

CO₂ en de opwarming van de aarde

Titel: CO₂ en de opwarming van de aarde
Vak: Scheikunde
Domein: Schaal, verhouding en hoeveelheid
Sector: havo/vwo klas 3
3D aspect: **werkwijze** informatievaardigheden; redeneervaardigheden
denkwijze patronen; schaal, verhouding en hoeveelheid

1. Integrale doelen

De leerling kan:

1. Patronen in de tijd in het verloop van de CO₂-uitstoot in de atmosfeer ontdekken en beschrijven en beredeneren waarom die patronen er zo uitzien;
2. Eenvoudige berekeningen maken over eigen bijdragen aan de CO₂-uitstoot;
3. Aan de hand van data over het verloop van de CO₂-uitstoot in de atmosfeer en data over het verloop van de temperatuur van de atmosfeer over langere periode beredeneren of er een relatie tussen die twee bestaat en welke dat is;
4. Verschillende grootheden om de CO₂ uitstoot in de atmosfeer te beschrijven onderscheiden en aan elkaar relateren.

2. Werkwijzen, vakinhouden en denkwijzen

D1 - Karakteristieke werkwijzen	D2 - Vakinhouden (vwo cursief)	D3 - Karakteristieke denkwijzen
Reken- en wiskundige vaardigheden - Berekeningen uitvoeren aan eigen productie en besparing van CO₂ met behulp van de fietscalculator van de Fietzersbond. Informatievaardigheden - Informatie interpreteren over CO₂-gehalten in de atmosfeer over een lange periode van jaren en daar conclusies uit trekken. Redeneervaardigheden - Grafiek over het verloop van CO₂ in de atmosfeer in de tijd vergelijken met een grafiek over het verloop van de temperatuur van de atmosfeer in de tijd, en op grond daarvan beredeneren wat de relatie CO₂ en temperatuur in de atmosfeer zou kunnen zijn.	Schaal - Toepassen van en omrekenen in de eenheden van massa en volume. Gehaltes - Eenvoudige berekeningen uitvoeren met volumeprocent en massaprocent (één 'denkstap'). Hoeveelheid - Vanuit gehalten hoeveelheden berekenen en omgekeerd.	Patronen - De hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer verandert met de seizoenen, is sinds de industriële revolutie toegenomen en neemt met name in de laatste decennia sterk toe. Schaal, verhouding en hoeveelheid - Gevoel voor schaal: de eenheden Gigaton, megaton, ton, kilogram, gram, milligram, microgram en nanogram, liter en milliliter verschillen steeds een factor 1000 van elkaar. - Gevoel voor schaal: een rit met de trein genereert al gauw 5 kg CO₂ per persoon maar de hoeveelheid CO₂ in de lucht wordt uitgedrukt als ppm (parts per million).

3. Leerlingopdracht

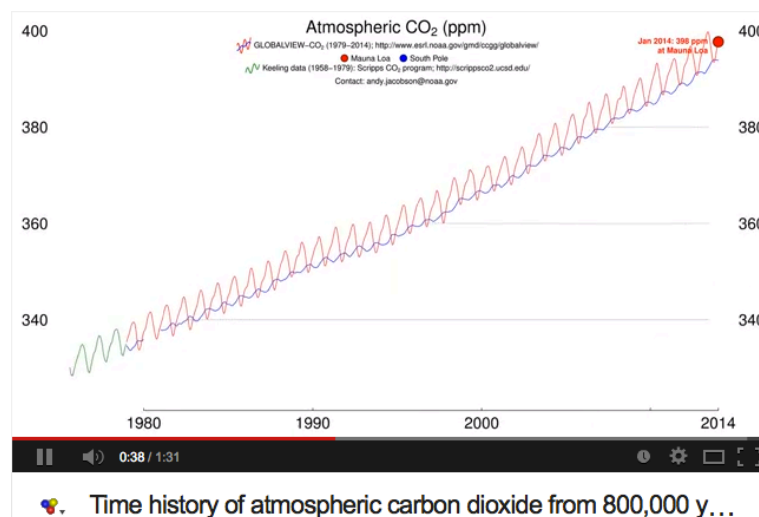
Deze opdracht bestaat uit 4 onderdelen. Doe alle activiteiten in de opdracht en beantwoord alle vragen, werk samen met je buurman of buurvrouw.

