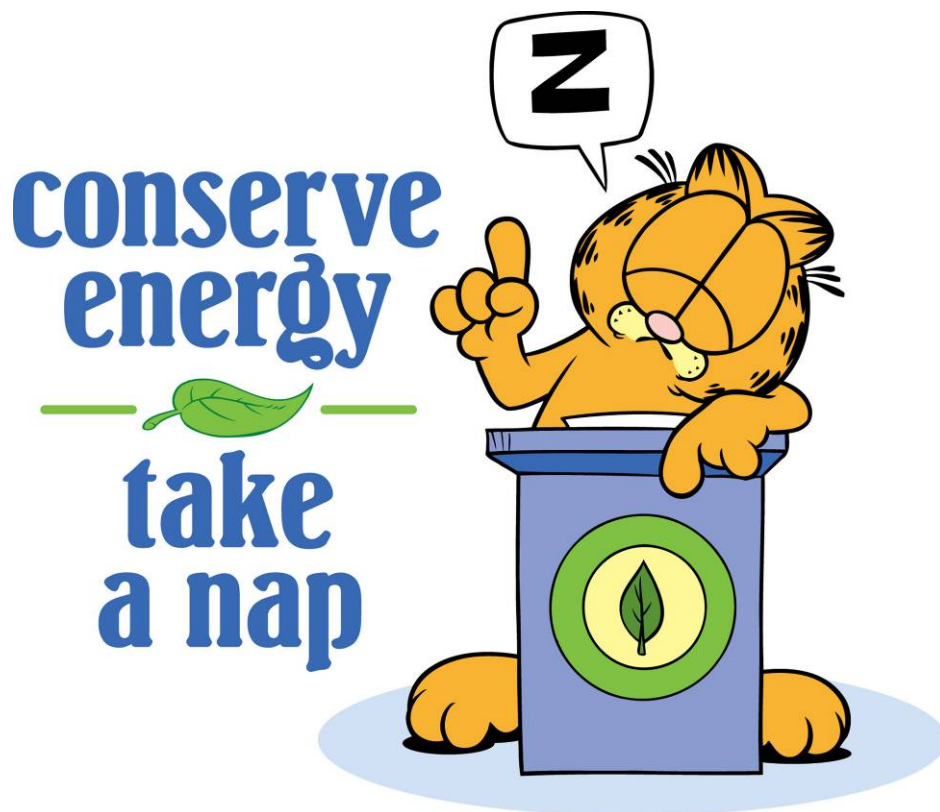


# Duurzaam en niet duur

Over klimaatveranderingen binnen een school



Gecertificeerde  
NLT module  
voor havo

# Colofon



De module 'Duurzaam en niet duur' is bestemd voor de lessen Natuur, Leven en Technologie (NLT). De module is op 4 juni 2009 gecertificeerd door de Stuurgroep NLT voor gebruik op het havo in domein C, Bedreiging en behoud van de leefomgeving. Het certificeringsnummer van de module is 1004-031-HC.



De originele gecertificeerde module is in pdf-formaat downloadbaar via ► <http://www.betavak-nlt.nl>.

Op deze website staat uitgelegd welke aanpassingen docenten aan de module mogen maken, voor gebruik in de les, zonder daardoor de certificering teniet te doen.



De module is gemaakt in opdracht van het Landelijk Ontwikkelpunt NLT. Deze module is ontwikkeld door

- Arentheem College, Arnhem, F.Pohlmann
- Stedelijk College, Eindhoven, B.Bentham en Th.Timmers
- Saxion, Enschede, W.Voortman

*Aangepaste versies van deze module mogen alleen verspreid worden, indien in dit colofon vermeld wordt dat het een aangepaste versie betreft, onder vermelding van de naam van de auteur van de wijzigingen.*

Materialen die leerlingen nodig hebben bij deze module zijn beschikbaar via het vaklokaal NLT:

► <http://www.vaklokaal-nlt.nl/>

© 2009. Versie 1.0

Het auteursrecht op de module berust bij Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO). SLO is derhalve de rechthebbende zoals bedoeld in de hieronder vermelde creative commons licentie.

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

De module is met zorg samengesteld en getest. Landelijk Ontwikkelpunt NLT, Stuurgroep NLT, SLO en auteurs aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor onjuistheden en/of onvolledigheden in de module.

Ook aanvaarden Landelijk Ontwikkelpunt NLT, Stuurgroep NLT, SLO en auteurs geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, voortkomend uit (het gebruik van) deze module.

Voor deze module geldt een

Creative Commons Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 3.0  
Nederland Licentie



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

*Foto Voorpagina: Garfield toont hoe je duurzaam om kan gaan met energie.*

*Bron: Garfield*

# Inhoud

1 Inleiding: Hoe leefbaar is jouw school?.....	1
2 Het binnenklimaat van jouw school.....	4
2.1 Inleiding .....	4
2.2 Het onderzoek.....	4
2.3 Licht .....	4
2.4 Temperatuur .....	9
2.5 Luchtkwaliteit en ventilatie .....	12
2.6 Portfolio Conclusie .....	17
3 Energiegebruik.....	18
3.1 Inleiding .....	18
3.2 Energie .....	19
3.3 Rendement.....	22
3.4 Licht .....	23
3.5 Sluipverbruik .....	27
3.6 Verwarming.....	29
4 Gevolgen voor het milieu .....	32
4.1 Inleiding .....	32
4.2 Klimatologische gevolgen .....	32
4.3 Het broeikaseffect.....	34
4.4 CO <sub>2</sub> in de zee .....	36
4.5 Energie en koolstofdioxide .....	38
5 Duurzaamheid en jouw school .....	41
5.1 Wat is duurzaamheid?.....	41
5.2 Belangrijke ontwikkelingen op wereldniveau betreft het klimaatprobleem .....	43
5.3 Duurzaamheid rond de school .....	46
6 Jullie school omtoveren.....	47
6.1 Trias Energetica.....	47
6.2 Stap 1: gebruik bewust .....	48
6.3 Stap 2: groen, groener, grijs.....	52
6.4 Stap 3: schoon en efficiënt .....	57
6.5 Beroepen .....	57
7 Eindopdracht.....	59
8 Bijlagen .....	61
Bijlage 1 Een onderzoek uitvoeren? Hoe doe je dat? .....	61
Bijlage 2 URL-lijst .....	64

# 1 Inleiding: Hoe leefbaar is jouw school?

Thuis, op school en bij de sportvereniging: in elke omgeving willen we ons behaaglijk voelen. Sporten bij 35 °C (Figuur 1, links), een practicum uitvoeren in het donker (Figuur 1, rechts), of douchen onder het spreekwoordelijke pистраaltje van 10 °C, dat vinden wij niet echt leefbaar.



*Figuur 1: we willen comfort!*

Een donker lokaal of een koude douche kunnen we voorkomen door licht en warmwatervoorzieningen aan te brengen. Om licht en warm water te krijgen, heb je energie nodig. Gebruiken we te veel en verkeerde energie, dan zal het linker figuur in de toekomst steeds vaker werkelijkheid worden; een warmer klimaat. Als we alleen maar letten op leefbaarheid nu, kunnen we dus de leefbaarheid in de toekomst bedreigen.

## Energie op school

Om een leefbare school te krijgen en te houden hebben we dus apparaten nodig die er voor zorgen dat wij:

a. Voldoende licht en een aangename temperatuur hebben.

Maar ook;

b. Zo min mogelijk energie gebruiken en energie van de juiste energiebronnen.

Jullie school is in het verleden gebouwd en de installaties voldoen dan waarschijnlijk niet aan deze 2 criteria a en b. Met deze module gaan jullie dat onderzoeken en vervolgens een advies aan de schooldirectie geven hoe het beter kan. Een school hoort tenslotte het goede voorbeeld te geven.

Door het goed uitvoeren van deze module, dragen jullie bij aan meerdere doelen:

### *Energie besparen op school*

Waar zie jij op je school mogelijkheden om energie te besparen? Dat levert niet alleen winst op voor het milieu, maar het kan de school ook heel wat geld besparen. Niet duur dus.

### *Duurzame energie*

In hoeverre kan de school (meer) gebruik maken van duurzame energie?  
*Duurzaam* dus.

### *Leerdoelen*

Aan de hand van eigen onderzoek stel je vast wat voor een bijdrage je kunt leveren aan het tegengaan van de uitstoot van broeikasgassen op je eigen school.

Hieronder zie je wat je in deze module leert om maatregelen te kunnen voorstellen:

- Experimenten uitvoeren en de resultaten presenteren.
- Gegevens verzamelen uit verschillende informatiebronnen. Deze gegevens interpreteren en presenteren.
- Met Excel grafieken maken van meetgegevens van jezelf en uit andere bronnen. Dat betekent o.a.:
  - uit databestanden op internet zelf verschillende typen diagrammen maken
  - deze grafieken aflezen en interpreteren.
- Een onderzoek doen en op basis van de uitkomsten een rapport opstellen.

Verdere leerdoelen staan vermeld per hoofdstuk.

## Opzet van de module

In hoofdstuk 2 onderzoek je het binnenklimaat op school. Uit onderzoek blijkt dat het klimaat in het klaslokaal (temperatuur, verlichting, vochtigheid en ventilatie) in belangrijke mate de leerprestaties van de leerlingen bepaalt.

In hoofdstuk 3 onderzoek je hoeveel energie het nu kost om een dergelijk klimaat te handhaven.

In hoofdstuk 4 gaan we in op de gevolgen. Er is namelijk vast komen te staan dat ons energieverbruik invloed heeft op ons milieu.

Hoofdstuk 5 gaat over duurzaamheid en wat er op dat vlak allemaal gebeurt in de wereld en de directe omgeving.

In hoofdstuk 6 ga je weer terug naar je eigen school. Op welke manieren kan jou school beter presteren qua duurzaamheid?

In de afsluitende opdracht komt alles samen. Daarin ga je aanbevelingen doen aan de schoolleiding over hoe je het energieverbruik kunt beperken. In de keuzestof kun je je verdiepen in zonnepanelen en windturbines. De keuzestof is niet verplicht.

## Beoordeling

De beoordeling van deze module bestaat uit twee delen.

Het eerste deel bestaat uit het portfolio. Het portfolio zal in zijn geheel of gedeeltelijk door je docent beoordeeld worden en vormt 50% van je cijfer.

Hoe je een portfolio moet maken wordt uitgelegd in ► werkinstructie portfolio bijhouden in de NLT Toolbox.

In het portfolio worden de volgende zaken opgenomen:

1. Alle uitgewerkte opdrachten, vragen en verslagen.
2. Een persoonlijke evaluatie met daarin:
  - Wat zijn voor jou de belangrijkste dingen die je geleerd hebt?
  - Wat vind je leuk of interessant aan deze lesmodule? En wat vind je minder leuk of interessant?
  - Wat vind je van je eigen functioneren bij de samenwerking in de groep? Wat deed je goed? Wat kon beter?
3. Een groepsevaluatie met daarin:
  - Hoe verliep de samenwerking? Waar ging het goed? Wat kon beter?
  - Welke dingen die jullie geleerd hebben in deze module, vinden jullie het belangrijkste om te gebruiken voor de eindopdracht.

Deel 2 bestaat uit een eindopdracht. De uitvoering hiervan geeft de andere 50% van je cijfer. Voor de uitvoering van je eindopdracht heb je je portfolio nodig. Op basis daarvan stel je een rapport op van je bevindingen en doe je aanbevelingen ten aanzien van het energieverbruik bij jullie op school. Verder geef je aan hoe je denkt te bereiken, dat je aanbevelingen ook werkelijk uitgevoerd worden.

Het kan zijn dat je docent een andere manier van beoordeling hanteert.

Het beste kun je in groepjes van drie werken. Binnen elk groepje is er een taakverdeling. Eén van jullie doet onderzoek aan licht, de ander aan temperatuur en de derde aan ventilatie en apparatuur. Samen brengen jullie verslag uit. Wel werken jullie allemaal de hele module door en zijn jullie samen verantwoordelijk voor het gehele onderzoek. Dus breng elkaar verslag uit en bespreek met elkaar de resultaten.

Elk groepje krijgt een bepaald deel van de school toegewezen. Alle groepjes bij elkaar lichten op die manier de hele school door.

# 2 Het binnenklimaat van jouw school

## 2.1 Inleiding

Met elkaar willen we graag dat de leerlingen van een school goede prestaties neer zetten. Om dit waar te kunnen maken moeten, naast de inzet van de leerling zelf, de omstandigheden goed zijn. Zo moet er voldoende licht op het werkblad schijnen, de temperatuur moet aansluiten bij de wensen en er moet een goede luchtkwaliteit heersen. Jullie hebben vast wel plaatsen waar jullie deze factoren niet goed vinden. Laten we die maar snel gaan onderzoeken.

*Na dit hoofdstuk kun je*

- uitleggen aan welke voorwaarden de verlichting, de verwarming en de ventilatie van een ruimte moeten voldoen en waarom
- een meetplan maken om na te gaan of een ruimte op je school voldoet aan de normen voor verlichting, verwarming en ventilatie
- een binnenklimaatonderzoek uitvoeren.

## 2.2 Het onderzoek

In dit hoofdstuk ga je in een groepje van drie leerlingen het binnenklimaat op school onderzoeken. Dit onderzoek bestaat uit drie deelonderzoeken. Elk van de drie leerlingen is verantwoordelijk voor een van deze onderzoeken, maar je mag elkaar natuurlijk helpen met het verzamelen en uitwerken van de gegevens.



- Onderzoek 1: Is de belichting overal goed?



- Onderzoek 2: Waar is het te warm, waar te koud?



- Onderzoek 3: Hoe goed is de luchtkwaliteit in de klaslokalen?

Dat zijn de centrale vragen. Om die vragen te kunnen beantwoorden, ga je metingen doen. De resultaten van je metingen moet je bewaren in je portfolio. Je hebt ze nodig voor je eindopdracht.

## 2.3 Licht

### Licht en comfort

Bij de inleiding kwam al naar voren dat een practicum uitvoeren in het donker niet comfortabel is.



Voor het comfort is de lichthoeveelheid én kleur blijkbaar erg belangrijk. Denk maar eens aan de winter. Dan ontvang je overdag minder licht dan in de zomer en je bent dan eerder lusteloos. Het is één van de verschijnselen, die horen bij de zogenaamde winterblues of winterdepressie. Sfeer is ook een aspect van licht. Die druilerige, bewolkte dag zorgt voor een wat neerslachtig gevoel. En lampen met een warme rood/gele kleur maken een aangename sfeer.

De hoeveelheid licht en de kleur van het licht bepalen het comfort.

Op werk- en studieplekken is de juiste hoeveelheid licht erg belangrijk. Daarom zijn er landelijke normen opgesteld waar het licht in een vertrek aan moet voldoen (zie hiervoor de paragraaf 'de normen voor verlichting'). Met dit onderzoek ga je vaststellen of je school voldoet aan de norm.

## De verlichte ruimte

In elke werkruimte moet de *verlichtingssterkte* voor tafels en andere werkoppervlakken aan bepaalde eisen voldoen. De verlichtingssterkte  $E$  is de hoeveelheid licht (de zogenaamde lichtstroom  $S$ ) die op elke  $m^2$  van het oppervlak valt. In formule:

$$E = \frac{S}{A} \quad (1)$$

waarin:

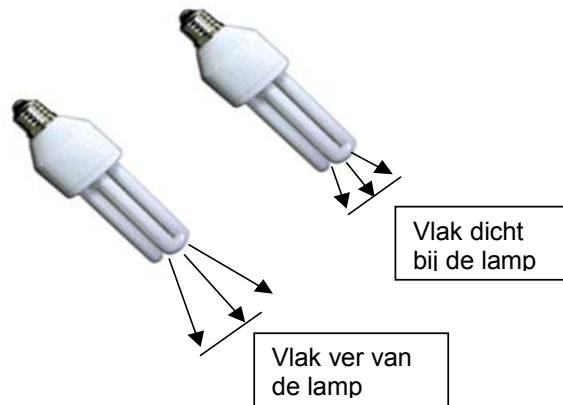
- $E$  = verlichtingssterkte in lux ( $lx = lm/m^2$ )
- $S$  = lichtstroom in lumen (lm)
- $A$  = oppervlakte in vierkante meters ( $m^2$ ).

Het begrip verlichtingssterkte wordt in hoofdstuk 3 nader toegelicht.

### 1. Rekenvoorbeeld: van lumen naar Lux

Een bureau van  $2 m^2$  dat een lichtstroom van 800 lumen ontvangt, heeft een verlichtingssterkte van  $800 / 2 = 400 lm/m^2$ .

Hoe groter een ruimte, hoe meer licht je nodig hebt. Dat komt doordat de verlichtingssterkte kleiner wordt naarmate je verder van een lamp afkomt. Dit zie je in figuur 2. De stralen afkomstig van de lamp hebben in de figuur dezelfde richting. Wanneer de lamp verder van het oppervlak verwijderd is, straalt een deel van de stralen gewoon langs het betreffende oppervlak. Er is voor dat oppervlak dus minder licht beschikbaar. Dit houdt een vermindering van de verlichtingssterkte in.



Figuur 2: invloed verlichtingssterkte afstand lamp tot het vlak.

