

Module 1

KLIMAAT- CRISIS



Module 1

KLIMAAT- CRISIS

**AARDRIJKSKUNDE LESBOEK HAVO / VWO
LEERJAAR 1**

Inhoudsopgave

Colofon

Copyright © 2022. Het auteursrecht op de module berust bij het Leidsche Rijn College. Het Leidsche Rijn College is derhalve de rechthebbende zoals bedoeld in de hieronder vermelde Creative Commons licentie.

De auteurs hebben bij de ontwikkeling van de module gebruik gemaakt van materiaal van derden en daarvoor toestemming verkregen. Bij het achterhalen en voldoen van de rechten op teksten, illustraties, enz. is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Mochten er desondanks personen of instanties zijn die rechten menen te kunnen doen gelden op tekstgedeeltes, illustraties, enz. van een module, dan worden zij verzocht zich in verbinding te stellen met het Leidsche Rijn College.

De module is met zorg samengesteld en getest. Het Leidsche Rijn College, Tipping Point Ahead, vormgever en auteurs aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor onjuistheden en/of onvolledigheden in de module. Ook aanvaarden het Leidsche Rijn College, Tipping Point Ahead, vormgever en auteurs geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, voortkomend uit (het gebruik van) deze module. Voor deze module geldt een Creative Commons -Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 3.0 Nederland Licentie.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl>

| | |
|------------|---|
| Leeswijzer | 7 |
|------------|---|

Module 1: Klimaatcrisis

| | |
|---|----|
| Inleiding | 8 |
| 1.1 Klimaat en klimaatgebieden | 10 |
| 1.2 Landschappen en landschapszones | 17 |
| 1.3 Ontstaan van het (versterkte) broeikaseffect | 24 |
| 1.4 Gevolgen versterkte broeikaseffect | 29 |
| 1.5 De lage landen | 38 |
| 1.6 Wateroverlast in Nederland door rivieren en neerslag | 46 |
| Gouverneursopdracht 1 | 54 |
| Bronvermelding | 60 |



Beste leerling,

Welkom in Module 1 van Kantelpunt: een methode over duurzaamheid. Wij hebben deze methode geschreven om jullie inzicht te geven in de uitdagingen waar we de komende jaren voor staan. Verder willen we jullie leren hoe je zelf zou kunnen bijdragen aan een betere toekomst.

De methode Kantelpunt bestaat uit 3 modules, die verspreid over de onderbouw worden gegeven:

- **Module 1:** Klimaatcrisis klas 1
- **Module 2:** Ecologische crisis klas 2
- **Module 3:** Lineair naar circulair klas 2

In deze leeswijzer zal worden uitgelegd hoe je de methode het beste kunt gebruiken.

Het boek zelf

Je gebruikt dit boekje als leer- en opdrachtenboek. Je geeft antwoord in je eigen schrift, tablet of laptop. Op die manier kan de school de boekjes vaker gebruiken: wel zo duurzaam!

Bij elke module kom je steeds onderstaande symbolen tegen. Deze geven aan over welk aardrijkskundig schaalniveau de paragraaf gaat.



De vragen

Bij elke vraag staat een letter aan het begin van de vraag. Deze letter geeft aan welk type vraag je gaat maken. Je hebt de volgende opties:

- (R) **Reproductievraag.** Hierbij word je (bijna) letterlijk gevraagd naar informatie die je eerder gehoord of gelezen hebt. Om deze vraag te kunnen maken, moet je de lesstof goed hebben onthouden.
- (T) **Toepassingsvraag.** Hierbij ga je oefenen met de informatie die je geleerd en gehoord hebt. Het toepassen van de stof is iets waarin je beter wordt door dit vaker te oefenen.
- (I) **Inzichtsvraag.** Hierbij krijg je vaak een vraag over een nieuwe situatie. Ook inzicht moet je trainen door dit soort vragen vaker te maken.
- ★ **Ster-vraag.** Vaak zijn dit toepassings- of inzichtvragen. Deze maak je als je meer uitdaging wilt of als de docent aangeeft dat je deze moet maken.

Regelmatig staat er bij een vraag een symbool van een gekleurd boekje. Dit betekent dat je om die vraag te kunnen maken, de atlas nodig hebt.



Het symbool van de groene atlas betekent dat je **de Bosatlas van de Duurzaamheid** moet gebruiken.



Het symbool van de blauwe atlas betekent dat je **de Grote Bosatlas** (55e editie) moet gebruiken.

Wij wensen jullie veel plezier met Kantelpunt!

Anouschka, Manouk, Marit en Vince



MODULE 1

Klimaatcrisis

Dit verhaal begint met een destijds 15 jarige middelbare scholier, Greta Thunberg, wiens naam weinig mensen vóór de zomer van 2018 kenden. Het is de heetste zomervakantie die ze in Zweden ooit hadden meegemaakt. Greta besluit op de eerste schooldag na de vakantie alleen en gewapend met een protestbord te gaan protesteren tegen het verder uit de hand lopen van de klimaatcrisis. Ze maakt zich enorme zorgen om het opwarmen van de aarde en het uitsterven van planten- en diersoorten. Greta maakt zich zelfs zoveel zorgen dat ze de leerplicht aan haar laars besluit te lappen en drie weken lang niet naar school gaat. Binnen korte tijd gaat Greta viraal en wordt ze wereldwijd het gezicht van de klimaatbeweging 'Fridays for Future'. Ze zet hiermee over de hele wereld schoolstakingen in gang. Jongeren roepen massaal hun regering op om maatregelen te nemen tegen de opwarming van de aarde.

Een aantal maanden later, in december 2018, wordt Greta uitgenodigd voor de klimaatop van de Verenigde Naties in de stad Katowice in Polen. Hier vertelt ze in een indrukwekkende toespraak aan wereldleiders:

"Jullie zijn niet volwassen genoeg om de waarheid te spreken. Ook deze last laten jullie aan kinderen over: Mij kan het niet schelen of ik geliefd ben. (...) Onze planeet wordt opgeofferd om rijke mensen in landen zoals het mijne in luxe te laten leven. (...) Jullie zeggen het meeste te houden van je kinderen, maar toch stelen jullie hun toekomst, voor hun ogen."

De zaal bleef na deze toespraak verbijsterd en met een mond vol tanden achter. Hoe kon een meisje van 15 binnen korte tijd het gezicht van een wereldwijde klimaatbeweging worden? Op basis van welke kennis kregen scholieren ook in Nederland 35.000 mensen op de been om te protesteren tegen falend beleid van de overheid? In dit boek ga je leren wat Greta en duizenden andere scholieren bewoog.

De vraag die je in dit boek gaat beantwoorden is: **Hoe is de klimaatcrisis ontstaan, wat zijn hiervan de gevolgen en hoe kunnen we deze klimaatcrisis oplossen?** In zes paragrafen ga je leren over klimaat en klimaatgebieden, landschappen en landschapszones, het (versterkte) broeikaseffect, de gevolgen van het versterkte broeikaseffect en over oplossingen voor de klimaatcrisis.

Leerdoelen:

1. Je kunt beschrijven wat het verschil is tussen weer en klimaat.
2. Je kunt de vijf hoofdklimaattypen beschrijven en aflezen uit een klimaatdiagram.
3. Je kunt uitleggen wat het verband is tussen breedteligging en temperatuur.
4. Je kunt beschrijven wat het verband is tussen wind en luchtdruk.
5. Je kunt uitleggen hoe neerslag ontstaat.
6. Je kunt uitleggen wat de invloed is van wateroppervlakken en landoppervlakken op het klimaat.

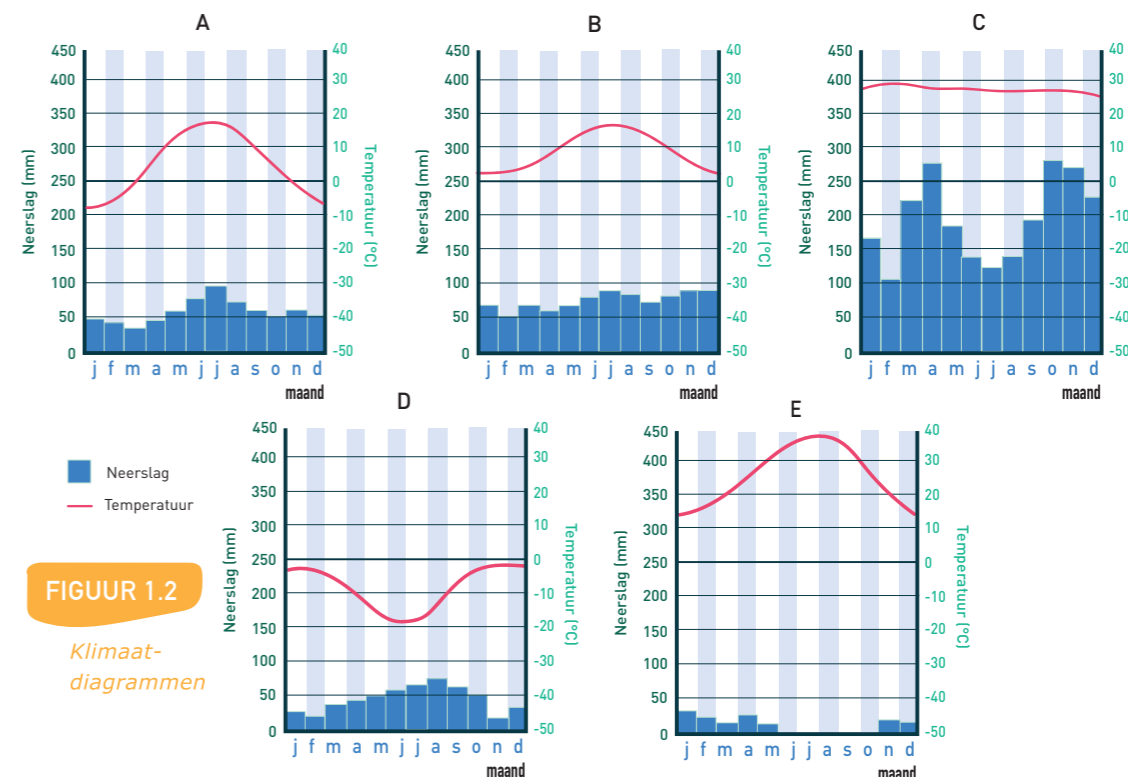
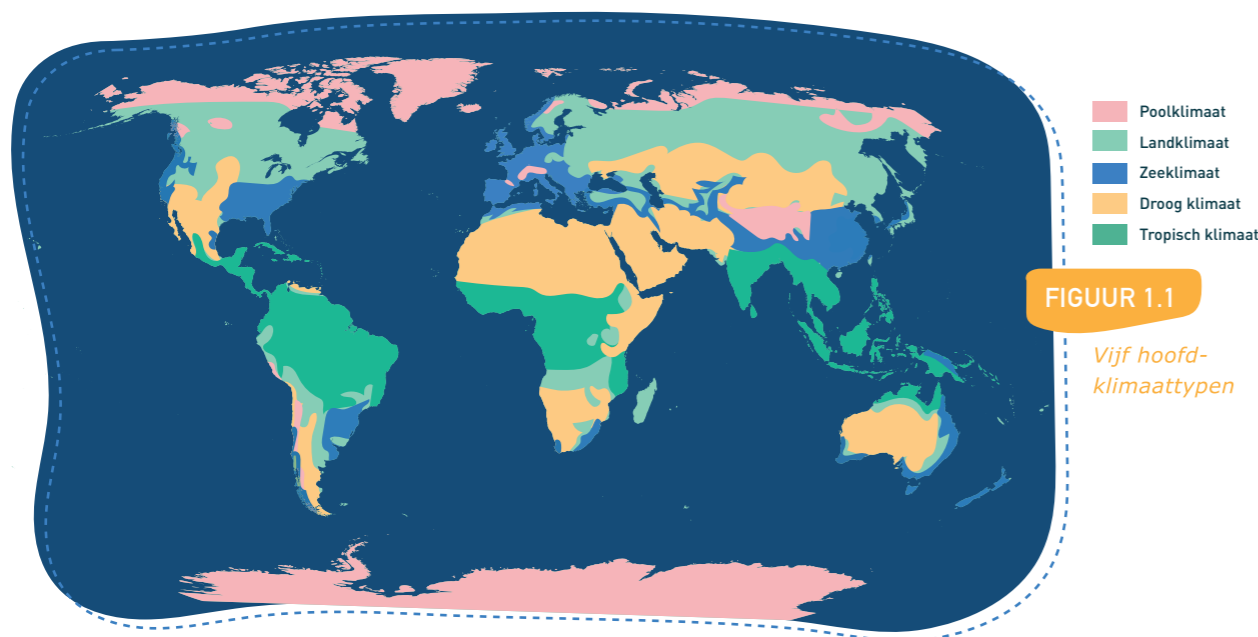
Inleiding

Als je nu buiten zou staan dan zie je eventueel wolken voorbij drijven. Misschien zie je de zon en voel je een bepaalde temperatuur. Het kan ook zijn dat je een wind voelt of juist helemaal niet. Sommige dagen is het 24 °C en is de lucht strak blauw; andere dagen is het 15 °C, waait het hard en regent het. De neerslag, temperatuur en wind op een bepaalde plaats op een bepaald moment noem je het **weer**. Als je voor een bepaald gebied over een heel lange periode, van 30 jaar, het gemiddelde weer bekijkt, dan spreek je over het **klimaat**. In Nederland is het gemiddeld genomen een stuk kouder en natter dan in Marokko. In Marokko is het gemiddeld een stuk warmer en droger dan bij ons in Nederland.

Vijf hoofdklimaattypen

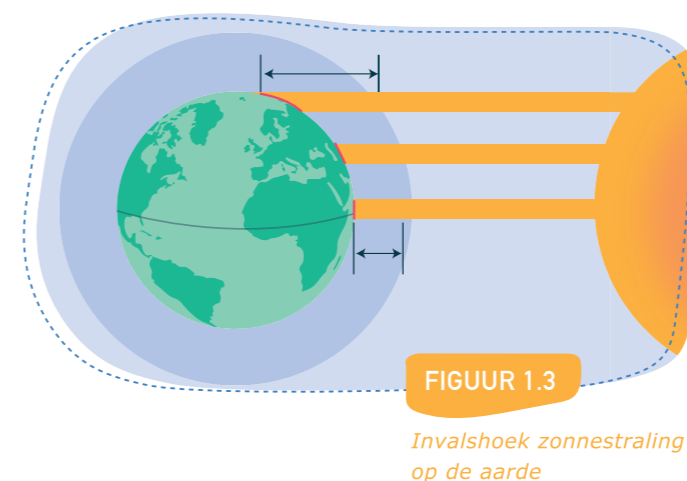
Zoals te zien in **figuur 1.1**, zijn er vijf belangrijke klimaattypen in de wereld. Dit zijn, als je van de polen naar de evenaar gaat, het **poolklimaat**, het **landklimaat**, het **zeeklimaat**, het **droge klimaat** en het **tropische klimaat**. In het poolklimaat is het het hele jaar koud en gemiddeld niet warmer dan 10 °C. Als er neerslag valt, is dat vooral in de vorm van sneeuw. Het landklimaat heeft warme zomers en koudere winters. In het zeeklimaat is de temperatuur gematigd. Dit betekent dat het nooit heel warm is, maar ook nooit heel koud. In droge klimaten valt weinig of geen regen en is het soms heet,

maar soms ook koud. In een tropisch klimaat is het het hele jaar warm en gemiddeld nooit kouder dan 18 °C. Het hele jaar valt er veel neerslag en soms is het op bepaalde momenten in het jaar droog. In **figuur 1.2** kun je zien hoe deze vijf hoofdklimaattypen er in een diagram uitzien. In een **klimaatdiagram** zie je bij de rode lijn de temperatuur per maand weergegeven. Met de blauwe staafjes wordt per maand de neerslag weergegeven. Wel is het belangrijk om te beseffen dat er binnen de vijf klimaattypen nog grote verschillen zijn. Zo is het zeeklimaat van Nederland een stuk kouder dan het zeeklimaat van Marokko.



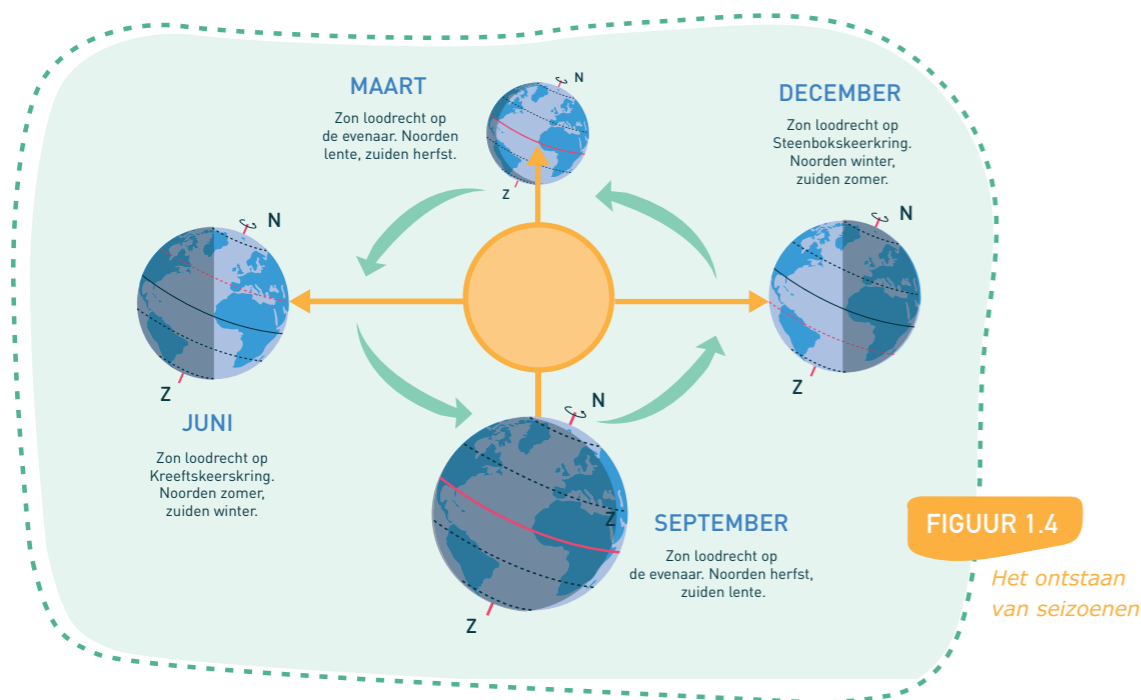
Het is op aarde nu gemiddeld 15 °C. Toch zijn er grote verschillen tussen de temperatuur rond de **evenaar** en de **poolstreken**. Rond de evenaar, de lijn die de aardbol in het noordelijk en zuidelijk halfrond verdeelt, is het altijd heel warm. In de poolstreken, de gebieden ten noorden van 66,5° N.B. en ten zuiden van 66,5° Z.B., is het erg koud. Op **hoge breedte** is het dus koud, op **lage breedte** juist warm. De oorzaak van dit verschil in temperatuur heeft te maken met twee redenen. De eerste is de invalshoek van de zonnestralen. De zon schijnt, zoals te zien in **figuur 1.3**, met een loodrechte invalshoek op de evenaar. Zonnestralen geven hierdoor bij de evenaar veel warmte af aan een klein oppervlak. De zon schijnt met een schuine invalshoek op de poolstreken. Hierdoor moet ze

oppervlak verdelen, en is er dus minder warmte per oppervlakte-eenheid. Je kan dit proces zelf nabootsen met een zaklamp die je eerst recht en daarna schuin op een vlakke muur richt. De tweede reden van het verschil in temperatuur is de afstand die zonnestralen afleggen in de **atmosfeer**. Deze afstand is rond de poolstreken groter dan rond de evenaar. In de atmosfeer, de lucht rondom de aarde, komen zonnestralen stofdeeltjes en wolken tegen waar ze tegenaan botsen. Door deze botsing wordt een deel van de zonnestralen direct teruggekaatst het heelal in en komt dus niet op het aardoppervlak terecht. Omdat de zonnestralen bij de polen een grotere afstand door de atmosfeer moeten afleggen, worden dus relatief meer zonnestralen teruggekaatst.



Seizoenen

Zoals je in **figuur 1.2** kunt zien is het in de meeste gevallen in december is het kouder dan in de juni. Dit komt doordat de as van de aarde schuin staat ten opzicht van de zon. Zoals je kunt zien in **figuur 1.4**, is het in onze zomer op het noordelijk halfrond, waar ook Nederland ligt, een stuk zonniger dan op het zuidelijk halfrond. De zon staat op 21 Juni loodrecht op de 23,5° N.B., deze lijn heet de kreeftskring. Door de toegenomen hoeveelheid zonuren neemt de temperatuur in Nederland in onze zomer toe. In onze winter schijnt de zon een stuk meer op het zuidelijk halfrond, waardoor het bij ons kouder wordt, en op het zuidelijk halfrond warmer. Op 21 december staat de zon



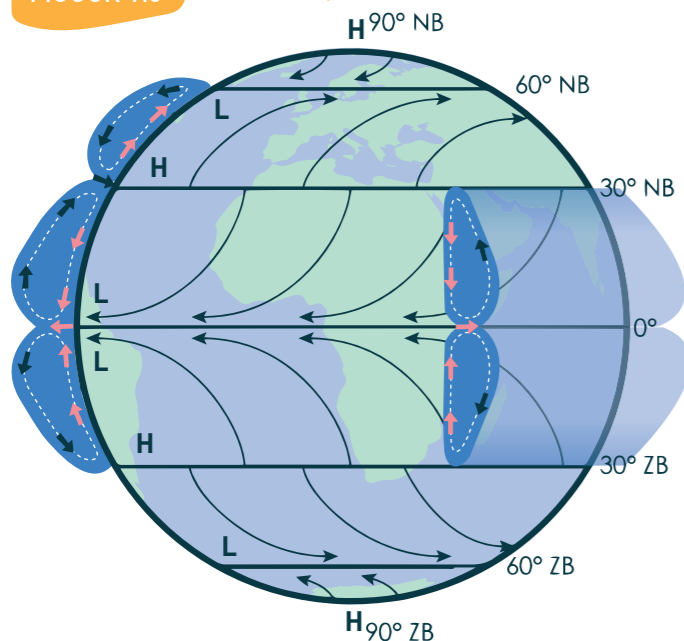
loodrecht boven de steenbokskeerkring en is het bijvoorbeeld in Australië een stuk zonniger en warmer. Na 21 december kruipt de lijn waar de zon loodrecht op de aarde schijnt weer richting de evenaar.

Wind en luchtdruk

Doordat de zon relatief veel warmte afgeeft aan het landoppervlak bij de evenaar, is de lucht rond de evenaar altijd erg warm. Deze warme lucht stijgt op en koelt hoger in de atmosfeer weer af. Hierdoor ontstaat bij het aardoppervlak

rond de evenaar een 'tekort' aan lucht. Als er ergens op de wereld een tekort aan lucht is, noem je dat ook wel een **lagedrukgebied (minimum)**. Bovenin de atmosfeer, zoals te zien in **figuur 1.5**, moet de stijgende lucht naar noord of zuid en daalt het weer rond de 30° N.B. en 30° Z.B.. Door het dalen van de lucht rond deze breedte krijg je hier aan het aardoppervlak een 'teveel' aan lucht, dit noem je ook wel een **hogedrukgebied (maximum)**. In **figuur 1.5** zie je dat er hierdoor cirkels aan stromende lucht ontstaan.

FIGUUR 1.5 Wet van Buys Ballot



Het lijkt alsof lucht niets weegt, maar dat is niet zo. 1 liter lucht weegt 1,3 gram. Dat is niet veel, maar tel je de hele dikte van de atmosfeer mee, dan is het toch best veel gewicht. Een luchtkolom in de atmosfeer heeft dus een gewicht en veroorzaakt daardoor een druk op het aardoppervlak. Dit noem je de luchtdruk.

Het verhaal van Daan Visser

Daan Visser is dertien jaar oud en woont op dit moment in Groenland (**figuur 1.6**). Hij woont hier samen met zijn vader, moeder en kleine zusje van zes. Daan is in Nederland geboren en heeft daar tot zijn zevende gewoond. Toen hij zeveneneenhalf was, is zijn gezin verhuisd naar Tunesië. Daans vader is namelijk diplomaat, een vertegenwoordiger van Nederland in het buitenland, waardoor hij elke drie jaar verhuist.

Daan vond het heel erg wennen in Tunesië. Het is er overdag heel warm en droog, maar 's nachts is het juist heel koud. Verder is er veel zand. Zie dan maar dat je kleine zusje dat zand niet allemaal in haar mond stopt!

Na drie jaar in Tunesië mocht zijn vader een ander land kiezen om te wonen en te werken. Hij koos voor Groenland. In Groenland is het juist heel koud, in de zomer wordt het er niet warmer dan 12 °C. Verder ligt er de hele winter lang sneeuw en is het landschap grotendeels bedekt met ijs. In de winter is het heel donker in Groenland, in de zomer is het er lang licht. Daan is wel blij dat hij over een paar maanden weer terug mag naar Nederland. Daar vindt hij het wel fijn qua klimaat.

De lucht stroomt langs het aardoppervlak altijd van een hogedrukgebied naar een lagedrukgebied. Lucht wil namelijk altijd van een gebied waar teveel lucht is, naar een gebied met te weinig lucht. Lucht zelf voelen wij als mens niet, maar zodra het gaat bewegen, voelen wij het wel. Bewegende lucht noem je wind. Op het noordelijk halfrond, zoals te zien in **figuur 1.5** heeft de wind door de draaiing van de aarde een afwijking naar rechts, op het zuidelijk halfrond een afwijking naar links. Dat de wind altijd van een maximum naar een minimum waait met een bepaalde afwijking, is ontdekt door de Nederlandse meteoroloog Buys Ballot en heet daarom de '**Wet van Buys Ballot**'.

