

Onderzoek naar het klimaat met behulp van huidmondjes

Op een school in Midden-Limburg wordt een vakkenintegratieproject georganiseerd met als thema: mogelijke oorzaken voor en gevolgen van het versterkt broeikaseffect.

De verandering van het CO₂-gehalte in de atmosfeer wordt door het IPCC (International Panel on Climate Change) in een rapport genoemd als de belangrijkste factor voor het versterkte broeikaseffect. Het IPCC neemt aan dat natuurlijke CO₂-variaties verwaarloosbare effecten gehad hebben op klimaatveranderingen in het verleden.

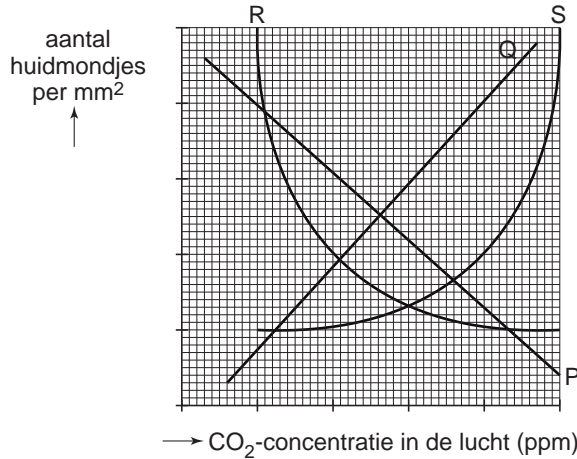
De leerlingen van HAVO-5 hebben de film "An inconvenient truth" van Al Gore gezien. Via de docent hebben ze een krantenartikel gekregen over het rapport van het IPCC. Aan de leerlingen wordt gevraagd argumenten te verzamelen om te onderbouwen of het IPCC-rapport de juiste oorzaken noemt voor de recente stijging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer. Een groepje leerlingen stuit op het onderzoek van de Utrechtse ecologe Friederike Wagner. Zij heeft gewerkt in het gebied van de Roer, vlak bij hun school.

De leerlingen besluiten dit onderzoek te bestuderen, zodat zij mogelijke oorzaken van de recente CO₂-verhogingen kunnen verduidelijken.

Friederike Wagner onderzoekt al jaren de relatie tussen het aantal huidmondjes in een blad en de CO₂-concentratie in de lucht. Het is bekend, dat het aantal huidmondjes per oppervlakte-eenheid omgekeerd evenredig is met de CO₂-concentratie in de lucht. Kennelijk kan de plant bij een hoge CO₂-concentratie gemakkelijker CO₂ opnemen, en kan dan dus met minder huidmondjes toe. In de gematigde streken van het noordelijk halfrond maken bomen ieder jaar nieuwe bladeren. Hierdoor zijn jaarlijks de hoeveelheid huidmondjes per mm² afgestemd op de heersende CO₂-concentratie.

In afbeelding 1 staat het theoretische verband tussen de CO₂-concentratie in de lucht en het aantal huidmondjes per mm² weergegeven.

afbeelding 1 theoretisch verband tussen de CO₂-concentratie in de lucht en het aantal huidmondjes per mm²



- 2p **26** Welke grafieklijn geeft het hierboven beschreven verband correct weer?
- A lijn P
 - B lijn Q
 - C lijn R
 - D lijn S

Bij bladeren die in veen of onder water zijn geconserveerd, blijven de huidmondjes in de opperhuid van het blad honderden jaren zichtbaar. De onderzoekers telden huidmondjes op 500 tot 1000 jaar oude eikenbladeren uit 'fossiele' afzettingen langs de Limburgse rivier de Roer. Met ¹⁴C-datering stelden ze de leeftijd van de bladeren vast. Met behulp van resultaten uit een onderzoek naar het verloop van de CO₂-concentratie in de lucht in de loop van de laatste 50 jaar, konden ze de CO₂-concentraties van de lucht gedurende de periode van 1000 tot 1500 berekenen.

De absolute ouderdomsbepaling van de fossiele eikenbladeren vindt plaats met behulp van de ¹⁴C-methode.