### 1. Vraag

Een lamp van 200 lm hangt een meter boven een ronde tafel en straalt voor 100% in die richting. Zou de lamp op een meter hoogte hangen, dan wordt de tafel exact egaal uitgelicht en gaat er geen licht langs het vlak. De tafel heeft een diameter van 1,5 meter.

- a. Wat is de verlichtingssterkte van de tafel?
- b. Wat is de verlichtingssterkte van de tafel als de lamp 2 meter boven de tafel hangt?

### Helderheid van vlakken

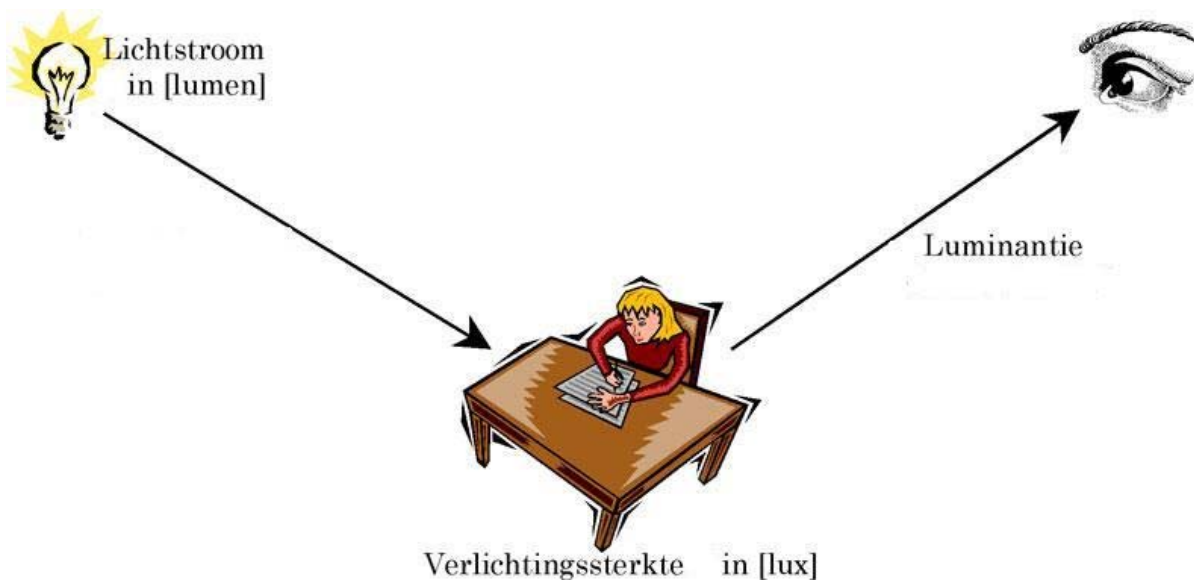
Een vlak (muur, deur, kast, lamp, raam) weerkaatst licht of straalt licht uit. Daarom is zo'n vlak te zien. Dit wordt de *helderheid of luminantie van een vlak* genoemd. Op een zonnige dag komt er van het vlak 'raam' veel licht naar het oog. Een hoge helderheid noemen we dit. Een zwart matte kast straalt maar weinig licht uit. Dit vlak heeft een lage helderheid.

Ons oog heeft de eigenschap om zich in te stellen op de helderheid van het gezichtsveld. In de onderbouw heb je geleerd dat bij veel licht de pupil kleiner wordt en bij weinig licht groter. Dat gebeurt door spieren in je iris. Wanneer er grote helderheidsverschillen zijn tussen de vlakken in het gezichtsveld, moeten je irisspieren veel instellen. Dit geeft een onrustig gevoel. Niet afgeschermd lampen in een gang zijn een voorbeeld (zie Figuur 3). Het verschil in helderheid, vlak lamp t.o.v. vlak wand, heeft daar een verhouding van boven de 10. Maar, te weinig verschil in helderheid is ook niet goed. Wanneer er helemaal geen helderheidsverschillen zijn, vinden wij het saai (bij een compleet witte kamer is de verhouding kleiner dan 3).



Figuur 3: grote helderheidsverschillen geven een onrustig gevoel. Bron: Bouwfysica

Grote en kleine helderheidsverschillen moeten dus vermeden worden. In officiële stukken kom je het begrip luminantie tegen in plaats van helderheid. Zie Figuur 4 voor een verheldering van de begrippen.



Figuur 4: het verband tussen lichtstroom, verlichtingssterkte en luminantie. De lamp straalt een zekere hoeveelheid licht uit (uitgedrukt in lumen). Het bureau ontvangt hiervan een zekere hoeveelheid licht (uitgedrukt in lux). Een deel van het licht wordt door het bureau geabsorbeerd. Het overige deel wordt weerkaatst. Dit bepaalt de helderheid of luminantie.

## De normen voor verlichting

Voor de verlichting van een ruimte zijn bepaalde normen vastgesteld. Deze zijn vastgelegd door de NEN. NEN staat voor *Nederlands Normalisatie-instituut*. Dit instituut is gevestigd in Delft en stelt technische normen vast op allerlei gebieden. De normen zorgen voor veiligheid, gezondheid en duurzaamheid, thuis en op het werk. De documenten, waarin de normen zijn vastgelegd, zijn grote complexe stukken. Niet echt handig om uit te zoeken. De gegevens die van toepassing zijn op jullie onderzoek, zijn er dan ook al uit gefilterd en kort weergegeven in figuur 5.

Het gaat om gegevens uit NEN 3087 *Visuele ergonomie in relatie tot verlichting* en NEN 1838 *Toegepaste verlichtingstechniek - Noodverlichting*.

Aard van werkzaamheden	Aanbevolen gemiddelde verlichtingssterkte
Oriëntatieverlichting:	
• waarnemen van grote objecten en beweging van personen (opslagruimte, parkeergarage)	50 lx
• waarnemen van zeer grove details en herkenning van personen (gang, trappenhuis, toilet).	100 lx
Werkverlichting:	
• waarnemen van grove details (gymlokaal, constructieruimte, werkmagazijn)	200 lx
• lezen, schrijven en vergelijkbare details en contrasten (leslokaal, kantoor)	400 lx
• waarnemen van kleinere details en zwakkere contrasten (tekenkamer, solderen, printplaten maken, fijn montagewerk).	800 lx
Speciale werkverlichting:	
• waarnemen van zeer fijne details op donkere achtergrond (precisiewerk, kadastraal tekenwerk, fijn inspectiewerk)	1600 lx
• waarnemen aan de grens van het gezichtvermogen (microminiaturisatie, operatietafel).	>3200 lx

Figuur 5: aanbevolen verlichtingssterkte.

### *Helderheidsverschillen en daglichttoetreding*

- De luminantieverhouding van verschillende vlakken binnen het zichtveld dient tussen de 3 en 10 te liggen.
- Elk lokaal heeft daglichttoetreding (toetreding van het daglicht) nodig. Dit kan zowel via een buitenraam als via ramen naar een atrium (een grote omsloten ruimte met veel buitenlicht inval).

### 2. Vraag

Wat moet het uittrede oppervlak van een muurlamp (1000 lm) minimaal zijn in een gang als de aansluitende muur een verlichtingssterkte heeft van 50 lux?

## Onderzoek: licht

In dit hoofdstuk doe je een onderzoek naar het klimaat op school. Dit doe je samen, in een groepje van drie. Iedereen heeft hierin een taak. Voor het volgende onderzoek is degene van het licht verantwoordelijk. Je mag haar/hem natuurlijk wel helpen.



### 3. Opdracht: voldoende licht?

Je leraar heeft jullie groep een bepaalde ruimte op school toegewezen. Gedurende de hele module zijn jullie verantwoordelijk voor onderzoek in deze ruimte.

Beantwoord aan de hand van deze ruimte de volgende onderzoeksvragen.

- Voldoet de ruimte aan de norm voor verlichtingssterkte, helderheidsverhouding en daglicht?
- Kunnen er lampen weggehaald worden? Zo ja, welke?
- Moeten er meer lampen geplaatst worden? Zo ja, waar?



### *Methode*

Voor de metingen heb je ongeveer 1 ½ uur. Is het nodig om op verschillende momenten van de dag te meten? Maak van tevoren een kort meetplan (½ uur). Zie hiervoor de aparte handleiding in bijlage 1 'Een onderzoek uitvoeren? Hoe doe je dat?'

Bij het maken van het meetplan mag er natuurlijk altijd even rondgelopen worden ter oriëntatie.

Voorbeelden van aandachtspunten in je meetplan voor een goed resultaat:

- Wat wil je meten? Waar wil je meten? Hoe wil je meten?
- Meet op steeds dezelfde plaatsen op dezelfde hoogte (bijv. 0,75 m).
- Meet op slimme momenten (planning).
- ....

### *Materiaal*

Voor dit onderzoek heb je een luxmeter nodig.

### *Beroepsinformatie*

Metingen en berekeningen zoals die jullie gaan doen worden ook in de praktijk gedaan. Bij het ontwerp van een gebouw moet er natuurlijk al rekening mee worden gehouden, maar ook de instanties zoals de arbeidsinspectie controleren de werkomgeving. Een beroep waarin dit soort metingen een rol spelen is energietechnisch ingenieur. Hiervoor heb je bijvoorbeeld de opleiding technische natuurkunde (HBO) nodig.



### *Portfolio*

Noteer je bevindingen in je portfolio. Trek voorlopige conclusies ten aanzien van het lichtcomfort in de ruimte die je hebt onderzocht.

## 2.4 Temperatuur

Meneer!!!!!! Ik heb het koud. Mag de verwarming aan?

Mevrouw!!!!!! Het is hier benauwd, ik wil graag het raam open.

Mensen zijn heel gevoelig voor temperatuur. En bij een verkeerde temperatuur is het niet lekker werken. Uit onderzoek is gebleken dat minimaal 5% van de mensen ontevreden is over de ruimte waarin ze vertoeven. Zelfs bij de ideale ruimtetemperatuur. Is het in een theorielokaal meer dan 1,5 °C te warm of te koud, dan vindt 10% het al niet meer behaaglijk.

Elke ruimte heeft een eigen ideale temperatuur die ook nog eens seizoensafhankelijk is.

In dit onderzoek ga jij de temperatuur op een bepaalde plaats in school meten en vergelijken met de norm die voor die plaats geldt. Waar nodig ga je oplossingen aandragen.

## Gevoelstemperatuur

Wanneer je het warm of koud hebt, zegt dat maar deels iets over de actuele temperatuur van die ruimte. In de lente loop je graag zonder jas buiten bij een temperatuur van 17 graden, maar binnen werken met een temperatuur van 17 graden, dat vinden we koud. Eigenlijk horen we ook te spreken van de *gevoelstemperatuur*. Die grootheid zegt iets over de ruimtetemperatuur, de (zonne)straling, luchtsnelheid en luchtvochtigheid. Al die grootheden samen geven aan of wij het fijn vinden in die ruimte.

## Hoe komt de temperatuur tot stand?

De temperatuur heeft te maken met de energetische toestand van een stof. Voeg je energie aan die deeltjes (waaruit die stof bestaat) toe, dan zal de temperatuur stijgen. We spreken dan van *warmtetoevoer*. De toevoer van warmte gebeurt door warmtebronnen: Een voorwerp dat warmer is dan dat waar het warmte aan overbrengt. Voorbeelden zijn de verwarming, een kooktoestel, de zon via lichtstralen, een apparaat dat aan staat. Maar ook de mens! Al deze warmtebronnen zorgen er voor dat een ruimte warmer wordt.

Een ruimte die warm is, gaat echter ook weer warmte afgeven aan zijn omgeving. Meestal is dit direct naar buiten maar kan ook via een koelsysteem gebeuren. Zo'n koelsysteem is niets anders dan een koude stof die warmte ontvangt van de ruimte. Doordat die ruimte warmte afgeeft, daalt de temperatuur.

De verwarming is speciaal bedoeld om een ruimte op de gewenste temperatuur te brengen. Vroeger stonden er kolenkachels in de klaslokalen. Nu heeft elk lokaal *radiatoren*, die aangesloten zijn op een centrale verwarming.

### *Radiator*

Er zijn twee manieren waarop een radiator een vertrek kan verwarmen, namelijk door *straling* en door *convectie*. Door stralingswarmte worden

personen direct verwarmd. Een voordeel is dat minder warmte verloren gaat. Een nadeel is dat het alleen in de directe omgeving warm is, verderop is het kouder. Bij convectiewarmte wordt de warmte aan de lucht in het vertrek afgegeven. Doordat warme lucht opstijgt (en koude lucht daalt) gaat de lucht in het vertrek stromen en wordt het hele vertrek verwarmd.

Het beste is als een radiator beide eigenschappen heeft. Om deze goed te kunnen benutten mogen de radiatoren natuurlijk niet weggestopt zitten achter bijvoorbeeld tafels of kasten.

## De norm

Voor gebouwen gelden de temperatuurnormen zoals weergegeven in figuur 6.

Als voorbeeld: een theorielokaal waar het in de winter 1,5 graden warmer is dan 21,0 graden, is te warm en is het 1,5 kouder dan die 21,0 graden, dan is het er te koud.

Ruimte	Winter [°C]	Zomer [°C]
Theorie lokaal / kantoor	21,0 ± 1,5	23,5 ± 1,5
Practicumlokaal	19,5 ± 2,5	22,0 ± 2,5
Werkplaats	18,5 ± 3,5	20,5 ± 3,5
Sportruimte	18,0 ± 2,5	20,0 ± 3,5
Gang	18,5 ± 3,5	20,5 ± 3,5
Toilet	18,5 ± 3,5	20,5 ± 3,5
Kantine	18,5 ± 3,5	20,5 ± 3,5

Figuur 6: temperatuurnormen.

Een lokaal waar theorie en practica gegeven wordt, moet beschouwd worden als theorielokaal.

## Warme lokalen

Lokalen met in de zomer een te hoge temperatuur. Je kan ze vast zo opnoemen. Computerlokalen staan met stip op nummer 1. Dit is ook zeker logisch want al die computers staan dag in dag uit aan warmte te produceren. Hoeveel warmte dat precies is, zul je in hoofdstuk 6 te weten komen maar per stuk is het ongeveer vergelijkbaar met 3 werkende mensen.

De temperatuur van een lokaal kan als te hoog worden bestempeld wanneer het de norm uit figuur 6 overschrijdt.

## Onderzoek: temperatuur

In dit hoofdstuk doe je een onderzoek naar het klimaat op school. Dit doe je samen in een groepje van drie. Iedereen heeft hierin een taak. Voor het volgende onderzoek is degene van de temperatuur verantwoordelijk. Je mag haar/hem natuurlijk wel helpen.



#### 4. Opdracht: temperatuur goed?

Verricht temperatuurmetingen in de aan jullie toegewezen ruimte.

Beantwoord de volgende vragen:

- Voldoet de ruimte aan de boven beschreven temperatuurnorm (let op, deze meting geeft geen beeld over het volledige jaar, geef dit aan in het verslag)?
- Wat vinden jullie en de andere leerlingen van de temperatuur in deze ruimte?
- Zijn er geen radiatoren weg gestopt?
- Kan de verwarming (of koeling) ook een stand lager? Hoe zou het zijn met een radiator dicht?

#### *Methode*

Voor de metingen heb je ongeveer 1 ½ uur. Maak van tevoren een kort meetplan (½ uur). Zie hiervoor de aparte handleiding in bijlage 1 'Een onderzoek uitvoeren? Hoe doe je dat?'.

Bij het maken van het meetplan mag er natuurlijk altijd even rond gelopen worden ter oriëntatie.

Voorbeelden van aandachtspunten in je meetplan voor een goed resultaat:

- Wat wil je meten? Waar wil je meten? Hoe wil je meten?
- Maak gebruik van aanwezige infrastructuur (o.a. aantal personen).
- Meet op steeds dezelfde plaatsen op dezelfde hoogte (bijv. 0,75 m).
- Meet op slimme momenten (planning).
- ....

#### *Materiaal*

Voor dit onderzoek heb je een thermometer nodig.



#### *Portfolio*

Noteer je bevindingen in je portfolio. Trek voorlopige conclusies ten aanzien van het warmtecomfort in de ruimte die je hebt onderzocht.

## 2.5 Luchtkwaliteit en ventilatie

Wanneer er niet geventileerd wordt, gaat het stinken en kun je onwel worden. Dit gegeven geeft aan in hoeverre een goede ventilatie belangrijk is.

In scholen merk je vaak dat er niet voldoende geventileerd wordt. Lokalen ruiken muf, leerlingen gapen en de concentratie is na een tijdje ook ver te zoeken. Ramen worden opengedaan maar ja, dan begint er weer iemand te klagen over tocht en gaat er een boel warmte verloren. Vaak zijn de klachten over ventileren wel bekend maar wordt er niets mee gedaan. Met de metingen uit dit onderzoek hebben jullie een krachtig instrument in handen om de schoolleiding tot een goed ventilatiebeleid aan te zetten.



## Acceptabele lucht kwaliteit

De American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) stelt richtlijnen op het gebied van het binnenklimaat. Over een acceptabele luchtkwaliteit staat in de 'ASHRAE standard 62-1989' norm:

'Lucht waarin geen bekende verontreinigingen aanwezig zijn in schadelijke concentraties, zoals vastgesteld door bevoegde autoriteiten, en waarbij de overgrote meerderheid van de blootgestelde personen (80% of meer) geen ontevredenheid tot uitdrukking brengt.'