1. Broeikaseffect (inleiding)

- Lees de tekst op <http://globalwarming.berrens.nl/broeikaseffect.htm> over het broeikaseffect.
- Leg uit met een tekening uit wat het mechanisme van de broeikas werkt. In je tekening moeten ook de aarde en de zon voorkomen.

2. CO₂ in de atmosfeer

- Bekijk de video op _ over de toename van CO₂ in de atmosfeer van voor de ijstijd en tot januari 2014.



- In de grafiek zijn twee patronen te zien. In box 2 hieronder word je gevraagd om beide patronen nader te beschrijven. In box 1 worden voorbeelden gegeven van de manier waarop je patronen kunt beschrijven.

Box 1 patronen beschrijven – een voorbeeld

Een patroon is een regelmaat die je waarneemt. Je kunt bijvoorbeeld zien dat bomen langs de weg op een vaste afstand van elkaar staan. Maar een patroon kan ook waarneembaar zijn in verloop van de tijd. Dat het 's winters kouder is dan 's zomers is zo'n patroon, evenals dat de zon elke dag opkomt en weer ondergaat. Patronen in de tijd kan je beschrijven door onder andere

- de tijdsschaal aan te geven (elke 10 seconden, elk uur, elke week, elke duizend jaar)
- aan te geven wat waargenomen wordt (geluid, temperatuur, aantallen voorwerpen) en
- aan te geven welke gebeurtenis steeds terugkomt (een toename/ afname, een melodie, een gebeurtenis)
- het kan helpen door van het patroon een schets te maken.

Box 2 - patronen beschrijven – twee patronen in grafiek in 2b.

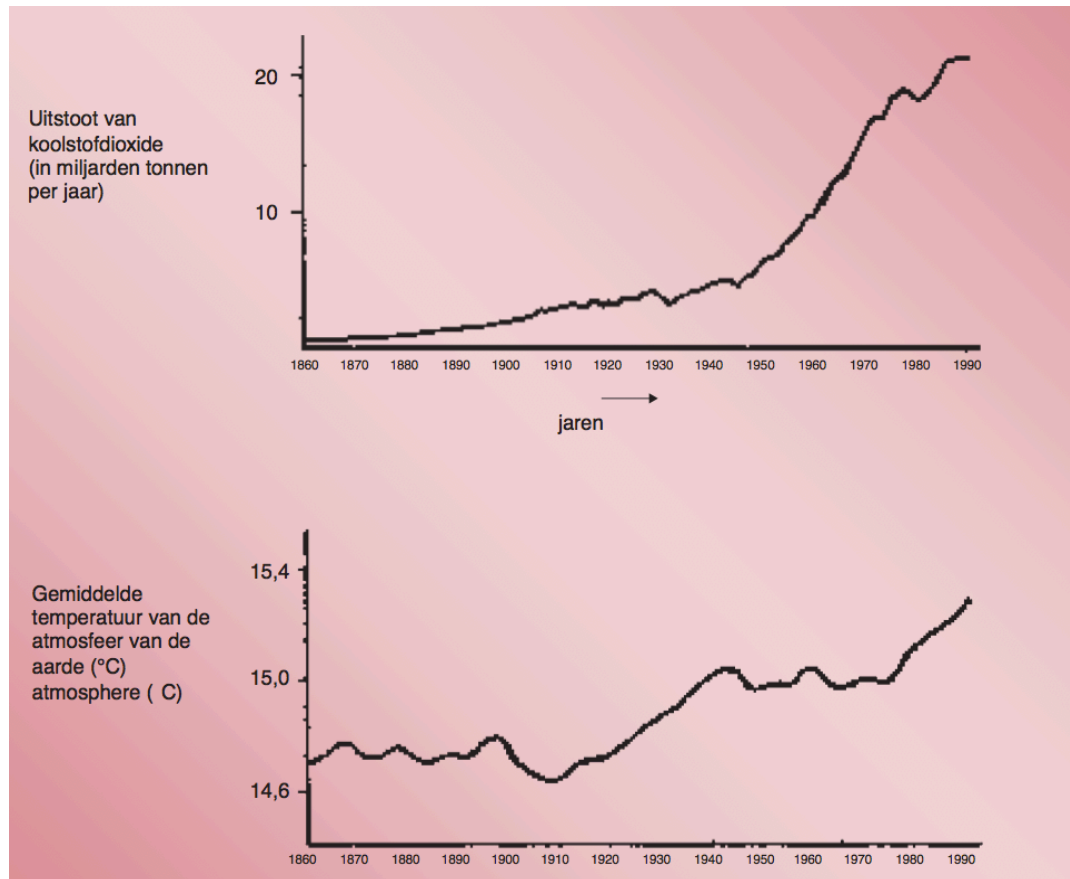
1) Welke twee patronen zijn waar te nemen in deze grafiek? Beschrijf deze. Je kunt daarbij gebruik maken in het voorbeeld in box 1. 2) Waardoor zou die patronen veroorzaakt kunnen zijn? Geef dit aan voor alle patronen die je ziet.		
	Patroon 1	Patroon 2
Beschrijf (of teken) hoe het patroon eruit ziet (<i>patroon 1 is al voor je ingevuld</i>)		
Waardoor zou dit patroon veroorzaakt kunnen worden?		
Ken je een ander patroon waar dit patroon op lijkt?		