Neerslag

De lucht om ons heen bevat ook water. Als dit water met het blote oog niet zichtbaar is, maar gasvormig, dan noemen we het waterdamp. Soms is dit water in de lucht om ons heen wel zichtbaar: in vloeibare vorm als druppels en in vaste vorm als ijsdeeltjes. Deze zichtbare deeltjes zweven vaak boven het aardoppervlak in de vorm van **wolken**. Als de druppels of ijsdeeltjes onder invloed van kou aan elkaar vast blijven zitten en groter worden, vallen ze naar beneden in de vorm van **neerslag**. In vaste vorm bestaat neerslag uit sneeuw of hagel, in vloeibare vorm uit regen of mist. In Nederland valt jaarlijks gemiddeld 800 mm neerslag. Als al deze neerslag zou blijven liggen, dan was Nederland dus bedekt met een laag water van 80 cm.



FIGUUR 1.6

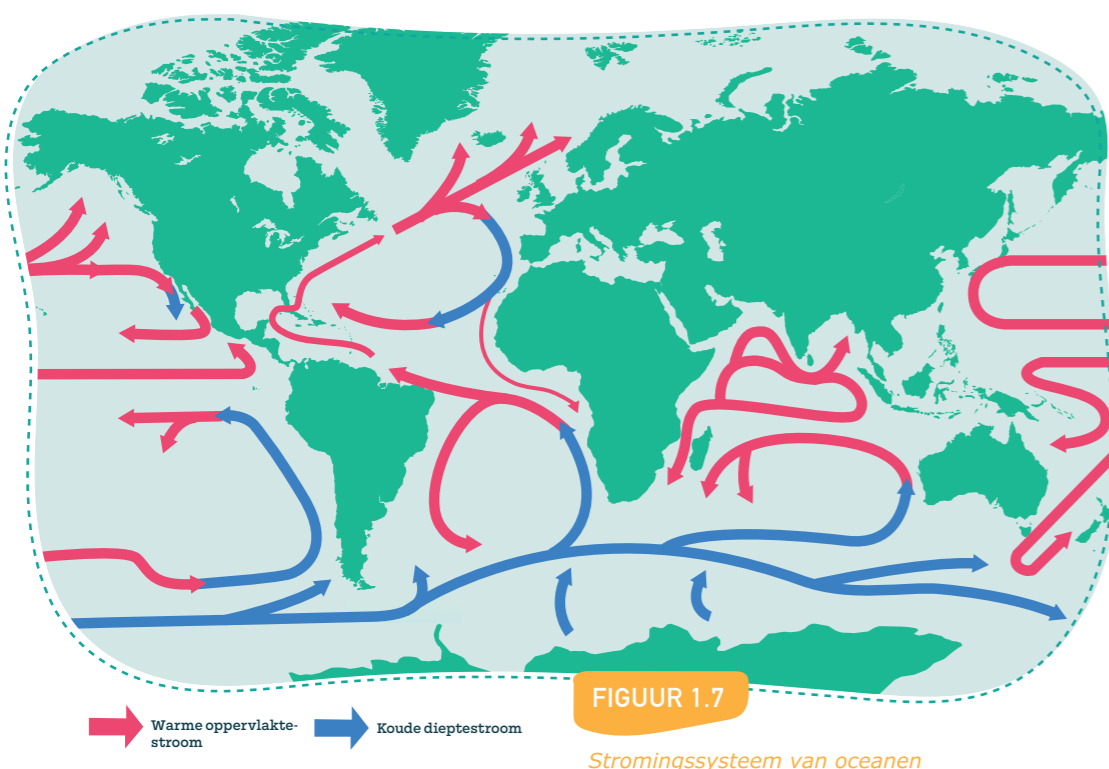
De woonplaats van Daan, Groenland © Creating stories, 2022

Alhoewel veel plekken beweren de heetste te zijn, was de hoogst gemeten temperatuur op aarde maar liefst 56,7 °C. Op 10 juli 1913 werd deze temperatuur in Death Valley in de Verenigde Staten gemeten.

Opwarming land versus zee

Als je op een hete zomerse dag 's middags met blote voeten op het strand loopt, kan het zand erg heet zijn. Als je vervolgens het water in loopt, is dit water een stuk kouder. Doe je dit 's avonds nogmaals, dan is dit precies omgekeerd: het water is warmer dan het zand. Dit komt omdat land sneller opwarmt en afkoelt dan water. Doordat water in de zee langzaam opwarmt maar ook langzaam afkoelt, heeft de zee een matigende invloed op het klimaat. Zonder de relatief warme Noordzee was Nederland, gezien haar hoge breedteligging, een stuk kouder geweest. De Noordzee is relatief warm omdat er een warme zeestroom, genaamd de Golfstroom, vanaf de evenaar bij Zuid-Amerika over de Atlantische Oceaan naar ons toe stroomt (figuur 1.7).

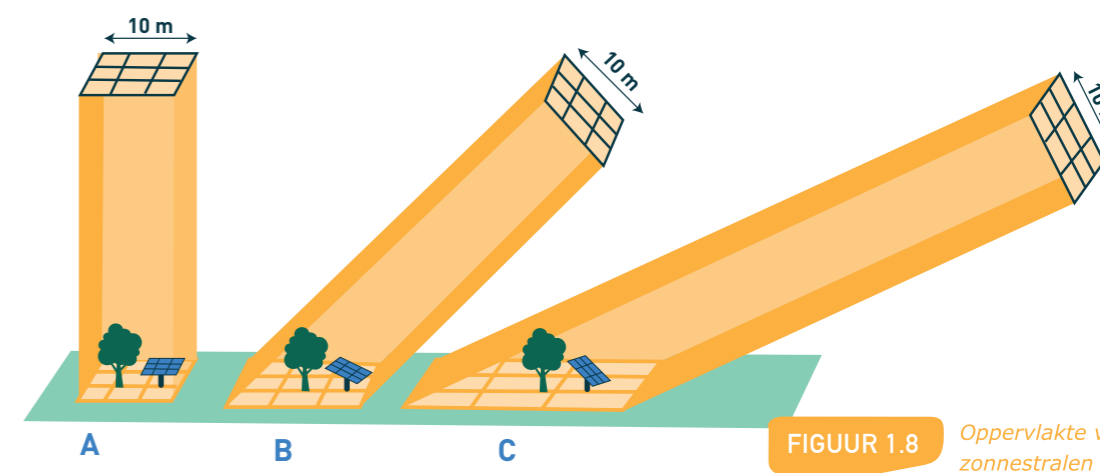
Doordat de Noordzee langzaam afkoelt, is het zeewater in de winter nog relatief warm. In de winter komt daarom vanaf zee een relatief warme zeewind richting het land. In de zomer is de zee juist nog relatief koel en daardoor de wind richting het land ook. De nabijheid van een zee heeft niet alleen in Nederland, maar op veel plekken op de wereld een invloed op het klimaat. Of een bepaalde zeestroom koud of juist warm is, bepaalt of dit het klimaat van het aangrenzende land matigt of juist extremer maakt. In Nederland zorgt de relatief warme Noordzee dus voor een matigend effect. Nederland heeft hierdoor het eerder genoemde zeeklimaat.



Door de stand van de aarde en haar baan om de zon, kan het zonlicht een deel van het jaar de poolgebieden niet voldoende bereiken en een ander deel van het jaar juist heel goed. Binnen de poolcirkels komt de zon minimaal één dag per jaar niet op en gaat minimaal één dag per jaar niet onder. We noemen dit pooldag en poolnacht. Hoe verder naar de polen, hoe langer het duister of licht blijft. Precies op onze Noord- en Zuidpool duurt dit zelfs 6 maanden! Op 21 december is het het donkerst op de Noordpool en 21 juni het lichtst.

1.1 Vragen

- (R)** Een klimaatdiagram geeft je inzicht in temperatuur en neerslag. Wat geeft de rode lijn aan in een klimaatdiagram? Is dit temperatuur, of neerslag?
- (R)** Door warme stijgende lucht ontstaat er rond de evenaar, dichtbij het aardoppervlak een tekort aan lucht. Ontstaat hierdoor een hogedrukgebied of juist een lagedrukgebied?
- (T)** Schrijf de letters van de klimaatdiagrammen uit figuur 1.2 onder elkaar in je schrift. Schrijf achter iedere letter bij welk hoofdklimaatypen de klimaatdiagram hoort.
- (T)** Beschrijf in je eigen woorden wat de Wet van Buys Ballot is en hoe dit eruit ziet op het noordelijk en zuidelijk halfrond. Maak eventueel ook een tekening om het verhaal duidelijker te maken.
- (T)** Waarom is het rond de Noordpool kouder dan rond de evenaar? Leg met behulp van een tekening de twee redenen uit. Gebruik steekwoorden om jouw tekening te verduidelijken.
- (T)** Gebruik **de Grote Bosatlas**. Als je van de Noordpool, via Moskou, Athene, Cairo, Addis Abeba naar het Victoriameer reist, in welke volgorde kom je dan door de vijf hoofdklimaatypen? Zet de vijf klimaten in de juiste volgorde.
- (T)** Welke klimaten worden beschreven in het verhaal van Daan Visser en hoe herken je deze?
- (I)** Maakt de nabijheid van de zee in Nederland het klimaat in de winter juist warmer dan ze zonder zee zou zijn, of is dit juist kouder?
- (I)** Leg je antwoord bij vraag 8 uit met behulp van kennis over het afkoelen en opwarmen van land en water.
- (I)** Is de jaarlijkse nieuwjaarsduik een geschikt moment om in Nederland de zee in te gaan? Geef een argument voor en een argument tegen.
- (I)** Op welke breedtegraden schijnt de zon in figuur 1.8 op het aardoppervlak? Kies uit: evenaar (0°), 30° N.B. en 66.5° N.B. Schrijf A B en C onder elkaar in je schrift op volgorde van koud naar warm met daarachter de juiste breedtegraad.



- (★)** Waarom zorgt een wind die waait vanuit het oosten in Nederland, in de winter voor extra koud weer, maar in de zomer voor extra warm weer?

1.1 Begrippenlijst

Atmosfeer

De lucht om de aarde heen. Ook wel dampkring genoemd.

Droog klimaat

Een klimaat waar het soms erg heet, maar soms ook minder warm is en waarbij er weinig tot geen neerslag is.

Evenaar

Denkbeeldige lijn die de aarde in het noordelijk en zuidelijk halfrond verdeelt.

Hoge breedte

De ligging van een bepaald gebied ver van de evenaar.

Hogedrukgebied (maximum)

Een teveel aan lucht aan het aardoppervlak, veroorzaakt door dalende lucht.

Klimaat

De gemiddelde temperatuur en hoeveelheid neerslag over een periode van 30 jaar in een bepaald gebied.

Klimaatdiagram

Een diagram waarin je de gemiddelde temperatuur en neerslag van een bepaald gebied voor een jaar kunt aflezen.

Lage breedte

De ligging van een bepaald gebied in de buurt van de evenaar.

Lagedrukgebied (minimum)

Een tekort aan lucht aan het aardoppervlak, veroorzaakt door stijgende lucht.

Landklimaat

Een klimaat met een groot temperatuurverschil tussen de warme zomers en koude winters, met het hele jaar door neerslag of een droge periode in de zomer of winter.

Neerslag

Een verzameling van water en/of ijsdeeltjes die vanuit een wolk op het aardoppervlak valt.

Poolklimaat

Een klimaat waar het het hele jaar koud is en in de zomer niet warmer dan gemiddeld 10°C, met weinig neerslag welke meestal valt in de vorm van sneeuw.

Poolstreken

Gebied ten noorden van 66,5° N.B. en ten zuiden van 66.5° Z.B.

Tropisch klimaat

Een klimaat waar het het hele jaar warm is en gemiddeld per jaar nooit kouder dan 18 °C, met veel neerslag en soms een deel van het jaar droog.

Weer

De neerslag, temperatuur en wind op een bepaalde plaats op een bepaald moment.

Wet van Buys Ballot

De wet die de stroming van lucht van een hogedrukgebied naar een lagedrukgebied met een afwijking naar rechts op het noordelijk halfrond en een afwijking naar links op het zuidelijk halfrond beschrijft.

Wind

Bewegende lucht in de atmosfeer.

Wolken

Een verzameling waterdruppeltjes en/of ijsdeeltjes op enige hoogte van het aardoppervlak in de atmosfeer.

Zeeklimaat

Een klimaat dat sterk wordt beïnvloed door de nabijheid van zee met een gematigde temperatuur en heel het jaar of een deel van het jaar neerslag.

1.2 Landschappen en landschapszones



Leerdoelen

1. Je kunt beschrijven wat landschapszones zijn.
2. Je kunt uitleggen hoe landschapszones gekoppeld zijn aan het klimaat.
3. Je kunt van iedere landschapszone toelichten welke landschappen hieronder vallen.
4. Je kunt van ieder landschap beschrijven in welke klimatologische omstandigheden deze voorkomt.
5. Je kunt van ieder landschap de kenmerken benoemen van de daar voorkomende bomen- en plantensoorten.

Inleiding

Als je je als mens niet kleedt naar de juiste buitentemperatuur, dan is het niet prettig leven of zelfs onmogelijk: op Groenland overleef je niet in bikini en in de tropen moet je zeker geen winterjas gaan dragen. Voor de begroeiing van bomen en planten, ook wel **vegetatie** genoemd, geldt hetzelfde: in sommige gebieden is vegetatie helemaal niet mogelijk, omdat het daar te droog of te koud is. In andere gebieden hebben planten zich aangepast aan de omstandigheden daar. Soms kunnen bepaalde bomen- of plantensoorten bijvoorbeeld goed leven in de drogere gebieden, terwijl andere soorten zich juist hebben aangepast aan koudere omstandigheden.

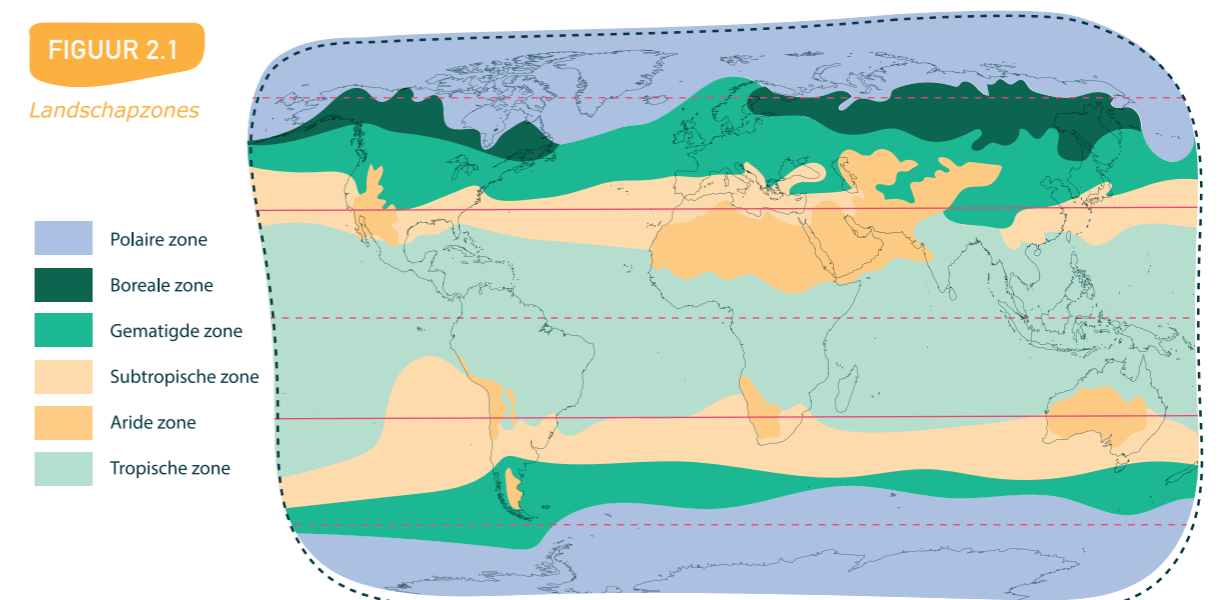
Landschapszones

Welke vegetatie er in een gebied mogelijk is, is afhankelijk van het klimaat dat heerst in dat gebied. In de vorige paragraaf heb je geleerd dat het klimaat overal op de wereld anders is. Als gevolg hiervan, is de vegetatie ook overal anders. Dat heb je vast wel eens gezien als je op vakantie was: het (natuurlijke) **landschap** kan dan heel anders zijn dan in Nederland. Het landschap van jouw vakantieland heeft een andere vegetatie dan het landschap in Nederland heeft. Als je naar de gehele wereld kijkt, zijn er grofweg zes grote gebieden (zones)

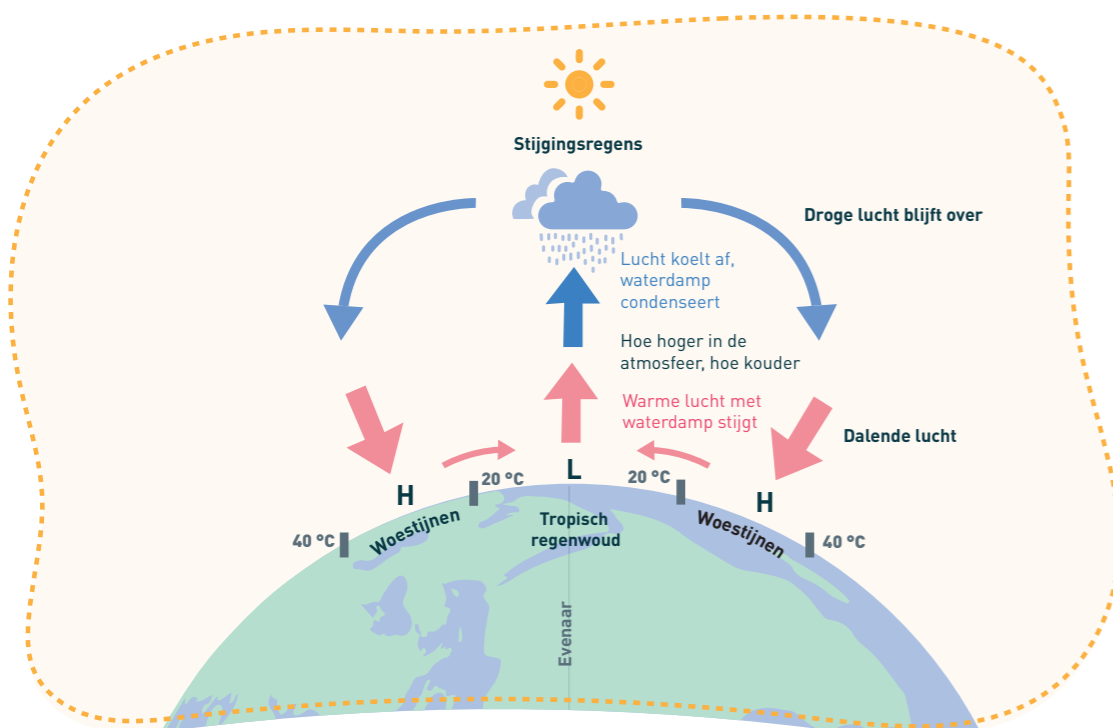
waarin we alle landschappen van de wereld in kunnen delen. We noemen deze gebieden **landschapszones**. In **figuur 2.1** zie je waar je deze landschapszones op de wereld kunt vinden. Met uitzondering van de aride zone, worden alle landschapszones bepaald door de temperatuur. De aride zone is het gevolg van weinig neerslag, aride betekent namelijk droog. In de rest van deze paragraaf leer je uit welk(e) landschap(pen) iedere landschapszone bestaat (**figuur 2.6**) en waarom deze landschappen een bepaalde vegetatie hebben. We beginnen bij de evenaar en gaan zo richting de polen.

FIGUUR 2.1

Landschapszones



FIGUUR 2.2 Het ontstaan van stijgingsregens en woestijnen



Tropische zone Tropisch regenwoud

Tropische zone
Tropisch regenwoud vind je in de **tropen**: het gebied dicht bij de evenaar, tussen 23,5° N.B. en 23,5° Z.B. Rond de evenaar is het altijd warm, omdat de zon hier loodrecht op de aarde schijnt. Het hele jaar door komt de temperatuur niet onder de 18 °C. Daarnaast valt er veel regen in het tropisch regenwoud, jaarlijks minimaal 2.000 mm. In het tropisch regenwoud in Colombia valt zelfs per jaar meer dan tien meter regen, het is dan ook één van de natste plekken op aarde. In Nederland valt ongeveer 800 mm regen per jaar.

Dat het zo warm is én veel regent, heeft met elkaar te maken (figuur 2.2). Je weet uit paragraaf 1.1 dat de lucht bij de evenaar heel warm is doordat de zon hier loodrecht op de aarde schijnt. De warmte zorgt ervoor dat **oppervlaktewater** (meren en rivieren) kan verdampen en in de lucht terecht komt als waterdamp. Warme lucht kan veel van deze waterdamp bevatten. Ook heeft warme lucht de eigenschap dat het altijd wil stijgen. Kijk maar eens goed boven je verwarming thuis als die aanstaat, daar kan je dit proces van opstijgende warme lucht zien. De warme tropische lucht met waterdamp stijgt dus en komt hoger in de atmosfeer. Hier koelt de lucht weer af. Koude lucht kan juist

minder waterdamp bevatten en daardoor verandert waterdamp hoger in de atmosfeer in kleine waterdruppels. Dit noemen we **condensatie**. Veel waterdruppels samen vormen een wolk. Worden de waterdruppels te groot, dan gaat het regenen.

Bij de evenaar zorgt warme opstijgende lucht dus continu voor regen, dit noemen we ook wel **stijgingsregens** (figuur 2.2). Op het aardoppervlak is door stijgende lucht een tekort aan lucht ontstaan en daarom vormt zich daar een lagedrukgebied. Als ergens op aarde dus een lagedrukgebied is, is het daar bewolkt en is er meer kans op regen. De hoge temperatuur en de vele neerslag bij de tropen zijn prettig voor bomen en planten daar. Ze zijn hier op aangepast en kunnen in deze omstandigheden goed groeien.

In het tropisch regenwoud groeien bomen van wel 35 meter hoog, maar lager bij de grond kom je ook allerlei andere vegetatie tegen. Een tropisch regenwoud heeft daardoor verschillende verdiepingen van vegetatie, ook wel **etages** genoemd. Deze **etages** maken de bossen heel dichtbegroeid. Door de etages is het bij de grond erg donker en bereikt slechts 3% van de zonnestralen de grond. De bomen en planten dicht bij de grond kunnen hier

toch groeien, omdat ze zich aan de situatie hebben aangepast. Naast vegetatie leven er ook veel diersoorten. Hierdoor is de **biodiversiteit**, de verscheidenheid aan levensvormen, groot. Meer dan 50% van alle plant- en diersoorten die bekend zijn op aarde, leeft in de tropische regenwouden. Voor mensen is het lastiger in een tropisch regenwoud te wonen. Het regenwoud is heel ondoordringbaar en daarnaast is het vruchtbare deel van de bodem heel dun doordat alle vegetatie de voedingsstoffen er continu uithaalt. Vaak is het tropisch regenwoud daarom **dunbevolkt**.

Savanne

In de tropen vind je verder ten noorden en zuiden van de evenaar een zone waar soms 4 tot 6 maanden per jaar geen druppel regen valt. De jaarlijkse neerslag ligt tussen de 500 en 2000 mm. De lagere hoeveelheid neerslag zorgt voor omstandigheden waarbij minder vegetatie voorkomt. Je vindt hier graslanden met groepen bomen en struiken. Dit landschap noemen we de **savanne**.

Aride zone

Steppe

Als je vanaf de savannes nog verder naar de polen gaat, wordt het klimaat steeds droger. Grenzend aan de savannes, vind je de **steppes**. In dit droge gebied valt nog net genoeg regen voor de groei van grassen en lage struikjes. Bomen kunnen hier niet groeien, aangezien gemiddeld maar 250 tot 500 mm neerslag per jaar valt en het ongeveer 9 maanden per jaar droog is.

Woestijn

Naast de steppes liggen de droogste gebieden op de wereld, de woestijnen. Hier valt geen of bijna geen (maximaal 250 mm) neerslag per jaar. De droogte in woestijnen heeft te maken met droge dalende lucht (figuur 2.2). In de tropen blijft na de neerslag, hoog in de atmosfeer droge lucht over. Deze droge lucht kan niet nog verder omhoog en stroomt daarom naar noordelijke of zuidelijke richting weg. Tussen de 20° en 40° N.B. en Z.B. daalt deze droge lucht weer en vind je aan het aardoppervlak woestijnen.

Het verhaal van José Rodriguez

José van 28 woont in Costa Rica, een land in Midden-Amerika. José woont op een heel speciale plek: het 'Nationale park van Manuel Antonio'. Op deze plek grenst het regenwoud aan het strand. José woont zelf in het regenwoud, in een huis op palen (figuur 2.3). Doordat het huis op palen staat, loopt het niet onder water als het hard regent, zoals vaak gebeurt in het regenwoud. Op het balkon van het huis probeert José de was te drogen. Door al het vocht in de lucht droogt zijn was eigenlijk nooit goed. De meeste kleding beschimmelt na een jaar. Alleen plastic slippers blijven het volhouden.