## Samenstelling van lucht

*Lucht* is een mengsel van verschillende gassen. Stikstof, zuurstof, argon en koolstofdioxide vormen samen 99,99% van de massa. Naast deze gassen kan de lucht verschillende chemische en biologische verontreinigingen bevatten. Deze verontreinigingen, die in verschillende vormen kunnen voorkomen, zijn van een aantal bronnen afkomstig zoals de bodem, de buitenlucht, bouwmaterialen, meubilair en stoffering, activiteiten en processen in een gebouw, mensen en dieren en de klimaatinstallatie.

## Invloed van de mens

Mensen halen de nodige zuurstof uit de lucht via de ademhaling. In rust bedraagt de volumestroom van de ademhaling 0,3 tot 0,5 m<sup>3</sup> per uur. Bij een grote lichamelijke inspanning kan deze volumestroom stijgen tot meer dan 3 m<sup>3</sup> per uur.

Het verschil tussen het zuurstofgehalte van de ingeademde lucht en dat van de uitgeademde lucht bedraagt circa 5% (resp. 21% en 16%). Met de ingeademde zuurstof maken mensen koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>). Het koolstofdioxidegehalte van de uitgeademde lucht bedraagt circa 4% en is daarmee ongeveer een factor 100 groter dan dat van de ingeademde lucht. Ademhalingsproblemen treden op wanneer de lucht minder dan 12% zuurstof bevat. Bij een percentage van 7% treedt bewusteloosheid op. Deze percentages komen praktisch niet voor.

### 2. Rekenvoorbeeld: zuurstofverbruik

Stel een persoon zit in een ruimte van 10 m<sup>3</sup>. Dat is een kamertje van 2 bij 2 en 2,5 meter hoog. De kamer bevat 10.000 L lucht en er is geen ventilatie. De persoon is in rust en heeft een normale ademhaling.

Per keer ademt hij 0,5 L lucht in. 21 % hiervan is zuurstof. Dat is 0,11 L.

Per keer ademt hij ook 0,5 L lucht uit. Hiervan is 16 % zuurstof, ofwel 0,08 L.

Per ademhaling haalt hij 0,11 - 0,08 = 0,03 L zuurstof uit de ingeademde lucht.

De ademprequentie is 15 maal per minuut. Stel dat de hoeveelheid zuurstof die de persoon uit de lucht haalt constant blijft. Dan haalt hij in 1 minuut 15 x 0,03 = 0,45 L zuurstof uit de lucht.

Dat is per uur 60 x 0,45 = 27 L en per 20 uur 20 x 27 = 540 L zuurstof.

In 10.000 L lucht zit onder normale omstandigheden 21 % zuurstof. Dat is dus 2100 L.  
Na 20 uur ademen is hier 540 L zuurstof vanaf gegaan.  
Je houdt dus over  $2100 - 540 = 1560$  L aan zuurstof. Dat is 15,6 % van de aanwezige lucht.

Bij een luchthoeveelheid van  $10 \text{ m}^3$  (= 10.000 L) per persoon in rust, bij afwezigheid van ventilatie, is het percentage zuurstof na 20 uur nog altijd bijna 16%. Een gebrek aan zuurstof is dus niet de reden dat er een ongezond binnenklimaat ontstaat en ventilatie nodig is.

#### 5. Vraag: raam dicht?

Ga na hoeveel zuurstof er nog over is na 50 minuten les in het lokaal waar je nu in zit. Ga ervan uit dat er geen ventilatie is en dat alle leerlingen en ook de leraar normaal ademhalen.

Is zuurstofgebrek in dit geval een reden om een raam open te doen? Ga er van uit dat het zuurstofpercentage aan het begin van het lesuur 21% is.

### Hygiënische grenswaarde

De  $\text{CO}_2$ -concentratie is pas bij relatief hoge concentraties schadelijk. Om vast te stellen hoe hoog die concentratie mag zijn wordt de MAC-waarde gebruikt. MAC staat voor *Maximaal Aanvaardbare Concentratie*. In Nederland worden de MAC-waarden vastgesteld door het Ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid. Het is de maximale concentratie van een damp, gas of nevel of stof in de lucht op de werkplek, die bij inademing gedurende de arbeidsperiode in het algemeen geen nadelige gevolgen heeft op de gezondheid van de werknemers en hun nageslacht. De MAC-waarde wordt uitgedrukt in parts per million ofwel ppm. Het geeft een verhouding aan van 1 op 1000.000. (Een promille heeft een verhouding van 1 op 1000 en een procent van 1 op 100). Een  $\text{CO}_2$ -concentratie van 1 ppm betekent dus dat er 1 molecuul  $\text{CO}_2$  aanwezig is op 999.999 andere gasdeeltjes. Wanneer het om lage concentraties gaat, is het handig om gebruik te maken van ppm, bij hogere concentraties gebruiken we procenten.

De MAC-waarde voor koolstofdioxide bedraagt 5000 ppm ofwel 0,5%. De  $\text{CO}_2$ -productie van de mens verloopt parallel met de productie van geurstoffen door de mens. Daarom is het gehalte  $\text{CO}_2$  een indicator voor de kwaliteit van de lucht. De lucht heet onfris als de  $\text{CO}_2$ -concentratie hoger is dan 1000 ppm. Deze waarde heet de *hygiënische grenswaarde*. In klaslokalen komen  $\text{CO}_2$ -concentraties voor van boven de 3000 ppm. Dit is drie maal de waarde die in een loopstal of gevangenis toelaatbaar is!

### 3. Rekenvoorbeeld: hygiënische grenswaarde

Net zoals we kunnen berekenen hoeveel een persoon in een kamer van  $10 \text{ m}^3$  verbruikt aan zuurstof, zo kunnen we ook berekenen hoeveel hij produceert aan koolstofdioxide.

In elke 500 mL die hij inademt zit 0,04 %  $\text{CO}_2$ . Dit is 0,2 mL.

Hij ademt 100 maal zoveel aan  $\text{CO}_2$  uit. Dit is 20 mL.

Hij geeft dus per ademhaling  $20 - 0,2 = 19,8$  mL aan  $\text{CO}_2$  af.

Per minuut is dat  $15 \times 19,8 = 297$  mL.

Per uur is dat  $60 \times 297 = 17.820$  mL = 17,8 L.

In 10.000 L lucht zit normaliter  $0,004 \times 10.000 = 4$  L  $\text{CO}_2$ .

Na 1 uur ademen is dat  $17,8 + 4 = 21,8$  L  $\text{CO}_2$ .

21,8 L is 0,218 % van 10.000 L. Dit is 2180 ppm.

De hygiënische grenswaarde(1000 ppm) is na een uur al geruime tijd overschreden.

#### 6. Vraag: raam open?

Ga na hoeveel koolstofdioxide er is na 50 minuten les in het lokaal waar je nu in zit. Ga ervan uit dat er geen ventilatie is en dat alle leerlingen en ook de leraar normaal ademen.

Is de koolstofdioxideconcentratie in dit geval een reden om een raam open te doen? Ga er van uit dat de koolstofdioxideconcentratie aan het begin van het lesuur 0,04% is.

### Ventilatiebehoefte

Op basis van de hygiënische grenswaarde komt men tot een benodigde ventilatiehoeveelheid van tenminste  $7\text{dm}^3/\text{s}$  ( $25\text{m}^3/\text{h}$ ) per persoon. De genoemde waarde moet worden beschouwd als een minimum vereiste ventilatie bij langdurig verblijf in een ruimte.

### De norm

Helaas is er op dit moment nog geen norm die stelt dat een lokaal een bepaalde luchtkwaliteit moet hebben. Wel moet er een bepaalde hoeveelheid ventilatiecapaciteit aanwezig zijn. Vaak is gekozen voor ventilatieroosters of ramen die open kunnen. Bij deze ventilatievoorziening wordt er van uit gegaan dat de lucht door de verwarming onder de ventilatie voorverwarmd wordt. Vanwege het grote aantal leerlingen, staan de radiators vaak uit. Hierdoor wordt de koude ventilatielucht niet voorverwarmd. Koude tocht is het gevolg, waardoor er geen gebruik gemaakt wordt van deze ventilatievoorziening. En zo komt het dat klaslokalen verschrikkelijk stinken en er een luchtkwaliteit heerst die in een loopstal op de boerderij of gevangenis niet toelaatbaar is. Op dit moment wordt er gewerkt aan een goede norm. Deze zal wél regelgeving bevatten omtrent de luchtkwaliteit. Door verschillende instanties wordt een streefwaarde van 800 ppm voorgesteld en een hogere concentratie dan 1400 ppm is onacceptabel.

## Ventilatie van een gebouw

Een goede luchtkwaliteit krijg je door te ventileren. Hiervoor zijn 4 verschillende principes gedefinieerd:

- *Natuurlijke ventilatie* is de meest eenvoudige ventilatie die er is. Ramen, kieren en spleten doen dienst om verse lucht toe te voeren en vuile lucht af te voeren. Scholen die geventileerd worden middels natuurlijke ventilatie, zullen het meest last hebben van een slechte luchtkwaliteit. Reden is dat ramen dicht worden gehouden om tochten te voorkomen.
- Bij *mechanische toevoer* wordt er via een (centrale) ventilator verse lucht van buiten naar binnen geblazen. Er bevinden zich daardoor meer luchtdeeltjes in de ruimte dan er buiten. Dat niveau wil zich vereffenen en daardoor stroomt er, via kieren en spleten in de gevel, een luchtstroom naar buiten. Een systeem met voldoende capaciteit zorgt voor een frisse lucht in het lokaal.
- *Mechanische afvoer* is feitelijk het omgekeerde van mechanische toevoer en zorgt er voor de ruimte in onderdruk komt te staan zodat er verse lucht naar binnen wordt gezogen. Het systeem wordt vooral gebruikt om vieze geurtjes van de keuken en het toilet en vochtige lucht uit de douche weg te zuigen.
- Wil je een echt goed gecontroleerde ventilatiestroom hebben, dan gebruik je *gebalanceerde ventilatie*. Zowel toevoer als de afvoer gebeurt via kanalen met een ventilator in beide kanalen die de luchthoeveelheid stuurt. Dit systeem wordt tegenwoordig vooral gebruikt in combinatie met warmte terugwinning (komt in hoofdstuk 6 aan bod), maar ook laboratoria waar de luchtcondities erg belangrijk zijn, wordt het toegepast.

## Onderzoek: luchtkwaliteit

In dit hoofdstuk doe je een onderzoek naar het klimaat op school. Dit doe je samen in een groepje van drie. Iedereen heeft hierin een taak. Voor het volgende onderzoek is degene van de ventilatie en de apparatuur verantwoordelijk. Je mag haar/hem natuurlijk wel helpen.



### 7. Opdracht: ventilatie goed?

Beantwoord de volgende onderzoeksvragen voor het lokaal, dat jullie toegewezen is.

- Ruikt het fris of onfris?
- Wat is de luchtkwaliteit (CO<sub>2</sub>-concentratie) op verschillende momenten van de dag? Geef ook aan waar en wanneer de richtwaarde en uiterste waarde worden overschreden.
- Wat voor ventilatieprincipe is er in dit lokaal?

- d. Wat is de stand van de ventilatie? Hiermee wordt het aantal vierkante meter geopende raam bedoeld en de tijdsduur, de deur die gedurende een lange periode open staat, ventilatieroosters die wel of geen lucht inblazen, enz.
- e. Als de luchtkwaliteit niet voldoende was, hoe kan dat met de bestaande spullen beter opgelost worden? Adviseer je de school een ander ventilatieprincipe?

#### *Methode*

Voor de metingen heb je ongeveer 1 ½ uur. Maak van tevoren een kort meetplan (½ uur) Zie hiervoor de aparte handleiding in bijlage 1 ‘Een onderzoek uitvoeren? Hoe doe je dat?’.

Bij het maken van het meetplan mag er natuurlijk altijd even rondgelopen worden ter oriëntatie.

Voorbeelden van aandachtspunten in je meetplan voor een goed resultaat:

- Wat wil je meten? Waar wil je meten? Hoe wil je meten?
- Maak gebruik van aanwezige infrastructuur (o.a. aantal personen).
- Meet op steeds dezelfde plaatsen op dezelfde hoogte (bijv. 0,75 m).
- Meet op slimme momenten (planning).
- ....

#### *Materiaal*

Voor dit onderzoek heb je een CO<sub>2</sub> sensor nodig.



#### *Portfolio*

Noteer je bevindingen in je portfolio. Trek voorlopige conclusies ten aanzien van de mate van ventilatie in de ruimte die je hebt onderzocht.

## 2.6 Portfolio Conclusie

Bespreek met elkaar de voorlopige conclusies ten aanzien van het comfort in de klas voor de hoeveelheid licht, de temperatuur en de mate van ventilatie. Trek samen een eindconclusie en noteer deze in je portfolio. Later heb je dit nodig voor de eindopdracht.



# 3 Energiegebruik

## 3.1 Inleiding

In de volgende regels stelt HET een bepaald woord voor:

Miljarden jaren treffen atoomkernen elkaar in het binnenste van de zon. Dat gaat vanwege de hoge temperaturen nogal heftig. Telkens bij een fusie (= samengaan van atoomkernen) komt HET (turkoois) vrij. Dan wurmt HET (geel) zich naar de buitenkant van de zon en maakt HET (geel) in de vorm van licht een reisje van acht minuten door een lege ruimte naar de aarde.

Lang geleden nagelde HET (geel) de koolstof van een molecuul koolstofdioxide uit de lucht vast in een groene alg. HET (paars) was opgesloten in de innige verbondenheid van het koolstofatoom met andere atomen in die alg.

Algen gaan ook ooit dood en zakken naar de zeebodem. Dat gaat zo miljoenen jaren lang door. Door opeenhoping en samendrukken ontstaat olie. Daarin zit HET (paars) verstopt in lange ketens van moleculen. Aardolie oppompen gebeurt al 150 jaar. Raffinaderijen breken de lange ketens van de olie en verdelen HET (paars) over allerlei kleine moleculen in benzine. Komt de benzine in een auto terecht dan is HET (groen) even later verstopt in de snelheid van de auto.

Tegenwoordig laat HET (geel) zich gastvrij opvangen door een zonnecel. Vandaar reist HET (rood) als een elektrische stroom mee naar een computer, lamp of de motor van een wasmachine.

### 8. Opdracht: wat is HET?

Energie kan vele gedaantes, *energievormen*, aannemen. Met HET in de speurcase *Wat is HET?* wordt steeds één van de energievormen bedoeld. Welke energievormen worden met de verschillende kleuren bedoeld?

In hoofdstuk 2 heb je onderzocht of het binnenklimaat bij jou op school in orde is. Het handhaven van dat binnenklimaat kost energie. Dat kan zijn de lichtenergie, die een lamp uitstraalt, de warmte-energie van de radiator, de bewegingsenergie van een ventilator of de elektrische energie van een pc. Voor je over de juiste energievorm kunt beschikken, is eerst een aantal energieomzettingen nodig geweest. Bij elke energieomzetting gaat energie verloren. Daarover gaat paragraaf 3.2.

Hoe meer energie bij het verbruik door een apparaat wordt omgezet in warmte, hoe lager het rendement. In paragraaf 3.3 zullen we het rendement van enkele producten bespreken. Je kunt dan ook berekenen

hoeveel energie het kost om het binnenklimaat bij jouw op school te handhaven en hoeveel energie daarbij verloren gaat.

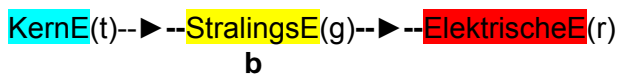
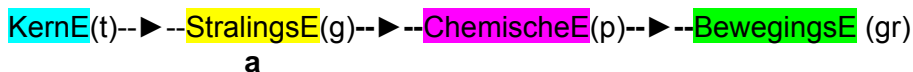
*Na dit hoofdstuk kun je*

- met een blokschema energieomzettingen aangeven
- aangeven wat je met energie kan doen
- berekeningen uitvoeren met energie (in kWh en J) en vermogen (in W = J/s)
- rendementberekeningen uitvoeren van energieomzettingen
- bepalen wat het energiegebruik is van apparaten.

## 3.2 Energie

Het meeste van deze paragraaf heb je al gehad in de onderbouw. We halen het nog even op.

In de blokschema's van Figuur 7 zijn de verschillende energievormen steeds met een andere kleur aangegeven. De kleuren komen overeen met de kleuren in opdracht 8.



*Figuur 7: omzettingen van energie;*

*a. - voor de bewegingsenergie kun je bijvoorbeeld aan een auto denken. Warmte die hierbij ontstaat, is niet aangegeven.*

*b. - van kernenergie (zon) naar elektrische energie (zonnecel).*

De omzettingen van energie kunnen ook een andere route volgen. Het kan ook gebeuren dat door verschillen in de opgenomen stralingsenergie het gaat waaien. Met wind kun je een turbine aandrijven en zo bewegingsenergie (van de wind) omzetten in elektrische energie.

De energievorm aan het begin van een reeks van omzettingen heet *primaire energievorm*. De plek waaruit primaire energie komt, is de *energiebron*. In feite begint elke reeks met de zon als energiebron. In de praktijk start men elke reeks op aarde. De chemische energie van fossiele brandstoffen, zonne-energie (van zonnecellen en zonnecollectoren) en windenergie (opgewekt met turbines) zijn dan primaire energievormen.

