

Oceanen & Klimaat(verandering)

Titel: Oceanen & Klimaat(verandering)
Vak: Aardrijkskunde
Domein: systeem aarde
Sector: vwo klas3
3D-aspecten: werkwijzen: Redeneervaardigheden
denkwijzen: Systeem en systeemmodellen

1. Introductie

In deze opdracht onderzoeken leerlingen de rol van de oceanen in het klimaatsysteem in een tijd van mondiale, antropogene klimaatverandering. Ze bekijken eerst een statisch voorbeeld, waarbij twee plaatsen met een land- en een zeeklimaat met elkaar vergeleken worden. Daarna verkennen en berekenen ze de rol die oceanen kunnen spelen binnen de problematiek van het versterkte broeikaseffect. Ze vergelijken hun bevindingen met die van het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en verkennen mogelijke terugkoppelingsmechanismen via de oceaan. Tot slot reflecteren ze in dit kader op de paradox van een tegelijk robuuste en kwetsbare aarde.

In de opdracht oefent de leerling met de denkwijze *systeem en systeemmodellen* en de werkwijze *redeneervaardigheden*. Tijdens de opdracht wordt de complexiteit van het bestudeerde systeem vergroot. In eerste instantie gaat het vooral om het beredeneren van de invloed van oceanen op het klimaat, daarna over het beredeneren van wisselwerkingen binnen het gehele systeem aarde, met een prominente rol voor oceaan en atmosfeer.

De voorkennis die leerlingen nodig hebben is kennis van de begrippen **versterkt broeikaseffect** en **systeem aarde**. Met name het laatste kan worden geïntroduceerd vlak voor de opdracht. Leerlingen dienen ook bekend te zijn met het berekenen van verhoudingsgetallen en percentages.

2. Integrale doelen

De aarde als een natuurlijk *systeem* met complexe processen op mondiaal schaalniveau beschouwen en de invloed en de gevolgen van het menselijk handelen op het systeem aarde *beredeneren*, in het bijzonder met betrekking tot het gedrag van de *oceanen*.

Relevante context: klimaatverandering

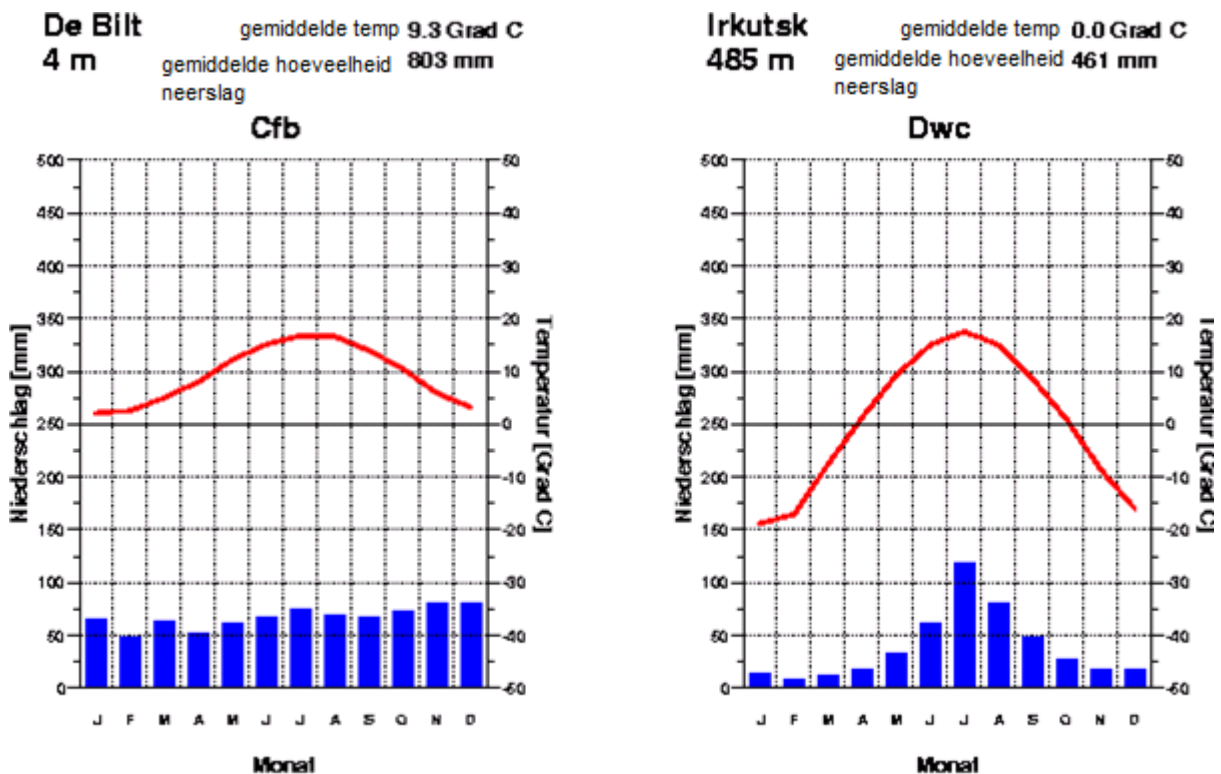
3. Werkwijzen, vakinhouden en denkwijzen