Vervoer naar zijn werk gaat per kano, door het regenwoud heen. De tocht duurt ongeveer een half uur. Onderweg ziet hij alligators en luiaards en hoort hij de brulapen. Ook zijn er wolken gekleurde vlinders. Het werk van José bestaat uit het beschermen van schildpadden. Deze dieren worden namelijk in hun voortbestaan bedreigd, doordat ze opgegeten worden en doordat hun leefgebied vervuild wordt door mensen. José helpt de schildpadden, samen met vrijwilligers van over de hele wereld. Zo zorgen ze dat de schildpadden het gevaarlijkste deel van hun leven doorkomen: de weg over het strand. Zeeschildpadden komen namelijk uit eieren, die hun moeder 50 dagen daarvoor heeft gelegd in het zand van het strand. Als de eieren uitkomen, moeten de zeeschildpadden de lange weg naar zee afleggen, terwijl allerlei roofvogels hen aanvallen. Veel schildpaddes overleven dit niet.

Doordat José en zijn vrijwilligers de vogels weggagen, overleven meer schildpadden de weg naar zee. Doordat er in heel Costa Rica op deze manier goed op hen gepast wordt, neemt de hoeveelheid zeeschildpadden niet meer af en groeit hij zelfs weer wat!



FIGUUR 2.3

Het huis van José
© Costa Rica-guide, 2020

FIGUUR 2.4

Het regent bijna nooit in de woestijn, maar als het dan regent, dan kan dat spectaculaire gevolgen hebben zoals deze bloeiende Atacama woestijn in het noorden van Chili

© Mario Ruiz, 2020



Bij droge gebieden is eigenlijk het omgekeerde proces als bij stijgingsregens aan de hand: als lucht daalt wordt het warmer, veranderen eventuele waterdruppels in waterdamp en kunnen wolken dus niet ontstaan. Bij gebieden met dalende lucht heb je dus nooit te maken met neerslag, het is er altijd droog. In de gebieden waar lucht daalt, ontstaat op het aardoppervlak een teveel aan lucht en vormt zich daar een hogedrukgebied. Als ergens op aarde dus een hogedrukgebied is, is de lucht daar helder en is het er droog.

Door gebrek aan neerslag, is vegetatie niet of nauwelijks mogelijk. Meestal bestaat het landschap van woestijnen uit zand, rots of grind. In de woestijngebieden waar nog een beetje neerslag valt, kun je wel wat grassen of cactussen tegenkomen. Soms vind je opeens in een woestijn een plek met water en palm- en dadelbomen. Dit noemen we een **oase**. Het water kan uit een ondergrondse waterbron komen (**bronoase**) of van een rivier uit nattere streken (**rivieroase**).

Veel mensen denken dat woestijnen altijd bloedheet zijn, maar dit is een misvatting. Woestijnen kenmerken zich door droogte en niet door de temperatuur. In de grootste woestijn op aarde vind je zelfs alleen ijs en sneeuw, dit is namelijk een poolwoestijn en ligt op Antarctica (Zuidpool). Ook wordt het in woestijnen waar het overdag warm is, in de nacht juist heel koud. Normaal gesproken houden wolken de warmte van overdag vast: je kunt wolken vergelijken met een soort dekentje. Door gebrek aan wolken in woestijnen, koelt het dus snel af in de avond. Daarnaast koelt, zoals je geleerd hebt in paragraaf 1.1, land sowieso snel af.

Subtropische zone

Subtropische vegetatie

In Europa liggen landen als Italië, Portugal en Spanje in de subtropische zone. In de zomer is het in deze landen warmer en droger dan in Nederland. Dit verschil in klimaat zie je ook terug in de vegetatie: de bomen en planten hier zijn bestand tegen extreme droogte en hitte. Ze hebben bijvoorbeeld lange wortels en taaie bladeren om de droogte en hitte te kunnen doorstaan. De landen rond de Middellandse zee kennen een mediterrane plantengroei en de vegetatie bestaat hier bijvoorbeeld uit palmen, olijfbomen en vijgen.

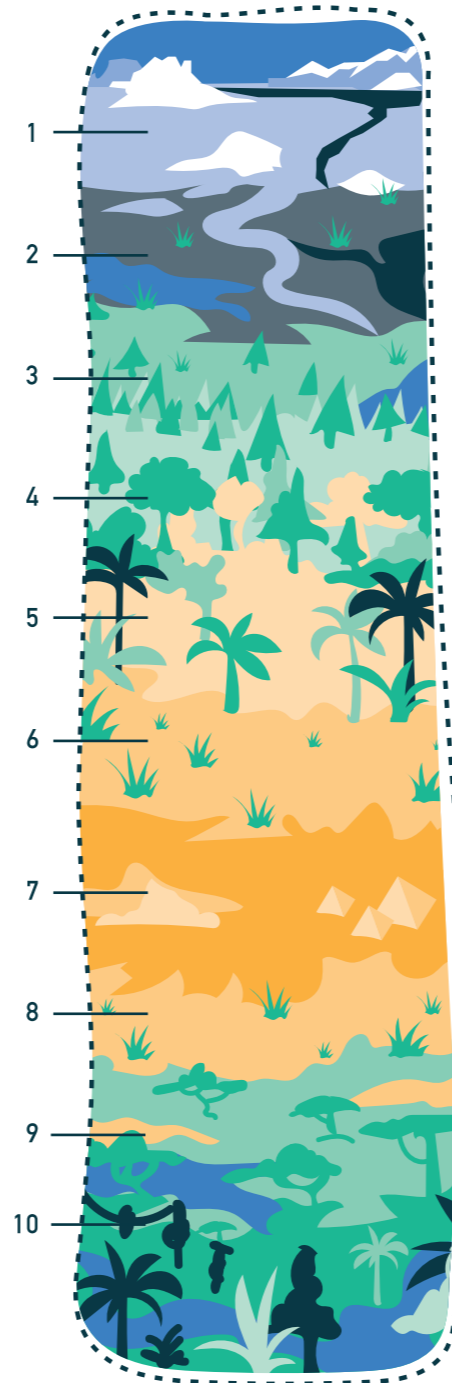
Gematigde zone

Loofbos

Ga je van de subtropische zone verder richting de polen, dan kom je in de gematigde zone. In deze zone is de temperatuur gematigd. Gematigd wil zeggen dat de gemiddelde temperatuur niet extreem hoog of laag is. In dit gebied is ook een duidelijk temperatuurverschil tussen zomer en winter. De gematigde temperatuur zorgt ervoor dat bomen goed kunnen groeien. De temperatuur in de



Het Amazoneregenwoud, het grootste regenwoud ter wereld, produceert alleen al 20% van de zuurstof op aarde. De bossen in het Amazonegebied slaan daarnaast maar liefst 90 tot 140 miljard ton koolstof op. Veel koolstof komt helaas wel weer vrij door ontbossing.



FIGUUR 2.5

Landschappen over de wereld

zomermaanden moet hierbij minimaal 10 °C zijn. Een landschap met loofbos kom je tegen in gebieden waar het 's winters gemiddeld niet kouder is dan -3 °C. Nederland is hier een mooi voorbeeld van, bij ons vind je allerlei loofbomen als eiken en beuken.

Gemengd bos

Als je richting de grens van de gematigde zone en de boreale zone komt, dan zie je dat de temperatuur steeds verder afneemt. Aangezien dit gebied een soort overgang is tussen de gematigde zone en boreale zone, zie je dat ook terug in het landschap. Je vindt hier namelijk bos met zowel loofbomen als naaldbomen. Dit landschap noemen we daarom **gemengd bos**.

Boreale zone

Taiga

Is het in de zomer warmer dan 10 °C, maar wordt het in de winter wél kouder dan -3 °C? Dan ben je aangekomen in het landschap taiga. In deze gebieden groeien alleen naaldbomen als dennen en sparren. Deze bomen zijn, anders dan de meeste loofbomen, heel goed bestand tegen strenge winters. De taiga vormt meer dan 50 procent van het totaal aan bosoppervlak op aarde. Grote delen van Scandinavië, Canada, Rusland en Mongolië bestaan uit **taiga**.

Polaire zone

Toendra

Hoe dichterbij de polen, hoe kouder de gebieden. De naaldbomen kom je hier steeds minder tegen. Zodra je in gebieden komt waar de gemiddelde zomertemperatuur niet meer boven de 10 °C uitkomt, kunnen bomen niet meer groeien en zit je boven de zogeheten **boomgrens**. Je bent dan aangekomen in de boomloze toendra. Dit landschap kenmerkt



6000 jaar geleden was de Sahara geen droge woestijn, maar een vruchtbare savanne. Het was een gebied waar 10 keer meer regen viel dan vandaag de dag en mensen en dieren leefden hier volop. De verandering van een groene Sahara naar de grootste woestijn ter wereld, heeft te maken met een verandering in de baan van de aarde om de zon.

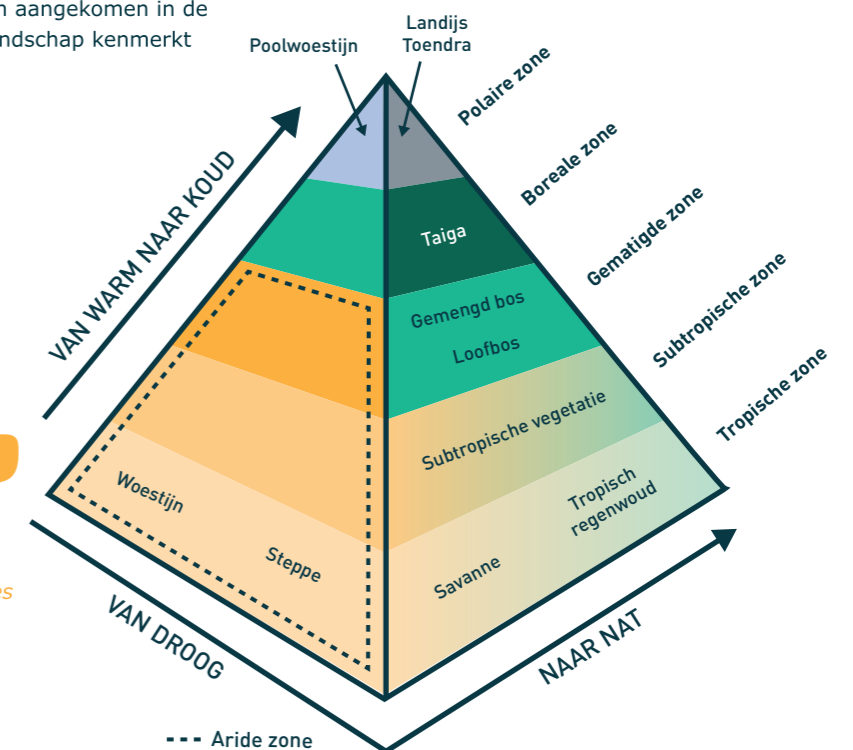
zich door een permanent (=blijvend) bevroren bodem, ook wel **permafrost** genoemd. In de zomer kan de bovenste laag van de permafrost smelten en groeien er grassen, mossen en lage struikjes. Het gebied kan in de zomer ook moerassig zijn, omdat de bovenste laag van de bodem ontdooit en het water niet dieper de bevroren grond in kan trekken. In de winter vind je in de toendra vooral sneeuw.

Landijs

In gebieden waar de zomertemperatuur zelfs niet boven de 0 °C uitkomt, is plantengroei onmogelijk. In deze gebieden komt neerslag alleen in de vorm van sneeuw en zorgt voor veel **eeuwig sneeuw** op het land. Als dit samengeperst wordt tot ijs, heb je dikke lagen met landijs. Rond de Noordpool en de Zuidpool vind je veel **landijs**, maar ook op het eiland Groenland is een enorme hoeveelheid landijs te vinden.

FIGUUR 2.6

Indeling landschappen en landschapzones



1.2 Vragen

- (R)** Leg uit waarom een landschapszone het gevolg is van een bepaald klimaat in een gebied.
- (R+I)** Maak een tabel met landschap, landschapszone, klimaat en vegetatie als kolommen (zie voorbeeld hieronder, maak deze af). Zorg dat je genoeg ruimte hebt om kenmerken te schrijven.
 - Schrijf in de eerste kolom, van boven naar beneden, welk landschap je achter elkaar tegenkomt als je van de evenaar naar de polen loopt.
 - Schrijf in de tweede kolom het bijbehorende cijfer uit **figuur 2.5**.
 - Schrijf in de derde kolom alle kenmerken van het klimaat dat in dit landschap voorkomt. Zeg in ieder geval iets over de temperatuur en neerslag. Schrijf ook op welk hoofdklimaattype hier waarschijnlijk voorkomt. Kijk eventueel in paragraaf 1.1 als je niet meer weet wat ze betekenen.
 - Schrijf in de vierde kolom alle kenmerken van de vegetatie die te vinden is in dit landschap.

| Landschap | Landschapszone | Cijfer uit 2.4 | Klimaat | Vegetatie |
|-----------|----------------|----------------|---------------------------|----------------------|
| | | | Kenmerken: - - - | Kenmerken: - - |

- (T)** Wat zijn de belangrijkste verschillen (qua klimaat en vegetatie) tussen de volgende landschappen?
 - Tropisch regenwoud en savanne
 - Steppe en woestijn
 - Loofbos en taiga
 - Taiga en toendra
- (T)** Noem 3 elementen uit het verhaal van José Rodriguez die kenmerkend zijn voor een Tropisch regenwoud.
- (T)** Leg uit waarom het bij lagedrukgebieden vaak regent en bij hogedrukgebieden juist droog is.
- (T)** Gebruik **de Grote Bosatlas** en zoek de wereldkaart met 'oorspronkelijke plantengroei'. Stel je gaat van Guangzhou (China) in een hemelsbrede lijn naar Murmansk (Rusland). Welke landschapszones kom je dan achter elkaar tegen?
- (I)** Schrijf alle landschapszones onder elkaar op. Geef per landschapszone aan of deze landschapszone dichtbevolkt of dunbevolkt is. Leg ook uit waarom je dit denkt.
- (I)**
 - Kies 3 (natuur)plekken waar je ooit een keer heen zou willen gaan op vakantie. Zorg dat de plekken niet te dicht bij elkaar liggen. Gebruik eventueel de atlas voor inspiratie.
 - Gebruik **de Grote Bosatlas** en zoek een kaart (Europa of aarde) met 'oorspronkelijke plantengroei'. Welke landschapszones zijn er te vinden in jouw drie gekozen plekken?
 - Gebruik het **internet** en ga op zoek naar afbeeldingen van de vegetatie in jouw 3 gekozen plekken. Voeg eventueel de foto's toe aan jouw antwoord en beschrijf wat je ziet. Leg steeds met behulp van de informatie uit deze paragraaf uit waarom een foto hoort bij een bepaald landschap.
- (I)** Waarom kunnen we zeggen dat de vegetatie van veel landschappen daar niet van nature is gekomen?
- ★** Gebruik nogmaals de klimaatdiagrammen van **figuur 1.2** uit paragraaf 1.1. Neem steeds de letter over en schrijf daarachter welke landschapszone je in dat gebied tegen zal komen. Leg vervolgens in een paar regels uit waarom je dit denkt. Gebruik daarvoor de kennis die je nu hebt over iedere landschapszone en de bijbehorende klimatologische omstandigheden.
- ★** De volgorde van landschapszones op aarde verschilt nogal eens met de volgorde zoals weergegeven in **figuur 2.5**. Leg uit waarom.

1.2 Begrippenlijst

Biodiversiteit

Variatie aan levensvormen (planten en dieren). Ook wel soortenrijkdom genoemd.

Boomgrens

De grens tussen een gebied waar bomen nog wel kunnen groeien (taiga) en waar bomen niet meer kunnen groeien (toendra) als gevolg van een gemiddelde zomertemperatuur onder de 10 °C.

Bronoase

Een oase (zie oase) waarbij het water uit een ondergrondse waterbron komt.

Condensatie

Waterdamp (gasvormig) verandert door afkoeling in waterdruppels (vloeibaar).

Dunbevolkt

Een gebied is dunbevolkt als de bevolkingsdichtheid (aantal mensen per vierkante kilometer) daar klein is.

Eeuwige sneeuw

Gebied waar altijd sneeuw ligt.

Etages

Vegetatie in het tropisch regenwoud dat in verschillende etages of hoogtes groeit, waardoor het tropisch regenwoud erg dicht begroeid is.

Gemengd bos

Landschap in het overgangsg gebied tussen de gematigde zone en boreale zone, waardoor hier zowel loofbomen als naaldbomen te vinden zijn.

Landijs

Laag met eeuwige sneeuw op het land die tot ijs is samengeperst.

Landschap

Een gebied met een bepaalde vegetatie.

Landschapszone

Een zone die wordt gekenmerkt door één of een aantal bepaalde landschappen.

Loofbos

Landschap in de gematigde zone, waar loofbomen groeien, zoals eiken en beuken.

Oase

Een plek in de woestijn waar water is en er daardoor vegetatie groeit.

Oppervlaktewater

Water wat zichtbaar op het aardoppervlak ligt, zoals sloten, rivieren, grachten en meren.

Permafrost

Ondergrond die permanent (altijd) bevroren is.

Rivieroase

Een oase (zie oase) waarbij een rivier het water vanuit nattere gebieden aanvoert.

Savanne

Landschap in de tropische zone, met lange grassen, afgewisseld met groepjes bomen en struiken.

Steppe

Landschap in de aride zone, waar net genoeg regen valt voor de groei van grassen en lage struikjes.

Stijgingsregen

Regen bij de evenaar. Ontstaat door de opwarming van de lucht, waardoor die lucht gaat stijgen, hoger in de atmosfeer afkoelt en waarbij waterdamp verandert in waterdruppels (condensatie).

Subtropische vegetatie

Landschap in de subtropische zone, waarbij de vegetatie is aangepast aan subtropische omstandigheden als extreme droogte en hitte. Palmen, olijfbomen en vijgen kom je tegen in dit landschap.

Taiga

Landschap in de boreale zone, waar naaldbomen groeien.

Toendra

Landschap in de polaire zone, waar door de lage temperatuur geen bomen kunnen groeien, maar wel grassen, mossen en lage struikjes.

Tropen

Het gebied dicht bij de evenaar, tussen 23,5° N.B. en 23,5° Z.B.

Tropisch regenwoud

Landschap in de tropische zone, bestaande uit dicht ondoordringbaar bos.

Vegetatie

(Natuurlijke) begroeiing van planten en bomen.

Woestijn

Landschap in de aride zone, waar door droogte bijna óf helemaal niks groeit.

1.3 Het ontstaan van het (versterkte) broeikaseffect

Leerdoelen

1. Je kunt beschrijven hoe de koolstofkringloop in elkaar zit.
2. Je kunt uitleggen hoe het verbranden van fossiele brandstoffen zorgt extra CO₂ in de atmosfeer.
3. Je kunt uitleggen wat het natuurlijke broeikaseffect is.
4. Je kunt uitleggen wat het versterkte broeikaseffect is.
5. Je kunt verklaren hoe het versterkte broeikaseffect verschilt van het natuurlijke broeikaseffect.
6. Je kunt uitleggen hoe het versterkte broeikaseffect zorgt voor de opwarming van de aarde.
7. Je kunt uitleggen waarom één koude periode niet betekent dat de opwarming van de aarde meevalt.

Inleiding

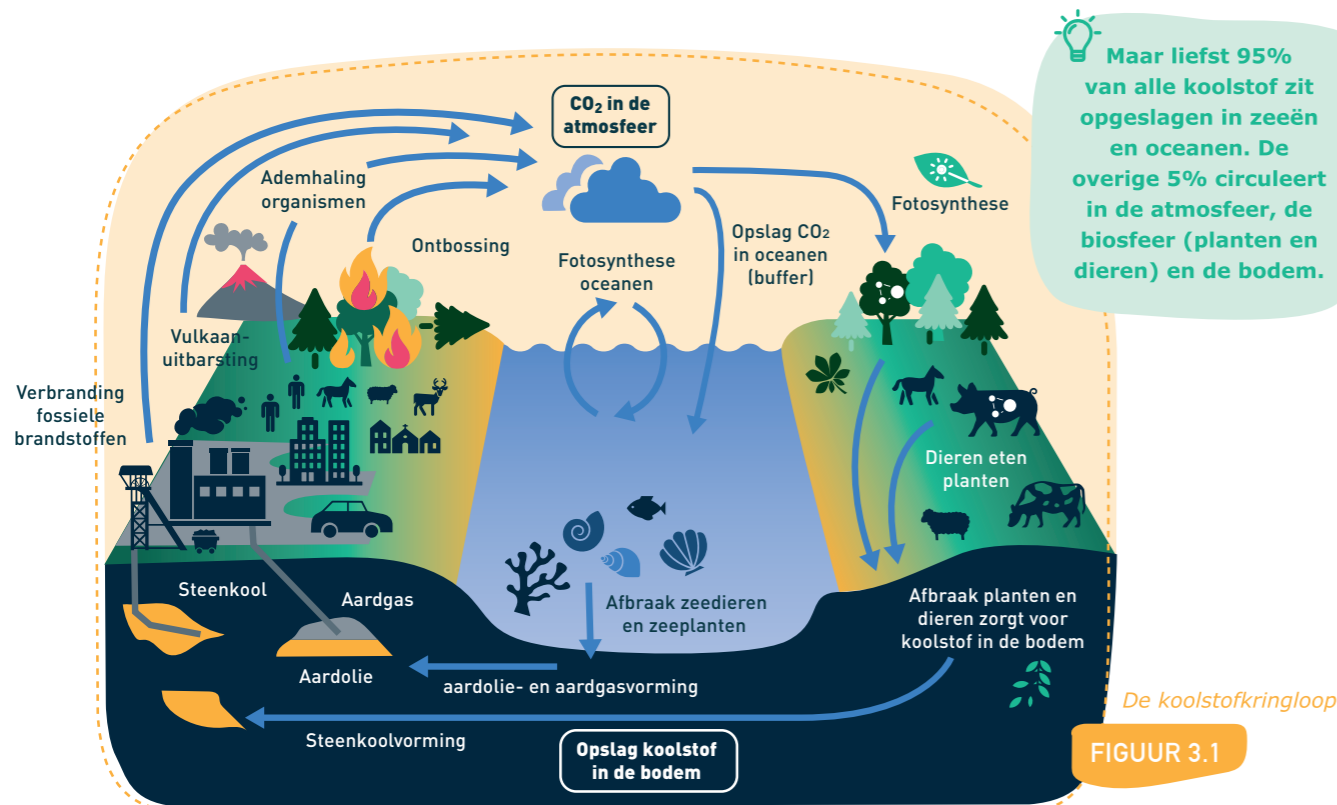
Je hoort, ziet of leert waarschijnlijk regelmatig iets over het broeikaseffect. Je ziet op het nieuws dat het nog warmer op aarde is geworden, we een nog drogere zomer gehad hebben dan het vorige jaar en dat het ijs op de Zuidpool alweer verder is afgenomen door toenemende warmte. Op social media hoor je over de zoveelste klimaatstaking die wordt gehouden en lees je verhalen van alle jongeren die zich zorgen maken om hun toekomst. Op school leer je ook bij verschillende vakken over duurzaamheid en waarom het zo belangrijk is. Alleen weet jij hoe het in de basis in elkaar zit? Begrijp jij hoe het versterkte broeikaseffect werkt en waarom het dus steeds warmer wordt op aarde?

Koolstofkringloop

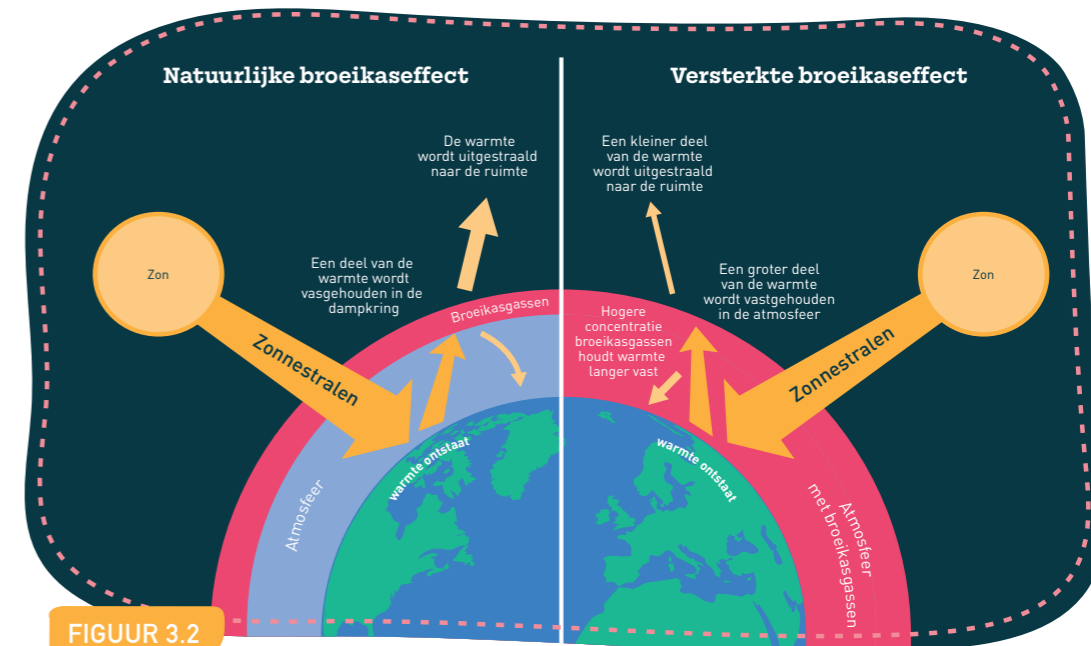
In de atmosfeer zitten allerlei gassen. Voor het grootste deel is dat stikstof (78%) en zuurstof (21%). Een relatief klein deel bestaat uit **koolstofdioxide** (0,03%), wat ook wel CO₂ wordt genoemd. Dit gas wordt door planten gebruikt voor het proces **fotosynthese**. Tijdens dit proces zetten planten CO₂ en water via een

chemische reactie om in suikers. Het afvalproduct van deze omzetting is zuurstof. Planten zetten de suikers vervolgens deels om in andere voedingsstoffen. Als dieren deze planten eten, nemen zij deze voedingsstoffen op. Om energie te krijgen, verbranden planten en dieren deze voedingsstoffen met behulp van zuurstof. Hierbij komt CO₂ vrij.

