



Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
*Ministerie van Infrastructuur en Milieu*

# Het weer

Een lessenserie over meteorologie  
Docentenhandleiding



# Colofon

**Bijdragen:**

KNMI/Globe 2012

© KNMI

Het materiaal uit deze lessenserie is vrij te gebruiken voor onderwijs- en opleidingsdoeleinden. Vermenigvuldigen voor eigen gebruik is toegestaan.

**Beeldmateriaal:**

KNMI, Marco van den Berge, Kees Floor, Petra Kroes

**Vormgeving:**

Kim Pieneman

**Contact:**

[www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

# Inhoud

4	<b>Informatie vooraf</b>	55	<b>Eigen onderzoek</b>
	Algemene docentenhandleiding		Les 11 t/m 14: Eigen onderzoek
6	<b>Inleiding</b>	58	<b>Bijlagen</b>
	Les 1: Introductie meteorologie	62	Handleiding weerstation
8	<b>Kennismaken met het meten</b>	63	Verzorgen van de metingen
10	Les 2: Kennismaken met de meetinstrumenten	64	Meetformulier
11	A: De thermometer	64	Uitleg voor het ophalen van uurlijkse waarnemingen via de website
11	B: De psychrometer	69	GLOBE Wolkenkaart
12	C: De barometer	71	Wolkenmemorie
13	D: De windmeter	77	Materialenlijst
14	E: De windvaan en het kompas		
15	F: De regenmeter		
17	G: De hygrometer		
18	Les 3: Zelf meten		
22	Les 4: Metingen vergelijken		
	<b>Theorie</b>		
25	Les 5: Circulatie		
29	Les 6: Depressies		
33	Les 7: Wolken		
38	Les 8: Verticale opbouw en stabiliteit		
43	Les 9: Thermodynamisch diagram		
	<b>Eigen weerbericht maken</b>		
49	Les 10: Eigen weerbericht maken		

# Informatie vooraf

## Algemene docenten-handleiding

Deze lessenserie is door het KNMI ontwikkeld in het kader van het GLOBE programma. Dit is een internationaal onderwijsprogramma met als doel de kennis en het bewustzijn van leerlingen te vergroten over natuur en milieu terwijl zij de relevantie van wetenschappelijk onderzoek leren begrijpen.

### Doelgroep

Deze lessenserie is geschikt voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs, dus vmbo b-k-t en havo/vwo klas 1 t/m 3.

### Tijdsplanning voor het lesmateriaal

Het materiaal is op verschillende manieren te gebruiken. Het kan zowel bij één vak tijdens de reguliere lessen (lesstof vervangend) aan bod komen, als in projectvorm in een aaneengesloten periode.

Onderdeel	Aantal lessen
Inleiding	1
Kennismaken met het meten	3
Theorie	4 (eventueel 5)
Weerbericht	1,5
Eigen onderzoek	3,5 (minimaal)

De verschillende onderdelen kunnen in principe ook los van elkaar gegeven worden. Een les duurt 50 minuten.

### Aansluiting

De onderdelen uit deze lessenserie passen bij de

vakken aardrijkskunde en natuurkunde (eventueel wiskunde en algemene natuurwetenschappen).

### Werkvormen

Leesmateriaal met opdrachten, woordweb, filmpjes, klassikale uitleg, practicum, onderzoek doen, presenteren.

### Leerdoelen leerlingen

- Leerlingen maken kennis met de meteorologie en maken kennis met het doen van wetenschappelijk onderzoek.
- Leerlingen leren over een aantal basisonderwerpen van de meteorologie.
- Leerlingen leren metingen uit te voeren volgens een meetprotocol.
- Leerlingen oefenen in het verwerken van gegevens en het presenteren van de resultaten.
- Leerlingen staven de theorie aan de hand van de gedane metingen.

### Benodigde materialen

- beamer/smartboard
- computers met internet waar de leerlingen gebruik van mogen maken
- practicummateriaal bij 'Kennismaken met het meten'
- materiaal voor experimenten
- weerstation, eventueel een automatisch weerstation met datalogger (Voor het gebruik van het lesmateriaal is een weerstation niet noodzakelijk, voor deelname aan het GLOBE project wel.)
- schrift of multomap (door de leerling zelf mee te nemen)

## Opzet lesmateriaal

Het materiaal is zo opgezet, dat leerlingen toe werken naar het uitvoeren van een eigen onderzoek op een 'wetenschappelijke' manier.

Allereerst wordt aandacht besteed aan het goed uitvoeren van metingen. Vervolgens wordt een aantal aspecten van de meteorologie behandeld in het theorie-deel. Uiteindelijk voeren leerlingen een eigen onderzoek uit, waarbij theorie en eigen metingen gecombineerd moeten worden, zoals dit ook in de wetenschap gebeurt. Het eigen onderzoek is stapsgewijs opgebouwd.

### De indelingen van de lessenserie is als volgt:

- Inleiding (1 les)
- Kennismaken met het meten:
  - Kennismaking met de meetinstrumenten (1 les)
  - Zelf meten (1 les)
  - Metingen vergelijken (1 les)
- Theorie:
  - Circulatie (1 les)
  - Depressies (1 les)
  - Wolken (1 les)
  - Verticale opbouw en stabiliteit (1 les)
  - (eventueel) Thermodynamisch diagram, uitdaging voor 3 havo/vwo (1 les)
- Eigen weerbericht maken (1,5 les)
- Eigen onderzoek (minimaal 3,5 les)

De verschillende onderdelen kunnen in principe ook los van elkaar gegeven worden.

### Er is een onderverdeling in moeilijkheidsgraad gemaakt:

- Basis – geschikt voor alle leerlingen
- Verdieping – geschikt voor 2e en 3e klas
- Uitdaging – geschikt voor 3e klas havo en met name vwo

### Bij elk onderdeel is het volgende beschikbaar:

- Leerlingenmateriaal (tekstmateriaal met opdrachten/vragen)
- Docenthandleiding (aanwijzingen en antwoorden op vragen)
- PowerPointpresentatie (samenvatting van het tekstmateriaal)

De PowerPointpresentaties kunnen gebruikt worden om een klassikale inleiding op de les te geven. Leerlingen kunnen daarna met het leerlingenmateriaal aan de slag. De presentaties zijn echter niet noodzakelijk, leerlingen kunnen ook direct met het

leerlingenmateriaal aan het werk. Tevens kunnen de PowerPointpresentaties ter aanvulling van het leesmateriaal door de leerlingen gebruikt worden om animaties en filmpjes te bekijken.

Het onderdeel 'Eigen onderzoek' heeft geen PowerPointpresentatie. De leerlingen werken met behulp van een werkblad.

## Metingen

Leerlingen gaan zelf aan de slag met het doen van metingen. Ze zullen allerlei grootheden meten die meteorologen ook meten, maar soms op een iets andere manier uitgevoerd. Leerlingen meten:

- temperatuur met een thermometer
- vocht met een psychrometer (nattebolthermometer)
- luchtdruk met een barometer
- wind met een anemometer, een windvaan en een kompas
- bewolking met een wolkenkaart
- neerslag met een regenmeter

## Beoordeling

De wijze van beoordeling van het werk van de leerlingen is aan de docent.

Een mogelijke manier is om de leerlingen in een eigen schrift/map te laten werken en te beoordelen of het werk gemaakt is, van voldoende niveau is en verzorgd is. Daarnaast kan het eigen onderzoek van de leerlingen beoordeeld worden.

## Het weerstation

Deze lessenserie is onderdeel van het GLOBE project. Om aan het GLOBE project mee te doen, kan de school een eigen weerstation (eventueel automatisch, niet noodzakelijk) aanschaffen, waarmee metingen gedaan worden.

Om deel te kunnen nemen aan het data invoeren op de GLOBE website en gebruik te maken van data van andere scholen, moet de school lid worden van GLOBE. De school krijgt dan een eigen account op de GLOBE website en kan via deze website de metingen invoeren. Via deze website zijn ook de metingen van andere scholen beschikbaar, die eventueel gebruikt kunnen worden bij de eigen onderzoeken van leerlingen.

Het benodigde weerstation staat beschreven in bijlage 'Handleiding weerstation'. De school dient de materialen voor het weerstation zelf aan te schaffen.

# Les 1:

## Introductie meteorologie

### Doel

In deze les krijgen de leerlingen een indruk wat er in de komende lessenserie gaat gebeuren en maken zij kennis met de term meteorologie. Wanneer men aan de slag gaat met een weerstation, dan moet dat in deze les georganiseerd worden.

### Korte beschrijving

De les begint het maken van een woordweb, om de leerlingen kennis te laten maken met het onderwerp. Daarna kijken ze naar het weerbericht van vandaag en het actuele weer. Vervolgens wordt kort aangegeven wat er de komende lessen allemaal gaat gebeuren en worden afspraken gemaakt hoe 'het doen van de metingen' georganiseerd gaat worden. De les wordt afgesloten met een film 'Kennismaking met het KNMI' (is op dit moment nog niet beschikbaar).

### Tijd

1 les

### Materialen

- schrift
- pen
- weerbericht van de dag ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl))
- film (is op dit moment nog niet beschikbaar)

### Lesvorm

klassikaal  
zelfstandig of in tweetallen

### Presentatie

PowerPoint: Het weer - een lessenserie over meteorologie

### Uitgebreide beschrijving

#### Deel 1: Woordweb weer (5 + 5 minuten)

Met een woordweb worden de gedachten van de leerlingen op het onderwerp gericht. Hierbij wordt één woord in het midden geschreven (bijvoorbeeld meteorologie of weer) en worden woorden die met het onderwerp te maken hebben er omheen geschreven.

Leerlingen krijgen eerst 5 minuten om alleen of in tweetallen een woordweb in hun schrift te maken. Daarna wordt op het bord één woordweb gemaakt, waarbij leerlingen woorden uit hun eigen woordweb kunnen aandragen. In principe zijn alle genoemde woorden goed, maar vraag leerlingen bij merkwaardige woorden hoe ze daaraan gekomen zijn.

#### Deel 2: Weersverwachting KNMI en het actuele weer (5 minuten)

Leuk is om het weerbericht van vandaag te gebruiken. Welke verwachting heeft het KNMI voor vandaag en komt dit overeen met wat er op dit moment buiten gebeurt? Deze verwachting is te vinden op [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl). Lees de verwachting met de leerlingen door en bespreek woorden die leerlingen niet begrijpen of geef aan dat ze daar de komende lessen mee te maken krijgen.

#### Deel 3: De lessenserie (10 minuten)

Met de leerlingen wordt kort de opbouw van de lessenserie besproken. Het materiaal is zo opgezet, dat leerlingen toe werken naar het uitvoeren van een eigen onderzoek op een 'wetenschappelijke' manier.

- het kennismaken met het zelf doen van metingen
- theorielessen
- het maken van een eigen weerbericht
- het doen van een eigen onderzoek

Allereerst wordt aandacht besteed aan het goed uitvoeren van metingen. Vervolgens wordt een aantal aspecten van de meteorologie behandeld in het theoriedeel. Uiteindelijk voeren leerlingen een eigen onderzoek uit, waarbij theorie en eigen metingen gecombineerd moeten worden, zoals dit ook in de wetenschap gebeurt.

Het is aan te raden om in deze inleidende les aan de leerlingen duidelijk te maken dat het eigen ‘wetenschappelijk’ onderzoek de rode draad is in wat ze de komende tijd gaan doen in deze lessen.

Belangrijk is ook om met de leerlingen te bespreken wat er van ze verwacht wordt tijdens de lessen.

- Het materiaal dat ze bij zich moeten hebben. Bijvoorbeeld een multomap met papier of juist een schrift (afhankelijk van wat de docent wil).
- Laat leerlingen dagelijks het weer bijhouden in hun map/schrift. Leerlingen kunnen het opgetreden weer beschrijven (zon, neerslag, bewolking etc.). De mate van detail kan aan de leerlingen overgelaten worden. Met behulp van de metingen van het weerstation op school, kunnen ook elke dag minimum- en maximumtemperatuur, neerslag en luchtdruk opgeschreven worden. Op die manier kan er voor elke dag een bladzijde (of halve bladzijde) gevuld worden.
- Daarnaast is het leuk als de leerlingen tijdens de lessenserie elke dag een weerbericht uit de krant uitknippen en in hun schrift plakken. Eventuele opmerkelijke veranderingen kunnen besproken worden. Dit houdt de leerlingen betrokken.
- Eventuele krantenartikelen, in geval van bijzonder weer, kunnen ook hier bijgeplakt worden.

#### **Deel 4: Weerstation (5 minuten)**

Het is de bedoeling dat er tijdens dit project meteorologische waarnemingen bij de school gedaan worden, om de leerlingen kennis te laten maken met het doen van (wetenschappelijk) onderzoek. Deze waarnemingen kunnen ze gebruiken in de eigen onderzoeken aan het eind van het project. Daarnaast kunnen de waarnemingen in het kader van GLOBE gebruikt worden door wetenschappers en andere scholen. Meer informatie hierover is te vinden in de bijlagen ‘Handleiding weerstation’ en ‘Verzorgen van de metingen’.

Het meest logische moment om met deze metingen te beginnen, is na de lessen over het doen van metingen. Dan wordt het meetprotocol besproken en wordt gekeken wat de beste plaats voor het weerstation is.

Wel is het goed om in deze inleidende les te vertellen dat de leerlingen deze metingen gaan doen en ook is het goed om vast globaal aan te geven hoe dit georganiseerd gaat worden. Dit betekent dat de docent dit al uitgedacht en voorbereid moet hebben. Eventueel kan ook naar ideeën van leerlingen gevraagd worden voor de organisatie van het uitvoeren van de metingen.

#### **Deel 5: Welke vragen heb je over het weer? (5+5 minuten)**

Laat leerlingen nadenken over vragen over het weer die ze in de komende lessen graag beantwoord zouden willen krijgen. Laat de vragen in het schrift/map schrijven. Inventariseer daarna met de klas welke vragen er zijn. Probeer tijdens de lessenserie regelmatig terug te komen op deze vragen.

#### **Deel 6: Film ‘Kennismaking met het KNMI’ (is op dit moment nog niet beschikbaar)**



# Les 2:

## Kennismaken met de meetinstrumenten

### Doel

In deze les maken de leerlingen kennis met de meetinstrumenten (die ze gaan gebruiken bij het doen van de metingen buiten).

### Korte beschrijving

Aan de hand van werkbladen en informatiebladen maken de leerlingen kennis met de volgende meetinstrumenten: thermometer, nattebolthermometer, barometer, windmeter, windvaan en kompas, regenmeter en eventueel de hygrometer.

### Tijd

1 les

### Materialen

- schrift
- pen
- thermometer
- bekeerglas (200 ml)
- mengsel van water en ijsklontjes
- roerstaafje
- psychrometer
- föhn
- barometer (let op: geen vloeistofbarometer)
- schroevendraaier
- computer met internet
- windmeter
- kompas
- geijkt kompas
- windvaan
- regenmeter
- bekertje
- maatbeker (1 of 2 liter)
- (2 hygrometers)

- (een tweede föhn)
- (natte doek)

### Lesvorm

groepswerk (4 of 5 leerlingen per groepje)

### Uitgebreide beschrijving

De volgende instrumenten komen aan bod:

- thermometer
- psychrometer (nattebolthermometer)
- barometer
- windmeter
- windvaan en kompas
- regenmeter
- (hygrometer)

Per instrument is er een werkblad en een informatieblad. Op het werkblad staan enkele vragen en opdrachten en het informatieblad bevat uitleg over het instrument. Er is zowel een werkblad over de psychrometer als over de hygrometer, maar de psychrometer heeft de voorkeur. Dus als de psychrometer wordt gebruikt, kan het werkblad over de hygrometer worden overgeslagen.

Om de les soepel te laten verlopen, is een goede voorbereiding door de docent nodig. Zorg dat de materialen goed klaar staan en functioneren. Geef de groepjes een vaste plaats en laat de materialen rouleren. Geef telkens duidelijk aan wanneer dit moet gebeuren.

Per meetinstrument hebben de leerlingen ongeveer 10 minuten nodig (als er doorgewerkt wordt).



**tabel 2.1**  
Roulatieschema

Mogelijk roulatieschema:

	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	(Ronde 6)
Groep 1	barometer	thermometer	regenmeter	psychrometer	windvaan en kompas	windmeter
Groep 2	windmeter	barometer	thermometer	regenmeter	psychrometer	windvaan en kompas
Groep 3	windvaan en kompas	windmeter	barometer	thermometer	regenmeter	psychrometer
Groep 4	psychrometer	windvaan en kompas	windmeter	barometer	thermometer	regenmeter
Groep 5	regenmeter	psychrometer	windvaan en kompas	windmeter	barometer	thermometer
Groep 6	thermometer	regenmeter	psychrometer	windvaan en kompas	windmeter	barometer

Bij elk meetinstrument komen op het informatieblad de volgende zaken aan bod:

- Wat wordt er mee gemeten?
- In welke eenheid wordt er gemeten?
- Hoe werkt het instrument?
- Hoe wordt het instrument afgelezen?
- Hoe kun je het instrument ijken?
- Extra informatie (dit deel eventueel thuis laten lezen, want in de les is er geen tijd voor)

opdracht 4) Het meetinstrument aflezen.  
Doel: discussie over goed aflezen op gang brengen.

opdracht 5) Een klein proefje doen.  
Doel: wat verder nadenken over de werking van het instrument.

opdracht 6) Het instrument ijken.  
Doel: nadenken over de nauwkeurigheid van het instrument.

Het werkblad heeft bij elk meetinstrument de volgende structuur:

- opdracht 1) Het meetinstrument bekijken.  
Doel: bijzonderheden zien en afvragen waar zaken voor dienen.
- opdracht 2) Het informatieblad doorlezen.  
Doel: informatie vergaren.
- opdracht 3) Het meetinstrument tekenen en belangrijke onderdelen aangeven in de tekening.  
Doel: nog preciezer kijken en details waarnemen.

Leerlingen leren deze les o.a. hoe je de instrumenten ijkt. De volgende les gaan ze met meetinstrumenten zelf buiten meten. De docent kan er voor kiezen om alle groepjes de instrumenten te laten ijken die ze de volgende les zelf buiten gaan gebruiken. Hiervoor geschikte instrumenten zijn de thermometer, de nattebolthermometer (of de hygrometer) en het kompas. Let op: dan moeten er natuurlijk wel net zoveel materialen zijn als groepjes.

Hierna volgen per meetinstrument de vragen van het leerlingmateriaal en de bijbehorende antwoorden.

**figuur 2.1**  
Het aflezen van het instrument

### A: De thermometer

#### materiaal

- thermometer
- bekeerglas (200 ml)
- mengsel van water en ijsklontjes
- roerstaafje

#### opdracht 1)

Bekijk de thermometer.

Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

-

#### opdracht 2)

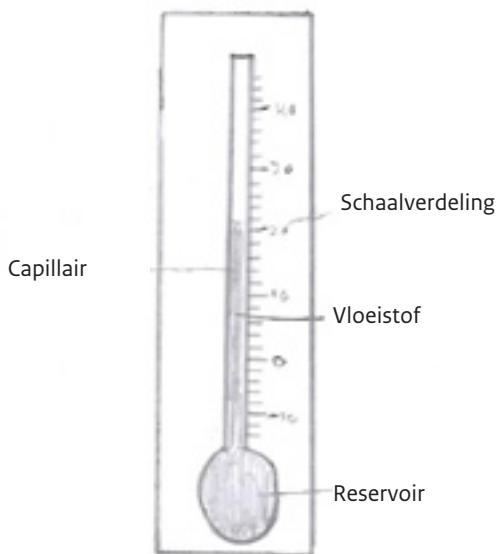
Lees het informatieblad over de thermometer goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

-

#### opdracht 3)

Teken de thermometer na en zet er de volgende woorden bij: reservoir, capillair, vloeistof, schaalverdeling.

**figuur 2.2**  
Thermometer met benaming

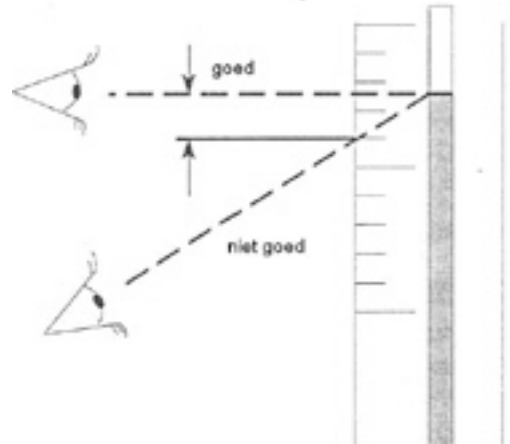


#### opdracht 4)

Iedereen van het groepje leest nu (om de beurt) de temperatuur af. Vergelijk jullie metingen met elkaar. Lees de thermometer af in halve graden nauwkeurig (dus 21 °C of 21,5 °C). Heeft iedereen dezelfde waarde afgelezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste waarde?

De waardes zouden vrijwel gelijk moeten zijn met eventueel kleine verschillen in nauwkeurigheid. De juiste waarde moeten de leerlingen in onderling overleg bepalen, waarbij het de bedoeling is dat echt verkeerde waardes eruit gehaald worden. Een fout die veel gemaakt wordt, is dat het instrument onder een

hoek wordt afgelezen. Daardoor ontstaan afleesfouten. Belangrijk is om de bovenkant van de vloeistof op ooghoogte te houden bij het aflezen.



#### opdracht 5)

Houd je hand stevig om het reservoir. Wat gebeurt er nu met de vloeistof? Leg uit hoe dit komt.

De vloeistof stijgt, dus de thermometer geeft een hogere waarde aan. Dit komt doordat het reservoir warmte van je hand opneemt en de vloeistof daardoor uitzet. Dat zorgt ervoor dat de vloeistof in het reservoir stijgt.

#### opdracht 6)

Je gaat nu de thermometer ijken. Vraag aan je docent een bekeerglas met een mengsel van 50 ml water en 50 gr ijsklontjes. Welke temperatuur verwacht je als je het reservoir van de thermometer in dit mengsel houdt?

Een mengsel van gelijke hoeveelheden water en ijs heeft een temperatuur van 0 °C.

Houd nu het reservoir van de thermometer inderdaad in dit mengsel. Zorg ervoor dat je de hele tijd voorzichtig roert. Welke temperatuur meet je nu?

Wat betekent dit voor de nauwkeurigheid van je thermometer? Moet je eventueel een correctie toepassen op de gemeten temperaturen?

Wanneer de gemeten temperatuur anders is dan 0 °C, moet hiervoor bij de metingen gecorrigeerd worden door de nu gemeten waarde van de metingen af te halen.

**Docenten let op:** dit mengsel moet een temperatuur hebben van 0 °C. Een water/ijs mengsel houdt een constante temperatuur van 0 °C totdat al het ijs gesmolten is. Het is belangrijk dat de leerlingen goed roeren. Eventueel kan er ook nog geijkt worden op 100 °C door de thermometer in kokend water te houden. Dit is vanwege de tijdsduur niet in deze les opgenomen, maar zou eventueel toegevoegd kunnen worden.

## B: De psychrometer (nattebolthermometer)

### materiaal

- psychrometer
- föhn

opdracht 1)

Bekijk de psychrometer.

Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

-

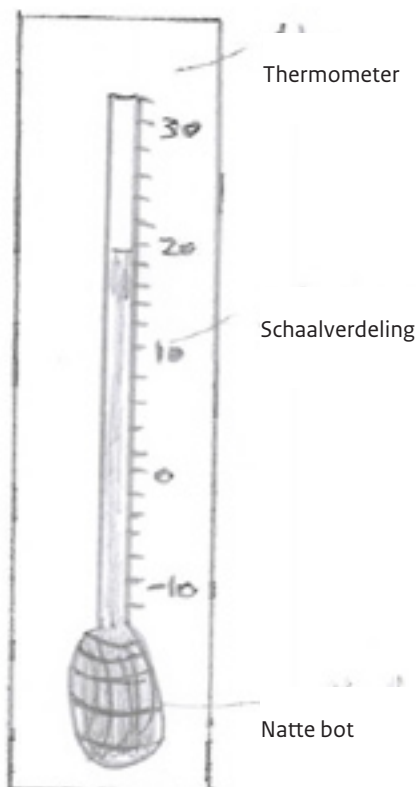
opdracht 2)

Lees het informatieblad over de psychrometer goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

-

opdracht 3)

Teken de psychrometer na en zet er de volgende woorden bij: thermometer, natte bol, schaalverdeling.

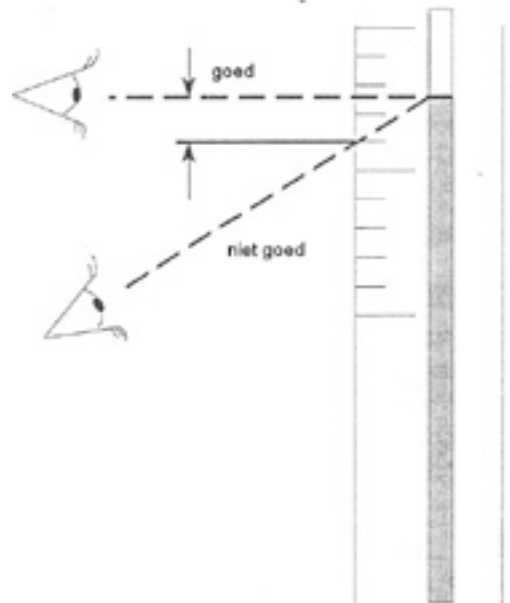


opdracht 4)

Iedereen van het groepje leest nu (om de beurt) de vochtigheid af. Vergelijk jullie metingen met elkaar. Heeft iedereen dezelfde waarde afgelezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste waarde?

De waardes zouden vrijwel gelijk moeten zijn met eventueel kleine verschillen in nauwkeurigheid. De juiste waarde moeten de leerlingen in onderling

overleg bepalen, waarbij het de bedoeling is dat echt verkeerde waardes eruit gehaald worden. Een fout die veel gemaakt wordt, is dat het instrument onder een hoek wordt afgelezen. Daardoor ontstaan afleesfouten. Belangrijk is om de bovenkant van de vloeistof op ooghoogte te houden bij het aflezen.



opdracht 5)

Blaas nu met een föhn op de psychrometer, terwijl deze rondgeslingerd wordt (pas op: houdt de föhn niet te dichtbij; minstens 20 cm afstand). Zet de föhn, indien mogelijk, in de koude stand. Wat gebeurt er nu met de vochtigheid die de psychrometer meet? Leg dit uit.

Een föhn zorgt voor stromende lucht, waardoor er iets meer verdamping van het kousje plaats vindt. Hierdoor daalt de vochtigheid iets. In de warme stand is de lucht van een föhn ook veel droger, waardoor de vochtigheid behoorlijk zal dalen.

**Docenten let op:** De föhn moet, indien mogelijk, in de koude stand gezet worden. Wanneer met warme lucht wordt geblazen, neemt ook de temperatuur van de lucht toe en moet deze opnieuw gemeten worden.

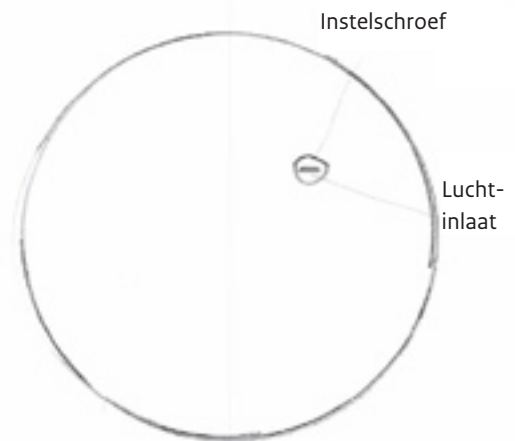
opdracht 6)

De psychrometer of nattebolthermometer kun je zelf niet iken. Dit is al voor je gedaan; hieruit is de tabel gekomen, waarmee je de luchtvochtigheid kan aflezen.

-

figuur 2.3  
Het aflezen van het instrument

figuur 2.4  
Psychrometer met benaming



### C: De barometer

#### materialen

- barometer (let op: geen vloeistofbarometers)
- schroevendraaier
- computer met internet

opdracht 1)

Bekijk de barometer.

Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

-

opdracht 2)

Lees het informatieblad over de barometer goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

-

opdracht 3)

Teken de barometer na en zet er de volgende woorden bij: schaalverdeling, wijzer, stelwijzer, instelschroef, luchtinlaat.



