

LESPAKKET

HET KLIMAATPROBLEEM

Lepakket ontworpen voor alle graden
van het secundair onderwijs



LESPAKKET

HET KLIMAATPROBLEEM

PRAKTISCH OVERZICHT

ONTWORPEN VOOR **ALLE GRADEN** VAN HET SECUNDAIR ONDERWIJS

Inleiding

In het nieuws gaat het steeds vaker over temperatuurrecords, smeltende ijskappen en gletsjers, droogte, overstromingen ... Weten leerlingen welke rol **klimaatverandering** hierin speelt? Hoe ziet de toekomst van onze planeet er volgens wetenschappelijke modellen uit? Veel gevolgen van klimaatverandering lijken soms een ver-van-mijn-bedshow, maar is dat wel zo?

In dit lespakket leren leerlingen over **de oorzaken van de klimaatverandering** en **de gevolgen** ervan voor de planeet. Leerlingen voeren zelf experimenten uit waarin ze ontdekken wat de oorzaken van klimaatverandering zijn. Ze maken een onderscheid tussen natuurlijke en menselijke oorzaken van klimaatverandering en bekijken de gevolgen ervan, zowel globaal als regionaal.

Doelgroep, doelstellingen en eindtermen

Dit lespakket wil in de eerste plaats **leraren en leerlingen informeren over de verschillende oorzaken van klimaatverandering** en ze **bewust maken van de gevolgen van klimaatverandering**. Het geeft leerlingen bovendien de kans om **zelf experimentjes uit te voeren** die globale klimaatverandering illustreren.

Vanaf de modernisering van de eindtermen voor het secundair onderwijs (SO) wordt in het secundair onderwijs meer aandacht gevraagd voor 1) duurzame ontwikkeling, 2) materie- en energiestromen in ecosystemen, en 3) maatschappelijke uitdagingen zoals het klimaatprobleem. Vóór de modernisering kwam dit minder nadrukkelijk aan bod in de eerste twee graden van het SO, maar

was het hoofdzakelijk leerstof voor de derde graad SO. Dit lespakket wordt daarom aangeboden voor **alle richtingen van het SO**. Delen ervan kunnen, eventueel na aanpassingen, inspiratie bieden voor onderwijs in de **derde graad van het lager onderwijs** (vooral in STEM-gerelateerde richtingen of vakken).

Voor **meer info** over welke onderwijsdoelen met dit lespakket bereikt worden, zie bijlage **Eindtermen**.



LEERSTOF DERDE GRAAD

Enkele lesdelen hebben duidelijke verbanden met **specifieke leerplandoelstellingen uit de derde graad SO** (voornamelijk voor het vak aardrijkskunde). Ze worden aangegeven met het symbool 'leerstof derde graad'. Om de keuze te maken deze leerstof via dit lespakket al aan te bieden in de eerste twee graden SO, is overleg met leraren van de derde graad SO aangeraden.



Materiaal voor de leraar

- ✓ Dit lespakket **ondersteunt de leraar** tijdens lessen over oorzaken en gevolgen van klimaatverandering. Het bevat informatie over broeikasgassen, experimenten met tips voor uitbreidingen, en hulp wanneer experimenten in de school uitgelegd en uitgevoerd worden. Dit lespakket behandelt enkel de oorzaken en gevolgen van klimaatverandering. Mogelijke oplossingen voor klimaatverandering worden behandeld in een apart lespakket voor de derde graad SO.
- ✓ Het lespakket biedt meerdere **uitbreidingsmogelijkheden** aan. Het bevat bijlages met extra informatie, linken naar nuttige sites, filmpjes ... Het lespakket laat de leraar toe zelf creatief aan de slag te gaan, met dit lespakket als basis. In de **bijlagemap* van Klimaatlink** heb je toegang tot alle beschikbare informatie. Het lespakket kan door de leraar aangepast worden naargelang de beschikbare tijd en het leerniveau van de school of klas.
- ✓ Voor dit lespakket is een gemiddelde klasruimte noodzakelijk. Connectie met het **internet**, beschikbaarheid van **computers of tablets** bij opzoekwerk en data-analyses, en een **presentatiescherm** zijn noodzakelijk voor een goed verloop van dit lespakket. Bij elk onderdeel van het lespakket (DEEL 1, DEEL 2, DEEL 3, DEEL 4) zijn extra benodigheden nodig. Deze worden aangegeven aan het begin van elk onderdeel. Voor de experimenten (DEEL 3) kan **een materialenkoffer van Klimaatlink** (Universiteit Antwerpen) geleend worden. Deze kan na reservatie afgehaald worden in universiteitscampus Drie Eiken in Wilrijk of op een locatie dichterbij jouw school. Reserveren en locaties van Klimaatlinkboxen controleren kan via klimaatlink@uantwerpen.be.



Materiaal voor de leerlingen

- ✓ Voor sommige opdrachten van dit lespakket zijn **werkbladen voor de leerlingen** voorzien. Dit staat telkens aangegeven in deze handleiding voor leraren. Er is ook een **begrippenlijst** met enkele moeilijkere termen. De werkbladen en begrippenlijst staan in de **bijlagemap* van Klimaatlink**.

* De map van Klimaatlink waarin je dit document gevonden hebt.

Inhoud

Dit lespakket is onderverdeeld in vier delen van in totaal **6 of 7 lesuren**. Het is mogelijk het lespakket uit te voeren tijdens **één themadag**. De leraar kan gemakkelijk onderdelen weglaten of, bijvoorbeeld via de aangeboden

uitbreidingen, toevoegen. **Ook los van elkaar zijn de verschillende onderdelen van dit lespakket een inspiratiebron en meerwaarde voor het onderwijs.**

DEEL 1

Wat is klimaatverandering? – 2 lesuren

- 1.1 Stelling 1**
klimaatverandering is een serieus probleem!
- 1.2 Stelling 2**
klimaatverandering heeft een natuurlijke oorzaak ...
- 1.3 Stelling 3**
klimaatverandering is een ver-van-mijn-bedshow

DEEL 2

Temperatuur en CO₂ – 2 lesuren

- 2.1** Het door de mens versterkte broeikaseffect
- 2.2** Paleoklimatologie
- 2.3** Stoten we allemaal dezelfde hoeveelheid CO₂ uit?

DEEL 3

De globale gevolgen van klimaatverandering –

1 of 2 lesuren

- 3.0** Vooraf – voor de leraar
- 3.1** Voorbereiding
- 3.2** De experimenten
- 3.3** Het rapport
- 3.4** (Uitbreiding) Gevolgen van klimaatverandering – de methaanproef

DEEL 4

De lokale gevolgen van klimaatverandering – 1 lesuur

- 4.1** Klimaatverandering bij ons
- 4.2** Het interview

✓ De tijdsindeling van dit overzicht houdt geen rekening met eventuele uitbreidingen.

Dankbetuiging

Dit lespakket is tot stand gekomen dankzij het project Klimaatlink van het Global Change Ecology Center (Universiteit Antwerpen). De hoofdauteur van dit lespakket is Arne Ven, klimaatadviseur voor het onderwijs (Universiteit Antwerpen).

Voor het opbouwen, opmaken en nazien van dit lespakket gaat dank uit naar:

- de leraren en medewerkers uit het project Klimaatlink die zich achter het lespakket hebben gezet:

Tom D'hauwer en Dennis Marin

leraren Instituut Sint-Carolus (Sint-Niklaas)

Pieter Decuyper

leraar Vrije Handelsschool Broeders Sint-Niklaas

Ellen Trienpont

leraar Scholen Da Vinci (Sint-Niklaas)

Vincent De Meyer

leraar Sint-Jozef Klein Seminarie (Sint-Niklaas)

Elise Schaumont

leraar OLVP Sint-Niklaas en energiecoach
Sint-Niklaas

Iris Van der Vennet

leraar Sint Ursulalyceum (Lier)

Vanessa Kenis

leraar Stedelijk Lyceum Quellin

Eric Struyf

research manager Global Change Ecology Center
(Universiteit Antwerpen)

Sara Vicca

professor en docent (Universiteit Antwerpen)

Ivan Janssens

professor en docent (Universiteit Antwerpen)

Astrid Elbers

taaldocent van Linguapolis

- Het Duurzaam Educatiepunt **De Helix**
(Departement Omgeving)

- Astrid Elbers – taaldocent van Linguapolis

- Departement ICT – NMD – **Grafische cel**
van Universiteit Antwerpen.

Klimaatlink wordt gefinancierd door
Universiteit Antwerpen, stad Antwerpen,
en stad Sint-Niklaas.



**Universiteit
Antwerpen**



University of Antwerp
Global Change Ecology
Centre of Excellence



stad
Sint-Niklaas





LESPAKKET

HET KLIMAATPROBLEEM

DEEL 1

Wat is klimaatverandering?

ONTWORPEN VOOR **ALLE GRADEN** VAN HET SECUNDAIR ONDERWIJS

Korte inhoud

DEEL 1 peilt naar **de kennis over klimaatverandering van de leerlingen**. Wat weten ze al over de oorzaken van klimaatverandering? Wat is hun mening hierover? De hele les en de begeleidende presentatie *De kennis van de leerlingen* zijn opgebouwd rond een **stellingenspel**. Daarbij zitten de leerlingen niet achter hun tafel: ze geven hun antwoord op elke stelling door naar de linkerkant ('ja'), de rechterkant ('nee') of het midden ('weet het niet') van het klaslokaal te wandelen. Indien mogelijk kan je je klasopstelling aanpassen, zodat aan de linkerkant, in het midden, en aan de rechterkant van de klas enkele stoelen voor de leerlingen beschikbaar zijn. Zo hoeven ze niet de hele les recht te staan. Een alternatieve (minder actieve)

versie is er een waar de leerlingen op hun stoel blijven zitten ('ja'), rechtstaan ('nee') of op hun bank gaan zitten ('weet het niet').

Na elke stelling volgen (enkele) vragen, foto's of video-fragmenten, of een opdracht. Je kan met je klas de stelling bespreken tijdens een klasdiscussiemoment. Daarna mogen de leerlingen alsnog hun mening over de stelling veranderen. Op het einde van elke stelling-met-bijhorende-vragen volgt ter informatie een (audio-)uitleg over wat de wetenschap over de stelling zegt, en een kleine quiz.

Tijdsduur

Twee lesuren.

- 1.1 Stelling 1**
klimaatverandering is een serieus probleem!
- 1.2 Stelling 2**
klimaatverandering heeft een natuurlijke oorzaak ...
- 1.3 Stelling 3**
klimaatverandering is een ver-van-mijn-bedshow

Werkvormen

Presentatie met een **stellingenspel**.

Open leergesprek (OLG): mogelijke vragen van de leraar worden in het **blauw** genoteerd. Mogelijke antwoorden van de leerlingen worden in het **groen** genoteerd.

Filmfragmentjes.

Klasopdracht met gebruik van het bord of een Mentimeter.

Op het einde van elke stelling volgt een korte quiz.



Materiaal en voorbereiding

- ✓ Een presentatiescherm en computer met internetverbinding.
- ✓ Een bord met bijhorend schrijfmateriaal, waarvan twee verschillende kleuren (of gebruik de internettool *Mentimeter*).
- ✓ Presentatie *De kennis van de leerlingen*.

Stelling 1

klimateverandering is een serieuze probleem!

leraar

leerlingen



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 2**

Slide 2 van presentatie *De kennis van de leerlingen* geeft uitleg over het stellingenspel.

Slide 3 geeft de eerste stelling weer. De leerlingen kiezen een plaats in de (klas)ruimte naargelang hun mening over de stelling.

Waaraan denk jij bij de term 'klimateverandering'?

Wat is het verschil tussen 'het weer' en 'het klimate'?

Het klimate is de gemiddelde weerstoestand (temperatuur, windkracht, bedekkingsgraad en neerslag) over een periode van minimaal 30 jaar. Het weer is de toestand van de atmosfeer op een bepaald moment. Voor het klimate hebben we minstens 30 jaar weerberichten nodig om te kijken 'of' en 'hoe' het verandert.



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 3**

Twee leuke anekdotes over verschillen tussen het weer en het klimate.

- *"Het weer is als je humeur. Het klimate is als je karakter."* Je beste vriend is leuk. Dat is haar persoonlijkheid. Toch kan ze soms kwaad of slechtgezind zijn. Dat is haar humeur.
- *"Het weer is wat je vandaag aanhebt. Het klimate is je volledige klerkast."* Je klerkast zit vol met verschillende kledij, met mogelijk een voorkeur voor een of twee vaker voorkomende thema's zoals kleurrijke kledjes: zo is het ook met het klimate. Dat betekent niet dat je altijd kleurrijke kledjes draagt, want soms draag je misschien liever iets neutraal: zo is het ook met het weer.

Opdracht voor de leerlingen



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 4**

Noteer enkele voorbeelden van broeikasgassen in het midden van het bord en omcirkel ze. Waar komen ze vandaan? Schrijf verschillende bronnen van broeikasgassen rond de cirkels.

Zie *Bordschema 1A* als voorbeeld van de **woordenwolk** die hierdoor ontstaat. Als leraar kan je, telkens wanneer een leerling een bron op het bord schrijft,

vragen: “**Welke bron past bij welk broeikasgas?**”

Als hulp voor de leerlingen bij deze opdracht toont presentatie *De kennis van de leerlingen*, na enkele klikken op **slide 4**, foto's van broeikasgasbronnen. In de bijlage *Oorsprong van broeikasgassen* staan er enkele voorbeelden van de oorsprong en de impact van broeikasgassen.



BORDSCHEMA



Bordschema 1A:

woordenwolk van de bekendste broeikasgassen (omcirkeld) en voorbeelden van de oorsprong van broeikasgassen.

Tip

Gebruik in plaats van het bordschema de tool **Mentimeter**. Kies voor een ‘Word Cloud’ en stel vragen zoals **Wat zijn voorbeelden van broeikasgassen?** en **Waar komen broeikasgassen vandaan?** Houd de slides zeker bij, want deze kunnen later tijdens de les nog aangepast of vervolledigd worden.

UITBREIDING

Geef de leerlingen enkele begrippen die ze vervolgens wel of niet op het bord moeten noteren en wel of niet moeten omcirkelen. Of geef ze afbeeldingen die ze wel of niet op het bord moeten plakken. (**Is de afbeelding een bron van broeikasgassen?**)

Wat is het natuurlijke broeikaseffect? Probeer het kort uit te leggen.

Uitleg (Climate Challenge - WWF)



youtube

De atmosfeer bevat broeikasgassen die de warmte van de aarde vasthouden. De energie die de aarde ontvangt van de zon bereikt onze planeet onder de vorm van licht en warmte. Iets minder dan de helft van de zonnestralen warmt het aardoppervlak op. Daardoor straalt de aarde op haar beurt warmte uit (infraroodstraling; IR-straling). Een deel van deze IR-straling wordt gevangen door de broeikasgassen in de atmosfeer. Zo vindt tussen het aardoppervlak en de atmosfeer een continue uitwisseling van IR-straling plaats, wat een opwarming veroorzaakt. De atmosfeer zorgt zo voor een warmte-isolerende werking: het natuurlijke broeikaseffect.