- 1p **27** Verklaar dat de ¹⁴C-methode geschikt is voor de 500 tot 1000 jaar oude fossielen en niet voor fossielen uit de geologische periode van het Carboon.

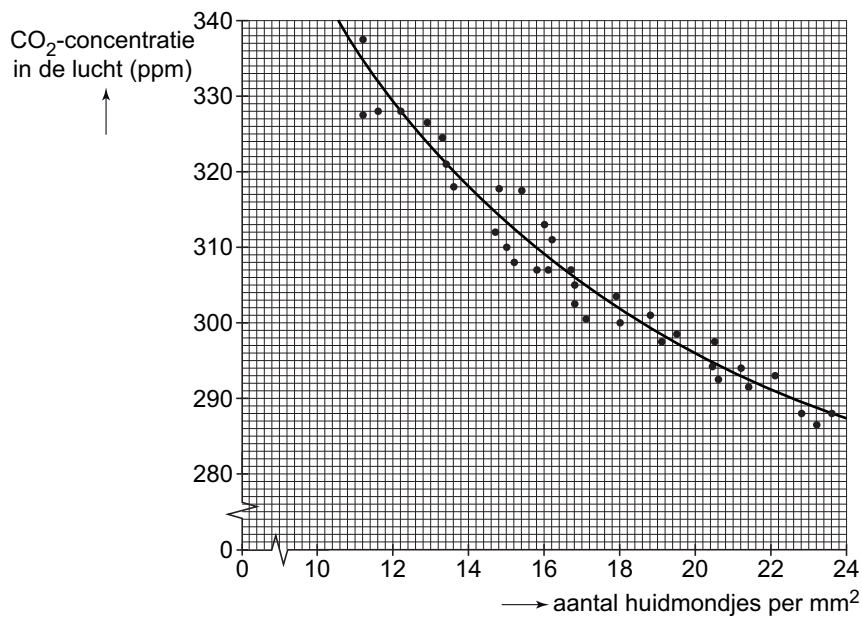
In afbeelding 2 worden de resultaten van het onderzoek aan de fossiele eikenbladeren weergegeven. Op de X-as staat de tijd: de jaren 1000 tot 1500. Op de Y-as staat het aantal huidmondjes per mm^2 .

afbeelding 2 aantal huidmondjes van fossiele bladeren



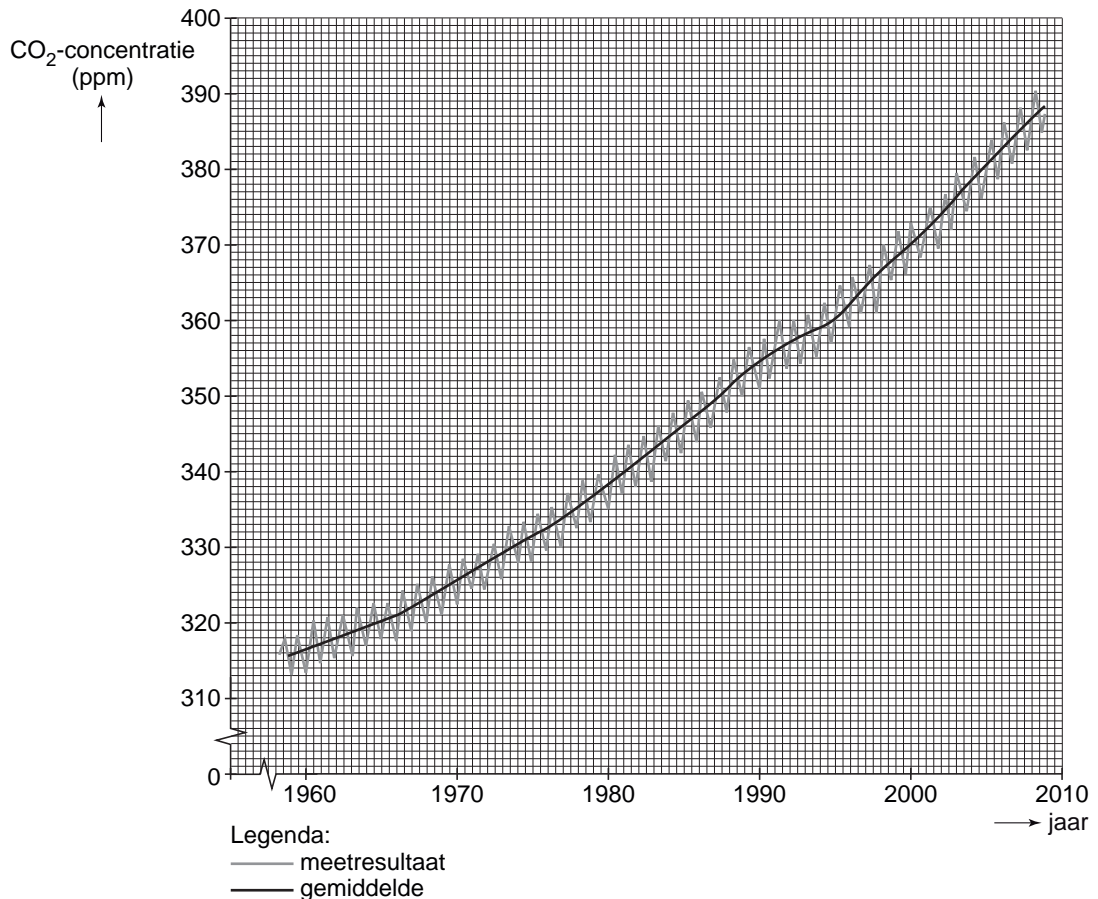
In afbeelding 3 wordt de relatie tussen het getelde aantal huidmondjes (X-as) en de afgeleide CO_2 -concentraties van de lucht (Y-as) weergegeven. Deze afbeelding is verkregen door gebruik te maken van resultaten van recente metingen.

