

wetsus

WATER  
CAMPUS  
Leeuwarden



Module 3

# Schoon drinkwater

Stand van zaken technologie energie uit water en waterzuivering met passende experimenten voor het voortgezet onderwijs

Brechje van Rij  
Cora Bouwland

# Inhoud

---

<b>Inhoud</b> .....	<b>2</b>
<b>Inleiding Iespakketten</b> .....	<b>3</b>
<b>Schoon drinkwater</b> .....	<b>4</b>
Inleiding .....	4
Experimenten.....	5
<i>Chloor</i> .....	5
<i>De Blauwe Fles</i> .....	6
<i>Chloor maken om bacteriën te doden</i> .....	7
<b>Leerlingwerkblad</b> .....	<b>9</b>
Chloor experiment .....	9
<b>Leerlingwerkblad</b> .....	<b>11</b>
De Blauwe Fles.....	11
<b>Leerlingwerkblad</b> .....	<b>12</b>
Chloor maken, om bacteriën te doden. ....	12

# Inleiding Iespakketten

De Club van Rome voorspelde in de jaren 60 al een tekort aan fossiele brandstoffen. Maar niet alleen het opraken van deze energiebron is een probleem, er zitten meer nadelen aan het gebruik van fossiele brandstoffen. Eén daarvan is het opwarmen van de aarde door het broeikaseffect, veroorzaakt door de vorming van CO<sub>2</sub>, ook 'global warming' genoemd.

Global warming is een groot probleem. Maar als je eenmaal de luxe van een auto, elektriciteit in huis of schoon drinkwater gewend bent, dan wil je niet meer zonder. De oplossingen moeten daarom van de kant van de technologie komen. Maar zijn er oplossingen? Waar wordt momenteel aan gewerkt? En waarom zijn vakken als scheikunde, natuurkunde en biologie daarbij zo belangrijk? Allemaal vragen waar in dit Iespakket antwoord op wordt gegeven.

In vier losse modules worden vier aparte thema's behandeld. Het is mogelijk om alle thema's achter elkaar te behandelen maar u kunt ook kijken welk thema goed bij uw lessen past.

De inhoud van het dvd-Iespakket rust op drie pijlers:

1. De technologische ontwikkelingen in het onderzoek.
2. De toepassingen van watertechnologie in de praktijk.
3. Proeven die ook in de klas gedaan kunnen worden.

Doordat deze indeling zo praktijkgericht is, krijgen de leerlingen een goed idee wat ze met watertechnologie kunnen en kunnen worden. Het is mogelijk om de proeven in de les te gaan doen, of er een heel project omheen te maken, inclusief excursies. Maar het is ook al zeer de moeite waard om alleen de korte films van de dvd te bekijken.

De vier modules zijn, in principe, op zichzelf staande thema's maar ze kunnen ook heel goed aansluiten op bestaande onderwerpen binnen het scheikunde-, natuurkunde- of biologieonderwijs.

Het niveau van de vier modules is niet gelijk. Daarom wordt, in onderstaand schema, van elk thema aangegeven voor welk leerjaar het geschikt is.

dvd-thema	toepasbaar bij:	klas
<b>Blue Energy</b>	lessen over ionen, neerslagreacties, diffusie, osmose en turgor	<b>4/5</b>
	osmose en turgor, neerslagreacties	<b>3</b>
<b>Scheiden bij de bron</b>	duurzaamheid, (an)aërobe afbraak en pH	<b>3</b>
<b>Schoon drinkwater</b>	reactieschema's, transport, indicatoren, analytische chemie	<b>2/3/4</b>
<b>Elektrospray</b>	elektromagnetisme, wereld waterproblematiek en destillatie	<b>3/4/5</b>

*De doelgroepen van de dvd-thema's.*

De indeling per onderwerp is als volgt. Elke module bestaat uit een dvd-fragment van vier tot tien minuten, een stukje theorie (beschreven in de module) en twee tot drie leerlingwerkbladen met practica die geschikt zijn voor in de les als demo of als leerlingenproef. Deze fragmenten zijn natuurlijk ook gescheiden te gebruiken. Maar het is de moeite waard om in elk geval de dvd in zijn geheel te tonen.