Is het natuurlijke broeikaseffect belangrijk?

Ja, want zonder het natuurlijke broeikaseffect zou het op onze planeet te koud zijn (gemiddeld $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) om de ecosystemen zoals we die nu kennen te herbergen.

Wat zegt de wetenschap?

Ja, de huidige klimaatverandering is een serieus probleem. Ze zal het leven van onszelf en onze (klein)kinderen sterk beïnvloeden. Als we niets ondernemen, veroorzaken we een verandering in het klimaat die haar gelijke niet heeft sinds de tijden van de dinosauriërs. De huidige ecosystemen zijn daar niet aan aangepast. Hierdoor zullen veel organismen het moeilijk krijgen, en potentieel uitsterven. Ook onze eigen menselijke maatschappij is niet aangepast aan die nieuwe situatie. Het veranderende klimaat, met een sterke toename van weersextremen, zal een sterke impact hebben op onze maatschappij. Ook de ontwrichtingen in ecosystemen zullen onvermijdelijk gevolgen hebben voor het goed functioneren van onze maatschappij: ecosystemen leveren veel onvervangbare zogenaamde ecosystemendiensten. Voorbeelden daarvan zijn waterbeschikbaarheid (ecosystemen sturen de watercyclus), de natuurlijke stoffen die de basis vormen voor bijvoorbeeld medicijnen, en de bestuiving van gewassen zoals kersen, appels en peren die bestoven worden door insecten die het moeilijk krijgen door de klimaatverandering.

Test je kennis met Kahoot!



4 quizvragen voor de leerlingen

- Wat is een correcte definitie van het klimaat?
[De gemiddelde weerstoestand over een periode van minimaal 30 jaar.](#)
- Wat is geen broeikasgas?
[Stikstof \(N\).](#)
- Wat zou de gemiddelde temperatuur op aarde zijn zonder aanwezigheid van broeikasgassen?
[-18 °C.](#)
- Klimaatverandering is een serieus probleem!
[Ja.](#)

Stelling 2

klimaatverandering heeft een natuurlijke oorzaak ... (het is niet onze schuld)



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 4**

De leerlingen kiezen een plaats in de (klas)ruimte

naargelang hun mening over de stelling.



LEERSTOF DERDE GRAAD

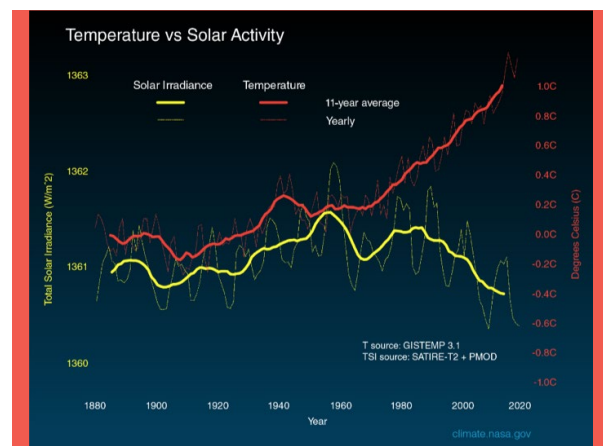


PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 8 en 9**

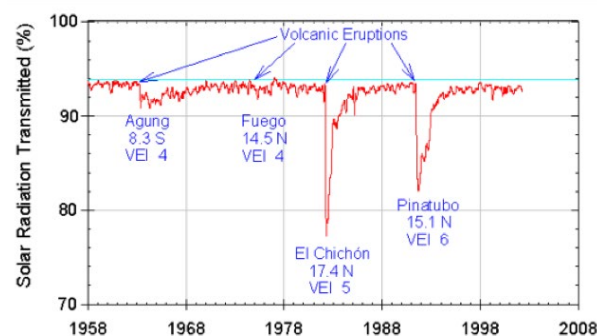
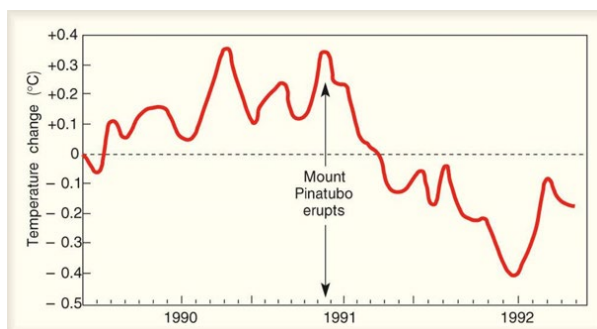
Achtergrondinformatie: klimaatverandering heeft een natuurlijke oorzaak

Tot de jaren '60 van de vorige eeuw dacht een groot deel van de mensen dat de huidige klimaatverandering grotendeels veroorzaakt werd door een **verandering in zonneactiviteit**. De zonnestraling en gemiddelde temperatuur op aarde volgden ongeveer dezelfde trend (zie figuur NASA; ook in **slide 8** van presentatie *De kennis van de leerlingen*). De zon heeft inderdaad een grote invloed op het klimaat. Na 1960 werd echter duidelijk dat deze invloed minder groot is in verhouding met andere invloeden, die ondertussen door onder andere het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) aan de mens werden toegerekend. (Op het einde van deze stelling volgt hier meer uitleg over in *Wat zegt de wetenschap?*).



Figuur NASA: totale zonnestraling en de temperatuuroptename tijdens de laatste 140 jaar op aarde.

(Zie **slide 8** in presentatie *De kennis van de leerlingen*.)



Ook **vulkanen** hebben een invloed op het klimaat. Ze stoten onder meer broeikasgassen zoals CO_2 uit. Toch blijken vulkaanuitbarstingen vooral een negatieve invloed op de opwarming van de aarde te hebben! De uitbarsting van de vulkaan Mount Pinatubo in 1990 veroorzaakte bijvoorbeeld een daling in de gemiddelde temperatuur van bijna $0,5^\circ\text{C}$ (figuur *Mount Pinatubo erupts*, ook in slide 9 van presentatie *De kennis van de leerlingen*). Onderzoek toonde aan dat de daling in temperatuur er kwam, nadat een uitbarsting ontelbare stofdeeltjes (aerosolen) hoog in de atmosfeer bracht. Daar reflecteerden ze zonnestraling en lieten ze bijgevolg minder zonnestraling naar de aarde door. Na de uitbarsting van de vulkaan Mount Pinatubo werd op die manier gedurende 4 jaar 2 tot 12% meer licht door de atmosfeer tegengehouden (figuur *Solar Radiation Transmission*, ook in **slide 9** van presentatie *De kennis van de leerlingen*).

Vragen bij stelling 2

Wat zijn natuurlijke oorzaken van vroegere klimaatveranderingen?

Ook zonder mensen kunnen natuurlijke oorzaken het klimaat veranderen: een veranderende zonneactiviteit, meteorietinslagen (waardoor veel stof opwaait en gedurende enkele jaren minder zonlicht de bodem kan bereiken), vulkaanuitbarstingen, de draaihoek van de aarde, de afstand tot de zon (veranderingen op erg lange termijn) ...

Hoe ontwricht de mens het broeikaseffect, en dus het klimaat? Wat is het versterkte broeikaseffect?

De broeikasgassen die 'een deken rond de aarde' vormen, worden telkens talrijker. Het deken verdikt, waardoor meer warmte rond de aarde bijgehouden wordt. Het is door de mens dat die extra broeikasgassen in de atmosfeer komen. Het verbranden van fossiele brandstoffen, landbouw, overmatige vleesconsumptie ... zorgen voor een enorme uitstoot van broeikasgassen. Eigenlijk brengen we door het verbranden van fossiele brandstoffen de koolstof die gedurende miljoenen jaren door ecosystemen uit de atmosfeer is opgenomen in sneltempo terug in de atmosfeer. We verstoren zo de natuurlijke sturing van de broeikasgasconcentraties. Hierdoor evolueren we geleidelijk naar een nieuw klimaat.

Uitleg (Climate Challenge – WWF):



youtube

Laat de leerlingen ook eens naar de **woordenwolk** of **Mentimeter** op het bord kijken, waar ze broeikasgassen en voorbeelden van hun oorsprong noteerden. Laat de leerlingen eventueel de woordenwolk of Mentimeter aanvullen.



LEERSTOF
DERDE GRAAD



PRESENTATIE
De kennis van de leerlingen **Slide 11 en 12**

Achtergrondinformatie: de menselijke uitstoot zorgt voor het versterkte broeikaseffect

Ter info (**slides 11 en 12**, met onderstaande figuur): de menselijke uitstoot van broeikasgassen zorgt voor het versterkte broeikaseffect. Daardoor warmt de aarde op. In het filmfragment van Climate Challenge – WWF (2012) zegt men dat de temperatuur de laatste 100 jaar al met 0,74 °C is gestegen. Ondertussen zorgde het versterkte broeikaseffect dat de aarde al ongeveer een graad warmer is dan het geval zou zijn zonder invloed van de mens (zie figuur *Globale temperatuur*). Dat klinkt misschien niet erg veel aangezien we elke dag veel grotere temperatuurschomme-

lingen krijgen. Maar het verleden leert ons dat relatief kleine veranderingen in de gemiddelde temperatuur erg grote gevolgen kunnen hebben: tijdens ijstijden zag onze planeet er totaal verschillend uit in vergelijking met zogenaamde interglaciale tijden (tussen ijstijden in). Tijdens de ijstijden waren grote delen van de aarde bedekt door enorme ijsvlaktes, waren zeeën bevroren en stond de zeespiegel 120 meter lager. Het temperatuurverschil tussen ijstijden en interglacialen was nochtans 'slechts' 3 tot 6 °C.

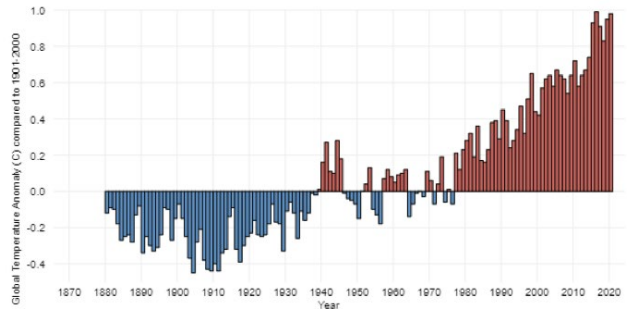


LEERSTOF DERDE GRAAD

Slide 12 bevat een link naar een website met een simulatie gemaakt door BlueMarble. Deze simulatie toont hoe de aarde bedekt was met ijs vanaf het einde van de laatste ijstijd tot het jaar 3000. Speel de (trage) simulatie eventueel af met dubbele snelheid. Sta zeker stil bij het verschil van telkens 1 °C op te toestand op aarde.



[youtube](#)



Figuur Globale temperatuur: het jaarlijkse globale oppervlakte-temperatuurverschil (°C) tijdens de afgelopen 150 jaar vergeleken met de gemiddelde temperatuur tussen 1901 en 2000 (NOAA – 15 maart 2021).

UITBREIDING

Meer weten over de stijging in CO₂, temperatuur en wat we leren van de ijstijden?



[LINK 1](#)



[LINK 2](#)



[LINK 3](#)

Vervolg vragen bij stelling 2

Sinds wanneer is de mens het klimaat drastisch gaan beïnvloeden?

Sinds de start van de industriële revolutie en het massale gebruik van fossiele brandstoffen. Later werd dit nog versterkt door de industrialisering van de landbouw en het toenemende areaal landbouwgrond ten opzichte van natuurlijke ecosystemen.



LEERSTOF DERDE GRAAD



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 14 en 18**

Dit is in veel richtingen van het SO **leerstof uit het 4de of 5de jaar** bij het vak geschiedenis. Het is aangeraden om even met de leraar geschiedenis te overleggen wat de kennis van de leerlingen hierover is. De leerlingen krijgen op slides 14 tot 18 allerlei figuren uit het verleden te zien. Het zijn voornamelijk afbeeldingen van samenlevingen in steden. Vanaf de industriële revolutie staan er schoorstenen van fabrieken en huizen afgebeeld, en wordt er zichtbaar minder manueel of met paard en kar gewerkt.

- **Slide 14** - Tussen 3150 v.Chr. en het jaar 476 (het oude Egypte en het oude Rome).
- **Slide 15** - Tussen 370 en 1500 (de middeleeuwen).
- **Slide 16** - 16de en 17de eeuw.
- **Slide 17** - 18de en 19de eeuw (industriële revolutie).
- **Slide 18** - Eind 19de en begin 20ste eeuw.



LINK

Tip

Deze webpagina toont het veranderen van de CO₂-uitstoot door het verbranden van fossiele brandstoffen in de tijd aan. Je kan tot vijf landen kiezen om met elkaar te vergelijken.

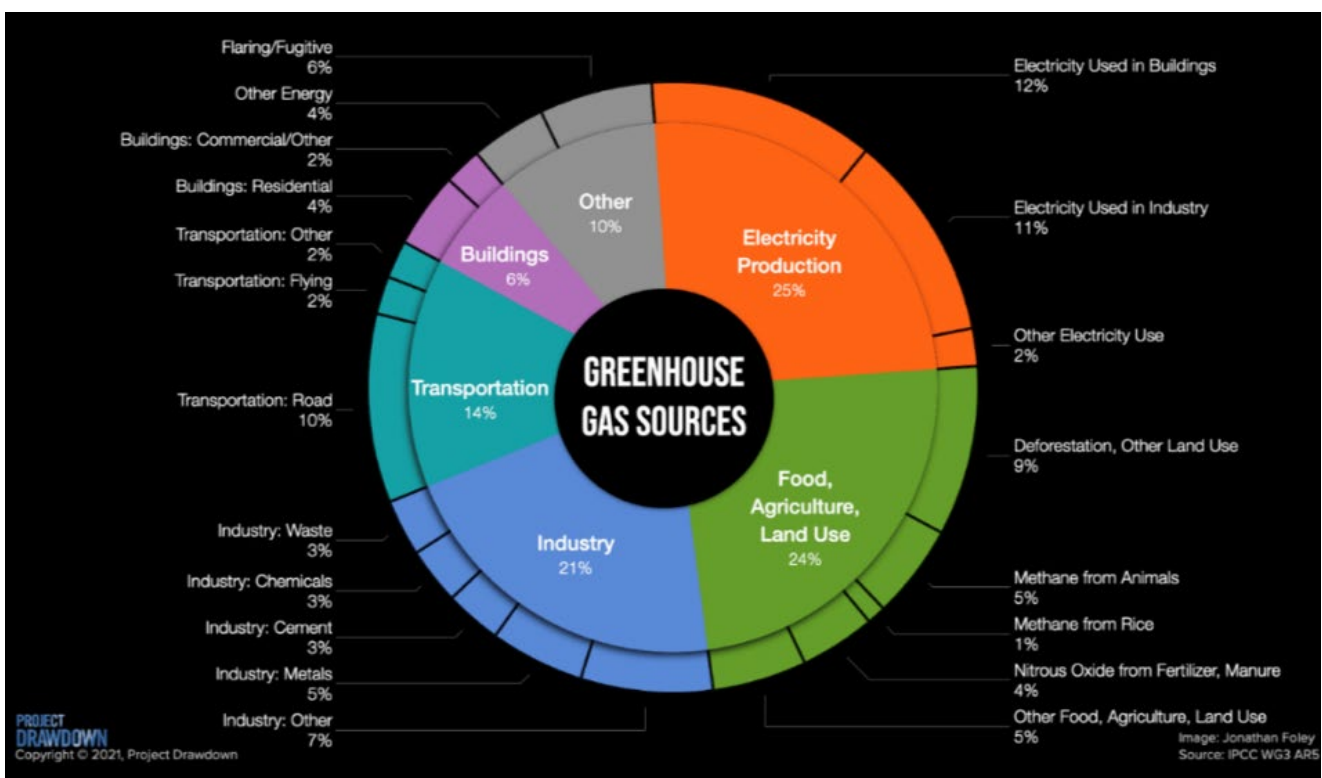
Welke menselijke activiteiten stoten extra broeikasgassen uit en zorgen op die manier voor het versterkte broeikaseffect?

