft met 25 miljoen dollar, de prijs voor de winnaar van de *Virgin Earth Challenge*.

Dat is een prijsvraag voor het beste idee om broeikasgassen en de opwarming van de aarde te lijf te gaan. Met de titel 'Laat de aarde de aarde helpen' heeft Schuiling zijn project bij de Virgin-baas ingediend.

"Delven, malen, uitstrooien en de natuur zijn werk laten doen, dat is eigenlijk alles", legt Schuiling uit. Het olivijnpoeder reageert met CO<sub>2</sub>, dat vervolgens zijn veronderstelde klimaatverpestende werking niet meer kan doen. Schuiling werkt aan de universiteit een aantal dagen per week vanuit een piepklein kamertje

in het instituut voor Aardwetenschappen. Het oogt meer als een rommelhok waar Willie Wortel aan zijn nieuwste vinding werkt dan als het kantoor van een toekomstig Nobelprijswinnaar.

Overal staan dozen met brokken olivijn, en een emmer met de gemalen variant, die eruit ziet als gewoon zand. Een bureau ontbreekt, overal slingeren paparassen.



Het Max Planck Instituut concludeerde dat het een van de beste manieren is om het broeikasprobleem aan te pakken", zegt hij trots.

En om in eigen land te blijven: Shell, toch een van de pleitbezorgers van ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag, betaalt een proef in de Noordoostpolder, waar op een hectare grond 6 ton

olivijnpoeder is gestrooid. De proef lijkt tot mislukken gedoemd nu zij in kalkrijke grond wordt uitgevoerd. Omdat kalk ook met zuur reageert, krijgt olivijn daar weinig kans.

## Een interessante hypothese

René Rietra is onderzoeker bij Alterra, het kennisinstituut voor de groene ruimte in Wageningen. Hij heeft de rol die olivijn kan spelen in de CO<sub>2</sub>-reductie onderzocht.

De wetenschap moet volgens Rietra goed onderzoeken wat olivijn bij hogere temperaturen doet. Grootschalige veldproeven in de tropen zijn erg duur. "Ik zou in het laboratorium willen beginnen. Bij 40 graden werkt het wel, maar dat heb je nergens ter wereld." Maar essentieel is wat olivijn in 'biologisch actieve grond' teweegbrengt. "Grond vol wortels van planten en bomen, waar neerslag doorheen sijpelt. Dat zou het proces kunnen versnellen. Wortels blazen bijvoorbeeld constant CO<sub>2</sub> de grond in. Schuiling heeft een interessante hypothese."

## Van dakbedekking tot stoom uit een reactor

Het bedrijfsleven is al geïnteresseerd in olivijn. Olivine Concepts in Gorichem wil zelfs een reactor gaan bouwen die CO<sub>2</sub> verwerkt en warmte produceert. Er zijn al producten met olivijn op de Nederlandse markt. Dakbedekking met fijngemalen olivijn. Ballast voor op daken. Het poeder zit in (dak)tuinen en bermverharding. Olivine Concept werkt momenteel samen met een aantal leveranciers aan een olivijnreactor, waarvan ze hopen dat het een echte klapper wordt. Keesjan Rijnsburger van Olivine Concepts legt uit: "Het gaat om een systeem waarbij de CO<sub>2</sub> uit rookgasen van energiecentrales of die vrijkomt bij chemische processen definitief om te zetten. Onder hoge druk en temperatuur

worden olivijn, water en CO<sub>2</sub> samengebracht. De bij de reactie vrijkomende warmte wordt door middel van een warmtewisselaar omgezet in stoom en kan voor veel doeleinden gebruikt worden. Voor Rijnsburger zijn de reststoffen (o.a. waterstofbicarbonaat) die na de reactie overblijven een uitdaging. Als 500.000 ton olivijn reageert met water en CO<sub>2</sub>, ontstaat er 1 miljoen ton restproduct, waterstofbicarbonaat. Hij ziet volop toepassingen voor het restmateriaal: in de (wegen)bouw, als oeverbescherming en in de landbouw als bodemverbeteraar. Ook ziet Rijnsburger toekomst in algenkweek met het restproduct als meststof.