D1 - Karakteristieke werkwijze	D2 – Vakinhouden	D3 - Karakteristieke denkwijzen
Redeneervaardigheden	Systeem aarde 11. Recente klimaatverandering als onderdeel van een kringloop zien en <i>veranderingen in oceanen en atmosfeer in de tijd analyseren</i> .	Systeem en systeemmodellen

4. Leerlingenopdracht

De rol van zeeën en oceanen in klimaten en bij klimaatverandering op aarde wordt vaak onderschat. We gaan in deze opdracht eerst kijken naar klimaatverschillen tussen plaatsen dichtbij en ver van zee. Vervolgens kijken we naar het mondiale klimaatsysteem, de activiteiten van de mens en hoe hierdoor klimaten kunnen veranderen. We maken een inschatting van de rol die de oceanen kunnen spelen en vergelijken dat met inzichten volgens de huidige stand van de klimaatwetenschap. Je berekent hoe het systeem aarde werkt in reactie op een door mensen veroorzaakte verandering. Op die manier oefen je natuurwetenschappelijke *redeneervaardigheden* (werkwijze) en het natuurwetenschappelijke denken in *systemen en systeemmodellen* (denkwijze).

- Bekijk bron 1. Geef een *beschrijving* van de klimaatverschillen tussen De Bilt en Irkutsk door antwoord te geven op de volgende vragen:
 - Hoe groot is het verschil in gemiddelde temperatuur?
 - Hoeveel is het verschil in de gemiddelde zomertemperatuur?
 - Hoeveel is het verschil in de gemiddelde wintertemperatuur?
 - Hoe groot is het verschil in totale jaarlijkse neerslag?
 - Hoe verschilt de verdeling van de neerslag over het jaar heen?
- Zoek de twee plaatsen op in de atlas. Geef een *beschrijving* van de ligging van de twee plaatsen door antwoord te geven op de volgende vragen:
 - Hoe groot is het verschil in geografische breedtelegging?
 - Hoe groot is het verschil in hoogte?
 - Hoe groot is het verschil in afstand tot de zee?
- Beredeneer* nu voor elk beschreven klimaatverschil (vraag a.) een *verklaring* door gebruik te maken van de beschreven verschillen in ligging (vraag b.). Maak hierbij gebruik van het gegeven dat de temperatuur op aarde bij iedere 1000 m stijging ongeveer 6 à 7 °C daalt.