Laat de leerlingen hier even over brainstormen en discussiëren.

De volgende figuur vat de bronnen van menselijke broeikasgasuitstoot samen. Deze figuur staat in **slide 19** van presentatie *De kennis van de leerlingen*. Meer uitleg over de figuur wordt gegeven tijdens het fragment 'Unit 3' van *Climate Solutions 101* (zie *Uitbreiding*), in de blog van *Scientists4Climate* (zie *Uitbreiding*) of in bijlage *Oorsprong van broeikasgassen*.

Een **Nederlandstalige versie** van deze figuur vind je op www.scientists4climate.be

Wanneer we over de oorsprong van menselijke broeikasgasuitstoot praten, gaat het vaak over gas- en kolencentrales voor elektriciteitsproductie, auto's, vrachtwagens en vliegtuigen, en bepaalde industrie. Nochtans komen de broeikasgassen die uitstoten slechts voor 25% uit de elektriciteitsproductie, 14% van transport, en 21% uit de industrie. Een factor die vaak vergeten wordt, is die van landgebruik, landbouw en voedsel (24%). 6% komt van gebouwen (verwarming, airco's, lampen ...) De overige 10% is voornamelijk uitstoot van broeikasgassen die per ongeluk ontsnappen (lekken in gasleidingen), door de industrie afgefakkeld worden (een veiligheidsprocedure), of die ontsnappen bij het produceren van brandstof.



<https://drawdown.org/climate-solutions-101/unit-3-reducing-sources>

UITBREIDING

Het is erg moeilijk om alle bronnen van broeikasgassen in vakjes te steken of er een percentage op te plakken, omdat er vaak directe of indirecte overlappings zijn met andere bronnen. Zo wordt in de figuur van Project Drawdown bijvoorbeeld bij 'elektriciteitsproductie' ook het elektriciteitsgebruik van de industrie meegerekend. Dat werd in dit overzicht dus niet meegerekend in het vakje 'industrie'. Dit overzicht kan bijgevolg afwijken van andere gelijkaardige overzichten, terwijl beide toch correct kunnen zijn. Als opdracht kunnen de leerlingen zoeken naar andere figuren met een verdeling van bronnen van menselijke broeikasgasuitstoot. Laat leerlingen de andere figuren vergelijken met de figuur van Project Drawdown. "Hoe wordt de broeikasgasuitstoot verdeeld? Zijn er verschillen met de figuur van Project Drawdown? Waarom zou dit verschillen?" Twijfel je over de correctheid van een figuur? **Contacteer dan** klimaatlink@uantwerpen.be.

'Unit 3' van Climate Solutions 101 (Project Drawdown) overloopt de verschillende bronnen van broeikasgassen, en hoe we ze kunnen vermijden. Dit fragment duurt 24 minuten en is in het Engels.

[Scientists4Climate](#) maakte met De Klimaatupdate een blog over de verschillende bronnen van broeikasgassen.

Opdracht bij stelling 2

Vul de woordenwolk of Mentimeter op het bord aan. Maak onderscheid tussen **menselijke** en **natuurlijke broeikasgasuitstoot** door de vragen: **Wat zijn voorbeelden van menselijke broeikasgasuitstoot?** en **Wat zijn voorbeelden van natuurlijke broeikasgasuitstoot?**. Laat de leerlingen de natuurlijke en menselijke oorsprongen van broeikasgassen met een verschillende kleur onderstrepen. Is het een natuurlijke oorsprong waarvan zijn

voorkomen in de atmosfeer door de mens uit evenwicht gebracht is, of door de mens veel vaker voorkomt? Laat de leerlingen het dan door beide kleuren onderstrepen. Meer uitleg over de verschillende oorsprongen van broeikasgassen kan gevonden worden in bijlage *Oorsprong van broeikasgassen*. Vergeet geen legende te maken. Zie **Bordschema 1B** als voorbeeld.



Bordschema 1B:

woordenwolk van de bekendste broeikasgassen (omcirkeld) en voorbeelden van hun natuurlijke (bruin onderstreept) of menselijke (blauw onderstreept) oorsprong.

Zijn er leerlingen wier mening over de oorzaak van klimaatverandering is veranderd? En willen ze dus van plaats veranderen na het maken van deze woordenwolke? Verander de stelling eventueel in 'de huidige klimaatver-

andering heeft een natuurlijke oorzaak'. Hopelijk staan alle leerlingen dan aan de rechterkant van het lokaal (ze zijn het niet eens met de stelling).

Wat zegt de wetenschap?

Ja:

klimaatverandering kan veroorzaakt worden door wisseling in zonneactiviteit, de stand van de aarde ten opzichte van de zon, of (natuur)rampen waarmee de mens niets te maken heeft. In de geschiedenis van de planeet is het klimaat al meermaals, zonder aanwezigheid van de mens, veranderd. Die veranderingen gingen echter nooit zo snel als nu.

Nee:

de huidige klimaatverandering heeft zeker een menselijke oorzaak. Wetenschappers doen zogenaamde attributiestudies. Daarbij koppelen ze verschillende oorzaken aan de geobserveerde veranderingen. Uit al deze studies blijkt dat de huidige klimaatverandering enkel verklaard kan worden door veranderende broeikasgasconcentraties.

UITBREIDINGEN

De Netflix-serie *Peaky Blinders* gaat over de tijdsperiode van de industriële revolutie.

Enkele mogelijke documentaires over dit onderwerp zijn *The Age of Consequences*, *Kiss the Ground*, *A life on our Planet*, *An inconvenient truth* ...

Test je kennis met Kahoot!



LINK

Vier quizvragen voor de leerlingen

- Een vulkaanuitbarsting heeft een kortstondig ... op het klimaat.
[Afkoelend effect.](#)
- Sinds wanneer is de mens het klimaat sterker gaan beïnvloeden?
[De industriële revolutie.](#)
- Met hoeveel graden is de aarde al opgewarmd sinds de industriële revolutie?
[1 °C.](#)
- Welke menselijke activiteiten stoten (globaal gezien) de meeste broeikasgassen uit?
[Elektriciteitsproductie.](#)

Extra: het IPCC



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 21 en 22**

Op **slides 21** en **22** van presentatie *De kennis van de leerlingen* maken de leerlingen kennis met het **Intergovernmental Panel on Climate Change** en het onderzoek naar de oorzaken van de huidige klimaatverandering.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in het Nederlands de Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering, is een organisatie van de Verenigde Naties die de risico's van klimaatverandering evalueert. Het is opgericht om beleidsmakers regelmatig te voorzien van wetenschappelijke beoordelingen over klimaatverandering, de implicaties en mogelijke toekomstige risico's van klimaatverandering, en om aanpassings- en mitigatiemogelijkheden voor te stellen. Het panel bestaat uit honderden experts uit de hele wereld, vanuit universiteiten, onderzoekscentra, ondernemingen, milieuorganisaties en andere organisaties. Het IPCC doet zelf geen onderzoek, maar evalueert onderzoek dat is gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften. Om

de 5 of 6 jaar brengt het IPCC een rapport uit met daarin de nieuwste bevindingen en kennis over door de mens veroorzaakte klimaatverandering, simulaties van hoe het verder kan evolueren, en maatregelen om deze tegen te gaan. Naast deze rapporten over het klimaat, publiceert het IPCC ook rapporten over andere specifieke thema's.

In **augustus 2021** bracht het IPCC zijn 6de overzichtsrapport uit over de invloed van de mens op de huidige klimaatverandering. Het stelde dat **de menselijke invloed op het klimaatsysteem** duidelijk is: er bestaat op de meeste plaatsen in de wereld krachtig bewijs voor. Voordat dit rapport uitgegeven werd, bestond over de menselijke invloed op klimaatverandering in enkele groepen (vooral bij klimaatsceptici) nog twijfel. Toch waren er ook eerder al bewijzen zoals die in de figuren van slide 22 (ook in bijlage *Figuren effect natuurlijke en menselijke activiteit op temperatuur*).

Het rapport van IPCC:



LINK

Een hoofdstuk van het IPCC over de geobserveerde veranderingen van het klimaat en zijn oorzaken.



LINK

Stelling 3

klimaatverandering is een ver-van-mijn-bedshow (we hebben er zelf, als Belg, geen last van)



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 23**

Presentatie *De kennis van de leerlingen* geeft op **slide 23** de stelling weer. De leerlingen kiezen een plaats in de (klas)ruimte naargelang hun mening over de stelling.

Vraag bij stelling 3

Hoe denk je dat klimaatverandering jouw leven en het leven van je kinderen en kleinkinderen gaat beïnvloeden? Klasdiscussie.

Achtergrondinformatie:

hoe gaat klimaatverandering ons leven en dat van onze (klein)kinderen beïnvloeden?



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 25 en 26**

Om de **klasdiscussie** te ondersteunen, verschijnt in de presentatie op **slides 25 en 26** informatie over hoe temperatuur, neerslag en droogte de laatste decennia in België veranderde. Zie ook bijlage *Figuren temperatuur, neerslag en droogte*, en het volledige klimaatrapport van het KMI 2020 (KMI 2020).



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 27 en 28**

Op **slides 27 en 28** worden de data van **slides 25 en 26** gelinkt aan economische en maatschappelijke zaken van onze huidige samenleving die door klimaatverandering

beïnvloed worden. Ook dit ondersteunt de klasdiscussie. Het is bovendien een inleiding op het volgende onderdeel van de derde stelling: *Wat zegt de wetenschap?*

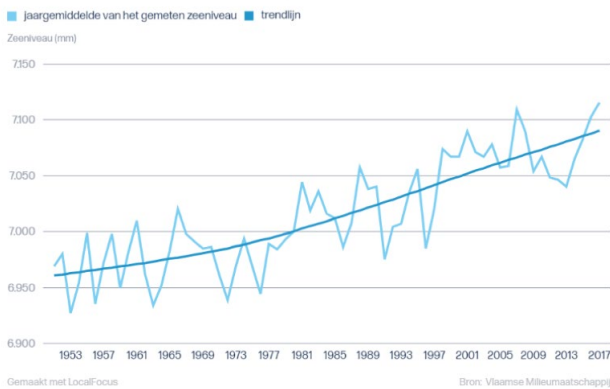
Stijgende zeespiegel

- De zeespiegel stijgt steeds sneller (zie figuur *Zeeniveau*). Voor België is in het slechtste scenario tegen 2100 het zeeniveau met 80 tot 100 cm gestegen. Lokaal kan dit zelfs hoger zijn. We zullen fors moeten investeren in het bouwen en herstellen van dijken en sluisen, het creëren van overstromingsgebieden, verzekering door waterschade bij overstroming, het opspuiten van zand om het land te verhogen ... (Slater et al. 2020; Van Breedam et al. 2020; VRT 2020)
- Overstromingen zullen wereldwijd in de komende tachtig jaar met de helft toenemen. Daardoor komen miljoenen mensen en miljarden aan eigendommen in gevaar. Er zullen daarom waarschijnlijk meer (klimaat)vluchtelingen zijn (MO 2020).

Stijgende temperaturen

- Als we de wereldwijde CO₂-uitstoot niet snel verminderen, zullen stijgende temperaturen meer sterfgevallen veroorzaken dan alle infectieziekten samen. Wie hiervoor het geld heeft, zal meer moeten investeren in verkoelingsmogelijkheden, en het vooral in zijn portemonnee voelen. Echter zijn het vooral arme mensen, met dus minder mogelijkheden om zich aan te passen, die hard getroffen worden door klimaatverandering. (Carleton et al. 2020; Vicca en Crabbé 2021)
- West-Europa warmt sneller op dan veel andere plaatsen op onze planeet. Mogelijk zal het in 2100 gemiddeld 5 °C warmer zijn, met veel nattere winters en intensere hittegolven in de zomer (KMI 2020).

Evolutie zeeniveau aan de Belgische kust



Bronnen

KMI 2020

Carleton et al., 2020

Vicca en Crabbé: Van klimaatverandering naar systeemverandering

Slater et al., 2020

Van Breedam et al., 2020

VRT 2020

MO 2020

UITBREIDING

Bekijk het artikel over het [klimaatrapport](#) van het KMI 2020. Wat zijn de conclusies van wetenschappers van het KMI over ons klimaat? **Zie werkbladen voor leerlingen KMI-klimaatrapport.**

In het volgende [artikel](#) staat een kaart van Vlaanderen met de gebieden die kans hebben te overstromen bij een stijging van het zeeniveau met een meter (zonder rekening te houden met maatregelen zoals dijken en overstromingsgebieden).

Deze [simulatie](#) geeft op een overzichtelijke manier weer hoe de aarde er uit zou zien als al het ijs smelt.

Wat zegt de wetenschap?

De meest drastische impact van klimaatverandering, zoals bosbranden, zeespiegelstijging, extreme hitte en hongersnood door mislukte oogsten, is momenteel vooral elders in de wereld zichtbaar. Toch zien we de afgelopen decennia ook in Vlaanderen steeds meer invloeden van het veranderende klimaat.

Denk bijvoorbeeld aan:

- de vele recente temperatuurrecords in maanden van alle seizoenen;



LINK

- drogere lentes en zomers;
- jaren met een of meerdere hittegolven;
- winters waarin we zelden sneeuw hebben. (Dat betekent echter niet dat we geen strenge winters meer kunnen krijgen);
- de overstromingen in de zomer van 2021;
- ...

Test je kennis met Kahoot!