**figuur 2.5**  
Barometer met  
benaming

opdracht 4)

Iedereen van het groepje leest nu (om de beurt) de luchtdruk af. Vergelijk jullie metingen met elkaar. Heeft iedereen dezelfde waarde afgelezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste waarde?

De waardes zouden vrijwel gelijk moeten zijn met eventueel kleine verschillen in nauwkeurigheid. De juiste waarde moeten de leerlingen in onderling overleg bepalen, waarbij het de bedoeling is dat echt verkeerde waardes eruit gehaald worden.

opdracht 5)

Zet je mond op de opening aan de achterkant van de barometer en blaas heel hard. Wat gebeurt er nu met de druk die de barometer meet? Leg dit uit.

De druk in de barometer neemt een klein beetje toe.

**Docenten let op:** het is moeilijk om goed in de barometer te blazen. Het werkt het beste als één leerling blaast en een andere leerling afleest.

opdracht 6)

Je gaat nu de barometer ijkken. Omdat het erg lastig is de luchtdruk te verhogen of te verlagen, ijk je de barometer door de druk die hij aangeeft te vergelijken met de druk op een KNMI-station in de buurt van jullie school.

Kijk op de website van het KNMI ([www.knmi.nl/actueel/](http://www.knmi.nl/actueel/)) wat de luchtdruk is op een weerstation vlakbij. Wanneer er geen weerstation is binnen een afstand van ongeveer 20 km, neem dan het gemiddelde van een aantal stations (twee tot vier) waar de school ongeveer tussenin ligt.

Wanneer de luchtdruk die de barometer aangeeft verschilt van die van het KNMI, kun je hem met behulp van een soort schroef (de stelschroef) op de achterkant op de juiste waarde zetten. Gebruik hiervoor een schroevendraaier.

-

## D: De windmeter

### materiaal

- windmeter
- föhn

#### opdracht 1)

Bekijk de windmeter. Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

-

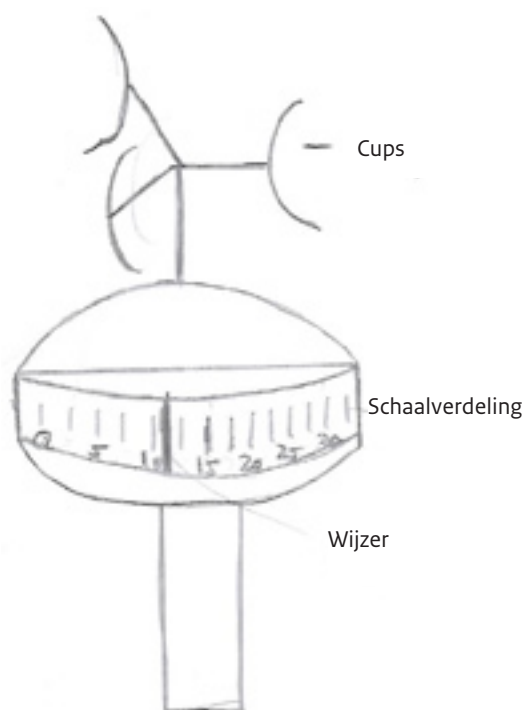
#### opdracht 2)

Lees het informatieblad over de windmeter goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

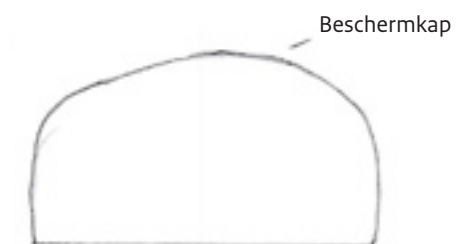
-

#### opdracht 3)

Teken de windmeter na en zet er de volgende woorden bij: cups, schaalverdeling, wijzer, beschermkap.



**figuur 2.6**  
Windmeter met  
benaming



#### opdracht 4)

Blaas met een föhn op de windmeter. Houd de windmeter hierbij met gestrekte arm zo hoog mogelijk. Iedereen van het groepje leest nu (om de beurt) de windsnelheid af. Vergelijk jullie metingen met elkaar. Heeft iedereen dezelfde waarde afgelezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste waarde?

De waardes zullen aardig verschillen, doordat de föhn waarschijnlijk niet de hele tijd precies hetzelfde op de cups blaast. Ook in werkelijkheid is de windsnelheid nooit precies constant en beweegt de wijzer van de windmeter de hele tijd wat. Probeer een goede gemiddelde waarde te vinden waar de wijzer omheen beweegt.

#### opdracht 5)

Blaas met de föhn vanaf de linkerkant op de windmeter. Draait de windmeter met de klok mee of tegen de klok in? Hoe is dat als je vanaf de rechterkant met de föhn op de windmeter blaast? En hoe komt dat?

De windmeter draait met de klok mee. De cups zijn zo gemaakt dat de holle kant meer winddruk heeft dan de bolle kant (waar de wind langs wegglijdt). Daardoor draaien de cups altijd dezelfde kant op.

#### opdracht 6)

De windmeter is door de fabrikant geijkt in een windtunnel. Omdat die op school (waarschijnlijk) niet beschikbaar is, is het lastig de windmeter te ijken. Wel kun je controleren of de windmeter inderdaad 'o' aangeeft, als er geen wind is. Controleer dit. Moet je eventueel een correctie toepassen op de gemeten windsnelheden?

Als de cups helemaal stil staan en de windmeter toch een waarde aangeeft, moet de dan aangewezen waarde van de metingen afgehaald worden.

## E: De windvaan en het kompas

### materiaal

- kompas
- geijkt kompas
- windvaan

### opdracht 1)

Bekijk de windvaan en het kompas. Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

-

### opdracht 2)

Lees het informatieblad over de windvaan en het kompas goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

-

### opdracht 3)

Teken het kompas na en zet er de volgende woorden bij: magneet, windroos, wijzer, noord.

**figuur 2.7**  
Kompas met benaming



### opdracht 4)

Iedereen van het groepje wijst nu (om de beurt) met behulp van het kompas het noorden aan, het zuiden

aan, het westen aan en het noordoosten aan. Vergelijk de aangewezen richtingen met elkaar. Heeft iedereen dezelfde richtingen aangewezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste richting?

De richtingen moeten behoorlijk met elkaar overeen komen, hoewel de wijzer van een kompas wel even tijd nodig heeft om de juiste stand te vinden en daar stil te blijven staan. Ook kunnen metalen voorwerpen, computers en beeldschermen de meting beïnvloeden. De beste plek om met een kompas te meten is dus uit de buurt van dat soort spullen.

### opdracht 5)

Houd de windvaan in de wind; doe dit door hem met gestrekte arm zo hoog mogelijk te houden. In welke richting wijst de windvaan? Binnen is er natuurlijk geen wind. Je kunt dan met zijn allen heel hard blazen (natuurlijk wel in dezelfde richting blazen). In welke richting wijst de windvaan als de windrichting 'noord' is?

De windvaan gaat dan richting het zuiden staan. Een echte windvaan heeft een groot vlak dat wijst naar waar de wind naar toe waait en aan de andere kant een kleine pijl die wijst in de richting waar de wind vandaan komt. Een vlaggetje wijst naar de richting waar de wind naar toe waait.

### opdracht 6)

Een kompas ijken is erg lastig. Om te kunnen bepalen of een kompas goed werkt, moet je weten waar het noorden is. Hiervoor heb je een ander kompas nodig, dat geijkt is, zodat je weet waar het noorden is. Als dit het geval is, controleer dan of je kompas afwijkt en hoeveel.

-

## F: De regenmeter

### materiaal

- regenmeter
- bekertje
- maatbeker (1 of 2 liter)

### opdracht 1)

Bekijk de regenmeter. Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

### opdracht 2)

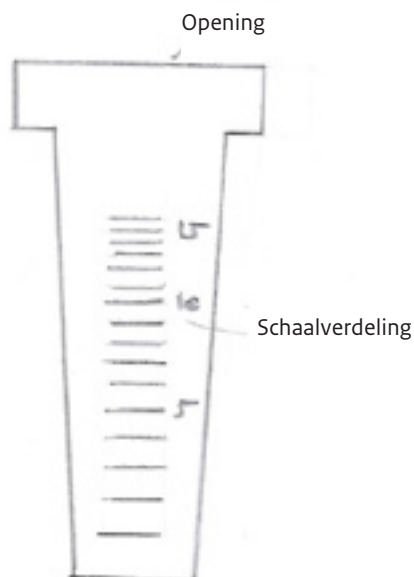
Lees het informatieblad over de regenmeter goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

### opdracht 3)

Teken de regenmeter na en zet er de volgende woorden bij: schaalverdeling, opening.

**figuur 2.8**  
Regenmeter met benaming

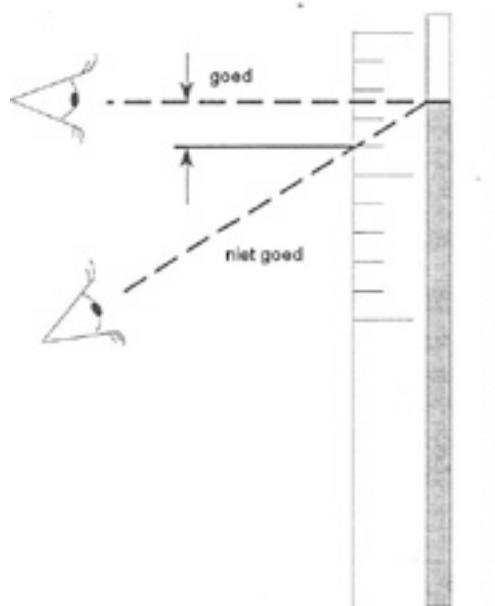
**figuur 2.9**  
Het aflezen van het instrument



### opdracht 4)

Giet een bekertje water in de regenmeter. Iedereen van het groepje leest nu (om de beurt) de hoeveelheid water in de regenmeter af (op een tiende nauwkeurig). Vergelijk jullie metingen met elkaar. Heeft iedereen dezelfde waarde afgelezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste waarde?

De waarden zouden vrijwel gelijk moeten zijn. De juiste waarde moeten de leerlingen in onderling overleg bepalen. Het is de bedoeling dat verkeerde waarden eruit gehaald worden. Een fout die veel gemaakt wordt, is dat het instrument onder een hoek wordt afgelezen. Daardoor ontstaan afleesfouten. Belangrijk is om de bovenkant van de neerslag op ooghoogte te houden bij het aflezen.





opdracht 5)

De regenmeter wordt naar boven toe steeds breder; aan de onderkant is hij smal, bij de opening is hij het breedst. Je ziet dat de ruimte tussen de strepen van de maatverdeling naar boven toe steeds kleiner wordt; de streepjes staan steeds dichterbij elkaar.

Leg uit waarom dit zo is. Leg daarbij ook uit waarom er meer dan 1 mm ruimte zit tussen het streepje van de 1 en de 2 mm van de maatverdeling. Leg ook uit wat de getallen op de regenmeter betekenen.

Oftewel: wat betekent het als er '1 mm' regen is gevallen?

De regenmeter is onderin smal en wordt naar boven toe steeds breder en daardoor wordt de doorsnede (oppervlakte) van de regenmeter naar boven toe steeds groter. Dit zorgt ervoor dat de ruimte tussen twee streepjes steeds kleiner hoeft te zijn, om hetzelfde volume te hebben. Eén mm regen in de regenmeter betekent dat er, wanneer het regenwater helemaal niet weg zou stromen of verdampen, overal een laagje water van een mm zou staan.

opdracht 6) (uitdaging, huiswerk)

De regenmeter is door de leverancier geijkt. Het is lastig om dit zelf te doen. Het kan echter wel: 1 mm neerslag betekent eigenlijk een liter water per vierkante meter. Wanneer je een liter water ( $1000 \text{ cm}^3$ ) op een vierkante meter ( $10.000 \text{ cm}^2$ ) gooit, krijg je een laagje van 0,1 cm (dus 1 mm).

Immers  $10.000 \text{ cm}^2 \times 0,1 \text{ cm} = 1000 \text{ cm}^3$ .

De oppervlakte van de opening van de regenmeter is echter veel kleiner dan  $1 \text{ m}^2$ .

Stel dat de oppervlakte 10 keer zo klein is als  $1 \text{ m}^2$  (dus  $1/10 \text{ m}^2 = 0,1 \text{ m}^2$ ), dan moet het water tot het streepje van 1 mm komen, wanneer je er 0,1 liter in gooit. Het aantal  $\text{m}^2$  dat de opening is, is dus gelijk aan de hoeveelheid water die in de regenmeter moet vallen om tot het streepje van 1 mm te komen.

Om de regenmeter te ijken bepaal je nu het oppervlak van de cirkelvormige opening. Meet de diameter van de opening. Bepaal nu de straal van de opening. Bereken nu de oppervlakte van de cirkelvormige opening: oppervlakte =  $\pi \times \text{straal} \times \text{straal}$  (in  $\text{m}^2$ ). Gooi nu met behulp van een maatbeker hetzelfde aantal liter water in de regenmeter als de oppervlakte van de opening in  $\text{m}^2$  is. Komt het water inderdaad tot het streepje van 1 mm?

voorbeeld: straal opening = 3 cm = 0,03 m  
oppervlakte opening =  $\pi \times 0,03 \times 0,03 = 0,0028 \text{ m}^2$

Als 0,0028 liter = 2,8 ml water in de regenmeter gegooit wordt, moet het water inderdaad tot het streepje van 1 mm komen.

Wat nu als je er drie keer zoveel water in gooit? En vijf keer zoveel?

Bij 3x zoveel moet het water tot het streepje van 3 mm komen, bij 5x zoveel tot het streepje van 5 mm.

Klopt de maatverdeling van de regenmeter inderdaad? Als het goed is wel.

## G: De hygrometer

Dit werkblad mag worden overgeslagen als de psychrometer wordt gebruikt. De psychrometer heeft de voorkeur.

### materialen

- 2 hygrometers
- föhn
- natte doek

**Docenten let op:** het ijken van de hygrometer kost veel tijd. Daarom moeten de leerlingen hier direct mee beginnen.

opdracht 1)

Bekijk de andere hygrometer.

Welke vragen over dit instrument komen er bij je op?

-

opdracht 2)

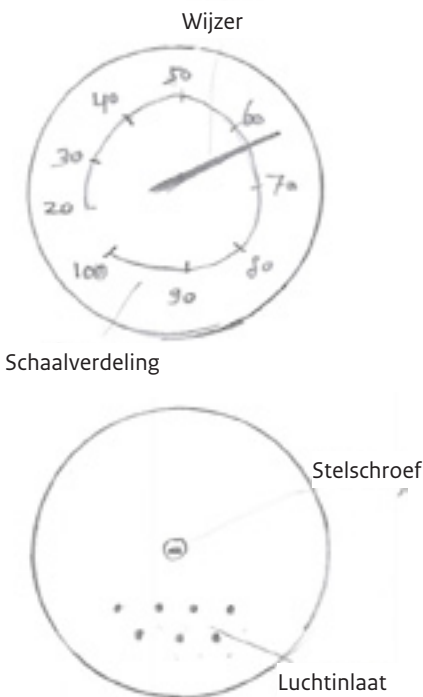
Lees het informatieblad over de hygrometer goed door. ('Extra informatie' hoeft niet tijdens de les gelezen te worden, dit kun je thuis doen.)

-

opdracht 3)

Teken de hygrometer na en zet er de volgende woorden bij: schaalverdeling, wijzer, stelschroef, luchtinlaat.

**figuur 2.10**  
Hygrometer met benaming



opdracht 4)

Iedereen van het groepje leest nu (om de beurt) de vochtigheid af. Vergelijk jullie metingen met elkaar. Heeft iedereen dezelfde waarde afgelezen? Zo niet, hoe komt dat? Wat is de juiste waarde?

De waardes zouden vrijwel gelijk moeten zijn met eventueel kleine verschillen in nauwkeurigheid. De juiste waarde moeten de leerlingen in onderling overleg bepalen, waarbij het de bedoeling is dat echt verkeerde waardes eruit gehaald worden.

opdracht 5)

Blaas nu met een föhn op de gaten aan de achterzijde van de hygrometer (pas op: houd de föhn niet te dichtbij; minstens 20 cm afstand).

Wat gebeurt er nu met de vochtigheid die de hygrometer meet? Leg dit uit.

De vochtigheid daalt, omdat een föhn zorgt voor droge lucht.

opdracht 6)

Je gaat nu de hygrometer ijken. Dit doe je met de hygrometer die je in de natte doek gelegd hebt. Hoe hoog verwacht je dat de vochtigheid zal zijn als de hygrometer een poosje in deze doek gelegen heeft?

Dit zal dicht bij de 100% zijn.

Zorg dat de hygrometer minstens 5 minuten in de natte doek gelegen heeft. Welke vochtigheid geeft de hygrometer nu aan?

Dit zal tussen de 95 en 100% zijn.

Als de hygrometer, na lang in de natte doek gelegen te hebben, een andere waarde aangeeft dan een waarde tussen de 95 en 98%, dan moet je hem corrigeren. Aan de achterkant zit een soort schroefje, de stelschroef, waarmee je met een schroevendraaier de wijzer kan bijstellen. Zet de wijzer op 98% en leg de hygrometer terug in de natte doek.

Controleer na 5 minuten nogmaals wat de hygrometer aangeeft en stel hem eventueel opnieuw bij (als daar nog tijd voor is).

# Les 3:

## Zelf meten

### Doel

Leerlingen oefenen met het meten met meetinstrumenten. De verkregen meetgegevens worden de volgende les gebruikt.

### Korte beschrijving

Leerlingen gaan in groepjes naar buiten. In de omgeving van de school doen ze metingen en schrijven de gevonden waarden op in een tabel. Ze meten temperatuur, natteboltemperatuur, luchtdruk, windsnelheid en windrichting. Ook bekijken ze de bewolkinggraad en de soort bewolking.

### Tijd

1 les

### Materialen

- thermometer
- psychrometer
- psychrometertabel
- flesje water
- windmeter
- windvaan
- kompas
- barometer
- wolkenkaart (zie Bijlage Wolkenkaart)
- pen
- tabel voor metingen van locatie 1 t/m 5
- (tabel voor metingen van locatie 6)
- kaartje met meetlocaties

### Lesvorm

groepswork (4 of 5 leerlingen per groepje)  
dezelfde groepjes als de vorige les

### Uitgebreide beschrijving

Leerlingen hebben de vorige les geoefend met verschillende meetinstrumenten. Deze les gaan ze naar buiten om meetgegevens te verzamelen. Deze gegevens zijn nodig om de volgende les tot het

inzicht te komen dat je niet zo maar in het wilde weg kan meten, maar dat daar internationaal afspraken over gemaakt moeten worden. De groepjes krijgen allemaal de benodigde meetapparatuur: thermometer, nattebolthermometer, anemometer, windvaan en kompas, barometer. Ook krijgen ze een wolkenkaart mee.

Elk groepje meet op verschillende plaatsen in de buurt van de school. Dit gebeurt in een roulatiesysteem, zodat elk groepje op dezelfde plaatsen meet als de andere groepen. Bepaal als docent van tevoren op welke plekken er gemeten wordt en geef de leerlingen een kaartje mee (bijvoorbeeld met behulp van Google Maps), zodat duidelijk is waar de meetplaatsen zijn. Het is van belang dat alle groepen op dezelfde plaatsen meten, zodat de metingen in de volgende les met elkaar vergeleken kunnen worden. Hieronder staan vijf meetplaatsen omschreven. Bij voldoende tijd kunnen de leerlingen zelf een zesde meetplaats zoeken en daar metingen doen.

#### meetplaats 1:

- zo dicht mogelijk bij school, bijvoorbeeld op 1 meter afstand van het schoolgebouw
- in de zon

#### meetplaats 2:

- zo dicht mogelijk bij school, dus bijvoorbeeld op 1 meter afstand van de muur van het schoolgebouw
- in de schaduw
- op ongeveer 1,5 meter hoogte

#### meetplaats 3:

- midden op een groot open grasveld
- in de zon
- op ongeveer 1,5 meter hoogte

#### meetplaats 4:

- midden op een geasfalteerde oppervlakte
- in de zon
- op ongeveer 10 cm hoogte en op 1,5 meter hoogte
- als er geen asfalt is, dan kan je boven stenen meten

#### meetplaats 5:

- midden op een groot open grasveld, onder een boom
- in de schaduw
- op ongeveer 1,5 meterhoogte

#### meetplaats 6 (bij voldoende tijd):

- Laat de groepjes zelf een meetplaats kiezen.

De leerlingen doen dus op verschillende plaatsen in de omgeving van de school metingen en schrijven hun gevonden waarden in de tabel op (zie verderop). Als de leerlingen in de klas terugkomen, moeten de meetgegevens verzameld worden, zodat ze de volgende les door alle groepen te gebruiken zijn. Het is belangrijk om dit als docent goed voor te bereiden! Het handigst is het, als dit direct op de computer in Excel gebeurt. Leerlingen kunnen hun metingen ook in aparte Excelfiles zetten, die de docent samenvoegt.

#### Let op!

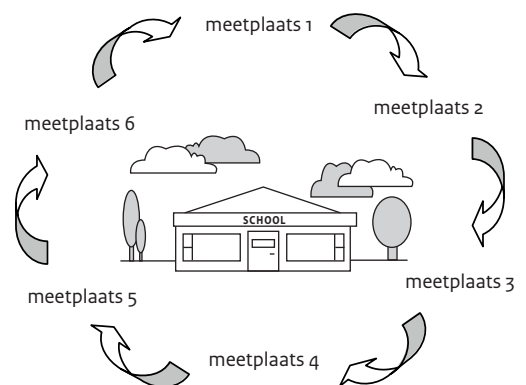
- Er zitten prijzige instrumenten tussen. Ga voorzichtig met de spullen om.
- Nauwkeurig meten kost tijd. Maak er dus geen wedstrijdje van.
- De thermometer heeft veel tijd nodig om de juiste temperatuur aan te nemen. Wacht op iedere meetlocatie dus een paar minuten voor je de thermometer afleest.
- Lees de thermometer nauwkeurig af: op een hele of een halve graad. Let bij het aflezen ook op de positie van het instrument ten opzichte van je ogen, zoals je de vorige les hebt geleerd.
- De psychrometer moet bij iedere meting vochtig gemaakt worden. Daarom krijgt ieder groepje een flesje water mee.
- Het kost tijd voor de psychrometer om de juiste nattemperatuur aan te wijzen. Slinger er een paar minuten mee. Als de nattemperatuur niet meer zakt, heb je de juiste waarde gevonden.
- De vochtigheid kan met behulp van de nattemperatuur en de drogeboltemperatuur worden afgelezen uit de psychrometertabel. Je hebt de vorige les geleerd hoe je deze tabel af moet lezen.
- De windmeter moet je langer dan een paar seconden laten draaien om te kijken of de windsnelheid in een korte tijd snel verandert. Toch moet je één

(gemiddelde) waarde kiezen om in te vullen.

- Met de windvaan druk je de windrichting uit in graden. Als de windvaan niet netjes 1 richting aangeeft, maar fluctueert, dan moet je kiezen voor de (gemiddelde) waarde die je zelf het meest logisch vindt.
- Het onderdeel bewolking hoeft alleen te worden uitgevoerd op meetplaats 3.
- Op alle meetplaatsen meet je op 1,5 meter hoogte. Alleen op meetplaats 4 moet je ook op 10 cm hoogte meten.

De leerlingen gaan in groepjes buiten meten. Om dit soepel te laten verlopen volgt hier een suggestie voor de organisatie van dit onderdeel.

Groepje 1 begint op meetplaats 1, groepje 2 begint op meetplaats 2, enz. Als de leerlingen klaar zijn met meten gaan ze door naar de volgende meetplaats. Dus groepje 1 gaat door naar meetplaats 2. Groepje 2 gaat door naar meetplaats 3, enz.



Verderop volgen de tabellen die de groepjes in kunnen vullen. De docent zorgt voor de vermenigvuldiging. De docent zorgt dat de volgende les er één grote tabel is gevuld met alle waarnemingen van alle groepjes en dat alle groepjes deze grote tabel tot hun beschikking hebben.

					10 cm	1,5 m		
Groetheid	Groep	Meetplaats 1	Meetplaats 2	Meetplaats 3	Meetplaats 4	Meetplaats 5		
Temperatuur in °C	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							
Vochtigheid in %	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							
Windsnelheid in m/s	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							
Windrichting in graden	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							
Luchtdruk in hPa	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							
Bewolkingsgraad in acht delen	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							
Soort bewolking (wolkenkaart)	groep 1							
	groep 2							
	groep 3							
	groep 4							
	groep 5							
	groep 6							

Meetplaats 6	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6
Kenmerken eigen locatie						
Beschutting omcirkel wat van toepassing is	open half open beschut	open half open beschut	open half open beschut	open half open beschut	open half open beschut	open half open beschut
Temperatuur in °C						
Vochtigheid in %						
Windsnelheid in m/s						
Windrichting in graden						
Luchtdruk in hPa						

# Les 4:

## Metingen vergelijken

### Doel

Leerlingen ontdekken dat het nodig is om een meetprotocol te hebben, zodat meetgegevens allemaal onder dezelfde omstandigheden verkregen zijn. Hierdoor kan in de wetenschap onderzoek gedaan worden met deze meetgegevens. Maar ook kunnen we over de hele wereld op een 'eerlijke' manier met elkaar communiceren over het weer.

### Korte beschrijving

Deze les is opgedeeld in vier delen. In deel 1 gaan de leerlingen aan de hand van vragen op zoek naar verschillen tussen hun eigen meetresultaten. In deel 2 wordt klassikaal de conclusie getrokken dat er een meetprotocol nodig is om met elkaar te kunnen communiceren over de meetgegevens en om de gegevens voor de wetenschap te kunnen gebruiken. In deel 3 wordt in een videofilm verteld over het waarneemterrein van het KNMI (op dit moment nog niet beschikbaar). In deel 4 wordt klassikaal bedacht wat een geschikte locatie is voor het waarneemstation op het eigen schoolterrein of wordt de reeds aanwezige locatie bekeken op geschiktheid. Ook worden er afspraken gemaakt over het uitvoeren en bijhouden van de metingen.

### Tijd

1 les

### Materialen

- pen
- schrift
- de tabel met meetgegevens van de leerlingen van de vorige les
- overzicht van de vijf meetlocaties en hun karakteristieken
- film (op dit moment nog niet beschikbaar)

### Lesvorm

groepswork (4 of 5 leerlingen per groepje)  
dezelfde groepjes als de vorige les  
klassikaal

### Uitgebreide beschrijving

#### Deel 1 (25 minuten): Eigen metingen bestuderen

De leerlingen gaan in groepjes aan de slag met hun eigen metingen. Hiervoor hebben ze hun eigen tabel nodig en de grote tabel met alle gemeten waarden van alle groepjes. De docent zorgt voor de verspreiding van deze grote tabel, die in de vorige les is samengesteld in Excel. Doe daar ook een overzicht van de meetlocaties en hun karakteristieken bij.

Door middel van een paar vragen worden de leerlingen aan het denken gezet over de verschillen die ze in hun metingen hebben gevonden. Het doel is om ze te laten ontdekken dat metingen beïnvloed worden door hun omgeving. Bijvoorbeeld door de soort ondergrond of obstakels, zoals gebouwen, bomen en struiken. Een gebouw dicht bij de meetlocatie kan bijvoorbeeld de wind tegen houden, waardoor een lagere windsnelheid wordt gemeten. Als de zon op het gebouw staat en de meetinstrumenten in de luwte staan, kan de temperatuur behoorlijk oplopen in vergelijking met de temperatuur in het vrije veld.

#### Opdracht 1 Bekijk je eigen metingen.

a) Hoe warm was het nou eigenlijk buiten?

Ieder antwoord is hier goed. Het antwoord dat het meest in de buurt ligt van een officiële meting is die van meetplaats 2: in de schaduw op 1,5 meter hoogte.

b) Wat was de luchtvochtigheid?

Ieder antwoord is hier goed.



- c) Hoe hoog was de luchtdruk?  
Hier zou ieder groepje hetzelfde getal moeten hebben.
- d) Wat was de windsnelheid?  
Ieder antwoord is hier goed. Het antwoord dat het meest in de buurt ligt van een officiële meting is die van meetplaats 3: midden op een groot grasveld.
- e) Wat was de windrichting?  
Ieder antwoord is hier goed. Het antwoord dat het meest in de buurt ligt van een officiële meting is die van meetplaats 3: midden op een groot grasveld.
- f) Wat was de bewolgingsgraad?  
Ieder antwoord is hier goed.
- g) Welke soorten wolken waren te zien?  
Ieder antwoord is hier goed.