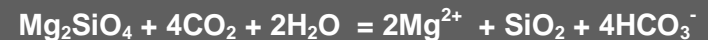
## 7 kubieke kilometer olivijn per jaar

- Olivijn komt op **alle continenten** in grote hoeveelheden voor. Professor Schuiling wil in de **tropen** olivijnmijnen openen, het daar vermalen en uitstrooien.
- De chemische reactie tussen CO<sub>2</sub> en olivijn levert **waterstofbicarbonaat** op, dat in de tropen de bodem tevens vruchtbaar maakt, beweert Schuiling. Uiteindelijk belandt het via **uitspoeling** in de

oceanen, waar het volgens de professor **onschadelijk** is.

- Volgens Schuiling is ongeveer **7 kubieke kilometer** olivijn per jaar nodig om alle CO<sub>2</sub>-uitstoot door de mens te absorberen. Dat lijkt veel, maar verdeeld over tientallen mijnen is dat in zijn ogen haalbaar.

Hieronder de formule van de reactie met CO<sub>2</sub> en water.



## Wie olivijn zaait, zal CO<sub>2</sub> oogsten

Toets bij de VWO- module.....

Lees de bijlage. Het betreft grote delen van een artikel in het dagblad De Gelderlander van 29 januari 2010. Er zullen je enige, soms kritische vragen over gesteld worden.

In de kop van het artikel wordt geparafraseerd op het gezegde *Wie wind zaait zal storm oogsten*, maar de resulterende kop klopt niet met de bedoeling van professor Schuiling.

- 2p 1 Geef het woord in de kop dat niet klopt met de bedoeling van professor Schuiling en geef daarvoor een woord in de plaats zodat de kop wel de bedoeling van de professor weergeeft.

Kolom 1, alinea 3 begint met: “Delven, malen, uitstrooien en de natuur zijn werk laten doen, dat is eigenlijk alles”, legt Schuiling uit.

Schuiling noemt in deze zin drie bewerkingen om de natuur haar werk beter te laten doen.

- 3p 2 Geef bij elk van deze bewerkingen aan waarom ze het werk van de natuur beter laten doen.

Begin kolom 3 luidt: “De proef lijkt tot mislukken gedoemd nu zij in kalkrijke grond wordt uitgevoerd. Omdat kalk ook met zuur reageert, krijgt olivijn daar weinig kans.”

Kennelijk reageert kalk sneller met zuur dan olivijn. De ionsoort in olivijn die met zuur reageert staat niet in tabel 49. Je kunt wel iets zeggen over de hoogte waar hij zou staan.

- 3p 3 Geef de betreffende ionsoort in olivijn en geef aan waar deze zou staan in tabel 49.

In het kader linksonder: “7 kubieke kilometer olivijn per jaar” staat bij het tweede opsommingsteken: “De chemische reactie tussen CO<sub>2</sub> en olivijn levert **waterstofbicarbonaat** op, dat in de tropen de bodem tevens vruchtbaar maakt, beweert Schuiling. Uiteindelijk belandt het via **uitspoeling** in de oceaan, waar het volgens de professor **onschadelijk** is.”

Hier citeert de schrijver de professor ongetwijfeld onjuist. Met **waterstofbicarbonaat** wordt een van beide stoffen bedoeld die uit olivijn ontstaan. De naam **waterstofbicarbonaat** is echter onjuist: hij is onvolledig en bevat een fout.

- 2p 4 Geef de juiste naam of formule van de stof die met **waterstofbicarbonaat** bedoeld wordt.

- 2p 5 Laat met gegevens uit Binas over zeewater zien dat deze stof waarschijnlijk onschadelijk is.

In hetzelfde kader, derde opsommingsteken staat: “Volgens Schuiling is ongeveer 7 kubieke kilometer olivijn per jaar nodig”. Je kunt nu de jaarlijkse uitstoot CO<sub>2</sub> berekenen. Daarvoor heb je de dichtheid van olivijn nodig, maar die staat niet in Binas.