Drie quizvragen voor de leerlingen



LINK

- Hoe zal in West-Europa het klimaat, als we niets veranderen aan de huidige situatie, waarschijnlijk veranderen?
[Het wordt het hele jaar door warmer. De winters worden natter en de zomers droger.](#)
- Wat is het slechtste scenario voor het zeeniveau in België tegen 2100?
[Een stijging van 80 tot 100 cm.](#)
- Klimaatverandering is een ver-van-mijn-bedshow!
[Onjuist.](#)

Extra:

evaluatie van de socio-economische impact van klimaatverandering in België



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 27 en 28**

Slide 30 vat de evaluatie van de socio-economische impact van klimaatverandering in België samen. (Door VITO, Ecores en Kenter in opdracht van de Nationale Klimaatcommissie (NKC):



LINK

- **Totale kosten** (vooral door extreme hitte, droogte en overstromingen): bijna 9,5 miljard euro per jaar.
- **Warmere zomers**: een oversterfte van gemiddeld 629 personen per jaar in 2050 (1900 tegen het einde van de eeuw). Ter info: dit is mogelijk nog optimistisch, want in augustus 2020 was er een oversterfte van bijna 1500 personen (<https://www.sciensano.be/nl>).
- Vermindering **arbeidsefficiëntie** na 2081: jaarlijks 610 miljoen (in het koudste jaar) tot 9 miljard euro kosten (in het warmste jaar).
- Jaarlijkse kost van de **schade** door **overstromingen**: 343 tot 940 miljoen euro per jaar vanaf 2050, en 2,5 tot 5,6 miljard euro per jaar vanaf 2100.
- **Productie van elektriciteit**: tegen 2050 een meerkost van 44 miljoen euro per jaar door droogte en hitte, en een meerkost van 91 miljoen euro per jaar door een daling in de efficiëntie van het transport en de distributie van elektriciteit.
- De totale **opbrengst** in de **landbouwsector**: tegen 2050 een daling met 606 miljoen euro per jaar in vergelijking met 2019. Vooral de opbrengst voor aardappelen en maïs zal dalen.
- **Risico op bosbranden**: tegen 2071-2100 een toename van 30 à 40 % - verlies tot 14,3 miljoen euro per jaar.
- **Achteruitgang ecosystemen**: een jaarlijkse daling van de ecosysteemdiensten ter waarde van 1,1 miljard euro.

UITBREIDING

Stel vragen over klimaatverandering aan Klimaatlink

klimaatlink@uantwerpen.be.



LESPAKKET

HET KLIMAATPROBLEEM

DEEL 2

Temperatuur en CO₂

ONTWORPEN VOOR **ALLE GRADEN** VAN HET SECUNDAIR ONDERWIJS

Korte inhoud

In DEEL 2 bestuderen de leerlingen verschillende **CO₂- en temperatuurcurves** die het verloop en vooral stijging ervan in de tijd aantonen. Ze stellen deze curves ook zelf op. Ze komen te weten hoe wetenschappers het vroegere

klimaat bestuderen, ontdekken het verband tussen CO₂ en temperatuur, en leren over de **verschillen in uitstoot tussen landen en continenten**.

Tijdsduur

Twee lessen.

- 2.1** Het door de mens versterkte **broeikaseffect**
35 min
- 2.2** **Paleoklimatologie**
5 tot 15 min (afhankelijk van uitbreidingen)
- 2.3** Stoten we allemaal **dezelfde hoeveelheid CO₂** uit?
20 min

Werkvormen

Temperatuur- en CO₂-spel.

Open leergesprek (OLG): mogelijke vragen van de leraar worden in het **blauw** genoteerd. Mogelijke antwoorden van de leerlingen worden in het **groen** genoteerd.

Videofragmenten en extra informatie.

Individueel werk met behulp van werkbladen.



Materiaal en voorbereiding

- ✓ Een presentatiescherm en computer met internetverbinding.
- ✓ Enkele afgedrukte figuren (*Temperatuur en CO₂ spel*).
- ✓ Twee verschillend gekleurde koorden of linten van minstens zes meter lang.
- ✓ Twee stevige stoelen of ladders om op te gaan staan.
- ✓ Presentatie *CO₂ onder de loep*.
- ✓ Filmfragment *Ontwrichting – Waarnemingen en metingen*.
- ✓ Werkbladen voor leerlingen *Stoten we allemaal dezelfde hoeveelheid CO₂ uit*.

Het door de mens versterkte broeikaseffect

Bekijk in het begin van deze les een **fragment** uit de documentaire *Ontwrichting – Waarnemingen en metingen* van David Attenborough (4min30). Dit frist informatie uit de vorige lessen op. Het filmpje legt uit wat klimaatverandering is, en waarom de mens hier een hoofdrol speelt.

Het filmpje staat in de **bijlagemap*** van Klimaatlink.

Vervolgens visualiseren de leerlingen het stijgende temperatuur- en CO₂-gehalte door middel van een **'temperatuur- en CO₂-spel'**.

* De map van Klimaatlink waarin je dit document gevonden hebt.

Temperatuur- en CO₂-spel

Intro

Om de temperatuur- en CO₂-toename uit te beelden, verdelen de leerlingen zich in twee gelijke groepen.

De ene groep vertegenwoordigt een curve van de gemiddelde globale CO₂-concentratie over ongeveer 5000 jaar. De andere groep doet hetzelfde voor de gemiddelde globale temperatuur.

Materiaal

Zie bijlage *Temperatuur- en CO₂-spel*.

- Papieren met: een datum, een afbeelding gelinkt aan de tijdsperiode, en het globale CO₂-gehalte of de globale temperatuur tijdens die periode.
- Twee koorden of linten met een verschillende kleur die de veranderingen in globale temperatuur en CO₂-gehalte over een periode van zo'n 5000 jaar illustreren.
- Een stoel.

Uitvoering

1. 20 leerlingen ontvangen een papier met daarop een datum en een gemiddelde globale temperatuur of een gemiddeld globaal CO₂-gehalte.
2. Leerlingen met een papier gaan in de juiste chronologische volgorde staan. Andere leerlingen helpen waar nodig. Leerlingen met eenzelfde tijdsperiode en afbeelding staan vlak naast elkaar.
3. Startend bij de oudste periode houden de leerlingen een koord op een bepaalde hoogte: hoe hoger ze het koord vasthouden, hoe hoger het CO₂-gehalte of de temperatuur. Eén koord vormt de temperatuurcurve. Het andere koord vormt de CO₂-curve.
4. De leraar stelt enkele vragen aan de leerlingen (OLG op de volgende pagina).

Tip

Laat de eerste leerlingen op de grond zitten en het koord laag houden. De laatste leerlingen – gelinkt aan het huidige CO₂-gehalte en de huidige temperatuur – moeten elk op een stoel gaan staan om aan te tonen dat deze gedurende een korte tijdsperiode enorm snel gestegen zijn.

Wat gebeurt er met het CO₂-gehalte?

Dit stijgt.

Nam het CO₂-gehalte gedurende de hele periode toe?

Nee.

Wanneer begon de sterke stijging in het CO₂-gehalte?

Sinds de industriële revolutie (langzaam) en na de Tweede Wereldoorlog (snel).

Stijgt het CO₂-gehalte constant?

Nee: eerst traag en dan steeds sneller.

Wat gebeurt er met temperatuur?

Deze stijgt ook.

Zie je een verband tussen CO₂ en temperatuur?

Temperatuur lijkt CO₂ te volgen.

Wat verwacht je dat temperatuur de komende jaren gaat doen?

Snel stijgen, zoals CO₂ deed.

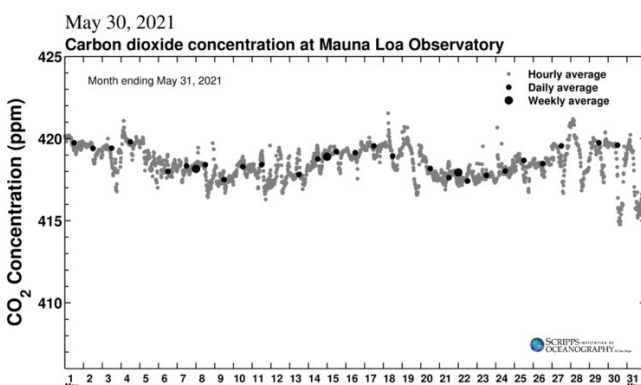
Hoe denk je dat de temperatuurstijging gestopt kan worden?

Door de CO₂-stijging te doen stoppen.

CO₂ onder de loep

Open na het temperatuur- en CO₂-spel de presentatie *CO₂ onder de loep*. Via de presentatie bestuderen de leerlingen curves van **de CO₂-concentratie**. De presentatie start met een CO₂-opname van een korte periode. Vervolgens verschijnen CO₂-curves van steeds langere periodes. Elke slide geeft de afkomst van de data aan (bijvoorbeeld data afkomstig van het Mauna Loa observatorium). Sommige slides bevatten meer uitleg in de vorm van fragmentjes, foto's en wetenschappelijke artikels.

1. CO₂-verloop van één maand



De figuur toont het CO₂-verloop op Mauna Loa (Hawaiï) gedurende één maand (mei 2021). Ga voor het bekijken van een recentere figuur naar <https://keelingcurve.ucsd.edu/>.

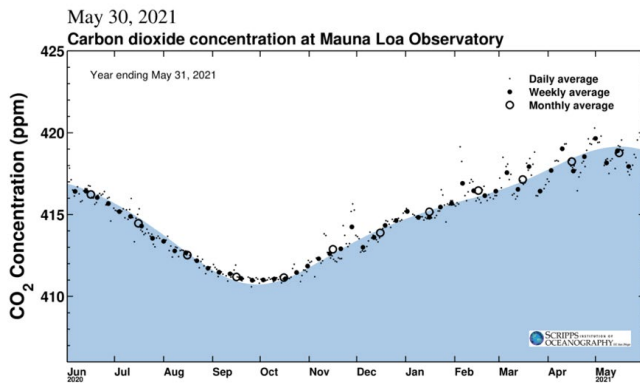
OLG

Valt de CO₂-concentratie binnen een maand te voorspellen?**Is het verloop van de curve regelmatig? Zit er een patroon in? Hoe zou dit ontstaan?**

Informatie met antwoorden op OLG-vragen

De CO₂-concentratie in eenzelfde maand schommelt onregelmatig. Het patroon van dag en nacht is op deze curve zichtbaar: 's nachts is het CO₂-gehalte hoger dan overdag. Dat komt doordat planten overdag CO₂ opnemen voor fotosynthese. 's Nachts 'ademen' planten (net als dieren) CO₂ uit door de productie van warmte en energie. Het valt op dat sommige nachten een hoger CO₂-gehalte hebben dan andere nachten, en sommige dagen een lager CO₂-gehalte dan andere dagen. Het varieert afhankelijk van weerfenomenen (vooral wind, maar bijvoorbeeld ook regen).

2. CO₂-verloop van één jaar



De figuur toont het CO₂-verloop op Mauna Loa (Hawaiï) gedurende één jaar (mei 2020 tot mei 2021). Ga voor het bekijken van een recentere figuur naar <https://keelingcurve.ucsd.edu/>.

OLG

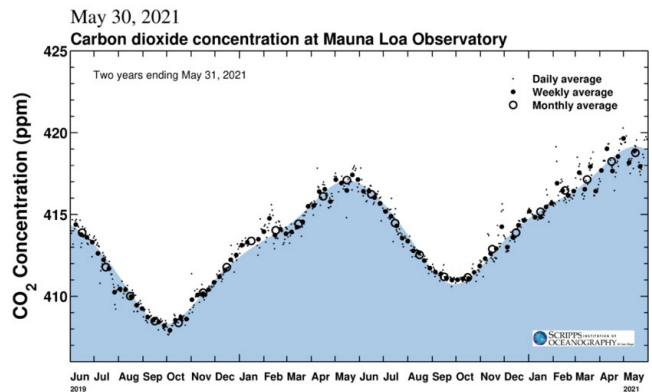
Valt de CO₂-concentratie binnen een jaar te voorspellen?

Is het verloop van de curve regelmatig?
Zit er een patroon in? Hoe zou dit ontstaan?

Informatie met antwoorden op OLG-vragen

Er zit een patroon in het verloop van de CO₂-curve van een jaar. Na de winter is het CO₂-gehalte hoger dan na de zomer. Het CO₂-gehalte begint eind oktober te stijgen, doordat minder planten op aarde aan fotosynthese doen: in het noordelijk halfrond, waar meer vegetatie is dan in het zuidelijk halfrond, begint de winter. Het valt op dat de meetpunten in de maanden november tot mei verder uit elkaar liggen; deze variatie is er door weerfenomenen (mogelijk was er tijdens deze winter minder wind boven Hawaiï).

3. CO₂-verloop van twee jaren



De figuur toont het CO₂-verloop op Mauna Loa (Hawaiï) gedurende twee jaren (mei 2019 tot mei 2021). Ga voor het bekijken van een recentere figuur naar <https://keelingcurve.ucsd.edu/>.

OLG

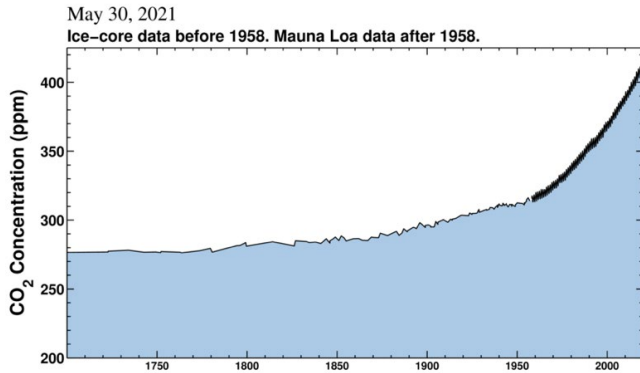
Valt de CO₂-concentratie binnen twee jaren te voorspellen?

Is het verloop van de curve regelmatig?
Zit er een patroon in? Hoe zou dit ontstaan?

Informatie met antwoorden op OLG-vragen

Er zit een patroon in het verloop van de CO₂-curve van twee jaren. De CO₂-concentratie is telkens het laagste in de zomer. Maar in het tweede jaar was de concentratie opvallend hoger dan in het eerste jaar. Dus zelfs over een periode van twee jaar is een stijgende trend al zichtbaar! Dipjes in de curve zijn vooral te wijten aan variatie in natuurlijke ecosystemen (branden, vulkaanuitbarstingen, hittegolven, orkanen ...)

4. CO₂-verloop van 1700 tot nu



De figuur toont het CO₂-verloop vanaf het jaar 1700 tot nu. Data na 1958 zijn afkomstig van het meetstation op Mauna Loa (Hawai). Data voor 1958 zijn afkomstig van ijsboringen. Het ijs van Antarctica bestaat uit vele lagen opgestapelde sneeuw. De oudste sneeuwlaag is al vele duizenden jaren oud. De uitgeboorde ijsblokken vertellen ons veel over klimaatveranderingen in het verleden. Het ijs wordt gesmolten en het water wordt onderzocht op CO₂-moleculen en zuurstofatomen. Zo komen wetenschappers de CO₂-concentratie en temperatuur te weten van de periode dat het ijs als sneeuw werd afgezet: een warmere temperatuur zorgt voor een hoger gehalte aan zuurstof-18-atomen dan zuurstof-16-atomen in het ijs. Zie ook bijlage *Stabiele-isotopenanalyse*.