**Opdracht 2** Waarschijnlijk heb je bij vraag 1 veel verschillen gezien tussen de verschillende metingen. Welke verschillen ben je bij je eigen metingen tegengekomen en waar denk je dat die verschillen door veroorzaakt worden bij...

- a) ...de temperatuur?  
De temperatuur van meetplaats 1 is hoger dan die van meetplaats 2, want op meetplaats 1 verwarmt de zon de aarde. De temperatuur van meetplaats 4 is hoger dan die van meetplaats 3, want gras neemt minder warmte op dan asfalt of stenen. De temperatuur op meetplaats 5, in de schaduw, zal lager zijn dan die in de zon. Op 10 cm hoogte zal het overdag vaak warmer zijn dan op 1,5 meter, met name wanneer de zon schijnt, terwijl het er 's avonds en 's nachts juist kouder is, met name bij onbewolkt weer.
- b) ...de luchtvochtigheid?  
De vochtigheid zal tussen de verschillende plaatsen niet zoveel variëren. Wel hebben lokale effecten door bijvoorbeeld een sloot of nat grasveld veel invloed.
- c) ...de luchtdruk?  
De luchtdruk is op alle meetplaatsen gelijk. Luchtdrukverschillen zijn er op zo'n korte afstand vrijwel niet.
- d) ...de windsnelheid?  
De gemeten waarden variëren sterk. De windsnelheid van de meetplaatsen 3 en 4 zullen anders zijn dan die van de meetplaatsen 1 en 2. Waar het gebouw of andere obstakels de wind tegen houden, zal het minder hard waaien dan als de wind vrij spel heeft.
- e) ...de windrichting?  
De gemeten waarden variëren sterk. De windrichting van de meetplaatsen 3 en 4 zullen anders zijn dan die van de meetplaatsen 1 en 2. Obstakels beïnvloeden de windrichting. Ook het schoolgebouw is

van invloed op de windrichting.

f) ...de bewolgingsgraad?  
De bewolgingsgraad kan in een uur tijd flink veranderen, maar ook gelijk blijven. De bewolgingsgraad kan alleen gegeven worden als de hele lucht bekeken kan worden. Door obstakels, zoals het schoolgebouw, zijn de waarnemingen per meetplaats anders.

g) ...de soorten wolken?  
De wolken veranderen continu van vorm, structuur, kleur en hoogte. Het is voor een ongetraind oog moeilijk om wolken te benoemen. De verschillende meetlocaties hebben niets met de soorten wolken te maken; alleen het ontnemen van het zicht op de hemel door obstakels kan voor verschillende waarnemingen zorgen.

**Opdracht 3** Bekijk alle metingen gedaan op 1,5 m hoogte van alle groepjes voor 2 locaties. groep 1 en 2 bekijken locatie 1 en 2 groep 3 en 4 bekijken locatie 3 en 4 groep 5 en 6 bekijken locatie 3 en 5 Zoek de verschillen in de metingen en geef een verklaring bij de metingen van ...

- a) ...de temperatuur.  
b) ...de luchtvochtigheid.  
c) ...de luchtdruk.  
d) ...de windsnelheid.  
e) ...de windrichting.
- Verschillen in de metingen tussen groepen zullen veroorzaakt worden door:
- onnauwkeurig meten
  - onnauwkeurige instrumenten
  - verschillende interpretaties (met name bij bewolking)
  - verschillende tijdstippen van meten
  - veranderde omstandigheden

**Opdracht 4** Wat heeft allemaal invloed op...

- a) ...de temperatuur?
- zon of schaduw  
Hoe meer zon, des te hoger de temperatuur wordt.
  - wel of geen bewolking  
Hoe minder bewolking, des te hoger de temperatuur wordt.
  - de soort ondergrond, bv gras, bos, asfalt of zand  
Hoe meer warmte de ondergrond opneemt, des te hoger de temperatuur wordt.
  - de hoogte van de meting  
Hoe hoger, des te kouder het is.
  - de windsnelheid  
Hoe harder het waait, des te meer menging er is. Dus dat kan zowel kouder als warmer betekenen.

- tijdstip van de dag  
Overdag schijnt de zon, dus is het warmer dan 's nachts.
- breedtegraad op aarde  
Hoe dichter bij de evenaar, des te rechter de zonnestralen invallen, des te meer het aardoppervlak wordt verwarmd, dus des te warmer het kan worden.
- b) ...de windsnelheid?
  - ruwheid van het terrein (hoeveelheid obstakels, hoogte van de obstakels, wrijving)  
Hoe ruwer, des te lager de windsnelheid is.
  - de hoogte van de meting  
Hoe hoger, des te hoger de windsnelheid is.
- c) ...de windrichting?
  - ruwheid van het terrein (hoeveelheid obstakels, hoogte van de obstakels, wrijving)  
Hoe ruwer, des te meer variabel de windrichting is.
  - de hoogte van de meting  
Hoe hoger, des te ruimer de windrichting (het aantal graden is hoger) is.

**Opdracht 5** Omschrijf de perfecte locatie om de bewolgingsgraad te kunnen bepalen.

Om de bewolgingsgraad goed te kunnen bepalen, moet de hele hemel gezien kunnen worden. Dus er mogen geen obstakels zijn, zoals gebouwen of bomen. Mist kan ook het zicht naar boven belemmeren.

**Opdracht 6** Overal in de wereld worden metingen gedaan van het weer, zoals temperatuur, nattemboltemperatuur, windsnelheid en windrichting. Jullie hebben gemerkt dat de gemeten waarden niet op alle meetplekken hetzelfde waren. De wetenschappers willen graag alle waarnemingen die in de wereld worden gedaan met elkaar vergelijken. Waar moet je dan voor zorgen?

De wetenschappers moeten er voor zorgen dat alle metingen op dezelfde manier worden gedaan. Daarvoor moeten er afspraken gemaakt worden over wat voor soort meetinstrumenten er gebruikt mogen worden, welke grootheden gebruikt worden en waar er gemeten wordt. Er kan daarbij gedacht worden aan de meethoogte, de soort ondergrond en de obstakels in de omgeving. Alle meetafspraken samen noemen we: meetprotocol.

#### **Deel 2 (10 minuten): Bevindingen bespreken**

De bevindingen van de groepjes kunnen klassikaal besproken worden. Met name vraag 6 is voor de leerlingen belangrijk.

Als de ene thermometer in de zon staat en de andere in de schaduw, dan kan je de metingen niet met elkaar vergelijken, want anders vergelijk je appels met peren. Om de metingen over de hele wereld met elkaar te kunnen vergelijken, zijn er afspraken nodig op welke manier er gemeten wordt: een meetprotocol. Dit is opgesteld door het WMO. Dat staat voor Wereld Meteorologische Organisatie. Na deze conclusie kan de vraag aan de leerlingen gesteld worden: 'Wat zal er in zo'n meetprotocol staan?'

De meetprotocollen zijn ook te vinden in het 'Handboek waarnemen' dat door het KNMI gepubliceerd is: [www.knmi.nl/samenw/hawa/index.html](http://www.knmi.nl/samenw/hawa/index.html).

#### **Deel 3: Film 'Het waarneemterrein van het KNMI'** (is op dit moment nog niet beschikbaar)

In een videofilm wordt, op het waarneemterrein van het KNMI, verteld waarom er een meetprotocol is en wat een paar van die afspraken zijn. De leerlingen zien hun conclusie in deze videofilm bevestigd.

#### **Deel 4 (10 minuten): Het organiseren van de metingen van het weerstation**

Tenslotte kan klassikaal bekeken worden wat een geschikte plek op het schoolterrein is om het weerstation neer te zetten. Mocht er al een plek zijn waar het weerstation staat, dan kan bekeken worden of dat inderdaad een geschikte plek is en wat eventuele voor- en nadelen van die locatie zijn.

Maak hierbij gebruik van de meetprotocollen van GLOBE (zie 'Het weerstation - een meetserie opbouwen').

Vervolgens moet het doen van de metingen in de klas georganiseerd worden (zie 'Verzorgen meetserie').

Belangrijk is dat de docent goed heeft uitgedacht hoe en wanneer de metingen door de leerlingen uitgevoerd moeten gaan worden. Zorg voor een kant en klaar schema voor de leerlingen met wie wanneer aan de beurt is en zorg dat duidelijk is wat de leerlingen moeten doen.

Wellicht is het de eerste keer mogelijk met de hele klas te gaan meten.

# Les 5: Circulatie

## Doel

Leerlingen leren hoe het circulatiepatroon op aarde afhangt van de instraling van de zon. Ze leren dat er verschil in instraling is tussen evenaar en polen en dat een aantal factoren, waaronder de draaiing van de aarde het circulatiepatroon complex maakt.

## Korte beschrijving

Leerlingen leren theorie over het circulatiepatroon op aarde. De les bestaat uit zeven delen. Deel 1 gaat over de algemene circulatie. Leerlingen leren dat temperatuurverschillen op aarde zorgen voor de stromingen in de atmosfeer. In deel 2 leren de leerlingen waardoor het temperatuurverschil tussen evenaar en polen ontstaat. In deel 3 wordt een eenvoudig eencellig circulatiemodel tussen evenaar en polen behandeld. In deel 4 komt aan de orde hoe de draaiing van de aarde de stroming van de lucht beïnvloedt en wordt een complexer stromingspatroon getoond. In deel 5 komen factoren aan de orde die het werkelijke stromingspatroon nog complexer maken. Deel 6 laat aan de hand van een weerkaart en een satellietfoto zien hoe deze werkelijkheid er uit kan zien. De les wordt in deel 7 afgesloten met beantwoorden van een probleemstelling.

## Tijd

1 les

## Materialen

- zaklamp
- glazen bak
- water
- brander
- kleurstof (bijvoorbeeld inkt)

## Lesvorm

klassikaal  
zelfstandig of in tweetallen

## Presentatie

PowerPoint: Theorie circulatie

## Uitgebreide beschrijving

Deze les start met een probleemstelling. Nadat de leerlingen de theorie hebben doorgenomen, moeten ze in staat zijn om deze vraag te beantwoorden. Op het eind van de les wordt hier dus op teruggekomen.

**Probleemstelling:** Waar en wanneer wordt op de aarde de laagste temperatuur gemeten?

### Deel 1: De algemene circulatie

Leerlingen lezen theorie over de algemene circulatie of de docent gebruikt de PowerPointpresentaties.

### Deel 2: Warme evenaar, koude polen

Leerlingen lezen theorie over warme evenaar, koude polen of de docent gebruikt de PowerPoint presentatie.

Het is aan te bevelen, de leerlingen het kleine experimentje met de zaklamp in de klas (of eventueel thuis) te laten doen. Door onder verschillende hoeken te schijnen met de zaklamp, verandert de grote van de lichtvlek, terwijl de hoeveelheid licht die de zaklamp geeft niet verandert. Dit maakt het principe van de verschillen in zonne-energie-inval over de aarde snel duidelijk.

## vragen

basis

1a) Leg uit dat de zonnestralen evenwijdig op de aarde vallen; dat wil zeggen dat de zonnestralen overal op aarde uit dezelfde richting komen. Maak hierbij eventueel gebruik van een tekening.

De zon staat zo ver weg van de aarde dat de bundel stralen, die rechtstreeks vanaf de zon naar de aarde loopt, vrijwel evenwijdig is.

afstand aarde-zon = 150 miljard meter

doorsnede zon = 1,4 miljard meter

doorsnede aarde = 0,012 miljard meter

Tekening op schaal maken lukt niet (de verschillen zijn te groot), maar een schets kan wel helpen.

b) Leg uit hoe het komt dat de evenaar gemiddeld een hogere temperatuur heeft dan de Noord- en de Zuidpool.

De aarde is bolvorming. Daardoor vallen de zonnestralen op de evenaar loodrecht in en een bundel van  $1 \text{ m}^2$  verwarmt ook een oppervlak van  $1 \text{ m}^2$ .

Op de polen valt de bundel zelfs evenwijdig aan het aardoppervlak in en wordt het oppervlak helemaal niet verwarmd. Hierbij verwaarlozen we de stand van de aardas en de seizoenen.

Van de evenaar naar de pool toe wordt het te verwarmen oppervlak van een bundel van  $1 \text{ m}^2$  steeds groter en moet de energie (warmte) steeds meer verdeeld worden. Dit zorgt ervoor dat de gemiddelde temperatuur op de polen dus lager is dan op de evenaar.

uitdaging

Aanname: een bundel zonnestralen is vierkant met een oppervlak van 1 bij 1 meter.

figuur 5.1  
Onder  $90^\circ$  invallende zonnestralen

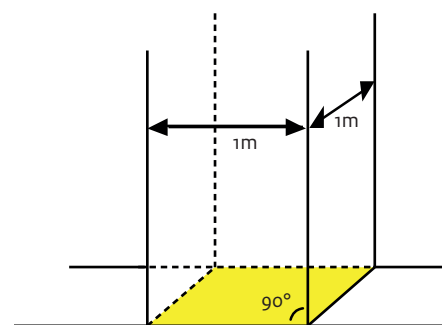
2a) Op  $30^\circ$  NB (en ZB) maakt de lichtbundel een hoek van  $60^\circ$  met het aardoppervlak. Bereken de grootte van het oppervlak dat deze bundel op de aarde verlicht. Geef je antwoord in  $\text{m}^2$ .

$\sin \alpha = \text{invallende bundel} / \text{aarde } g$

$\Rightarrow \text{aarde } g = \text{invallende bundel} / \sin \alpha$

oppervlak = breedte bundel x aarde =  $1 \times \text{aarde}$  dus  $g = 1 / \sin 60 = 1,15 \text{ m} \Rightarrow \text{oppervlak} = 1 \times 1,15 = 1,15 \text{ m}^2$

b) Doe hetzelfde bij een hoek van  $30^\circ$  (op  $60^\circ$  NB of ZB),  $90^\circ$  (op de evenaar) en  $0^\circ$  (op de polen).



$g = 1 / \sin 90 = 1 \text{ m} \Rightarrow \text{oppervlak} = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$

$g = 1 / \sin 30 = 2 \text{ m} \Rightarrow \text{oppervlak} = 1 \times 2 = 2 \text{ m}^2$

$g = 1 / \sin 0 = \text{oneindig} \Rightarrow \text{oppervlak} = \text{oneindig}$

c) Wat voor gevolgen heeft dit verschil in oppervlak voor de temperatuur?

Hoe groter het oppervlak waarop de bundel invalt, des te minder energie (warmte) is er beschikbaar per  $\text{m}^2$ . De gemiddelde temperatuur van het aardoppervlak is dus het hoogst op de evenaar en zal steeds lager worden richting de polen.

## Deel 3: Een eencellige circulatie

Leerlingen lezen de theorie over een eencellige circulatie of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie. Aan het begin van dit onderdeel kan klassikaal een experiment gedaan worden over circulatie.

**Experiment:** De circulatie van water in een bak, die aan één kant verwarmd wordt.

### materialen

glazen bak

brander

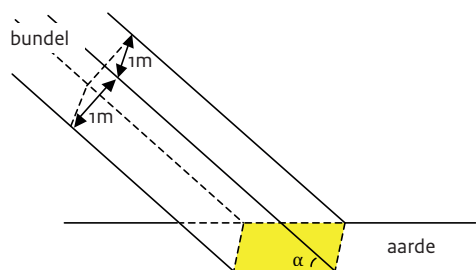
water

kleurstof (bijvoorbeeld inkt)

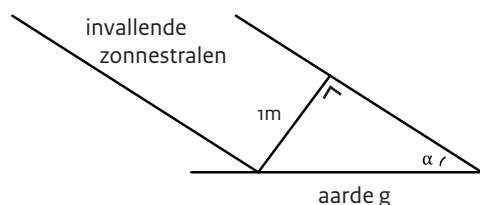
### uitvoering

Neem een glazen bak met water. Verwarm de bak aan één kant aan de onderkant met een brander. Druppel, wanneer de brander even aanstaat, wat kleurstof (bijvoorbeeld inkt) in de bak aan de kant waar deze verwarmd wordt. Het water met de kleurstof gaat nu circuleren.

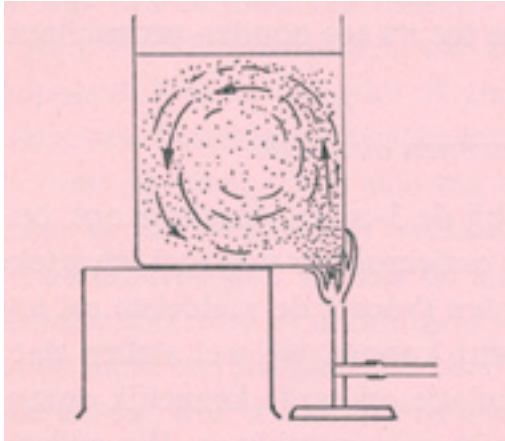
figuur 5.2  
Onder hoek  $\alpha$  invallende zonnestralen



figuur 5.3  
Zijaanzicht van figuur 5.2



**figuur 5.4**  
Gasvlam verwarmt  
bak met water



#### Deel 4: De draaiing van de aarde

Leerlingen lezen de theorie over de draaiing van de aarde of de docent gebruikt de PowerPoint-presentatie.

#### vragen

basis

1) Leg uit waarom de lucht op het zuidelijk halfrond afbuigt naar links.

Het aardoppervlak draait onder de lucht weg, naar het oosten toe. Het effect is dat de lucht vanaf het aardoppervlak gezien naar het westen lijkt te bewegen (en dus uit noordoostelijke richting lijkt te komen), dus naar links beweegt.

verdieping

2) Warme lucht stijgt op, omdat het lichter is dan koude lucht. Hoe komt het dat warme lucht lichter is dan koude lucht?

Warme lucht zet uit en neemt daardoor meer plek in dan koude lucht, heeft dus minder moleculen per inhoudsmaat. Daardoor is warme lucht dus lichter dan koude lucht. Lichtere vloeistoffen en gassen drijven op koudere vloeistoffen en gassen (vergelijk een heliumballon of een voetbal die je onder water probeert te duwen) en daardoor wil de warmere lucht opstijgen. Dit principe zit gevat in de wet van Archimedes (voor eventuele verdieping).

uitdaging

3) Bedenk een kleinschaliger voorbeeld van een luchtcirculatie, zoals die van het proefje met de bak met water.

In een woonkamer waar de kachel aanstaat, treedt een zelfde soort circulatie op. Boven de radiator/kachel stijgt de warme lucht op, aan de andere kant van de kamer daalt de koude lucht.

#### Deel 5: De praktijk

Leerlingen lezen de theorie over de praktijk van het circulatiepatroon of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

#### Deel 6: Nederland en omgeving

Leerlingen lezen de theorie over de typische situatie uit de praktijk in de omgeving van Nederland of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

#### vragen

basis

1) Leg uit waarom in Nederland de overheersende windrichting west is.

Nederland ligt op ongeveer  $54^\circ$  NB, dus tussen de  $30^\circ$  en  $60^\circ$  NB. In dit gebied stroomt de lucht van het hogedrukgebied boven ongeveer  $30^\circ$  NB naar het lagedrukgebied boven  $60^\circ$  NB. De draaiing van de aarde zorgt ervoor dat de lucht hier ten opzichte van de aarde naar rechts afbuigt. Dit zorgt voor een westenwind in dit gebied.

verdieping

2a) Leg uit waarom de gemiddelde temperatuur in de zomer vaak hoger is boven land dan boven water en dat dit in de winter vaak andersom is.

De zonnestralen verwarmen het oppervlak waarop ze terecht komen. Boven land verwarmen ze het bovenste laagje aardoppervlak. Dit warmt relatief gemakkelijk op en geeft de warmte niet goed door naar beneden, de grond in. De bovenste laag van aardoppervlak warmt op en geeft ook warmte af aan de lucht erboven.

Bij water wordt ook het bovenste laagje water verwarmd. Water heeft echter meer warmte nodig om in temperatuur te stijgen. Bovendien beweegt water, er is stroming, er zijn golven, waardoor een veel diepere laag water verwarmd wordt. De warmte moet dus verdeeld worden, waardoor de temperatuur lager blijft.

In de winter, met weinig zonnestraling, is het precies andersom. Het bovenste laagje aardoppervlak koelt af en doet dit gemakkelijk. Het krijgt snel een lage temperatuur. Water koelt veel moeilijker af en door de stroming en golven komt er warmer water vanaf beneden naar boven. Bij water moet een veel dikkere laag in temperatuur dalen.

b) Leg uit waarom de temperatuur in de winter op de Zuidpool lager is dan in de winter op de Noordpool. De Zuidpool ligt op het continent Antarctica. De Noordpool ligt midden in de Noordelijke IJszee. Daarom zijn de temperaturen op de Noordpool

gematigd. In de winter komt de temperatuur niet onder de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Op de Zuidpool heeft het water om Antarctica heen geen invloed meer, omdat het midden op het continent ligt. Daarnaast ligt de Zuidpool op grote hoogte (2835 m). De temperatuur op de Zuidpool is in de winter zo'n  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

uitdaging

3) Een bundel zonnestralen van 1 bij 1 meter valt ter hoogte van de evenaar op de aarde. De hoeveelheid energie in deze bundel is 82020 Joule per uur. We gaan er hierbij even (onterecht!) vanuit dat het oppervlak geen energie uitstraalt.

warmtecapaciteit van zand =  $800\text{ Joule/kg }^{\circ}\text{C}$   
warmtecapaciteit van water =  $4186\text{ Joule/kg }^{\circ}\text{C}$   
dichtheid van water =  $1000\text{ kg/m}^3$   
dichtheid van zand =  $1600\text{ kg/m}^3$

$Q = c \times \rho \times V \times \Delta T$  met

$Q$  = energie in de bundel van de zon in Joule/uur  
 $c$  = warmtecapaciteit in Joule/kg  $^{\circ}\text{C}$   
 $\rho$  = dichtheid in  $\text{kg/m}^3$   
 $V$  = volume in  $\text{m}^3$   
 $\Delta T$  = temperatuurverschil

$V = l \times b \times d$  met  
 $V$  = volume in  $\text{m}^3$   
 $l$  = lengte in m  
 $b$  = breedte in m  
 $d$  = diepte in m

a) Hoeveel stijgt de temperatuur in één uur bij een oppervlak van 1 bij 1 m water als je aanneemt dat de energie tot ongeveer 1 cm diepte doordringt?

water  $Q = c \times \rho \times V \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = Q / (c \times \rho \times V)$   
 $Q = 82020\text{ J per uur}$   
 $c = 4186\text{ J/kg }^{\circ}\text{C}$   
 $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$   
 $V = 1 \times 1 \times 0,01 = 0,01\text{ m}^3$   
 $\Delta T = 82020 / (4186 \times 1000 \times 0,01) = 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$

b) Hoeveel stijgt de temperatuur in één uur bij een oppervlak van 1 bij 1 m zand als je aanneemt dat de energie tot ongeveer 1 cm diepte doordringt?

zand  $Q = c \times \rho \times V \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = Q / (c \times \rho \times V)$   
 $Q = 82020\text{ J per uur}$   
 $c = 800\text{ J/kg }^{\circ}\text{C}$   
 $\rho = 1600\text{ kg/m}^3$   
 $V = 1 \times 1 \times 0,01 = 0,01\text{ m}^3$   
 $\Delta T = 82020 / (800 \times 1600 \times 0,01) = 6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$

c) Hoe verandert de uitkomst van opgave a als je weet dat water goed mengt, waardoor de laag waarin de zonne-energie kan komen zo'n 10 cm is?

De laag wordt 10 x dikker, dus de energie moet over 10 x zoveel water verdeeld worden. De temperatuur stijgt maar met  $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

d) Welke consequenties heeft het verschil tussen zand en water voor het opwarmen van het aardoppervlak (en de lucht erboven) door de zon?

Een laag zand loopt veel sneller op in temperatuur dan water. Dit heeft grote gevolgen voor de temperatuurverschillen tussen land en water.

e) Waar hebben we in deze opgave geen rekening mee gehouden. Wat betekent dat voor onze uitkomsten?

Wel belangrijk is het om te realiseren dat uitstraling hier niet is meegenomen! In werkelijkheid stijgt de temperatuur niet zo hard.

### Deel 7: Probleemstelling

Waar en wanneer wordt op de aarde de laagste temperatuur gemeten?

Op de Zuidpool in de winter, omdat er dan geen instraling van de zon is en er ook geen invloed is van gematigd zeewater.

### Achtergrondinformatie

De laagste temperatuur ooit gemeten is  $-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  te Vostok op Antarctica op 21 juli 1983 (dan is het daar winter). (bron [wmo.asu.edu/](http://wmo.asu.edu/))

De laagste temperatuur in Nederland gemeten is  $-27,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  op 27 januari 1942 te Winterswijk.

### Extra

[www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060208\\_dampkring01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060208_dampkring01)

Dit is een filmpje over de dampkring en het vasthouden van zonnewarmte (duur 1.23 min.).

[www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060209\\_luchtstromen01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060209_luchtstromen01)

Dit is een filmpje over de algemene circulatie (duur 2.17 min.). Het is geschikt voor aan het einde van de PowerPointpresentatie.

# Les 6:

## Depressies

### Doel

Leerlingen leren luchtsoorten kennen en hoe de botsing van luchtsoorten zorgt voor koufronten, warmtefronten en oclusies. Daarnaast leren ze hoe luchtdruk en wind met elkaar samenhangen.

### Korte beschrijving

Leerlingen leren theorie over depressies. De les bestaat uit zeven delen. De eerste twee delen gaan over luchtsoorten. Leerlingen leren welke verschillende luchtsoorten er zijn, wat een brongebied is en hoe de lucht geleidelijk transformeert. In deel 3 lezen de leerlingen over koufront, warmtefront en oclusie en wat er gebeurt als een frontaal systeem overtrekt. Deel 4 gaat over luchtdruk en de samenhang met depressies. In deel 5 wordt (klassikaal) een proefje over luchtdruk gedaan. In deel 6 wordt windsnelheid en windrichting besproken. De les wordt in deel 7 afgesloten met het zoeken naar het antwoord op de probleemstelling.

### Tijd

1 les

### Materialen

- wijnfles
- spekjes
- vacuümpomp (bijvoorbeeld van Vacu Vin)
- flessenstop (bijvoorbeeld van Vacu Vin)

### Lesvorm

klassikaal  
zelfstandig of in tweetallen

### Presentatie

PowerPoint: Theorie depressies

### Uitgebreide beschrijving

Deze les start met een probleemstelling. Nadat de leerlingen de theorie hebben doorgenomen, moeten ze in staat zijn om deze vraag te beantwoorden. Op het eind van de les wordt hier op teruggekomen.

**Probleemstelling:** Wat gebeurt er als je met een ongeopende zak chips een hoge berg op loopt? Hoe komt dat?

### Deel 1+2: Luchtsoorten

Leerlingen lezen theorie over luchtsoorten of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### vragen

basis

1) Wat voor luchtsoort hebben we als we in de winter een droge vorstperiode hebben?

**Continental polaire lucht (Arctische lucht heeft wat vocht van de oceaan opgepikt.)**



verdieping

2) Omschrijf (temperatuur en vocht) hoe de lucht transformeert als het de volgende route aflegt: het brongebied is midden op de Atlantische Oceaan, dan beweegt de lucht naar het zuidoosten en trekt via de Middellandse Zee naar Noord-Italië. Hier blijft het een poosje hangen en tot slot beweegt de lucht naar het noorden, naar Nederland.

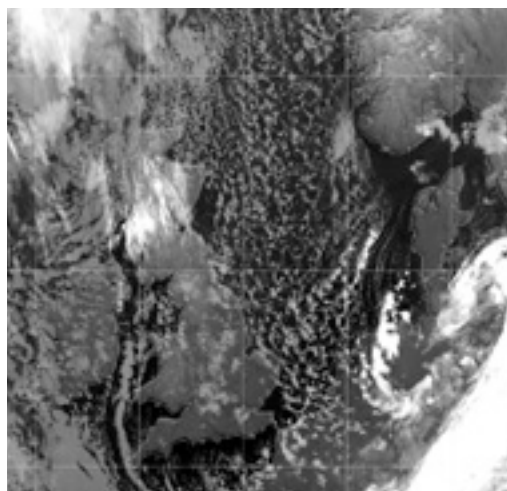
Boven de Atlantische Oceaan neemt de lucht veel vocht op en de temperatuur is gematigd. Als de lucht zuidoostwaarts beweegt neemt de temperatuur langzaam iets toe. Als de lucht boven De Alpen blijft hangen, regenen de wolken uit en wordt de lucht dus droger. Achter de bergen neemt de temperatuur van de lucht iets toe.