- 2p 6 Maak een schatting van de dichtheid van olivijn. Geef daarbij het nummer van de tabel waarin het gegeven staat waarop je je schatting baseert.

- 4p 7 Bereken op basis van onder andere deze schatting de jaarlijkse mondiale uitstoot CO<sub>2</sub> in ton per jaar.

In het kader rechts: “*Van dakbedekking tot stoom uit een reactor*” in het midden van kolom 2 staat: “Als 500.000 ton olivijn reageert met water en CO<sub>2</sub>, ontstaat er 1 miljoen ton restproduct ...”

- 4p 8 Ga door berekening na wat hier kennelijk met *restproduct* bedoeld wordt.

- 1p 9 Leg uit waarom dat echter niet wil zeggen dat er in totaal 1 miljoen ton vaste stof ontstaat.

- 4p 10 In het hele artikel verspreid, staan nog minstens vier (andere) fouten. Geef er vier aan met een citaat inclusief plaatsaanduiding (kader, kolom en regel) en verbeter ze of leg uit waarom ze fout zijn. (Tip: je kunt tijdens het doorlezen alvast op vraag 11 letten)

In het artikel speelt de concentratie van twee stoffen als snelheidsfactor een rol.

- 2p 11 Noem deze stoffen. Geef daarvan de plaats(en) in het artikel aan (kader, kolom en regel) en leg uit waarom de concentratie een rol speelt. Gebruik daarbij één of twee citaten.

# Wie olivijn zaait, zal CO<sub>2</sub> oogsten

Toets kan onder andere gebruikt worden bij de VWO- module kolenvergasser

Het is aan u of u rechtsboven de toets een bepaalde module invult of dat u deze woorden deletet.

Ter nadere kennismaking met de context kan [http://olivine-line.nl/?page\\_id=2](http://olivine-line.nl/?page_id=2). geraadpleegd worden met klikmogelijkheid naar een Netwerkuitzending met onder andere professor Schuijling van 7'11" tot 12'50" of tot 18'10"

Ook kan een gratis door GardenTS beschikbaar gesteld zakje Olivijnpoeder inclusief flyer besteld worden door een naar u geadresseerde en gefrankeerde A4-enveloppe te sturen naar: Harrie Jorna Berkenlaan 108 7064 HT Silvolde met de vermelding zakje olivijnpoeder. Als u geen risico wilt lopen dat de post de zending niet vertrouwt, frankeert u met € 7,00 zodat de zending aangetekend toegezonden wordt.

Op de pagina na onderstaand beoordelingsmodel bevindt zich een vereenvoudigde Word-versie van de flyer die bij de zending hoort. U kunt deze gebruiken om de leerlingen in de sfeer te laten komen. Laat ze deze flyer echter niet verwarren met de bijlage die nodig is tijdens de toets.

## Beoordelingsmodel

- 1 **maximumscore 2**
  - oogsten 1
  - vervangen door *opvangen / vastleggen / uit de lucht halen / verminderen / verzamelen / laten verdwijnen / o.i.d.* 1

Opmerking: *zaaien* met uitleg *er komen geen olivijntjes van* levert in totaal 1 punt
- 2 **maximumscore 3**
  - Delven: onder de grond / anders kan de koolstofdioxide er niet bij 1
  - Malen: daardoor wordt het (contact)oppervlak groter / vinden er meer botsingen plaats / gaat het proces sneller. 1
  - Uitstrooien: daardoor wordt het (contact)oppervlak groter / vinden er meer botsingen plaats / gaat het proces sneller/ anders zitten de korreltjes nog allemaal tegen elkaar / kan er geen lucht / CO<sub>2</sub> bij 1
- 3 **maximumscore 3**

$K_B$  van  $\text{SiO}_4^{4-} < 2,1 \cdot 10^{-4}$  (staat hoger dan de  $K_B$  van  $\text{CO}_3^{2-}$ )