afbeelding 3 relatie aantal huidmondjes en berekende CO_2 -concentratie in de lucht



In afbeelding 4 wordt de toename van de CO₂-concentratie in de atmosfeer weergegeven in de periode 1958 - 2009. Deze resultaten berusten op metingen van het Mauna Loa meetstation op Hawaii. In de jaren vóór 1958 zijn dergelijke metingen niet verricht. Elk jaar zijn er schommelingen waar te nemen, de getrokken lijn geeft de gemiddelde CO₂-concentratie van de lucht weer.

afbeelding 4 verandering van de CO₂-concentratie tussen 1958 en 2009

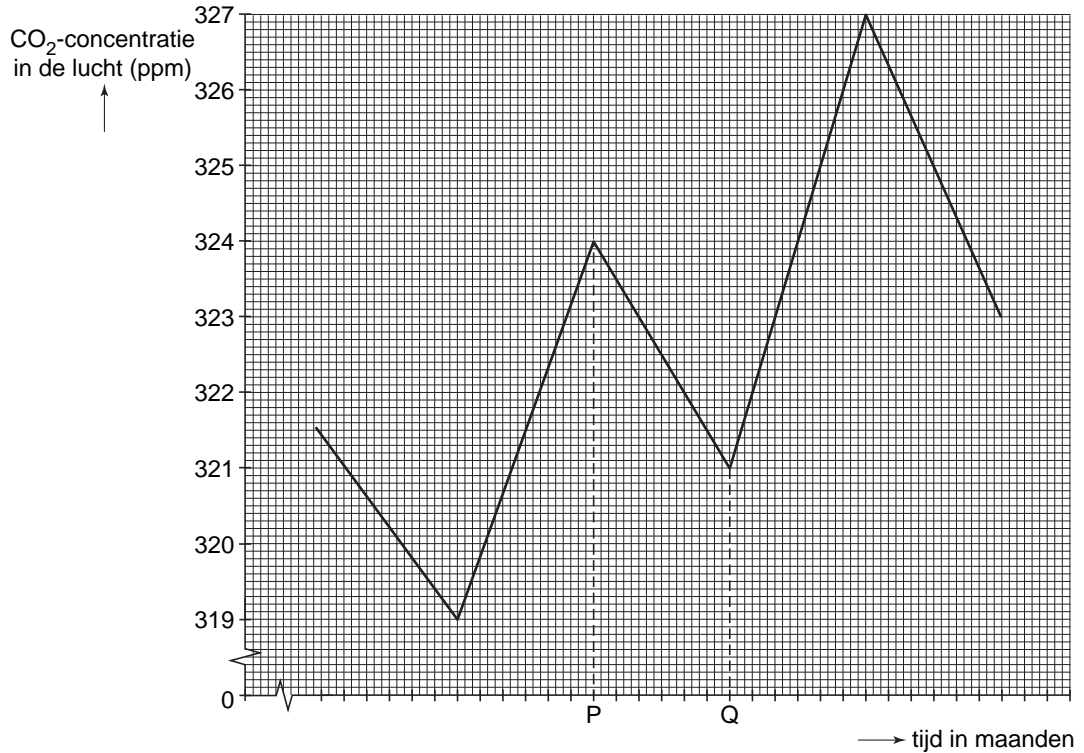


Uit afbeelding 2 blijkt dat, voor de periode van 1000 tot 1500, de bladeren uit 1300 de minste huidmondjes per mm² bevatte.

- 2p **28**
- Hoe hoog was, uitgedrukt in ppm, in het jaar 1300 de CO₂-concentratie in de lucht?
 - Gebruik hiervoor de afbeelding 2 en 3.
 - Geef je antwoord in een geheel getal.