### Wat kun je met energie?

Je komt er pas goed achter wat energie betekent wanneer je in een situatie komt dat je niet over een bron beschikt waaruit je energie kunt halen. Stroomstoringen maken het lastig om je manier van leven vol te houden. Dat is natuurlijk ook zo, als er geen eten is. Samengevat (de volgende lijst is verre van volledig!):

*Met energie kun je de volgende activiteiten verrichten:*

- voorwerpen in beweging brengen
- communiceren met radio, tv, (mobiele) telefoon en internet
- warmte maken
- met machines werk verrichten, zoals (af-)wassen, vracht ophijsen en andere fysieke werkzaamheden.

Bij veel activiteiten gebruik je elektrische energie. Dat komt doordat elektrische energie vrij gemakkelijk in bijna elke gewenste energievorm om te zetten is.

Er is ook energie nodig om te kunnen leven. In je eigen lichaam zijn triljoenen cellen (in totaal zijn dat er ca.  $10^{18}$ ) in de weer om chemische energie van voedsel om te zetten in chemische energie in spieren en op andere plaatsen. Het hart, de longen, het hele bewegingsapparaat verrichten hun taken dankzij de chemische energie uit voedsel.

De grootte van energie geef je aan met het symbool  $E$ . Als eenheid van energie dient de joule (J). Wanneer je met een kracht van 1 N iets over een afstand van 1 m verplaatst (en de warmteontwikkeling daarbij verwaarloost) verlies je daarmee 1 J chemische energie uit je lichaam. Andere eenheden voor energie zijn:

- het kilowattuur (kWh), gehanteerd door elektriciteitsbedrijven: 1 kWh =  $3,6 \cdot 10^6$  J (binas tabel 6)
- het Ton of Oil Equivalent, gehanteerd in de internationale brandstoffenhandel: 1 toe =  $41,868 \cdot 10^9$  J.

Apparaten zetten energie om. De hoeveelheid energie die op dat moment (in die seconde) omgezet wordt heet het vermogen. Het vermogen is dus de energiehoeveelheid die per seconde wordt omgezet. Deze grootte geef je aan met het symbool  $P$  (Engels: power) en de eenheid is W (watt). 1 watt = 1 Joule/sec. Er geldt dus:

$$P = \frac{E}{t} \text{ en dus ook } E = P \times t \quad (2)$$

waarin:

- $P$  = het vermogen in watt (W)
- $E$  = de energie in joule (J)
- $T$  = de tijd in seconden (s).

Aan de formules zie je ook dat:  $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ s}$   
en dat  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ .

En voor de niet-SI-eenheid:  $1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h}$ .



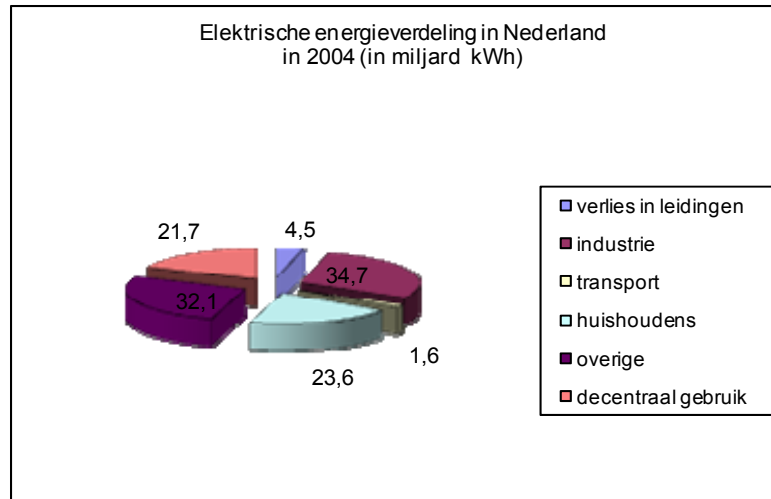
#### 4. Rekenvoorbeeld: Hoeveel elektrische energie gebruikt de CV-pomp?

Een pomp van de CV (40 W) die dag en nacht aanstaat, verbruikt per jaar:

$$E = P \times t = 40 \text{ W} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 1,26 \cdot 10^9 \text{ J} \text{ of tewel}$$

$$E = P \times t = 0,040 \text{ kW} \times 365 \times 24 \text{ h} = 350 \text{ kWh.}$$

Bij een tarief van € 0,20/kWh kost dat € 70,00.



Figuur 8: elektrische energieverdeling Nederland 2004; (decentraal gebruik = niet direct afkomstig van de elektriciteitscentrales.)

In een welvarend land hebben we behoefte aan nogal wat goederen en diensten (zoals verkeer en vakantie). Om die behoefte te vervullen, gebruiken we heel veel energie (zie Figuur 8). Ook de bedrijven in ons land slokken samen heel wat energie op. Enkele voorbeelden:

- Het maken van 1 kg staal uit de ruwe grondstof (erts) kost 30 MJ, voor aluminium is dat zelfs 154 MJ ( $1 \text{ MJ} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ J}$ ).
- In het bouwen van een huis gaat al gauw  $10^{12} \text{ J}$  aan energie zitten. Dat staat gelijk aan zestig jaar elektrische energiegebruik van een gezin!

#### 9. Opdracht: wat kost douchen per jaar?

Een douchebeurt van Leonie duurt 11 minuten; de doorstromingsnelheid van de gebruikte douchekop is 10 L per 55 s. Om lekker te kunnen douchen moet het water wel van  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  verwarmd worden naar een meer comfortabele  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Voordat je begint met rekenen, moet je de betekenis van en aantal termen kennen.

- a. Zoek uit wat de term *soortelijke warmte* inhoudt.
- b. De *verbrandingswaarde* van een brandstof wordt gedefinieerd als de warmtehoeveelheid die vrijkomt bij volledige verbranding van 1 kg van een vaste stof, vloeistof of gas, met inbegrip van de *condensatiewarmte* van de bij verbranding gevormde waterdamp. Als je de condensatiewarmte van het water aftrekt van de

verbrandingswarmte, krijg je de *stookwaarde*. Moderne ketels maken gebruik van de condensatiewarmte doordat de waterdamp in deze ketels condenseert. Leg uit wat condensatiewarmte inhoudt.

- c. Van welk begrip wordt in Binas (tabel 28) gebruik gemaakt: verbrandingswaarde of stookwaarde?
- d. Bereken hoeveel energie één douchebeurt kost (opmerking: uiteraard is dit niet het gehele plaatje en is het echte proces veel ingewikkelder).  
Gebruik de soortelijke warmte  $c$  van water (Binas tabel 11) en de formule (Binas tabel 35):

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (3)$$

waarin:

- $Q$  = de benodigde warmte in joule (J)
  - $C$  = de soortelijke warmte in joule per kilogram kelvin (J/kg·K)
  - $m$  = de massa in kilogrammen (kg)
  - $\Delta T$  = de gewenste stijging in temperatuur in kelvin (K).
- e. Bepaal hoeveel m<sup>3</sup> aardgas je hiervoor nodig hebt. Gebruik *Binas* tabel 28.  
1 m<sup>3</sup> aardgas voor de particulier kostte in 2007 € 0,33.
- f. Bereken wat dit dagelijks douchen op jaarbasis kost.

### Portfolio

Noteer de uitwerkingen van de vragen en opdrachten in je portfolio.

## 3.3 Rendement

In paragraaf 3.2 heb je gelezen, dat de bewegingsenergie van de wind door een turbine omgezet wordt in elektrische energie. Niet alle toegevoerde windenergie van een windturbine wordt omgezet in nuttige elektrische energie: er ontstaat ook warmte, zie Figuur 9. (In voorgaande is de warmte die op verschillende plaatsen ontstaat niet aangegeven).



Figuur 9: het rendement schematisch weergegeven.

De verhouding tussen de nuttige energie en de toegevoerde energie heet het *rendement* van de turbine. Het rendement wordt weergegeven met de Griekse letter  $\eta$  (spreek uit: êta) en het is een getal zonder eenheid. Vaak wordt het uitgedrukt in procenten. Warmte die ontstaat en niet wordt benut, verkleint het rendement.

In formule:

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{toegevoerd}}} (\times 100\%) \quad (4)$$

waarin:

- $\eta$  = het rendement zonder eenheid
- $E_{\text{nuttig}}$  = de nuttige energie in joule (J)
- $E_{\text{toegevoerd}}$  = de toegevoerde energie in joule (J).

### 5. Rekenvoorbeeld: Hoeveel elektrische energie kost brood snijden?

Stel dat voor het snijden van één snee brood  $3,7 \cdot 10^2$  J nodig is. Hoeveel elektrische energie is nodig om dit met een elektrisch broodmes ( $\eta = 60\%$ ) te doen?

Dit bereken je als volgt:

Het apparaat heeft  $\eta = 60\%$  en de nuttige energie dient  $3,7 \cdot 10^2$  J te zijn.

(het antwoord hoort in twee significante cijfers).

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{toegevoerd}}} (\times 100\%) \\ \rightarrow 0,60 &= \frac{3,7 \cdot 10^2}{E_{\text{toegevoerd}}} \\ \rightarrow E_{\text{toegevoerd}} &= \frac{3,7 \cdot 10^2}{0,60} = 6,2 \cdot 10^2 \text{ J} \end{aligned}$$

Zoals je in rekenvoorbeeld 5 ziet, hebben elektrische apparaten ook een rendement en verliezen dus energie als je ze gebruikt. Die energie is niet zo maar weg natuurlijk. Iedereen weet dat je een gloeilamp die een tijd heeft staan branden, niet zo maar moet aanraken. Hij is namelijk heel erg heet. Toch gaan we niet ons huis verwarmen door de lampen aan te doen. Daar zijn lampen niet voor. De warmte die vrijkomt, is dus verloren energie. Het licht dat de lamp uitzendt noemen we de nuttige energie.

### 10. Vraag

De ketel van opdracht 9 heeft voor tapwater een rendement van 40%. Hoeveel  $\text{m}^3$  aardgas is nu opeens nodig voor de zelfde douchebeurt?

## 3.4 Licht

Gewoonlijk wordt het rendement van elektrische apparaten berekend door het *nuttig vermogen* te delen door het *toegevoerd vermogen*.

Voor een lamp geldt:

Toegevoerde energie (elektriciteit) = nuttige energie (licht) + verliesenergie (warmte).

En aangezien het vermogen de hoeveelheid energie per seconde is, geldt dus ook:

Toegevoerd vermogen (elektriciteit) = nuttig vermogen (licht per tijdseenheid) + verliesvermogen (warmte per tijdseenheid), ofwel  $P_{toegevoerd}$   
 $= P_{nuttig} + P_{verlies}$

Door het nuttig vermogen te delen door het toegevoerde vermogen krijg je het rendement:

$$\eta = \frac{P_{nuttig}}{P_{toegevoerd}} \quad (5)$$

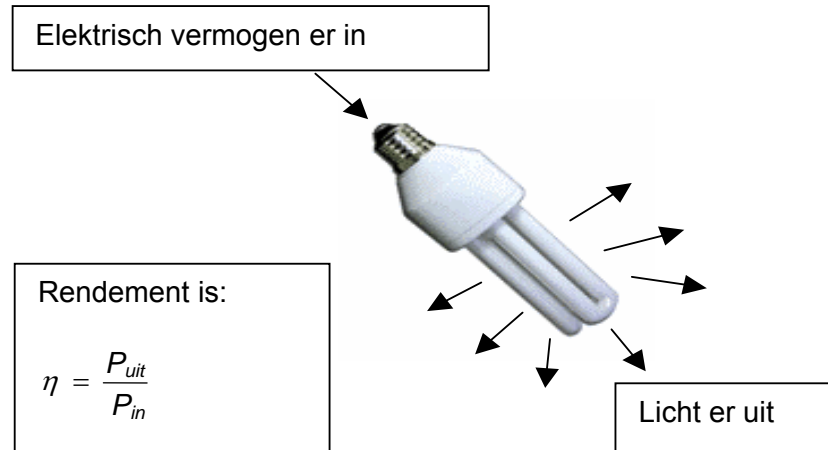
waarin:

- $\eta$  = het rendement zonder eenheid
- $P_{nuttig}$  = het nuttige vermogen in watt (W)
- $P_{toegevoerd}$  = het toegevoerde vermogen in watt (W).

Hieruit blijkt dus, dat ook de lichtstroom een soort vermogen is. Licht is namelijk een vorm van *energie*. Licht per tijdseenheid (de lichtstroom) is dus vermogen. Er komt dus een *vermogen* aan licht uit de lamp.

In de verlichtingskunde wordt echter een andere afspraak voor rendement gehanteerd. Dat komt doordat voor het goed kunnen zien het aantal lumen bepalend is en niet het nuttig vermogen (zie 6. Informatieblok: van watt naar lumen).

Op elke lamp staat het elektrisch vermogen  $P$  vermeld. Dat is de elektrische energie die per seconde de lamp in gaat. Deze wordt uitgedrukt in de eenheid watt (W). De hoeveelheid licht die per seconde uit de lamp komt, de *lichtstroom*, geef je aan in de eenheid lm (lumen). Om je enig idee te geven van die eenheid lumen: een spaarlamp van 10 W heeft een lichtstroom van ongeveer 600 lm en een gloeilamp van 40 W levert 400 lm.



Figuur 10: het rendement van een lamp.

Zoals weergegeven in figuur 10 wordt het lichtrendement berekend door:

$$\eta = \frac{P_{uit}}{P_{in}} \quad (6)$$

waarin:

- $\eta$  = het lichtrendement in lumen per watt (lm/W)
- $P_{uit}$  = de lichtstroom in lumen (lm)
- $P_{in}$  = het elektrisch vermogen in watt (W).

Je kunt aan de eenheid in de uitkomst van een rendement zien met welk van de twee rendementen je te maken hebt:

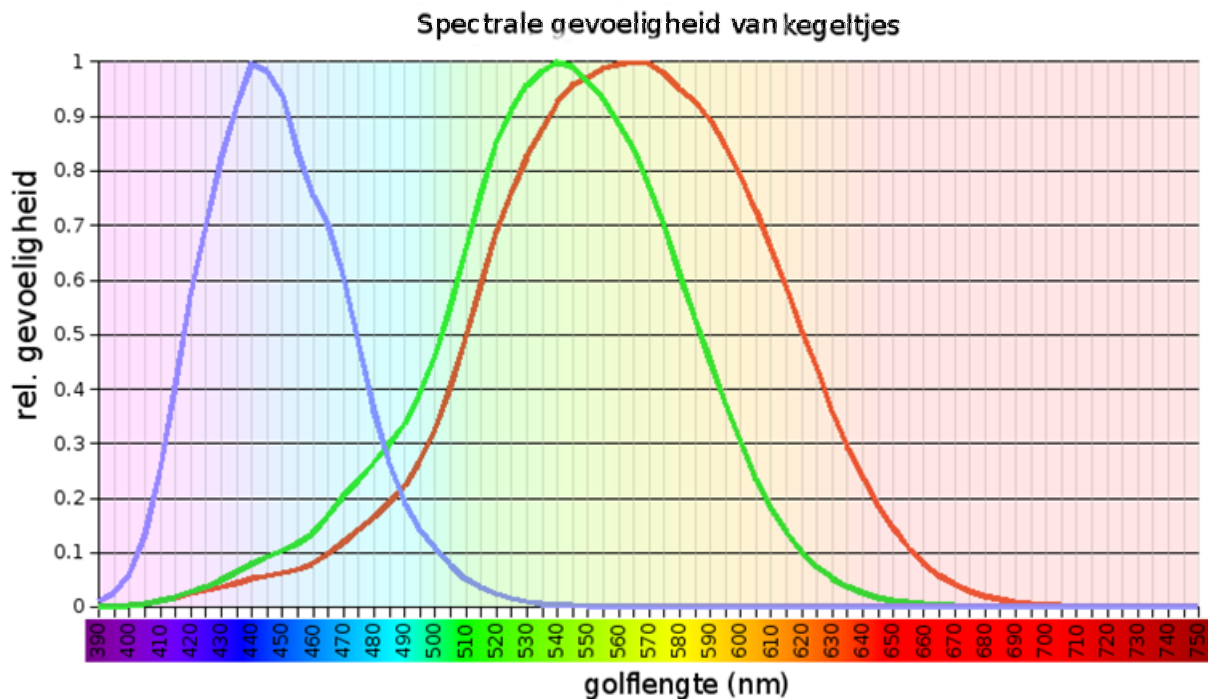
- staat er lm / W achter dan heb je te maken met een lichtrendement
- staat er geen eenheid (of procent) achter dan heb je het nuttig vermogen gedeeld door het ingaand vermogen.

### 11. Vraag

Wat is het lichtrendement van een lamp die 400 lm levert en een elektriciteitsverbruik heeft van 10 watt?

### 6. Informatieblok: van watt naar lumen

Een lamp gebruikt elektriciteit en zendt licht uit. Het rendement van de lamp is dan ook lichthoeveelheid delen door opgenomen elektrisch vermogen. Maar wat is nu de lichthoeveelheid bij een lamp die een bonte verzameling van kleuren (wit licht) uitzendt als ons oog niet al die kleuren in de zelfde sterkte waarneemt? Hiervoor is de eenheid lumen bedacht. De lichtgevoeligheid van het oog is niet voor alle kleuren even groot. In het oog zitten 3 sensoren (kegeltjes genaamd) die ieder voor een deel van het kleurspectrum gevoelig zijn. In Figuur 11 zie je die gevoeligheid afgebeeld.