  - ( $K_B$  van)  $\text{SiO}_4^{4-}$  1
  - $<$  (en niet  $>$ ) / staat hoger dan 1
  - $2,1 \cdot 10^{-4}$  / (de  $K_B$  van)  $\text{CO}_3^{2-}$  1
- 4 **maximumscore 2**

*Waterstof-bicarbonaat* moet zijn: *magnesiumwaterstofcarbonaat*

  - waterstofcarbonaat 1
  - magnesium(waterstofcarbonaat) 1

Het onjuiste woord niet aangegeven: niet aanrekenen
- 5 **maximumscore 2**

Uit tabel 64 blijkt dat magnesiumionen en waterstofcarbonaationen in zeewater vóórkomen

  - magnesiumionen 1,304 (gL<sup>-1</sup>) / 3,689 (% droge massa) 1
  - waterstofcarbonaationen 0,144(gL<sup>-1</sup>) / 0,406 (% droge massa) 1
- 6 **maximumscore 2**
  - schatting op basis van tabel 10 1

graniet 2,7  
kwarts 2,2 - 2,5  
mica 2,8  
zand 1,6

- $\cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  1
- 7 **maximumscore 4**  
 Afhankelijk van vraag 6 tussen  $1,5 \cdot 10^9$  en  $2,6 \cdot 10^9$  ton  $\text{CO}_2$ /jaar
- $\times 1000.000.000 \rightarrow$  aantal  $\text{m}^3$  1
  - $\times$  dichtheid (vraag 6) ton  $\text{m}^{-3} \rightarrow$  aantal ton  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  1
  - : molaire massa  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (140,71) 1
  - $\times 4$  (molverhouding  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 : \text{CO}_2$ ) 1
  - $\times$  molaire massa  $\text{CO}_2$  (44,01) 1
- 8 **maximumscore 4**  
 Met waterstofbicarbonaat bedoelt hij magnesiumwaterstofcarbonaat.  
 Daar ontstaat  $1,040 \cdot 10^6$  ton van.
- 500.000 ton olivijn : molaire massa  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (140,71) = 3553,4 Mmol olivijn 1
  - 3553,4 Mmol olivijn levert 4 maal zoveel Mmol  $\text{HCO}_3^-$  = 14213 Mmol  $\text{HCO}_3^-$  1
  - $14213 \text{ Mmol } \text{HCO}_3^- \times 61,02 = 867315$  ton  $\text{HCO}_3^-$ . Dus dat bedoelt hij NIET. 1
  - $14213 : 2 \text{ Mmol } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \times 146,35 = 1,040 \cdot 10^6$  (dit is 1 miljoen)  
 Dus dat bedoelt hij WEL. 1
- Opmerking 1: Het tweede en het derde opsommingsteken kan worden overgeslagen.  
 Opmerking 2: De significantie hoeft niet beoordeeld te worden, gezien het karakter van de vraag.
- 9 **maximumscore 1**  
 Nee, hij ziet  $\text{SiO}_2$  over het hoofd /  $\text{SiO}_2$  is (ook) een vaste stof
- 10 **maximumscore 4**  
 Per fout met juist citaat en juist argument 1  
 Opmerking: Als een leerling iets als fout bestempelt dat niet zo heel erg fout is, kunt u bij een juiste argumentatie dit goed rekenen.
- Als fouten komen in aanmerking:
- Kolom 1, regel 6 van onderen: *reageert met  $\text{CO}_2$  dat vervolgens zijn veronderstelde klimaat verpestende werk niet meer kan doen.* Is fout omdat het gereageerde  $\text{CO}_2$  niet meer bestaat.
  - Kolom 2, tweede alinea: *en een emmer met de gemalen variant.* Is fout omdat door malen op zich de soort stof niet verandert.
  - Kolom 3, laatste woord: *Hypothese.* In de zin van de natuurwetenschappelijke werkwijze is dit geen hypothese: het is geen onbewezen mogelijke verklaring voor een probleemstelling, maar een mogelijke oplossing van een probleem.
- Kader "Van dakbedekking tot stoom uit een reactor"**
- *formule*, kader rechtsonder, moet zijn: vergelijking
  - het = teken in de vergelijking, kader rechtsonder, moet zijn: een pijl
- diverse toepassingen van het restmateriaal met voorbijgaan van de gedeeltelijke oplosbaarheid daarvan na reactie met  $\text{CO}_2$  zoals:
- eerste kolom, regel 8: *ballast* die deels oplost wordt steeds lichter
  - eerste kolom, regel 3 en 4 van onder: In een elektrische centrale vinden ook chemische processen plaats
  - tweede kolom, regel 3 en 5: warmte kant niet omgezet worden in stoom
  - tweede kolom, regel 5 van onder : *oeverbescherming* die deels oplost is geen goed idee
- Kader "7 kubieke kilometer olivijn per jaar"**, drie na laatste regel: *absorberen moet zijn te laten reageren / om te zetten*
- 11 **maximumscore 2**  
 Per stof (water en  $\text{CO}_2$ ) met juist citaat en juist argument 1