Achtergrond:

Als de lucht voor de bergen stijgt om de bergen over te kunnen, is de lucht vochtig en daalt dan volgens de natadiabaat:  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  per 100 meter. Als de wolk is uitgeregend en de lucht achter de berg weer daalt, stijgt de temperatuur volgens de droogadiabaat:  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  per 100 meter.

uitdaging

3) Wat is het brongebied als het in de winter erg koud is en we allemaal kleine sneeuwbuien krijgen? Het gaat hier om Arctische lucht uit de poolstreken, zoals Groenland. Deze lucht is droog en koud. Deze lucht komt uit het noord tot noordwesten en strijkt over de volledige lengte van de Noordzee. Onderweg wordt dus wat vocht opgenomen, waardoor er buien ontstaan. Het satellietbeeld is hier een goed voorbeeld van.



### Deel 3: Frontaal systeem

Leerlingen lezen theorie over een frontaal systeem of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

figuur 6.1  
Arctische lucht met sneeuwbuien

figuur 6.2  
Temperatuurverloop bij de passage van een frontstelsysteem

figuur 6.3  
De lucht achter de occlusie is kouder dan de lucht ervoor

figuur 6.4  
De lucht achter de occlusie is minder koud dan de lucht ervoor

figuur 6.5  
De lucht achter de occlusie is even koud als de lucht ervoor

### Vragen

basis

1) Schets het temperatuurverloop bij de passage van een frontaal systeem.

temperatuur



verdieping

2) Daar waar het koufront het warmtefront heeft ingehaald, gaan de twee fronten samen als occlusie. Waar is de warme sector gebleven?

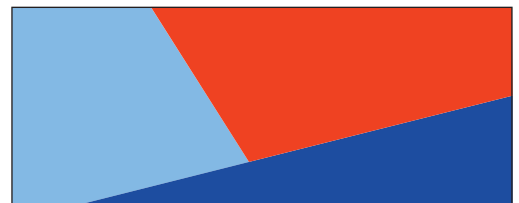
De warme sector is opgetild en bevindt zich alleen nog in de hogere luchtlagen van de atmosfeer.

uitdaging

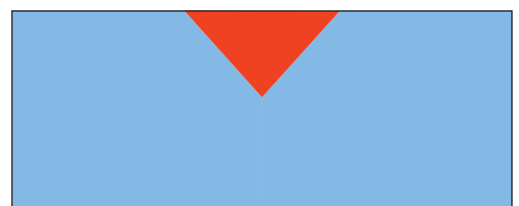
3) Er zijn verschillende soorten occlusies. Hieronder staan drie zijaanzichten. Omcirkel de juiste naam die bij het plaatje hoort.



- neutrale occlusie
- koufrontocclusie
- warmtefrontocclusie

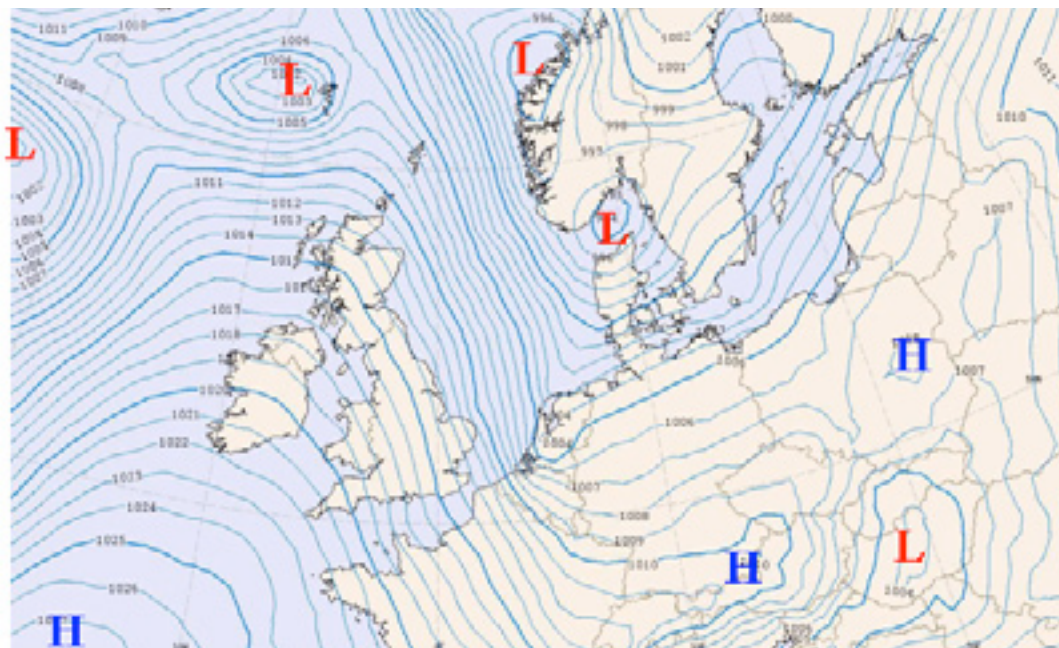


- neutrale occlusie
- koufrontocclusie
- warmtefrontocclusie



- neutrale occlusie
- koufrontocclusie
- warmtefrontocclusie

**figuur 6.6**  
Isobaren met hoge- en lagedrukgebieden



#### Deel 4: Luchtdruk

Leerlingen lezen theorie over luchtdruk of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

#### vragen

basis

1) Hierboven staat een kaart met lijnen van gelijke druk: isobaren. Teken in de kaart de hoge- en lagedrukgebieden. Gebruik de letters H en L.  
*De lagedrukgebieden zijn duidelijker terug te vinden dan de lagedrukgebieden.*

2) Waar is de luchtdruk hoger: op de Eiffeltoren of op een terrasje in Parijs? Waarom?

*De luchtdruk is hoger op een terrasje in Parijs dan op de Eiffeltoren, omdat op de kolom lucht die zich boven het terrasje bevindt groter is dan boven de Eiffeltoren. Het verschil is de kolom lucht van de grond tot aan de Eiffeltoren.*

verdieping

3) In het dagelijks leven merken wij de druk van de lucht niet. Hoe komt dat?

*De luchtdruk is continu aanwezig. We zijn er aan gewend. Daarom voelen we de lucht niet op ons drukken.*

uitdaging

4) Als je in een lift snel omhoog gaat, kan je last krijgen van je oren. Hoe komt dat?

*Er ontstaat een luchtdrukverschil tussen de beide kanten van het trommelvlies. Als je snel omhoog gaat, daalt de luchtdruk. Aan de buitenkant van je*

*oor wordt de luchtdruk dus lager dan aan de binnenkant van je oor. Dit luchtdrukverschil veroorzaakt de pijn in je oren. Je kan de luchtdruk aan beide kanten van het trommelvlies weer gelijk krijgen (zodat de pijn dus stopt) door te slikken of te geeuwen.*

#### Deel 5: Luchtdruk kan je zien

*Experiment: 'luchtdruk kan je zien'*

#### materialen

wijnfles  
spekjes  
vacuümpomp (bijvoorbeeld van Vacu Vin)  
flessenstop (bijvoorbeeld van Vacu Vin)



#### uitvoering

Rol de spekjes tot dunne slierten. Doe de spekjes in de fles. Schud de fles, zodat de spekjes weer hun oude vorm aan gaan nemen. Pomp met de vacuümpomp de lucht eruit. Tussendoor een paar keer de fles goed schudden. Laat de lucht weer in de fles.

**figuur 6.7**  
Flessen met spekjes

**figuur 6.8**  
Twee weerkaarten

### vragen

basis

1) Wat gebeurt er?

Als de lucht uit de fles wordt gehaald zetten de spekJes uit. Als de lucht weer in de fles stroomt, zakken de spekJes weer in.

verdieping

2) Hoe komt dat?

SpekJes bevatten heel veel kleine gaatjes. Deze gaatjes zijn gevuld met lucht. Als de lucht uit de fles wordt gehaald, daalt de luchtdruk in de fles. De lucht in spekJes zet uit en daardoor worden de spekJes groter.

### Deel 6: Wind

Leerlingen lezen theorie over wind of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### vragen

basis

1) Hoeveel graden is een westenwind? En een zuidoostenwind?

westenwind = 270 graden

zuidoostenwind = 135 graden

verdieping

2) Waarom waait het aan de kust meestal harder dan in het binnenland?

Meestal komt de wind van zee. Het zeeoppervlak is gladder dan het landoppervlak, waardoor de zee voor minder wrijving zorgt. De wind heeft boven zee dus vrij spel, terwijl het op het land wordt afgezwakt door bijvoorbeeld stuiken, bomen en gebouwen.

Het verband tussen wind- en luchtdrukpatroon is duidelijk te zien op een weerkaart. Hiernaast staan twee weerkaarten afgebeeld. (figuur 6.8)

basis

3) Wat is de windrichting in Nederland in het onderste kaartje?

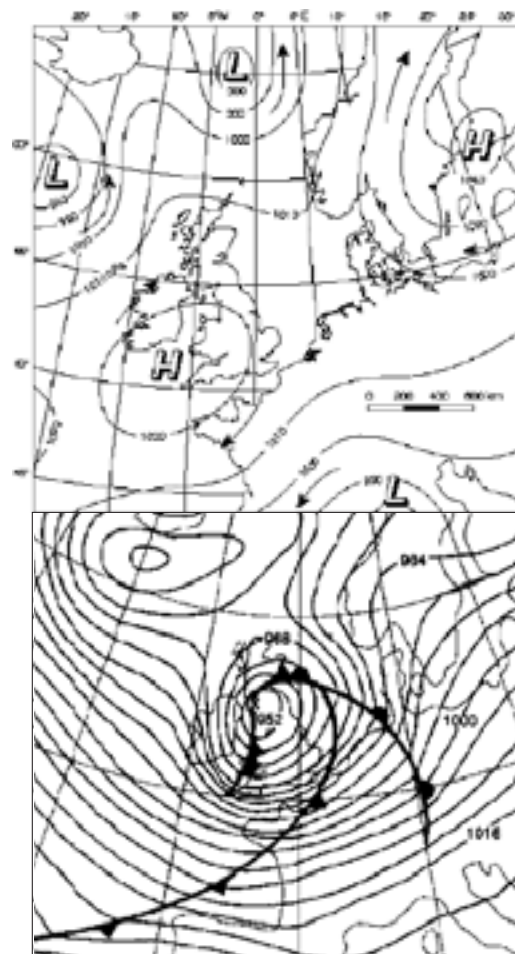
Zuidwest

verdieping

4) Waait het in Nederland harder in de situatie van de bovenste weerkaart of die van de onderste?

Waarom?

In de situatie van de onderste weerkaart waait het harder, want de isobaren liggen daar dicht bij elkaar. Het luchtdrukverschil is dus groter.



uitdaging

5a) Waar ligt het hogedrukgebied als we in de winter een langere vorstperiode hebben?

Er ligt dan een hogedrukgebied boven Scandinavië.

5b) Welke luchtsoort is dat?

Continentaal polaire lucht

5c) Wat is dan de windrichting in Nederland?

Oost

### Extra

[www.hetklokhuis.nl/onderwerp/weersverwachtingen#](http://www.hetklokhuis.nl/onderwerp/weersverwachtingen#)

Kies het filmpje over wind.

Dit is een aflevering van Klokhuis. Het gaat over lucht en wind en het is opgenomen bij de meetmast Cabauw van het KNMI (duur 14.30 min.). Het kan ook bekeken worden via:

[www.youtube.com/watch?v=M23OFQ-DWHK](http://www.youtube.com/watch?v=M23OFQ-DWHK).

### Deel 7: Probleemstelling

Wat gebeurt er als je met een ongeopende zak chips een hoge berg op loopt? Hoe komt dat?

Hoe hoger je op de berg komt, des te lager de luchtdruk is. De lucht in de zak chips zet hierdoor uit. De zak gaat dus bol staan. Als je erg hoog komt, kan de zak zelfs exploderen.

# Les 7: Wolken

## Doel

Leerlingen leren hoe wolken ontstaan, wat de samenstelling van een wolk is en wat de namen van diverse wolken zijn met behulp van het wolken-classificatiesysteem.

## Korte beschrijving

Leerlingen leren theorie over wolken. De les bestaat uit zeven delen. Deel 1 is een klassikale proef: een wolk laten ontstaan. De leerlingen leren door middel van deze proef hoe wolken ontstaan. In deel 2 lezen de leerlingen over de samenstelling van wolken. Deel 3 gaat over de soorten wolken het wolkenclassificatiesysteem. In deel 4 passen de leerlingen het geleerde toe door wolkenplaatjes te combineren met de juiste omschrijving en kunnen ze met deze plaatjes en teksten memorie spelen. Deel 5 gaat over wolken en het weer. In deel 6 wordt een wolkenquiz gespeeld en de les wordt afgesloten met deel 7: klassikaal een antwoord zoeken op de probleemstelling.

## Tijd

1 les

## Materialen

- pan
- heet water
- ijsblokjes

## Lesvorm

klassikaal  
zelfstandig of in tweetallen

## Presentatie

PowerPoint: Theorie wolken  
PowerPoint: Quiz wolken

## Uitgebreide beschrijving

Deze les start met een probleemstelling. Nadat de leerlingen de theorie hebben doorgenomen, moeten ze in staat zijn om deze vraag te beantwoorden. Op het eind van de les wordt hier dus op teruggekomen.

**Probleemstelling:** Hoe komt het dat op 1 januari om 00.00 uur het vaak ineens bewolkt wordt of dat er zelfs mist ontstaat?

## Deel 1: Een wolk laten ontstaan



## materialen

pan  
heet water  
ijsblokjes

## uitvoering

Schenk heet water in de pan. Houd de ijsblokjes boven de pan. Kijk goed wat er boven de ijsblokjes gebeurt.

## vragen:

basis

1) Wat gebeurt er?

Er ontstaat een wolk.

verdieping

2) Hoe komt dat?

Het water in de pan verdampt. De waterdamp wordt afgekoeld door het ijs. Daardoor condenseert het.

figuur 7.1

Ijsblokjes boven heet water



uitdaging

3) Het ontstaan van een wolk begint dus met lucht die gedwongen wordt om te stijgen. Er zijn vier manieren waarop lucht wordt gedwongen omhoog te gaan. Noem deze vier manieren.

1) De zon verwarmt de aarde en de aarde verwarmt de lucht. Warme lucht stijgt op. Hoger in de lucht is het kouder, waardoor de lucht afkoelt. Daardoor ontstaat een wolk.

2) Als de lucht over een heuvel of een berg heen moet, wordt het gedwongen te stijgen. Hierdoor koelt de lucht af en ontstaat er een wolk.

3) Soms botsen twee winden tegen elkaar aan. Daar merken wij niets van, maar de lucht moet wel ergens heen. Naar beneden, de grond in, kan niet. Dus moet de lucht omhoog. Hierdoor koelt de lucht af en ontstaat een wolk. Dit heet convergentie.

4) Soms botsen twee luchtsoorten met elkaar (frontale zones). De ene luchtsoort is kouder dan de andere. Koude lucht is zwaarder dan warme lucht, dus de koude lucht blijft onderin. De warme lucht moet omhoog. Hierdoor koelt de lucht af en ontstaat een wolk.

### Deel 2: De samenstelling van een wolk

Leerlingen lezen theorie over de samenstelling van een wolk of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Deel 3: Soorten wolken

Leerlingen lezen theorie over soorten wolken of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Extra

Overzichtelijke internetpagina's met wolkensoorten:

- [www.keesfloor.nl/wolken/bergen.htm](http://www.keesfloor.nl/wolken/bergen.htm)
- [www.vwkweb.nl/cms/index.php?option=com\\_content&task=view&id=120&Itemid=157](http://www.vwkweb.nl/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=120&Itemid=157) (Vereniging voor weerkunde en klimatologie)
- [www.wolkenatlas.de](http://www.wolkenatlas.de) (Duitse site met detailbenamingen)

### Achtergrondinformatie

#### Hoe hoog kan een wolk worden?

Een wolk kan groeien tot aan de tropopause. De tropopause markeert de overgang van de troposfeer naar de stratosfeer. In de troposfeer neemt de temperatuur af met de hoogte, in de stratosfeer juist toe. Ook is de stratosfeer erg droog. Door deze temperatuurtoename en droge lucht kan de wolk niet verder groeien. Bij hele heftige verticale bewegingen kan de wolk iets door de tropopause heen schieten. De hoogte van de tropopause bij de tropen is het grootst, zo'n 18 km. Bij de polen is dit maar zo'n 7 km.

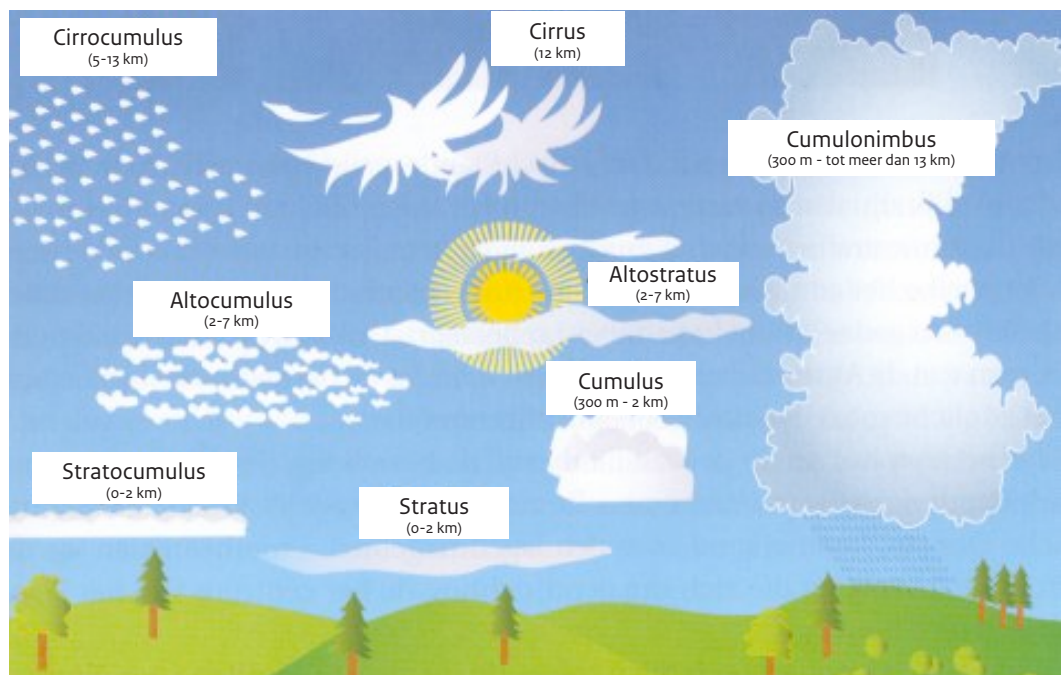
#### Hoe breed kan een wolk worden?

Cumuluswolken zijn enkele cellen met bewolking. Tussen deze wolken is de blauwe lucht te zien. Stratocumuluswolken vormen een grote deken over de aarde. Ze kunnen enorme afmetingen krijgen van enkele honderden kilometers.

#### Waarom hebben sommige wolken een donkere kleur?

Een wolk bevat een heleboel druppels. Die druppels houden het zonlicht tegen. Als de wolk klein is en

**figuur 7.2**  
Overzicht wolkensoorten



weinig druppels bevat, kunnen de zonnestrallen er doorheen. De wolk ziet er dan wit uit. Als de wolk dikker is, wordt het licht tegengehouden en is de wolk grijs.

#### **Hoe geven we aan hoeveel wolken er zijn?**

De hoeveelheid wolken drukken we uit in de bewolgingsgraad. De hemel wordt verdeeld in acht stukken, dus de bewolgingsgraad wordt aangegeven in achtsten, bijvoorbeeld 2/8 (weinig bewolking) of 8/8 (volledig bewolkt).

#### **Deel 4: Wolkenmemorie**

Leerlingen krijgen 30 kaarten. Op 15 kaarten staan wolkenplaatjes en op 15 kaarten staan de namen van wolken. De leerlingen zoeken de plaatjes bij de juiste namen. Daarna controleren ze hun antwoorden en bestuderen ze de juiste combinaties. Tot slot spelen ze een memorie. De memoriekaarten zijn te vinden in de bijlage 'Wolkenmemorie'. De juiste combinaties zijn op een aparte bladzijde toegevoegd aan het eind van de beschrijving van deze les.

#### **Deel 5: Wolken en het weer vragen**

basis

1) Wat is mist?

Mist is een wolk aan de grond.

#### **Achtergrondinformatie:**

Mist is een beperking van het zicht door kleine zwevende waterdruppeltjes. Het zicht aan het aardoppervlak moet minder zijn dan 1000 meter. Mist is dus een soort wolk, maar dan dicht bij de grond. Je zou kunnen zeggen dat mist hele lage stratus is.

zichten:

mist < 1000 meter

dichte mist < 200 meter

zeer dichte mist < 50 meter

zichten in het verkeer:

verkeer krijgt last van mist < 400 meter

verkeer heeft hinder van mist < 200 meter

stapvoets rijden < 50 meter

verdieping

2) Hoe ontstaat mist?

Mist ontstaat door afkoeling.

#### **Achtergrondinformatie:**

Mist kan zich vormen door afkoeling van zeer vochtige lucht of door menging van koude met warme vochtige lucht. Het idee hierachter is dat koude lucht minder vocht kan bevatten dan warme lucht. Als de lucht afkoelt, kan de relatieve luchtvochtigheid 100% worden en dan condenseert de waterdamp. Er ontstaan dan kleine waterdruppeltjes. De vorming van mist hangt af van veel factoren, zoals bijvoorbeeld luchtvervuiling, begroeiing, reliëf en nabijheid van open water.

In de nacht koelt het aardoppervlak af, doordat er geen zonnestrallen meer zijn. Daardoor koelt de lucht nabij het aardoppervlak ook af. Mist ontstaat dus vaak 's nachts. Vaak ontstaat mist bij een sloot, omdat daar veel vocht aanwezig is.

uitdaging

3) Welke soorten mist zijn er?

Een mistsoort is bijvoorbeeld koeienpotenmist of slootmist.

#### **Achtergrondinformatie:**

De benamingen die in de meteorologie aan mist worden gegeven verraden de omstandigheden waaronder de mist ontstaat. Enkele soorten mist staan hieronder beschreven.

Grondmist:

Mist die zich beneden ooghoogte bevindt. Als de mist heel laag bij de grond is, wordt er ook wel eens

koeienpotenmist tegen gezegd. Voor het ontstaan van grondmist moet de temperatuur aan de grond lager zijn dan op ooghoogte.

**Industriële mist:**

Mist veroorzaakt door condensatiekernen van de industrierook.

**Zeemist:**

Mist veroorzaakt door koude lucht die boven relatief warm zeewater komt of door warme lucht die boven relatief koud zeewater komt. Zoutkristallen boven zee fungeren als condensatiekernen.

**Zeevlam:**

Zeemist die het land op komt.

**Stralingsmist:**

Mist die zich vormt door uitstraling. Bij helder weer koelt het aardoppervlak na zonsondergang af door uitstraling. Als er weinig wind staat en de lucht vochtig is, kan daardoor mist ontstaan. De grootste uitstraling vindt plaats onder een heldere sterrenhemel. Bewolking werkt namelijk als een deken waaronder de warmte blijft hangen.

**Advectieve mist:**

Mist die zich vormt als relatief warme lucht wordt aangevoerd naar een gebied met een koude ondergrond.

**Slootmist:**

's Nachts koelt de lucht boven de weilanden af. Deze koudere en dus zwaardere lucht stroomt in de richting van een sloot. Deze lucht mengt met de vochtige lucht van boven de sloot. De gemengde lucht kan minder vocht bevatten (door de lagere temperatuur) en daardoor treedt condensatie op: er ontstaat mist.

### Deel 6: Quiz

Hierna kan met de klas de wolkenquiz gespeeld worden. De quiz (en bijbehorende uitleg) is te vinden in de PowerPointpresentatie.

**Antwoorden:**

- |          |                               |
|----------|-------------------------------|
| 1 A      | cumulus mediocris             |
| 2 C      | altocumulus                   |
| 3 B      | cmulonimbus - rolwolk         |
| 4 B en C | cirrocumulus/cirrostratus     |
| 5 B      | cirrus                        |
| 6 B      | stratocumulus                 |
| 7 A      | altostratus                   |
| 8 B      | stratus/mist                  |
| 9 A      | nimbostratus                  |
| 10 C     | cirrostratus                  |
| 11 C     | mist                          |
| 12 B     | cumulonimbus en stratocumulus |

### Deel 7: De probleemstelling

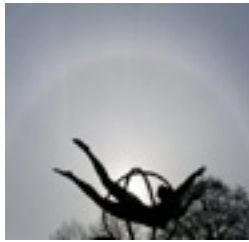
Hoe komt het dat op 1 januari om 00.00 uur het vaak ineens bewolkt wordt of dat er zelfs mist ontstaat?

Op 1 januari om 00.00 uur gaan veel mensen de straat op om vuurwerk af te steken. In korte tijd treedt dan zware luchtvervuiling op. De kruiddampen van het vuurwerk fungeren als condensatiekernen; kleine vaste deeltjes waaraan water zich kan hechten, zodat er druppeltjes ontstaan. De kruiddampen versnellen het condenseren van waterdamp. Hierdoor ontstaat bewolking of mist. Of er bewolking of mist ontstaat is niet alleen afhankelijk van het aantal condensatiekernen, maar ook van het weer. De weersomstandigheden moeten ook gunstig zijn: weinig wind, lage temperatuur en veel vocht.

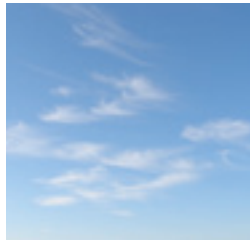
**Extra**

[www.hetklokhuis.nl/onderwerp/weersverwachtingen#](http://www.hetklokhuis.nl/onderwerp/weersverwachtingen#)

Kies het filmpje over wolken. Dit is een aflevering van Klokhuis. Het gaat over wolken (duur 18.24 min.) en is opgenomen bij de meetmast Cabauw van het KNMI.



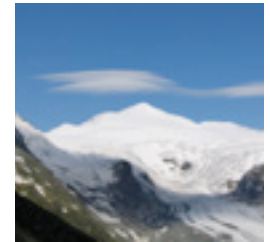
cirrostratus  
halo = kring om de zon



cirrus  
fibratus  
haarlok/windveren  
in waaivorm



cirrostratus  
bijzon  
(gekleurde) lichtvlek



lenticularis  
lensachtige wolk



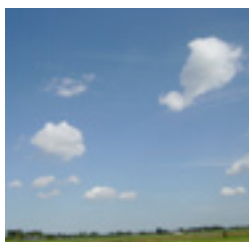
cirrocumulus  
hoge cumulus



cirro/altocumulus floccus  
wattenpropjes



altocumulus  
cumulus op middelbare  
hoogte



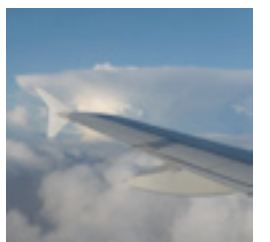
cumulus humilis  
kleine wolkjes



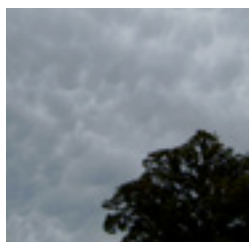
cumulus mediocris  
iets grotere wolk



cumulus congestus  
grote wolk



cumulonimbus  
met aambeeld



mammatus  
hangende bollen  
onderaan de wolk



nimbostratus  
gelaagde regenwolk  
uitgestrekt grijs



stratus  
lage uitgestrekte  
bewolking



mist  
wolk aan de grond



# Les 8:

## Verticale opbouw en stabiliteit

### Doel

Leerlingen leren hoe de atmosfeer in de verticaal is opgebouwd en weten het verschil tussen een stabiele en onstabiele atmosfeer en kunnen aangeven wat de stabiliteit voor het weer betekent.

### Korte beschrijving

Leerlingen leren theorie over de verticale opbouw van de atmosfeer en de stabiliteit van de atmosfeer. De les bestaat uit zeven delen. Deel 1 gaat over de opbouw van de atmosfeer en de verschillende lagen waarin de atmosfeer te verdelen is. Deel 2 gaat over de opbouw van de troposfeer en laat de resultaten van een ballonoplatting zien. Deel 3 bevat weetjes over de ballonoplattingen. Deel 4 gaat dieper in op stabiliteit. In deel 5 komt buienvorming aan de orde. In deel 6 wordt de vorming van neerslag besproken en daarnaast het meten van neerslag met een neerslagradar. De les wordt afgesloten met het beantwoorden van de probleemstelling, deel 7. Achteraan staan nog twee delen die iets dieper ingaan op dit onderwerp.