Figuur 11: er zijn drie soorten kegeltjes, ieder met zijn eigen absorptiespectrum.

Wordt een golflengte door meerdere sensoren opgevangen, dan is de uitslag bij elkaar op te tellen. Op die manier is voor elke golflengte de gevoeligheid van ons oog te bepalen. Zo hebben we de grootste gevoeligheid bij min of meer gelig licht (550 nm)

Het doel van een lamp is de mens zicht geven. Veel zicht per watt duidt dan ook op een goed rendement. Een lamp die een golflengte uitzendt die onze ogen niet waar kunnen nemen, heeft als lichtbron geen nut. Corrigeer je de opbrengst voor de gevoeligheid van het oog, dan zal er voor die onzichtbare golflengte geen opbrengst aangeduid worden. Bij de eenheid lumen is die correctie toegepast.

Licht met een golflengte van 550 nm met een nuttig vermogen (dat wat de lamp uit zendt en je ziet) van 1 W, levert 683 lm op. Bij rood licht (zie Figuur 11) blijft daar nog maar 10% van over.

Nemen we een gloeilamp dat een nuttig vermogen heeft van 1 W, dan wordt er ongeveer 228 lm uitgezonden (één derde van het vermogen dat puur gelig licht van 1 W afgeeft). Zo'n gloeilamp, die 1 W aan nuttig vermogen uitzendt, heeft voor die ene Watt 20 Watt aan elektriciteit nodig. het rendement van die lamp is dus  $\frac{1 \text{ W}}{20 \text{ W}}$  of  $\frac{228 \text{ lm}}{20 \text{ W}}$ .

De reden om de lichtstroom op een andere manier te definiëren - in lumen en niet in watt -, is de gevoeligheid van ons oog. De lichtstroom is dus een voor het oog gecorrigeerd vermogen.

Er zijn tegenwoordig veel verschillende typen lampen. In huis en op het werk kom je meestal een spaarlamp, gloeilamp, halogeenlamp, tl-buis, of led-verlichting tegen. Hierbij is de led nog sterk in ontwikkeling en wordt nog niet veel gebruikt.

Het rendement is voor elk type lamp verschillend. In Figuur 12 zie je voor een aantal typen lampen het rendement en de levensduur.

Soort lamp	Rendement [lm/W]	Branduren [x1000h]
Gloeilamp	6 - 19	1,0 - 3,5
Halogeenlamp	12 - 25	2,0 - 3,5
Spaarlamp	25 - 80	6,0 - 10,0
TL-buis	25 - 80	6,0 - 12,5
LED	50 - 120 (in toekomst hoger)	50

Figuur 12: het rendement van verschillende soorten lampen.

Uit de tabel in figuur 12 blijkt waarom een spaarlamp deze naam heeft. Hij heeft een hoger rendement. Hij gebruikt dus minder elektrische energie om dezelfde lichtstroom uit te zenden. Bovendien heeft hij een langere levensduur; er hoeven dus minder vaak lampen vervangen te worden.

Een weetje: een tl-buis is van hetzelfde type lamp als een spaarlamp.

### 12. Vraag: vergelijken van een gloeilamp en spaarlamp

- Het rendement van een gloeilamp (60 W) is 5 %. Waaruit bestaat de nuttige energie en waaruit de nutteloze energie?
- Hoeveel lumen geeft deze lamp aan licht?
- Hoeveel procent van de toegevoerde energie bedraagt de nutteloze energie?
- Bereken hoeveel nuttige energie (in J) er in 24 uur branden ontstaat.
- Bereken hoeveel nuttige energie (in kWh) er in 24 uur branden ontstaat.
- Bereken hoe duur het 24-uur branden van de lamp is (1 kWh kost € 0,33).

Een ander type heeft een rendement van 35 % en produceert evenveel lumen als een gloeilamp.

- Bereken het elektrisch vermogen.
- Welke type lamp zou dit kunnen zijn?

## 3.5 Sluipverbruik

Apparaten verbruiken elektrische energie om te werken. Dit doen ze wanneer ze gebruikt worden, maar dikwijls ook wanneer ze niet gebruikt worden. *Sluipverbruik* heet dit. De deurbel bijvoorbeeld. Er wordt maar een klein gedeelte van de tijd gebeld, echter de transformator staat

continu aan. Hier meer over weten? Bekijk dan de uitzending van de Consuminderman via ►URL1 in de URL-lijst.

Veel apparaten gebruiken ook energie als ze uit lijken te staan. Een telefoonlader bijvoorbeeld. Wanneer de telefoon niet aangesloten is, blijft de lader toch elektrische energie tot zich nemen. Bij deze laders komt dit door de transformator die in de lader zit. De kant van de telefoon is een open circuit, maar die aan de kant van het elektriciteitsnet is gesloten en dus loopt er een stroom.

Andere voorbeelden zijn de tv of een pc op stand-by en zelfs slaapstand. Het klokje op de dvd-speler? Dit is een indicatie dat het apparaat gewoon elektrische energie verbruikt.

Vaak is sluipverbruik makkelijk tegen te gaan: een apparaat na gebruik met een (externe) schakelaar uitzetten bijvoorbeeld. Een goede tussenoplossing is aanwezigheidsdetectie en zogenaamde stand-by killers. Het tegen gaan van onnodig verbruik wordt dieper uitgewerkt in hoofdstuk 5.

## Elektriciteitsverbruik meten

Het meten van het elektriciteitsverbruik van een apparaat wordt meestal door een kWh-meter gedaan. Een apparaatje met een aansluiting voor de stekker van het te bemeten apparaat een paar knoppen en een display. De kWh-meter gaat zelf weer in de wandcontactdoos en is dus in serie geschakeld met het te bemeten apparaat. Met deze apparaten kan vaak zowel het actuele vermogen als de al gebruikte energie weergegeven worden. Zo'n kWh-meter is snel, makkelijk en goedkoop.

Een andere manier is zelf het actuele vermogen bepalen en dit over de tijd integreren (bij elke verandering van het vermogen het verbruik van de afgelopen tijd berekenen en die losse stukjes elektriciteitsverbruik bij elkaar op tellen).

Het actuele vermogen is te bepalen door de spanning te vermenigvuldigen met de actuele stroom. Gezien de spanning steeds constant is (230 Volt) hoef je alleen de stroom te meten. Hiervoor is de stroomtang een uitstekend meetinstrument. Deze tang klemt om de elektriciteitskabel en meet de stroom die door de kabel stroomt. Een voordeel van deze techniek is dat de stroomkring (stekker) niet onderbroken hoeft te worden. Een nadeel is dat er alleen actuele stromen (en dus vermogens) gemeten kunnen worden en dat het verbruik berekend moeten worden. Dit is voornamelijk een nadeel als het te bemeten apparaat niet steeds het zelfde verbruik heeft (bijv. een PC).



## 3.6 Verwarming

### Warmteafgifte van radiator

Dat een voorwerp warmte afgeeft aan zijn omgeving wanneer het warmer is dan die omgeving hebben we besproken in hoofdstuk 2. Ook is daar aangegeven dat een radiator zijn warmte afgeeft middels straling en convectie. Dit zijn al belangrijke gegevens om te kunnen bepalen hoeveel warmte energie een radiator afgeeft.

Het zal je vast logisch in de oren klinken als er gezegd wordt dat een voorwerp meer warmte afgeeft wanneer het temperatuurverschil met de omgeving groter wordt. Verder is het logisch dat wanneer het oppervlak groter wordt, de warmteafgifte ook groter wordt. Voor een 2 plaats standaard radiator geldt grofweg een vermogen van 0.8 KW per m<sup>2</sup> frontoppervlak bij een gemiddelde radiator temperatuur van 80 graden en een omgeving van 20 graden. Bij een radiator temperatuur van 60 graden is het vermogen 600 W, bij 40 graden 200 W en 30 graden 100 Watt per m<sup>2</sup>.

### Warmtecyclus verwarmingsinstallatie

Een *verwarmingsinstallatie* bestaat uit een radiator in de te verwarmen ruimte, leidingwerk dat de warmte naar de radiator transporteert en een warmtebron die bij de meeste scholen bestaat uit een cv-ketel die gasgestookt is en daarmee het warmtetransportmedium, water, opwarmt.

#### 13. Opdracht: verwarmingsinstallatie

Maak een schema van de verwarmingsinstallatie voor jullie school.

Zoals elke energieomzetter heeft een verwarmingsketel een rendement. Veel scholen hebben tegenwoordig een Hr-ketel. Deze ketels hebben een rendement dat hoger is dan 90%.

Veel leidingen zijn verwerkt in muren en zijn niet speciaal geïsoleerd. Zij zullen dus warmte afgeven aan die muur. Er zijn dan twee opties. Of de leidingen zijn aan de binnenzijde van de gebouwisolatie aangebracht, of er buiten. We gaan er nu van uit dat het aan de binnenzijde is aangebracht. In die situatie komt de warmte die door het leidingwerk afgegeven wordt aan de muur, vooral ten goede van de temperatuur van de ruimte en gaat er maar een klein gedeelte naar buiten. Bij zo'n gebouw zal het leidingspecifieke warmteverlies (de warmte dat naar buiten gaat) beperkt blijven tot zo'n 10% van het geheel. Het leidingrendement is dus 90%.

Radiatoren hangen in de ruimte en aan de muur. Dat betekent dat 1 van de zijden vooral warmte naar de muur straalt en dat is niet nuttig. Al met al kunnen we stellen dat er ongeveer 90% van de in de radiator binnenkomende warmte nuttig gebruikt wordt voor de verwarming van de ruimte.

Combineren we nu de drie afzonderlijke rendementen van de opeenvolgende delen van de installatie dan is het totale rendement van de verwarmingsinstallatie  $90\% * 90\% * 90\% = 73\%$ .

## Onderzoek: energieverbruik op school

In hoofdstuk 2 heb je onderzocht in hoeverre het binnenklimaat op school voldoet aan de eisen. Dat binnenklimaat wordt in stand gehouden door apparatuur. Verwarming, koeling, lampen, ventilatie- en warmwatervoorzieningen zijn installaties die gebouwen comfortabel maken. Maar al die voorzieningen vreten energie. In een nieuwbouwhuis bijvoorbeeld, gaat 70% van alle energie naar deze installaties. Comfort en energiezuinig lijken dus niet samen te gaan. Daarnaast zijn er apparaten als pc's, dvd's en telefoons.

In je onderzoek ga je na hoeveel energie al die apparaten gebruiken. Ga ook na waar energieverlies plaatsvindt en in hoeverre dit energieverlies onnodig is. Staat de apparatuur niet onnodig veel aan? Je doet je onderzoek in de aan jullie toegewezen ruimte.

### 14. Onderzoeksopdrachten

Voor elk onderzoek heb je ongeveer 1 ½ uur. Maak van tevoren elke keer een kort meetplan ( ½ uur). Zie hiervoor de aparte handleiding in bijlage 1 'Een onderzoek uitvoeren? Hoe doe je dat?'.

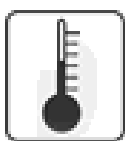


#### 14.1 Verlichting

- Ga na hoelang de verlichting per dag aan staat. Doe dit op basis van waarnemingen gedurende een week. Maak een schatting voor een maand en een jaar.
- Ga na hoeveel elektrische energie er gebruikt wordt aan verlichting.
- Zoek uit hoeveel geld het kost om het lokaal te verlichten.

#### 14.2 Apparatuur

- Noteer de apparaten die in de ruimte staan.
- Meet het elektrisch vermogen van die apparaten, zowel in gebruikstand als in stand-by stand (wanneer aanwezig).
- Meet het verbruik van de pc's gedurende een dag.
- Bereken hoeveel elektrische energie een apparaat verbruikt op jaarbasis. Schat daarvoor het aantal uren dat het apparaat aan en op stand-by staat.
- Bereken hoeveel geld de school kwijt is aan elektrische energie voor de apparaten.



#### 14.3 Verwarming

- Is de temperatuur van het lokaal hetzelfde als bij het onderzoek naar de temperatuur in paragraaf 2.4? Zo nee, herhaal die opdracht kort.
- Welke temperatuur hebben de radiatoren?
- Hoeveel m<sup>2</sup> radiator heeft het lokaal?

- d. Hoeveel verwarmingsvermogen komt er via de radiatoren het lokaal in en is nuttig?
- e. Zoek de productspecificaties van de verwarmingsketel. Wat voor type is het? Wat is het rendement?
- f. We gaan er van uit dat de radiator de hele dag (van 7-18) dezelfde temperatuur heeft, wat is dan het gasverbruik op die dag?
- g. Ga na hoeveel energie de verwarmingsketel per dag verbruikt. Ga hiervoor 4 keer naar de gasmeter: Dag 1 (maandag) is referentie, dag 2 (dinsdag) is voor dagtotaal, de derde keer is op vrijdag om het weektotaal te meten (en gemiddelde per dag) en de 4e keer is bepaling van verbruik in het weekeinde.
- h. Bepaal via de energierekening welk verbruik er is per jaar.
- i. Optioneel: verzamel alle gegevens van de alle ruimtes bij elkaar, komt het berekende gasverbruik overeen met de gegevens van de ketel? Bedenk minimaal 2 redenen die het opgetreden verschil kunnen verklaren.
- j. Op de rekening staan ook de kosten. Hoeveel geld was de school afgelopen jaar kwijt aan verwarming?



### *Portfolio*

Noteer de uitwerkingen van de vragen en opdrachten in je portfolio. Noteer ook je onderzoeksuitslagen in je portfolio. Trek voorlopige conclusies ten aanzien van de hoeveelheid energie die verlichting, verwarming, ventilatie en apparatuur kosten in de ruimte die je hebt onderzocht.

Trek samen met je groepsgenoten een eindconclusie en noteer deze in je portfolio. Later heb je dit nodig voor de eindopdracht.

# 4 Gevolgen voor het milieu

## 4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 heb je onderzocht hoeveel energie de school verbruikt om een geschikt binnenklimaat te handhaven. Energiegebruik kan gevolgen hebben voor het milieu. Hierover gaat dit hoofdstuk.

We behandelen eerst kort een paar belangrijke klimatologische veranderingen. Daarna behandelen we twee verklaringen van het International Panel for Climate Change (IPCC). Dat zijn “het broeikaseffect” en “CO<sub>2</sub> in de zee”. In paragraaf 4.5 wordt er gekeken naar de kwantiteit van de uitstoot van koolstofdioxide

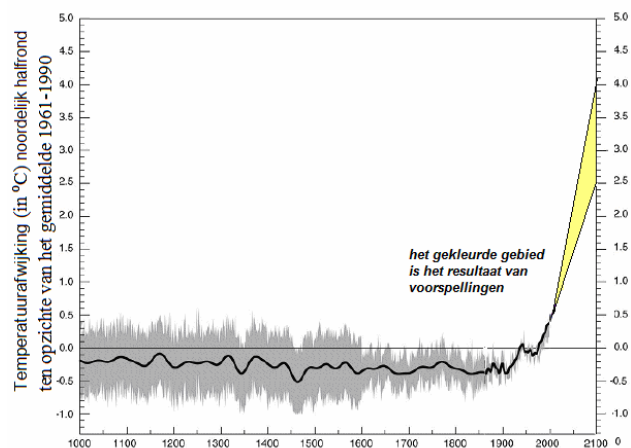
*Na dit hoofdstuk kun je*

- uitleggen hoe het (natuurlijke) broeikaseffect ontstaat en wat broeikasgassen zijn
- uitleggen wat het verschil is tussen het natuurlijke en versterkte broeikaseffect
- uitleggen waarom de CO<sub>2</sub> uitstoot veroorzaakt door mensen niet goed is voor de leefbaarheid op aarde
- uitrekenen hoeveel koolstofdioxide er bij verbranding vrijkomt.

## 4.2 Klimatologische gevolgen

### Temperatuurstijging

De temperaturen op aarde gaan onmiskenbaar omhoog. Je ziet dat aan de trend in het diagram van Figuur 13. Volgens de verschillende modellen die wetenschappers hanteren stijgt de temperatuur in deze eeuw met 2,5 °C à



**Figuur 13: Temperatuurstijging.** In het tijdvak 1961-1990 was de wereldgemiddelde temperatuur 14,0 °C. In 2006 was op het noordelijk halfrond de afwijking bijna 0,5 °C. Bron: IPCC en Max Planck Instituut (Hamburg), 2007

4,1 °C.

## Wateroverlast

Door de temperatuurverhoging zet het water in oceanen en zeeën uit en smelt veel landijs. Volgens sommige voorspellingen stijgt daardoor het waterniveau met enkele meters.

Enkele gevolgen:

- Grote delen van Bangladesh (met zijn meer dan 100 miljoen inwoners) en de Tuvalu-eilanden (9 atollen in de Stille Oceaan) liggen slechts enkele meters boven zeeniveau en houden het niet droog.
- Zonder extra dijkverhoging gaat de westelijke helft van Nederland kopje onder. Zie ►URL2.

### 15. Experiment: smeltend poolijs

Hypothese: door het smelten van poolijs stijgt het niveau van het zeewater.

Benodigdheden: weegschaal, smal beerglass, ijsblokjes, water.