# Schoon drinkwater

## Inleiding

Schoon drinkwater lijkt iets vanzelfsprekends, maar is het niet. Onze drinkwatercapaciteit is eindig. Kijken we over de grens, dan zien we dat daar zelfs fossiele waterbronnen worden aangeboord en die voorraad is, net als oliebronnen, op een bepaald moment gewoon op.

In Nederland winnen drinkwaterbedrijven water uit de grond, rivieren, rivieroever en duinen. Vooral grondwater is erg geschikt om drinkwater van te maken. Het is water dat ooit als neerslag op aarde terechtgekomen is, of is meegevoerd door rivieren, en uiteindelijk de grond ingesijpeld is.

Eenmaal in de grond legt het water een lange, ondergrondse reis af naar de plaats waar het vervolgens gewonnen wordt. De bodem fungeert als filter en daardoor is het water meestal al van een goede kwaliteit als het uit de grond gehaald wordt. Waterwingebieden liggen in of nabij natuurgebieden, in landbouwgebieden of middenin de stad. Vanuit de waterwingebieden wordt het opgepompte water, via leidingen onder de grond, naar een productiebedrijf gebracht om gezuiverd te worden. De wingebieden worden duurzaam en ecologisch beheerd. Daardoor zijn het vaak prachtige gebieden. Maar niet alle waterwingebieden bevinden zich in natuurgebieden. Als een dergelijk gebied in een stadse omgeving ligt, is extra zorgvuldigheid geboden.

Er kan een groot verschil in kwaliteit zijn tussen water uit verschillende wingebieden. Soms is er alleen maar een beluchtingstap nodig. Dan is het water bij winning al heel schoon. Het beluchten van water is dan nodig omdat leidingwater altijd een beetje zuurstof moet bevatten.

Als het water van mindere kwaliteit is, wil een snelle of langzame zandfiltratie wel eens uitkomst bieden. Hierdoor blijven allerlei vervuilingen op de filter achter.

Bevat het water nog kleine zwevende vuildeeltjes, dan is coagulatie, of flocculatie, en daarna sedimentatie een effectief middel. Door coagulatie gaan de kleine vuildeeltjes aan elkaar kleven, waardoor ze groot en zwaar worden en in de sedimentatie stap naar de bodem zakken. Het bovenliggende water is dan schoon. Als er nog opgeloste stoffen in het water aanwezig zijn, die verwijderd moeten worden, dan komt het actief koolfilter ter sprake. De kool adsorbeert kleur- en geurstoffen en stoffen die schadelijk zijn of een nare smaak aan het water geven. In een filtratiestap kan het water weer van de kool ontdaan worden en is het water gezuiverd.

Het grondwater, dat gebruikt wordt voor drinkwater, komt uit een diepte van twintig tot meer dan tweehonderd meter uit de grond. Omdat op een dergelijke diepte geen bacteriën zijn, kan het water niet bederven. De bacteriën zijn namelijk achtergebleven in de ondiepere bodemlagen. Wel kunnen allerlei stoffen uit de bodem opgenomen worden zoals kalk, ijzer en mangaan. De bodem heeft een constante temperatuur van ongeveer 10°C.

Als drinkwater wordt gewonnen uit oppervlaktewater, kunnen er micro-organismen aanwezig zijn die verwijderd moeten worden. Een nieuwe stap die heel goed ingezet kan worden om bacteriën en virussen



tegen te houden, is membraanfiltratie. Hierbij wordt het water door een membraan geperst. Het membraan heeft kleine poriën waar virussen en bacteriën niet doorheen komen.