 - In welk jaar in de twintigste eeuw was de gemiddelde CO₂-concentratie in de lucht in Hawaii even hoog als in 1300 in Nederland.
 - Gebruik hiervoor afbeelding 4.

Ook in Nederland varieert de CO₂-concentratie in de lucht in de loop van het jaar. Dit wordt in afbeelding 5, voor een periode van 30 maanden, weergegeven. Ieder streepje op de X-as staat voor een maand.

afbeelding 5 verandering van de CO₂-concentratie in de lucht in Nederland gedurende 30 opeenvolgende maanden

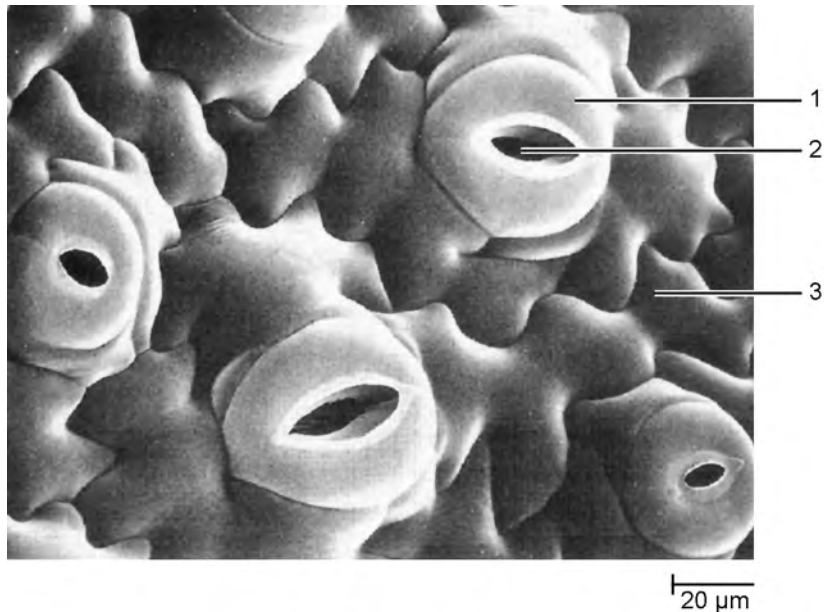


- 1p **29** Verklaar waardoor in het tijdsinterval P → Q de CO₂-concentratie in de lucht daalt.

De leerlingen uit HAVO-5 houden op het einde van het project een PowerPoint-presentatie. Ze hebben een zeer speciale foto van een blad ontdekt. Met een scanning-elektronenmicroscop is een foto gemaakt van het oppervlak van een blad. De leerlingen gebruiken deze foto om het transport van gassen in en uit het blad te verduidelijken.