• water, kolom 3, regel 5 van onderen: *Grond vol wortels van planten en bomen, waar neerslag doorheen sijpelt. Dat zou het proces kunnen versnellen.* Met als mogelijke argumenten:

- Water staat in de reactievergelijking als beginproduct.
- Bij te weinig water zou de reactie minder snel verlopen.
- Als de reactie in de lucht plaats zou vinden zou de concentratie waterdamp lager zijn dan nu in de vloeistof.

• CO<sub>2</sub>, kolom 3, regel 3 van onderen: *Wortels blazen bijvoorbeeld constant CO<sub>2</sub> de grond in.* Met als mogelijke argument:

- De concentratie CO<sub>2</sub> is daar veel groter dan in de buitenlucht.

of: **Kader** “*Van dakbedekking tot stoom uit een reactor*”

- water en
- CO<sub>2</sub>

Laatste regel kolom 1, eerste regel kolom 2 *Onder hoge druk en temperatuur worden olivijn, water en CO<sub>2</sub> samengebracht.*

Met als mogelijke argumenten:

- Onder hoge druk is de concentratie van gassen groter.
- Water is naast CO<sub>2</sub> als beginproduct nodig.
- Bij gebrek aan water moet het extra toegevoegd worden.
- Bij hoge temperatuur is water gasvormig. Daardoor is de concentratie kleiner dan in de vloeistof. Om dit te compenseren kan de druk opgevoerd worden.

of: • CO<sub>2</sub>

Vanaf zesde regel van onderen, ...*de CO<sub>2</sub> uit rookgassen van energiecentrales of die vrijkomt bij chemische processen...*

Met als mogelijke argumenten:

- In de rookgassen is de concentratie CO<sub>2</sub> veel groter dan in de buitenlucht.
- Als je de CO<sub>2</sub> eerst laat ontsnappen, wordt de concentratie veel lager.

**Flyer z.o.z . ►**

**NB**

**Tijdens de toets niet deze flyer laten gebruiken, maar de bijlage.**

**De bijlage bevindt zich in landscape na de flyer.**

# OLIVINE LINE

Olivijn ( $Mg,Fe)_2SiO_4$ , is een basisch gesteente (mineraal) dat  $CO_2$  bindt (neutraliseert), dit zonder giftige reststoffen achter te laten. Door bijvoorbeeld eenvoudigweg olivijnzand uit te strooien over oppervlakken zal het aanwezige  $CO_2$  worden gebonden tot een carbonaat (kalk) die niet schadelijk is voor het milieu.



Olivijn in schanskorven, grond- / zandkering, geluidsmuren.



Oeverbescherming - oeververdediging.



Halfverharding, paden, parkeerplaatsen.



Onderhoud voetbalvelden, bezanden.



Railinfra.



Speeltuinen, zandbak.



Tuinaarde, zand, potgrond.

**GardenTS - Julianaweg 22 - 7078 AR - Megchelen (Gld)**