Andere, goedkopere methoden om het water te zuiveren van virussen en bacteriën zijn desinfectie met chloor of ozon. In Nederland gebruikt men geen chloor meer (sinds 2005) vanwege de nare smaak die het geeft. Ozon valt uiteen in zuurstof en waterstof en geeft het water geen vervelende smaak. Water kan ook gedesinfecteerd worden met UV-straling.

Er zijn ook modernere methoden om drinkwater te zuiveren:

1. Ontkleuring via ionenwisselaars (deze halen de bruine bodemzuren uit het drinkwater)
2. Ontzouting met anaërobe membraanfiltratie en omgekeerde osmose (naar deze processen wordt momenteel nog onderzoek gedaan).

## Tips! Bij de DVD

De leerlingen kunnen bij de film een blokschema maken. Dit is een samenvatting van wat ze hebben gezien op de film. De processen bij de drinkwaterzuivering lenen zich hier bij uitstek voor.

## Experimenten

De volgende proeven zijn uit te voeren bij het hoofdstuk 'Schoon drinkwater'.

1. Chloor
2. De Blauwe Fles
3. Chloor maken om bacteriën te doden

### Chloor

Bij drinkwaterbereiding wordt in het buitenland, vooral in warme landen, veel gebruik gemaakt van chloor voor het ontsmetten van het water. Ook in het zwembad wordt vaak chloor toegevoegd om het water schoon en helder te houden. Maar wat doet chloor nou precies?

Chloor oxideert allerlei vervuilingen, zoals bacteriën, en reageert met de meeste kleurstoffen. Doordat de bacteriën geoxideerd worden, gaan ze dood en zijn ze onschadelijk voor de gezondheid.

Omdat het chloor ook tijdens het transport van het drinkwater aanwezig is, zorgt het ervoor dat er geen bacteriegroei is in de leidingen. In warme landen, waar het water vaak over een lange afstand getransporteerd moet worden en de bacteriën snel groeien door de temperatuur is dit belang.

## Tips!

Meet de pH tijdens de reactie. Doet chloor iets met de pH? Laat leerlingen iets vertellen over hun ervaringen met chloor in drinkwater. Ze kunnen bijvoorbeeld hun mening geven over het gebruik van chloor in drinkwater. Chloor kan met actieve kool uit het water geabsorbeerd worden. Nu is het water wel "lekker".

## De Blauwe Fles

### Doel van de proef:

Na het uitvoeren van de proef weten de leerlingen:

- Dat zuurstof opgelost kan zijn in water
- Dat zuurstof in water aangetoond kan worden

Er zijn vele bekende “flessen” in de chemie en natuurkunde. Eén daarvan is De Blauwe Fles waarbij een redoxreactie met zuurstof, glucose en methyleenblauw in basisch milieu voor het spektakel zorgt. Bijzonder in deze reactie is dat zuurstof in water van belang kan zijn voor reacties. Voor veel leerlingen is het moeilijk voor te stellen dat er daadwerkelijk zuurstof opgelost kan zijn in water.

In de afvalwaterzuivering is de aan- of aanwezigheid van zuurstof in water belangrijk. Een anaërobe (zonder zuurstof) slibafbraak is totaal iets anders dan een aërobe (in aanwezigheid van zuurstof) slibafbraak. Zeker bij het vergisten van afvalwater speelt dit een grote rol. Dit gebeurt namelijk alleen in een anaërobe omgeving.

Bij deze proef treedt glucose uiteindelijk op als reductor en zuurstof als oxidator in een sterk basische oplossing. Bij toevoeging van methyleenblauw aan de glucoseoplossing reduceert glucose de blauwe vorm van methyleenblauw,  $MB^+$ , tot de leukovorm,  $MBH_2^+$ , waardoor de oplossing kleurloos wordt. Door schudden komt er zuurstof in de oplossing. Hierdoor wordt  $MBH_2^+$  geoxideerd tot de blauwe  $MB^+$ .

In een relatief langzamer reactie reduceert  $MB^+$  weer een volgende portie glucose en wordt daarbij zelf weer omgezet in de leukovorm. Bij opnieuw schudden volgt weer dezelfde reactiecyclus. De oxidatie producten van glucose kleuren na enige tijd de vloeistof geel.