(1:28) Ijsboringen in Antarctica

(Ter info: Dit gebeurt ook in Groenland)

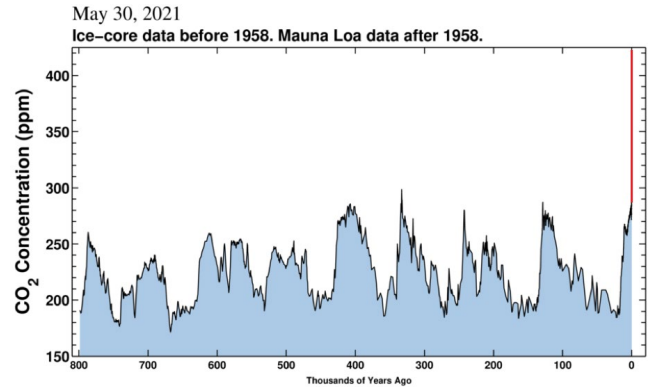
OLG

Is het verloop van de curve regelmatig? Zit er een patroon in? Hoe zou dit ontstaan?

Informatie met antwoorden op OLG-vragen

Voor het jaar 1750 gebruikte de mens geen of weinig fossiele brandstoffen. Vanaf het jaar 1750 tot laat in de 19de eeuw (afhankelijk van het land) ontstaat een overgang van handmatig naar machinaal vervaardigde goederen: de industriële revolutie. Vanaf die periode verbranden machines fossiele brandstoffen zoals steenkool, olie en gas. Daardoor kunnen ze energie opwekken, producten maken, materialen in beweging houden ... Bij deze verbranding komt CO₂ vrij. Steeds meer landen komen in de jaren 1900 in een overgang naar industrialisatie. Daardoor komt steeds meer CO₂ in de atmosfeer terecht. Vooral na 1960 is de stijging van de CO₂-concentratie opvallend sterk.

5. CO₂-verloop van 800 000 jaar geleden tot nu



De figuur toont het CO₂-verloop van 800 000 jaar geleden tot nu.

Data na 1958 zijn afkomstig van het meetstation op Mauna Loa (Hawai). Data voor 1958 zijn gereconstrueerd op basis van ijsboringen (zie CO₂-verloop van 1700 tot nu). De rode lijn stelt de CO₂-stijging van afgelopen 100 jaar voor.

OLG

Is het verloop van de curve regelmatig? Zit er een patroon in? Hoe zou dit ontstaan?

Informatie met antwoorden op OLG-vragen

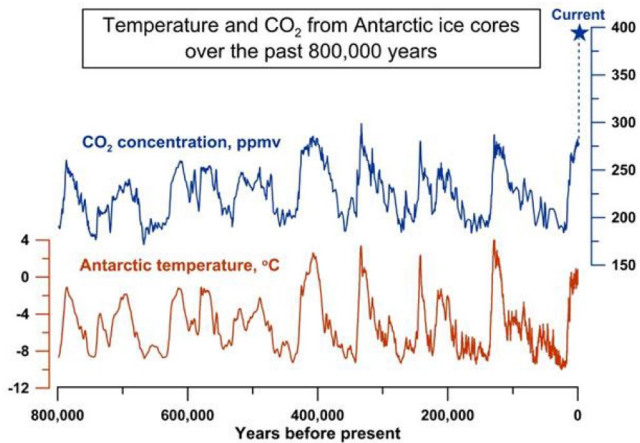
In de afgelopen 800 000 jaar is het CO₂-gehalte op onze planeet vaak gestegen en gedaald. Toch valt het op dat het nooit zo hoog was als nu! Ook de snelheid van stijging is ongezien (rode lijn in de figuur). Het CO₂-gehalte schommelt over deze duizenden jaren door natuurlijke en astronomische veranderingen: zonneactiviteit, meteorietinslagen, vulkaanuitbarstingen, draaiing van de aardbol ... Enkel de laatste, huidige, stijging werd veroorzaakt door menselijke activiteiten (vooral het verbranden van fossiele brandstoffen).



PRESENTATIE

De kennis van de leerlingen **Slide 7**

Op **slide 7** wordt eenzelfde CO₂-verloop vergeleken met temperatuur over dezelfde periode. De periodes met een laag CO₂-gehalte komen overeen met koude periodes: ijstijden of glacialen. Koudere periodes duurden langer dan de warmere tussenijstijden of interglacialen.



Figuur uit presentatie CO₂ onder de loep slide 7. Temperatuurverandering (rood) en CO₂-verandering (donkerblauw) gemeten in ijsboorkernen van Antarctica. Opmerking: deze figuur is al enkele jaren oud. Ondertussen zitten we al over 415 ppm CO₂.

UITBREIDING

De animatie *Animatie – CO₂-concentratie* (zie de **bijlagemap***) toont de CO₂-stijging op een leuke en overzichtelijke manier. Toon dit als afsluiter van dit hoofdstuk indien de les sneller verloopt dan gepland.

Op de website van het WWF vind je betrouwbare, schoolvriendelijke informatie over het klimaat op de pagina '[Climate Challenge](#)'.

* De map van Klimaatlink waarin je dit document gevonden hebt.

Paleoklimatologie



LEERSTOF DERDE GRAAD

Opmerking: dit hoofdstuk bevat informatie voor de derde graad van het secundair onderwijs uit het vak aardrijkskunde.

Opmerking: voor dit hoofdstuk kan samengewerkt worden tussen leerkrachten wiskunde, fysica, chemie, biologie ...

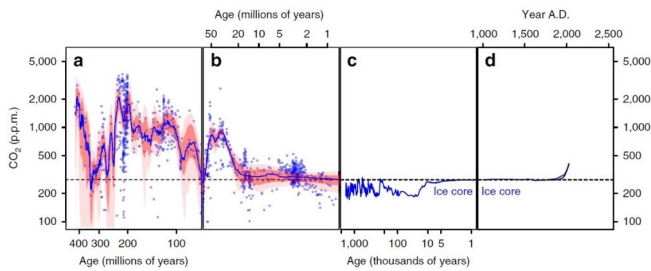


PRESENTATIE De kennis van de leerlingen **Slide 8 en 9**

Ter info: slides 8 en 9 van presentatie *CO₂ onder de loep* bevatten veel minder informatie dan hier. De meeste informatie ondersteunt en vult de kennis van de leraar over paleoklimatologie aan. Gebruik dit eventueel om tijdens de les dieper op dit onderwerp in te gaan.

De studie van het klimaat in het verleden noemt men **paleoklimatologie**. Deze studie gebruikt opnames uit het verleden om het klimaat uit het verleden te bepalen. Die opnames kunnen zowel directe opnames zijn (bijvoorbeeld de hoeveelheid CO₂ in ijs) als indirecte, de zogenaamde 'proxies' (bijvoorbeeld zuurstofisotopen die iets vertellen over temperatuur). Ijsboorkernen geven wetenschappers informatie over de vroegere samenstelling van de atmosfeer. Deze werd immers vastgelegd in luchtbubbel in het ijs.

Naast ijsboorkernen zijn er echter nog andere methodes waarbij wetenschappers een beeld krijgen van het vroegere klimaat. Door verschillende proxies samen te leggen en te vergelijken, kunnen wetenschappers een temperatuurcurve creëren die soms nog verder gaat dan 800 000 jaar in het verleden, tot wel 500 miljoen jaar geleden. Verschillende proxies worden in slide 8 van presentatie *CO₂ onder de loep* voorgesteld. Een figuur met onder andere proxy-gebaseerde CO₂-data wordt getoond in slide 9 (zie figuur *CO₂ tot 500 miljoen jaar geleden*; let bij deze figuur zeker op de verschillende schalen van de x-as!).



Figuur CO₂ tot 500 miljoen jaar geleden. De figuur toont het CO₂-gehalte (deeltjes per miljoen (p.p.m.), log-schaal) in de tijd (a en b – miljoenen jaren (log-schaal); c – duizenden jaren (log-schaal); d – jaren). ‘a’ en ‘b’ zijn proxy-gebaseerde, atmosferische CO₂-gehaltenes. ‘c’ is het atmosferische CO₂-gehalte gebaseerd op ijsboorkernen. ‘d’ is het atmosferische CO₂-gehalte afgeleid uit ijsboorkernen en uit rechtstreeks gemeten data. Afgeleid uit *Figure 4: Temporal evolution of CO₂ and climate forcing* (Foster et al., 2017).

Ter info:

wat zijn proxies?

De huidige temperatuur wordt gemeten met een thermometer. Dat doen wetenschappers al sinds 1659. Om nog verder terug te gaan in de tijd en om plaatsen te bestuderen die tot recent geen meetinstrumenten hadden, zijn directe observaties niet voldoende. Wetenschappers hebben daarvoor indirect bewijs nodig. Dat indirecte bewijs is in verschillende vormen over de aarde verspreid; dit zijn ‘proxy’-gegevens (kortweg ‘proxies’). Het woord ‘proxy’ wordt meestal

gedefinieerd als een tussenstuk of plaatsvervanger; dit gebeurt vaak in verwijzing naar een persoon die de bevoegdheid heeft gekregen om namens iemand anders te stemmen of te spreken. Proxies zijn daarom informatie die een vervanging is voor directe waarnemingen van het klimaat op aarde.

Een klimaatproxy gebruiken we om variaties van klimaatrelevante factoren in het verleden te reconstrueren, zoals temperatuur, neerslag, CO₂-niveaus ... Op die manier krijgen wetenschappers een idee van het vroegere klimaat.

Directe historische opnames door de mens

Historische opnames gaan zo ver terug tot **rotstekeningen** uit de prehistorie. De meest bruikbare opnames voor het bestuderen van het vroegere klimaat zijn echter observaties gevonden in **logboeken** van landbouwers, **dagboeken**, oude **kranten** ... Ze geven een overzicht of algemeen beeld van het vroegere klimaat.

Dendroklimatologie

Elk jaar krijgt een boom een extra **boomring** door de groei. **Dendrochronologie** bepaalt de leeftijd van het hout aan de hand van die boomringen. Dit kan ook met oude stukken (gefossiliseerd) hout uit archeologische sites.

Dendroklimatologie is de studie van de relatie tussen boomringengroei en het klimaat. Boomringen variëren in dikte naargelang het klimaat. Ze zijn zichtbaar doordat de boom naar het einde van een groeiseizoen donkerder hout produceert: een donkere band in de doorsnede van een boom. Droogte in de zomers van 2019 en 2020 zorgde voor dunnere boomringen in Vlaanderen. Naast neerslag kunnen ook bewolgingsgraad (hoeveel zon er tot aan

de boom geraakt), temperatuur en zelfs windsnelheid de dikte van een boomring bepalen. Bijvoorbeeld tonen boomringen op Groenland tussen de jaren 1300 en 1350 aan dat rond die tijd de groeicondities slecht waren door een toenemend aantal koudeperiodes. Ook niet-klimatologische factoren bepalen hoe dik een boomring is: de boomsoort, leeftijd van de boom, beschikbare bodemnutriënten, parasieten of ziekten ... De grote uitdaging voor een dendroklimatoloog is om de juiste klimatologische signalen uit de boomringdikte te halen, ondanks al de bijkomende factoren.

UITBREIDINGEN

(2:12) Het dateren van oude stukken hout:
[schooltv.nl](https://www.schooltv.nl)

Het boek *Wat bomen ons vertellen* gaat over ‘de geschiedenis van de wereld geschreven in ringen’ en legt veel mogelijkheden van dendroklimatologie uit.

Proxies in ijsboorkernen

Ijsboorkernen uit **gletsjers** en **ijskappen** over de hele wereld (vooral Groenland en Antarctica) gaan terug tot 800 000 jaar (zie figuren uit *CO₂ onder de loep*). Gletsjers groeien doordat jaar na jaar een nieuw sneeuwlaagje toegevoegd wordt. Het bevat deeltjes van de atmosfeer in die periode, zoals lucht (met onder andere CO₂) maar ook pollen van planten in de (verre) omgeving, of stof van vulkaanuitbarstingen. Wetenschappers bestuderen deze luchtdeeltjes bovendien op stabiele isotopen: dit vertelt hen iets (het is een proxy) over de ouderdom van bepaalde deeltjes of de temperatuur van de atmosfeer in die periode. Meer uitleg over hoe wetenschappers informatie halen uit stabiele isotopen, en wat deze isotopen precies zijn, staat in bijlage *Stabiele isotopen analyse*.

Meer naar de top van een ijsboorkern wordt het ijs zelf direct gedateerd via (soms microscopisch kleine) lichte en donkere banden: de lichtgekleurde banden representeren de zomer en de donkergekleurde banden representeren de winter. Een lichte band naast een donkere band staat dus voor één jaar. Dieper in de ijsboorkern zijn de banden gekristalliseerd en doorzichtig geworden. Daardoor kan datering er enkel via proxies gebeuren.

UITBREIDING

Indien nog niet getoond: (1:28) ijsboringen in Antarctica (Ter info: Dit gebeurt ook in Groenland). schooltv.nl

Een filmpje met, onder andere, uitleg over de donkere en lichte banden in het ijs (Engels): (2:35) *Scientists drill deep in Antarctic ice for clues to climate change* [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...)

Palynologie

Palynologie is de studie van **stuifmeel**. Stuifmeel kan via de wind soms duizenden kilometers afleggen. Het wordt gevonden in fossielen, sedimentstalen (zie *Biostratigrafie en paleo-limnologie*), ijsboorkernen ... Doordat de vegetatie in een bepaalde tijdsperiode afhankelijk is van het klimaat in die periode, is het mogelijk de palynologie te gebruiken voor het bepalen van het vroegere klimaat.

Biomarker proxies

Biostratigrafie

Jaarlijks belanden miljarden tonnen sediment (organisch en anorganisch materiaal) vanuit het land in de oceaan. Hoe dieper je in de bodem van de oceaan graaft, hoe ouder de bodem er is. Wetenschappers nemen bodemstalen uit **dit oceansediment** (zoals bij ijsboorkernen – zie eerder dit hoofdstuk). Vervolgens kunnen ze ze **dateren** dankzij bijvoorbeeld kleurverschillen in het sediment die ontstonden door afwisseling van seizoenen en gebeurtenissen zoals vulkaanuitbarstingen.

Oceansedimenten kunnen bovendien indicatief zijn voor klimatologische condities nabij het oceaanooppervlak en in het continent dat grenst aan de oceaan: het bevat namelijk biomarker proxies. Dat zijn proxies in de vorm van resten van plankton, bacteriën, algen en andere organismen. Ze geven informatie over de temperatuur,

het zoutgehalte, de zuurtegraad, het nutriëntengehalte, en het zuurstofgehalte van het water. Dit zijn soms slechts moleculaire fragmenten van het organisme. Ze zijn mogelijk al millennia oud en gefossiliseerd (chemische, moleculaire fossielen). Via de combinatie van biostratigrafie (het dateren van de sedimentlagen) en biomarker proxies (het reconstrueren van het klimaat) wordt informatie gewonnen over zelfs tientallen miljoenen jaren geleden!

UITBREIDING

(3:32) *Biostratigrafie via zeebodemfossielen*: schooltv.nl

Paleolimnologie

Limnologie is de studie van meren en afzettingen op de bodem van meren. Paleolimnologie is de studie van meren in het verleden. De toestand van een meer op een bepaald ogenblik is het resultaat van de interactie van verschillende factoren: waterscheiding, klimaat, geologie, menselijke invloeden en de karakteristieken van het meer zelf. Jaarlijks zinken in meren sedimenten naar de bodem met daarin biomarker proxies die een grote bron van informatie bevatten. Met enige kennis van deze proxies kan daarom ook het klimaat geschat worden.