Bepaal het volume van de ijsblokjes. Het volume is 0,9 maal het gewogen gewicht. Vul een glas half met water.

Je onderzoekt de hypothese met de volgende twee proefjes, waarbij je met proefje a :

- a. Zee-ijs (IJs dat al op zee drijft, zoals de Noordpool):  
doe de blokjes in het water en meet het waterniveau. Laat de ijsblokjes smelten. Kijk hoeveel het waterniveau in je smalle glas door het smelten verandert.
- b. Landijs (IJs dat vanaf het land in zee komt, zoals op Antarctica of Groenland):  
markeer het waterniveau. Doe de blokjes erin, laat ze smelten en noteer het niveau. Kijk hoeveel het water nu stijgt.

Wat is je conclusie? Was de hypothese juist?

### 16. Vraag

Bij temperatuurstijging zetten alle stoffen uit. Ook zeewater krijgt een groter volume.

In *Binas* tabel 11 staat dat de kubieke uitzettingscoëfficiënt van water  $0,21 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  is. Dat betekent dat het volume van het water 0,021 % groter wordt voor elke kelvin temperatuurstijging. Je kunt daarmee een schatting maken hoeveel het zeewater stijgt als de temperatuur toeneemt.

Neem eens aan dat je alle zeewater in een aquarium kunt stoppen. De zijanten (gevormd door de kusten) geven niet mee. Neem verder aan dat

de hoogte van het zeewater in dat 'aquarium' 1000 m is. Uitzetten moet dus in de hoogte plaatsvinden en daar geldt ook dat percentage van 0,021 voor. Stel dat de temperatuur met 2 K stijgt.

- a. Bereken met hoeveel % de hoogte van het zeewater toeneemt.
- b. Bereken hoeveel meter de hoogtestijging is.
- c. Op de veronderstellingen bij deze berekening valt wel wat aan te merken. Bedenk een oorzaak waardoor de stijging groter zal zijn dan je berekening.

## Droogte

Rondom de Sahara wordt het steeds droger. Per jaar wordt de woestijn daar 13.000 km<sup>2</sup> groter, dat is een derde van de oppervlakte van Nederland.

### 17. Opdracht: gevolgen klimaatverandering

Kijk eens naar de filmpjes 'De gevolgen van het broeikaseffect' (Teleblik 2143894) en 'De documentaire An inconvenient truth' (Teleblik 2884378) (ca. 10 minuten). Zie ► [URL3](#).

- a. Welke veranderingen in het weer heb je in de filmpjes gezien?
- b. Welke gevolgen treden voor Noordwest-Europa op?
- c. Welke veranderingen treden voor gebieden rondom de evenaar op?

Alle gevolgen komen voort uit de temperatuurstijging. Het is dus een zeer belangrijke zaak om die temperatuurstijging minimaal te houden.

## 4.3 Het broeikaseffect

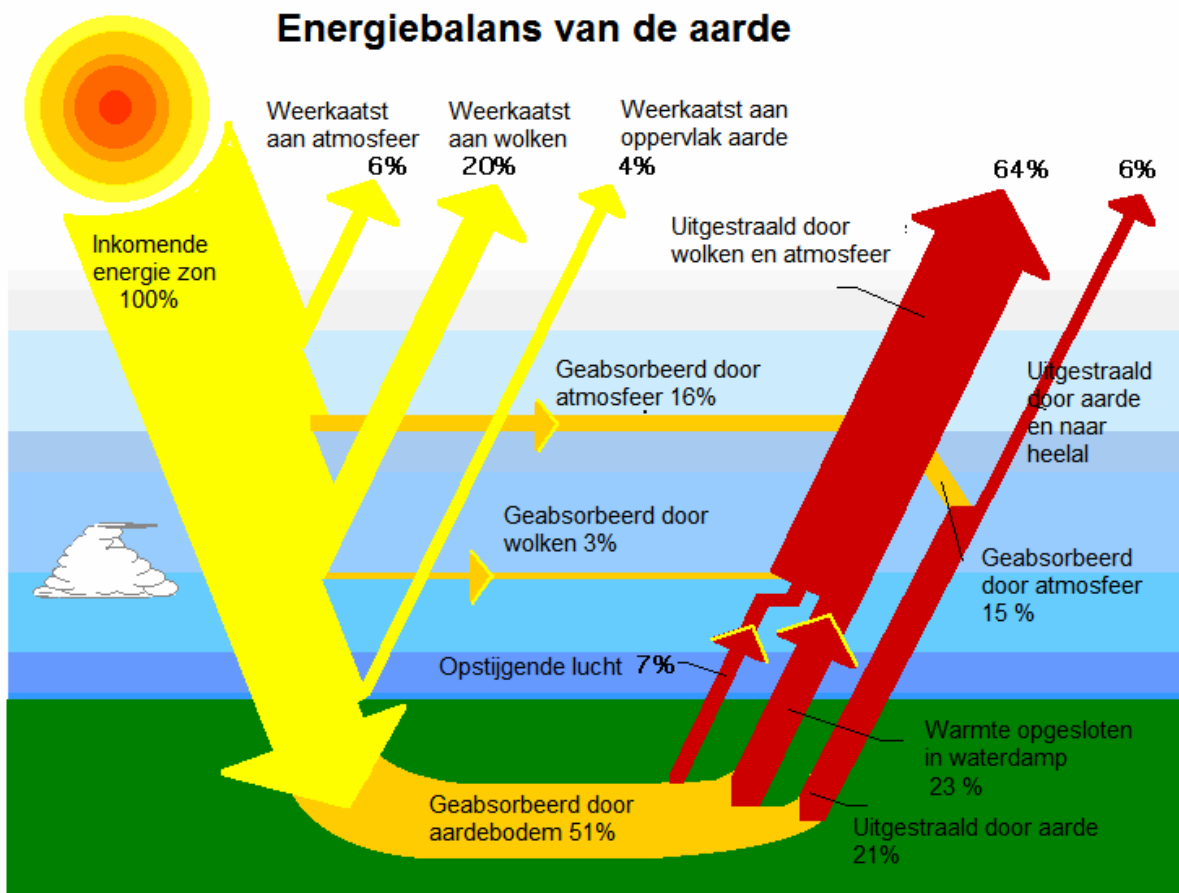
De bovenstaande gevolgen zijn het gevolg van verkeerd energiegebruik. Waarschijnlijk mis je nog een schakel. Want waarom zou energiegebruik invloed hebben op de temperatuur op aarde. De missende schakel is het broeikaseffect. Een natuurlijk proces waar we blij om mogen zijn maar dat we niet moeten versterken.

### Het natuurlijke broeikaseffect

Onze aarde hangt in het universum. Deze ruimte heeft een temperatuur van -273 °C en gezien de aarde daar in zit zou de aarde uit zich zelf ook graag deze temperatuur aannemen.

Gelukkig hebben we de zon. Een gigantisch voorwerp dat continu straling naar de aarde zendt.

Dag in dag uit baadt de aarde in de straling van de zon (zie Figuur 14). Ze absorbeert een deel (70 % van het totaal) van dat zonlicht (= een vorm van energie) en stijgt daardoor in temperatuur; aan de polen wat minder, aan de evenaar wat meer. Die opwarming vindt plaats aan de aardbodem (absorptie is 51% van het totale aanbod), in de wolken (3%) en in de atmosfeer (16%).



Figuur 14: de energiebalans van de aarde met de energiestromen.

Een voorwerp dat warmer is, straalt warmte uit. Hoe warmer het voorwerp, hoe meer het uitstraalt. Op een gegeven moment is de hoeveelheid warmte die uitgestraald wordt, even groot als de hoeveelheid die geabsorbeerd wordt. Als dat punt bereikt is, stijgt de temperatuur niet meer verder.

Zoals aangegeven in Figuur 14 absorbeert de atmosfeer straling. Niet alleen de reeds genoemde 16 % van de zonnestrallen, ook de door de aarde uitgestraalde warmte wordt geabsorbeerd. Het absorberen van straling gebeurt door de gassen die de atmosfeer vormen. Een aantal van die gassen, zoals koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ), methaan ( $\text{CH}_4$ ) en waterdamp ( $\text{H}_2\text{O}$ ), nemen erg makkelijk warmtestraling op. Deze gassen worden broeikasgassen genoemd. Waren deze gassen er niet, dan zou er minder warmte vast worden gehouden en was het op aarde zo'n 32 graden kouder!

### Het versterkte broeikaseffect

Koolstofdioxide, methaan en waterdamp houden dus warmte vast. Hoe meer er van die gassen in de atmosfeer zitten, hoe meer warmte er vast wordt gehouden en hoe warmer de aarde moet worden om weer evenveel warmte uit te stralen als te ontvangen. Als de mens dus één van deze gassen veel in de atmosfeer brengt, veroorzaakt dit een *versterkt broeikaseffect*. De mens heeft vooral veel invloed op de uitstoot van

koolstofdioxide en methaan. Methaan komt o.a. veel vrij in de vleessector. Koolstofdioxide komt vooral vrij bij het produceren van bruikbare energie door het verbranden van koolstofhoudende stoffen zoals alles wat leeft (bijv. planten) of geleefd heeft (bijv. fossiele brandstoffen).

Gezien de grote en vele gevolgen die het versterkte broeikaseffect met zich mee brengt is het erg van belang om de uitstoot van de broeikasgassen gerelateerd aan de mens tot een minimum te beperken.

#### 18. Vraag: broeikaseffect

a. Iemand verklaart als volgt het broeikaseffect:

*‘De zonnestraling weerkaatst aan het oppervlak van de aarde, de infrarode straling daarvan wordt in de atmosfeer opgenomen en daarom is de temperatuur hoger.’*

Welke fout zit er in deze redenering?

b. Een deel van de verklaring van het broeikaseffect die iemand anders geeft is:

*‘De zonnestraling die het aardoppervlak bereikt, wordt voor een groot deel door de aarde opgenomen. Daardoor stijgt de aarde in temperatuur en gaat .....’*

Maak de redenering verder af.

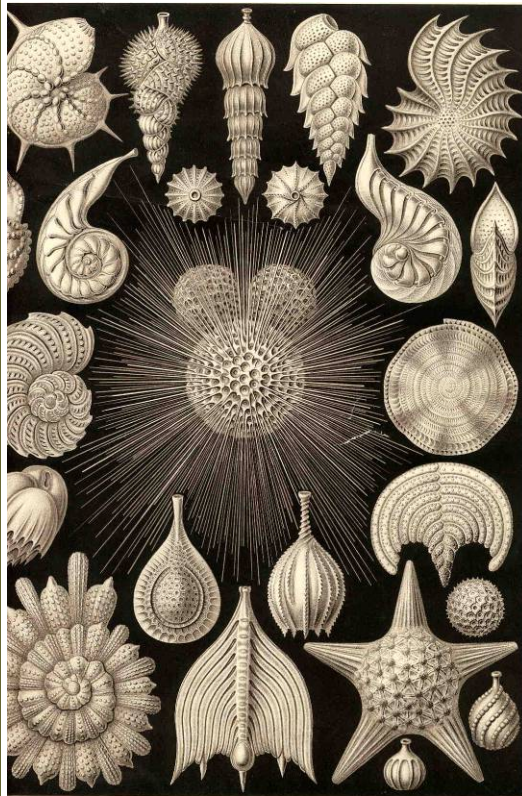
c. Welke zijn de belangrijkste drie broeikasgassen?

## 4.4 CO<sub>2</sub> in de zee

Een ander belangrijk gevolg van de verhoogde concentraties koolstofdioxide is het aantasten van de natuur in de zee. Veel zeedieren hebben onderdelen van kalk, zoals koralen. Koralen zijn erg mooi, maar ook erg belangrijk voor vele levensvormen die in of bij het koraal leven. Koralen lopen gevaar als er teveel koolstofdioxide in de zee terecht komt. Hetzelfde geldt voor andere organismen die ook kalk inbouwen: de *foraminiferen*.



## 7. Informatieblok: foraminiferen



*Figuur 15: verschillende soorten foraminiferen.*

*Bron: Ernst Haeckel (1834 - 1919) in 'Kunstformen'*

Foraminiferen zijn eencelligen met een kalkskeletje. Foramen betekent gaatje. Door de gaatjes in de kalkskeletjes steken ze hun schijnvoetjes. Foraminiferen komen voor in de oceanen. Ze zijn al bekend uit het Cambrium (ruim 500 miljoen jaar geleden). Wanneer ze afsterven, zakken de kalkskeletjes naar de zeebodem. Dat levert dikke lagen kalksediment op. Zo zijn de krijtrotsen bij Dover opgebouwd uit skeletjes van foraminiferen. Leg je ze onder de microscoop dan zie je hoe prachtig ze gevormd zijn (zie Figuur 15).

Uit onderzoek van boorkernen uit de oceaانبodem blijkt dat sommige sedimentlagen helemaal geen foraminiferen bevatten. Dit is met name het geval in lagen van 55 miljoen jaar geleden. Volgens geowetenschappers van de Universiteit van Utrecht komt dit doordat er in die tijd ontzettend veel  $CO_2$  in de atmosfeer zat. Deze  $CO_2$  komt vervolgens voor een deel in de oceaan terecht. Daar lost het op, net als de koolstofdioxide in een flesje prik en geeft daar een reactie, waarbij veel  $H^+$ -ionen vrijkomen. De oceaan wordt hierbij zuurder volgens:



Het heeft als gevolg dat de foraminiferen hun kalkskeletjes niet meer kunnen maken. Wat geldt voor foraminiferen geldt ook voor koralen. Ook hier lost de kalk op in het zure milieu, waardoor de koraaldiertjes geen koralen meer kunnen maken. Een zeer belangrijke leefomgeving van vele soorten sterft uit.

Naast de aantasting van de zeenatuur door de stijging van het CO<sub>2</sub> gehalte in de zee ontstaat er vervolgens nog een probleem. Foraminiferen en koralen nemen CO<sub>2</sub> op uit hun omgeving. Van de koolstof (C) bouwen ze hun skeletten. Als ze er echter niet meer zijn, kunnen ze geen CO<sub>2</sub> omzetten en zal het CO<sub>2</sub>-gehalte verder stijgen waardoor de oceaan geen CO<sub>2</sub> meer opneemt uit de atmosfeer. Het CO<sub>2</sub>-gehalte in de atmosfeer neemt nog verder toe en dit heeft weer een vergaande verhoging van de temperatuur tot gevolg.

#### 19. Opdracht: foraminiferen en koralen verdwijnen

Ga naar de volgende link ►URL4.

- a. Hoe was het klimaat 55 miljoen jaar geleden?
- b. Waardoor waren er geen micro-organismen met kalkskeletjes tijdens het hitterecord?
- c. Leg uit hoe het komt dat door een toegenomen hoeveelheid koolstofdioxide de oceanen verzuren en er geen foraminiferen voorkomen.

Kijk eens naar het filmpje 'Bedreigd koraal' (Teleblik 101475) (4 minuten) ►URL5.

- d. Door menselijke activiteiten neemt het gehalte aan CO<sub>2</sub> in de atmosfeer steeds toe. Een deel van de extra uitstoot van koolstofdioxide vinden we in de atmosfeer terug. Waar bevindt zich het andere deel?
- e. Bij een te hoog CO<sub>2</sub>-gehalte sterven ook koralen af. Beredeneer dat dit afsterven een voorbode is van een verdere temperatuurstijging op aarde.

## 4.5 Energie en koolstofdioxide

Er wordt nogal wat nuttige energie gemaakt uit de verbranding van *fossiele brandstoffen* (steenkool, aardgas en olie). In 1990 werd in Nederland 70% van alle benodigde elektrische energie opgewekt door verbranding van fossiele brandstoffen.

Bij verbrandingsprocessen wordt met zuurstof chemische energie omgezet. Daarbij ontstaat koolstofdioxide. In rekenvoorbeelden 8 en 9 zie je dat je

de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die hierbij ontstaat, kunt berekenen. Je moet daarvoor weten:

- de massa brandstof in kg
- als de massa niet bekend is maar het volume wel, moet je ook de dichtheid weten om de massa brandstof te kunnen berekenen
- de molaire verhouding van CO<sub>2</sub> en de brandstof; hoeveel moleculen koolstofdioxide komt er vrij bij verbranding van 1 molecuul brandstof
- de molaire massa van CO<sub>2</sub> (in g.mol)
- de molaire massa van de brandstof (in g.mol).

### 8. Rekenvoorbeeld: douchen en koolstofdioxide

Aardgas bestaat voor het overgrote deel uit methaan en heeft een molaire massa van 18,6 g.mol. Neem aan dat de molaire verhouding van CO<sub>2</sub> en aardgas 1 is. Verder mag je aannemen, dat het gas dat je bij de meter binnenkrijgt een druk heeft die vrijwel gelijk is aan de standaard luchtdruk (in werkelijkheid is dit enkele % meer).

Hoeveel kg CO<sub>2</sub> produceert iemand die per jaar 100 m<sup>3</sup> aardgas verstoekt om te douchen?

Aardgas heeft een dichtheid van ongeveer 0,883 kg/m<sup>3</sup>.

Met formule 7 vind je dat voor het douchen per jaar 88,3 kg aardgas nodig is.

$$m = \rho \cdot V \quad (7)$$

waarin:

- $m$  = de massa in kilogrammen (kg)
- $\rho$  = de dichtheid in kilogrammen per kubieke meter (kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  = het volume in kubieke meters (m<sup>3</sup>).