Er ontstaat een blauwe oplossing die binnen enkele minuten kleurloos wordt. Na krachtig schudden ontstaat de blauwe kleur weer. Deze verdwijnt langzaam. Na 20 keer schudden, vervaagt het kleureffect. Na enige tijd zal de kolf niet meer reageren en geel worden.



*De verkleuringen van De Blauwe Fles.*

### Uitleg aan de leerling.

Bij het bespreken van de proef kan het proces in de blauwe fles vergeleken worden met het mengen van olie en water. Als je schudt, ontstaat er één geheel. Na verloop van tijd ontmengt het geheel weer en komen de oorspronkelijke lagen weer terug. Het zijn omkeerbare processen. Dit kan ook gemakkelijk en snel gedemonstreerd worden.

## Tips!

Laat de leerlingen zelf ontdekken hoe deze reactie werkt. Laat ze niet in chemische termen denken maar in letters A, B, C, D. Daag ze uit zelf een hypothese te bedenken.

Bij een afgesloten kolf is bij het openen van de kolf merkbaar dat er onderdruk is ontstaan door het verbruik van zuurstof.

Deze fles is ook geschikt om op een opendag te doen.

## Chloor maken om bacteriën te doden.

Chloor is een stof die bacteriën kan doden. Chloorhoudende schoonmaakmiddelen kun je bij ons in de supermarkt kopen en worden gebruikt om de wc mee te reinigen.

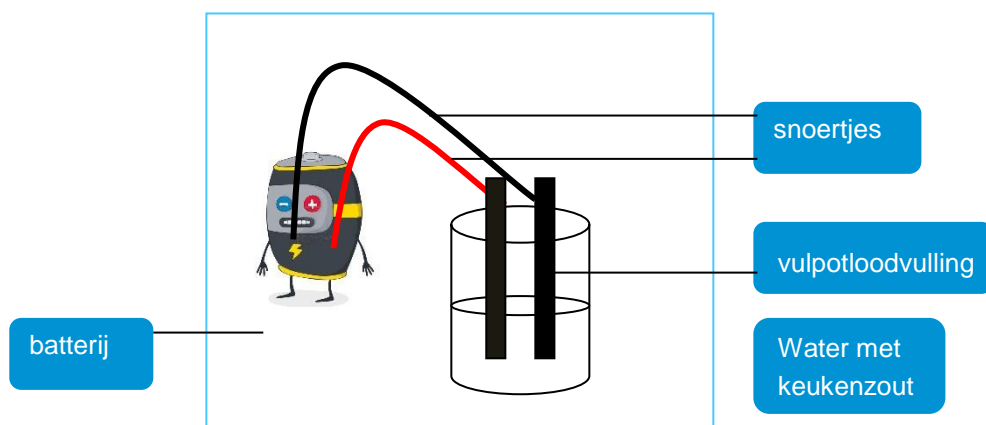
In landen waar de Dutch Rainmaker wordt gebruikt, is de laatste stap het bacterievrij maken van het water. Bacteriën kunnen ziekteverwekkers zijn en moeten om die reden verwijderd worden. Dit vindt niet plaats door een schoonmaakmiddel voor de wc aan toe te voegen, maar door keukenzout te ontleden door middel van elektrolyse.

### Doel van de proef:

Leerlingen ervaren dat je met eenvoudige middelen een stof kunt maken die van levensbelang kan zijn.

De leerlingen bouwen een eenvoudige opstelling om uit een keukenzoutoplossing chloor te maken. De geur van chloor kennen ze wel uit het zwembad.

De leerlingen kunnen de proef voor een tweede maal uitvoeren met water waaraan, naast keukenzout, ook de kleurstof cochenillerood is toegevoegd. Chloor heeft ook een ontkleurende werking.