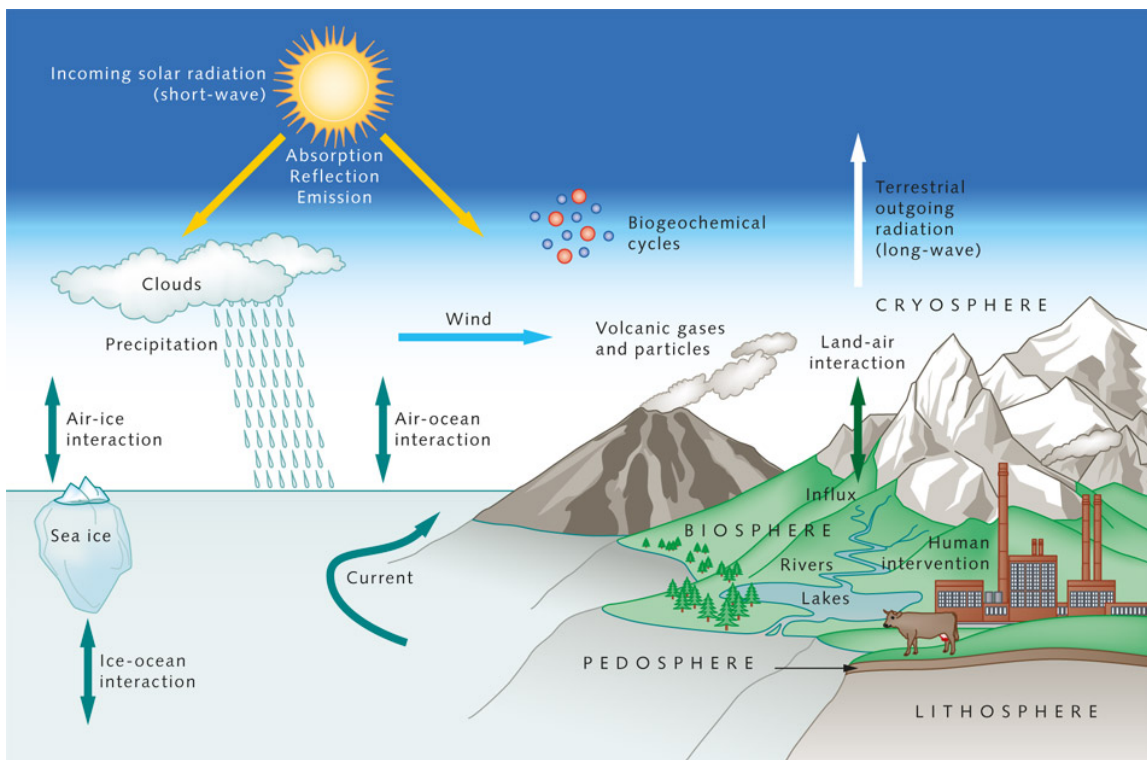


Bron 1. Klimatgrafieken van De Bilt en Irkutsk (bron: www.klimadiagramme.de).

De vergelijking van klimaatgrafieken tussen De Bilt en Irkutsk vormt een mooie illustratie van de grote invloed die zeeën en oceanen op het klimaat hebben.

We gaan nu een stap verder. De mens heeft sinds de industriële revolutie in de 19^e eeuw enorme hoeveelheden koolstofdioxide (CO₂) in de lucht gebracht. Koolstofdioxide komt namelijk vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen als aardgas, aardolie en steenkool. Koolstofdioxide is een broeikasgas, dat ervoor zorgt dat de atmosfeer haar warmte moeilijker afgeeft aan de ruimte. Meer koolstofdioxide betekent dan ook dat er meer warmte in het klimaatsysteem blijft hangen. In eerste instantie is hierdoor de atmosfeer opgewarmd, maar al snel gaat een warmere atmosfeer die extra warmte afgeven aan andere onderdelen van het systeem aarde.

- d. *Beredeneer* welke invloed een warmere atmosfeer op andere onderdelen van het *systeem* aarde kan hebben. Deze andere onderdelen zijn bijvoorbeeld leven, ijs, water en lucht (bron 2). Schrijf de resultaten op een werkblad met wolkjes rondom de bron. Je maakt zo een infographic over de effecten van een warmere atmosfeer.



Bron 2. *Klimaatsysteem in schematische weergave (bron: www.worldoceanreview.com).*

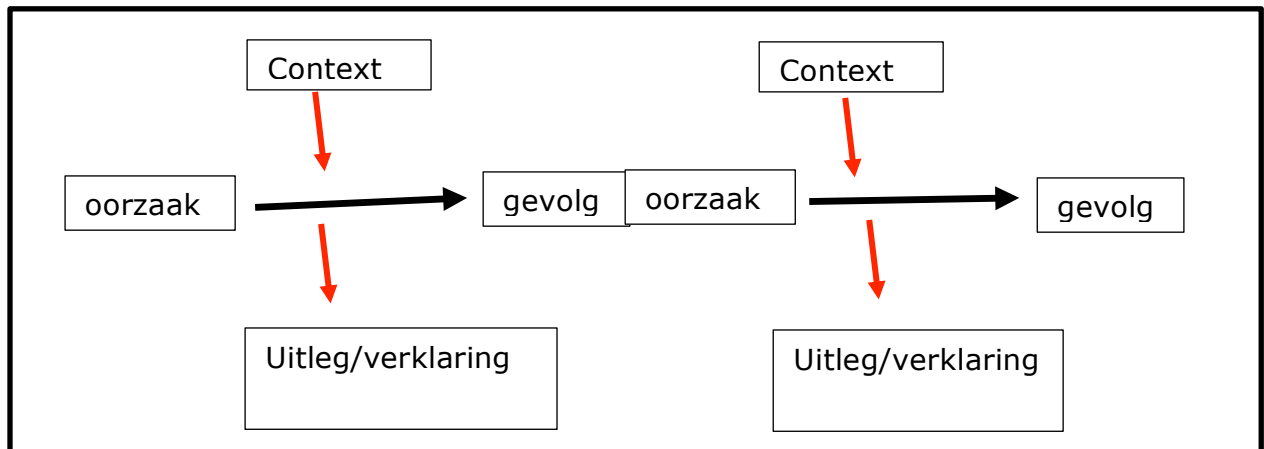
In de zeeën en oceanen kan veel warmte worden opgeslagen. Zoals je bij vraag c. hebt gemerkt, gaat de opwarming en afkoeling van een oceaan langzamer dan bij land of lucht. Dit heb je ook vast weleens in de keuken gemerkt: water koken duurt wel even, terwijl een lege pan of lucht opwarmen veel sneller gaat. De reden voor dit verschil in tempo is dat water veel meer energie nodig heeft om 1 °C in temperatuur te stijgen dan land of lucht.