- c. De grafiek laat zien dat tussen 1980 en 2014 er een toename in CO₂-concentratie is van ongeveer 330 ppm naar ongeveer 395 ppm. Ppm staat voor parts per million, het aantal delen CO₂ op miljoen delen 'lucht' in de atmosfeer.
- Hoe groot is de toename sinds 1980 in procenten?
 - De totale hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer uitgedrukt in Gigaton, is een miljard ton. Hoeveel kilo is een miljard ton CO₂ eigenlijk?
 - Aan de ene kant lijkt de hoeveelheid juist heel klein (uitgedrukt in ppm), anderzijds is er sprake van een enorme hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer. Hoe kan je deze ogenschijnlijke tegenstelling verklaren?
 - Samen met je docent bekijk je de patronen aan het eind van de les nog een keer.

3. CO₂ verantwoordelijk voor broeikaseffect, of toch niet?

CO₂ wordt voor een groot deel verantwoordelijk gehouden voor het broeikaseffect en de daaraan gekoppelde gemiddelde temperatuurstijging van de atmosfeer. Lees onderstaande tekst en bekijk de grafieken, beantwoord vervolgens de vragen hieronder:

Een student, André genaamd, is geïnteresseerd in de mogelijke relatie tussen de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer van de aarde en de uitstoot van koolstofdioxide op aarde¹. In een bibliotheek vindt hij de volgende twee grafieken. André leidt uit deze twee grafieken af dat het vaststaat dat de stijging van de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer het gevolg is van de toename van de uitstoot van koolstofdioxide.



1. Welke informatie uit de grafieken ondersteunt de conclusie van André?

Een andere studente, Inge, is het niet eens met de conclusie van André. Ze vergelijkt de twee grafieken en zegt dat bepaalde delen van de grafiek zijn conclusie niet ondersteunen.