Afbeelding van de opstelling

Dit experiment kan ook uit uitgevoerd worden tijdens een biologieles. Eerst moet een bacteriecultuur gekweekt worden. Vervolgens wordt een suspensie van een beetje bacteriemateriaal gemaakt waaraan keukenzout wordt toegevoegd die vervolgens wordt blootgesteld aan elektrolyse. Daarna kan door middel van een bacteriekweek getest worden, of de bacteriën gedood zijn.



# Leerlingwerkblad

## Chloor experiment

Bij drinkwaterbereiding wordt in het buitenland (en dan vooral in warme landen) veel gebruik gemaakt van chloor voor het ontsmetten van het water. Ook in het zwembad wordt vaak chloor toegevoegd om het water schoon en helder te houden. Maar wat doet chloor nou precies?

Chloor reageert met bacteriën en met (kleur)stoffen. Bacteriën gaan hierdoor dood en kunnen je dan niet meer ziek maken. De kleurstoffen die met chloor reageren, veranderen in kleurloze stoffen waardoor het water helder wordt.

Vooral in warme landen is chloor bij de drinkwaterbereiding van belang. Omdat het chloor ook tijdens het transport van het drinkwater aanwezig is, zorgt het ervoor dat er geen bacteriegroei is in de leidingen en het water veilig aankomt bij de consument.

In Nederland wordt bij de drinkwaterzuivering meestal gebruik gemaakt van ozon in plaats van chloor. Chloor geeft namelijk een smaak aan het water. Ozon doodt ook bacteriën en valt vervolgens uiteen in water en zuurstof en laat dus geen smaak achter.

In Nederland is het water tijdens transport niet beschermd tegen bacteriegroei. Dat is in ons land ook niet nodig omdat de transporttijd kort en de temperatuur laag genoeg is.



### Benodigheden

- glorix of een ander bleekmiddel
- water
- kleurstof
- glaswerk
- universeel pH-papier

### Uitvoering

#### Let op!

Draag bij dit experiment een labjas.

Bleekmiddel kan vlekken of verkleuringen in je kleding veroorzaken die niet meer te verwijderen zijn.

- Voeg wat kleurstof bij het water.
- Meet de pH van het gekleurde water.
- Voeg vervolgens een scheutje glorix of bleekmiddel toe.

## Probeer nu de volgende vragen te beantwoorden.

1. Wat zie je gebeuren, als je het bleekmiddel toevoegt?
2. Verandert de pH van het water als je het bleekmiddel hebt toegevoegd?
3. Met actieve kool kun je het chloor adsorberen en uit het water verwijderen. Voer deze scheidingsstap uit. De beschrijving staat verderop op deze bladzijde beschreven. Beschrijf wat je van het filtraat vindt.
4. Waarvoor wordt chloor in het huishouden gebruikt?
5. Wat zijn de nadelen van chloor als ontsmettingsmiddel van water?

**Adsorptie** is een scheidingsmethode die toegepast wordt bij waterzuivering. Hoe een zwarte stof, als actieve kool, water kan zuiveren, lijkt heel onwerkelijk maar na het doen van deze proef, ben je overtuigd.

## Benodigheden.

- 2 reageerbuisen + rekje
- actieve kool
- filtreerpapiertje
- trechter

## Werkwijze

- Vul de reageerbuis voor de helft met het, met chloor, gezuiverde water.
- Voeg een spatelpunt actieve kool poeder toe en meng goed.
- Laat dit mengsel over een filtreerpapiertje in een trechter lopen en vang het filtraat op in een reageerbuis.
- Beoordeel het filtraat.

# Leerlingwerkblad

## De Blauwe Fles

Door het schudden verandert er iets in de samenstelling van de oplossing in de fles. Het is de bedoeling zelf een theorie te bedenken bij het verschijnsel in de Blauwe Fles



*De Blauwe Fles*

### Benodigheden

- 0,5 liter kolf met stop (of een plastic fles die goed afsluitbaar is)
- 5 g glucose
- 3 g NaOH in 150 ml water
- 0,1 massa % methyleenblauwoplossing in ethanol

### Uitvoering

- Voeg 5 g glucose aan de natronloog toe en schud tot het opgelost is.
- Voeg 5 ml methyleenblauwoplossing toe.
- Schud deze fles en zie wat er gebeurt.
- Noteer je waarnemingen.
- Wacht een poos en schud dan weer opnieuw.