### Tijd

1 les

### Materialen

- film van een ballonoplatting op het KNMI-terrein (nu nog niet beschikbaar)

### Lesvorm

klassikaal  
zelfstandig of in tweetallen

### Presentatie

PowerPoint: Theorie verticale opbouw en stabiliteit

### Uitgebreide beschrijving

Voor de echt doorzetters in de 3e klas havo en vwo is er nog een extra theorieles (1 les) beschikbaar over het thermodynamisch diagram.

Deze les start met een probleemstelling. Nadat de leerlingen de theorie hebben doorgenomen, moeten ze in staat zijn om deze vraag te beantwoorden. Op het eind van de les wordt hier dus op teruggekomen.

**Probleemstelling:** Hoe komt het dat na een heerlijke stranddag in de zomer er aan het eind van de middag ineens een grote regenbui valt?

### Deel 1: Lagen in de atmosfeer

Leerlingen lezen theorie over lagen in de atmosfeer of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### vragen

basis

1) Waarom komt er na de exosfeer geen nieuwe laag meer in de atmosfeer?

*De atmosfeer is in de exosfeer al heel ijl geworden (de zwaartekracht van de aarde houdt de atmosfeer bij elkaar en die neemt af als je verder van de aarde vandaan komt). In de exosfeer wordt de atmosfeer verder van de aarde af steeds ijler en op een gegeven moment is er nog zo weinig lucht over, dat je in de ruimte beland bent.*

verdieping

2) In figuur 1 is te zien dat de temperatuur aan de grond hoger is dan op grotere hoogte in de atmosfeer. Leg uit hoe dit komt.

De zonnestralen bewegen door de atmosfeer heen, zonder deze te verwarmen (doordat de lucht de straling niet op kan nemen). Als ze aan het aardoppervlak komen, verwarmen ze dit wel. Dus de zon verwarmt het aardoppervlak. De lucht wordt vervolgens door het aardoppervlak opgewarmd. De atmosfeer wordt dus van de onderkant af verwarmd.

uitdaging

3) Leg uit waarom de temperatuur in de troposfeer afneemt, maar in de stratosfeer weer toeneemt. In de stratosfeer bevindt zich de ozonlaag, die ultraviolette straling opneemt. Met de energie daarvan, wordt deze laag opgewarmd.

### Deel 2: Metingen in de onderste luchtlag

Leerlingen lezen theorie over metingen in de onderste luchtlag of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Deel 3: Weetjes over de ballonoplatting

Leerlingen lezen weetjes over de ballonoplatting of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie. Extra: filmpje van een ballonoplatting op het KNMI-terrein (nu nog niet beschikbaar).

### Deel 4: Stabiliteit

Leerlingen lezen theorie stabiliteit of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### vragen

basis

Warme lucht is lichter dan koude lucht en stijgt daarom op.

1a) Geef een voorbeeld van warme lucht die opstijgt uit het dagelijks leven.

Warme lucht boven een waterkoker / warme lucht boven een verwarming / warme lucht boven een kaars.

1b) Leg uit hoe een heliumballon kan opstijgen. De lucht in een heliumballon wordt verwarmd en krijgt daardoor een hogere temperatuur dan de lucht er buiten. Dit zorgt ervoor dat de lucht in de ballon uitzet en daardoor lichter wordt dan de lucht buiten de ballon. Daardoor stijgt de ballon op (net zoals een heliumballon doet of een voetbal die onder water gedrukt wordt).

basis

Op zomerse dagen zie je soms cumuluswolken ontstaan.

2a) Leg uit waarom deze ontstaan.

De lucht wordt aan het aardoppervlak opgewarmd

dan warmer dan de lucht erboven. De warme lucht aan het aardoppervlak begint dan in grote bellen op te stijgen. Tijdens dit stijgen koelen de bellen af. Als ze genoeg afkoelen, wordt de temperatuur gelijk aan het dauwpunt (de bellen zijn dan verzadigd met waterdamp). Vanaf dat moment gaan er cumuluswolken ontstaan.

2b) Waarom groeien deze wolken soms uit tot (onweers)buien, maar soms juist ook niet?

Als de warme lucht bellen vanaf de grond opstijgen koelen ze af. Zolang ze warmer blijven dan de lucht om ze heen, kunnen ze doorstijgen. Soms is de lucht hoger in de atmosfeer heel koud. Dan blijven de lucht bellen maar doorstijgen en ontstaan er (onweers)buien. Op andere dagen is de lucht bovenin minder koud en worden de lucht bellen vrij snel even koud als de omgevingslucht. Dan stopt het stijgen en ontstaan er geen buien (en soms zelfs geen wolken).

verdieping

Op zomerse dagen zie je soms cumuluswolken ontstaan.

3) Leg uit waarom deze op rustige zomerse dagen 's avonds weer verdwijnen.

's Avonds wordt het aardoppervlak niet meer opgewarmd en wordt de lucht erboven niet meer verwarmd. Er stijgen dus geen warme lucht bellen meer op en er zullen dus geen cumuluswolken meer ontstaan. De cumuluswolken die er zijn, zullen dan verdwijnen, omdat er geen nieuwe warme, vochtige lucht vanaf beneden komt om ze in stand te houden.

uitdaging

4) Waarom ontstaat mist vaak 's nachts?

Het aardoppervlak koelt tijdens heldere nachten flink af. De lucht vlak daarboven ook. Omdat deze lucht dan kouder is dan de lucht erboven, ontstaat er een stabiele laag aan de grond. Wanneer deze genoeg afkoelt, wordt de temperatuur gelijk aan het dauwpunt. De lucht is dan volledig verzadigd met waterdamp. Er ontstaat dan dauw, en als de lucht over een wat dikkere laag genoeg afkoelt, mist.

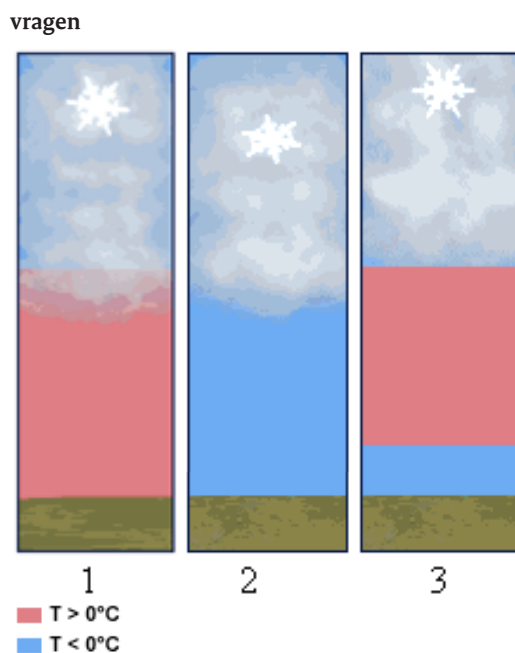
### Deel 5: Ontwikkeling van buien

Leerlingen lezen theorie over de ontwikkeling van buien of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Deel 6: Neerslag

Leerlingen lezen theorie over neerslag of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

**figuur 8.1**  
De neerslag uit deze wolk...



basis

Vul aan:

1) De neerslag uit deze wolk begint als **sneeuw** en komt als **regen** op de grond.

verdieping

Vul aan:

2) De neerslag uit deze wolk begint als **sneeuw** en komt als **sneeuw** op de grond.

uitdaging

Vul aan:

3) De neerslag uit deze wolk begint als **sneeuw**,

wordt onderweg **regen** en komt als **onderkoelde regen (ijzel)** op de grond.

**Achtergrondinformatie**

In het onderste laagje is de temperatuur weer onder 0 °C, dus raakt de regen onderkoeld. De druppels zijn dan heel erg koud, maar bevriezen pas als ze in aanraking komen met iets, zoals bijvoorbeeld een blad, een auto of de grond. Deze neerslag noemen we onderkoelde regen of ijzel.

Ijzel levert gevaarlijke situaties op, vooral voor weggebruikers. Er hoeft maar heel erg weinig onderkoelde neerslag te vallen of de weg verandert al in een ijsbaan. De weg kan ook spekglad worden als de wegtemperatuur onder 0 °C komt en het regent. Dan bevriest de regen en vormt zich ook een ijslaagje op de weg. Dit heet 'het opvriezen van natte weggedeeltes'. Meteorologisch gezien is dit dus geen ijzel, maar het resultaat is wel hetzelfde (een laagje ijs op de weg).

Als de onderste koude laag dikker is, kunnen de regendruppels bevriezen. Er ontstaat dan ijsregen.

**Deel 7: Probleemstelling**

Hoe komt het dat na een heerlijke stranddag in de zomer er aan het eind van de middag ineens een grote regenbui valt?

Wanneer de lucht aan de grond voldoende is opgewarmd en de lucht op hoogte koud is, kunnen warme luchtbellen tot grote hoogte opstijgen, verzadigd raken met waterdamp en op die manier voor fikse buien zorgen.

## Verdieping

### Deel 1: Verticale opbouw

Leerlingen lezen theorie over de verticale opbouw.

#### vragen

verdieping

Bekijk de radiosonde oplating van 29 augustus 2009 (figuur 9).

1a) Wat is de temperatuur op 4000 meter hoogte?

De temperatuur op 4000 meter is  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

1b) Wat is de temperatuur op 8000 meter hoogte?

De temperatuur op 8000 meter is  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

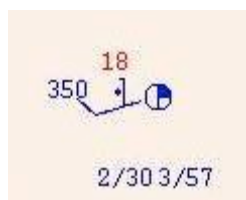
verdieping

Bekijk de radiosonde oplating van 29 augustus 2009 (figuur 9).

2) Op welke hoogte verwacht je dat er bewolking zou kunnen zijn?

Zo rond 2200 meter hoogte liggen de temperatuur en de dauwpunttemperatuur erg dicht bij elkaar. De lucht is daar dus erg vochtig en dit kan betekenen dat er bewolking aanwezig is.

Uit de waarneming van De Bilt van dat moment blijkt, dat er zich wat bewolking bevond op 3000 voet (ongeveer 1 km hoogte) en op 5700 voet (ongeveer 2 km hoogte). Dit komt aardig overeen.



figuur 8.2

Waarneming De Bilt

uitdaging

3a) Hoe komt het dat de weerballon steeds groter wordt naarmate hij hoger komt?

De lucht om de ballon heen wordt steeds ijler naarmate de ballon hoger komt. De druk buiten de ballon neemt daardoor af. De ballon zal dus gaan uitzetten. Daardoor blijft de druk in de ballon even groot als de druk buiten de ballon.

3b) Waarom komt de weerballon meestal niet veel hoger dan 25 tot 30 km hoogte?

De ballon zet dus steeds verder uit, naarmate de ballon hoger komt. De ballon zelf wordt dus steeds verder opgerekt en kan op een bepaald moment niet verder uitrekken en scheurt. Dit wordt versterkt, doordat als de ballon in de ozonlaag komt, de hoeveelheid ultraviolette straling begint toe te nemen. Hier kan de ballon ook niet tegen, waardoor hij sneller stuk gaat. Dit is ook de bedoeling, want de ballon hoeft niet hoger te komen dan 25 km hoogte. Daarboven heeft de atmosfeer toch geen directe invloed meer op het weer aan het aardoppervlak.

### Deel 2: Stabiliteit

Leerlingen lezen theorie over stabiliteit.

#### vragen

verdieping

Op een zomerse dag is de temperatuur aan de grond gestegen tot maar liefst  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Het dauwpunt van de lucht is op dat moment  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

1a) Met hoeveel graden per 100 meter koelt de luchtbel af als hij op gaat stijgen?

$1\text{ }^{\circ}\text{C}$  per 100 meter.

1b) Welke temperatuur heeft de luchtbel op een hoogte van 2200 meter gekregen?

11 °C.  $(2200/100) \times 1 = 22$  en  $33 - 22 = 11$  °C.

1c) Wat is er bij die temperatuur aan de hand?

De luchtbel is dan verzadigd, dus de temperatuur is gelijk aan de dauwpuntstemperatuur.

1d) Hoeveel neemt de temperatuur af per 100 meter als de luchtbel verder stijgt?

0,65 °C per 100 meter (verzadigde of natadiabatische opstijging).

1e) Wat is dan de temperatuur van de luchtbel als deze op 15 km hoogte is gekomen?

-72 °C.  $15000 - 2200 = 12800$  meter.

$(12800 / 100) \times 0,65 = 83$  °C afkoeling.

De temperatuur waarmee de natadiabatische opstijging begon, was 11 °C. Dus  $11 - 83 = -72$  °C.

1f) Waarmee is in deze vraag geen rekening gehouden?

Er is in deze vraag geen rekening gehouden met de temperatuur van de omgeving. Als deze ergens onderweg warmer is dan de luchtbel, kan de luchtbel helemaal niet zo hoog opstijgen.

uitdaging

Bekijk nogmaals de radiosonde oplating van 29 augustus 2009 (figuur 9).

2) Is de atmosfeer stabiel?

De atmosfeer is stabiel als de lucht met minder dan 1 °C per 100 meter afkoelt. De temperatuur gaat in 8000 meter van +18 °C naar -40 °C. De atmosfeer koelt dus af met 0,7 °C per 100 meter. De atmosfeer is dus stabiel, omdat een opstijgende luchtbel sneller afkoelt (namelijk met 1 °C per 100 meter) dan de lucht er omheen (namelijk met 0,7 °C per 100 meter). De luchtbel wordt dus al snel kouder dan zijn omgeving en zal niet op kunnen stijgen.

Het kan ook dat een klein deel van de atmosfeer hier onstabiel is, maar aangezien de temperatuurlijn ongeveer in een rechte lijn loopt, is dat hier niet het geval.

Wel is het zo, dat als de lucht gedwongen wordt op te stijgen en hij raakt verzadigd en er condensatie gaat plaats vinden, de stijgende lucht dan afkoelt met 0,65 °C per 100 meter. Dan koelt de omgeving met 0,7 °C per 100 meter dus wel sneller af en is de lucht wel onstabiel.

Kortom, de lucht is stabiel voor droge opstijging en onstabiel voor natte opstijging. Dit noemen we potentieel onstabiel.

3) Een droge luchtbel die opstijgt, koelt af met 1 °C per 100 meter. Wanneer de luchtbel verzadigd raakt, koelt hij af met 0,65 °C per 100 meter. Leg uit waar dit verschil vandaan komt.

Als de luchtbel verzadigd is met waterdamp (luchtvochtigheid 100%), condenseert de waterdamp en ontstaan er wolkendruppeltjes. Wanneer waterdamp condenseert, komt warmte vrij. Dit houdt het afkoelen van de opstijgende lucht een beetje tegen. De stijgende lucht koelt dus minder snel af.

# Les 9:

## Thermodynamisch diagram

### Doel

Leerlingen leren hoe ze een ingewikkeld diagram moeten lezen en hoe ze vervolgens daaruit (meteorologische) conclusies kunnen trekken.

### Korte beschrijving

Deze les bestaat uit vijf onderdelen. In het eerste deel wordt een vereenvoudigde versie van het thermodynamisch diagram getoond. In deel 2 wordt dieper ingegaan op het onderwerp stabiliteit. Daarna wordt in deel 3 een onstabiele situatie met behulp van het diagram bestudeerd. Deel 4 bevat vragen over dit onderwerp. De les wordt afgesloten met een probleemstelling die ingaat op een opgetreden weersituatie.

### Tijd

1 les

### Materialen

- liniaal
- potlood

### Lesvorm

Zelfstandig of in tweetallen

### Presentatie

PowerPoint: Theorie thermodynamisch diagram

### Uitgebreide beschrijving

Dit onderdeel is speciaal voor 3 havo en vwo geschreven en is gericht op leerlingen die goed zijn in exacte vakken. Voor andere leerlingen zal het waarschijnlijk te moeilijk zijn.

Deze les start met een probleemstelling. Nadat de leerlingen de theorie hebben doorgenomen, moeten ze in staat zijn om deze vraag te beantwoorden. Op het eind van de les wordt hier dus op teruggekomen.

**Probleemstelling:** Wat (in de opbouw van de atmosfeer) zorgde ervoor dat de onweersbuien op 20 augustus 2009 iets later kwamen?

### Deel 1: Het thermodynamisch diagram

Leerlingen lezen theorie over het thermodynamisch diagram of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Deel 2: Stabiliteit

Leerlingen lezen theorie over stabiliteit of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Deel 3: Een onstabiele situatie

Leerlingen bestuderen een onstabiele situatie of de docent gebruikt de PowerPointpresentatie.

### Deel 4: Vragen

1) Warme lucht neemt in temperatuur af als hij opstijgt, zelfs als er geen warmte (energie) aan de lucht om hem heen wordt afgegeven.

Leg uit hoe dit kan.

**De lucht hoger in de atmosfeer is ijler dan de lucht lager in de atmosfeer. Dat wil zeggen dat er hoger in de atmosfeer in een m<sup>3</sup> lucht minder deeltjes zitten dan lager in de atmosfeer. Een opstijgende luchtbel zal dus als hij hoger komt, steeds verder uitzetten. Dit kan niet anders, omdat als dit niet gebeurde, de**

druk in de luchtbel hoger zou zijn dan in de lucht om de bel heen.

Wanneer een gas uitzet zonder warmte-uitwisseling met de omgeving, daalt de temperatuur.

Dit is te vergelijken met een spuitbus waarmee gespoten wordt. Hierbij krijgt het drijfgas binnenin heel snel veel meer ruimte en zet dus uit. De spuitbus daalt nu in temperatuur en voelt inderdaad koud aan. Dit kan eventueel in de klas gedemonstreerd worden.

2) De lucht boven in de atmosfeer is kouder dan de lucht onder in de atmosfeer. Waarom zakt deze koudere lucht dan niet naar de grond? Warme lucht is toch lichter dan koude lucht?

De atmosfeer is bovenin ijler dan onderin en bevat dus minder luchtdeeltjes. Dit zorgt ervoor dat de koude lucht bovenin toch lichter is dan de warme lucht onderin.

Of

Als de koude lucht naar beneden zou zakken, stijgt de temperatuur. Stijgende lucht wordt immers kouder, maar dalende lucht wordt warmer. Daardoor wordt de dalende koude luchtbel toch weer warmer dan de lucht om hem heen en kan dus niet verder dalen.

3) Een droge luchtbel die opstijgt, koelt af met 1 °C per 100 meter. Op een mooie, zomerase dag heeft de luchtbel aan de grond een temperatuur van 20 °C.

a) Leg uit dat de temperatuur van de luchtbel als functie van de hoogte is te schrijven als een lineaire vergelijking in met de vorm  $T=a \cdot H+b$ .

De temperatuur neemt af met 1 °C per 100 meter. Dit is een lineaire afname. Dit is dus te beschrijven met een lineaire formule  $y=a \cdot x + b$ . Deze moet dan de vorm hebben van  $T = a \cdot H + b$ .

b) Welke getallen moeten voor a en b ingevuld worden? Geef nu de formule voor T (temperatuur) als functie H (hoogte) voor een droge, opstijgende luchtbel.

$b = \text{startgetal} \Rightarrow$  Dat is hier de temperatuur van de luchtbel aan de grond, dus 20 °C.

$a = \text{hellingsgetal}$

$a = \text{temperatuurverschil} / \text{hoogte} = -1 / 100 = -0,01$   
dus  $T = -0,01 \cdot H + 20$

c) Bereken de temperatuur van de luchtbel op 0, 10, 50, 100, 250, 1000, 2500 en 7,5 km hoogte.

Hoogte (meter)	Temperatuur droge luchtbel (°C) Hoogte invullen in $T = -0,01 \cdot H + 20$
0	20
10	19,9
50	19,5
100	19
500	15
1000	10
2500	-5
7500 (=7,5 km)	-55

4) Een verzadigde luchtbel die opstijgt, koelt af met 0,65 °C per 100 meter. Op een mooie, zomerase dag heeft de luchtbel aan de grond een temperatuur van 20 °C.

a) Geef de formule voor T (temperatuur) als functie H (hoogte) voor een verzadigde, opstijgende luchtbel, wanneer deze vanaf de grond verzadigd zou zijn.

$b = \text{startgetal} \Rightarrow$  Dat is hier de temperatuur van de luchtbel aan de grond, dus 20 °C.

$a = \text{hellingsgetal}$

$a = \text{temperatuurverschil} / \text{hoogte} = -0,65 / 100 = -0,0065$   
dus  $T = -0,0065 \cdot H + 20$

b) Bereken de temperatuur van de luchtbel op 0, 10, 50, 100, 250, 1000, 2500 en 7,5 km hoogte.

Hoogte (meter)	Temperatuur droge luchtbel (°C) Hoogte invullen in $T = -0,0065 \cdot H + 20$
0	20
10	19,9
50	19,7
100	19,4
500	16,8
1000	13,5
2500	3,8
7500 (=7,5 km)	-28,8

5) Op een zomerase dag is de temperatuur aan de grond gestegen tot maar liefst 31 °C. Het dauwpunt van de lucht is op dat moment 18 °C.

a) Bereken op welke hoogte de luchtbel verzadigd raakt.

De luchtbel raakt verzadigd als de temperatuur van de luchtbel gelijk geworden is aan de dauwpuntstemperatuur. De luchtbel raakt dus verzadigd bij  $T = 18$  °C.

Met behulp van de formule voor droge opstijging  $T = -0,01 \cdot H + 31$  (met 31 = temperatuur aan de

grond) kan je dus uitrekenen dat de hoogte waarop de luchtbel verzadigd raakt 1300 meter is.

$$T = -0,01 \cdot H + 31 \Rightarrow 18 = -0,01 \cdot H + 31$$

$$\Rightarrow H = (18-31) / (-0,01) = 1300 \text{ meter}$$

b) Bereken welke temperatuur de luchtbel heeft op een hoogte van 15 km.

Op 1300 meter hoogte heeft de luchtbel een temperatuur van 18 °C en is verzadigd. Vanaf dat moment stijgt de luchtbel natadiabatisch verder. Dan geldt de formule  $T = -0,0065 \cdot H + 18$ .

Let op, H is het hoogteverschil tussen 15 km en 1300 meter, we beginnen nu niet meer op de grond!

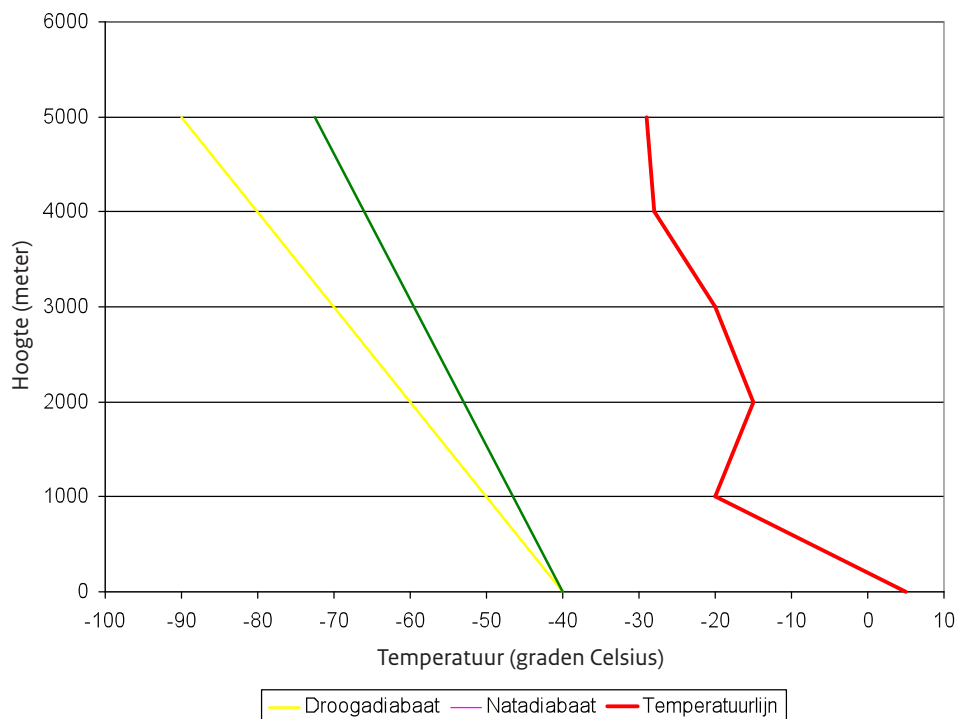
$$H = 15000 - 1300 = 13700 \text{ meter}$$

Met de formule is nu uit te rekenen dat  $T = -71 \text{ °C}$ .

6) In de grafiek **figuur 9.1** staan de resultaten van een radiosondeoplating. Laat met behulp van de grafiek zien, op welke hoogtes de atmosfeer stabiel, onstabiel of potentieel onstabiel is.

Deze opbouw van de atmosfeer is te verdelen in 5 gebieden. Bij elk stuk moet de helling vergeleken worden met de helling van de droog- en de natadiabaat. Als de helling steiler is dan beide adiabaten, dan is de opbouw stabiel. Als de opbouw minder steil is dan beide adiabaten, dan is de atmosfeer onstabiel. Als de helling steiler is dan die van de droogadiabaat, maar minder steil dan die van de natadiabaat, dan is de atmosfeer potentieel onstabiel. Zie tabel onderaan de bladzijde.

figuur 9.1



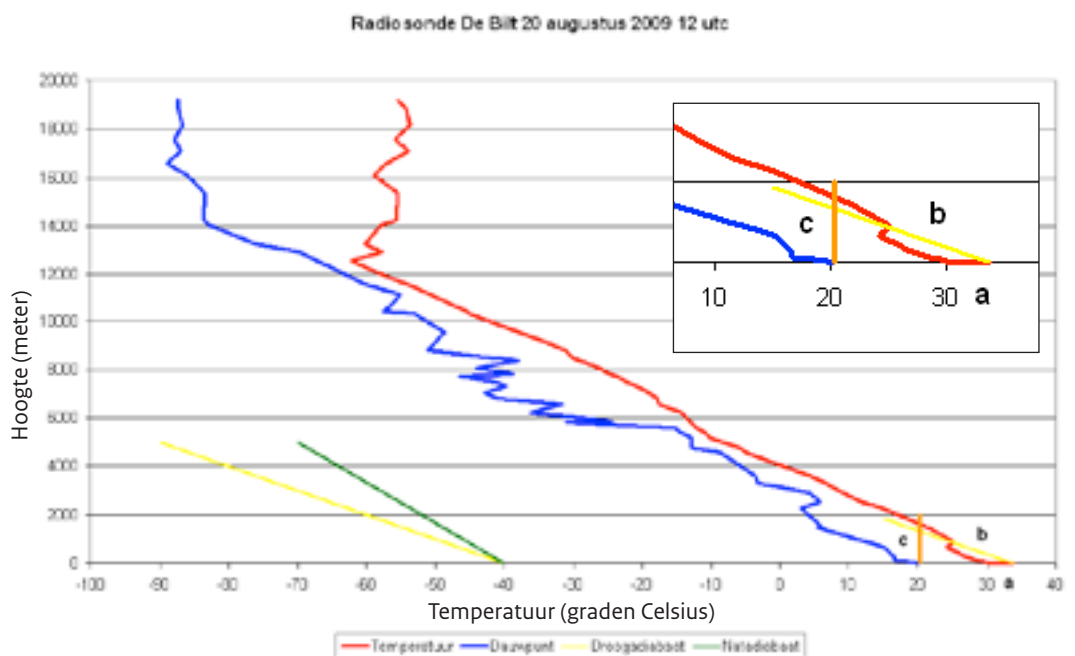
c) Waar heb je bij vraag a en b niet naar gekeken? Je hebt niet op de temperatuur van de omgeving gelet. Als de lucht om de luchtbel heen warmer is dan de luchtbel zelf, kan deze helemaal niet zo hoog opstijgen.