2. Geef een voorbeeld van een deel van de grafiek dat de conclusie van André niet ondersteunt. Leg je antwoord uit.

André blijft bij zijn conclusie dat de stijging van de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer van de aarde wordt veroorzaakt door de toename van de uitstoot van koolstofdioxide. Inge is echter van mening dat zijn conclusie voorbarig is. Zij zegt: "Vóór je deze conclusie accepteert, moet je er zeker van zijn dat andere factoren die het broeikaseffect zouden kunnen beïnvloeden constant zijn"

3. Noem één van de factoren die Inge bedoelt.

¹ vrijgegeven PISA opgave

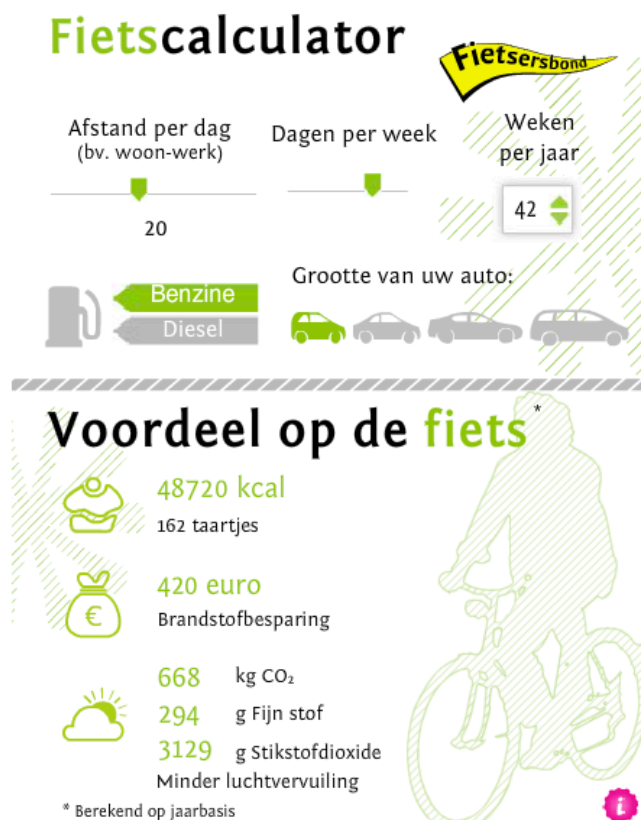
4. Hoeveel CO₂ produceer je zelf eigenlijk?

De Fietzersbond berekent met de fietscalculator de hoeveelheid kilogram CO₂ die je bespaart (ofwel die je niet produceert) door de fiets te nemen in plaats van de auto. Zie

<http://www.fietzersbond.nl/de-feiten/fietscalculator#.U2jPysettcw>

De fietscalculator is gebaseerd op een relatief eenvoudig rekenmodel dat bepaalde aannames maakt. Klik op de  in het calculatorscherm om te zien welke aannames dat zijn.

1. Stel dat je 40 weken van het jaar naar school fietst i.p.v. met de auto gebracht wordt, de afstand van huis naar school 10 km is, je 40 weken in het jaar naar school gaat, 5 dagen in de week. Hoeveel kilogram CO₂ bespaar je dan volgens de fietscalculator per jaar?
2. Vind je dat veel? Waarom vind je dat veel, of juist niet?
3. Controleer of het antwoord van de fietscalculator juist is, door het antwoord handmatig uit te rekenen. Ga daarbij uit van de aannames die in de fietscalculator gemaakt worden.



4. Lesopzet

De opdracht voor leerlingen bestaat uit een viertal componenten, 1 – 4, die ook in die volgorde moeten worden gemaakt. Een introductie over het broeikaseffect, te bestuderen door leerlingen ter voorbereiding op de opdrachten 2 – 4. Voor deze opdracht wordt verwezen naar specifieke bronnen op het internet, andere vergelijkbare bronnen zijn ook in orde. Leerlingen bevragen elkaar over wat ze gelezen hebben om te zien of ze het begrepen hebben en om eventuele onduidelijkheden helder te krijgen.