### Probeer een antwoord te vinden op de volgende vragen

1. Wat zou de oorzaak kunnen zijn van de kleuromslagen?
2. Waarom kan het meerdere keren plaatsvinden?
3. Waarom moet de dop stevig op de fles gedraaid blijven?

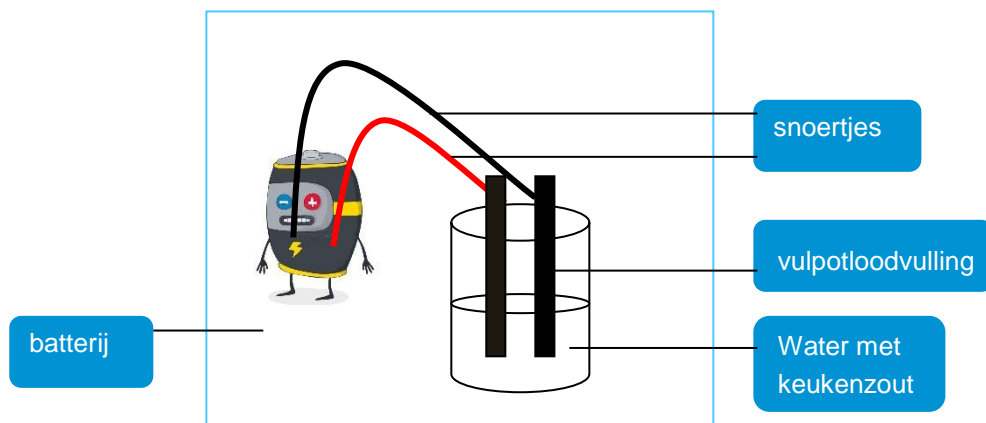
# Leerlingwerkblad

## Chloor maken, om bacteriën te doden.

Chloor is een stof die bacteriën kan doden. Chloorhoudende schoonmaakmiddelen kun je bij ons in de supermarkt kopen en wordt gebruikt om de wc mee te reinigen.

In landen waar de **Dutch Rainmaker** wordt gebruikt, is de laatste stap het bacterievrij maken van het water. Bacteriën kunnen ziekteverwekkers zijn en moeten om die reden verwijderd worden. Dit vindt niet plaats door een schoonmaakmiddel voor de wc aan toe te voegen, maar door keukenzout (natriumchloride NaCl) te ontleden door middel van elektrolyse.

De opstelling die je nodig hebt ziet er zo uit:



### Benodigheden:

- blokbatterij (9V)
- 2 elektriciteitsnoeren
- 2 krokodillenklemmen
- 2 vulpotloodvullingen (hoe dikker, hoe minder snel ze breken als je bouwt)
- bekeerglas
- water
- keukenzout

Laat de elektrolyse enkele minuten duren en ruik vervolgens boven de vloeistof. Je hebt chloor gemaakt uit keukenzout.

## Probeer de volgende vragen te beantwoorden:

1. Wat is het probleem als je op deze manier het water ontsmet (= vrijmaken van ziekteverwekkers)?
2. Kun je de chloor dat bij deze methode is ontstaan, verwijderen met behulp van actieve kool? Volg de beschrijving van de proef *Adsorptie* van deze module.
3. Chloor kan ook ontkleurend werken. Kun je op deze manier ook water kleurloos maken? Probeer een zoutoplossing met een heel kleine hoeveelheid van de kleurstof cochenillerood te ontkleuren.
4. Geef de reactievergelijking voor de ontleding van keukenzout.
5. Welke methodes om ziekteverwekkers in water te doden, ken je nog meer?