7) Hieronder staan de resultaten van de radiosondeoplating in De Bilt op 20 augustus 2009. De temperatuur aan de grond is op dat moment 30,4 °C. De temperatuur zou die dag verder oplopen naar 33,8 °C. Bepaal met behulp van de radiosondeoplating of er buien te verwachten zijn.

hoogte (meter)	vergelijking helling temperatuurlijn met helling droogadiabaat	vergelijking helling temperatuurlijn met helling natadiabaat	conclusie
0-1000	minder steil	minder steil	onstabiel
1000-2000	steiler	steiler	stabiel
2000-3000	steiler	steiler	stabiel
3000-4000	steiler	minder steil	potentieel onstabiel
4000-5000	steiler	steiler	stabiel



figuur 9.2



handelingen (figuur 9.2):

- a) Temperatuurstijging aan de grond: teken een rode lijn tussen 30,8 °C en 33,8 °C aan de grond (hoogte = 0).
- b) Droogadiabatische opstijging: teken een lijn evenwijdig aan de gele droogadiabatische lijn vanaf het punt met hoogte = 0 en temperatuur = 33,8 °C.
- c) Dauwpuntlijn: teken vanaf het dauwpunt aan de grond een lijn verticaal omhoog tot aan de (gele) droogadiabatische lijn. Op het snijpunt van de gele droogadiabatische lijn en de dauwpuntlijn is de temperatuur van de stijgende luchtbel gelijk geworden aan zijn dauwpuntstemperatuur. De luchtbel is dus 100% verzadigd met waterdamp.

conclusie:

De gele droogadiabatische lijn snijdt echter de rode lijn van de omgevingstemperatuur, op ongeveer 1000 meter hoogte (bij een temperatuur van ongeveer 25 °C). De luchtbel is dus even warm geworden als zijn omgeving en kan dus niet verder stijgen.

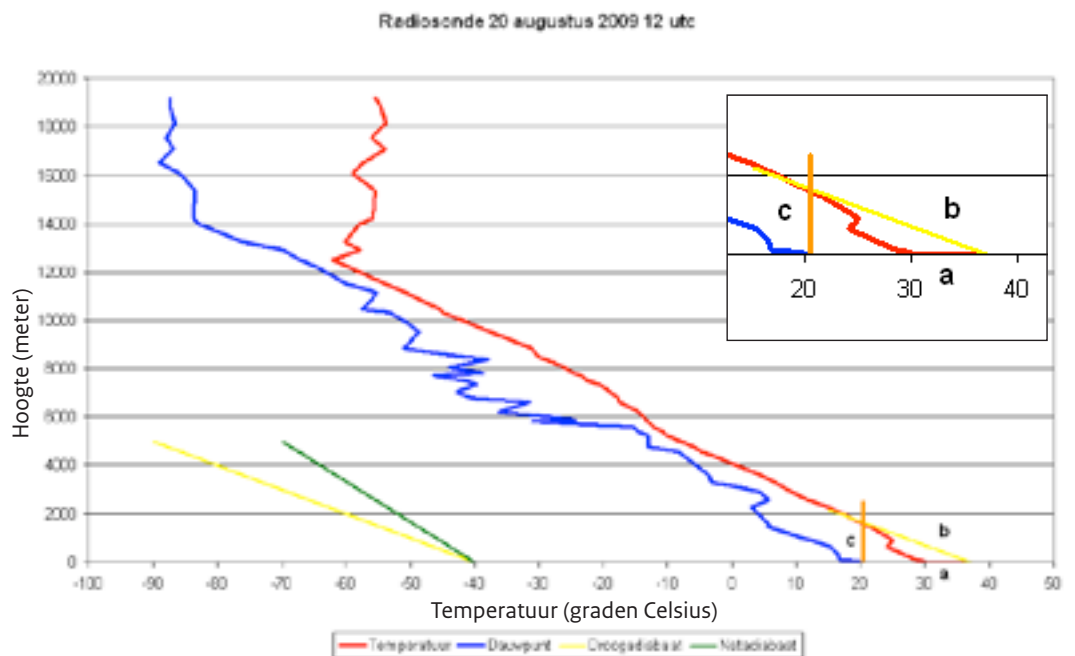
Hij is nog niet verzadigd, dus er ontstaan ook geen wolken en dus ook geen neerslag.

8) Op deze 20 augustus werd het in het oosten van Nederland nog warmer dan in De Bilt. In het Limburgse Ell werd 37,0 °C gemeten. Bepaal met behulp van de radiosondeoplating of er hier buien te verwachten zijn.

handelingen (figuur 9.3):

- a) Temperatuurstijging aan de grond: teken een rode lijn tussen 30,8 °C en 37,0 °C aan de grond (hoogte = 0).
- b) Droogadiabatische opstijging: teken een lijn evenwijdig aan de (gele) droogadiabatische lijn vanaf het punt met hoogte = 0 en temperatuur = 37,0 °C.
- c) Dauwpuntlijn: teken vanaf het dauwpunt aan de grond een lijn verticaal omhoog. Op het snijpunt van de gele droogadiabatische lijn en de dauwpuntlijn is de temperatuur van de stijgende luchtbel gelijk geworden aan zijn dauwpuntstemperatuur.

figuur 9.3



De luchtbel is dus 100% verzadigd met waterdamp. Wanneer hij verder stijgt, koelt hij verder af en gaat er waterdamp condenseren. Daarbij komt warmte vrij. De luchtbel koelt dus natadiabatisch af, met  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  per 100 meter, de groene lijn.

De gele droogadiabatische lijn snijdt de rode lijn van de omgevingstemperatuur niet. In de vergroting is te zien dat de gele lijn van de luchtbel net een heel klein beetje hoger ligt dan de temperatuur van de omgeving (rode lijn) en dus net ietsje warmer is en kan doorstijgen.

- d) Teken nu een lijn vanaf het snijpunt van de gele droogadiabatische lijn en de dauwpuntlijn evenwijdig aan de (groene) natadiabatische lijn.
- e) De groene natadiabatische lijn snijdt de rode lijn van de omgevingstemperatuur op een hoogte van ongeveer 14.000 meter. De luchtbel kan dus tot bijna 14.000 meter (=14 km) doorstijgen.

conclusie:

Er ontstaan inderdaad buien, omdat de luchtbel tot grote hoogte is gestegen. De luchtbel is een groot stuk van het opstijgen verzadigd geweest, waardoor er waterdamp is gecondenseerd tot wolken en de temperatuur van de wolk is voor een groot deel onder de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (vanaf ongeveer 5000 meter).

## Deel 5: Probleemstelling

Op 20 augustus 2009 gaf het KNMI een weeralarm uit omdat er zware buien verwacht werden. Deze buien kwamen echter pas later dan ze in eerste instantie verwacht werden.

**figuur 9.4**  
Bliksemladingen  
op 29 augustus 2009

### Onweer kwam iets later Maar weeralarm was meteorologisch terecht

KNMI-bericht 21 augustus 2009

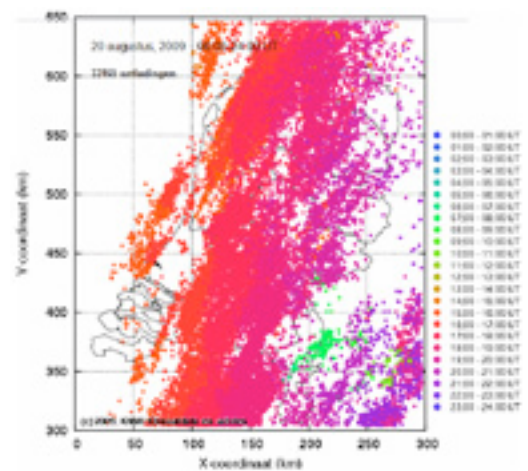
De zware onweersbuien, waarvoor het KNMI donderdag een weeralarm uitgaf, ontstonden niet aan het begin maar pas aan het einde van de middag. Het buiengebied met zwaar onweer, hagel ter grootte van pingpongballen en lokaal veel neerslag trok voornamelijk in de avonden over ons land. Het bliksemeetsysteem registreerde op verschillende plaatsen meer dan 500 ontladingen per vijf minuten en het onweer was daarmee heftig genoeg om een weeralarm te rechtvaardigen. De atmosfeer was donderdag zeer dynamisch. Alle ingrediënten waren aanwezig voor hevig weer: extreme warmte, een krachtig windveld op grote hoogte in de atmosfeer en vochtige lucht. Door kleine verschillen tussen de waarnemingen en de modelberekeningen van temperatuur- en vochtprofielen in de hoogte kwam de buienvorming in het westen enkele uren later op gang dan verwacht en waren de windstoten ook minder sterk.

**figuur 9.5**  
Maximumtemperatuur  
29 augustus 2009

Er zat op 1000 meter een 'warm' laagje in de atmosfeer (dit wordt een 'inversie' genoemd), waardoor de warme luchtbellen in eerste instantie niet door konden stijgen. Daardoor werden de buien tegengehouden. Toen het later aan de grond nog warmer was geworden, konden de warme luchtbellen wel doorstijgen en konden ze direct tot grote hoogte doorstijgen. Er ontstonden toen dus forse buien.

Dit warme laagje op 1000 meter zat niet in de computermodellen, waardoor de buien volgens de computermodellen eerder zouden ontstaan.

Ondanks dat in vraag 7 blijkt dat in De Bilt er geen buien konden ontstaan, zijn ook daar buien



geweest. Het warme laagje op 1000 meter hoogte (dat er om 14.00 uur 's middags nog zat) is waarschijnlijk later verdwenen, waardoor de warme luchtbellen wel door konden stijgen. Een tweede mogelijkheid is, dat de buien elders ontstaan zijn en met de wind op hoogte over De Bilt zijn gedreven. Dit gebeurt in de zomer regelmatig. Buien die boven Frankrijk of België ontstaan, zorgen dan later op de dag (vaak eind van de middag of in de avond en nacht) voor onweer.

[www.knmi.nl/cms/content/63834/onweer\\_kwam\\_iets\\_later](http://www.knmi.nl/cms/content/63834/onweer_kwam_iets_later)

# Les 10:

## Eigen weerbericht maken

### Doel

Leerlingen maken kennis met de praktijk van het maken van een weersverwachting. Ze oefenen het combineren van verschillende gegevens tot één geheel.

### Korte beschrijving

Leerlingen maken gedurende 1,5 les kennis met het maken van een weersverwachting. De eerste les bestaat uit twee opdrachten. De eerste opdracht is een kennismaking met de weerkaart en de beschikbare gegevens. Bij de tweede opdracht gaan de leerlingen zelf een weersverwachting maken. Met behulp van weerkaartjes, satellietfoto's, radarbeelden, metingen en hetgeen ze geleerd hebben maken de leerlingen een verwachting voor 12 en 24 uur vooruit. In de tweede les wordt de gemaakte verwachting vergeleken met het opgetreden weer. Het geheel wordt afgesloten met een presentatie of een filmpje over het maken van een weersverwachting bij het KNMI. (Dit deel zal ongeveer een halve les in beslag nemen. In de andere helft van deze les kan begonnen worden met het opstarten van het eigen onderzoek.)

### Tijd

1,5 les

### Materialen

- computer met internetaansluiting
- film over weersverwachting KNMI (op dit moment niet beschikbaar)

### Lesvorm

groepswerk (2 of 3 leerlingen per groepje)

### Presentatie

PowerPoint: Weerkaart lezen en eigen weerbericht maken. PowerPoint: Weersverwachting door de meteoroloog

### Uitgebreide beschrijving

#### Les 1

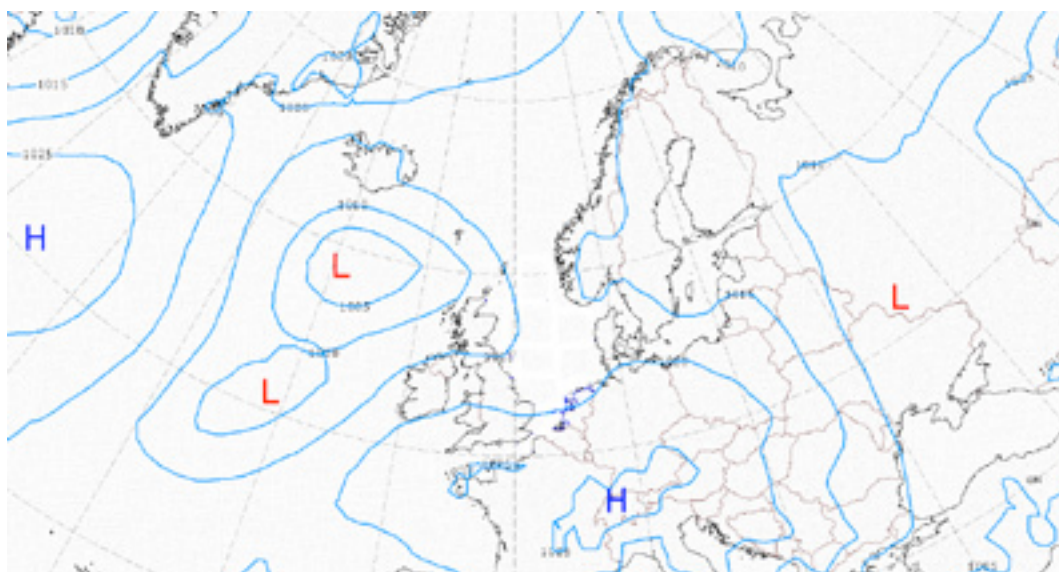
Het is het handigst als de leerlingen het werk in dit onderdeel in twee- of drietallen maken. Dit omdat de leerlingen dan van elkaars kennis gebruik kunnen maken, wat bij het maken van dit onderdeel noodzakelijk is. Daarnaast is bij het maken van een weersverwachting niet altijd alles even eenduidig; onderlinge discussie stimuleert het nadenken en het overwegen van verschillende mogelijkheden.

Eventueel kan de docent een korte inleiding geven met de beschikbare presentatie (PowerPoint), maar dit is niet noodzakelijk. De leerlingen kunnen ook direct met opdracht 1 beginnen.

#### Deel 1a: Weerkaart lezen (basis)

Deze opdracht wordt stapsgewijs opgebouwd (basis), maar kan ook in één keer gedaan worden (verdieping). De docent bepaalt welke versie de leerlingen doen.

figuur 10.1  
H en L



opdracht 1) (zie figuur 10.1)

a) Zet in de kaart een L op de plekken waar lagedrukgebieden liggen.

Deze zijn te vinden op de plekken waar de druk het laagst is. Dit is in de gebieden waar de isobaren een gesloten cirkel vormen.

b) Zet in de kaart een H op de plekken waar hogedrukgebieden liggen.

Deze zijn te vinden op de plekken waar de druk het hoogst is. Dit is in de gebieden waar de isobaren een gesloten cirkel vormen.

opdracht 2) (zie figuur 10.2)

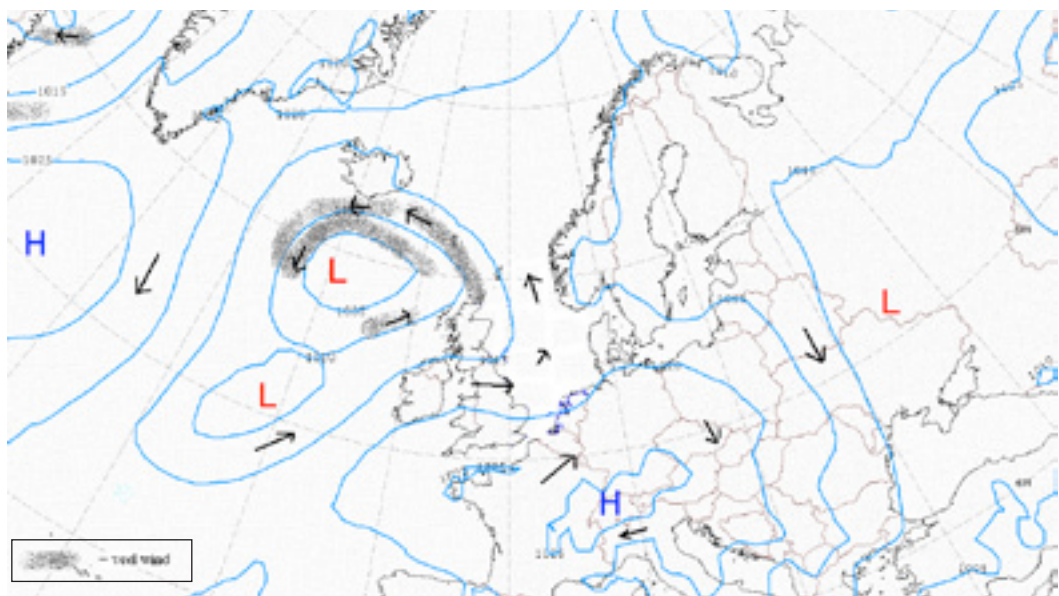
a) Geef op de kaart aan waar je veel wind verwacht. Geef ook met pijltjes aan in welke richting de wind waait.

Dit zijn de gebieden waar de isobaren het dichtst bij elkaar liggen. De drukverschillen zijn daar het grootst. De richting van de wind is te bepalen met de Wet van Buys Ballot. Om een hogedrukgebied waait de wind met de wijzers van de klok mee (rechtsom), bij een lagedrukgebied juist tegen de wijzers van de klok in (linksom).

b) Uit welke richting waait de wind in Nederland. En waait het hard of zacht?

In Nederland waait het uit zuidwestelijke richting, want we zitten aan de noordkant van een hogedrukgebied. Verder waait het niet hard, want de isobaren liggen ver uit elkaar. Dit past bij een hogedrukgebied.

figuur 10.2  
Veel wind





opdracht 3) (zie figuur 10.3)

a) Geef op de kaart aan waar je bewolking en neerslag verwacht.

Bewolking en neerslag zijn te vinden bij de fronten. De meest actieve neerslag zal te vinden zijn in de buurt van lagedrukgebieden en op de plek waar warmte- en koufront overgaan in een occlusie.

b) Geef op de kaart aan waar je denkt dat de lucht warm is en waar de lucht koud is.

De warme lucht is de subtropische lucht, ten zuiden van het polaire front, de koude lucht zit aan de noordkant daarvan.

c) Is het in Nederland warm of koud?

Nederland zit op de grens van de warme en koude lucht. Dit is te zien aan het warmtefront dat over het land loopt. Het noorden zit nog in de koude lucht, het zuiden is al in de warme lucht terecht gekomen.

opdracht 4) (zie figuur 10.3)

a) Teken in de kaart waar je bewolking en waar je neerslag verwacht.

Neerslag en bewolking is ook te vinden bij de buiengebieden.

b) Is er in Nederland bewolking en/of neerslag?

Nederland bevindt zich op de grens tussen de warme en de koude lucht, dus er is die dag bewolking en er is regen.

### Deel 1b: Weerkaart lezen (verdieping)

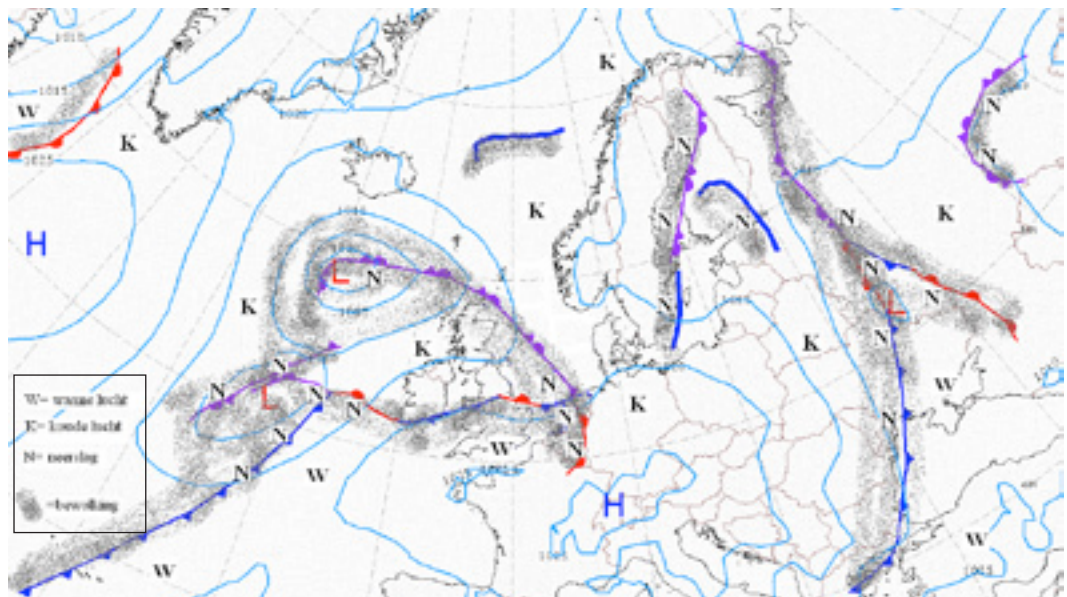
opdracht 1) (zie figuur 10.4)

Doel van deze opdracht is dat leerlingen de weerkaart nauwgezet bekijken en analyseren.

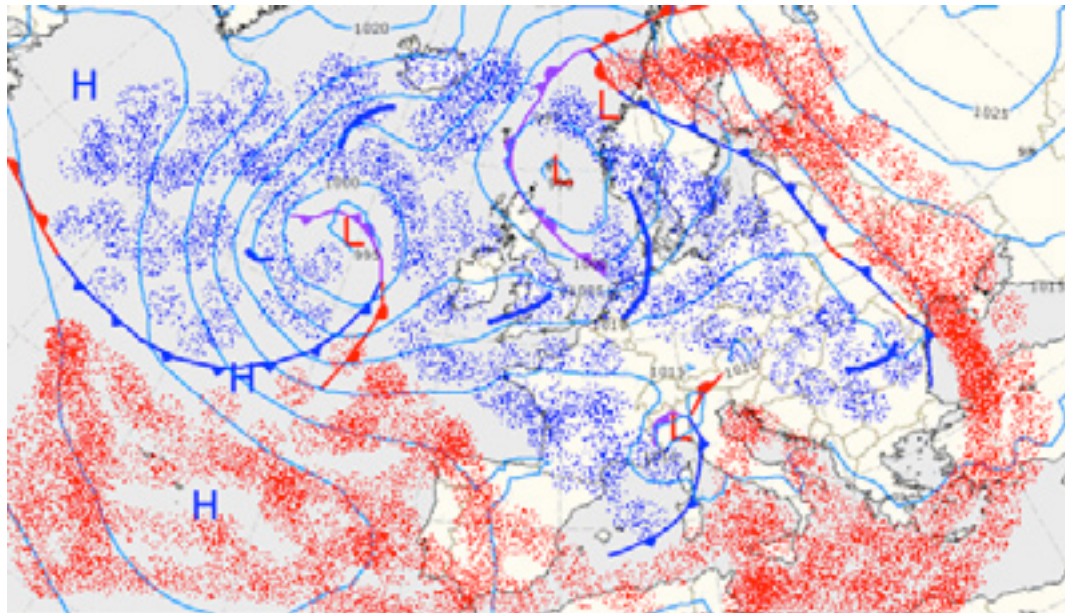
a) Geef op de weerkaart A aan waar je denkt dat de lucht warm is (kleur dit rood) en waar de lucht koud is (kleur dit blauw).

Lucht is warm achter een warmtefront (tussen het warmte- en koufront in) en ten zuiden van het polaire front (boven Afrika en het gebied rond de Middellandse Zee). Lucht is koud in het noorden en achter een koufront. Overigens zijn warm en koud in de meteorologie enigszins relatieve begrippen. Warme lucht in het noorden kan qua temperatuur ongeveer gelijk zijn aan koude lucht in het zuiden. Voor de fronten zijn met name de overgangen van de ene luchtsoort naar de andere van belang; dus het verschil in temperatuur (en vochtigheid) en niet de absolute temperaturen.

**figuur 10.3**  
Warm en koud,  
bewolking en neerslag



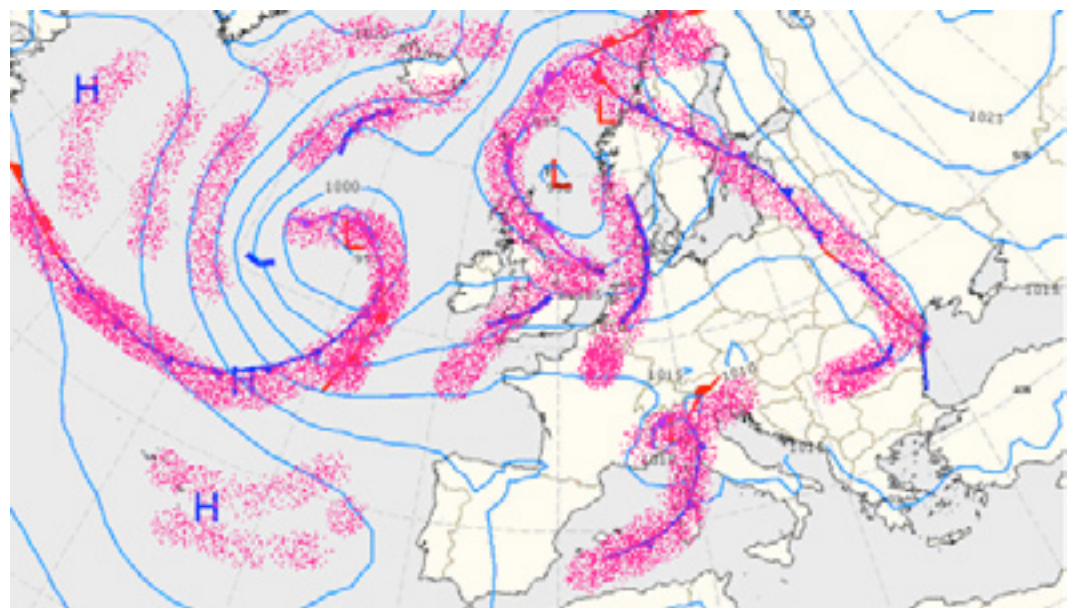
figuur 10.4  
Warm en koud



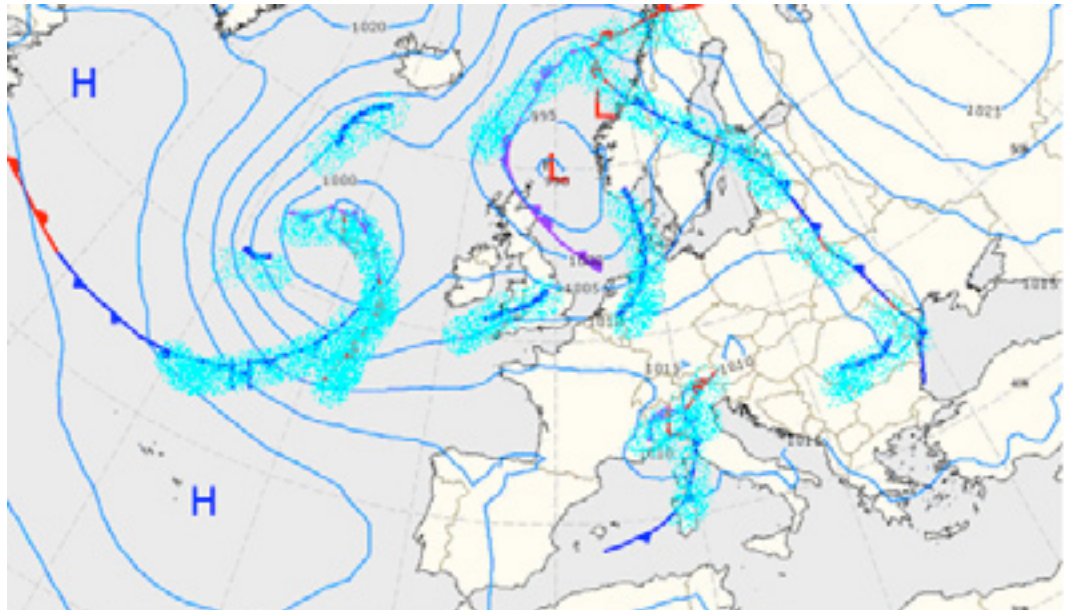
b) Geef op de weerkaart B aan waar je bewolking verwacht (kleur dit gebied zwart). (zie figuur 10.5)  
Bewolking zal in elk geval te vinden zijn in gebieden waar fronten en buienlijnen liggen. Daarnaast kan er bewolking zijn in gebieden waar het rustig is boven zee (in hogedrukgebieden), maar ook boven land (met name in het winterhalfjaar). In rustige situaties is er vooral sprake van lage bewolking. Daarnaast vormen zich achter koufronten boven zee vaak stapelwolken.

c) Geef op de weerkaart C aan waar je neerslag verwacht (kleur dit gebied groen). (zie figuur 10.6)  
Neerslag is vooral te verwachten bij fronten en buienlijnen. Bij fronten zitten de actiefste delen met de meeste neerslag in de gebieden waar warmte en koufronten bij elkaar in de buurt komen. Ook andere delen van het front kunnen neerslag geven, maar in sommige situaties geeft een front alleen bewolking en geen neerslag. Ook de weersymbolen kunnen gebruikt worden om te bepalen waar er neerslag valt.

figuur 10.5  
Bewolking







■ ■  
**figuur 10.6**  
 Neerslag

d) Geef op de weerkaart D aan waar je veel wind verwacht (kleur dit gebied geel). (zie figuur 10.7)  
 Veel wind is te vinden in de gebieden waar de isobaren (lijnen van gelijke druk) dicht bij elkaar liggen. Waar de isobaren verder uit elkaar liggen, is minder wind te verwachten (hoewel in buisituaties ook in de gebieden waar de isobaren verder uit elkaar liggen in soms pittige windvlagen kunnen voorkomen).  
 De windrichting is altijd vrijwel evenwijdig aan de isobaren (maar net een klein beetje naar binnen gericht bij een lagedrukgebied en klein beetje naar buiten gericht bij een hogedrukgebied). De wind draait bij een lagedrukgebied tegen de wijzers van de klok in om de kern. Bij een hogedrukgebied draait de wind met de wijzers van de klok mee.