1. In opdracht 1 staat een inleidende tekst over het broeikaseffect centraal. Leerlingen wordt gevraagd die tekst te lezen en elkaar in koppels te daar over te bevragen.
2. In opdracht 2 toont de video op YouTube de toename van CO₂ in de atmosfeer getoond vanaf de prehistorie tot 2014 verloopt met een bepaald patroon (duidelijke in eerste instantie geleidelijke toename, maar niet in een rechte lijn, de laatste decennia sterk toenemend). Daarnaast is er een patroon dat seizoensafhankelijk is, in de herfst en winter ontstaat er door afsterving van planten, bomen en bloemen meer CO₂ dan in de zomer, wanneer CO₂ vooral wordt opgenomen tijdens nieuwe groei. Dit patroon is ook duidelijk te zien in de grafiek.
Maak een samenvatting van de geobserveerde patronen met de leerlingen m.b.v. de onderstaande tabel.

Beantwoord de vragen voor zowel patroon 1 als patroon 2.

	Patroon 1	Patroon 2
Beschrijf (of teken) hoe het patroon eruit ziet	het patroon is min of meer een stijgende lijn	Ziet er uit als een golffunctie
Hoe is het patroon te verklaren?	Zie verklaring in de tekst hieronder	Zie verklaring in de tekst hieronder
Ken je een ander patroon waar dit patroon op lijkt?	Elk proces waarbij een geleidelijk soms versnelde groei plaatsvindt laat een dergelijk patroon zien, bv het aantal inwoners van een stad of land.	De fases van de maan, elke seizoensgebonden verandering ziet er op dezelfde manier uit.
Is er een afwijking in het patroon? Waardoor komt die afwijking?	In het oplopende patroon zitten ook wel stukken waar juist een afname van de CO ₂ in de atmosfeer te zien is. Dat kan te maken hebben met tijdelijke veranderingen in het klimaat, waardoor juist minder groei optreedt.	Niet echt, ziet er als een reguliere golffunctie uit
Wat zegt het patroon over de toekomst?	Waarschijnlijk blijft het oplopende patroon voorlopig nog wel gaande, ondanks maatregelen om de CO ₂ te reduceren.	Dit patroon zal regulier blijven net als het nu is.

Het denken in patronen is een van de **denkwijzen** die wetenschappers en technologen gebruiken. Door specifiek de nadruk te leggen op de patronen zien we dat in deze opdracht twee patronen door elkaar heen lopen. patroon 1, dat de toename van de CO₂ in de lucht door de jaren heen weergeeft, is nogal onregelmatig als je korte tijdsintervallen beschouwt, maar de trend is een sterke toename. Hoe zou dat komen?

Leerlingen vinden de verklaring in de tekst op de website in de eerste opdracht: de extra CO₂ (en andere broeikasgassen) in de atmosfeer zorgt als het ware voor een deken om de atmosfeer, als een broeikas, waardoor de temperatuur van de atmosfeer toeneemt. Dit wordt het **versterkt broeikaseffect** genoemd.

patroon 2 geeft de seizoensinvloeden op de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer weer. Die lijkt steeds vrijwel hetzelfde, elk jaar weer, wat zou daar de verklaring voor kunnen zijn?

Met wat nadere aanwijzingen over de periode in het jaar dat de meeste groei plaatsvindt (in voorjaar en zomer) en de periode dat bomen hun bladeren laten vallen kunnen leerlingen beredeneren dat CO₂ respectievelijk aan de atmosfeer wordt onttrokken en aan de atmosfeer wordt afgestaan. Dit wordt het **natuurlijk broeikaseffect** genoemd.

Om naar de toekomst te kijken ga je de grafiek extrapoleren en mag je verwachten dat patroon 1 een nog verdere toename van de CO₂ zal laten zien, terwijl de variatie over de seizoenen min of meer constant zal blijven.

3. In opdracht 3 worden data over de uitstoot van CO₂ in de periode 1880 tot 1990 getoond en veranderingen in temperatuur van de atmosfeer in dezelfde periode. De vraag is daarbij of aan de hand van de gegevens een relatie gelegd kan worden tussen de uitstoot van CO₂ en de temperatuur die periode. Voor de hele periode zou je dat kunnen beweren maar als je kortere tijdsintervallen neemt (zoals André en Inge die zich in de opdracht over dit probleem buigen, doen) lijkt dat toch wat ingewikkelder te liggen.