UITBREIDING

In bijlage *Het gebruik van biomarker proxies* staat meer uitleg over hoe informatie over het vroegere klimaat in en rond een meer bekomen wordt. Hiervoor interviewden we wetenschapper dr. Cindy De Jonge. Zij gebruikt 'lipide biomarkers' als proxy om klimaatverandering in het (verre) verleden te onderzoeken. Momenteel onderzoekt ze bodems, rivieren, meren en sedimenten (biostratigrafie en limnologie).

Figuur CO₂ tot 500 miljoen jaar geleden

Uit verschillende beschikbare, gepubliceerde gegevens van verschillende typen proxies haalden wetenschappers meer dan 1200 schattingen van de CO₂-concentratie uit het verleden. Hiermee konden ze de CO₂-concentratie uit het verleden tot wel 500 miljoen jaar geleden reconstrueren. Deze reconstructie en een bijkomend onderzoek van Foster et al. (2017) werden gepubliceerd in Nature (zie bijlage *Foster et al., 2017*). Figuur 4 van deze publicatie toont onder andere het vroegere CO₂-verloop tot 500 miljoen jaar in het verleden: figuur *CO₂ tot 500 miljoen jaar geleden*. Zie ook slide 9 van presentatie *CO₂ onder de loep*.

UITBREIDING

CarbonBrief maakte een interactieve webpagina waar je meer kan lezen en leren voer proxies voor paleoklimatologie (Engels): interactive.carbonbrief.org

OLG

Lees de figuur af: wat vertelt de figuur ons?

Hoe is het CO₂-gehalte momenteel in vergelijking met het (verre) verleden?

Laag.

Hoe was het CO₂-gehalte de afgelopen 10 000 jaar in vergelijking met nu?

Stabieler.

Heeft de mens ooit al een CO₂-gehalte gekend dat zo hoog is als de huidige CO₂-concentratie van onze atmosfeer?

Nee.

Merk op dat de huidige CO₂-stijging er door de mens is, terwijl er nog geen mensen waren toen zulke stijgingen in het verleden plaatsvonden. We leefden in een optimale, redelijk stabiele CO₂-omgeving (het holoceen, tot ongeveer 10 000 jaar geleden) en hebben zelf gezorgd dat we deze verlieten (het antropoceen).

Stoten we allemaal dezelfde hoeveelheid CO₂ uit?

Via de werkbladen *Stoten we allemaal dezelfde hoeveelheid CO₂* uit leren de leerlingen **hoe de CO₂-uitstoot verdeeld is** over onze planeet. Eerst noteren de leerlingen hoe ze denken dat de procentuele verdeling is. Daarna wordt dit klassikaal en met enkele OLG-vragen (in het blauw) overlopen.

Intro

Niet elk land stoot evenveel CO₂ uit. De VS en China stoten samen bijvoorbeeld meer CO₂ uit dan alle andere

landen samen. Toch is het niet altijd eerlijk om zulke feiten per land te bekijken. Wanneer je de CO₂-uitstoot per inwoner van een land bekijkt, verkrijg je al een ander beeld. Bovendien is China een land met een enorme CO₂-uitstoot, deels voor productie van materialen voor Noord-Amerika en Europa; China stoot dus deels uit voor onze maatschappelijke luxe. Hebben de leerlingen een idee van deze ongelijke verdeling over verschillende werelddelen?

Opdrachten, OLG-vragen en verbeter sleutel

Opdracht 1

Hoe is de CO₂-uitstoot tussen de volgende acht landen en werelddelen op dit moment verdeeld?"

Noord-Amerika: 23%; Zuid-Amerika: 4%; Europa: 14%; China: 37%; Rusland: 6%; Afrika: 5%; India: 9%; Oceanië: 2%.

Opmerking: dit is de verdeling van CO₂-uitstoot tussen deze acht landen en werelddelen. Globaal gezien zorgt China voor **29%** van de CO₂-uitstoot, en zijn er nog veel andere landen die CO₂ uitstoten.

Wie zijn de grootste uitstoters?"

China, gevolgd door Noord-Amerika, Europa en India.

Verklaar.

China is een industriële grootmacht: de 'fabriek van de wereld'. Zijn industriële productie is bestemd voor de hele wereld. Wie heeft geen materiaal 'made in China?' Het is dus niet eerlijk om enkel China met de vinger te wijzen, want veel van hun CO₂-uitstoot is uiteindelijk gekoppeld aan productie voor Europa en Noord-Amerika. India staat momenteel al vierde in dit lijstje: het is een groot land met een enorm opkomende industrie.

Wie zijn de kleinste uitstoters?

Oceanië, gevolgd door Zuid-Amerika, Afrika en Rusland.

Verklaar.

In Zuid-Amerika en Afrika zijn er veel arme, minder industrieel ontwikkelde, landen. Oceanië en Rusland zijn enorm grote werelddelen voor, naar verhouding, slechts een klein aantal inwoners.

Opdracht 2

Stel dat je de CO₂-uitstoot tussen de acht landen/werelddelen zou verdelen, rekening houdend met het aantal inwoners van dat land/werelddeel. Hoe is de gemiddelde CO₂-uitstoot van de inwoners van de acht landen en werelddelen dan op dit moment verdeeld tussen de landen/werelddelen?

Noord-Amerikaan: 22%; Europeaan: 13%; Zuid-Amerikaan: 4%; Chinees: 12%; Rus: 20%; Afrikaan: 2%; Indiër: 3%; Oceaniër: 24%.

Wie zijn de grootste uitstoters?

Oceaniërs, gevolgd door Noord-Amerikanen en Russen.

Verklaar.

Oceanië (voornamelijk Australië en Nieuw-Zeeland), Noord-Amerika en Rusland zijn grote welvarende landen met naar verhouding minder inwoners, die elk toch relatief veel CO₂ uitstoten. Een inwoner van Europa doet het wat dat betreft iets beter.

Wie zijn de kleinste uitstoters?

Afrikanen, Indiërs en Zuid-Amerikanen.

Verklaar

Dit zijn de minder welvarende landen en werelddelen, met soms wel erg veel inwoners.

Info: Qatar staat niet tussen deze acht landen en werelddelen. Het zou anders het land met de grootste uitstoot per persoon zijn, gevolgd door Curaçao en New Caledonië (in Oceanië).

Opdracht 3

Hoe was de CO₂-uitstoot tussen de volgende acht landen en werelddelen 60 jaar geleden (de jaren 1960) verdeeld?

Noord-Amerika: 38%; Europa: 36%; Zuid-Amerika: 2%; China: 9%; Rusland: 11%; Afrika: 2%; India: 1%; Oceanië: 1%.

Wie waren de grootste uitstoters?

Noord-Amerika, gevolgd door Europa en uiteindelijk Rusland en China.

Verklaar.

In die tijd waren de VS, Europa en Rusland de grootmachten van de wereld. China was toen nog een land in opkomst.

Wie waren de kleinste uitstoters?

India en Oceanië, gevolgd door Zuid-Amerika en Afrika.

Verklaar.

Dit waren zeer arme, weinig industrieel ontwikkelde, landen. Met uitzondering van Oceanië, maar dat is een enorm groot werelddeel met een relatief klein aantal inwoners.

Bron: globalcarbonatlas.org

UITBREIDINGEN

Hier vind je een overzicht van de CO₂-emissies per land, van 1960 tot nu: globalcarbonatlas.org. Klik op 'play' om de CO₂-uitstoot in de tijd te volgen (het is interessant om India en China te vergelijken met bijvoorbeeld Europa). Of zoek informatie over CO₂-emissies op via <https://ourworldindata.org/>

Deze map toont de grootte van de landen naargelang hun CO₂-uitstoot (in 2013): www.carbonmap.com.

Het animatiefilmpje *Animatie – Een visuele tour van de wereldwijde CO₂-uitstoot* geeft extra informatie over de CO₂-uitstoot en hoe deze verdeeld is en verspreid wordt over onze planeet. Het toont bovendien het belang van planten. Dit filmpje is bewerkt door Vox en geproduceerd door Joss Fong en Joe Posner. Het bevat simulaties van het NASA Goddard Space Flight Center. (zie de **bijlagemap***) Het originele [filmpje](#) (van NASA) is 'public domain'.

* De map van Klimaatlink waarin je dit document gevonden hebt.



LESPAKKET

HET KLIMAATPROBLEEM

DEEL 3

De globale gevolgen van klimaatverandering

ONTWORPEN VOOR **ALLE GRADEN** VAN HET SECUNDAIR ONDERWIJS

Korte inhoud

De leerlingen voeren, in groepjes, een verschillend experiment uit over **de gevolgen van klimaatverandering**. Elk experiment neemt hen mee naar een ander deel van de wereld. Het behandelt telkens een door klimaatver-

andering veroorzaakte problematiek. Na het experiment bespreekt elke groep de gevolgen van klimaatverandering met de andere groepjes.

Tijdsduur

Eén lesuur (twee lessen bij gebruik van uitbreidingen).

- 3.0 **Vooraf** - voor de leraar
- 3.1 **Voorbereiding** - 5 tot 10 min
- 3.2 **De experimenten** - 20 min
- 3.3 **Het rapport** - 15 tot 20 min
(1 lesuur bij gebruik van uitbreiding)
- 3.4 (Uitbreiding) **Gevolgen van klimaatverandering** - de methaanproef - 5 tot 20 min

Werkvormen

Groepswork waarbij de leerlingen aan de hand van een onderzoeksvraag (met behulp van werkbladen) een hypothese stellen, een experiment uitvoeren, en het experiment evalueren en rapporteren.



Materiaal en voorbereiding

- ✓ Bij elk experiment staat genoteerd welke materialen en voorbereidingen nodig zijn. Soms is het materiaal niet voor de hand liggend; in dat geval wordt een goedkope aankoopoptie gegeven.
- ✓ Bij Klimaatlink kan een materialenkoffer voor deze experimenten geleend worden. Contacteer hiervoor klimaatlink@uantwerpen.be.

Vooraf – voor de leraar



LEERSTOF DERDE GRAAD

De experimenten in dit lespakket behandelen niet alle gevolgen van klimaatverandering. Daarom begint deze les met een informatief stuk. Het bevat vooral leerstof voor de derde graad secundair onderwijs. Het gaat over verschillende rechtstreekse en onrechtstreekse gevolgen van klimaatverandering. Deze informatie kan tijdens de lessen besproken worden, en vragen beantwoorden.

Opwarming van het klimaat

Klimaatverandering heeft meerdere, rechtstreekse en onrechtstreekse, gevolgen. De bekendste is **de opwarming van het klimaat** door stijgende broeikasgasconcentraties. Door deze opwarming zijn er **meer en intensere weersextremen** en **sterven veel organismen** uit. Andere organismen **migreren**; bijvoorbeeld de eland migreert naar het noorden omdat hij winters van -25 °C tot -5 °C verkiest. Sommige van deze organismen, zoals de malariamug, nemen ziektes mee naar plaatsen waar ze voordien nooit voorkwamen. Op sommige plaatsen halen organismen voordeel uit de opwarming van klimaat; dankzij het warmer wordende Groenlandse zeewater doet de kabeljauw het beter dan ooit.

UITBREIDING

Meer info over de gevolgen voor de biodiversiteit: klimaatbrigade.be

Een gevolg van klimaatverandering is het **afsmelten van gletsjers en zee-ijs**. Daardoor verlaagt het zoutgehalte. Dit **verstoot de zeestromingen**. Door het smelten van gletsjers (landijs) stijgt bovendien **de zeespiegel**. Ook vermindert **de albedo van de aarde** door het afsmelten van gletsjers en zee-ijs. (De albedo is de hoeveelheid zonnestralen die het aardoppervlak weerkaatst.) Als de aarde opwarmt, smelten grote ijsoppervlakken (met een groot albedo). Deze maken plaats voor donkere aarde of oceanen die zonnestralen absorberen in plaats van weerkaatsen. Daardoor absorbeert de aarde meer zonne-ener-

gie, warmt ze op, smelt er meer ijs, verkleint het albedo van de aarde nog meer ...

UITBREIDING

Een simulatie van hoe het ijs van de Noordpool smelt: [youtube.com](https://www.youtube.com)

De meanderende straalstroom en extreem weer

Een ander gevolg van klimaatverandering is **een afzwakkende en bijgevolg sterker meanderende straalstroom**. De straalstroom is er doordat de aarde ronddraait (corioliseffect) en er een groot temperatuurverschil is tussen de tropen en de noordpool. De straalstroom verzwakt doordat het temperatuurverschil afneemt. Hierdoor gaat hij sterker meanderen (schommelen en grote bochten maken), en vergroot de kans op langdurige koudegolven en hittegolven.

UITBREIDING

Meer informatie: globalchangeecology.com

Wetenschappers voorspellen dat orkanen, droogteperiodes, regenbuien, hittegolven ... door klimaatverandering talrijker en extremer worden. Ook in Vlaanderen is er meer kans op extreem weer. Dat staat in het **klimaatrapport van het KMI**

Kantelpunten

Klimaatverandering heeft enkele (grote onomkeerbare) gevolgen door het overschrijden van ‘kantelpunten’. Dit zijn punten waarbij een bepaald proces, ontstaan door klimaatverandering door de mens, onomkeerbaar wordt. Vaak is dit proces zelfversterkend. Na het overschrijden van het kantelpunt kan de verandering daarom ook zonder toedoen en versterking van de mens blijven doorgaan.

UITBREIDING

CarbonBrief, een website die ontworpen is om het begrip van klimaatverandering te verbeteren, vatte in een artikel negen kantelpunten samen waar klimaatverandering de aarde ontregelt en onomkeerbaar verandert. Ook een [EOS](#)-artikel van Sara Vicca uit 2015 bevat een mooie (Nederlandstalige) samenvatting van deze grote risico's van klimaatverandering. carbonbrief.org

1 De Groenlandse ijskappen verdwijnen

Zoals op de vorige pagina bij *Opwarming van het klimaat* al besproken werd, smelten eeuwenoude **ijskappen**. Dit zorgt ervoor dat ze lager komen te liggen en bijgevolg ook in warmere luchtlagen terecht komen. Daardoor smelten ze nog sneller. Bovendien is het sneeuwvrije of waterige oppervlak onder de ijskappen donkerder dan het zonlichtreflecterende ijs. Donkere bodem of water absorbeert meer zonne-energie dan sneeuw en ijs (albedo-effect). Dit versterkt de lokale opwarming nog meer. Door het smelten van de Groenlandse ijskap kan de zeespiegel tot 7 meter extra stijgen.