Maar liefst 95% van alle koolstof zit opgeslagen in zeeën en oceanen. De overige 5% circuleert in de atmosfeer, de biosfeer (planten en dieren) en de bodem.



FIGUUR 3.1



FIGUUR 3.2

Proces van het natuurlijke broeikaseffect en het versterkte broeikaseffect

Mensen dragen bij aan de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer. Dit gebeurt niet alleen door de chemische reacties in hun lichaam, maar ook door het verbranden van grote hoeveelheden **fossiele brandstoffen** zoals aardolie, aardgas en steenkool. Deze brandstoffen zijn onder hoge druk, in de loop van miljoenen jaren, ontstaan uit afgestorven dieren- en plantenresten. Wanneer fossiele brandstoffen uit de bodem gehaald worden en verbrand worden, komt bij de verbranding CO₂ vrij en in de atmosfeer terecht. Ook wanneer er veel bos gekapt wordt en dit hout verbrand wordt, komt extra CO₂ vrij. Tijdens dit proces komt de CO₂ die de bomen eerder tijdens fotosynthese hadden opgeslagen namelijk weer vrij. Ook kan er geen nieuwe CO₂ meer opgenomen worden, aangezien de bomen niet meer verder kunnen groeien.

Koolstof kan op verschillende manieren opgenomen en weer afgegeven worden, steeds opnieuw. Het vormt hierdoor een kringloop. Deze zogeheten **koolstofkringloop** zie je weergegeven in **figuur 3.1**. Zoals je kunt zien in **figuur 3.1** is het leven op aarde innig verbonden met de koolstofkringloop en zijn delen in de koolstofkringloop voedsel voor de één en afval voor de ander.

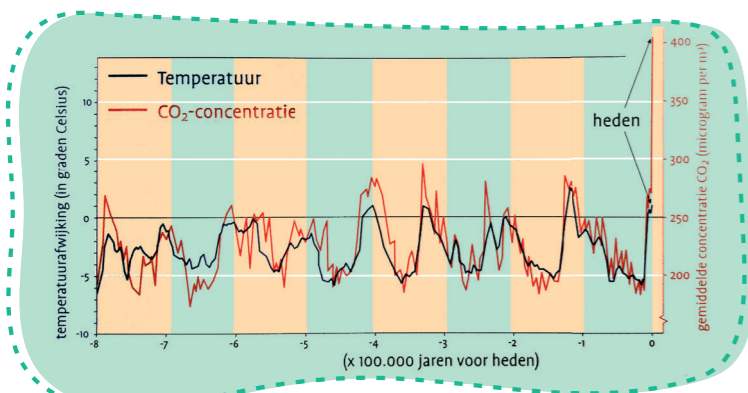
Het broeikaseffect

De atmosfeer ligt als een soort deken van lucht om de aarde heen en zit vol met gassen als stikstof, zuurstof en CO₂. Bepaalde gassen in de atmosfeer zorgen voor het **broeikaseffect**. Dit werkt als volgt. Stel je staat op een zomerse dag in een broeikas met allemaal bloemen. Daarbinnen wordt het dan al snel heel warm.

Dit komt doordat de zonnestrallen wel doorgelaten worden door het glas, maar de warmte die binnenin de kas door de zonnestrallen ontstaat vervolgens niet terug kan naar buiten. De warmte wordt dus vastgehouden in de broeikas. In de atmosfeer gebeurt iets wat hierop lijkt. Dit effect van het vasthouden van warmte in de atmosfeer, wordt het broeikaseffect genoemd. Zonnestrallen komen wel door de atmosfeer heen. Als de zonnestrallen het aardoppervlak raken, ontstaat warmte. Bepaalde gassen, **broeikasgassen**, zorgen ervoor dat deze warmte vervolgens wordt vastgehouden in de atmosfeer en maar voor een deel terug naar de ruimte gaan. Er zijn verschillende broeikasgassen, zoals CO₂, waterdamp en **methaan (CH₄)**.

Meer dan 99% van de klimaatwetenschappers staat achter de bewering dat de opwarming van de aarde die we nu zien, door mensen veroorzaakt is.

Dit broeikaseffect heeft ervoor gezorgd dat het leven zoals wij het nu kennen mogelijk is. Zonder dit broeikaseffect zou het op aarde namelijk gemiddeld -18 °C zijn, een temperatuur waarin mensen niet hadden kunnen leven. Doordat we het broeikaseffect hebben, is het nu gemiddeld 15 °C op aarde. Aangezien dit broeikaseffect van nature aanwezig is op aarde, wordt het ook wel het **natuurlijke broeikaseffect** genoemd.



FIGUUR 3.3 Gemiddelde temperatuurafwijkingen ten opzichte van 1850-1900 en CO₂-concentraties in de atmosfeer, afgeleid van gegevens over ijskernen © Noordhoff uitgevers, 2019

Tijdens de voorlaatste ijstijd (het Saalien) was Nederland ook gedeeltelijk bedekt met ijs. Doordat de bodem door gletsjers vooruit werd geduwd zijn stuwwallen ontstaan. De Utrechtse Heuvelrug is hier een voorbeeld van.

Sinds de **industriële revolutie** (vanaf 1760) verbranden we als mens fossiele brandstoffen. Door deze verbranding krijgen we energie die we kunnen gebruiken voor onze verwarming, opwekking van elektriciteit en voor vervoersmiddelen. Daarnaast vindt ook door ontbossing een sterke toename van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer plaats. Verder komt in de veeteelt veel CH₄ vrij. De laag broeikasgassen in de atmosfeer die warmte vasthoudt, wordt dus alsmat dikker. Hierdoor wordt het natuurlijke broeikaseffect versterkt, waardoor de temperatuur op aarde stijgt. Door het **versterkte broeikaseffect** is de gemiddelde temperatuur op aarde sinds 1880 met 1,2 °C gestegen. In Nederland is de stijging in temperatuur groter: de gemiddelde temperatuur bleek in 2020 met 1,9 °C te zijn toegenomen. In **figuur 3.2** zie je het verschil tussen het natuurlijke en versterkte broeikaseffect.

Klimaatverandering

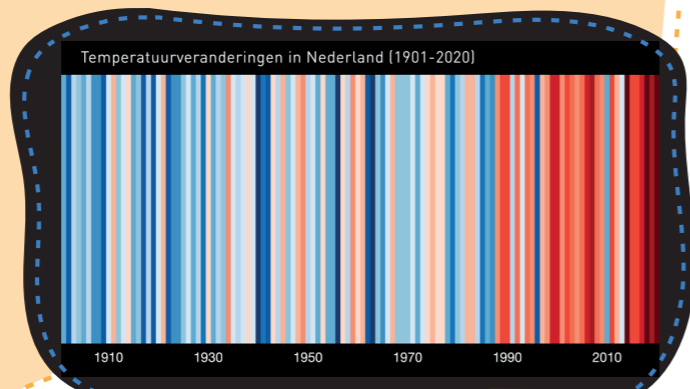
Zoals je hebt geleerd in paragraaf 1.1 is het klimaat op aarde aan natuurlijke veranderingen onderhevig. In de 4,6 miljard jaar oude geschiedenis van de aarde heeft de temperatuur behoorlijk wat geschommeld (**figuur 3.3**). Hierdoor zijn bijvoorbeeld meerdere **ijstijden** (glacialen) geweest, afgewisseld met warmere periodes: de interglacialen.

De landschappen op aarde veranderen mee met de temperatuur op aarde. Zo lag er in de ijstijden veel meer ijs op Groenland, Antarctica en delen van verschillende continenten. Water in vloeibare vorm was er dus nauwelijks en daardoor daalde de zeespiegel met 100 tot 120 meter. Hierdoor was het mogelijk om van Nederland naar Engeland te lopen, wat terug te zien is aan gevonden mammoetschedels op de zeebodem.

Het verhaal van de klimaatstreepjescode

Je hoort wel eens mensen zeggen: "Het heeft laatst nog gevoren. Zo hard gaat het toch niet met de opwarming van de aarde." Deze mensen verwarren het weer met het klimaat. Zoals je in paragraaf 1.1 hebt gelezen, noemen we de neerslag, temperatuur en wind op een bepaalde plaats op een bepaald moment het weer. Het klimaat daarentegen is het gemiddelde weer in een gebied over een langere periode, namelijk 30 jaar.

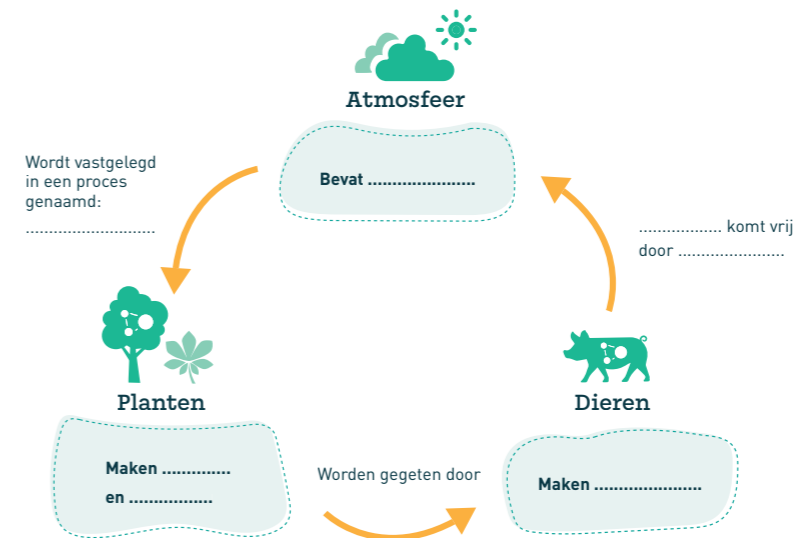
Om te laten zien hoe de opwarming van de aarde over de jaren heen plaatsvindt, heeft het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) de klimaatstreepjescode bedacht (**figuur 3.4**). De lijn geeft de gemiddelde jaartemperatuur van Nederland (de Bilt) aan. Op basis van de gemiddelde jaartemperatuur wordt de kleurcode voor dat jaar bepaald. Blauw staat voor koud en rood staat voor warm. Je ziet dat naarmate we dichter bij 2020 komen er steeds meer rode jaren zijn. Het is tegenwoordig in Nederland zelfs ongeveer 2 °C warmer dan een eeuw geleden. Ons klimaat wordt dus inderdaad steeds warmer. Helaas kun je dus na één koude dag of maand niet zeggen dat de opwarming van de aarde wel meevalt. Dat maakt de klimaatstreepjescode wel duidelijk.



FIGUUR 3.4 Klimaatstreepjescode Nederland © KNMI, 2020

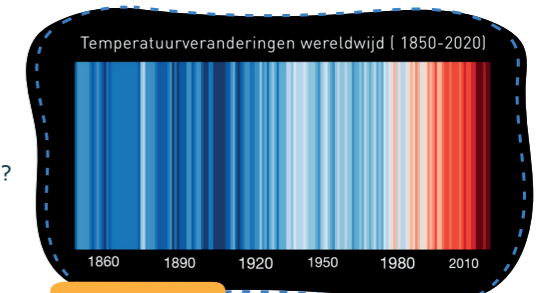
1.3 Vragen

1. (R) Waarom is het essentieel voor het leven op aarde dat het broeikaseffect bestaat?
2. (R) Leg uit wat het versterkte broeikaseffect doet met de temperatuur op aarde.
3. (T) Iemand beweert: "Als planten nooit bestaan hadden, zouden mensen niet kunnen leven." Klopt deze bewering? Leg ook uit waarom dit wel of niet klopt.
4. (T) Iemand beweert: "De temperatuur op aarde wisselt altijd al. Wij mensen hebben daar geen invloed op." Geef een argument voor en een argument tegen deze stelling.
5. (T) Vul het onderstaande schema van de korte koolstofkringloop in. Gebruik hiervoor de volgende woorden: *dierlijke voedingsstoffen - verbranding - CO₂ (2x te gebruiken) - plantaardige voedingsstoffen - suikers - fotosynthese.*



6. (T) Als je ademt, stoot je CO₂ uit. Leg uit waarom deze CO₂ niet bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect en de CO₂ die auto's uitstoten wel.
7. (I) Teken in de afbeelding van vraag 5 op de juiste plek een pijl met de menselijke uitstoot van CO₂. Is deze uitstoot deel van de kringloop of is deze uitstoot extra? Leg dit uit.
8. (I) Pak de **Bosatlas van de Duurzaamheid** en sla hem open op pagina 25.
 - a) Beschrijf wat op de kaart weergegeven wordt.
 - b) Waar zie je meer opwarming: op land of op zee? Waarom zou dit zo zijn?
 - c) Waar zie je meer opwarming: op een hoge of lagere breedtegraad?

9. ★ Lees het verhaal van de klimaatstreepjescode.
 - a) Je ziet in **figuur 3.5** de klimaatstreepjescode van de gehele wereld. Beschrijf wat er gebeurt met de gemiddelde jaartemperatuur.
 - b) Vergelijk de klimaatstreepjescode van Nederland met die van de wereld. Wat valt je op?
 - c) Beschrijf hoe de klimaatstreepjescode van Nederland er de komende 30 jaar uit zal zien als de opwarming van de aarde op hetzelfde tempo door blijft gaan.
 - d) Beschrijf hoe de klimaatstreepjescode van Nederland er de komende 30 jaar uit zal zien als de opwarming vertraagt.



FIGUUR 3.5 Klimaatstreepjescode van de gehele wereld © KNMI, 2020

1.3 Begrippenlijst

Broeikaseffect

Het vasthouden van warmte in de atmosfeer door broeikasgassen.

Broeikasgassen

Gassen in de atmosfeer die warmte vasthouden.

Fossiele brandstoffen

Brandstoffen die in miljoenen jaren gevormd zijn uit resten van afgestorven planten, bomen en dieren. Voorbeelden hiervan zijn aardolie, aardgas, steenkool en bruinkool.

Fotosynthese

Chemisch proces waarbij CO₂ en water met behulp van zonlicht omgezet worden in suiker en zuurstof.

IJstijd

Een koude periode waarin op het land ijskappen voorkomen.

Industriële revolutie

Periode in de geschiedenis (1760 - 1840) waarin snelle technologische ontwikkelingen de ontwikkeling van grootschalige industrieën mogelijk maakten.

Koolstofkringloop

Kringloop die laat zien hoe koolstof op en in de aarde circuleert.

Koolstofdioxide (CO₂)

Een broeikasgas dat vrijkomt bij verbranding.

Methaan (CO₄)

Een broeikasgas dat vrijkomt bij rotting van dierlijke en plantaardige resten.

Natuurlijk broeikaseffect

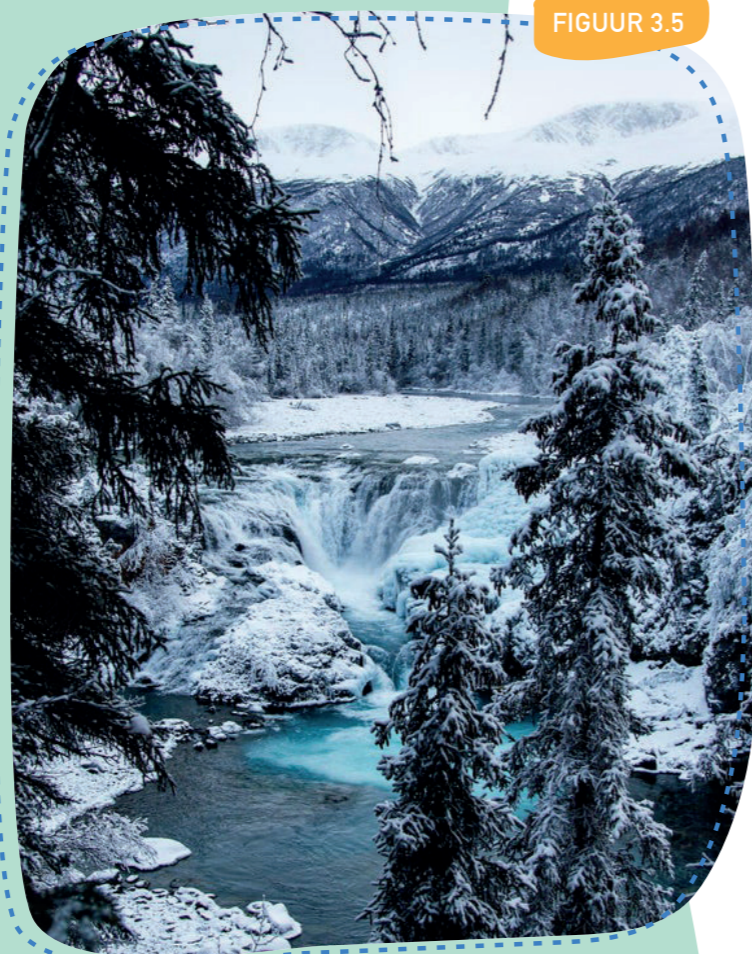
Het broeikaseffect op aarde wat zonder toedoen van de mens aanwezig is.

Versterkt broeikaseffect

De door de mens veroorzaakte versterking van het natuurlijk broeikaseffect op aarde.

Zeespiegel

De gemiddelde hoogte van het zeewater.



Alaska - Verenigde Staten
© Aatdalt Reddit, 2018

FIGUUR 3.5

1.4 Gevolgen van het versterkte broeikaseffect

Leerdoelen

1. Je kunt beschrijven wat de gevolgen zijn van de opwarming van de aarde en uitleggen hoe deze gerelateerd zijn aan de opwarming van de aarde.
2. Je kunt uitleggen welke remmende effecten er zijn op de opwarming van de aarde.
3. Je kunt uitleggen welke zichzelf versterkende effecten er zijn op de opwarming van de aarde en beschrijven hoe deze effecten leiden tot een kantelpunt.
4. Je kunt uitleggen wat adaptatie en mitigatie is en bij beiden voorbeelden geven.
5. Je kunt uitleggen dat er verschillende scenario's zijn van de opwarming van de aarde, afhankelijk van de toekomstige uitstoot van broeikasgassen.

Inleiding

In de vorige paragraaf heb je geleerd dat de menselijke uitstoot van broeikasgassen leidt tot het versterkte broeikaseffect. De gevolgen hiervan zijn over de hele wereld merkbaar. Eén van de bekendste gevolgen is het smelten van de ijskappen. Je hebt vast wel eens filmpjes of afbeeldingen gezien van ijsberen op dunne ijschotsen, die laten zien wat voor enorme gevolgen de opwarming van de aarde heeft. Zelf merk je ook steeds meer van de opwarming. De afgelopen zomers waren extreem droog, wat voor een deel door de opwarming van de aarde veroorzaakt wordt. Als het na een periode zonder neerslag eindelijk regent, komt de regen met bakken uit de lucht. Deze stortregens komen door de opwarming van de aarde steeds vaker voor. Wat hiernaast allemaal gevolgen zijn van de opwarming van de aarde en hoe we met deze gevolgen om kunnen gaan, leer je in deze paragraaf.

Gevolgen van de opwarming

Eén van de grootste gevolgen van de opwarming van de aarde is **zeespiegelstijging**. De zeespiegel zal onder andere stijgen door het smelten van landijs, zoals de ijskappen op Groenland, Antarctica en de vele gletsjers op aarde. Daarnaast zet water uit als het warmer wordt, waardoor de zeespiegel nog verder stijgt. Deze zeespiegelstijging vergroot de kans op overstromingen bij veel bewoonde kustgebieden en kan leiden tot het permanent onder water zetten van tropische eilanden. Vooral bij grote

kuststeden of in ontwikkelingslanden kan dit tot grote problemen leiden. Verder zorgt klimaatverandering over het algemeen voor meer **extreem weer**, zoals hittegolven, orkanen, droogtes en extreme neerslag. We spreken in Nederland van een **hittegolf** als de gemiddelde temperatuur in ieder geval 5 dagen op rij boven de 25 °C is, waarvan er drie boven de 30 °C graden zijn. Nederland heeft in 2018 en 2019 maar liefst vier keer een hittegolf meegemaakt, terwijl daarvoor de laatste twee in 2013 en 2015 hebben plaatsgevonden.



FIGUUR 4.1 Australië heeft in 2019 en 2020 te maken gehad met extreem veel bosbranden
© CBC, 2021



FIGUUR 4.2

Extrem weer zorgt voor verwoestijning - India
© The Guardian, 2015

Wetenschappers zeggen dat de burgeroorlog in Syrië deels veroorzaakt is door een aantal extreem droge seizoenen en mislukte oogsten tussen 2007 en 2010. Deze droogte is volgens hen het gevolg van klimaatverandering.

Naast hittegolven komen orkanen ook steeds vaker voor. Ze ontstaan boven oceanen met een temperatuur van minimaal 26,5 °C. De opwarming van de aarde zorgt voor hogere oceaantemperaturen en dus voor meer **orkanen**. Deze orkanen kunnen daardoor ook op hogere breedtegraden terecht komen, bijvoorbeeld bij Europa. In een groot deel van de wereld zal het daarnaast droger worden, aangezien meer warmte zorgt voor meer verdamping. De **droogtes** die hierdoor ontstaan, zorgen voor voedseltekorten, waardoor meer mensen honger gaan lijden. Verder zal de droogte een drinkwatertekort veroorzaken.

Door droogte en hogere temperaturen is er tevens een grotere kans op bosbranden (figuur 4.1) en gaan woestijnen zich uitbreiden door **verwoestijning** (figuur 4.2). Zelfs in Siberië, één van de koudste plekken ter wereld, was het in 2020 op sommige plekken wel 10 °C warmer dan normaal. Door deze warmterecords hebben honderden bosbranden in Siberië gebieden ter grootte van drie keer Nederland afgebrand.

Hoewel veel gebieden droger worden, krijgen bepaalde gebieden op aarde ook te maken met meer neerslag. Je hebt in paragraaf 1.2 immers geleerd dat warmere lucht meer waterdamp kan bevatten, gaat stijgen en dan zorgt voor neerslag. Deze neerslag valt vaker in korte tijd, tijdens zogeheten **stortbuien**. Meer extreme neerslag vergroot bovendien het risico op wateroverlast, omdat het dan teveel water is voor de bodem om op te kunnen vangen. Door hogere temperaturen op aarde, breiden veel ziekteverwekkende insecten hun

verspreidingsgebied uit. Vroeger overleefden deze insecten de winter niet. Nu de winters steeds warmer zijn, kunnen insecten zoals de malariamug (die zorgt voor malaria) en de teek (die zorgt voor de ziekte van Lyme) in steeds meer gebieden in Europa overleven.

Alle genoemde gevolgen van de opwarming van de aarde zijn inmiddels al zichtbaar. Uiteindelijk leiden al deze gevolgen ertoe dat het leven op aarde voor veel planten en dieren steeds lastiger wordt. Ze zijn immers niet aangepast aan de veranderende omstandigheden.

Normaal gesproken zijn planten en dieren wel in staat om zich aan te passen door middel van evolutie, maar omdat de veranderingen nu zo snel gaan lukt dit ze niet allemaal. Soorten kunnen hierdoor **uitsterven**, waardoor de biodiversiteit afneemt. Ook verschuiven wereldwijd de landschapszones als gevolg van klimaatverandering. In 2015 is in Alaska daar het eerste bewijs voor gevonden. De witte spar, behorende tot de taiga, begon opeens te groeien in het hoger gelegen en koudere westen.

Door klimaatverandering en ontbossing zitten we nu in de zesde grote uitstervingsgolf die de aarde in 4,6 miljard jaar geschiedenis heeft meegemaakt. Van de vijf voorgaande uitstervingsgolven waren er vier veroorzaakt door klimaatverandering en één door een meteorietinslag.

Het verhaal van Miguel

Miguel (51) heeft een boerderij in de buurt van de Spaanse stad Alicante, aan de Zuidkust van Spanje (figuur 4.3). Hij heeft een boomgaard met sinaasappelbomen, die zorgen voor een groot deel van zijn inkomen. Een deel van de sinaasappels die hij op zijn boomgaard kweekt, wordt namelijk geëxporteerd naar Noord-Europa. Ze gaan bijvoorbeeld naar Nederland, waar ze erg fan zijn van de vruchten. Maar de laatste jaren gaat het door de opwarming van de aarde steeds slechter met zijn boomgaard. Er is steeds meer watertekort, waardoor de sinaasappelbomen het steeds zwaarder krijgen en Miguel steeds minder opbrengsten en dus minder inkomen heeft. Hij hoort dat in de omgeving van Alicante op dit moment al 40% van de vruchtbare grond niet meer gebruikt kan worden door de droogte. Uiteindelijk zal het landschap van de huidige mediterrane zone, door de opschuivende landschapszones, veranderen in woestijn.

Tijdens een wandeling door Alicante kijkt Miguel met verbazing naar de grote hotels voor de toeristen. Zij gebruiken veel zoet water voor hun zwembaden en laten gasten ongelimiteerd douchen. Maar de hoteleigenaren zijn ook bang dat ze gasten kwijtraken als ze mensen limieten opleggen qua watergebruik. Zonder toeristen lopen de hoteleigenaren en hun werknemers hun inkomens ook mis.



FIGUUR 4.3

Het landschap in de buurt van Alicante - Navarra Spanje
© Suspanish, 2021

Bedreigingen voor de vrede

Zoals je in het verhaal van Miguel kan lezen, krijgen bepaalde mensen steeds meer last van klimaatverandering. Dit komt onder andere omdat ze om schaarse hulpbronnen, zoals water, moeten concurreren. Ook kunnen ze hun manier van leven niet volhouden in een steeds warmer wordend klimaat. Naarmate de klimaatverandering vordert, komen er steeds meer spanningen tussen groepen mensen en landen. Dit kan uiteindelijk leiden tot conflicten en oorlogen.