“André blijft bij zijn conclusie dat de stijging van de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer van de aarde wordt veroorzaakt door de toename van de uitstoot van koolstofdioxide. Inge is echter van mening dat zijn conclusie voorbarig is. Zij zegt: ‘Vóór je deze conclusie accepteert, moet je er zeker van zijn dat andere factoren die het broeikaseffect zouden kunnen beïnvloeden constant zijn.’”

Wat vinden leerlingen van die uitspraak van Inge? En die van André? Of hebben ze allebei een beetje gelijk?

Als je naar korte tijdsperiodes kijkt dan zitten er voldoende onregelmatigheden in de grafieken om Inge gelijk te geven, maar als je kijkt naar een veel langere periode zie je beide grafieken oplopen en zou je André gelijk kunnen geven.

4. In opdracht 4 kunnen leerlingen ook hun eigen bijdrage aan de CO₂ -uitstoot uitrekenen, met de fietscalculator van de Fietzersbond. Deze opdracht probeert de leerlingen inzicht te verschaffen hoeveel CO₂ zijzelf produceren, en een vergelijking te maken van de hoeveelheid CO₂ geproduceerd door op de fiets naar school te gaan vergeleken met de auto. De fietscalculator berekent de hoeveelheid aan CO₂ die niet geproduceerd wordt als de leerling met de fiets naar school gaat. Vinden leerlingen die besparing veel? Of juist niet? Waar vergelijken ze het mee om hun antwoord te onderbouwen?

De hoeveelheid CO₂ wordt in deze opdracht uitgerekend in kg per jaar. In de grafiek in opdracht 3 wordt de hoeveelheid CO₂ uitgedrukt in miljoenen ton (Gigaton) per jaar, in opdracht 2 in ppm (parts per million). Dat lijkt verwarrend.

Denken in ‘schaal, verhouding en hoeveelheid’, een tweede denkwijze in deze lessenserie, biedt overzicht in de mêlee van schaalgroottes, gehalten en hoeveelheden. Maak een overzichtstabel waarin de CO₂-waarden uit de opdrachten op een rijtje gezet worden, zie hieronder een voorbeeld.

	CO ₂ -waarde en eenheid	Omschrijving	Gehalte, verhouding, hoeveelheid
In opdracht 2	330-395 ppm	De eenheid 'ppm' staat voor 'parts per million', d.w.z. hoeveel delen CO ₂ er in miljoen delen lucht zitten.	De eenheid 'ppm' drukt een gehalte aan CO ₂ uit, zoveel delen in een miljoen delen.
In opdracht 3	1-20 Gigaton (miljard ton)	De miljarden tonnen ofwel Gigaton CO ₂ aangegeven voor de atmosfeer gaat over de totale hoeveelheid aanwezig in de hele atmosfeer.	Hier wordt de totale hoeveelheid aan CO ₂ in de atmosfeer aangeduid. Er is voor een grote eenheid gekozen om die enorme hoeveelheid toch met een relatief klein getal te kunnen uitdrukken.
In opdracht 4	668 kg	De 668 kg, of een vergelijkbare hoeveelheid afhankelijk van de ingevulde waarde in de fietscalculator is de hoeveelheid CO ₂ die deze leerling uitspaart door naar school te fietsen, i.p.v. met de auto naar school gebracht te worden.	Ook hier gaat het om een hoeveelheid. In dit geval is de eenheid 'kg' gekozen, veel minder dan de Gigaton uit opdracht 3 omdat het over één leerling gaat.