2 De West-Antarctische ijskappen vallen uiteen

In Antarctica verdwijnt eveneens landijs: enerzijds door aanhoudende terugtrekking van de ijskappen (ze smelten sneller dan ze aangroeien), en anderzijds door het trapsgewijze afbrokkelen ervan. De West-Antarctische ijskap is het minst stabiele deel van de Antarctische ijskap. Deze zit grotendeels verankerd op land onder het zeeniveau. Op plaatsen waar de (warmere) oceaan het ijs raakt, smelt en brokkelt deze sneller af. Hierdoor kan de zeespiegel tot 3 meter extra stijgen.

3 Permafrost gaat verloren

Ook de **ontdooiing van de permafrost** is een probleem met een duidelijke link met klimaatverandering. Permafrost is bodem die normaal nooit ontdooit, en al duizenden jaren in een bevroren toestand is. Wanneer hij door klimaatverandering toch ontdooit, komen grote hoeveelheden methaan en CO₂ vrij. Hoe meer het klimaat opwarmt, hoe meer permafrost er smelt, hoe meer methaan vrijkomt, hoe meer het klimaat opwarmt ...

4 De Noord-Atlantische Golfstroom valt stil

Doordat gletsjers smelten (zie 1. *De Groenlandse ijskappen verdwijnen*) stroomt een grote hoeveelheid zoet water in de Noord-Atlantische Oceaan. Daardoor dreigt een onderzeese stroming, de **Golfstroom**, stil te vallen. Dit zou het gehele oceaansysteem op aarde verstoren en is bijgevolg een bedreiging voor ontelbare organismen (zoals walvissen) die ervan afhankelijk zijn. Bijvoorbeeld zou de temperatuur in Europa dalen, het zeeniveau op sommige plaatsen met een halve meter stijgen, en de (voor plaatselijke ecosystemen, landbouw ...) levensbelangrijke moessonregens in Oost-Afrika en India afzwakken.

5 De West-Afrikaanse moessonregens veranderen

Klimaatverandering kan zorgen voor een plotse verschuiving in regenval rond de Sahel (West-Afrikaanse moessonregens). Daarbij worden noordelijk gelegen gebieden natter en zuidelijke gebieden droger. Dat heeft enorme gevolgen voor de plaatselijke ecosystemen en de landbouw (die aangepast zijn aan droge of natte omstandigheden).

6

De Indische moessonregens veranderen

Klimaatverandering kan Indische moessonregens versterken door een verhoogde CO₂-uitstoot, of verzwakken door een verhoogde aerosoluitstoot. Het is nog onzeker welke richting het uit zal gaan. Maar het heeft hoe dan ook enorme gevolgen voor de landbouw (bijvoorbeeld rijstteelt). Een toename van extreme regenbuien, met veel regenval op korte tijd, doet bovendien ook het aantal overstromingen, landverschuivingen ... toenemen.

7

Boreale wouden verschuiven

De huidige **boreale wouden** zullen door klimaatverandering in het noorden aangroeien ten koste van toendra en alle organismen die zich aangepast hadden aan toendra. In het zuiden zullen de wouden afsterven door de stijgende temperaturen: verdroging en bosbranden komen dan vaker voor. Organismen migreren naar het noorden of sterven uit. Ook plagen zoals schorskevers komen vaker voor. Dat zal nog meer toenemen omdat ze beter gedijen in een warmer klimaat met meer dode en verzwakte bomen. Massaal veel CO₂ komt vrij in de atmosfeer wanneer, door klimaatverandering en ontbossing, bossen verloren gaan. Vooral de koolstofrijke bodems van bossen zullen wanneer ze verdwijnen de klimaatopwarming nog meer versterken.

8

Het Amazonewoud sterft af

Door ontbossing en warmere, drogere omstandigheden sterft het regenwoud af. Daardoor neemt ook de biodiversiteit af. Het **Amazonewoud** is een belangrijke opslagplaats van koolstof. Het bevat ongeveer 100 miljard ton koolstof in zijn vegetatie. Tot het jaar 2010 nam het jaarlijks meer koolstof op dan het afgaf. Doordat het Amazonewoud (voornamelijk door de mens) verder afsterft, veranderde het tussen 2010 en 2018 van een CO₂-buffer in een CO₂-bron. Het is echter nog te vroeg om te zeggen of het kantelpunt bereikt is (en het Amazonewoud onomkeerbaar klimaatverandering versterkt).

UITBREIDING

Meer info over het recent veranderen van het Amazonewoud van een CO₂-buffer in een CO₂-bron. smh.com.au weekend.knack.be

9

Koraalriffen sterven af

De verhoogde CO₂-uitstoot heeft ook nog een ander, minder gekend, effect: **de verzuring van zeeën en oceanen**. Meer informatie hierover kan gevonden worden op globalchangeecology.blog. Niet alleen verzuring, maar ook stijgende zeewatertemperaturen zetten koralen onder druk. Hierdoor verandert het ecosysteem en nemen biodiversiteit, visvangst en toerisme af.

Naast deze negen processen zijn er (afhankelijk van de bron) nog andere processen met kantelpunten. Het ene kantelpunt is bovendien dichterbij dan het andere. Zo verwachten wetenschappers bijvoorbeeld dat het kantelpunt van de ijsvlaktes (onder andere Groenland en West-Antarctica) al bij een opwarming van 1 tot 3 °C bereikt wordt, terwijl het smelten van de permafrost pas bij een opwarming van meer dan 5 °C een kantelpunt zou bereiken.

UITBREIDINGEN

Het boek *Van klimaatverandering naar systeemverandering* van Sara Vicca en Ann Crabbé geeft een veelzijdige blik op de complexe globale uitdaging die klimaatverandering is. Het bevat een hoofdstuk *Kantelementen en kantelpunten met een recente (2021), gedetailleerde en begrijpbare uitleg over deze belangrijke processen door klimaatverandering.* aspeditions.be

Neem een kijkje op:

<https://climatedetectives.esa.int/>

Vorbereiding

De leerlingen kruipen in de huid van getrainde klimaatwetenschappers die enkele gevolgen van klimaatverandering bestuderen. Ze verdelen zich in verschillende teams die klimaatverandering bestuderen, en gaan op 'studiereis' naar verschillende landen verspreid over de wereld. Elke groep bestudeert een gevolg van klimaatverandering voor een specifieke context in een bepaald land.

De leerlingen krijgen 5 tot 10 minuten de tijd om de 'case study' en eventueel de uitvoering van hun experiment op

hun werkbladen te lezen. Het is de bedoeling dat ze zich 100% focussen op de voorbereiding en het formuleren van een hypothese die past bij de opgegeven onderzoeksvraag, zonder al aan het experiment te beginnen. Door de concentratie van de leerlingen eerst volledig op de voorbereiding te richten, verloopt het experiment vlotter. Indien het materiaal nog niet vooraf door de leraar klaargezet was, mogen de leerlingen het zelf klaarzetten gedurende deze tijdsperiode.

De experimenten

De leerlingen krijgen ongeveer 20 minuten om hun experiment uit te voeren en hun werkbladen in te vullen. Als ze het experiment stap voor stap uitvoeren, moet dit binnen de gegeven tijd lukken. Hun werkbladen helpen hen op weg. Indien een groep vroeg klaar is met zijn experiment, kan hij beginnen met de volgende stap: een rapport opstellen dat later gebruikt wordt om resultaten te delen met de andere groepjes.

Deze handleiding voor leraren beschrijft enkel het nodige materiaal. Voor meer informatie (een uitgebreid overzicht, met introductie in de materie) over de experimenten: zie werkbladen *De experimenten*. Bij kleinere klasgroepen of in het geval materiaal niet verkrijgbaar is, hoeven niet alle experimenten uitgevoerd te worden. Toch is dit voor het verdere verloop van deze les wel aangeraden.

Zowel bij **Vorbereiding** als bij **De experimenten** gaat het over werkbladen *De Experimenten*.

Verwijder bij gebruik van de werkbladen in niet-STEM-richtingen eventueel enkele opdrachten bij *Opdrachten achteraf*.

Benodigde materialen

Groep 1

impact CO₂ op zuurtegraad water: kraanwater, een beker, acht tot twaalf theelichtjes, een vlak oppervlak (losstaande tafel, snijplank ...), een doorzichtige bak of emmer die volledig afgesloten kan worden door het vlakke oppervlak, een pH-meter **(1)**, een aansteker.

Groep 2

impact verzuring water op het zeeleven: kraanwater, drie bekers, azijnzuur (keukenazijn), pH-meetlintjes **(2)**, krijt (stoepkrijt of goedkoop bordkrijt, géén stofvrij krijt! Test dit deel van het experiment best vooraf uit).

Groep 3

impact stijging CO₂-gehalte op temperatuur: kraanwater, twee dezelfde lege petflessen met dop, azijnzuur (keukenazijn), twee lange thermometers **(3)**, natriumbicarbonaat (een soort keukenzout), minstens één gloeilamp (produceert meer warmte dan licht) of verwarmingslamp **(4)**, eventueel: twee trechters.

- ✓ Maak vooraf een klein gaatje in de dopjes van de PET-flessen en prik de lange thermometers erdoor zodat het ijzeren gedeelte volledig in de PET-fles zit. Dit zijn nu 'thermometerdoppen'.
- ✓ Draai de gloei- of warmtelamp in een daarvoor geschikte lampenkap en zet ze klaar zodat het bovenste gedeelte van de PET-flessen verwarmd kan worden. Tijdens het experiment moet vooral de lucht (de CO₂) in de fles verwarmd worden.

Groep 4

impact smelten land- en zee-ijs op het zeeniveau: kraanwater, twee grote maatbekers, een rooster (of bijvoorbeeld een stuk stevig kippengaas), een tien- tot twintigtal ijsblokjes, een haardroger (niet té heet; de maatbekers hoeven niet te smelten).

LET OP!

Haardroger mag niet nat worden en is geen speelgoed.

Groep 5

impact smelten ijs op albedo-effect: twee plasticen dozen (ideaal: twee lege ijsdozen van 2,5 liter – dan heb je ook alweer een reden om te snoepen), een wit en zwart A4-blad, scheurplakband (schilderplakband, geen lichtweerkaatsende plakband), twee lange thermometers **(3)**, minstens één gloeilamp (produceert meer warmte dan licht) of warmtelamp **(4)**.

(1) [pH meter digitaal](#) – 14,02 euro

(2) [pH papier test strips](#) – 5,95 euro

(3) [Digitale voedselthermometer](#) – 5,51 euro

(4) [Warmtelamp 60 watt](#) – 6,59 euro

Het rapport

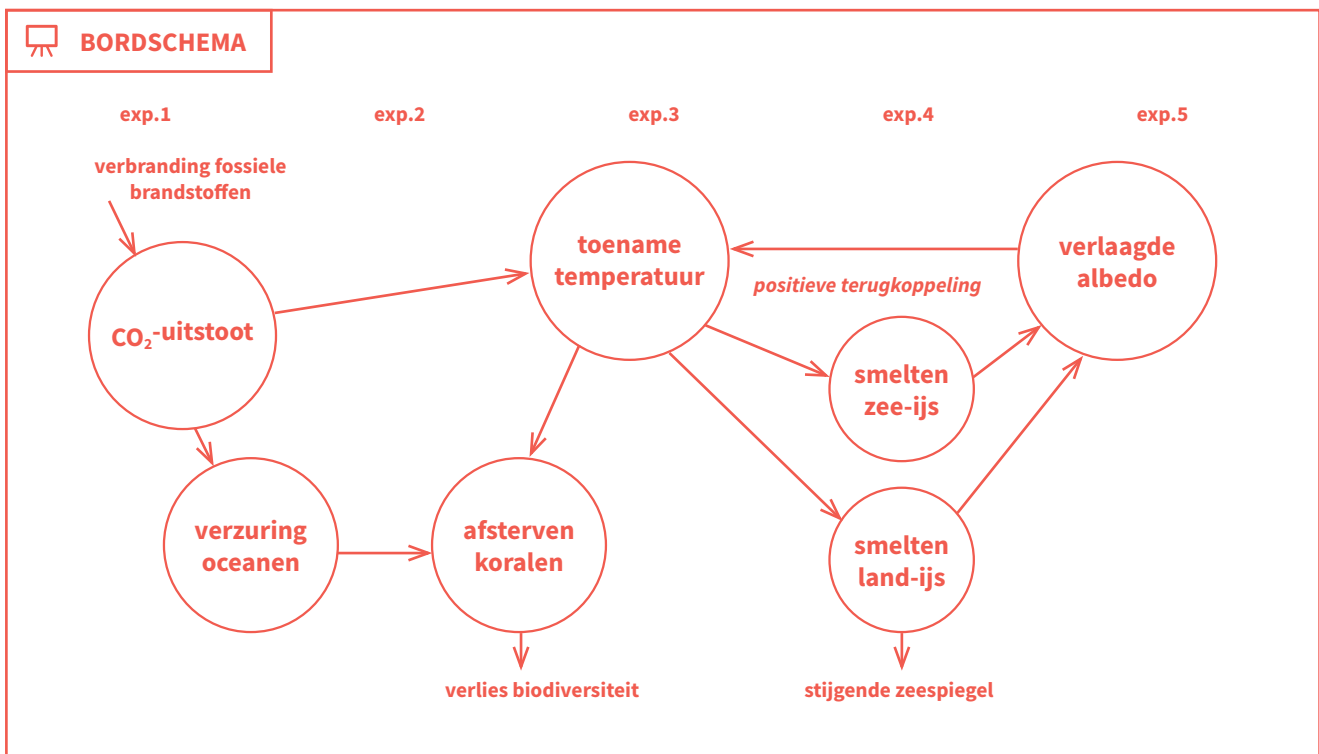
Op het einde van hun experimenten stellen de leerlingen met behulp van hun werkbladen kort (ongeveer 3 minuten per groep) een **rapportje** van hun bevindingen op. Vervolgens leggen ze dit rapportje uit aan de andere groepen. De leerlingen krijgen voor dit rapportje hulp van hun werkbladen.

- A** Wat is de problematische situatie in jullie land of regio?
- B** Wat hebben jullie bestudeerd met jullie experiment?
- C** Wat dacht je dat er zou gebeuren (= hypothese)?
- D** Hoe hebben jullie het experiment uitgevoerd (= samenvatting)?
- E** Wat zijn jullie conclusies?

Belangrijk is dat niet elk experiment verloopt zoals gedacht; een vooraf opgestelde hypothese hoeft niet altijd te kloppen. In dat geval moet het groepje goed nadenken waar het experiment eventueel misgelopen is. Hoe zouden ze het in het vervolg anders aanpakken? Hebben ze het experiment wel correct uitgevoerd? Is het experiment anders uitgedraaid dan gedacht? Een hypothese kan niet

‘correct’ of ‘fout’ zijn. Ook in de echte wetenschappelijke wereld komen wetenschappers soms interessante raadsels tegen. Ook in de echte wetenschappelijke wereld kan het zijn dat een experiment fout loopt en bij herhaling een ander resultaat geeft. Belangrijk is dan dat er goed en eerlijk gereflecteerd wordt. Dit is ook de bedoeling bij het rapporteren van de bevindingen van het groepswork, en minstens even belangrijk als de resultaten zelf.