Dit zijn  $(88,3) / (0,0186) = 4,75 \cdot 10^3$  mol aardgas.

Er ontstaan evenveel mol CO<sub>2</sub>, dus  $4,75 \cdot 10^3$  mol CO<sub>2</sub>.

1 mol CO<sub>2</sub> heeft een massa van 44,01 g (zie Binas tabel 99: 12,01 + 2 × 16,00)

De massa van de ontstane CO<sub>2</sub> is  $4,75 \cdot 10^3 \times 0,04401 = 209$  kg.

### 9. Rekenvoorbeeld: vliegen en CO<sub>2</sub>

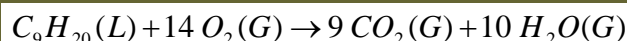
Een piloot gaat met een volgetankt vliegtuig én 100 passagiers van Eindhoven naar Barcelona (1200 km). Aangekomen in Spanje moet hij zijn tanks weer met  $1,58 \cdot 10^4$  L kerosine bijvullen. Hoeveel ton CO<sub>2</sub> is hierbij per passagier ontstaan?

Aanvullende gegevens:

Kerosine (C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>) heeft een dichtheid  $\rho$  van 0,90 kg/dm<sup>3</sup> en een molaire massa van 128 g/mol.

CO<sub>2</sub> heeft een molaire massa van 44 g/mol.

De verbrandingsreactie is:



Met  $m = \rho \cdot V$  vind je dat voor de reis  $1,4 \cdot 10^4$  kg kerosine nodig was.

Per passagier is dat  $(1,42 \cdot 10^4) / (100) = 142$  kg.

Dat zijn  $(142 \cdot 10^3) / (128) = 1,11 \cdot 10^3$  mol kerosine.

Volgens de reactievergelijking is het aantal mol  $CO_2$   $9 \times$  zo groot.

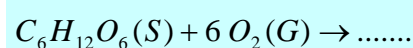
Er ontstaat, per passagier gerekend,  $9 \times 1,11 \cdot 10^3 \times 0,04401 = 438$  kg.

## 20. Opdracht: reizen en de uitstoot van $CO_2$

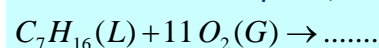
Je kunt met het vliegtuig naar Barcelona gaan. Of heel sportief op de fiets. Of straks, als je je rijbewijs hebt, in een auto. Net als in rekenvoorbeeld 9: *vliegen en  $CO_2$*  kun je de uitstoot aan  $CO_2$  per persoon uitrekenen. Doe dit. Je kunt er van uit gaan dat de afstand voor elk vervoermiddel gelijk is.

Zoek zelf de nodige gegevens bijeen.

Glucose heeft  $\rho = 1,58$  kg/dm<sup>3</sup> en verbrandt volgens:



Autobenzine heeft  $\rho = 0,72$  kg/dm<sup>3</sup> en verbrandt volgens:



Neem aan dat je met 1 L glucose 250 km ver komt (!) en dat de auto met 1 L benzine 9,15 km ver komt.

Door verbranding van fossiele brandstoffen komt energie beschikbaar. De verbranding van steeds meer fossiele brandstoffen heeft geleid tot toename van koolstofdioxide in de atmosfeer.

## 21. Opdracht

### 21.1 $CO_2$ uitstoot door jouw school

Bepaal de hoeveelheid  $CO_2$  die jullie school per jaar uitstoot.

Gebruik hiervoor de gegevens op de energienota. En zoek op internet de uitstoot van  $CO_2$  van jullie elektriciteitsleverancier.

### 21.2 Broeikasgassen, nee dank je

Beschrijf in 15 zinnen waarom we moeten strijden tegen de uitstoot van broeikasgassen door de mens.

### *Portfolio*

Noteer de uitwerkingen van de vragen en opdrachten in je portfolio.

# 5 Duurzaamheid en jouw school

In hoofdstuk 4 hebben we geleerd wat de gevolgen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn voor het milieu en wat jullie school daar grofweg aan bijdraagt. Gelukkig kan het ook anders. Vele mensen werken samen om onze wereld ook in de toekomst leefbaar te houden. Dat dit ook kan op jullie school leren we in dit hoofdstuk.

Als eerste gaan we in op wat duurzaamheid is en bekijken we een aantal belangrijke ontwikkelingen op wereldniveau. Vervolgens spitsen we ons toe op de school. Er wordt een voorbeeld uitgewerkt van een ideale duurzame school en zijn omgeving. Als laatste gaan we manieren vinden hoe jullie bestaande school duurzamer kan worden.

*Na dit hoofdstuk kun je*

- aangeven wat duurzaamheid is
- bepalen of een maatregel goed of duurzaam is
- anderen duidelijk maken dat de wereldgemeenschap steeds verder gaat in de strijd tegen het klimaatprobleem en in welke vorm oplossingen gezocht worden
- voorbeelden geven over hoe een school bij kan dragen aan een duurzame leefomgeving.

## 5.1 Wat is duurzaamheid?

Bij het woord *duurzaam* denk je waarschijnlijk aan iets dat lang meegaat. Bijvoorbeeld aan verf die bestand is tegen bar slecht weer of een terreinwagen die tegen een stootje kan. Duurzaam heeft de laatste jaren echter een bredere betekenis gekregen. Iets is duurzaam wanneer het voorziet in de behoeften van de huidige generatie zonder dat het een negatieve invloed heeft op onze leefomgeving, nu en in de toekomst. En met “onze” wordt elke levende soort bedoeld.

Gebruik van fossiele brandstoffen is dus om twee redenen niet duurzaam; voor de komende generaties is straks geen brandstof meer, en de verbranding leidt tot achteruitgang van de leefomgeving.

*Voorbeeld*

Verf die twintig jaar lang op de buitenkozijnen zit is dat duurzaam? In de eerste definitie wel. Voor de tweede definitie is er nog niet genoeg informatie. Zitten er in die verf zware metalen als kwik, dan loopt de schilder kans op kwikvergiftiging en is bij de productie van de verf kans op verontreiniging. Bevat de verf stoffen die schadelijk worden bij verbranding dan is het niet duurzaam als het geverfde hout ooit in een

afvalverwerkingsinstallatie wordt verbrand.  
Verf op waterbasis wint om deze reden de laatste jaren veel terrein.

Kerncentrales gaan lang mee. Zo'n 30 tot 40 jaar is heel normaal. Het afval wat er vrij komt, gaat nog veel langer mee. Bepaalde producten wel tot enkele miljoenen jaren. En dat is nu juist één van de punten waarom kernenergie niet duurzaam is. Die afvalproducten zijn zeer schadelijk voor onze leefomgeving en er is nog geen goede opslagmethode voor de lange termijn.

Hoe schadelijk deze producten kunnen zijn, is te zien in de omgeving Tsjernobyl in Rusland. Bij een ongeluk met de kerncentrale kwamen veel producten vrij in de natuur. Het gebied is nog voor vele jaren een onbewoonbaar gebied voor plant, mens en dier. Zie ►URL6 voor een indrukwekkende documentaire over deze schokkende gebeurtenis (optioneel).

Een kerncentrale gebruikt uranium als brandstof. Van uranium is geen oneindige voorraad beschikbaar. Er is nog ongeveer genoeg voor 1 à 2 generaties mensen bij het zelfde gebruik als nu. Het product is dan niet meer beschikbaar voor toekomstige generaties. Het is dus niet duurzaam.

De bloesem van een boom bestaat maar een paar maand en heel de boom veel energie gekost om dat te maken. Je zou zeggen, niet echt duurzaam. Het tegendeel is echter waar. De bloesem bestaat dan wel niet zo lang, de stoffen waar het van gemaakt wordt, komen bij het verrotten weer volledig in de zelfde omgeving terug. Met die stoffen kan de boom dan het volgende jaar weer bloesem maken. Een cirkel die oneindig door kan gaan. Als dat niet duurzaam is?

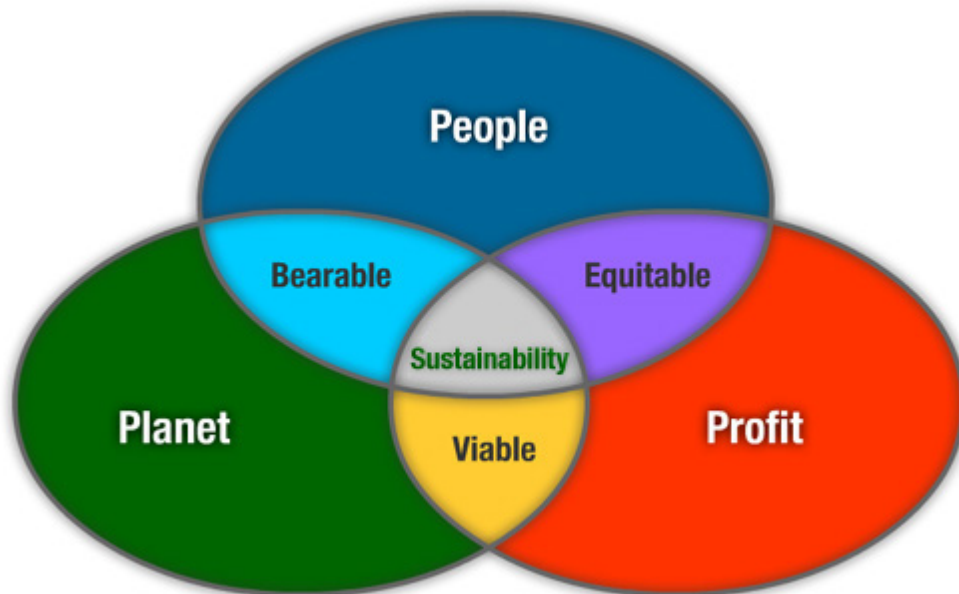
Geïnspireerd door de bloesem van een boom bedachten Braungart en Mc Donough "Cradle to Cradle": van wieg tot wieg. Bekijk op ►URL7 een interessante documentaire (optioneel).

## Relaties tussen Mensen, Aarde en Welvaart

Zoals je hebt gelezen klinkt de definitie van duurzaam behoorlijk abstract en algemeen. Er spelen dan ook factoren mee, zoals energiegebruik, armoede, gezondheid en hygiëne, onderwijs, de woonruimte en milieu, de biodiversiteit, water- en luchtkwaliteit, klimaat, voedselschaarste, grondstoffen en afvalverwerking.

Leven volgens een duurzaam principe is daarom gecompliceerd, temeer omdat tussen al deze factoren ook nog eens relaties bestaan. Vaak levert een verbetering in de ene factor ergens anders of op een later moment een verslechtering op. Het is dan ook erg belangrijk om integraal te werk te gaan. Ook hier zijn weer mooie beelden van te zien. Zie bijvoorbeeld ►URL8 (optioneel).

Een goed inzicht in duurzaamheid krijg je door alle factoren te rangschikken onder de verzamelnamen *Mensen*, *Aarde* en *Welvaart*. (Je ziet ook vaak de Engelse benamingen *People*, *Planet* en *Prosperity*, de 3P's.) In Figuur 16 zie je dit schematisch weergegeven. Duurzaamheid (sustainability) is daar waar de 3P's samenkomen. Op dat moment voldoet het aan alle drie de belangen.



*Figuur 16: relaties tussen Mensen, Aarde en Welvaart.*

## 22. Opdracht: duurzaamheid

Geef voor onderstaande onderwerpen aan in welk vlak (van Figuur 16) ze horen:

- olie productie
- ecotoerisme
- massagesalon
- lokale dierenarts
- boswachter
- zonnecellen
- school
- Triodos bank (zie ►URL9)
- ABN (zie ►URL9)

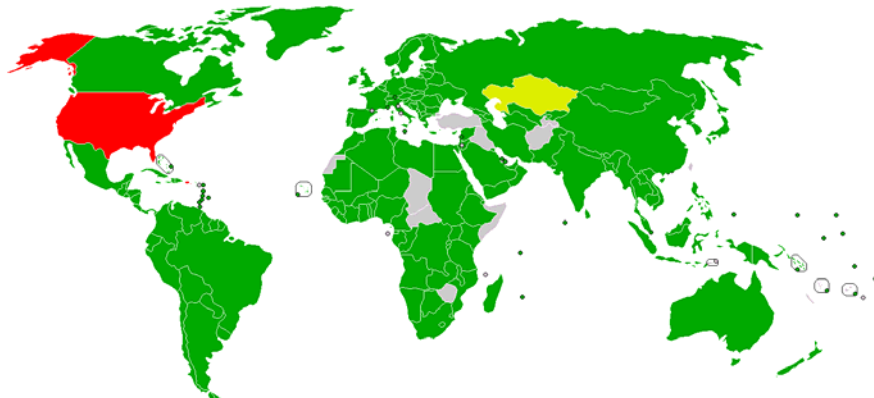
## 5.2 Belangrijke ontwikkelingen op wereldniveau wat betreft het klimaatprobleem

"Ik ga jullie een vervelende waarheid vertellen: mijn eigen land, de VS, is de belangrijkste verantwoordelijke voor de vermindering van de vooruitgang hier in Bali".

Zo sprak Al Gore op donderdag 13 december 2007 de vertegenwoordigers uit 180 landen toe. Zij waren bijeengekomen op de klimaatconferentie in Bali. Vrijdag zou de conferentie afgelopen zijn, maar er werd één dag extra ingelast, om de Amerikanen alsnog binnenboord te krijgen. Uiteindelijk op zaterdag 15 december gaven de Amerikaanse afgevaardigden hun verzet op en tekenden alsnog het slotdocument. Een luid applaus steeg op.

#### *Een historisch overzicht*

- In 1992 spreken de belangrijke industrielanden tijdens de klimaatconferentie in Rio de Janeiro af, dat zij hun aandeel in de hoeveelheid broeikasgassen omlaag zullen brengen.
- In 1997 nemen 165 landen deel aan de klimaatconferentie in Kyoto (Japan). Tijdens deze conferentie wordt het zogenaamde Kyotoprotocol opgesteld.
- Op 16 februari 2005 om 5:00 GMT treedt het Kyotoprotocol in werking nadat ook Rusland aangeeft mee te doen aan het protocol. De VS, China en Australië doen niet mee.
- In mei 2006 komt de film 'An Inconvenient Truth' van Al Gore uit.
- In 2007 komt het nieuwste rapport van het IPCC uit. Volgens dit rapport is de mens "met een zekerheid grenzende waarschijnlijkheid" verantwoordelijk voor de klimaatproblematiek.
- Op 3 december 2007 stemt ook Australië in met het Kyotoprotocol.



*Figuur 17: de stand van zaken t.a.v. het Kyotoprotocol op 3 december 2007. Groen betekent dat de betreffende landen het Kyotoprotocol getekend hebben en geratificeerd. Lichtgroen betekent getekend en de ratificatie is in voorbereiding. Rood is wel getekend, maar ratificatie is afgewezen. Grijs: niet getekend.*

*Bron: En.wikipedia GNU Free Documentation License*

- Op 10 december 2007 wint Al Gore samen met het International Panel for Climate Change van de VN (vele klimaatwetenschappers) de Nobelprijs voor de vrede.
- Op 15 december 2007 wordt het slotdocument van de klimaatconferentie in Bali door alle deelnemende landen ondertekend.
- Op 4 november 2008 verkiezingen in de VS. Na jaren ontkenning van het klimaatprobleem door president Bush, geeft de nieuwe president



Obama aan wel doelstellingen te hebben die de uitstoot van broeikasgassen moet verminderen.

- Begin 2009 komen opnieuw de belangrijkste klimaatwetenschappers bij elkaar. Nieuwe meetresultaten tonen aan dat de meest pessimistische lijn uit 2007 (rapport IPCC) nog positief blijkt.
- In december 2009 is er weer een klimaatconferentie. Uitgangspunt is om de opvolger van Kyoto op te stellen. De wereld milieuorganisaties voeren de druk op. Gaan we het tij op tijd keren?

## Wat houdt het Kyoto-protocol in?

Het *Kyoto-protocol* gaat er vanuit dat de huidige opwarming van de aarde veroorzaakt wordt doordat de mens een aantal broeikassen in de atmosfeer brengt. Dat zijn gassen als koolstofdioxide, methaan, lachgas en fluorhoudende gassen. Het protocol is een akkoord, waarin staat dat de industrielanden hun aandeel in broeikasversterkende gassen in 2010 met 5,2 % teruggebracht zullen hebben ten opzichte van de waarden van 1990. De hoeveelheid verschilt van land tot land. Zo moeten de VS hun uitstoot beperken met 7 %, Japan met 6 % en de Europese Unie met 8 %.

## Klimaatplan Europa

Op woensdag 23 januari 2007 zegt José Barroso, voorzitter van de Europese Commissie, in zijn toespraak tot het Europees parlement: 'Europa loopt voorop in internationale pogingen om de planeet te redden'. Hij doelt daarmee op het pakket maatregelen dat de Europese Commissie voorstelt, om de hoeveelheid broeikassen in de atmosfeer te verlagen.

Voor 2020 zijn de doelen:

- 10 % bio-benzine
- 20 % energiebesparing door efficiëntie
- 20 % duurzame energie
- 20 % minder broeikasgas.

Aanvankelijk zijn ook de milieuorganisaties tevreden. Europa doet het dus goed.