5. Welke denkwijzen zijn nog meer van toepassing bij deze opdrachten?

Naast de twee denkwijzen gebruikt in deze opdrachten, is ook de denkwijze '*Stabiliteit en verandering*' relevant in deze opdrachten. Relevante vragen daarbij zijn:

- a. Bij het natuurlijk broeikaseffect neemt de hoeveelheid CO₂ in een (kalender)jaar eerst af en dan weer toe.
 - Wat veroorzaakt bij het broeikaseffect de *afname* van CO₂ in de atmosfeer?
 - Wat veroorzaakt bij het broeikaseffect de *toename* van CO₂ in de atmosfeer?
 - Wat is bij deze verandering de uitgangssituatie?
- b. Bij het versterkt broeikaseffect neemt de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer de laatste jaren sterk toe, zoals te zien in de grafiek van de tweede opdracht hierboven.
 - Waardoor wordt die toename veroorzaakt?
 - Hoe verloopt die toename in de tijd?
 - Is de snelheid van die toename steeds hetzelfde geweest?
 - Hoe kan de snelheid van verandering beïnvloed worden?
 - Wat is het belang van het stabiel blijven van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer?

6. Lesschema

Tijd	Onderdeel	Activiteiten docent en leerling	Functie	Materiaal
Les 1				
10	Inleiding	Docent (D) vertelt wat de klas in komende lessen gaat doen: waarover het gaat, hoe ze werken, welke bronnen ze moeten gebruiken, wat de opbrengst moet zijn, welke tijd er is.	Leerlingen (L) hebben spoorboekje voor komende 3 lessen en L weten welke bronnen ze hoe moeten gebruiken.	Leerlingenopdracht, onderdeel bronnen, toelichting bij ..., Opdracht 1.
15	Opdracht 1	L lezen de tekst over het broeikaseffect. L beantwoorden vragen.	introductie van het begrip 'broeikaseffect' en de dingen die daarbij belangrijk zijn.	L-opdracht en bronnen.
5	Check	D checkt antwoorden van L voor deze opdracht.	L geven aan dat ze de werking van de broeikas begrijpen.	(Aan)tekeningen van de L.
20	Opdracht 2	L bekijken video. L beantwoorden de vragen bij de opdracht. Gaan allemaal de twee patronen die waarneembaar zijn in de grafiek die wordt opgebouwd in de video.	L krijgen grip op de in de grafiek zichtbare patronen en gaan de voordelen zien van het redeneren in patronen.	L-opdracht en bronnen.
5	Korte bespreking	D vraagt naar verklaren van patronen 1 en 2.	L vullen eigen antwoorden aan.	
Les 2				
5	Herstart	D maakt korte samenvatting en nabespreking van het voorafgaande.	L kunnen weer verder.	

Tijd	Onderdeel	Activiteiten docent en leerling	Functie	Materiaal
20	Opdracht 3	L werken aan de vragen in opdracht 3.	L interpreteren grafieken en beschouwen kritisch de antwoorden van twee leerlingen die in de opdracht aan het woord zijn.	L-opdracht
5	Bespreking opdracht 3	D bespreekt de antwoorden uit opdracht samen met L.	L op één lijn.	
20	Opdracht 4	L beantwoorden vragen bij de fietscalculator, en berekenen handmatig of de calculator goed werkt.		L-opdracht en bron: fietscalculator.
Les 3				
15	Herstart en bespreking antwoorden opdracht 4	D bespreekt de opdracht 4 door L.		
20	D vat de opdrachten 1 – 4 samen met nadruk op het redeneren in <i>patronen en schaal, verhouding en hoeveelheid</i> .	L dragen bij nemen kennis van elkaars presentaties en geven elkaar feedback.	L hebben feedback op hun werk op het gebied van beroep, bedrijf, duurzaamheid en veiligheid.	Presentaties
15	Totale samenvatting en evaluatie	D leidt gesprek in de klas over het geleerde, met name over het redeneren in <i>patronen en schaal, verhouding en hoeveelheid</i> . Daarnaast een samenvatting van “wat ze moeten weten”.	L zijn bekend met leeropbrengst.	Een of ander medium (Het kan al een black board zijn).