Als mensen vanwege deze conflicten op de vlucht slaan, kan dit leiden tot een toename in vluchtelingen. We noemen deze groep vluchtelingen ook wel **klimaatvluchtelingen**. De Wereldbank schat dat in 2050 143

miljoen mensen uit Zuid-Azië, Afrika ten zuiden van de Sahara en Latijns-Amerika vluchten voor misoogsten, waterschaarste en zeespiegelstijging.

De Nederlandse Commandant der Strijdkrachten, Tom Middendorp, zei in 2016 tijdens een congres dat er zonder klimaatveiligheid geen stabiliteit kan zijn in de wereld. Middendorp zei het volgende:

"De tijd dat klimaatverandering een hobby was voor natuurliefhebbers of 'boomknuffelaars' is voorbij. Dat ik hier vandaag in uniform dit vertel, zegt al genoeg. Klimaatverandering is nu al aan de gang, we kunnen de tekenen niet meer negeren."

FIGUUR 4.4

Gezond koraal (links) en verbleekt koraal (rechts). De verbleking ontstaat doordat de algen, die normaal het koraal van voedsel voorzien en die het kleur geven, afbreken door de hoge temperatuur - Great Barrier Reef - Australië © VOX, 2017

Remmende effecten

De aarde heeft een aantal buffers waardoor de klimaatverandering verminderd wordt. De oceaan kan bijvoorbeeld enorme hoeveelheden CO₂ opslaan. Men denkt dat de oceaan ongeveer 20-30% van de CO₂ die door mensen is uitgestoten heeft opgeslagen. De oceaan is dus een **buffer** voor CO₂. De oceaan neemt naast CO₂ ook warmte op. De oceaan heeft tot nu toe 90% van de extra warmte opgenomen die het gevolg is van het versterkte broeikaseffect. De oceaan is dus ook een warmtebuffer.

Helaas is deze opslag van CO₂ en warmte niet alleen voordelig. Zo wordt de oceaan door de opname van CO₂ steeds zuurder. Dit noemen we **oceaanverzuring**. Oceaanverzuring zorgt ervoor het kalk in koralen oplost. Hiernaast sterven de algen die het koraal van voedsel voorzien ook af door de hoge temperatuur van het zeewater. Doordat de algen sterven, verdwijnt de kleur uit het koraal, waardoor **verbleking** optreedt (figuur 4.4).

Zichzelf versterkende effecten

Op het moment dat de opwarming van de aarde verder doorzet, versterken de gevolgen van de opwarming, de opwarming nog weer verder. Zo weerkaatst het normaal gesproken de witte zee-ijs rond de Noordpool tot wel 90% van het zonlicht (figuur 4.6). Wit heeft namelijk als eigenschap dat het zonlicht weerkaatst, terwijl een heel donker oppervlak daarentegen juist meer straling van de zon zal opnemen. Dit weerkaatsingseffect van de aarde wordt ook wel **albedo** genoemd. Op het moment dat het zee-ijs smelt door de opwarming van de aarde, wordt het oppervlak dus donkerder. Hierdoor zal meer zonlicht worden opgenomen en omgezet worden in warmte. Dit leidt weer tot verdere opwarming van de aarde en het nog meer smelten van ijs (figuur 4.6). Het is daarmee

een zichzelf versterkend effect. Hetzelfde geldt voor methaan. Methaan (CH₄) is net als CO₂ een broeikasgas. Het is wel een sterker broeikasgas dan CO₂, want het houdt 30 keer meer warmte vast. Methaan (figuur 4.5) komt bijvoorbeeld vrij bij de vertering van voedsel door koeien, maar ook bij rotting van plantenresten. In veel koude gebieden op de wereld zitten bevroren plantenresten opgeslagen in de permanent bevroren bodem.

Als een bodem het hele jaar door bevroren blijft, noemen we dit **permafrost**. Op het moment dat deze permafrost smelt, komt er veel methaan vrij. Methaan zorgt er vervolgens voor dat de aarde verder opwarmt, waardoor nog meer permafrost kan smelten, nog meer methaan vrijkomt en de aarde dus steeds verder opwarmt.

Het Grote Barrièreerif (Australië), het grootste koraalrif ter wereld, is al meer dan 50% van zijn koraal kwijtgeraakt en grote delen zijn massaal verbleekt in de periode 2016 tot 2020. Dit alles is veroorzaakt door klimaatverandering, waardoor het water steeds warmer wordt.

Als een bepaald gebied, zoals de Noordpool bijvoorbeeld, een onomkeerbare verandering ondergaat, dan is het gebied haar **kantelpunt** gepasseerd. Bij het smelten van zee-ijs en rond de Noordpool bereikt dit gebied een punt waarna deze smelt onomkeerbaar wordt en er in de zomer weinig tot geen zee-ijs meer is. Een ander voorbeeld van een kantelpunt is het smelten van de eerder genoemde permafrost. In dit systeem is er ook een punt waarna het

smelten van de permafrost onomkeerbaar wordt en je dus een kantelpunt hebt overschreden. De toendra waar je permafrost vindt is dan veranderd in een toendra waar in de nieuwe balans de ondergrond niet het hele jaar door bevroren is. Wetenschappers bestuderen tegenwoordig veel gebieden om te kijken in hoeverre we daar kantelpunten overschrijven. Zo leidt de ontbossing in het tropische regenwoud van de Amazone volgens sommige wetenschappers eventueel tot een kantelpunt waarna het regenwoud zichzelf niet meer van voldoende water kan voorzien en dus onomkeerbaar veranderd.

Mitigatie

De opwarming van de aarde kan geremd worden door de uitstoot van broeikasgassen als CO₂ en methaan te verminderen. Het aanpakken van de oorzaak van het klimaatprobleem wordt **mitigatie** genoemd. Een voorbeeld van mitigatie is het stoppen met fossiele brandstoffen en het gebruik van meer **duurzame energie** of **kernenergie**. Duurzame energie wordt met behulp van onder andere zonnepanelen of windmolens opgewekt uit energiebronnen als zon, wind, water en aardwarmte. Kernenergie is energie die vrijkomt door atoomkernen van het erts uranium te splijten. Tijdens het opwekken van beiden komt geen CO₂ vrij. Ook helpt het om energie te besparen, door minder stroom of warmte te gebruiken. Dan hoeft er namelijk minder stroom opgewekt te worden. Het omvormen van ons energiesysteem naar een systeem wat niet bijdraagt aan de klimaatcrisis noemen we de

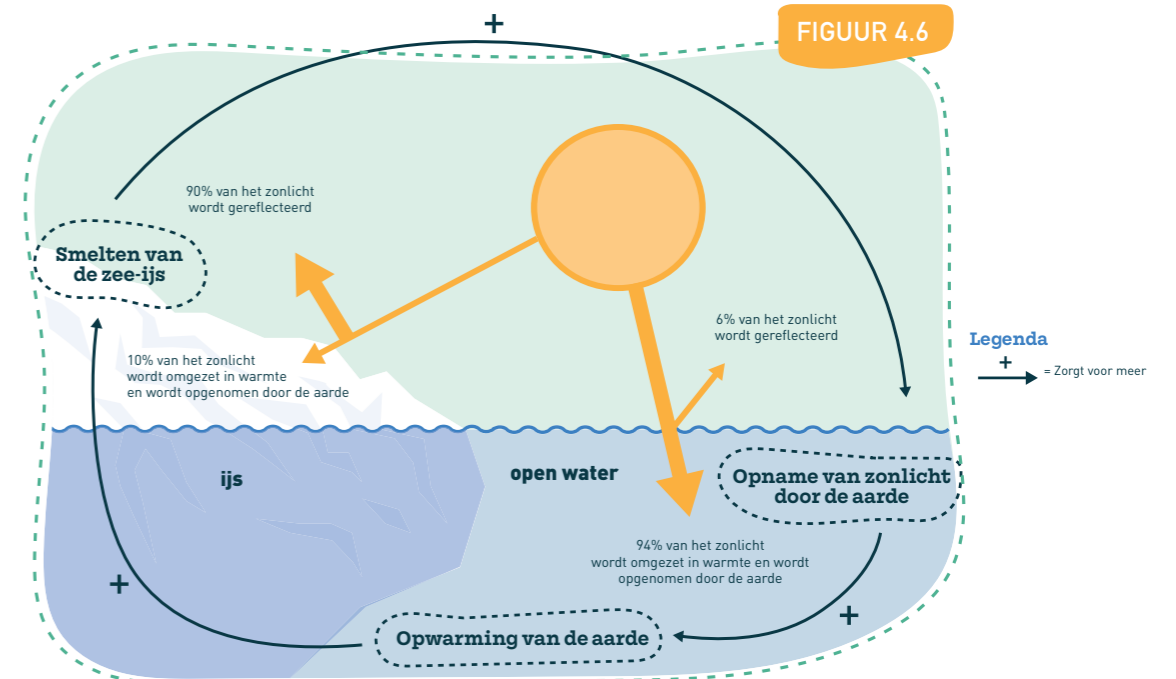
Bevroren methaan bellen in Lake Abraham, Alberta Canada © Kuzmin, N., 2020

FIGUUR 4.5



Het weerkaatsingseffect (albedo) van zee-ijs en de invloed ervan op klimaatverandering

FIGUUR 4.6





FIGUUR 4.7

De top tien uitstotende landen en hun emissies in 2018
© World Resources Institute, 2020

energietransitie.

Een belangrijk akkoord waarin afspraken staan over mitigatie, is het **klimaatakkoord van Parijs**. In dit akkoord, wat in 2015 getekend is, hebben 195 landen van de wereld afgesproken dat ze de opwarming van de aarde beperkt willen houden tot 2 °C en dat ze het liefst onder de 1,5 °C opwarming willen blijven. Deze grenzen zijn gekozen om de kans klein te houden om de eerder genoemde kantelpunten te overschrijden.

Jaarlijks is er een bijeenkomst om te kijken of landen, bedrijven en andere partijen zich aan het klimaatakkoord van Parijs, en eerder gemaakte afspraken houden, en of de doelen bijgesteld moeten worden. Deze jaarlijkse bijeenkomst heet de **COP**, wat staat voor 'Conference of Parties' (bijeenkomst van partijen). Op deze bijeenkomsten wordt er druk onderhandeld over hoe, hoeveel en hoe snel de uitstoot van broeikasgassen vermindert moet

worden. In **figuur 4.7** zie je de uitstoot van een aantal verschillende landen met daarin een splitsing waar deze uitstoot binnen de landen vandaan komt. Dit soort cijfers zijn de basis van de onderhandelingen op de COP.

Adaptatie

Ondanks dat alle landen hebben gezegd zich aan het klimaatakkoord te willen houden, weten we niet zeker of de doelen op tijd gehaald worden. Ondanks dat we nu nog onder de 2 °C opwarming zitten, zijn op dit moment al effecten van de opwarming te merken. Bij verdere opwarming van de aarde worden nog meer effecten merkbaar. Op dit moment ligt de aarde op schema om in 2100 tussen de 2 en 4 °C opgewarmd te zijn. Dit zal heftige gevolgen met zich meebrengen.

Om te zorgen dat men minder kwetsbaar wordt voor de gevolgen van klimaatverandering, is **adaptatie** belangrijk. Dit betekent dat we

ons moeten aanpassen aan de veranderende omstandigheden. Je probeert bij adaptatie dus om te gaan met de gevolgen van klimaatverandering. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de verhoging van dijken als bescherming tegen zeespiegelstijging. Ook kun je denken aan het breder maken van rivieren waardoor ze meer water kunnen afvoeren indien nodig. Het opslaan van water voor droge periodes is ook een voorbeeld van adaptatie. Ondanks dat het goed is om adaptatiemaatregelen te nemen, stoppen deze de opwarming van de aarde niet. Daarom is het

belangrijk dat mitigatie ook blijft plaatsvinden. Het is voor rijke landen makkelijker om adaptatiemaatregelen te nemen dan voor armere landen. Rijke landen hebben in het verleden veel welvaart verkregen door processen waarbij zij veel CO₂ uit hebben gestoten. Zij hebben nu dus geld om adaptatiemaatregelen te kunnen betalen. Arme landen daarentegen hebben dat geld niet. Zij zijn daarom meer afhankelijk van de mitigatie die wereldwijd de schade van klimaatverandering moet beperken. Klimaatverandering voorkomen is daarom beter dan genezen!

FIGUUR 4.8

Overstromingen in Jakarta - Indonesië
© Trouw, 2020



Het verhaal van Annisa

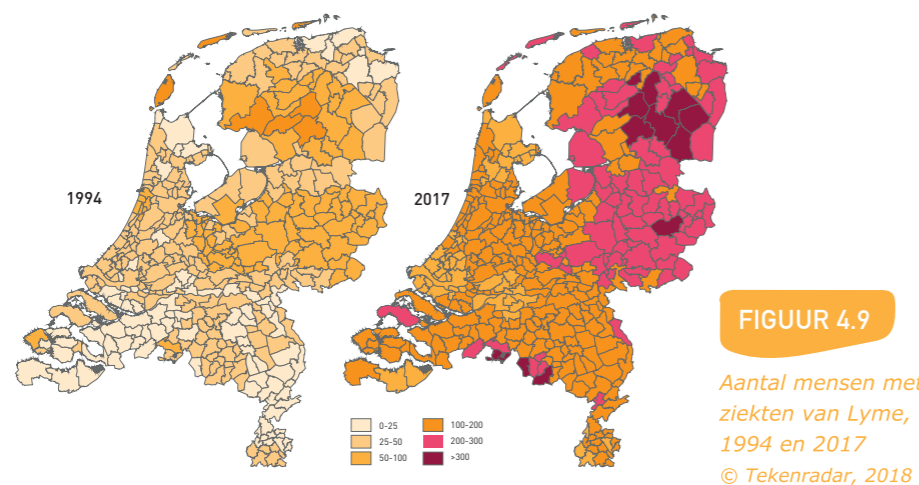
Annisa is 13 en woont in Jakarta, de hoofdstad van Indonesië. Jakarta ligt aan zee, bij de monding van een rivier. Hierdoor overstroomt de stad regelmatig (**figuur 4.8**). Het huis van Annisa ligt gelukkig op een kleine heuvel, maar op andere plekken in de stad lopen regelmatig wijken onder water.

Door de overstromingen komen regelmatig mensen om. Ook is er veel schade, doordat huizen onder water lopen en spullen kapot gaan of kwijt raken.

Annisa heeft op het nieuws gehoord dat de president van Indonesië de hele hoofdstad Jakarta wil verplaatsen. Door de zeespiegelstijging en het verzakken van de stad, lopen de bewoners namelijk steeds meer risico. Annisa vindt het wel gek om haar geboortestad op te geven aan de stijgende zee. Het huis waar ze geboren is zal ze niet meer terugzien, net als alle plekken waar ze gespeeld heeft. Verder is ze bang dat ze een deel van haar familie en vrienden uit het oog verliest als ze gaan verhuizen naar een nieuwe stad met bijna 10 miljoen mensen. Ook weet ze niet of haar ouders een woning in de nieuwe stad kunnen betalen. Ze heeft eigenlijk liever dat het verhuizen naar de nieuwe stad niet nodig is.

1.4 Vragen

- (R)** Noem 3 gevolgen van klimaatverandering.
- (R)** Leg uit wat het verschil is tussen mitigatie en adaptatie.
- (T)** Maak een mindmap waarin je de gevolgen van klimaatverandering laat zien.
- (T)** Lees het verhaal van Miguel. Wat zou je zelf kunnen doen om je waterverbruik te verminderen als je op vakantie bent in Spanje?
- (T)** Lees het verhaal van Annisa. Is het verplaatsen van de hoofdstad Jakarta een voorbeeld van mitigatie of van adaptatie? Leg uit waarom.
- (T)** Voor welk gevolg van opwarming van de aarde is Nederland erg kwetsbaar? Leg uit.
- (T)** Waarom is het zo belangrijk dat de wereld zich aan het Klimaatakkoord van Parijs houdt? Gebruik hierbij het begrip *kantelpunt*.
- (T)** Maak een mindmap waarin je alle gevolgen van de opwarming van de aarde duidelijk in kaart brengt en de onderlinge verbanden ook inzichtelijk maakt.
- (T)** Je hebt iets gelezen over de ziekte van Lyme. In *figuur 4.9* is te zien hoeveel mensen in Nederland de ziekte van Lyme hebben.



- Vergelijk de kaart van 1994 met 2017. Beschrijf in eigen woorden wat er in de loop van de jaren gebeurd met het aantal personen met de ziekte van Lyme.
 - Leg uit welke rol klimaatverandering speelt in de verspreiding van de ziekte van Lyme.
 - Stel je moet een nieuwe kaart maken voor 23 jaar later, dus voor 2040. Beschrijf twee opties van hoe deze kaart er dan uit zal zien. Voor de ene optie ga je uit van veel opwarming van de aarde, bij de andere ga je uit van minder opwarming van de aarde.
- (I)**
 - Je rijdt minder vaak auto om het klimaat te sparen. Is dit adaptatie of mitigatie? Leg uit waarom.
 - Je haalt tegels uit je tuin om bij extreme regen minder wateroverlast te hebben. Is dit adaptatie of mitigatie? Leg uit waarom.
 - ★** Leg uit wat er was gebeurd met de temperatuur op aarde in de afgelopen 100 jaar als de oceaan geen buffer-werking had gehad. Gebruik de termen CO₂ en warmte in je antwoord.

1.4 Begrippenlijst

Adaptatie

Maatregelen waarmee men zich aanpast aan de opwarming van de aarde.

Albedo

Het weerkaatsingsvermogen van de aarde: de mate waarin zonnestraling door een oppervlakte weerkaatst wordt.

Buffer

Iets dat verstoringen opvangt.

COP

Een jaarlijkse bijeenkomst van landen, bedrijven en andere partijen om te kijken of ze zich aan het klimaatakkoord van Parijs, en eerder gemaakte afspraken houden, en of de doelen bijgesteld moeten worden.

Droogte

Langere periode waarin geen neerslag valt en/of er veel verdamping plaatsvindt.

Duurzame energie

Energie die wordt opgewekt met behulp van energiebronnen (zon, wind en water) die nooit opraken en waarbij geen CO₂ vrijkomt.

Energietransitie

Het omvormen van ons energiesysteem naar een systeem wat niet bijdraagt aan de klimaatcrisis.

Extreem weer

Zeldzaam en vaak heftig weer. Denk hierbij aan hittegolven, extreme neerslag, orkanen of lange droogtes.

Hittegolf

Een lange periode van abnormaal warm weer.

Kantelpunt

Een punt waarop verstoringen zo groot zijn dat je niet meer terug kan naar het oude evenwicht.

Kernenergie

Kernenergie is energie die vrijkomt door atoomkernen van het erts uranium te splijten.

Klimaatakkoord van Parijs

Akkoord waarin 195 landen met elkaar hebben afgesproken de opwarming van de aarde te beperken tot 2 °C. Verder is het streven om de opwarming onder de 1,5 °C te houden.

Klimaatvluchtelingen

Mensen die uit hun woonplaats of land vluchten omdat zij getroffen zijn voor de gevolgen van klimaatverandering.

Koraalverbleking

Het bleek worden van koraal door het verlies van algen, die het koraal normaal gesproken hun kleur geven.

Mitigatie

Maatregelen om de oorzaken van de opwarming van de aarde aan te beperken.

Oceaanverzuring

Het steeds zuurder worden van de oceaan door opname van CO₂ in het zeewater.

Orkaan

Een tropische storm met minimaal windkracht 12, die ontstaat boven oceaanwater met temperaturen van minimaal 26,5 °C.

Stortbui

Regenbui waarbij in korte tijd een grote hoeveelheid neerslag valt

Uitsterven

Het eindigen van het bestaan van een planten- of diersoort.

Verwoestijning

Het ontstaan van woestijn door het uitbreiden van een bestaande woestijn of door het ontstaan van een nieuwe woestijn.

Zeespiegelstijging

Stijging van de hoogte van het waterniveau van de zee.

De gevolgen van zeespiegelstijging in eilandstaat Kiribati
© The diplomatic affairs, 2020

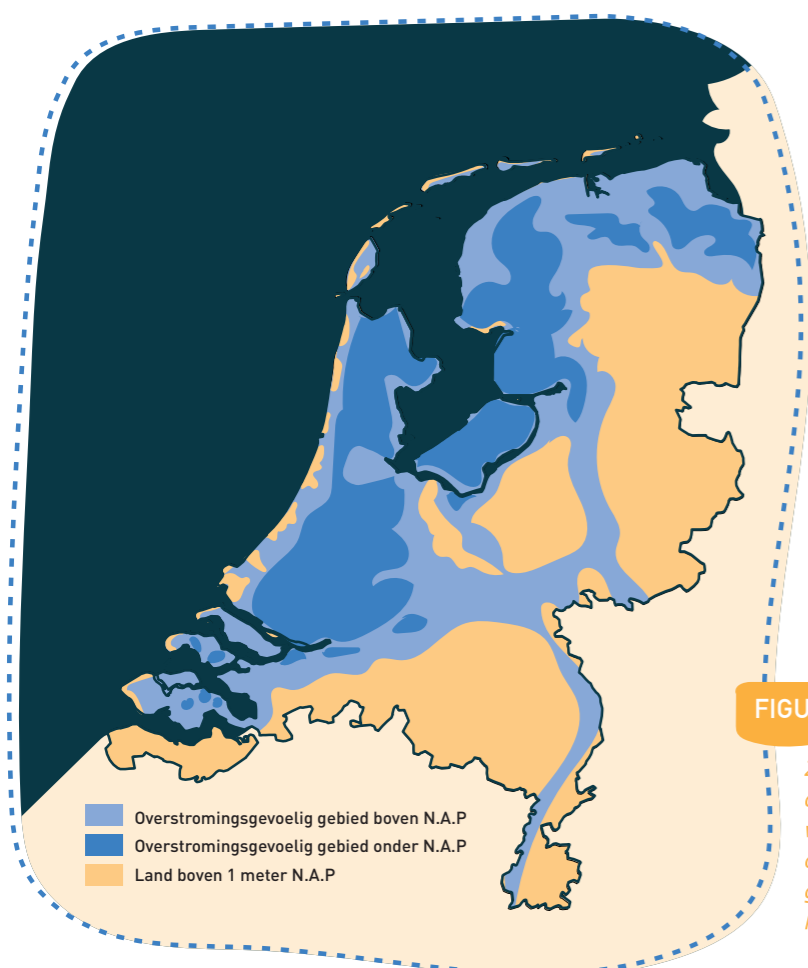


Leerdoelen

1. Je kunt benoemen dat Nederland voor een deel onder zeeniveau ligt.
2. Je kunt uitleggen dat Nederland kwetsbaar is voor water, doordat het in een Delta ligt en doordat het voor een deel onder zeeniveau ligt.
3. Je kunt beschrijven hoe de Deltawerken en de Afsluitdijk ervoor hebben gezorgd dat Nederland nu beter beschermd is tegen het water dan vroeger.
4. Je kunt uitleggen dat de opwarming van de aarde leidt tot zeespiegelstijging en welke mogelijke scenario's er zijn voor deze zeespiegelstijging.
5. Je kunt het verschil beschrijven tussen relatieve en absolute zeespiegelstijging.
6. Je kunt uitleggen hoe zeespiegelstijging kan leiden tot verzilting.

Inleiding

Als buitenlandse toeristen in Nederland komen, zijn zij vaak heel verbaasd om te horen dat een groot deel van ons land, 26% van de oppervlakte, onder zeeniveau ligt (figuur 5.1). Het laagste punt van Nederland, in de Zuidplaspolder, ligt 6,76 meter onder zeeniveau. Nederlanders hebben in het verleden een aantal maatregelen getroffen om ons lage land bewoonbaar te maken. Om te zorgen dat Nederlanders ook in de toekomst droge voeten houden, zijn flink wat maatregelen nodig.



FIGUUR 5.1

Zonder dijken, duinen en andere waterkeringen overstroomt een groot deel van Nederland



Wil je weten hoe hoog het water bij jou kan komen en wat je dan moet doen? Kijk eens op overstroomik.nl

Rivierdelta

Nederland zou je kunnen zien als een grote **rivierdelta**: een stelsel van aftakkingen van een rivier voordat deze rivier de zee bereikt. In Nederland monden (aftakkingen van) de Rijn, de Maas en de Schelde uit in zee. Rivierdelta's zijn vaak laaggelegen gebieden. Veel rivierdelta's zijn dichtbevolkt, aangezien de omstandigheden er goed zijn om te leven: het land is vlak, de grond is vruchtbaar, er is voldoende aanvoer van zoet water en handel via zee is mogelijk.

Polders

Zoals eerder vermeld ligt 26% van Nederland onder het zeeniveau. Hier zijn meerdere redenen voor. Allereerst bestaat een deel van Nederland uit veengrond. Deze sponsachtige grondsoort ontstaat als plantenresten afsterven onder water waardoor er geen zuurstof bij komt. Hierdoor gaan de plantenresten niet rotten en ontstaat een steeds grotere laag afgestorven plantenmateriaal. Aangezien Nederlanders in het verleden graag op dit land wilden wonen, hebben ze dit **ingepolderd**: ze hebben er dijken omheen gelegd en zijn de waterstand kunstmatig gaan regelen.

Door water af te voeren uit de veengebieden via een netwerk van sloten en kanalen, werden en worden nog steeds, polders drooggemalen. Vroeger gebeurde dit droogmalen met molens (figuur 5.2), tegenwoordig met mechanische pompen. Doordat het water weggaat uit de veengrond, kan er wel zuurstof bij komen en

gaan de plantenresten rotten. Zoals je weet uit paragraaf 5, worden de rottende plantenresten omgezet in methaan. Hierdoor wordt de laag veengrond alsmat dunner en daalt de bodem.