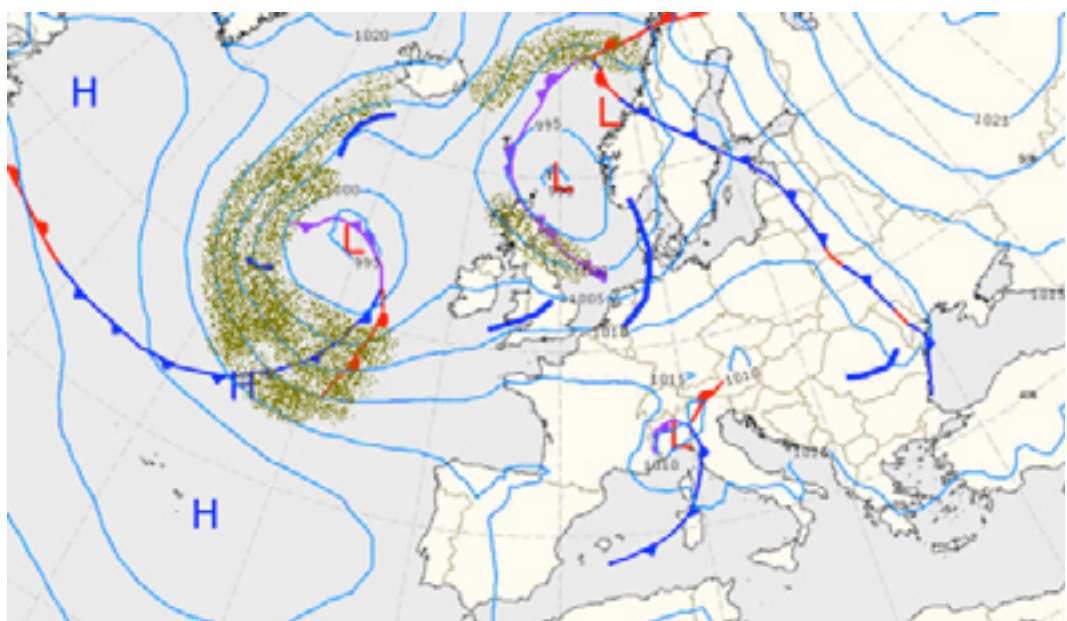
e) Wat voor weer is het volgens de kaart in Nederland op dit moment (wind, bewolking, neerslag, warm/koud)?

In Nederland waait het behoorlijk. Vooral in het oosten is het bewolkt en vallen er buien. Het is een koude dag.

opdracht 2)

Controleer met behulp van de satellietfoto, het radarbeeld en de waarnemingen (zie de hierna volgende figuren) je antwoorden van opdracht 1a t/m e.

Warme en koude lucht is enigszins met de temperaturen te controleren, maar dit zal door opwarming boven land en de koelere zee niet zomaar 1 op 1 kloppen. Bewolking en neerslag zijn gemakkelijk



■ ■  
**figuur 10.7**  
 Veel wind



te controleren, maar neerslaggegevens boven zee ontbreken, omdat de radar daar niet kan meten. Wind is ook te controleren met de waarnemingen, maar ook hier geldt dat er boven zee en met name boven de oceaan bijzonder weinig waarnemingen zijn.

### Deel 2: Bewegende weersystemen

Leerlingen lezen de tekst of de docent geeft uitleg met behulp van de presentatie (PowerPoint).

### Deel 3: Eigen weerbericht maken

In deze opdracht gaan leerlingen daadwerkelijk hun eigen weerbericht maken. Het handigst is het om leerlingen hierbij op de computer te laten werken. Ze kunnen de weerkaarten, satellietfoto's en gegevens dan kopiëren naar 'microsoft word' en ze daarin opslaan. Inkleuren kan gedaan worden in Microsoft Paint. Natuurlijk kunnen ook andere geschikte programma's gebruikt worden of kan alles worden geprint om op papier te werken.

Om een eigen weerbericht te kunnen maken, is veel informatie nodig (weerkaarten, satellietfoto's, radarbeelden en actuele waarnemingen). Alle benodigde gegevens zijn beschikbaar op internet. Hiervoor kunnen de volgende sites gebruikt worden:

#### Weerkaarten

Op [www.knmi.nl/waarschuwingen\\_en\\_verwachtingen/weerkaarten.php](http://www.knmi.nl/waarschuwingen_en_verwachtingen/weerkaarten.php) zijn de verwachte weerkaartjes voor de komende drie dagen te vinden.

#### Satellietbeelden

Op de site van de Engelse Met Office (het Engelse KNMI) zijn actuele satellietbeelden te vinden: [www.metoffice.gov.uk/satpics/latest\\_IR.html](http://www.metoffice.gov.uk/satpics/latest_IR.html).

Druk op de 'play'-knop om het filmpje te laten lopen.

#### Radarbeelden

Op [www.meteox.nl/h.aspx?r=&jaar=-3&soort=loop1uur](http://www.meteox.nl/h.aspx?r=&jaar=-3&soort=loop1uur) zijn de Europese radarbeelden te vinden.

#### Actuele waarnemingen

Op [www.knmi.nl/actueel/index.html](http://www.knmi.nl/actueel/index.html) zijn de actuele waarnemingen voor Nederland te vinden.

### Voor de volgende les

Om de volgende les te kunnen kijken hoe goed de verwachtingen waren, is het handig om bij te houden hoe het weer is op de dag waarvoor de verwachting gemaakt wordt. Mocht het niet lukken om op deze tijdstippen op te schrijven hoe weer, temperatuur en wind waren, dan kan dit ook later teruggezocht worden op de website van het KNMI.

• daggegevens per plaats:

[www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/index.cgi](http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/index.cgi)

• kaarten met daggegevens Nederland:

[www.knmi.nl/klimatologie/geografische\\_overzichten/index.cgi](http://www.knmi.nl/klimatologie/geografische_overzichten/index.cgi)

### Les 2

De les begint met een korte nabespreking van ongeveer 5 tot 10 minuten. Hierin kan aan de orde komen hoe goed de verwachtingen uitgekomen zijn. Zijn er oorzaken aan te wijzen waarom een verwachting niet uitgekomen is? Hierbij kan achteraf ook gekeken worden naar de analyse weerkaart van het tijdstip waarvoor de verwachting gold. Zijn er verschillen met de gebruikte verwachtingsweerkaart? En verklaren deze eventuele verschillen tussen het verwachtte en opgetreden weer? De analyses zijn te vinden op:

[www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/weerkaarten/](http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/weerkaarten/).

### Deel 4: Achtergrondinformatie

In de achtergrondinformatie wordt bekeken hoe de weerkundigen een weersverwachting maken. Een film van Labyrint ('En dan nu het weer') is hiervoor heel geschikt. Het gaat over het maken van weers-verwachtingen. Het deel t/m 18.30 minuut is geschikt voor deze les. (Het deel daarna gaat over klimaat en sluit hier niet op aan.) [weblogs.vpro.nl/labyrint/2010/05/26/en-dan-nu-het-weer/#more-551](http://weblogs.vpro.nl/labyrint/2010/05/26/en-dan-nu-het-weer/#more-551)

Ook kan de docent de presentatie (PowerPoint) 'Weersverwachting door de meteoroloog' gebruiken. De beschikbare tekst in het leerlingenboek kan als achtergrondinformatie dienen voor geïnteresseerde leerlingen.

Hierna gaan de leerlingen aan het werk met het voorbereiden van hun eigen onderzoek.

# Les 11 t/m 14: Eigen onderzoek

## Doel

Leerlingen oefenen met het doen van praktisch onderzoek met behulp van metingen.

## korte beschrijving

Leerlingen maken kennis met het doen van (wetenschappelijk) onderzoek. In dit eigen onderzoek worden de eigen meetreeksen en eventueel de meetreeksen van andere scholen en de theorie aan elkaar gekoppeld. Leerlingen onderzoeken of een bepaald fenomeen (bijv. koufront) terug te vinden is in hun meetseries. Hierbij moeten ze de meetseries verwerken in tabellen en diagrammen. Per groepje kan een eigen vraag opgesteld worden, maar er kan ook gebruik worden gemaakt van door ons aangedragen ideeën, zoals stadsklimaat en rekenen aan klimaatreeksen. Dit onderzoek is opgesplitst in acht stappen. De afsluiting kan op verschillende manieren. Denk bijvoorbeeld aan een presentatie, verslag, internetpagina, poster of filmpje.

## Tijd

3,5 les

## Materialen

- schrift
- pen
- computer met internet
- meetserie van school
- meetserie van GLOBE
- (meetserie van het KNMI)

## Lesvorm

klassikaal  
groepswork (2 of 3 leerlingen per groepje)

## Uitgebreide beschrijving

### Les 1:

Dit is een halve les (na het bespreken van het eigen weerbericht en de presentatie over de weersver-

wachtingen van het KNMI). Eerst moet het eigen onderzoek worden uitgelegd. Loop stap voor stap de onderdelen door. Vervolgens moeten er groepjes gevormd worden. Eventueel kan de docent dit al van te voren doen.

De leerlingen kiezen een onderwerp en beginnen met zoeken van de theorie. Eventueel beginnen ze al met het lezen daarvan. Het is handig/noodzakelijk dat de docent de benodigde theorie voor zover mogelijk al beschikbaar heeft. (Verderop worden mogelijke onderzoeksvoorwerpen aangedragen en wordt aangegeven waar bijbehorende theorie te vinden is).

### Les 2:

De leerlingen lezen de theorie over het gekozen onderwerp en formuleren een onderzoeksvraag. Daarna bedenken ze welke meetgegevens ze nodig hebben om die vraag te kunnen beantwoorden en zoeken ze die meetgegevens op.

### Les 3:

In deze les voeren de leerlingen het onderzoek uit. Ze verwerken de gegevens, maken tabellen en grafieken en proberen een conclusie te trekken. Theorie en metingen moeten in dit onderdeel aan elkaar gekoppeld worden.

### Les 4:

Deze les wordt gebruikt voor de verslaggeving. Mogelijke vormen van verslaggeving: verslag, poster, presentatie met PowerPoint of een andere vorm van presenteren. Voor eventuele presentaties moet dan natuurlijk meer tijd ingeruimd worden. Dit zal een extra les in beslag nemen. Meer exotische vormen van verslaggeving zijn een internetpagina of een filmpje.

## De onderzoeksstappen

### Stap 1:

De groepjes bedenken een meteorologisch onderwerp die ze met behulp van de meetseries willen gaan onderzoeken. Let erop dat leerlingen een onderwerp en onderzoeksvraag (stap 2) kiezen, die binnen hun mogelijkheden ligt. Een concreet en behapbaar onderwerp maakt het onderzoek leuker, beter uitvoerbaar en geeft meer onderzoeksplezier.

### Stap 2:

Daarna stellen de groepjes een onderzoeksvraag op voor hun onderzoek. Een goede onderzoeksvraag is concreet en eenduidig te beantwoorden. Bijvoorbeeld:

‘Hoe veranderen temperatuur, vochtigheid, wind en luchtdruk bij het passeren van een koufront?’ is eenduidiger dan ‘Wat gebeurt er als een koufront passeert?’

### Stap 3:

De leerlingen denken na over een mogelijk antwoord op de onderzoeksvraag. Dit heet een hypothese. Ze gebruiken hierbij wat ze weten en wat ze geleerd hebben. Wanneer ze dit doen voordat ze aan hun daadwerkelijke onderzoek beginnen, hebben ze een beter idee waar ze naar op zoek gaan.

### Stap 4:

Vervolgens zoeken de leerlingen theorie bij hun onderzoeksonderwerp. Een samenvatting hiervan moet in de verslaggeving. Het doel van het lezen van wat theorie is dat leerlingen hun onderwerp en onderzoeksvraag beter ingekaderd krijgen. Ze zien beter waar hun onderwerp mee samenhangt en krijgen een beter idee waarnaar ze op zoek zijn. Het is van belang dat de theorie niet te ingewikkeld is en snel beschikbaar. Het is niet de bedoeling dat het een zoektocht over internet wordt en dat leerlingen bij (voor hen) onbegrijpelijk materiaal terecht komen. Het verdient de voorkeur dat de docent de theorie al beschikbaar heeft voor de leerlingen of ze helpt bij het zoeken. Geschikt is het boek ‘Weerkunde, meteorologie voor iedereen’ van Kees Floor: [www.keesfloor.nl/weerkunde/index.htm](http://www.keesfloor.nl/weerkunde/index.htm).

### Stap 5:

Leerlingen moeten, voordat ze daadwerkelijk de gegevens gaan opzoeken, eerst bedenken wat ze nodig hebben aan data, om hun onderzoek te kunnen uitvoeren. Ook moeten de leerlingen hier bedenken wat ze allemaal moeten doen met de opgehaalde gegevens. Berekeningen uitvoeren, tabellen en/of grafieken maken. Het is van belang dat leerlingen dit goed uitgedacht hebben, voordat ze echt aan de slag gaan.

### Stap 6:

Leerlingen voeren het onderzoek uit. Het is noodzakelijk dat de gegevens snel beschikbaar zijn. De docent moet er daarom voor zorgen dat de meetgegevens van de eigen school gemakkelijk beschikbaar zijn en dat ‘het inloggen’ voor GLOBE in orde en beschikbaar is. Dit om gegevens van andere scholen op te kunnen halen. Zorg er voor, dat je weet hoe dit moet. Ook is het handig als je weet hoe de uurlijkse metingen van het KNMI op te halen zijn (zie verderop) en je alles getest hebt of dit op school werkt.

Wanneer leerlingen denken, dat ze klaar zijn, moeten ze proberen de onderzoeksvraag te beantwoorden. Lukt dit nog niet (helemaal), dan moet er bedacht worden wat er verder nog nodig is, om de vraag wel te kunnen beantwoorden.

### Stap 7:

Leerlingen beantwoorden, met behulp van hun eigen onderzoeksresultaten, de onderzoeksvraag. Laat de leerlingen ook de relatie met de theorie leggen.

### Stap 8:

Een onderzoek wordt afgesloten met een vorm van verslaggeving. Het is aan de docent, welke vorm van verslaggeving het beste past bij de klas en het leerprogramma. Het kan een ‘traditioneel’ verslag zijn, maar andere vormen zijn ook mogelijk: verslag, poster, presentatie met PowerPoint of een andere vorm van presenteren. Voor eventuele presentaties moet dan natuurlijk meer tijd ingeruimd worden.

Dit zal een extra les in beslag nemen. Meer exotische vormen van verslaggeving zijn een internetpagina of een filmpje.

De onderwerpen die in de verslaggeving moeten voorkomen, zijn: inleiding, onderzoeksvraag, hypothese, meetgegevens, verwerking van de meetgegevens, conclusie en mogelijk verder onderzoek.

### Mogelijke onderzoeksonderwerpen

Voor sommige onderwerpen is een uitgebreidere meetreeks (langere periode, dan wel metingen per uur noodzakelijk).

- de invloed van bewolking op de temperatuur overdag
- de invloed van bewolking op de temperatuur 's nachts

Hierbij wordt gekeken hoe bewolking de temperatuur beïnvloedt. Dit kan door tijdens één dag of nacht naar het temperatuurverloop te kijken, als de hoeveelheid bewolking verandert. Dit kan ook door verschillende dagen of nachten te vergelijken.

**Let op:** wanneer verschillende dagen of nachten vergeleken worden, moet de grootschalige situatie ongeveer gelijk zijn. Het is dus handig om een aaneengesloten serie dagen of nachten te kiezen, waarbij de situatie weinig verandert (situatie met hoge druk).

#### Literatuur

Meteorologie voor iedereen, Kees Floor, Hoofdstuk 4.5, pagina 48-50.

- het temperatuurverschil tussen kust en binnenland  
Hierbij wordt gekeken naar het verschil in temperatuur tussen een station in het binnenland en een station aan de kust. Bijvoorbeeld: Hangt dit verschil af van de windrichting?
- het temperatuurverschil tussen platteland en stad (stadsklimaat)

Hierbij wordt gekeken naar het verschil in temperatuur tussen een station in de stad en buiten de stad. Dit kan door te kijken naar gemiddelde minimumtemperaturen en gemiddelde maximumtemperaturen. Ook kan er gekeken worden of in bepaalde seizoenen het verschil groter is dan in andere seizoenen.

#### Literatuur

Meteorologie voor iedereen, Kees Floor, Hoofdstuk 4.8, pagina 52.

- omstandigheden voor mistvorming

Hierbij wordt gekeken, onder welke omstandigheden er mist kan zijn. Met name is het belangrijk om te kijken naar vochtigheid en wind. Bijvoorbeeld: Onder welke voorwaarden is mist mogelijk?

#### Literatuur

Meteorologie voor iedereen, Kees Floor, Hoofdstuk 7, pagina 72-90.

- dagelijkse gang in temperatuur, wind, bewolking  
Hierbij wordt gekeken hoe de temperatuur verandert gedurende de dag. Neem hiervoor een mooie, rustige dag. Hetzelfde kan gedaan worden voor wind en bewolking.

#### Literatuur

Meteorologie voor iedereen, Kees Floor, Hoofdstuk 8, pagina 91-98.

- passage van een warmtefront
- passage van een koufront

Wat gebeurt er met temperatuur, vochtigheid, wind, bewolking en neerslag wanneer er een front passeert? Is het precieze tijdstip van passage vast te stellen? Handig is om van te voren met behulp van de weerkaarten van het KNMI te bepalen wanneer een front ongeveer passeert ([www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/weerkaarten/](http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/weerkaarten/)).

#### Literatuur

Meteorologie voor iedereen, Kees Floor, Hoofdstuk 12.5 t/m 12.8, pagina 147-150.

- zeewind

Zeewind kan op een warme, zomerse dag langs de kust ontstaan. Als de temperatuur hoog genoeg wordt, daalt de druk boven land iets. Daardoor gaat er een wind van zee waaien. Dit heeft invloed op wind, temperatuur, vochtigheid en soms bewolking langs de kust. De kans hierop is het grootst als het rustig, warm weer is met weinig wind (weersituatie met hoge luchtdruk).

Bepaal eerst met behulp van weerkaarten wanneer er zeewind zou kunnen voorkomen en zoek dan een situatie op. Zeewind is te herkennen als de wind op een kuststation ergens in de middag vrij snel omgaat en vanaf zee (westelijke tot noordelijke richting) gaat waaien.

# Bijlagen:

## Handleiding weerstation

Om een goede meetreeks op te kunnen zetten, die voor het GLOBE programma gebruikt kan worden, is het nodig bij de school een weerstation op te stellen.

Er zijn twee mogelijkheden:

- losse meetinstrumenten die door de leerlingen afgelezen moeten worden
- een automatisch weerstation

Het voordeel van een automatisch weerstation is, dat het automatisch en veelvuldig waarnemingen kan doen. Nadeel is, dat het zo'n weerstation niet goedkoop is.

Het voordeel van de losse instrumenten is, dat de leerlingen de waarnemingen doen en op die manier meer betrokken zijn. Nadeel is tegelijkertijd dat de leerlingen de waarnemingen doen: dit vergt meer organisatie en moet onder leiding of in de vrije tijd van leerlingen gebeuren.

Het GLOBE programma heeft, net als het KNMI en de WMO (World Meteorological Organisation) protocollen ontwikkeld voor het doen van metingen. Om betrouwbare metingen te kunnen doen, die ook voor het GLOBE programma bruikbaar zijn, is het van belang om deze protocollen te hanteren. Hieronder staat een korte samenvatting van deze protocollen, met verwijzingen naar de GLOBE protocollen.

### Waarneemterrein

Het ideale waarneemterrein voldoet aan de volgende voorwaarden:

- open, geen bomen, gebouwen en andere obstakels in de buurt
- eventuele obstakels (bomen e.d.) vier keer zo ver weg van het weerstation als ze hoog zijn
- dicht bij de school
- op een grasveld
- beveiligd tegen vernieling en sabotage

Mocht een locatie die aan alle eisen voldoet lastig te vinden zijn bij de school, kies dan een locatie die zo veel mogelijk voldoet aan deze eisen.

Zie: [classic.globe.gov/tctg/atinst.pdf?sectionId=7&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/atinst.pdf?sectionId=7&lang=EN) (GLOBE protocollen: Instrument construction, Site selection and Set up)

### Losse meetinstrumenten

- minimum- en maximumthermometer
- psychrometer of nattebolthermometer
- barometer
- regenmeter
- windsnelheidsmeter
- windrichtingmeter
- weerhut

### Minimum- en maximumthermometer

Gebruik een vloeistof minimum- en maximumthermometer of een digitale minimum- en maximumthermometer.

De thermometer moet opgehangen worden in een thermometerhut (zie verderop). Het reservoir van de thermometer moet in de hut op 1,5 meter hoogte hangen t.o.v. het aardoppervlak.

De thermometer moet regelmatig gecontroleerd worden met behulp van een geijkte thermometer, die gedurende een uur in de weerhut erbij gehangen wordt. Indien de geijkte thermometer en de minimum- en maximumthermometer meer dan 0,5 °C van elkaar verschillen, moet of de schaalverdeling van de minimum- en maximumthermometer iets verschoven worden (indien dit mogelijk is). Indien dit niet mogelijk is (of bij gebruik van een digitale minimum- en maximumthermometer), moeten de kalibratiemetingen ingevoerd worden op de GLOBE website. Zie hiervoor verder de GLOBE website. [classic.globe.gov/tctg/maxmin.pdf?sectionId=13&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/maxmin.pdf?sectionId=13&lang=EN) (GLOBE protocollen: Max/min/current air Temperature Protocol)

### Psychrometer of nattebolthermometer

Bij de psychrometer of nattebolthermometer moet elke keer voor het gebruik het kousje natgemaakt worden. De leerlingen halen het instrument op, maken het kousje nat en doen vervolgens de meting op de plek van het waarneemstation. Eerst moet de droge thermometer afgelezen worden. Dan moet de

**tabel b.1**  
Psychrometertabel

psychrometer ongeveer 3 minuten worden rondgeslingerd, om vervolgens direct de temperatuur van de thermometer met de natte kous af te lezen. Het 3 minuten rondslingeren is nodig om een betrouwbare meting te krijgen.

De luchtvochtigheid wordt uit onderstaande tabel afgelezen. Verticaal staat de temperatuur van de droge thermometer en horizontaal staat het verschil in temperatuur tussen de droge en de natte thermometer.

Verschiltemperatuur tussen de natte en de droge thermometer (C°) ----->																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	84																					
2	84	71																				
3	85	70	58																			
4	85	71	57	47																		
5	86	72	59	46	38																	
6	86	73	60	48	36	29																
7	87	74	62	50	38	27	21															
8	87	75	63	52	41	30	19	15														
9	88	76	65	54	43	32	22	13	9													
10	88	77	66	55	45	35	25	16	7	4												
11	89	78	67	57	47	37	28	19	10	1												
12	89	78	68	58	49	39	30	21	13	5												
13	89	79	69	59	50	41	32	24	16	8	0											
14	90	80	70	61	52	43	35	26	18	11	3											
15	90	80	71	62	53	45	37	29	21	14	6											
16	90	81	72	63	54	46	38	31	23	16	9	2										
17	91	81	73	64	56	48	40	33	26	19	12	5										
18	91	82	73	65	57	49	42	35	28	21	14	8	2									
19	91	82	74	66	58	51	43	36	30	23	17	11	5									
20	91	83	75	64	59	52	45	38	31	25	19	13	7	2								
21	91	83	75	68	60	53	46	40	33	27	21	15	10	4								
22	92	81	76	69	61	54	47	41	35	29	23	17	12	7	1							
23	92	84	76	69	62	55	49	42	36	30	25	19	14	9	4							
24	92	84	77	70	63	56	50	44	38	32	26	21	16	11	6	2						
25	92	85	77	70	64	57	51	45	39	33	29	22	18	13	8	4						
26	92	85	78	71	64	58	52	46	40	35	30	25	20	15	10	6	2					
27	99	85	78	72	65	59	53	47	42	36	31	26	21	47	12	8	4					
28	93	86	79	72	66	60	54	48	43	38	33	28	23	18	14	10	6	2				
29	93	86	79	73	66	60	55	49	44	39	34	29	24	20	16	12	8	4	0			
30	93	86	79	73	67	61	56	50	45	40	35	30	26	22	17	13	10	6	2			
31	93	86	80	74	68	62	56	51	46	41	36	32	27	23	19	15	11	8	4	1		
32	93	87	80	74	68	63	57	52	47	42	37	33	29	24	20	17	13	9	6	2		
33	93	87	81	75	69	63	58	53	48	43	38	34	30	26	22	19	14	11	7	4	1	
34	93	87	81	75	69	64	59	54	49	44	40	35	31	27	23	19	16	12	9	6	3	
35	93	87	81	75	70	64	59	54	49	45	40	36	32	28	24	21	17	14	11	7	4	1

Relatieve luchtvochtigheid in %

Voorbeeld:

De droge thermometer geeft 14 °C aan. Dit is de 'drogeboltemperatuur'. De natte thermometer geeft 10 °C aan. Dit is de 'natteboltemperatuur'. Het verschil tussen deze twee is dan  $14 - 10 = 4$  °C. Nu kijk je in de tabel bij 14 en 4. De vochtigheid is dus 60%.

**tabel b.2**  
Voorbeeld van het opzoeken van de relatieve vochtigheid

		Verschiltemperatuur t					
		1	2	3	4	5	6
de droge thermometer (C°)	1	84					
	2	84	71				
	3	85	70	58			
	4	85	71	57	47		
	5	86	72	59	46	38	
	6	86	73	60	48	36	29
	7	87	74	62	50	38	27
	8	87	75	63	52	41	30
	9	88	76	65	54	43	32
	10	88	77	66	55	45	35
	11	89	78	67	57	47	37
	12	89	78	68	58	49	39
	13	89	79	69	59	50	41
	14	90	80	71	61	52	43
	15	90	80	71	62	53	45
	16	90	81	72	63	54	46

Zie: [classic.globe.gov/tctg/relhum.pdf?sectionId=11&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/relhum.pdf?sectionId=11&lang=EN) (GLOBE protocollen: Relative Humidity Protocol)

### Barometer

De luchtdruk meten de leerlingen op de barometer die gewoon binnen in de school hangt. Zorg ervoor dat de barometer gekalibreerd is met behulp van de luchtdrukmetingen van een KNMI-station in de buurt.

Zie: [classic.globe.gov/tctg/pressure.pdf?sectionId=10&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/pressure.pdf?sectionId=10&lang=EN) (GLOBE protocollen: Optional Barometric Pressure Protocol)

### Bewolking

Voor het bepalen van hoeveelheid en soort bewolking bestaat ook een GLOBE meetprotocol. Er is ook een speciale wolkenkaart beschikbaar. Zie hiervoor Bijlage Wolkenkaart.

### Regenmeter

Plaats de regenmeter op een open plek, uit de buurt van obstakels. Ook hier kan de regel gehanteerd worden dat de afstand tussen obstakels en de regenmeter vier maal de hoogte van de obstakels moet zijn. Plaats de regenmeter met behulp van een stok (bezemsteel) op een hoogte van 1 meter. Zorg ervoor dat de opening van de regenmeter horizontaal staat. De regenmeter moet 1 maal per maand schoongemaakt worden (en vaker als hij erg vies is).

De regenmeter wordt afgelezen op tienden van een mm. Bevroren neerslag moet eerst ontdooid worden voor er gemeten kan worden.

Mocht er sneeuw gevallen zijn, volg dan het GLOBE meetprotocol in geval van sneeuwval.