Na elke korte rapportering over een bepaald experiment schrijven de leerlingen hét of enkele **kernwoord(en)** die bij hun experiment horen op het bord. Telkens denken ze na over verbanden van hun eigen experiment met die van de vorige besproken experimenten. Ze leggen dit verband uit aan de rest van de klas. Verbanden worden met elkaar gelinkt door op het bord kernwoorden met elkaar te verbinden. Zie onderstaand bordschema als voorbeeld na verslaggeving van de vijf experimenten. Je zal dit als leraar een beetje moeten sturen, om uiteindelijk het bordschema zoals hier voorgesteld te bekomen. Let erop dat op het einde ook de term ‘positieve terugkoppeling’ wordt uitgelegd. Laat de leerlingen het schema eventueel ook in hun eigen notities overschrijven.



UITBREIDING

Laat de leerlingen een (wetenschappelijk) verslag schrijven over hun eigen experiment. Dit verslag is bijvoorbeeld inclusief een onderzoekwerk over de problemen en mogelijke oplossingen van hun experiment.

Laat de leerlingen een presentatie over hun verslag maken. Dit kan in samenwerking met de leraar Nederlands, Frans, Engels ...

Gevolgen van klimaatverandering – de methaanproef



LINK

Indien er tijd over is, kan een extra experiment uitgevoerd worden. Dit experiment bespreekt het probleem van methaanemissie door ontdooiing van permafrost in Siberië. Het kan met de hele klas uitgevoerd worden. Het duurt minimum 3 minuten, maar kan ook veel langer duren indien dit gewenst is.

Intro: in de permafrost in de arctische gebieden

(Noord-Canada, Alaska, Groenland, Siberië) zit methaan. Deze zit daar al millennia lang, maar komt nu vrij doordat het permafrost smelt! Dit experiment toont een van de gevaren van smeltende permafrost. Het leert de leerlingen over de aanwezigheid van een brandbaar broeikasgas dat door klimaatverandering in de atmosfeer komt. Het experiment zelf is niet zo gevaarlijk.

Materiaal

(niet in de materialenkoffer van Klimaatlink!): lange aansteker, campinggasverwarmer, water, twee waterbakjes, afwasmiddel, soeplepel.

Uitvoering van het experiment

- 1 Vul de bakjes met water.
- 2 Voeg, aan één bak, vloeibaar zeepsop toe. Roer een beetje met de lepel.
- 3 Doe de campinggasverwarmer in het zeepsopwater en laat gas vrij zodat methaanbubbels (of propaan- of butaanbubbels) gevormd worden.
- 4 Steek je hand onder water in het bakje zonder zeep, zodat je hand nat wordt.
- 5 Verzamel methaanbubbels op de pols van je vochtige hand (je kan met de soeplepel bubbels op je hand scheppen).
- 6 Strek je hand goed uit, zodat er geen vingers, ringen of huidplooiën boven de methaanbubbels zijn. Doe ook je hoofd en haar naar achter of steek je arm veilig voor je uit. Houd je hand weg van het zeepsopwater of andere mogelijk brandbare materialen.

- 7 Steek de methaanbubbels in brand. Je zal een korte vlam zien. Hoe meer methaanbubbels er op je pols waren, hoe hoger de vlam. Zelf zal je geen hitte op je hand voelen (zelfs niet indien je je hand vergat vochtig te maken; dit was slechts een voorzorgsmaatregel), aangezien een vlam enkel hitte boven de brandstof (de methaanbubbels) ontwikkelt. Bovendien zijn de methaanbubbels zo snel opgebrand dat er geen brandgevaar mogelijk is.
- 8 Je kan dit experiment met het zeepsopwater zo vaak uitvoeren als je wil, en verschillende hoeveelheden methaanbubbels uitproberen. Ook leerlingen kunnen het experiment uitproberen.
- 9 Op het einde van het experiment is het 'leuk' om het resterende zeepsopwater in brand te steken. Indien je het eerst terug 'vult' met methaanbubbels, zal een spectaculaire vlam te zien zijn. Let altijd op brandgevaar en doe het in een veilige omgeving.

P.S.: dit experiment, maar dan met een brandend hoofd in plaats van een vlam uit een handpalm, kwam al eens op [tv!](#).



LESPAKKET

HET KLIMAATPROBLEEM

DEEL 4

De lokale gevolgen van klimaatverandering

ONTWORPEN VOOR **ALLE GRADEN** VAN HET SECUNDAIR ONDERWIJS

Korte inhoud

De leerlingen denken na over klimaatverandering bij ons. Welke gevolgen ondervinden zij? Welke projecten die dit onderzoeken kennen ze (CurieuzeNeuzen in de Tuin)? Spraken ze al eens met hun grootouders over hoe het vroeger was? (meer sneeuwdagen, minder hittegolven ...?) Een groepswerkje met foto's en filmpjes bespreekt

verschillende gevolgen van klimaatverandering bij ons. Na het groepswerkje interviewen de leerlingen elkaar; een interview dat ze uiteindelijk ook bij hun ouders en grootouders afleggen. Dit geeft hen een beeld van hoe men vroeger met klimaatverandering omging, en hoe dit verschilt met vandaag.

Tijdsduur

Eén lesuur.

- 3.1 **Klimaatverandering** bij ons – 25 min
- 3.2 Het **interview** – 15 tot 25 min

Werkvormen

Zelfstandig leren.
Groepswerk.
Interview



Materiaal en voorbereiding

- ✓ Themabladen *Klimaatverandering bij ons*.
- ✓ Werkbladen *Het interview*: minstens 3 exemplaren per leerling.
- ✓ Aangeraden: computers of tablets voor de leerlingen (eventueel één per groep).

Klimaatverandering bij ons

Brainstorm

De leerlingen denken na over **klimaatverandering bij ons**. Welke gevolgen ondervinden zij? Welke projecten kennen ze die klimaatverandering onderzoeken? Kennen ze CurieuzeNeuzen in de Tuin? Hebben ze al eens met hun grootouders gesproken over hoe het vroeger was? (meer sneeuwdagen, minder hittegolven ...) De leerlingen noteren al hun bedenkingen op het bord, of sturen het door via een Mentimeter: zie bordschema. Vraag telkens: *“Wat heeft het te maken met klimaatverandering? Hoe denk je dat dit veranderd is tegenover 30 jaar geleden?”*



Bordschema met enkele mogelijke antwoorden van leerlingen op de vraag “Waaraan denk je als je denkt aan klimaatverandering bij ons?”

Groepswerk

Verdeel de klas in vijf groepjes. Elk groepje krijgt **een thema** dat aansluit bij ‘klimaatverandering bij ons’. Per thema hoort een themablad dat foto’s en linken naar filmpjes en artikels bevat. Deze bevat per thema meer informatie over klimaatverandering en haar gevolgen bij ons. Bij de themabladen zit ook een KMI-klimaatrapportblad waar meerdere groepjes informatie over hun thema uit kunnen halen.

De thema’s zijn:

- hitte
- verschuiving seizoenen
- droogte
- weersextremen
- migratie

Opdrachten

- Elk groepje maakt een **kort verslag** van de informatie over zijn verkregen thema. De leraar kiest of het verslag op papier, mondeling, of digitaal opgesteld wordt. De leerlingen krijgen in totaal 20 minuten voor deze opdracht.
- De leerlingen vullen tijdens het lezen of bekijken van de informatie het **bordschema (of de mentimeter)** aan.

UITBREIDING

De leerlingen kunnen hun verslag afgeven aan de leraar, maar ook mondeling presenteren.

Geef de leerlingen de opdracht extra informatie over hun thema op het internet op te zoeken.

Thema hitte

Artikels en videofragmenten:

- artikel met **VRT-video** over het temperatuurrecord dat in februari 2019 'verpulverd' werd



- artikel met **VRT-video** over de warmste week sinds de start van de metingen (in de zomer van 2020)



- **YouTube-video** over de Elfstedentocht van 1997 (toen was het 11 jaar geleden dat er een georganiseerd werd)



- **KMI-klimaatrapport 2020** (zie KMI-klimaatrapport blad in de themabladen *Klimaatverandering bij ons*).
Mogelijke woorden of zinnen voor het bordschema: hittegolf, warmterecord, langer op het jaar strandvakanties, minder winterpret (kleinere kans om te sleeën, natuurschaatsen of om sneeuwmannen te maken) ...

Informatie uit KMI-klimaatrapport 2020:

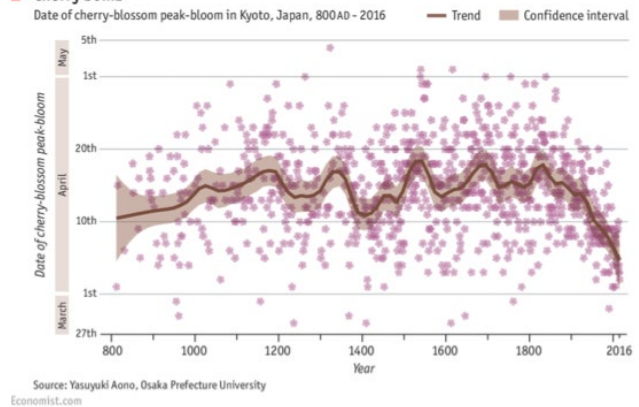
- Tegen 2100 zal België tussen +0,7 °C en +5 °C extra opgewarmd zijn (afhankelijk van afname of toename concentratie broeikasgassen tegen het einde van deze eeuw).
- Het aantal hittegolven zal toenemen.
- Tegen 2100 zal er bij een toename van de concentratie broeikasgassen: ...
 - a een verdrievoudiging van het aantal hittegolven zijn;
 - b een verdubbeling van de intensiteit van de hittegolven zijn;
 - c een toename van 50% van de duur van de hittegolven zijn.

UITBREIDING

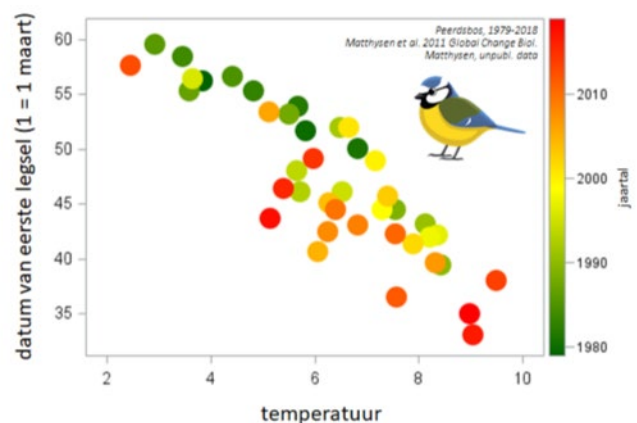
Een [Engelstalig artikel](#) over de menselijke bijdrage aan de hittegolf van 2019 die bij ons meerdere records brak.

Thema verschuiving seizoenen

Cherry bomb



Figuur: de start van de bloei van een kerselaar in Kyoto, Japan van het jaar 800 tot het jaar 2016 (Yasuyuki Aono, Osaka Prefecture University). Hetzelfde gebeurt bij ons met het ontluiken van bladeren en het uitlopen van bloemknoppen.



Figuur: pimpelmezen hebben bij ons steeds vroeger op het jaar hun eerste legsel.

Artikels en videofragmenten:

- **CurieuzeNeuzen in de Tuin** artikel over kleine landschildpadjes dankzij de recente warme lange zomers



- artikel over een onderzoek tijdens **de Ronde van Vlaanderen**



- twee figuren over **de verschuiving van de seizoenen**.

Mogelijke woorden of zinnen voor bordschema:

langere zomers, kortere winters, mislukte oogst (stukgevroren fruit) ...

Thema droogte

Artikels en videofragmenten:

- **VRT-artikel** over scheuren in huizen door de droogte



- **Scientists4Climate-artikel** over waarom droogte bij ons een gevolg van klimaatverandering is



- **VRT-artikel** met video over het verbruik van water bij ons



Mogelijke woorden of zinnen voor bordschema:

leegstaande rivieren en meren, schade aan gebouwen, bosbrand, mislukte oogsten ...

Informatie uit KMI-klimaatrapport 2020:

- Tegen 2100 zullen er volgens het meest pessimistische scenario in België vaker nattere winters voorkomen. Tijdens de zomers zal er geen of slechts een lichte daling in neerslag zijn. Het aantal dagen met ten minste 10 mm neerslag zal volgens dit scenario wél toenemen.
- Tegen 2100 zullen er volgens het meest pessimistische scenario meer droogteperiodes zijn. Deze toename is groter naarmate de ernst van de droogte: zo kan uitzonderlijke droogte tot vijf keer vaker voorkomen.

Thema weersextremen

Artikels en videofragmenten:

- artikel uit **Global Change Ecologyblog** over koudegolf in tijden van klimaatopwarming



- **VRT-artikel** over vorstschade door winterprik na warmere periode



- **KNACK-artikel** over waarom Vlaanderen zich moet voorbereiden op extreem weer



Mogelijke woorden of zinnen voor bordschema:

extreme koudegolf, mislukte fruitteelt door late winterprik, stormschade, overstromingen, overvloedige regenval ...

Informatie uit KMI-klimaatrapport 2020:

- Tegen 2100 zullen er volgens het meest pessimistische scenario in België vaker nattere winters voorkomen. Tijdens de zomers zal er geen of slechts een lichte daling in neerslag zijn. Het aantal dagen met ten minste 10 mm neerslag zal volgens dit scenario wél toenemen.
- Tegen 2035 zal de impact van extreme neerslag groter worden door de toename van verhard oppervlak zoals asfalt of beton.

Thema migratie

Artikels en videofragmenten:

- artikel met **VRT-video** over record aantal vluchtelingen in de wereld



- fragment van **schooltv.nl** over 'hoe klimaatverandering voor meer vluchtelingen zorgt'



- fragment van **Klimaatraad (Canvas)** met een migratie-deskundige over de link tussen klimaatverandering en migratie



Mogelijke woorden of zinnen voor bordschema:

politiek, migratie, klimaatmigrant, dakloos, stijging zeespiegel.

Het interview

In het tweede deel van deze les interviewen de leerlingen een medeleerling met hulp van opdrachtenblad *Het interview*. Na de les laten ze als thuisopdracht ook hun ouders en grootouders hetzelfde **interview** afleggen. Per generatie moet minstens één interview afgelegd worden. Zo leren de leerlingen de **verschillen tussen vroeger en nu** kennen. Het interview richt zich niet enkel op klimaat-

verandering, maar ook op hoe men vroeger leefde: toen hadden ze mogelijk nog geen radio, tv, gsm ... en waren de gezinnen groter. De leerlingen denken na elk interview na over de antwoorden en de gevolgen ervan voor de samenleving en het klimaat. Dit kan op het laatste deel van opdrachtenblad *Het interview*.

UITBREIDING

De leraar kan (eventueel in overleg met leraren van andere vakken) vragen toevoegen aan het interview. Het interviewen van ouders en grootouders is een ideale gelegenheid om informatie te verzamelen over cultuur, samenleving, geschiedenis ...

Overleg met de leraar Nederlands, en pas het werkblad *Het interview* aan naargelang afspraken over 'interviews' tijdens de les Nederlands.