Een andere reden dat Nederland deels onder het zeeniveau ligt, is dat we gebieden die onder zeeniveau liggen, in het verleden hebben ingepolderd. Een voorbeeld hiervan is Flevoland. Dit gebied is ontstaan doordat een deel van de vroegere Zuiderzee (nu IJsselmeer en Markermeer) is ingepolderd en vervolgens is drooggemalen. Op deze manier is de zeebodem dus veranderd in land.

Strijd tegen het water

Nederlanders strijden al eeuwenlang tegen het water met als doel hun voeten droog te houden. Met dit doel zijn zeedijken en rivierdijken gemaakt. Als zoveel land aan water grenst, heb je enorm lange dijken nodig. Nederland had in 2014 ongeveer 17.000 kilometer aan dijk! Het kost veel onderhoud en geld om al deze dijken te onderhouden.

Doordat Nederland voor zo'n groot deel onder het zeeniveau ligt, is het kwetsbaar voor overstromingen vanuit zee. Als zeedijken breken, zoals bijvoorbeeld in 1953 tijdens de watersnoodramp gebeurde, staat een groot deel van het land onder water. De dreiging komt niet alleen van zee, maar ook vanaf de rivieren. Als rivieren door veel regen of veel smeltwater vanuit de Alpen hoog komen te staan, kunnen de rivierdijken doorbreken.



Een typisch Nederlandse molen, in het verleden gebruikt voor het droogleggen van polders
© Molendatabase, 2021

FIGUUR 5.2

Het verhaal van Johan van Veen

Johan van Veen werkte vanaf 1929 bij Rijkswaterstaat, de organisatie die onder andere verantwoordelijk is voor de bescherming van Nederland tegen overstromingen. In juni 1946 gaf Johan een rapport aan de directeur van Rijkswaterstaat. In dit rapport beschreef hij de slechte staat van de dijken in Zeeland. Hij zei dat de dijken bij storm zouden kunnen breken. De meeste mensen bij Rijkswaterstaat vonden Johan maar een paniekzaaier. Zijn rapport belandde in een kast.

Johan maakte later nog een rapport over maatregelen die Nederland konden beschermen tegen hoog water. Op 29 januari 1953 bereikte dit rapport de minister die over de waterwerken van Nederland ging. 48 uur later braken de dijken in Zuid-West Nederland. Door een combinatie van springtij en een Noordwesterstorm was het water opgestuwd, waardoor de dijken dit niet meer aankonden.

Zeeland werd het ergst getroffen. In veel dorpen werd men overvallen door het water (figuur 5.5). Hele huizen werden weggespoeld, de eigenaren en hun vee verdronken. Andere huizen bleven staan, waardoor de bewoners naar de bovenste verdiepingen konden vluchten. Door de vrieskou en het gebrek aan water en eten was ook dit een gevaarlijke situatie. Pas na anderhalve dag kwam grootschalige hulp op gang.

Een groot deel van Zuid-Holland ontquam op wonderlijke wijze aan de ramp. Midden in de nacht ontdekte men een gat van 15 meter in een dijk bij Nieuwerkerk aan de IJssel. Een schipper werd opgeroepen om zijn schip dwars in de dijk te parkeren, om zo het gat te dichten (figuur 5.3). Door een knap staaltje stuurmanskunst lukte dit. Deze dappere actie heeft ervoor gezorgd dat de 3 miljoen inwoners van Zuid-Holland, die 4 tot 6 meter onder het zeeniveau leefden, veilig bleven achter de dijken.

Uiteindelijk zijn er door de Watersnoodramp 1836 mensen uit Zeeland, Zuid-Holland en Noord-Brabant overleden en raakten 100.000 mensen hun huis kwijt.

Het plan van Johan van Veen uit 1953 werd later de basis van het **Deltaplan**, waardoor een groot deel van Zuid-West Nederland afgesloten werd van de zee. Hierdoor is de hoeveelheid kwetsbare kust aan zee verminderd. In de rest van het gebied werden

de dijken verhoogd. Heel bijzonder in het Deltaplan is de Oosterscheldekering, die open en dicht kan (figuur 5.4). Hierdoor werd het water in de Oosterschelde niet zoet, zoals bij veel van de andere meren gebeurd is, maar bleef het zout. Hierdoor kon de natuur in de Oosterschelde behouden blijven. Zo leven er bijvoorbeeld zeehonden in de Oosterschelde.

De boot in het gat in de dijk bij Nieuwerkerk aan de IJssel
© Middendorp, H., 2020

FIGUUR 5.3



FIGUUR 5.4

De Oosterscheldekering © zeeland.com, 2021

FIGUUR 5.5

Een huis dat ondergelopen is tijdens de Watersnoodramp
© NPOkennis, 2021



Klimaatverandering en zeespiegelstijging

De zeespiegel stijgt door de opwarming van de aarde. Dit komt doordat de ijskappen en gletsjers smelten, maar ook doordat warm (zee)water uitzet. De zeespiegel stijgt hierdoor in hoogte, bijvoorbeeld 20 centimeters of 3 meter. Deze stijging noemen we absolute zeespiegelstijging.

Tegelijkertijd met de absolute zeespiegelstijging daalt de bodem in Nederland ook. De verwachte bodemdaling tot 2050 bedraagt voor een groot deel van Nederland tientallen centimeters. Deze bodemdaling komt doordat veengrond vergaet en omdat we grondstoffen als olie, gas en zout uit de bodem halen. Ook daalt de bodem van nature als gevolg van de ijstijd. Dat zit als volgt: in de laatste ijstijd lag er een enorme berg ijs van 3 tot 4 kilometer op Scandinavië. Dit zorgde voor een soort wip-wap effect: door de druk van het ijs op Scandinavië kwam Nederland naar boven. Inmiddels is het ijs uit de ijstijd allang gesmolten, waardoor 'het gewicht van Scandinavië op de wip-wap' minder is. Nederland daalt hierdoor nog altijd. Vooral het noorden van Nederland daalt, met ongeveer 2 centimeter per eeuw.



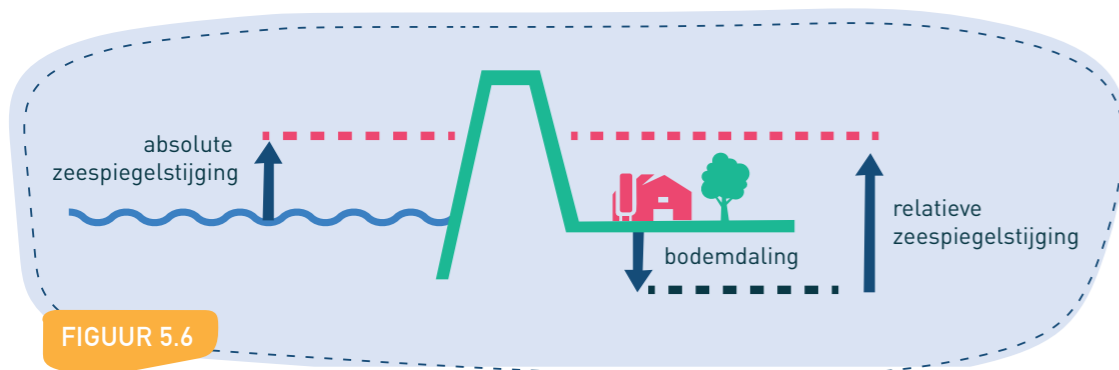
Meer landen op de wereld hebben te maken met bodemdaling. In Jakarta (hoofdstad Indonesië) pompen ze bijvoorbeeld grondwater op voor hun drinkwater, hierdoor is de bodem sterk gaan dalen. De overheid heeft nu zelfs besloten hun hoofdstad te verhuizen vanwege dit probleem!

De combinatie van de absolute zeespiegelstijging en de bodemdaling zorgt ervoor dat Nederland relatief gezien nog lager komt te liggen ten opzichte van het zeeniveau. Daardoor is de relatieve zeespiegelstijging in Nederland nog groter dan wanneer je alleen naar de absolute zeespiegelstijging kijkt (figuur 5.6). Door de hoeveelheid stijging van de zeespiegel zijn extra maatregelen nodig om Nederland droog te houden.

Maatregelen

Eén optie om Nederland te beschermen tegen de stijgende zeespiegel, is het ophogen van dijken. Ook helpt het om extra zand toe te voegen aan de zee, vlakbij de kust. Bij de Zandmotor (figuur 5.7) is dit gedaan. De golven breken eerst op het zand en brengen hierdoor minder schade aan de zeeweringen, zoals dijken en duinen. Verder zorgt het toevoegen van zand voor extra brede stranden en extra hoge duinen. De golven leggen het zand namelijk weer op de kust, waarna wind ervoor kan zorgen dat de duinen hoger worden. Hierdoor stijgt de duinhoogte mee met de absolute zeespiegelstijging. Het toevoegen van extra zand aan de zee noemen we **zandsuppletie** en is een voorbeeld van adaptatie.

Dit soort maatregelen kan Nederland beschermen als de zeespiegel niet te veel stijgt. Experts beschrijven dat Nederland een stijging van 2 meter waarschijnlijk wel aankan. Het IPCC, een groep experts op het gebied van klimaatverandering, beschrijft dat de mondiale zeespiegel in 2100 gemiddeld met 1,1 meter gestegen zal zijn in het scenario dat het klimaat erg verandert (RCP 8.5). Pas



FIGUUR 5.6

Absolute en relatieve zeespiegelstijging

later zal de zeespiegel dan boven die kritische 2 meter komen. De verwachtingen van de zeespiegelstijging in het ergste scenario (RCP 8.5) en het beste scenario (RCP 2.6) staan weergegeven in **figuur 5.8**.

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) heeft in oktober 2021 de nieuwste bevindingen van het IPCC uitgewerkt voor Nederland. Hieruit blijkt dat de zeespiegel voor de Nederlandse kust deze eeuw meer zal stijgen dan gedacht. Als we de uitstoot van broeikasgassen niet verminderen (RCP 8.5), ligt onze zeespiegel in 2100 1,2 meter hoger dan het begin van deze eeuw.

Wetenschappers geven aan dat op het moment dat de zeespiegel meer dan 2 meter is gestegen, het niet meer mogelijk is om heel Nederland te beschermen tegen het stijgende water. Zij zeggen dat er kans is dat we laaggelegen steden, zoals Amsterdam en Rotterdam, op moeten geven aan het water. Voor Nederland is het dus absoluut van belang dat de uitstoot van broeikasgassen teruggedrongen wordt, zodat de zeespiegel niet verder stijgt dan 2 meter.

Verziltting

Normaal gesproken sijpelt er, door de hoge druk van het zeewater, steeds zeewater onder de dijken door het lager gelegen land achter de dijken in. Op het moment dat er dan ook nog eens zoet water wordt weggepompt tijdens het droogmalen van polders, heeft het zoute zeewater geen tegendruk meer van zoet water. Hierdoor stroomt er nog meer zout water richting het lager gelegen land, waardoor het grondwater en de bodem in dat gebied steeds zouter worden. Het zouter worden van water of bodem wordt **verziltting** genoemd.

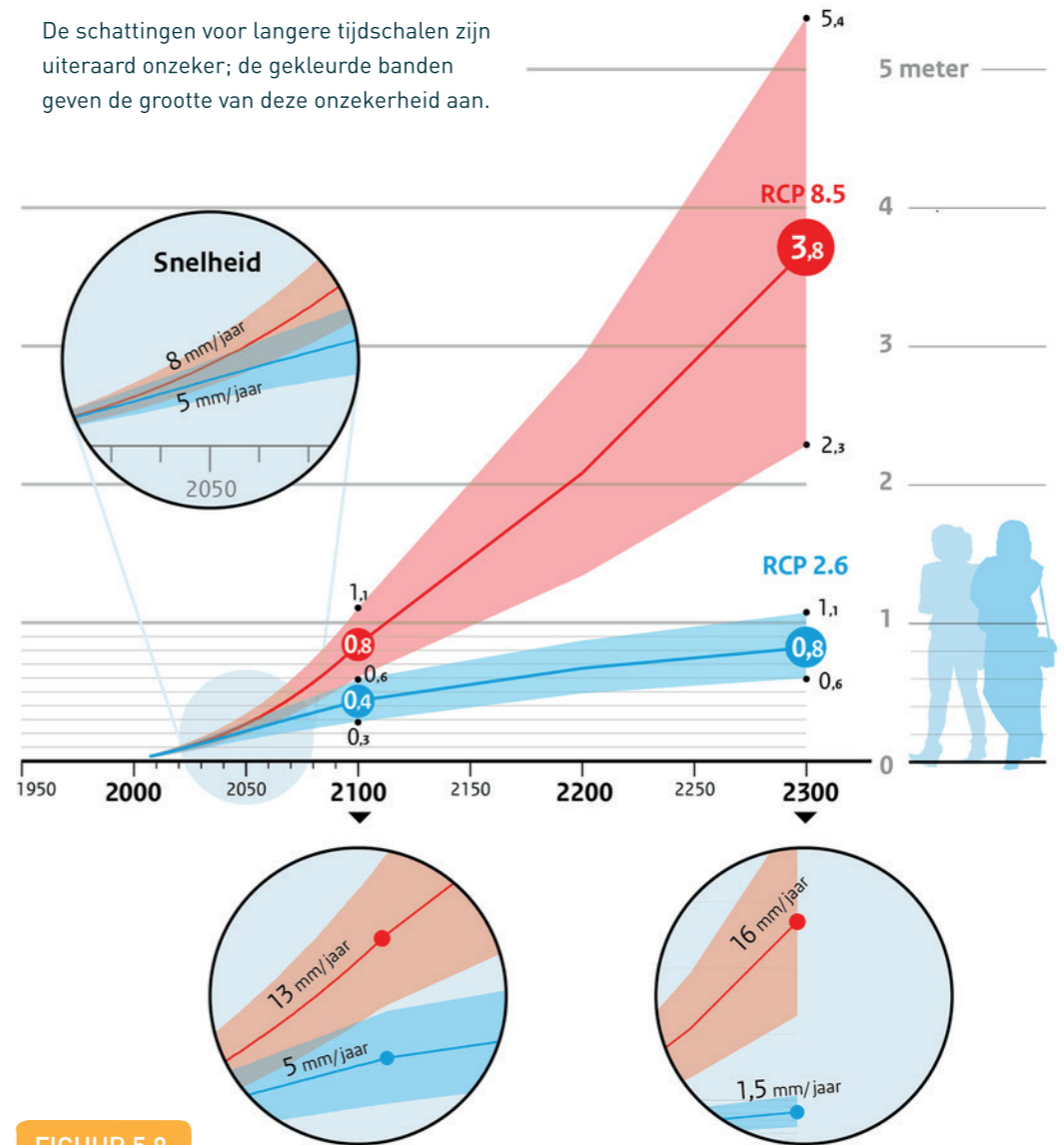
Als de zeespiegel stijgt, wordt de druk van het zoute zeewater steeds groter. Verziltting treedt dan steeds meer op. Normale landbouwgewassen kunnen niet goed tegen dit zout. Dit betekent dat in Nederland gewassen niet meer verbouwd kunnen worden in kustgebieden. Daarom wordt er geëxperimenteerd met zoute landbouw. Verder wordt geprobeerd om zoetwatervoorraden, zoals het IJsselmeer, zo hoog mogelijk te houden. Op deze manier blijft er genoeg zoet water over om tegendruk te bieden aan het zoute water.

FIGUUR 5.7

De Zandmotor voor de kust van Nederland © Rijkswaterstaat, 2021



De Zandmotor is een kunstmatig schiereiland voor de kust tussen Hoek van Holland en Scheveningen. Voor het schiereiland is 21,5 miljoen m³ zand gestort (zandsuppletie). De natuur moet het zand zelf langs de kust gaan verspreiden en daarmee ons land beter beschermen tegen zeespiegelstijging.



FIGUUR 5.8

Verwachte mondiale zeespiegelstijging tot 2300 (volgens het IPCC) © KNMI, 2019

1.5 Vragen

1. (R) Waarom vergaat veengrond als het water eruit wordt weggemalen?
2. (R) Noem 3 oorzaken van bodemdaling.
3. (T) Bekijk de foto van Nederland (figuur 5.9) op de pagina hiernaast.
 - a) Waarom heeft met name Zeeland te maken met veel verzilting van landbouwgrond?
 - b) In havens zoals die van Rotterdam is het stijgen van de zeespiegel een punt van zorg. Maar niet alleen in Rotterdam komen veel goederen binnen. Zoek in **de Grote Bosatlas** welke grote havens rechtsonder op figuur 5.9 concurreert met de haven van Rotterdam?
4. (T) Zoek in **de Grote Bosatlas** de kaart van de Deltawerken.
 - a) Hoeveel Deltawerken zijn er?
 - b) Welke van de Deltawerken was het eerst af? En welke het laatst?
 - c) Gebruik nu **de Bosatlas van de Duurzaamheid**. Ga naar bladzijde 79 en gebruik kaart 4. Leg uit wat er gebeurt met twee Deltawerken als de zeespiegel stijgt. Geef per Deltawerk twee scenario's.
5. (I) Leg met behulp van verschillende tekeningen uit hoe het proces van zandsuppletie tot duinvorming precies werkt. Iedere tekening is dus een nieuwe stap in het proces.
6. (T) Bekijk in **de Grote Bosatlas** kaart 44C.
 - a) Op welke plekken in Nederland vindt de meeste verzilting plaats?
 - b) Iemand zegt: "In Nederland komt verzilting vooral voor in tijden van droogte". Leg deze uitspraak uit.
7. (T) In Groningen wordt geëxperimenteerd met zoute landbouw. Er worden dan, op verzilte grond, gewassen gekweekt die goed tegen zout kunnen. Leg uit waarom deze zoute landbouw in de toekomst belangrijk zou kunnen worden voor de productie van voedsel in Nederland.
8. (I) Als je de dijken steeds hoger maakt en de bodem achter de dijken steeds verder daalt, krijg je te maken met het zogeheten 'badkuipeffect'. Dit leidt tot enorme problemen bij dijkdoorbraken, doordat het land achter de dijken extreem laag ligt. Leg uit wat volgens jou het badkuipeffect is en waarom het eindeloos ophogen van dijken zorgt voor enorme risico's bij overstromingen.
9. (I) Nederland is qua duurzame energie 'het slechtste jongetje van de klas' in Europa. Als je kijkt naar het totale gebruik van energie in een land, gebruikte Nederland in 2018 de minste groene stroom van Europa. Hier valt voor Nederland dus nog veel winst te behalen. Leg uit waarom juist Nederland veel groene stroom zou moeten gebruiken en produceren. Neem in je antwoord de ligging van Nederland ten opzichte van de zee mee.
10. ★ Zoek in **de Grote Bosatlas** opnieuw de kaart van de Deltawerken. Leg uit waarom het water tussen de Volkerakdam en Haringvlietdam zoet is en het water in de Oosterschelde niet.

1.5 Begrippenlijst

Absolute zeespiegelstijging

Daadwerkelijke stijging van het zeeniveau, uitgedrukt in centimeters of meters.

Deltaplan

Serie projecten die als doel hadden om Zeeland en Zuid-Holland te beschermen tegen de zee.

Droogmalen

Wegpompen van water.

Inpolderen

Het droogmaken van land door er dijken omheen te leggen.

Relatieve zeespiegelstijging

De hoeveelheid zeespiegelstijging ten opzichte van het niveau van het land.

Rivierdelta

Stelsel van aftakkingen van een rivier voordat de rivier in een zee of meer uitmondt.

Springtij

Periode waarin het verschil tussen eb en vloed het grootst is. Treedt eens in de ongeveer 15 dagen op.

Veengrond

Grond die is opgebouwd uit afgestorven plantaardig materiaal.

Verzilting

Het zout worden van water of bodem.

Zandsuppletie

Het toevoegen van extra zand aan de zee, met als doel stranden te verbreden en duinen te verhogen.



FIGUUR 5.9

Satellietbeeld van Zuid-West Nederland © ESA, 2011

Leerdoelen

1. Je kunt verschillende typen rivieren en de bijbehorende kenmerken daarvan beschrijven.
2. Je kunt de onderdelen van het rivierengebied benoemen en hun eventuele functie uitleggen.
3. Je kunt uitleggen hoe Nederland zich in het verleden heeft beschermd tegen rivierwater en daarbij specifiek maatregelen benoemen van het project Ruimte voor de Rivier.
4. Je kunt beschrijven waarom rivieren in de toekomst een bedreiging kunnen vormen.
5. Je kunt uitleggen waarom klimaatverandering in steden voor wateroverlast kan zorgen.
6. Je kunt uitleggen welke maatregelen in steden genomen kunnen worden tegen wateroverlast.

Inleiding

Nederland is een echt rivierenland. Rivieren nemen tijdens het stromen zand en klei mee en leggen deze afzettingen bij overstromingen neer. Hierdoor groeit nieuw land aan. Zonder de afzettingen van de Rijn en de Maas had Nederland zelfs niet eens bestaan. Alleen naast dat rivieren onze vriend zijn, kunnen ze ook voor grote problemen zorgen. Dit zal bij een veranderend klimaat alleen maar erger worden, omdat rivieren dan meer water te verwerken krijgen. Daar komt bij dat de zee waarin ze het water afvoeren, steeds hoger gaat staan. Gelukkig hebben we in Nederland veel manieren bedacht om met een tekort of teveel aan water om te kunnen gaan.

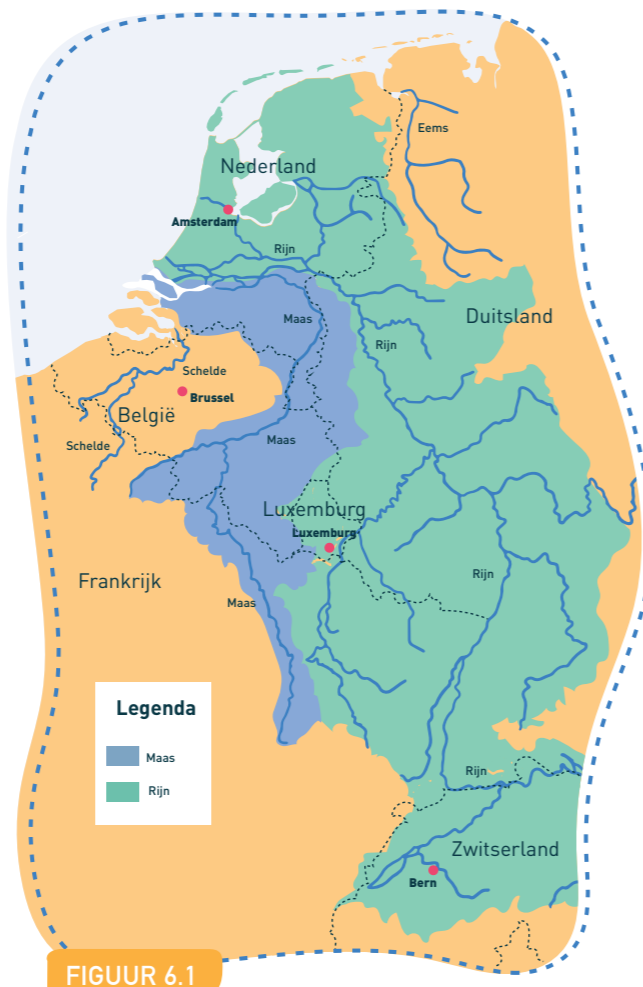
Nederland rivierenland

Een rivier is een natuurlijke waterloop die water afvoert uit een hoger gelegen gebied. Sommige rivieren ontstaan uit een bron uit de grond en worden tijdens het stromen gevoed door regen. Dat zijn **regenrivieren**. De Maas is hiervan een voorbeeld. Deze rivier komt via Frankrijk en België ons land binnenstromen. Andere rivieren ontstaan door smeltwater van gletsjers, ook wel **gletsjerrivieren** genoemd. Aangezien vrijwel alle rivieren tijdens het stromen ook gevoed worden met regen, worden gletsjerrivieren al snel **gemengde rivieren**. Gemengde rivieren bestaan dus uit zowel gletsjerwater als regenwater.

De in Nederland stromende IJssel, Waal, Nederrijn en Lek zijn allemaal aftakkingen van de grote rivier de Rijn. De Rijn ontstaat in de Zwitserse Alpen en wordt gevoed met zowel regen- als smeltwater. De Rijn en haar aftakkingen zijn dus gemengde rivieren. De rivieren in Nederland verdelen water over Nederland en voeren het af naar de Noordzee of het IJsselmeer (figuur 6.1).