- e. Stel dat de gehele atmosfeer én de gehele oceanen en zeeën 1 °C opwarmen. Bereken met behulp van onderstaande gegevens een schatting van de *verhouding* tussen de hoeveelheid warmte die is opgenomen door de atmosfeer versus de oceanen.
- Opwarming van lucht: 1000 eenheden energie (in J) is nodig om 1 kg lucht 1 °C op te warmen ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$).
 - Opwarming van zeewater: 4000 eenheden energie (in J) is nodig om 1 kg zeewater 1 °C op te warmen ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$).
 - De totale massa van de atmosfeer is ongeveer 5.300.000.000 miljard kg.
 - De totale massa van de zeeën en oceanen is ongeveer 1.350.000.000.000 miljard kg.

- f. Zet je verhoudingsgetallen uit vraag e. om in percentages: hoeveel procent van de extra warmte verdwijnt in de zeeën en oceanen als die qua temperatuur even sterk opwarmen als de atmosfeer?
- g. Het Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC), een onderdeel van de VN, stelt dat 90% van de door het versterkte broeikas effect extra vastgehouden warmte vooralsnog is opgenomen door de oceanen. *Beredeneer* aan de hand van je begrip van het *systeem* aarde *meerdere* verklaringen voor het verschil tussen dit cijfer en je antwoord bij vraag f. Je kunt hierbij *onder andere* gebruik maken van de infographic die je bij vraag d gemaakt hebt.

We hebben nu gezien dat extra broeikasgassen niet alleen de atmosfeer beïnvloeden, maar ook de zeeën, oceanen en andere onderdelen van het systeem aarde. Zo zullen warmere zeeën en oceanen op hun beurt ook weer gevolgen hebben die verder gaan dan alleen warmer zeewater.

- h. *Beredeneer* welke invloed warmer zeewater op het gedrag van de oceanen zelf en op andere onderdelen van het *systeem* aarde kan hebben. Verwerk dit in je infographic op het werkblad. Tip: kijk hierbij eens goed naar een pan (deels bevroren) soep, die je geleidelijk opwarmt met de deksel er af en toe op: wat gebeurt er *in* de soep én *eromheen*?
- i. Zet je infographic van vraag d. en h. nu om in een eigen pijlschema, waarin je laat zien hoe het een het ander beïnvloedt. Elke pijl in dit schema is een oorzaak-gevolg verband en je gehele schema is een *systeemmodel*.



In deze opdracht heb je een vreemde schijnbare tegenstelling (paradox) bekeken. Oceanen dempen klimaatverandering, maar hebben vervolgens een onvoorspelbare invloed op het klimaatstelsel. Het toont enerzijds de grote robuustheid van het systeem aarde tegen veranderingen, maar anderzijds ook de grote kwetsbaarheid. Je kunt daarom in het klimaatdebat twee standpunten innemen: uitgaan van de robuustheid of uitgaan van de kwetsbaarheid. Of iets ertussenin natuurlijk.

- j. Waar sta jij nu? Moeten we als samenleving de aarde vooral zien als een robuust of juist als een kwetsbaar systeem? Of kunnen we beter een standpunt ertussenin innemen? Bepaal je antwoord door eerst goed na te denken wat jij zelf belangrijk vindt en hoe jij in het leven staat, en beargumenteer met behulp van die 'waarden' je standpunt.