In afbeelding 6 zijn drie plaatsen op de opperhuid aangegeven met de nummers 1, 2 of 3.

afbeelding 6 onderkant van een blad



- 2p **30** Via welk van de genummerde delen van een blad vindt de gaswisseling van CO_2 en O_2 tussen buitenlucht en de intercellulaire ruimten plaats? En via welk deel staat het blad water af dat in de intercellulaire ruimten verdampt is?
- A beide processen via nummer 1
 - B beide processen via nummer 2
 - C beide processen via nummer 3
 - D gaswisseling door 1 en verdamping van water via 2
 - E gaswisseling door 2 en verdamping van water via 3
 - F gaswisseling door 3 en verdamping van water via 1

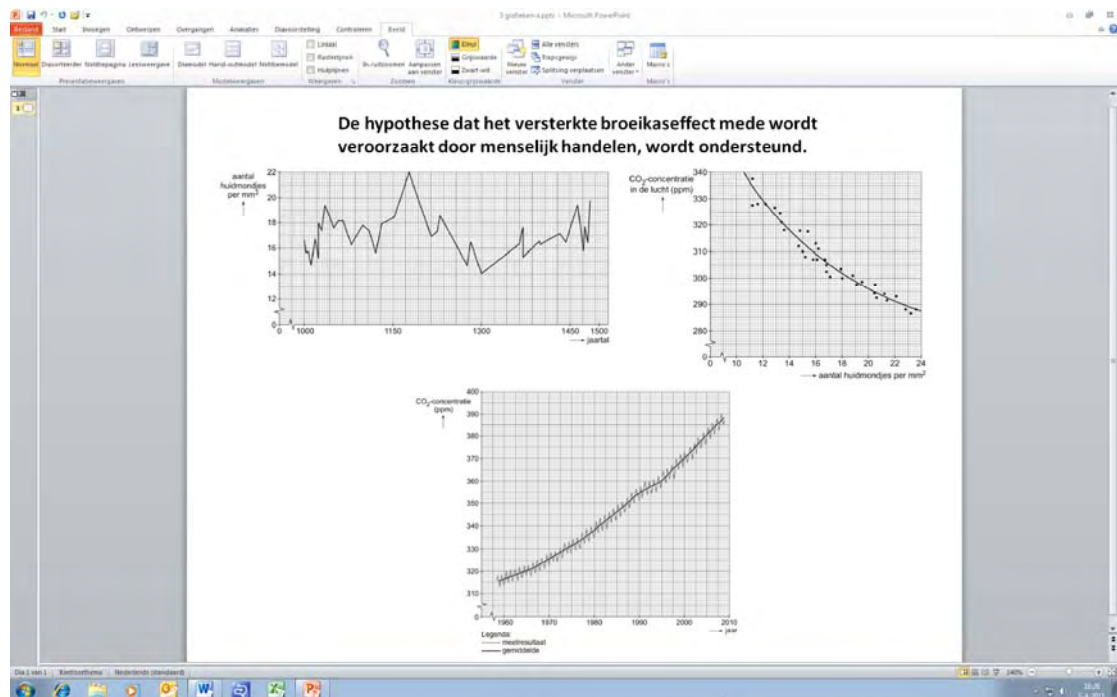
Uit het onderzoek van Friederike Wagner bleek dat tussen de jaren 1000 en 1500 het CO_2 -gehalte schommelde. Door veranderingen in de circulatie van het zeewater in de oceanen werd het zeewater toen gemiddeld warmer. Het oppervlaktewater is de grootste bron van CO_2 op aarde. De forse schommelingen tussen 1000 en 1500 na Christus hadden natuurlijke oorzaken. Als het water warmer wordt kan het minder CO_2 bevatten waardoor het CO_2 -gehalte in de atmosfeer toeneemt.

Dit proces versterkt zichzelf: er is sprake van een positieve terugkoppeling.

- 2p **31** Leg uit hoe dit positieve terugkoppelingsmechanisme in dit geval werkt.

Op de laatste dia van hun PowerPoint-presentatie noteerden zij: “De hypothese dat het versterkte broeikaseffect mede wordt veroorzaakt door menselijk handelen, wordt ondersteund”. (zie afbeelding 7)

afbeelding 7



- 3p **32** – Geef, op basis van gegevens van de afbeeldingen 2, 3 en 4, argumenten voor de in afbeelding 7 vermelde conclusie van de leerlingen.
- Betrek in je argumentatie de procentuele stijgingen van het CO₂-gehalte.
 - En werk de berekeningen daarvoor uit.