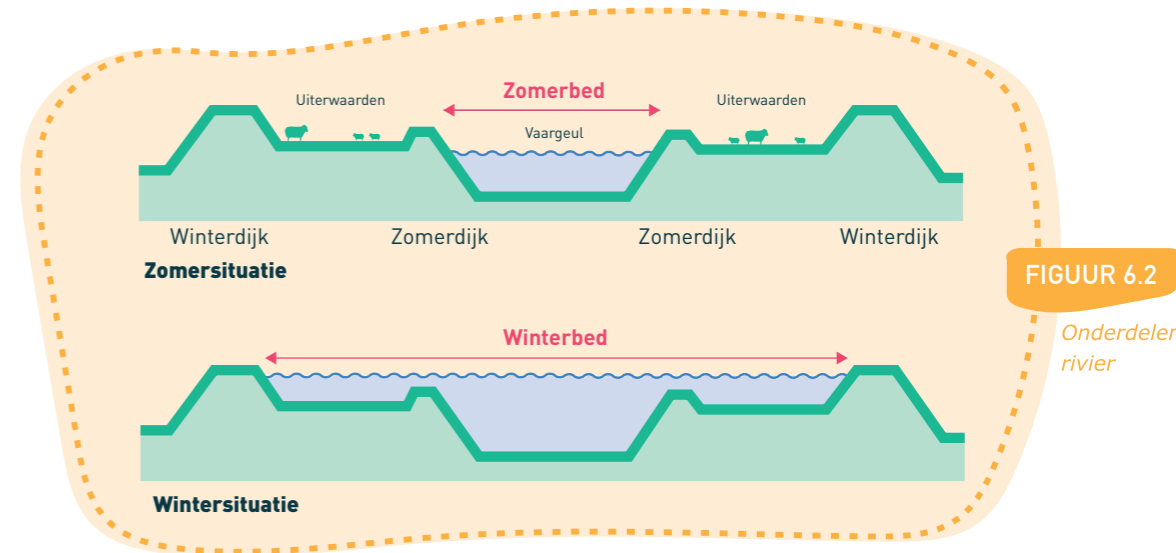
Bescherming in het verleden

De bescherming van Nederland tegen het rivierwater heeft altijd een grote rol gespeeld in de Nederlandse geschiedenis. Al ver in het verleden begonnen we onze rivieren te temmen door deze recht te maken (kanaliseren) en door



FIGUUR 6.1

Stroomgebieden van de Rijn en Maas



FIGUUR 6.2

Onderdelen rivier

het aanleggen van **rieverdijken**. Deze dijken liggen langs de rivierbedding (of vaargeul) en beschermen ons land tegen het rivierwater. In **figuur 6.2** zie je dat een rivier twee soorten dijken kent. De kleine **zomerdijk** ligt direct langs de rivier en houdt het water tegen bij lage waterafvoer. In de zomer is de waterstand van de rivier namelijk lager, omdat meer water verdampt door hogere temperaturen.

Op grotere afstand van de rivier vind je de **winterdijken**. Winterdijken zijn veel hoger dan zomerdijken. Zij houden bij hoge waterafvoer het water tegen en beschermen de bewoonde gebieden achter de dijken. Tussen de zomerdijken en winterdijken liggen de **uiterwaarden**. Uiterwaarden zijn natuurgebieden. Ze worden door burgers gebruikt om te wandelen en in de zomer laten boeren hun vee erop grazen..

Verleden: extreem hoge waterstanden

Het gehele gebied dat afwatert op een hoofdriever, noem je het **stroomgebied**. Alle neerslag die in het stroomgebied van een rivier valt, komt uiteindelijk via de grond of zijrivieren terecht in de hoofdriever. Tot het

stroomgebied van de Rijn en Maas horen dus ook delen van andere landen, onder andere Zwitserland en Frankrijk (**figuur 6.1**).

Meer dan een kwart eeuw geleden kregen de Rijn en de Maas te maken met extreem hoge waterafvoer. In de winters van 1993 en 1995 viel in zowel het gehele stroomgebied van de Rijn als de Maas gedurende een langere periode veel regen. Daarnaast was de hoeveelheid smeltwater in die periode ook hoog. Aangezien regen- en smeltwater uiteindelijk in de rivieren terecht komt en het laatste deel van de Rijn en Maas door Nederland stroomt, had Nederland in 1993 en 1995 de grootste problemen van alle landen.

Op veel plaatsen waren de winterdijken niet sterk genoeg en daardoor konden ze gaan breken. In Limburg is een groot deel van de Maas onbedijkt, omdat ze daar door een dal stroomt. In 1993 stond ongeveer 8% van Limburg onder water. De onbedijkte dorpen Borgharen en Itteren zijn toen helemaal overstromd. 12.000 mensen moesten daarom **geëvacueerd** worden. In het rivierengebied in Gelderland werden uit voorzorg ook honderdduizenden mensen geëvacueerd.



Het hoogwater in Limburg in de zomer van 2021 was ingrijpender dan de rivieroverstromingen in 1993 en 1995. De hevige neerslag samen met het hoogwater in Nederland, Duitsland en België was een extreme en uitzonderlijke gebeurtenis, normaal valt er namelijk vooral veel water in de herfst en winter. Ondanks de goede bescherming vandaag de dag in Nederland, was het spannend of de Limburgse dijken het water konden houden.

Het verhaal van Moniek Molenaar

Moniek (63) woont in Gelderland, in het zogenoemde Land van Maas en Waal. Ze vertelt: "In 1995 heb ik de spannendste dagen van mijn leven meegemaakt. We hadden al gezien dat het water van de rivieren hoog stond (figuur 6.4). Toch maakten we ons geen zorgen, dat het water hoog stond gebeurde immers wel vaker.

Na een tijdje zagen we steeds meer militairen in het dorp, die met zandzakken de dijken verstevigden. Blijkbaar waren de winterdijken toch niet zo sterk als we dachten. We wisten hierdoor wel dat we vroeg of laat misschien zouden moeten evacueren. Alleen dat we zo halsoverkop moesten vertrekken, daar hadden we niet op gerekend. We hadden alleen tijd om wat kleren voor onszelf en de kinderen te pakken en om onze paspoorten mee te nemen. Daarna moesten we weg. Wat was dat spannend! Of de dijk het wel zou houden, of ons huis zou blijven staan, of de fotoalbums van de kinderen droog zouden blijven...

Gelukkig zakte het water na een paar dagen en konden we weer terug naar huis. We hebben geluk gehad. Vooral omdat 2 jaar geleden in Limburg wel meerdere dorpen overstroomd zijn."

FIGUUR 6.4

Hoge waterstanden van de Rijn (1995, bij Ophemert) © struingids.nl, 2020



Ruimte voor de Rivier

De gebeurtenissen begin jaren 90 mochten niet nog eens gebeuren. Daarom is na die periode ervoor gezorgd dat wij beter beschermd werden tegen rivieroverstromingen. Zo zijn bestaande dijken versterkt en langs de Maas zijn op bepaalde plaatsen dijken aangelegd. Alsmear dijken verhogen heeft echter geen zin als de waterafvoer alsnog hoog blijft. Daarom kwam er een nieuwe aanpak: **Ruimte voor de Rivier**. Als rivieren meer ruimte krijgen, kunnen ze meer water afvoeren in periodes dat het nodig is. Ongeveer 40 verschillende maatregelen zijn uitgevoerd in de jaren van het project.

Op sommige plaatsen is de rivier bij hoogwater net een trechter, waarin de waterafvoer blijft hangen. Op deze plekken is de winterdijk verder landinwaarts gelegd. Natuur krijgt hierdoor ook meer ruimte. Soms is **dijkverlegging** geen optie, bijvoorbeeld in de buurt van een stedelijk gebied. Daarom zijn ook extra afvoerkanalen in de uiterwaarden gegraven, de zogeheten **nevengewalen**. Daarnaast zijn uiterwaarden verdiept.

Op de plaatsen waar de rivier in zee uitkomt, kunnen harde winden bij een storm het zeewater omhoog stuwen. Rivierwater kan

hierdoor niet goed meer naar zee. Ook kan de wind het water van de rivier terugduwen naar waar de rivier vandaan komt. In het verleden gaven deze problemen overstromingsrisico's. Op deze plekken zijn daarom gebieden gemaakt waar het rivierwater tijdelijk opgeslagen kan worden wanneer dat nodig is. Als de zeespiegel weer is gezakt, kan het rivierwater verder doorstromen naar zee. We noemen deze tijdelijke (nood)oplossing **waterberging**.

Meer wateroverlast in de toekomst

Door klimaatverandering stijgt de temperatuur en zijn er vaker periodes met meer neerslag. Temperatuurstijging zorgt namelijk voor warmere lucht. Je weet intussen dat warmere lucht, die meer waterdamp kan opnemen, gaat stijgen, afkoelt en daardoor regen veroorzaakt. Door de hogere temperatuur is er naast meer regen ook meer smeltwater. Als gevolg van beide factoren stijgen de waterstanden van onze rivieren.

Naast dat er meer neerslag valt, veranderen ook de kenmerken van neerslag. Zo valt in de bergen minder neerslag in de vorm van sneeuw en meer als regen. Anders dan sneeuw, wordt regen direct afgevoerd en kan daardoor voor **piekafvoeren** in de rivieren zorgen. Ook vallen

in de zomer vaker zware stortbuien. Rivieren moeten dan ineens grote hoeveelheden water verwerken.

Het project Ruimte voor de Rivier heeft er gelukkig voor gezorgd dat rivieren tegenwoordig meer water kunnen afvoeren. Maar als we er vanuit gaan dat rivieren steeds meer water moeten vervoeren in de toekomst, moeten we ook vandaag de dag plannen blijven maken zodat rivieren genoeg ruimte blijven krijgen. Ook moeten dijken altijd stevig genoeg blijven. Op deze manier kunnen we rekening houden met de gevolgen van klimaatverandering op rivieren en onszelf in de toekomst hopelijk blijven beschermen tegen het rivierwater.

Droogte

Naast dat het natter wordt in Nederland, moeten we ons ook voorbereiden op (lange) periodes van droogtes. Vooral in de zomers ontstaan, door minder regen en meer verdamping, vaker watertekorten. Rivieren gaan hierdoor lager staan en zout zeewater kan de rivieren binnendringen. Hierdoor treedt verzilting op. Het rivierwater kan dan niet meer gebruikt worden als drinkwater of voor de landbouw. Om verzilting en watertekorten te voorkomen, moeten we voldoende voorraden zoet water tot onze beschikking hebben.

Het IJsselmeer, met haar grootste zoetwatervoorraad van Nederland, speelt hierin een belangrijke rol. Om hierop in te spelen is het plan gemaakt om het waterpeil van het

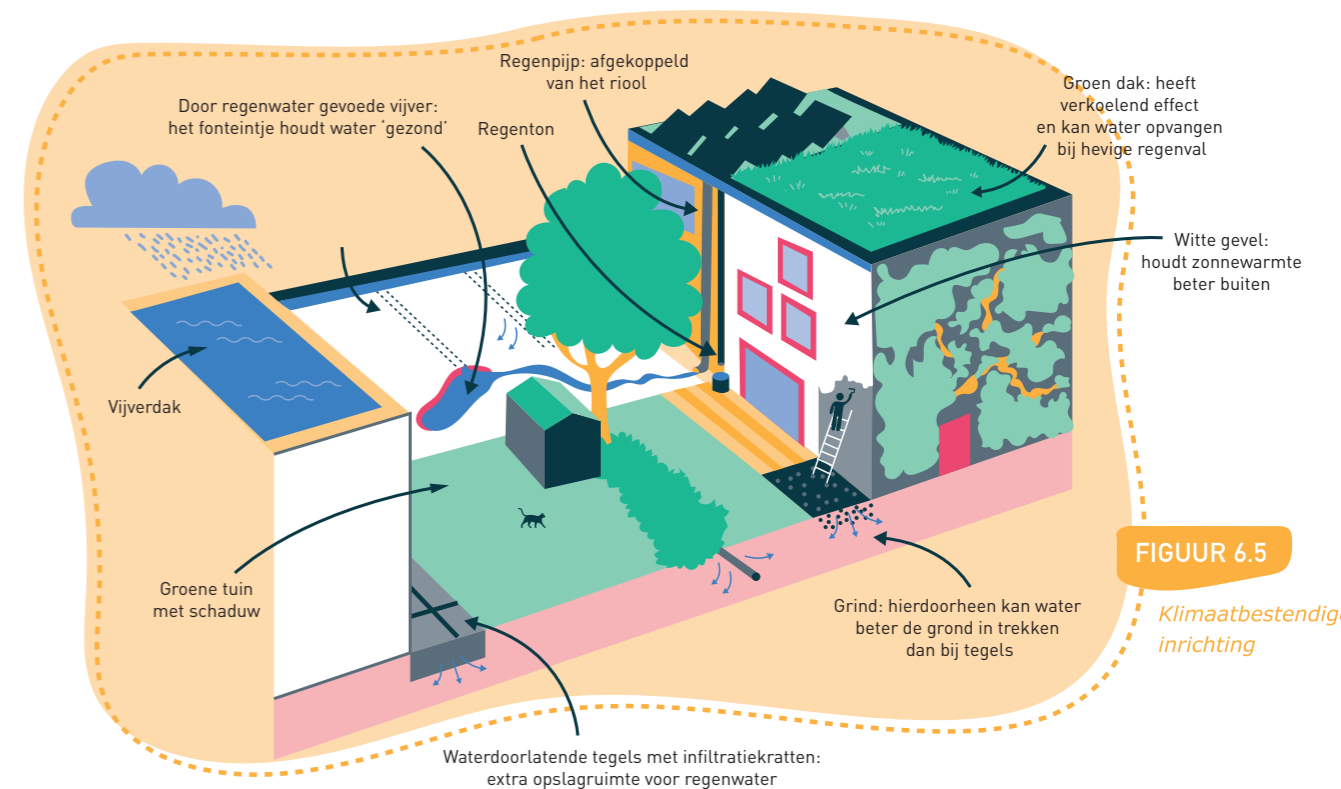
IJsselmeer flexibeler te maken: een hoger peil in het voorjaar, maar een lager peil aan het einde van de zomer. Op deze manier is er altijd voldoende zoetwater beschikbaar in droge periodes, maar blijft het waterniveau ook op veilige hoogte in de nattere periodes.

Wateroverlast in steden

Water dat op gras, in parken of bossen valt, zakt de grond in. Het water komt dan uiteindelijk in ondergrondse waterbronnen terecht. Dit kan wel tientallen of honderden jaren duren. In steden gebeurt dit niet zo makkelijk doordat een groot deel van de grond hier bedekt is met steen en asfalt (**verstening**). Als het regent, kan het water dus niet wegzakken in de grond. In plaats daarvan stroomt het via het versteend oppervlak naar afvoerputten en komt het zo via het riool in de rivieren terecht. Bij teveel neerslag kan ons rioolstelsel het overtollig water echter niet meer afvoeren en kunnen straten blank gaan staan. Als in de nabije toekomst steeds meer en extremer neerslag valt, zorgt dit dus in steden voor wateroverlast. Rivieren krijgen als gevolg hiervan steeds vaker ineens veel water wat ze moeten afvoeren.

Klimaatbestendige inrichting van de stad

Om wateroverlast in steden te voorkomen, en daarmee uiteindelijk ook piekafvoeren in rivieren, wordt in veel Nederlandse steden de inrichting aangepast. Straten, parken, daken,



FIGUUR 6.5

Klimaatbestendige inrichting

duinen en gebouwen worden speciaal ingericht om water goed op te kunnen vangen en af te voeren. In veel grote steden veranderen daken bijvoorbeeld in groene daken en worden wijken opnieuw ingericht met meer groen en minder steen (figuur 6.5). Je noemt dit **klimaatbestendige inrichting**. In alle nieuwbouwwijken wordt bij de planning ervan rekening gehouden met klimaatverandering.

Naast meer groen en andere vormen van bestrating, worden waterpleinen aangelegd waar bij flinke regenbuien het water tijdelijk opgeslagen kan worden. Op deze manier wordt het riool ontlast. Het riool kan ook ontlast worden door regenpijpen los te koppelen van het riool. Dit gebeurt onder andere in de relatief nieuwe wijk Leidsche Rijn in Utrecht. In deze wijk vind je ook veel **wadi's** (figuur 6.6): een lager gelegen strook groen, waar overtollig regenwater in wordt opgevangen en langzaam de grond in trekt. De Gemeente Utrecht geeft ook geld aan bewoners als zij een groen dak willen aanleggen.

Een klimaatbestendige inrichting heeft ook een positief effect op andere factoren. In steden is het vaak warmer dan in landelijke gebieden,



In de binnenstad van Utrecht is het gemiddeld 2,5 °C warmer dan buiten de stadsgrenzen. In het grootste park van Utrecht (het Máximapark in Leidsche Rijn) is het door al het groen nog veel koeler dan in de binnenstad.

soms wel 4 °C warmer. Het verschijnsel dat stedelijke gebieden warmer zijn, noemen we het **hitte-eilandeffect**. Een belangrijke oorzaak van dit effect is de verstening in steden. Het hitte-eilandeffect zorgt voor meer warme lucht, waardoor weer meer regen kan ontstaan. Een klimaatbestendige inrichting met meer groen, zal in steden dus een verkoelend effect hebben. Door meer groen kan regenwater ook langer vastgehouden worden, wat weer positief is in drogere periodes. Tot slot heeft het een positief effect op de biodiversiteit in steden, omdat het groen bijvoorbeeld meer insecten aantrekt.

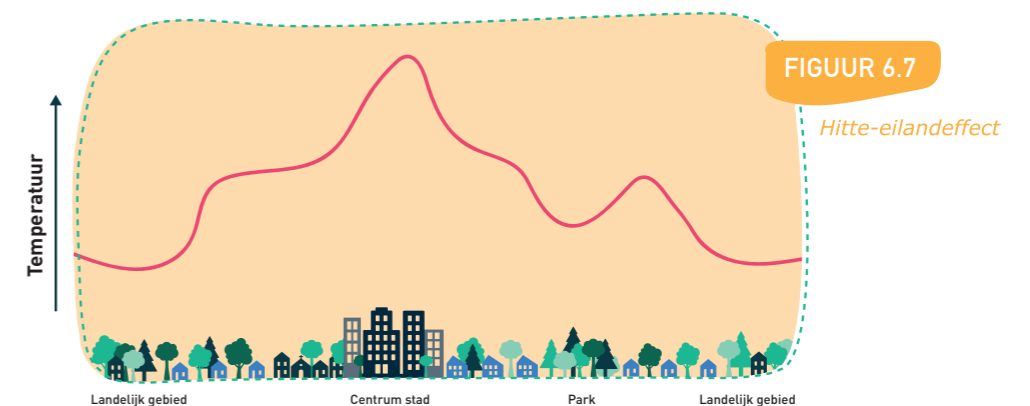


FIGUUR 6.6

Wadi in Leidsche Rijn
(Rijnkennemerlaan)
© Kreeftenberg, M., 2021

1.6 Vragen

- (R)** Geef de drie typen rivieren en geef aan wat voor water de rivier vervoert.
- (R)** Op welke twee manieren zorgt klimaatverandering voor meer water in rivieren?
- (T)** Leg uit waarom...
 - ... we niet alleen zomerdijken kunnen hebben in Nederland.
 - ... het ongunstig is om alleen winterdijken te hebben in Nederland.
- (T)** Bekijk **figuur 6.2**. Neem de bovenste tekening over in je schrift. Let op: het water hoeft niet te tekenen.
 - Pak een ander kleur potlood en teken hiermee twee genoemde maatregelen (dijkverlegging en nevengeul) van Ruimte voor de Rivier in jouw tekening.
 - Gebruik **de Grote Bosatlas**, kaart 42B. Kies van alle maatregelen twee maatregelen uit die niet in je boek staan. Leg per maatregel uit hoe deze maatregel zorgt voor meer ruimte voor de rivier en dus voor een minder grote overstromingskans.
- (T)**
 - Is het project Ruimte voor de Rivier een voorbeeld van mitigatie of adaptatie? Leg uit waarom het een voorbeeld is van het één en waarom het géén voorbeeld is van het ander.
 - Is klimaatbestendige inrichting een voorbeeld van mitigatie of adaptatie? Leg uit waarom het een voorbeeld is van het één en waarom het géén voorbeeld is van het ander.
- (T)** Bekijk **figuur 6.5**. Maak een soortgelijke tekening van jouw huis en tuin óf van de school en het schoolplein. Teken in deze tekening in ieder geval drie maatregelen die je kunt toepassen. Je mag internet gebruiken ter inspiratie voor meer maatregelen.
- (I)** Bekijk **figuur 6.7**.
 - Beschrijf hoe je in dit figuur het hitte-eilandeffect ziet.
 - Leg uit waarom het hitte-eilandeffect veroorzaakt wordt door verstening en als gevolg heeft dat het meer regent.
- (I)** Gebruik bladzijde 80 van **de Bosatlas van de Duurzaamheid**. Lees de tekst en bekijk de figuren. Leg vervolgens in een paar zinnen uit waarom het zo belangrijk is dat we zuinig zijn met ons zoete water en waarom de mens zijn activiteiten daarvoor moet aanpassen of veranderen.
- ★** In de geografie gebruiken we het begrip 'vertragingstijd' om de tijd aan te geven die een druppel water nodig heeft om (nadat het gevallen is) vanaf een bepaalde locatie in een rivier of riool te komen. De vertragingstijd wordt beïnvloed door het soort oppervlak waarop de neerslag valt.
 - Leg uit waarom de vertragingstijd in steden veel korter is dan in landelijke gebieden.
 - Leg uit waarom in steden door de kortere vertragingstijd sneller sprake kan zijn van wateroverlast dan in landelijke gebieden.



FIGUUR 6.7

Hitte-eilandeffect

1.6 Begrippenlijst

Dijkverlegging

Maatregel om de rivier meer ruimte te geven door de winterdijk verder landinwaarts te verleggen.

Gemengde rivier

Rivier die zowel smeltwater van een gletsjer als regenwater afvoert.

Gletsjerrivier

Rivier die alleen smeltwater van een gletsjer afvoert.

Hitte-eilandeffect

Het verschijnsel dat de temperatuur in stedelijke gebieden gemiddeld hoger is dan in landelijke gebied.

Klimaatbestendige inrichting

Inrichting van steden die ervoor zorgt dat de effecten van klimaatverandering opgevangen kunnen worden. Bijvoorbeeld meer groen voor een verkoelend effect en voor het vasthouden van overtollig water.

Nevengeul

Extra afvoerkanaal in de uiterwaard, als maatregel om de rivier meer water af te kunnen laten voeren.

Piekafvoer

(Extreem) hoge afvoer van een rivier, op een bepaald moment. Regenrivier: Rivier die alleen regenwater afvoert.

Rivierdijken

Dijken langs beide zijden van de rivier die als doel hebben ons te beschermen tegen overstromingen.

Ruimte voor de Rivier

Project bestaande uit verschillende maatregelen in het rivierengebied die ervoor hebben gezorgd dat de Nederlandse rivieren meer ruimte kregen en daardoor de overstromingskans van rivieren verkleind hebben. Dit project is intussen afgerond.

Stroomgebied

Het gehele gebied dat afwatert op de hoofdriever, waarbij alle neerslag die in het stroomgebied valt, uiteindelijk via de grond of zijrivieren terechtkomt in de hoofdriever.

Uiterwaarden

Het natuurgebied tussen de winterdijk en zomerdijk.

Verstening

Toename van het bebouwde oppervlak (steen) en de infrastructuur (asfalt).

Wadi

Een groenstrook in de stad die bij regen overtollig water opvangt en waar het regenwater langzaam de grond kan intrekken.

Waterberging

Een gebied waar rivierwater tijdelijk opgeslagen kan worden in bepaalde (nood) situaties.

Winterdijk

Hoge dijk, verder van de rivier af, die ons beschermt tegen hoge waterstanden van de rivier.

Zomerdijk

Kleine dijk, direct langs de rivier, die water tegenhoudt bij een kleine verhoging van het rivierwater.



Nevengeul IJssel
© Rijkswaterstaat.nl, 2021

FIGUUR 6.8



Dit is de Rainbow Mountain (Vinicunca) in Peru op 5200 meter hoogte. Deze kleuren wordt veroorzaakt door een mengsel van rood ijzeroxide, groen kopersulfaat en gele zwavel. Tot en met 2016 was dit nog helemaal geen toeristische trekpleister. Daarvoor was de berg namelijk volledig bedekt met sneeuw. Door vroegere klimaatverandering is de gletsjer op de berg gaan smelten en zijn de kleuren van de berg zichtbaar geworden.



Gouverneursopdracht 1: Op een onbewoond eiland

In deze opdracht kruip je in de huid van mensen uit een door jou gekozen land. Het land dat je gaat kiezen ligt in een continent dat door jouw docent aan jou is toegewezen. Dit land wordt bij aardrijkskunde dit schooljaar 'jouw land'.

Doel

In deze opdracht kruip je in de huid van een echte **gouverneur**. Een gouverneur is iemand die vanuit zijn of haar land een provincie, deelstaat of eiland bestuurt. Voor de kust van jouw land is een eiland ontstaan. Jij hebt de eer om gouverneur van dit eiland te mogen zijn. Jij moet als gouverneur dit eiland in kaart gaan brengen. Je gaat daarvoor in deze opdracht twee kaarten van jouw eiland ontwerpen: eerst een **basiskaart** en uiteindelijk maak je daarvan een **overzichtskaart** met daarop nog een aantal zelfgekozen onderdelen.

Stap 1 Jouw land kiezen


De docent verdeelt de klas in zes groepen. Iedere groep hoort bij één van de zes continenten. Om de opdracht goed te kunnen doen zijn de continenten 5 en 6 iets aangepast. Ook is Antarctica niet in deze opdracht meegenomen omdat er (bijna) geen mensen wonen.

1. Noord-Amerika en Midden-Amerika
2. Zuid-Amerika
3. Europa
4. Afrika
5. Azië (zonder Zuidoost-Azië)
6. Oceanië (met Zuidoost-Azië)

In het continent van jouw groep **kies je een land** waar jij vandaan komt. Dit doe je in goed overleg met de andere gouverneurs die tot dit continent behoren. Iedereen heeft dus uiteindelijk een ander land. Omdat het eiland voor de kust van jouw land gevonden is, **moet jouw land aan een zee of oceaan liggen**.