Zie: [classic.globe.gov/tctg/precip.pdf?sectionId=12&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/precip.pdf?sectionId=12&lang=EN) (GLOBE protocollen: Precipitation Protocols)

### Windsnelheidsmeter en windrichtingsmeter

Met eenvoudige middelen windrichting en -snelheid op een betrouwbare manier meten is erg lastig. De wind is in een bebouwde omgeving erg vlagerig. Om toch een idee te krijgen van de wind kunnen de leerlingen de anemometer, de windvaan en het kompas gebruiken. Belangrijk is wel, dat ze gedurende ongeveer een minuut meten en gedurende deze minuut een representatieve waarde voor snelheid en richting proberen te bepalen.

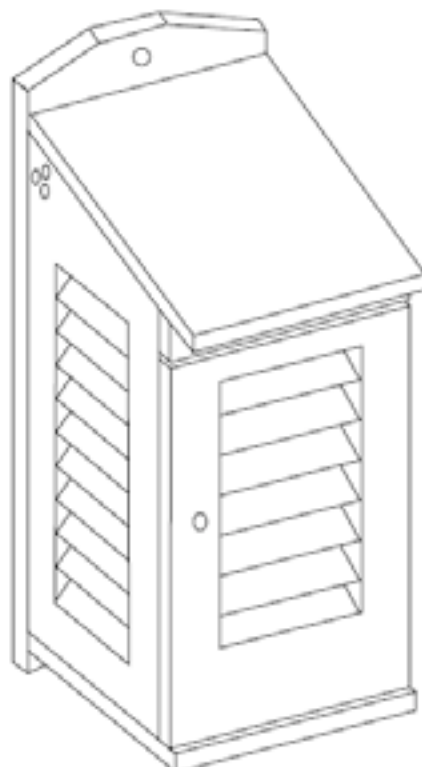
De metingen moeten op een open plek plaatsvinden (obstakels op een afstand van minstens vier maal de



hoogte. De windsnelheidsmeter en windvaan moeten hoog of op een vaste, hoge paal staan (officieel 10 meter, maar 2 meter voldoet voor eigen metingen wellicht ook). Indien een losse windsnelheidsmeter gebruikt wordt, het meetinstrument dan zo hoog mogelijk boven het hoofd houden.

#### **Thermometerhut**

Om een representatieve temperatuurmeting te krijgen, moet de thermometer in een zogenaamde thermometerhut gehangen worden. Deze beschermt de thermometer tegen de zon, maar is zo gebouwd dat er wel wind doorheen kan waaien (om stilstaande lucht in de thermometerhut te voorkomen).



**figuur b.1**  
Voorbeeld van een  
thermometerhut

In de GLOBE handleiding, waar hieronder naar verwezen wordt, is een goede bouwtekening beschikbaar.

Thermometerhutten zijn ook te koop bij gespecialiseerde bedrijven.

Zie: [classic.globe.gov/tctg/atinst.pdf?sectionId=7&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/atinst.pdf?sectionId=7&lang=EN)  
(GLOBE protocollen: Instrument construction, Site selection and Set up)

#### **Automatisch weerstation**

Voor scholen die dat willen, is het ook mogelijk met behulp van een automatisch weerstation te meten. Voordeel hiervan is, dat er veel meer metingen (bijvoorbeeld elke 15 minuten) beschikbaar zijn en dat er ook tijdens weekenden en vakanties gemeten wordt. Een automatisch weerstation is echter niet goedkoop.

Automatische weerstations zijn verkrijgbaar bij gespecialiseerde bedrijven.

Zorg bij het installeren van de sensoren, dat voldaan wordt aan de voorwaarden van de meetprotocollen.

#### **Beschikbare GLOBE protocollen:**

[classic.globe.gov/tctg/atmo\\_prot\\_awsnet.pdf?sectionId=284&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/atmo_prot_awsnet.pdf?sectionId=284&lang=EN)

(GLOBE protocol: AWS WeatherBug Schools Protocol)

[classic.globe.gov/tctg/atmo\\_prot\\_davis.pdf?sectionId=282&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/atmo_prot_davis.pdf?sectionId=282&lang=EN)

(GLOBE protocol: Davis Weather Station Protocol)

[classic.globe.gov/tctg/atmo\\_prot\\_rainwise.pdf?sectionId=629&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/atmo_prot_rainwise.pdf?sectionId=629&lang=EN)

(GLOBE protocol: RainWise Weather Station Protocol)

[classic.globe.gov/tctg/atmo\\_prot\\_weatherhawk.pdf?sectionId=685&lang=EN](http://classic.globe.gov/tctg/atmo_prot_weatherhawk.pdf?sectionId=685&lang=EN)

(GLOBE protocol: WeatherHawk Weather Station Protocol)



# Bijlagen:

## Verzorgen van de metingen

Het is de bedoeling dat er tijdens dit project meteorologische waarnemingen bij de school gedaan worden. Deze waarnemingen kunnen de leerlingen gebruiken in het eigen ('wetenschappelijke') onderzoek aan het eind van dit project. Daarnaast kunnen de waarnemingen in het kader van GLOBE gebruikt worden door wetenschappers en andere scholen.

Het is dan ook zeker de moeite waard de waarnemingen niet alleen gedurende het project, maar voor langere tijd uit te voeren. Dit geeft ook mogelijkheden voor onderzoeken buiten dit project, in het kader van examenopdrachten, praktische opdrachten e.d.

Het is het meest logisch om met het doen van de metingen te beginnen, na de lessen over het onderwerp 'meten'. De leerlingen hebben dan een goed idee wat ze meten en hoe ze moeten meten.

Om de waarnemingen te kunnen doen, moet er een weerstation (dit mag een automatisch station zijn, maar dat hoeft niet) bij de school geïnstalleerd worden. In de 'handleiding weerstation' is hierover meer detail te vinden.

Het is leuk om leerlingen verantwoordelijk te maken voor het doen van deze metingen. Dit zorgt er ook voor dat leerlingen binding hebben/krijgen met de metingen.

Leerlingen die verantwoordelijk zijn voor het weerstation, hebben de volgende taken:

- Bijhouden of het station correct meet.
- Actuele temperatuur, vochtigheid, luchtdruk en bewolking bepalen.
- Actuele windgegevens bepalen (eventueel).
- Per dag minimum- en maximumtemperatuur bepalen.
- Elke dag neerslag meten.
- Zorgen dat de metingen beschikbaar zijn voor de klas (Excelsheet Tabel meetserie).
- Invoeren metingen op de GLOBE website (minimaal eens per week).

De metingen worden elke dag op een (ongeveer) vast tijdstip uitgevoerd, liefst in de ochtend.

Let op: de maximumtemperatuur die dan gemeten

wordt, is (over het algemeen) de maximumtemperatuur van de vorige dag!

Het is aan de docent om (afhankelijk van klas en leerlingen) te bepalen hoe de indeling van leerlingen en hun taken (of verantwoordelijkheden) het handigst is. Om het meten goed te laten verlopen, is een goede en voor de leerlingen duidelijke organisatie noodzakelijk.

Tip: gedurende het project is het wellicht leuk per week een ander groepje leerlingen de verantwoording te geven. Bij het meten voor langere tijd, is het aan te bevelen een vaste groep leerlingen te nemen, die het leuk vindt om dit te doen.

Leerlingen die de metingen uitvoeren, halen binnen eerst de benodigde spullen op (psychrometer, waarneemformulier, eventueel anemometer en windvaan met kompas). Daarna voeren ze de metingen bij het weerstation uit volgens de meetprotocollen. De gemeten waardes worden ingevuld op het meetformulier. De waarneemformulieren worden op een vaste plaats bewaard (handig voor als iets teruggezocht moet worden).

De metingen worden minimaal eens per week ingevuld in de Excelsheet en op de GLOBE website.

Wanneer de metingen voor het eerst op de GLOBE website ingevoerd worden, moeten eerst de waarneemlocatie en het instrumentarium beschreven worden. Het is het handigst dit als docent te doen of dit samen met enkele leerlingen te doen.

Ga de eerste paar keer als docent mee naar buiten tijdens het doen van de waarnemingen en kijk of alles goed verloopt. Indien er tijdens het project wisselende meetgroepen zijn, is het aan te raden een keer met de hele klas te gaan meten, zodat alle leerlingen zien wat de bedoeling is voor als ze zelf aan de beurt zijn om de metingen uit te voeren.

Wellicht is het mogelijk de metingen in het weekend en vakanties te laten uitvoeren door leerlingen die in de buurt van school wonen? Of door een enthousiaste collega of conciërge?

# Bijlagen:

## Meetformulier

**figuur b.2**  
Meetformulier

Dag	
Datum	
Tijd (lokale tijd)	
Waarnemers	
Klas	
Actuele temperatuur (in °C)	°C
Minimumtemperatuur (in °C)	°C
Maximumtemperatuur (in °C)	°C
Actuele natteboltemperatuur (in °C)	°C
Actuele vochtigheid (in %) (gebruik de natteboltemperatuur tabel)	%
Actuele luchtdruk (in hPa)	hPa
Actuele windrichting (in °)	°
Actuele windsterkte (in m/s)	m/s
Hoeveelheid bewolking (in achtsten)	
Soort(en) bewolking	
Hoeveelheid neerslag (in mm)	mm

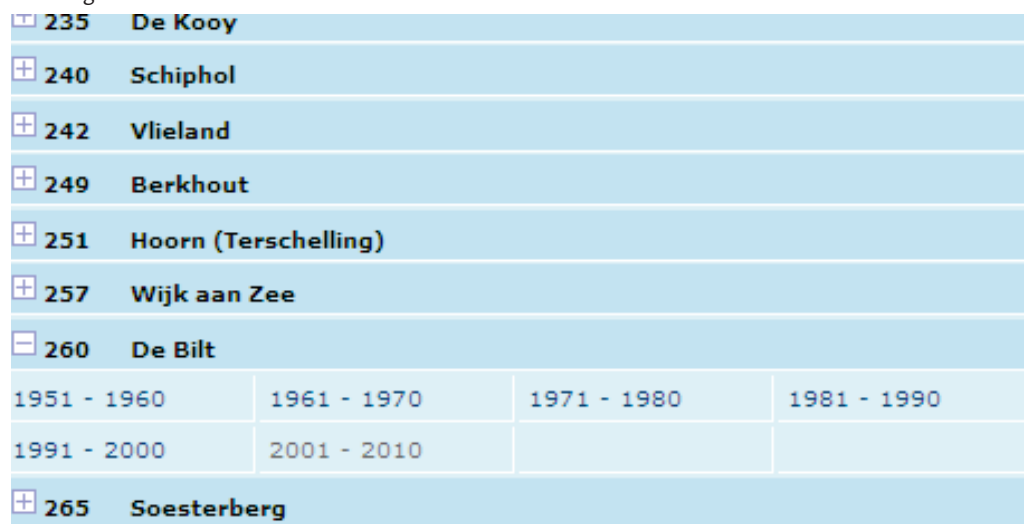
Voer de metingen in de ochtend uit.

**Let op:** als je 's ochtends meet, is dit de maximumtemperatuur van gisteren. Let daarop bij het invullen op de Excelsheet en de GLOBE website.

# Bijlagen:

## Uitleg voor het ophalen van uurlijkse waarnemingen via de website van het KNMI

Ga naar: [www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens](http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens).  
Kies de plaats die het dichtst bij de school in de buurt ligt.



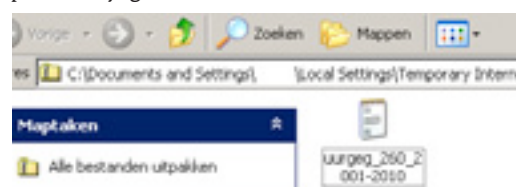
<input type="checkbox"/>	<b>235 De Kooy</b>				
<input type="checkbox"/>	<b>240 Schiphol</b>				
<input type="checkbox"/>	<b>242 Vlieland</b>				
<input type="checkbox"/>	<b>249 Berkhout</b>				
<input type="checkbox"/>	<b>251 Hoorn (Terschelling)</b>				
<input type="checkbox"/>	<b>257 Wijk aan Zee</b>				
<input type="checkbox"/>	<b>260 De Bilt</b>				
	1951 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	
	1991 - 2000	2001 - 2010			
<input type="checkbox"/>	<b>265 Soesterberg</b>				

figuur b.3

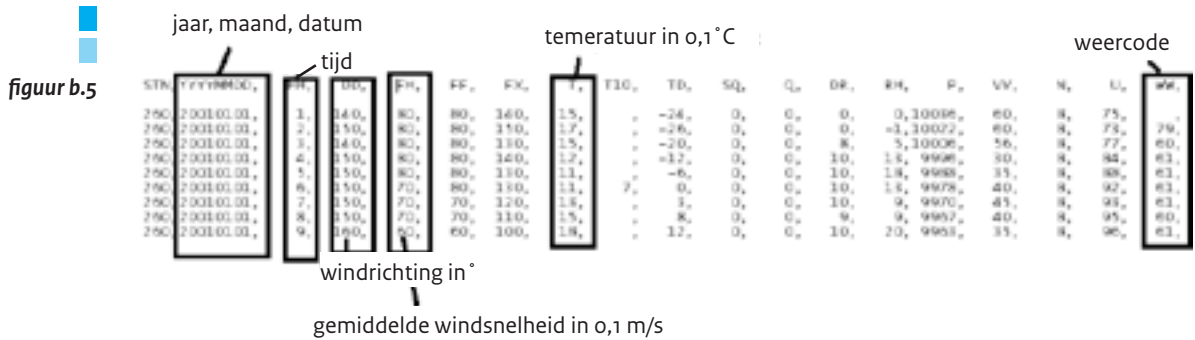
Klik op  zodat de jaartallen zichtbaar worden.  
Kies vervolgens 2001-2010 of 2011-2020.

Open deze file. Let op, de gegevens staan in een zipfile en moeten dus eerst uitgepakt worden.

Er opent een venster met file waarin de metingen van elk uur staan van de afgelopen 10 jaar voor de plaats die je gekozen hebt.

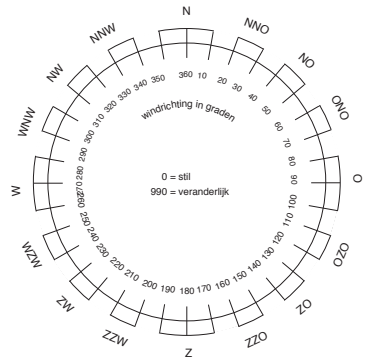


figuur b.4



In onderstaande tabel staat uitgelegd waar alle getallen voor staan.

tabel b.3

datum	YYYYMMDD	20010101	1 januari 2001
tijd	HH	2	2 UTC (NL zomertijd +2 uur, NL wintertijd +1 uur)
windrichting	DD	140	windrichting 140° = zuidoost 
windsnelheid	FF <sub>1</sub>	80	80 x 0,1 = 8 m/s
temperatuur	T	17	17 x 0,1 = 1,7 °C
weercode	WW	79	weercode = 79. Dat staat voor ijsregen.

Helemaal onderaan in de file staan de laatste metingen.

WW-codes / Weercodes	
00	Ontwikkeling bewolking niet waargenomen
01	Bewolking afnemend
02	Uiterlijk lucht onveranderd
03	Bewolking toenemend
04	Zicht verminderd door rook
05	Heigheid
06	Stof in de lucht, niet veroorzaakt door wind
07	Stof in de lucht, veroorzaakt door wind
08	Stof- of zandhoosjes
09	Stof- of zandstorm
10	Nevel
11	Grondmist of ijsmist, niet hoger dan 2 meter, niet gesloten laag
12	Grondmist of ijsmist, niet hoger dan 2 meter, gesloten laag
13	Weerlicht
14	Neerslag die aardoppervlak niet bereikt
15	Neerslag op meer dan 5 km
16	Neerslag nabij, maar niet op het station
17	Onweer, geen neerslag
18	Langdurige zware windstoten
19	Water- of windhozen
20	Motregen of motsneeuw
21	Regen
22	Sneeuw
23	Regen en sneeuw of ijsregen
24	Onderkoelde regen of motregen
25	Regenbui
26	Sneeuwbui of bui met regen en sneeuw
27	Buien met hagel of korrelsneeuw
28	Mist of ijsmist
29	Onweer
30	Lichte of matige zand- of stofstorm, afgenomen in het afgelopen uur
31	Lichte of matige zand- of stofstorm, onveranderd in het afgelopen uur
32	Lichte of matige zand- of stofstorm, toegenomen in het afgelopen uur
33	Zware zand- of stofstorm, afgenomen in het afgelopen uur
34	Zware zand- of stofstorm, onveranderd in het afgelopen uur
35	Zware zand- of stofstorm, toegenomen in het afgelopen uur
36	Lichte of matige lage driftsneeuw

WW-codes / Weercodes	
37	Zware lage driftsneeuw
38	Lichte of matige hoge driftsneeuw
39	Zware hoge driftsneeuw
40	Mist
41	Mistbanken
42	Mist bovenlucht zichtbaar, in het afgelopen uur dunner geworden
43	Mist bovenlucht onzichtbaar, in het afgelopen uur dunner geworden
44	Mist bovenlucht zichtbaar, geen verandering
45	Mist bovenlucht onzichtbaar, geen verandering
46	Mist bovenlucht zichtbaar, in het afgelopen uur dikker geworden
47	Mist bovenlucht onzichtbaar, in het afgelopen uur dikker geworden
48	Mist met rijp, bovenlucht zichtbaar
49	Mist met rijp, bovenlucht onzichtbaar
50	Lichte motregen, van tijd tot tijd
51	Lichte motregen, ononderbroken
52	Matige motregen, van tijd tot tijd
53	Matige motregen, ononderbroken
54	Zware motregen, van tijd tot tijd
55	Zware motregen, ononderbroken
56	Lichte onderkoelde motregen
57	Matige of zware onderkoelde motregen
58	Lichte regen en motregen
59	Matige of zware regen en motregen
60	Lichte regen, van tijd tot tijd
61	Lichte regen, ononderbroken
62	Matige regen, van tijd tot tijd
63	Matige regen, ononderbroken
64	Zware regen, van tijd tot tijd
65	Zware regen, ononderbroken
66	Lichte onderkoelde regen
67	Matige of zware onderkoelde regen
68	Lichte regen en sneeuw
69	Matige of zware regen en sneeuw
70	Lichte sneeuw, van tijd tot tijd
71	Lichte sneeuw, ononderbroken
72	Matige sneeuw, van tijd tot tijd
73	Matige sneeuw, ononderbroken



WW-codes / Weercodes	
75	Zware sneeuw, ononderbroken
76	Ijsnaalden
77	Motsneeuw
78	Poolsneeuw
79	Ijsregen
80	Lichte regenbuien
81	Matige of zware regenbuien
82	Zeer zware regenbuien
83	Lichte buien met regen en sneeuw
84	Matige of zware buien met regen en sneeuw
85	Lichte sneeuwbuien
86	Matige of zware sneeuwbuien
87	Lichte buien met korrelhagel of korrelsneeuw
88	Matige of zware buien met korrelhagel of korrelsneeuw
89	Lichte buien met hagel
90	Matige of zware buien met hagel
91	Lichte regen, onweer in het afgelopen uur
92	Matige of zware regen, onweer in het afgelopen uur
93	Lichte regen en sneeuw, onweer in het afgelopen uur
94	Matige of zware regen en sneeuw, onweer in het afgelopen uur
95	Onweer met regen of sneeuw
96	Onweer met hagel of korrelhagel
97	Zwaar onweer met regen of sneeuw, zonder hagel
98	Onweer met stof- of zandstorm
99	Zwaar onweer met regen of sneeuw, met hagel

# Bijlagen:

## GLOBE Wolkenkaart

### Hoge bewolking (5 - 13,5 km)



#### **Cirrocumulus**

Deze wolken zijn te vinden op 5-11 km hoogte. Ze bestaan uit ijskristallen en ontwikkelen een regelmatig patroon van rijen witte plukjes die lijkt op een schapenvacht. Daarom worden zee ook schapenwolkjes genoemd. Weertype: storm of een naderend front van onstabiel weer in aantocht.



#### **Cirrus**

Als er een lagedrukgebied in de buurt komt, verschijnen hoog in de lucht windveren. Deze wolken bestaan uit ijskristallen die ver voor een lagedrukgebied worden uitgeblazen. De wind trekt vaak aan en draait naar het zuidoosten.

### Middelhoge bewolking (2 - 7,5 km)



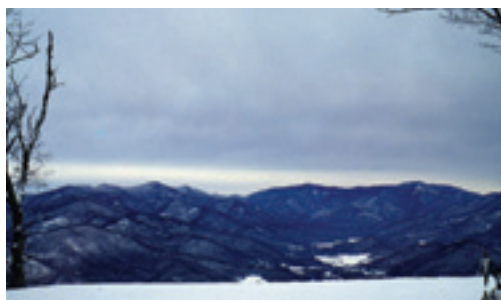
#### **Cirrostratus**

Hoge lichtgrijze of witte sluierbewolking, vaak zo dun dat de zon of de maan er doorheen schijnt. Het bedekt een groot deel van de lucht. Soms is er een halo rond de zon zichtbaar.



#### **Alto cumulus**

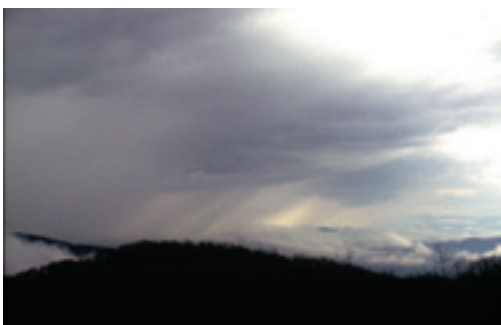
Middelhoge wolken met een pluizige vorm, vaak met ruimte tussen de wolken. Deze schapenwolken zijn groter dan die van de cirrocumulus.



#### **Altostratus**

Middelhoge wolken, lichtgrijs en hetzelfde van vorm. Bedekt het grootste deel van de lucht. De zon is nog net of net niet meer door de bewolking te zien.

#### **Lage bewolking (0 - 2 km)**



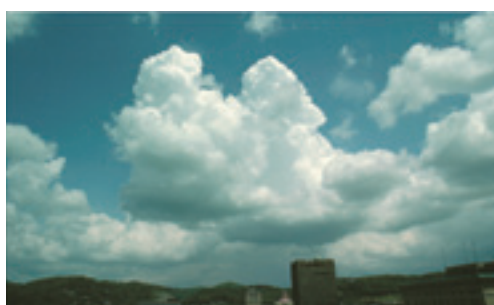
#### **Nimbostratus**

Lage grijze tot donkergrijze wolken waaruit regen, hagel of sneeuw valt. Daardoor is de onderkant vaag en moeilijk te zien.



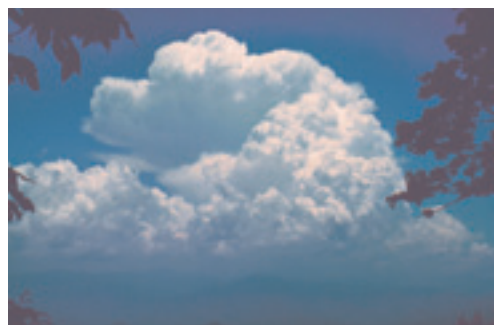
#### **Stratus**

Lage wolken, licht en donkergrijs en hetzelfde van vorm. Ze bedekken het grootste deel van de lucht. Mist is ook een stratuswolk.



#### **Cumulus**

Laaghangende wolken die op popcorn of bloemkool lijken. Ze hebben een scherpe of platte onderkant. Aan de opbollende randen kun je vaak zien hoe warme lucht opstijgt; dit gebeurt op de ene plek sneller dan op de andere.



#### **Cumulonimbus**

Laaghangende wolken met een donkere onderkant die hoge opbollende torens vormen. De randen van de wolken kun je duidelijk zien. Boven in de wolk is het kouder en bestaat de wolk uit ijskristallen, soms in de vorm van een enorm aambeel. Weertype: neerslag onweer en zware windstoten.



#### **Stratocumulus**

Dunne laag (onregelmatige en golvende) laaghangende bewolking met donkere en lichte plekken. Deze bewolking voor in grote velden en duidt op weinig of geen weersverandering.

# Bijlagen: Wolkenmemorie

*Hier staan de kaartjes voor wolkenmemorie. Het zijn 15 wolkenfoto's en 15 omschrijvingen. De juiste combinaties zijn aangegeven op het eind van het hoofdstuk 'Les 7: Wolken'*

*Bron foto's wolkenmemorie:  
Kees Floor/Petra Kroes/  
Marco van den Berge/KNMI*











<p><b>lenticularis</b></p> <p><b>“lensachtige wolk”</b></p>	<p><b>mammatus</b></p> <p><b>“hangende bollen onderaan de wolk”</b></p>
<p><b>cirrostratus</b></p> <p><b>“halo = kring om de zon”</b></p>	<p><b>cirrocumulus</b></p> <p><b>“hoge culumus”</b></p>
<p><b>cirrus fibratus</b></p> <p><b>“haarlok/windveren in waaiervorm”</b></p>	<p><b>nimbostratus</b></p> <p><b>“gelaagde regenwolk, uitgestrekt grijs”</b></p>

<p><b>mist</b></p> <p><b>“wolk aan de grond”</b></p>	<p><b>stratus</b></p> <p><b>“lage uitgestrekte bewolking”</b></p>
<p><b>cumulonimbus</b></p> <p><b>“met aambeeld”</b></p>	<p><b>cumulus congestus</b></p> <p><b>“grote wolk”</b></p>
<p><b>cumulus mediocris</b></p> <p><b>“iets grotere wolk”</b></p>	<p><b>cumulus humilis</b></p> <p><b>“kleine wolkjes”</b></p>

<p><b>cirrostratus bijzon</b></p> <p><b>“(gekleurde) lichtvlek”</b></p>	<p><b>altocumulus</b></p> <p><b>“cumulus op middelbare hoogte”</b></p>
<p><b>cirro/altocumulus floccus</b></p> <p><b>“wattenpropjes”</b></p>	

# Bijlagen:

## Materialenlijst

### Benodigde materialen

- beamer/smartboard
- computers met internet waar de leerlingen gebruik van mogen maken
- practicummateriaal bij 'kennismaken met meten'
- materiaal voor experimenten
- weerstation, eventueel een automatisch weerstation met datalogger (Voor het gebruik van het lesmateriaal is een weerstation niet noodzakelijk, voor deelname aan het GLOBE project wel.)
- schrift of multomap met blaadjes voor elke leerling (zelf mee laten nemen)

### Les 2: Kennismaken met de meetinstrumenten

- schrift
- pen
- thermometer
- bekeerglas (200 ml)
- mengsel van water en ijsklontjes
- roerstaafje
- psychrometer
- föhn
- barometer (let op: geen vloeistofbarometer)
- schroevendraaier
- computer met internet
- windmeter
- kompas
- geijkt kompas
- windvaan
- regenmeter
- bekertje
- maatbeker (1 of 2 liter)
- (2 hygrometers)
- (een tweede föhn)
- (natte doek)

### Les 3: Zelf meten

- materialen (alles 5 of 6 keer):
- thermometer
- psychrometer
- psychrometertabel
- flesje water
- windmeter
- windvaan
- kompas
- barometer
- wolkenkaart (zie Bijlage Wolkenkaart)
- pen

- tabel voor metingen van locatie 1 t/m 5
- (tabel voor metingen van locatie 6)
- kaartje met meetlocaties

### Les 5: Circulatie

- zaklamp
- glazen bak
- water
- brander
- kleurstof (bijvoorbeeld inkt)

### Les 6: Depressies

- wijnfles
- spekjes
- vacuümpomp (bijvoorbeeld van Vacu Vin)
- flessenstop (bijvoorbeeld van Vacu Vin)

### Les 7: Wolken

- materialen
- pan
- heet water
- ijsblokjes

### Specifieke materialen

Voor de lessen:

- thermometer 5 of 6 keer
- psychrometer 5 of 6 keer (als psychrometers niet beschikbaar zijn, kunnen hygrometers ook)
- föhn 1 of 2 keer
- barometer 5 of 6 keer, kan ook 1 keer (let op: geen vloeistofbarometer)
- windmeter 5 of 6 keer, kan ook 1 keer
- kompas 5 of 6 keer
- geijkt kompas 1 keer
- windvaan 5 of 6 keer
- regenmeter 1 keer
- wolkenkaart 5 of 6 keer

### Voor een eventueel weerstation:

- minimum- en maximumthermometer
- psychrometer
- regenmeter
- windmeter

Er kan ook voor een automatisch weerstation gekozen worden. Deze zijn verkrijgbaar bij de reguliere adressen voor practicummaterialen.