Stap 2 Jouw nieuwe achternaam

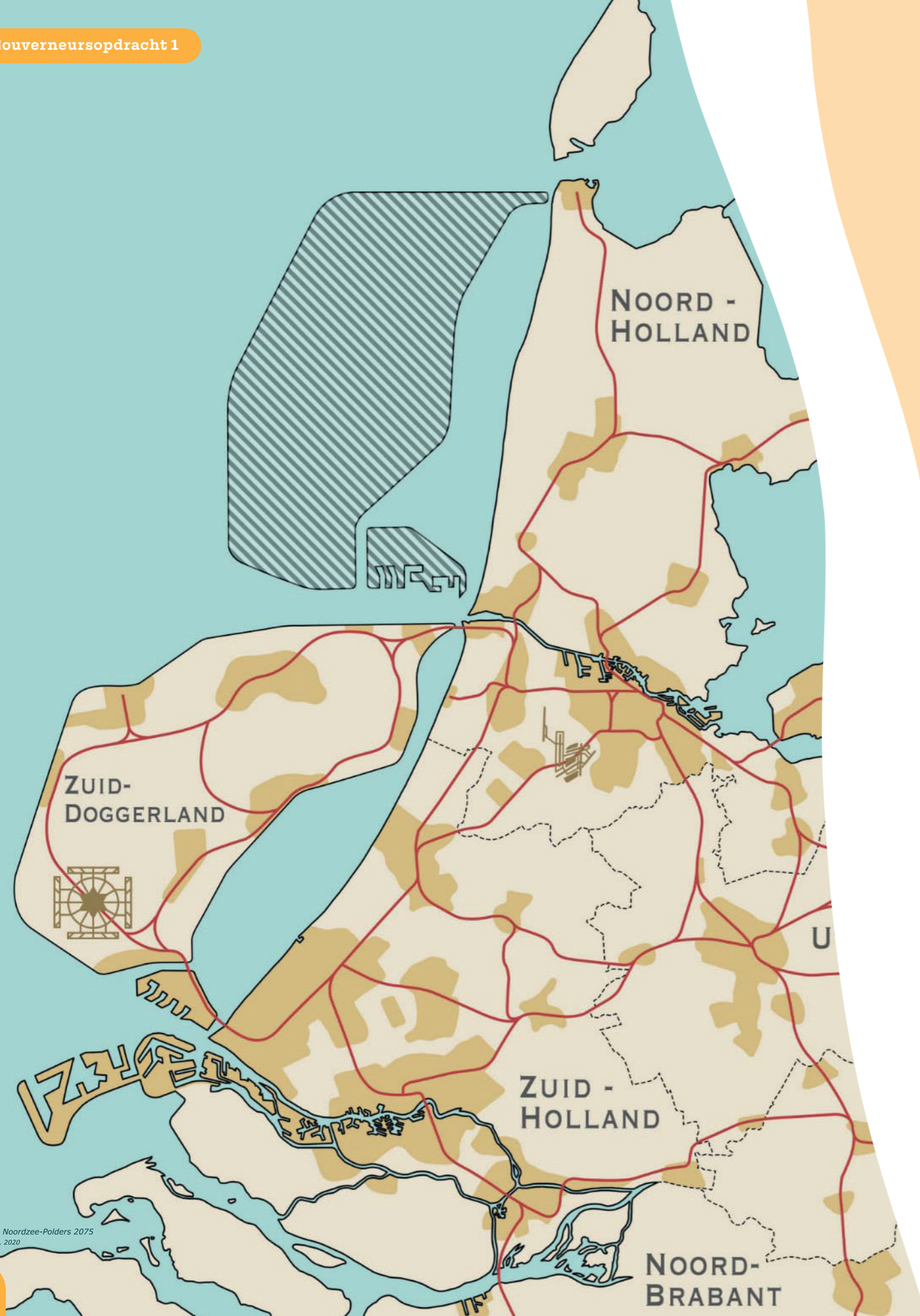
Om in de huid te kruipen van jouw gouverneurschap, heb je eerst **een nieuwe achternaam** nodig. Deze moet namelijk passen bij het land waar jij vandaan komt. Zoek op Google een bij jouw land passende populaire achternaam. Zo kun je voor Venezuela vanaf nu door het leven gaan als Mohammed Chavez of kun je voor de Verenigde Staten door het leven gaan als Nienke Wilson.

 **Tip:** Zoek op Google bijvoorbeeld 'populaire achternaam Venezuela' of probeer het in het Engels: 'Popular surname Venezuela'.

Stap 3 De naam van jouw eiland

Voor de kust van jouw land is recent een vulkaan uitgebarsten. Hierdoor is een eiland ontstaan. Dit eiland heeft een omvang van ongeveer 10.000 vierkante kilometer, wat ongeveer een kwart is van de omvang van Nederland. De regering van jouw land geeft het eiland na 20 jaar vrij: op dat moment mag het eiland bevolkt gaan worden. Als lokale inwoner van het land ben jij flink opgeklommen in de politiek. Omdat jij zo'n populaire politicus bent, word jij benoemd tot de eerste gouverneur van het eiland. Hierdoor lever jij een enorme bijdrage aan de ontwikkeling van het eiland. Voordat de nieuwe inwoners het eiland gaan bevolken, mag jij als gouverneur een naam kiezen voor het eiland.

In het bevolken van nieuwe eilanden of gebieden is in de geschiedenis vaak gekozen voor het plakken van het woordje 'nieuw' voor een bestaande stadsnaam of naam van een regio of provincie. Denk hierbij aan Nieuw Amsterdam, New York en Nieuw Zeeland. Jij gaat het door jouw land



ontdekte eiland een naam geven welke je ontleent aan een regio of provincie in jouw land. Hier ga je het woordje 'nieuw' voor plaatsen. Je kunt 'Nieuw' vertalen naar de taal van jouw land. In de taal Swahili is het woord nieuw 'mpya'. Zo kan het eiland van Kenia bijvoorbeeld 'Mpya Kamba' gaan heten. **Kies voor jouw eiland een naam.**

Tip: Gebruik Google en typ 'nieuw in swahili' of 'nieuw in het Spaans'. Soms moet je dus eerst uitzoeken welke taal ze in jouw land spreken. Vervolgens kies je een naam van een regio of provincie die het eiland gaat krijgen.

Je hebt nu een nieuwe achternaam gekozen en hebt een naam bedacht voor jouw eiland. Met je nieuwe identiteit en functie als gouverneur, ga je jezelf voorstellen aan de rest van de klas en de docent. Je kan bijvoorbeeld zeggen: "Ik ben [eigen voornaam + nieuwe achternaam] uit [jouw gekozen land] en ben benoemd tot eerste gouverneur van het eiland [naam eiland]."

Stap 4 Jouw nieuwe eiland in kaart brengen

Eerder heb je geleerd dat een goede kaart in ieder geval een **titel, legenda, noordpijl en een schaal** heeft. Je gaat nu zelf **een kaart maken**. Op deze kaart is het ontdekte eiland te zien. Je mag als gouverneur zelf gaan bepalen wat je allemaal op jouw eiland kunt vinden. Wel moeten in ieder geval de **onderdelen van een overzichtskaart** te zien zijn op de kaart: hoogte, dorpen of steden, rivieren, wateren en belangrijke wegen.

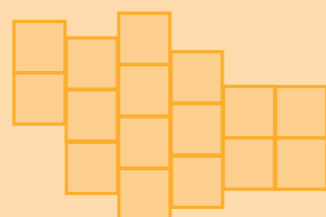
Wat we wel al van tevoren weten is hoe groot het eiland ongeveer is: 10.000 vierkante kilometer. De vorm van het eiland staat echter nog niet vast. Lees eerst alle stappen tot en met stap 4.4 door, voordat je gaat beginnen met de opdracht.

4.1 Bepaal het oppervlak van jouw eiland

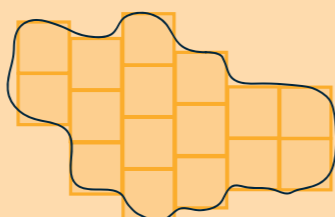
Om de vorm van het eiland te bepalen ga je een schets maken van jouw eiland op basis van 16 vierkanten van elk 25 bij 25 kilometer. Je gebruikt hiervoor ruitjespapier waarbij ieder ruitje van 1 centimeter bij 1 centimeter, 5 bij 5 kilometer in werkelijkheid is.

1. Bedenk nu zelf wat **de schaal van jouw kaart is**. Deze heb je ook nodig voor de rest van de opdracht.
2. **Knip daarna de 16 vierkanten.**

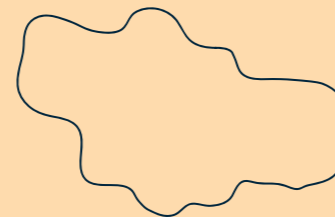
De oppervlakte van jouw eiland is dan als volgt:
 $25\text{km} \times 25\text{km} = 625 \text{ km}^2$
 $625 \text{ km}^2 \times 16 = 10.000 \text{ km}^2$



1. Vorm van het eiland op basis van 16 vierkanten.



2. Grens van het eiland.



3. Basiskaart.

FIGUUR G1.1 Van vierkanten naar basiskaart

4.2 Teken de basiskaart van jouw eiland

Nu ga je, op basis van de 16 vierkanten, de grenzen van jouw eiland op een A3 blad maken. Zie figuur G1.1.

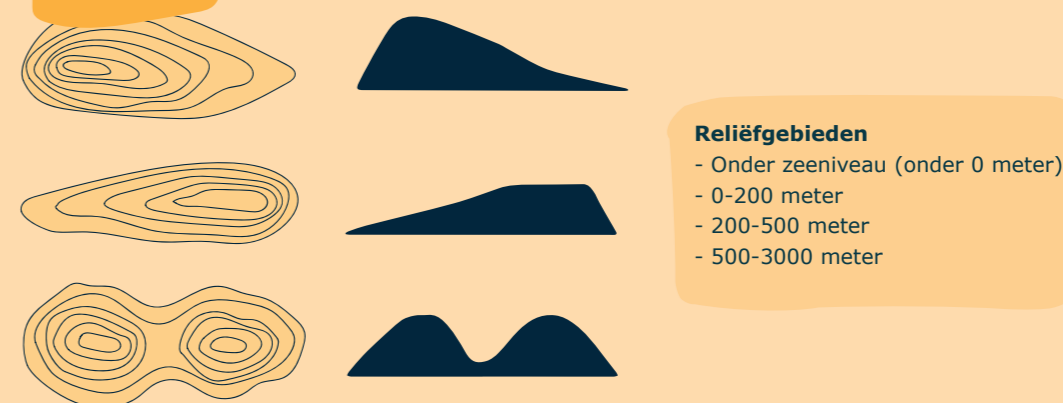
1. Leg de vierkanten zo neer op het A3 blad, dat je tevreden bent met de **vorm van jouw eiland**. Let op: zorg dat je aan de bovenkant en rechterkant van het A3 blad ruimte overhoudt voor de **titel en legenda**.
2. Een eiland bestaat natuurlijk niet uit kaarsrechte vormen en is in werkelijkheid heel anders van vorm. Je gaat nu de echte **vorm van jouw eiland met potlood tekenen op het A3 blad**. Bewaar de vierkanten nog wel, deze heb je later weer nodig.

4.3 Schets de overzichtskaart van jouw eiland

Je gaat nu de fysische geografie van jouw eiland, dijken en woonplekken intekenen in jouw 'basiskaart' van stap 4.2.

1. Gebruik de basiskaart van stap 4.2. Neem de grens over op een nieuw A3 blad. Dit wordt het **schetsblad** waar je eerst op gaat oefenen.
2. Naast dat het eiland niet uit rechte vormen en vierkanten bestaat, is ze ook niet plat maar kent ze **hoogteverschillen (reliëf)**. Jouw eiland kent 4 reliëfgebieden, zie het kader hieronder zie je de hoogtes per gebied. voor de hoogtes per gebied. **Deze reliëfgebieden ga jij tekenen**, eerst op het schetsblad. Zorg dat je maximaal 4 vierkanten gebruikt voor 500-3000 meter hoogte en **maximaal 3 vierkanten** voor het gebied onder zeeniveau.

FIGUUR G1.2 Reliëf van boven en vanaf de zijkant bekeken



Tip: Hoe je reliëf goed kan tekenen, zie je in **figuur G1.2** en **figuur G1.3**. Kies voor ieder reliëfgebied een bijpassende kleur. Hoge gebieden krijgen donkerdere kleuren dan de lage gebieden. Gebruik ook neutrale kleuren, zoals bruin, groen en geel.

Tip: Kijk in **de Grote Bosatlas** voor voorbeelden van overzichtskarten zodat je kan zien hoe het reliëf daar weergegeven wordt en welke kleuren gebruikt worden.

Let op: Zorg dat in jouw kaart de reliëfgebieden elkaar altijd logisch opvolgen in hoogte. Een gebied kan nooit opeens van 3000 meter hoogte overlopen in een gebied onder zeeniveau.



FIGUUR G1.3

Overzichtskaart
 Noord-Sumatra
 - Indonesie,
 © Vanverre, 2020

- Vanuit de bergen stroomt er ook **een rivier** naar de zee. De rivier stroomt in een laaggelegen deel van het eiland uit in de zee.
Let op: water stroomt altijd van een hoog punt naar een laag punt, nooit andersom.
- Eén van de eerste dingen die de gouverneur van het eiland doet, is het bouwen van **dijken** om het land onder zeeniveau te beschermen tegen de zee.
- De mensen die op het eiland gaan wonen, moeten natuurlijk ergens kunnen wonen. Kies daarom een geschikte locatie voor **één of meerdere dorpen of steden**. Gezien het feit dat jij de gouverneur van dit eiland bent, zal één van deze plekken **jouw nieuwe woonplaats** worden.
- Zorg dat op jouw schetsblad **het reliëf**, de rivier, de dijken en woonplek(ken) in kaart zijn gebracht. Laat deze schets controleren door jouw docent. Daarna kan je door naar stap 4.4.

Let op: Het is een schets. Je hoeft er dus niet teveel tijd in te steken. In stap 4.4 ga je alles netjes tekenen.

4.4 Teken de overzichtskaart van jouw eiland



- Gebruik** de basiskaart die je bij stap 4.2 hebt gemaakt.
- Bedenk eerst wat er naast de onderdelen van een overzichtskaart (stap 4.3), nog meer **op jouw eiland te zien is** en schrijf dit allemaal op de achterkant van het schetsblad.

Tip: Denk bijvoorbeeld aan **fysische geografie** als: strand, duinen, natuurgebieden, meren, bergen, vulkanen, etc. Ook kan je nog zaken toevoegen die met **sociale geografie** te maken hebben: wegen die alles met elkaar verbinden, economische zaken (landbouwgrond, kantoren, winkels, bioscoop, etc.), andere transportmiddelen (treinstation en rails, busstation, vliegveld, etc.), duurzame zaken (windmolens, zonnepanelen, etc.). **Wees creatief!**

- Teken nu jouw uiteindelijke overzichtskaart.** Neem daarvoor eerst alles netjes over van het schetsblad en teken vervolgens de overige zaken die je bedacht hebt in de vorige stap. Alle onderdelen die je tekent in jouw eiland, moeten ook terug te vinden zijn in de legenda. Door het bekijken van de legenda begrijpt iedereen de kaart goed.



Let op: Zorg dat je steeds alles goed op schaal tekent, de verhoudingen moeten kloppen.

- Geef alles een naam**, bijvoorbeeld het dorpje 'Palmdorp', het bos 'Het Grote Woud' en de rivier 'de Panga'.
- Teken de breedte- en lengtegraden van jouw eiland in op jouw kaart. Kijk voor een voorbeeld van hoe dat eruit ziet, naar een kaart van Nederland in **de Grote Bosatlas**. Volg onderstaande stappen.

- Pak de atlas en bedenk waar jouw eiland ligt. Dit is ergens voor de kust van jouw land.
- Het eiland ligt op dezelfde breedtegraden als jouw land. Noteer de breedtegraden van jouw land: van het noordelijkste puntje en het zuidelijkste puntje. *Bijvoorbeeld: Het land ligt tussen 34° N.B. en 42° N.B.*
- Bedenk nu op welke breedtegraden jouw eiland ligt. Dat is dus ergens tussen de breedtegraden van jouw land. Aangezien het eiland een kwart van de omvang van Nederland is, hoef je in de breedte maar maximaal 1,5° te hebben. *Bijvoorbeeld: Jouw eiland ligt tussen 38° N.B. en 39,5° N.B.*
- Het eiland ligt ergens in het water voor de kust van jouw land. Dat betekent dat je de lengtegraden van jouw eiland zelf moet bepalen, deze zijn namelijk anders dan die van jouw land (jouw land ligt immers niet in het water). Ook hier kies je weer maximaal 1,5°. *Bijvoorbeeld: Jouw eiland ligt tussen 20° W.L. en 21,5° W.L.*
- Teken nu de verschillende lijnen in op jouw kaart en schrijf de graden die je bedacht hebt bij de lijnen. Bedenk zelf hoeveel lijnen je in de breedte en lengte gaat tekenen.

- Zorg ervoor dat op jouw kaart een **noordpijl**, **titel** (naam eiland uit stap 3) en **schaal** staat.
- Print een kaart van het continent waar jouw eiland bij hoort. Teken daar jouw nieuwe eiland (op schaal) op in. Deze plak je op de achterkant van jouw A3 blad.

- Lever de kaart in bij de docent en volg hierbij duidelijk de instructie hoe je dit moet doen.



Aatdalt. (2018). *Alaska, Verenigde Staten*. https://www.reddit.com/r/EarthPorn/comments/5ut3iq/recently_moved_to_alaska_from_texas_its_a_bit/

Al minstens dertig doden door overstromingen Jakarta. (2020). *AD*. <https://www.ad.nl/buitenland/al-minstens-dertig-doden-door-overstromingen-jakarta~abd87408/>

CBC. (2021) *Australie heeft in 2019 en 2020 te maken gehad met extreem veel bosbranden*. <https://www.cbc.ca/passionateeye/episodes/australias-black-summer>

Costa Rica Guide. (z.d.). *Costa-Rica-Guide*. Geraadpleegd 24 juni 2020, van <https://costa-rica-guide.com/stories/over-the-hill/coroma-to-kichuguecha/attachment/0483-p1020382/>

Creating Stories. (2022). *De woonplaats van Daan*. <https://creatingstories.nl/reizen/groenland/>

De Nederlandse Molendatabase | Overwaard Molen No.4, Kinderdijk. (z.d.). *De Nederlandse Molendatabase*. Geraadpleegd 24 juni 2020, van <https://www.molendatabase.nl/nederland/molen.php?nummer=1014>

De watersnood. (z.d.). *Canon van Nederland*. Geraadpleegd 24 juni 2020, van <https://www.canonvannederland.nl/nl/watersnood>

ESA. (2011). *Satellietbeeld van de Nederlandse delta*. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2011/11/Rotterdam_Netherlands

Fotogalerij Gennep- de mooiste foto's en afbeeldingen van Gennep nu en vroeger. (z.d.). *Fotogalerij Gennep*. Geraadpleegd 24 juni 2020, van <https://www.gennepnu.nl/gennepoudekaart.htm>

Frostenson, S. (2017, 27 mei). *Experts: The Great Barrier Reef cannot be saved*. *Vox*. <https://www.vox.com/science-and-health/2017/4/18/15272634/catastrophic-coral-bleaching-great-barrier-reef-map>

Introducing the Roadmap to Zero Emissions – Architecture 2030. (z.d.). *Architecture 2030*. <https://architecture2030.org/introducing-the-roadmap-to-zero-emissions/>

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2018: *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of*

1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. *In Press*.

IPCC, 2019: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. *In press*.

IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. *In Press*.

KETTLEY, S. (2019). *Greta Thunberg UN speech in FULL: Read climate activist's condemnation of world leaders*. *Express*. <https://www.express.co.uk/news/science/1216452/Greta-Thunberg-UN-speech-full-COP25-Greta-Thunberg-speech-transcript-climate-change>

KNMI. (2019). *Verwachte mondiale zeespiegelstijging tot 2300*. <https://magazines.rijksoverheid.nl/knmi/knmispecials/2019/03/nu-en-in-de-toekomst>

KNMI. (2020). *Klimaatstreepjescode*. <https://knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/klimaatstreepjescode-warming-stripes>

Kreeftenberg, M. (2021). *Wadi in Leidsche Rijn*.

Kuzim, N. (2020). *Bevroren methaan bellen in Abraham Lake, Alberta Canada*. <https://www.instagram.com/nickphys/?hl=en>

Lennitomaps. (2020). *Ontwikkeling Noordzee-Polders 2075*. <https://www.instagram.com/lennitomaps/>

Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (z.d.). *Hoogwater*. <https://docplayer.nl/20007089-Hoogwater-op-de-rijn-en-de-maas.html>

Middendorp, H. (2020). *De boot in het gat in de dijk bij Nieuwerkerk aan de IJssel*. <https://nietbangvoorwater.info/zuid-holland-watersnood/>

Noordhoff Uitgevers. (2019). *De Bosatlas van de Duurzaamheid*. Noordhoff Uitgevers bv, Groningen.

NOS. (2018, 10 augustus). *De Costa Blanca droogt op, maar jij mag als toerist gewoon de kraan openzetten*. <https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2245497-de-costa-blanca-droogt-op-maar-jij-mag-als-toerist-gewoon-de-kraan-openzetten.html>

NPOKENNIS. (2021). *Een huis dat ondergelopen is tijdens de watersnoodramp*. <https://npokennis.nl/longread/7562/waardoor-overstroomde-nederland-in-1953>

Nuijen, E. (2020, 26 januari). *Evacuatie in 1995? Joke van den Ban bleef*. *Struingsids*. <https://struingsids.nl/evacuatie-in-1995-joke-van-den-ban-bleef/>

Oosterscheldekering. (z.d.). *VVV Zeeland*. Geraadpleegd 24 juni 2020, van <https://www.vvvzeeland.nl/nl/oosterscheldekering-oid18601/>

PBL. (2010). *Overstromingsgevoelig gebied*. <https://www.pbl.nl/correctie-formulering-over-overstromingsrisico>

Rijkswaterstaat. (2021). *Zandmotor*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/zandmotor>

Rijkswaterstaat. (2021). *Nevengeulen in de IJssel*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren>

RIVM. (2018). *Aantal mensen met lyme ruim verviervoudigd*. <https://www.rivm.nl/nieuws/aantal-mensen-met-lyme-ruim-verviervoudigd>

Ruiz, M. (2020). *Bloeiende Atacama Woestijn*. <https://i.imgur.com/0ozjds5.jpg>

Showyourstripes. (2020). *Klimaatstreepjescode van de gehele wereld*. <https://showyourstripes.info/s/globe>

Speksnijder, C. (2017, 2 augustus). *Amerikaanse wetenschappers: delen van Zuid-Azië tegen 2100 onleefbaar doordat het er veel te heet wordt*. *Volkskrant*. <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/amerikaanse-wetenschappers-delen-van-zuid-azie-tegen-2100-onleefbaar-doordat-het-er-veel-te-heet-wordt~bb724a8c/>

Struingsids. (2020). *Hoge waterstanden van de Rijn bij Ophemert in 1995*. <https://struingsids.nl/evacuatie-in-1995-joke-van-den-ban-bleef/>

1995-joke-van-den-ban-bleef/

Suspanish. (2021). *Het landschap in de buurt van Alicante*. <https://www.suspanish.com/blog/deserts-in-spain/>

The aftermath. (2018, 16 november). *Watersnoodmuseum*. <https://watersnoodmuseum.nl/en/knowledgecentre/the-aftermath/>

The Diplomatic Affairs. (2020) *De gevolgen van zeespiegelstijging in eilandstaat Kiribati*. <https://www.thediplomaticaffairs.com/2020/05/01/kiribati-drowning/>

The Guardian. (2015). *Extreem weer zorgt voor verwoestijning*. <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2015/jun/12/decade-of-drought-a-global-tour-of-seven-recent-water-crises>

Trouw. (2020). *Overstromingen in Jakarta*. <https://www.trouw.nl/buitenland/meer-dan-twintig-doden-door-overstromingen-jakarta~bbd87408/>

Vanverre. (2020). *Overzichtkaart Noord-Sumatra Indonesië*. <https://www.vanverre.nl/indonesie/kaarten-van-indonesie>

Vision. (2020). *New Fire Emergency On Victoria's French Island*. <https://vision.org.au/radio/news/new-fire-emergency-on-victorias-french-island/>

Volkskrant. (2015). *Kurkdroge woestijn verandert in bloemenzee*. <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/kurkdroge-woestijn-verandert-in-bloemenzee~qbee27a3/>

VOX. (2017). *Gezond koraal en verbleekt koraal*. <https://www.vox.com/science-and-health/2017/4/18/15272634/catastrophic-coral-bleaching-great-barrier-reef-map>

Weston, P. (2019, 23 oktober). *Thawing permafrost turns Arctic from carbon sink into carbon emitter, study finds*. *The Independent*. <https://www.independent.co.uk/environment/melting-permafrost-arctic-carbon-emissions-study-a9166321.html>
World Resources Institute (2021, 6 december), *The Top 10 GHG Emitters Contribute Over Two-Thirds of Global Emissions*, <https://www.climatewatchdata.org/key-visualizations?visualization=8> (geraadpleegd op 6-12-2021)

Zeeland.com. (2021). *De oosterscheldekering*. https://www.zeeland.com/nl-nl/visit/603_nl/oosterscheldekering

Zimakoff, M. (2020) *Tumpak Sewu*. <https://www.malthezimakoff.com/>

Dankwoord

Deze publicatie was niet mogelijk geweest zonder de waardevolle adviezen en kundige reviews van de leerlingen van de klimaatgroep van het Leidsche Rijn College, Scientists 4 Future, Ard Wagenaar, Arthur Oldeman, Louise Fuchs, Erwin Lambert, Eefje Smit, Felix van Vugt, Peter Duifhuis, Tim Favier, Eric Hordijk, Deirdre van Megezen, Frederike Bruijns, Mirjam Hage Droppers, Ralph Kleiman, Olaf den Breeje, Mirjam Porte, Bjinse Dankert en Ilse Verweij. Wij willen iedereen ontzettend bedanken voor de hulp bij de totstandkoming van deze eerste module van Kantelpunt.

Tot slot willen we bovenal de Gemeente Utrecht bedanken, in het bijzonder Birgit Haberland en Onno Blok. Zonder de subsidie Onderwijsimpuls was deze methode nooit geworden zoals het nu is.

Voor het leven op aarde, nu en in de toekomst.