Na de uitspraken van de wetenschappers begin 2009 begint het besef te groeien dat die 20% minder zelfs niet genoeg is. De wetenschappers zeggen nu dat het veel beter zal zijn als er 30% is gereduceerd in het jaar 2020 (t.o.v. het referentiejaar 1990) en 90-95% in 2050.

### 23. Opdracht: landen en duurzaamheid

- a. Vind de 5 EU landen die het grootste percentage duurzame energie hebben.
- b. Waar op de lijst staat Nederland?
- c. Welke doelen heeft Nederland voor 2020 volgens het ministerie van VROM?
- d. Beschrijf in 10 regels waarom jij vindt dat er tijdens de Klimaatop in Kopenhagen sterke afspraken gemaakt moeten worden.

## 5.3 Duurzaamheid rond de school

De wereld is op het moment dus druk bezig met het verduurzamen van onze samenleving door het klimaatprobleem aan te pakken. Veel duurzaamheidsaspecten zijn ook makkelijk op een kleine schaal te bewerkstelligen zoals in de omgeving van jouw school of huis. Een paar voorbeelden:

### *School 1*

Wij streven naar zo veel mogelijk gezond leven. Al het voedsel van de catering en in de kantine is biologisch. Snoepautomaten hebben wij niet. In plaats daarvan worden allerlei broodjes en koekjes gebakken en verkocht door de leerlingen van de bakkersopleiding. Dat loopt als een trein.

### *School 2*

Solar Team Twente (Saxion + UTwente) gaat de uitdaging aan en doet mee aan de meest prestigieuze challenge op het gebied van duurzame energie. Het Team gaat in een jaar tijd een zonneauto ontwerpen, bouwen en testen om vervolgens mee te racen in de World Solar Challenge in Australië. Daar wordt binnen een week een afstand van 3010 km afgelegd van Darwin naar Adelaide, dwars door de outback van Australië.



*Figuur 18: Twente One in actie tijdens de world solar challenge in Australië.  
Bron: Solar Team Twente*

### *School 3*

Bij ons staat de kringloop hoog in het vaandel. Het groenafval wordt apart ingezameld en verwerkt tot een biogas waar onze verwarming op werkt. We hebben een grijswater systeem waar regenwater wordt gebruikt voor het spoelen van de toiletten. De vijver die daarvoor als opslag wordt gebruikt is erg in trek bij vogels, vissen en de leerlingen. Het schoolplein lijkt net een natuurlijke attractiepark. Tevens gebruiken wij alleen nog maar kringloop papier en doordat we de benodigde elektriciteit met de windturbine op het dak opwekken zijn we klimaatneutraal.

## 24. Vraag

Op welke manier is er op en rond jouw school aandacht besteed aan duurzaamheid?

# 6 Jullie school omtoveren

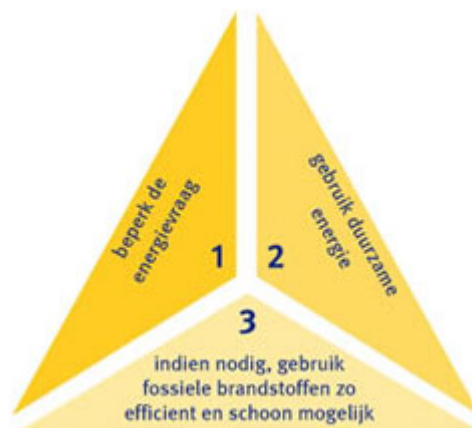
Geïnspireerd om jullie eigen school aan te pakken? Gebruik de Trias Energetica en ga aan de slag.

*Na dit hoofdstuk kun je*

- aangeven welke stappen er genomen kunnen worden om te komen tot een energetisch duurzame school of andere omgeving
- energetisch duurzame producten herkennen en benoemen
- uitleggen hoe bestaande installaties aangepast kunnen worden, zodat ze duurzamer zijn in de energievoorziening
- van een aantal duurzame energievormen aangeven hoe ze werken en waarom ze duurzaam zijn
- van een aantal duurzame energievormen de voor- en nadelen noemen.

## 6.1 Trias Energetica

De *Trias Energetica* is een stappenplan om te komen tot energetische duurzaamheid. Er zijn drie stappen. Eerst doe je de eerste stap. Gaat dat niet verder dan ga je naar de volgende stap. Heb je die ook uitgevoerd? Voer dan de laatste stap uit voor het resterende gedeelte.



*Figuur 19: de Trias Energetica.*

*Bron: Departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse overheid*

- |        |   |
|--------|---|
| Stap 1 | Beperk de energievraag.   |
| Stap 2 | Heb je toch energie nodig, ga dan over op duurzame energiebronnen.  |
| Stap 3 | Is dat niet mogelijk, gebruik grijze brandstoffen dan op een zo efficiënt en schoon mogelijke manier.<br>In praktijk worden de drie stappen tegelijk gezet. |

### 25. Opdracht: Trias Energetica

Ga naar de site van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse overheid. Zie ►URL10.

- Bestudeer de lijst van maatregelen. Noem de Stap 1 maatregelen die je zelf kan nemen.
- Noem ook enkele Stap 2 en Stap 3 maatregelen.
- Zijn er maatregelen uit Stap 2 en 3 die de school al genomen heeft? Zo ja welke?

### Portfolio

Noteer de uitwerkingen op de vragen en opdrachten in je portfolio.

## 6.2 Stap 1: gebruik bewust

Zoals al gezegd, is Stap 1 het beperken van de energievraag. Betekent dit dat je dingen niet meer mag doen? Nee, veruit het meeste kan je gewoon doen. Maar doe het wel bewust.

Een lamp kan je gebruiken als je er bent en uit doen als je de ruimte verlaat. Kom je weer binnen, dan doe je de lamp aan als het nodig is.

### Energieschema

Voor pc's zijn er meer opties dan het bewust aan en uit zetten bij gebruik en niet gebruik. Zo kan via een energieschema automatisch geregeld worden welke onderdelen van de PC uit kunnen na een bepaalde periode. Het Windows besturingssysteem heeft een aantal energieschema's ingebouwd. Een voorbeeld van gebruik is:

- Na 5 minuten niet gebruik, beeldscherm uit. Het schermsignaal wordt stopgezet. Wil je weer aan het werk, dan kan dat direct.
- Na 5 minuten niet gebruik, harde schijven uit. Het ronddraaien van de schijven stopt. Ook hier kun je direct weer aan het werk.
- Na 15 minuten niet gebruik in stand-by stand. Een aantal functies van de pc wordt uitgezet. Ook hier kun je in korte tijd weer aan het werk.
- Na 20 minuten niet gebruik in slaapstand. Windows en de pc worden versneld afgesloten.

### 26. Vraag: energieverbruik van een high-end pc

Een beetje gamecomputer gebruikt op het moment in z'n actieve stand 250 W en als het systeem niet in gebruik is 75 W. In veel situaties wordt de computer nooit uitgeschakeld, maar schakelt het systeem na een bepaalde tijd over in de slaapstand, in deze situatie gebruikt het systeem 20 W. In Figuur 20 zie je hoe de dagelijkse tijdsverdeling is over de verschillende toestanden van de computer.

	Verbruik	Uur/dag	Elektriciteit (kWh)	Kosten
<b>Actieve mode</b>	250 W	3		
<b>Standby</b>	75W	7		
<b>Slaapstand</b>	20W	14		
<b>Totaal</b>				

Figuur 20: toestanden van de computer.

- a. Bereken de kosten aan elektrische energie op jaarbasis. Prijspeil van 1 kWh (2006) is € 0,20.
- b. Het gemiddelde elektriciteitsverbruik van een Nederlands gezin in 2004 was per huishouden 3346 kWh per jaar (bron: Consumentenbond). In zo'n gezin wordt extra een gamecomputer geplaatst. Bereken het percentage dat een dergelijke computer in zo'n gezin zou uitmaken van het nieuwe totale verbruik.

### *Uitzetten*

Bij scheikunde wordt er met regelmaat gebruik gemaakt van branders. Ook deze kunnen erg gemakkelijk uitgezet worden na gebruik.

### *Apparaat keuze*

Bij verzorging hebben jullie vast geleerd dat aardappels 20 minuten moet koken in een laagje water. Tijdens dit koken wordt er 20 min een vlam van ongeveer 1 kW gebruikt. Een energiegebruik van  $\frac{1}{3}$  kWh. Dit is ongeacht de hoeveelheid aardappels. Kook je echter 500gr aardappels in de magnetron, dan is de kooktijd 4 min op 900 W. Wat een energiegebruik van 0.06 kWh. Wel nog even 5 min na laten garen. En vooraf het koken een eetlepel water toevoegen.

### *Dubbele effecten*

Met de scooter naar school gaat natuurlijk snel en heeft een stoere status. Een gevolg is wel dat je vaak te weinig beweegt en om mooi slank te blijven ga je bijvoorbeeld naar de sportschool. Wat natuurlijk veel tijd kost en waar veel energie gebruikt wordt voor de muziek en de disco lampen. Overal met je scooter heen gaan en daardoor te weinig bewegen heeft op energiegebied een dubbel slecht effect: het energieverbruik van de scooter en vervolgens de sportschool. Het bewuste alternatief is standaard met de fiets gaan en als je een keer geen zin hebt, kiezen voor de bus.

### 27. Vraag: CO<sub>2</sub> uitstoot vervoer

Richard woont 4 km van school. Hij is een beetje lui en gaat daarom op de scooter naar school. Omdat hij wel graag fit wil blijven, gaat hij vervolgens 2 keer per week 's avonds naar de sportschool aan de andere kant van de stad. Met de scooter doet hij twaalf minuten over de rit van 6 km.

- a. Hoeveel benzine verbruikt Richard in een jaar (36 lesweken) met een verbruik van 1 liter benzine op 25 kilometer?
- b. Hoeveel CO<sub>2</sub> produceert Richard per jaar alleen door naar school te gaan op zijn scooter?

### *Isoleren*

Het bewust gebruiken van je energie start natuurlijk met het isoleren van de verwarmde (of gekoelde) ruimte zodat er zo min mogelijk warmte weg stroomt. Dit is een veel gebruikte techniek om aan de energiewetgeving voor huizen te voldoen.

### Warmteterugwinning

Wanneer de lucht in een ruimte warmer is dan buiten en er vuile lucht naar buiten wordt afgevoerd gaat die warmte verloren. Dit is natuurlijk zonde.

Een *WTW-unit* (=WarmteTerugWinning systeem voor ventilatielucht) gaat die warmteverlies tegen. Het is een uitbreiding van de gebalanceerde ventilatie.

Een moderne WTW heeft een rendement van meer dan 95%.

Warmteterugwinning is dus een zeer effectieve manier van energie besparen.

Een warmtewisselaar kan ook met water werken. Koud water dat dient voor de koeling van een installatie, wordt opgewarmd in de wisselaar, verwarmt daarmee een bedrijfsruimte en is dan weer koud genoeg om als koelmiddel te fungeren.

### Onderzoek: onnodig energieverbruik

In hoofdstuk 3 heb je onderzocht hoeveel energie de school gebruikt om het binnenklimaat te handhaven. We hebben net geleerd dat we veel kunnen besparen door bewust om te gaan met de energie.

Ga weer naar de lokalen, die jullie zijn toegewezen en doe daar de volgende onderzoeken.

#### 28. Onderzoeksopdrachten



##### 28.1 Licht

- Bij opdracht 14.1 heb je bepaald hoeveel uren de lampen in deze ruimte aan staan. Een aantal van die uren was er vast niemand aanwezig en de lampen zullen dan niet bewust gebruikt zijn. Bepaal het percentage van de tijd dat de verlichting onnodig aan is.
- Kijk nog eens naar het onderzoek over verlichting van hoofdstuk 2 (opdracht 3). Welke lampen zijn eigenlijk niet nodig?
- Hoeveel elektriciteit kan je besparen door onnodig verbruik in 'jouw lokaal' tegen te gaan?
- Hoeveel geld kan de school daarmee per jaar besparen?

Voor dit onderzoek heb je ongeveer 1 ½ uur.



##### 28.2 Verwarming

- Op welke plekken (en via welke manier) in het lokaal gaat warmte naar buiten en is er dus warmteverlies?
- Geef per verliespost een manier om die verliespost weg te nemen.
- Kijk naar de resultaten over de temperatuur van hoofdstuk 2, opdracht 4. Als je uit gaat van de norm, kan de verwarming een stukje lager terwijl de temperatuur nog steeds voldoet?

- d. Staat de verwarming regelmatig onnodig aan in het lokaal?
- e. In hoofdstuk 3, opdracht 14.3 heb je een berekening gemaakt hoeveel gas het kost om een dag het lokaal van warmte te voorzien. Maak een schatting hoeveel m<sup>3</sup> gas onnodig verloren gaat alleen al door het onnodig aan hebben van de verwarming in dat lokaal.

Combineer nu jouw gegevens met die van alle andere groepen:

- f. Bereken hoeveel geld de school kan besparen door onnodig verlies en gebruik tegen te gaan.
- g. Bereken op basis van opdracht 28.2e de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die de school onnodig uitstoot.
- h. Trek een vergelijking met de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij een vliegtuigreis naar Barcelona.

Voor dit onderzoek heb je ongeveer 1 ½ uur.

#### *Materiaal*

Voor dit onderzoek heb je een thermometer nodig.



#### 28.3 Apparatuur

- a. Schakel de energieschema's in van de pc's. En plaats een bordje bij de pc dat hij na gebruik uitgeschakeld dient te worden.
- b. Meet weer het elektriciteitsverbruik gedurende een dag.
- c. Wat is het verschil in energiegebruik, als je dat vergelijkt met de gegevens van hoofdstuk 3, opdracht 14.2?
- d. Hoeveel elektriciteit (en dus hoeveel geld) kan de school besparen bij bewust gebruik van de apparaten?

Voor dit onderzoek heb je ongeveer een 1 uur.

#### *Materiaal*

Voor dit onderzoek heb je een energiemeter nodig.



#### 28.4 Gas en elektra

Deze opdracht doe je samen met je groep. Je hebt ook de gegevens nodig van andere groepen.

- a. Maak op basis van de gegevens van onderzoek 28.1 tot en met 28.3 een schatting hoeveel gas en hoeveel elektriciteit de school in totaal kan besparen per jaar.
- b. Reken uit hoeveel geld de school daarmee kan besparen.
- c. Wat zou de school met dit geld kunnen doen?

Voor dit onderzoek heb je ongeveer 1 ½ uur.



#### *Portfolio*

Noteer de uitwerkingen van de vragen en opdrachten in je portfolio.

Noteer ook je onderzoeksuitslagen in je portfolio. Trek voorlopige conclusies ten aanzien van de hoeveelheid energie die verloren gaat bij verlichting, verwarming, ventilatie en apparatuur in de ruimte die je hebt onderzocht. Hoeveel koolstofdioxide wordt na stap 1 onnodig uitgestoten? Noteer in je portfolio ook de onderzoeksresultaten van de andere groepen. Trek samen met je groepsgenoten een eindconclusie en noteer deze in je portfolio. Later heb je dit nodig voor de eindopdracht.

## 6.3 Stap 2: groen, groener, grijs

De naam "*groene stroom*" komt is een handelsnaam voor de verschillende vormen van duurzaam opgewekte elektriciteit.

Naast elektriciteit wordt er heel veel warmte gebruikt bij allerlei processen. De school warm houden in de winter, koken, het vormbaar maken van klei zijn maar een paar voorbeelden. In Nederland wordt warmte vooral geproduceerd door het verbranden van aardgas. Maar er zijn ook andere manieren. Warmte is heel makkelijk te halen uit zonnewarmte.

Deze paragraaf gaat over duurzame en minder duurzame energievormen. Deze kennis heb je nodig voor het advies aan de schoolleiding dat je in hoofdstuk 7 gaat schrijven.

### 29. Opdracht: energieleveranciers

In Nederland zijn er maar liefst 20 verschillende energie leveranciers. Allemaal beweren ze de goedkoopste te zijn en tevens zo'n groen als maar mogelijk is. De waarheid is anders.

Vergelijk de 20 leveranciers en maak de top 5 duurzame energieleveranciers.

## Groen opwekken

### *Centraal of decentraal opwekken*

Met *centraal opwekken* wordt elektriciteitsproductie door grote energiecentrales bedoeld. Opwekken dichterbij huis in kleine installaties noemen we decentrale opwekking. Een paar voordelen van decentrale opwekking:

- Lange elektriciteitskabels zorgen voor een rendementdaling.
- Het transformeren van de hoge wisselspanning naar een bruikbare spanning gaat met veel verlies.
- Een centrale energievoorziening betekent dat wanneer er iets fout gaat het meteen grote gevolgen heeft.
- Doordat het opwekken ver van de burger gebeurt, zijn zij zich niet echt bewust van wat energie is.
- In een dichtbevolkt land als Nederland moet je de oppervlakte efficiënt gebruiken. Grote energiecentrales inclusief kabels kosten veel ruimte en horizonvervuiling.



### *Electriciteit uit biomassa*

Verbrand organisch materiaal en je krijgt warmte die te gebruiken is om elektriciteit mee te maken. Een verzamelnaam voor het organisch materiaal waar energie uit gewonnen wordt, is *biomassa*. Biomassa is geschikt om zowel centraal als decentraal te verwerken.

#### 30. Opdracht: biomassa

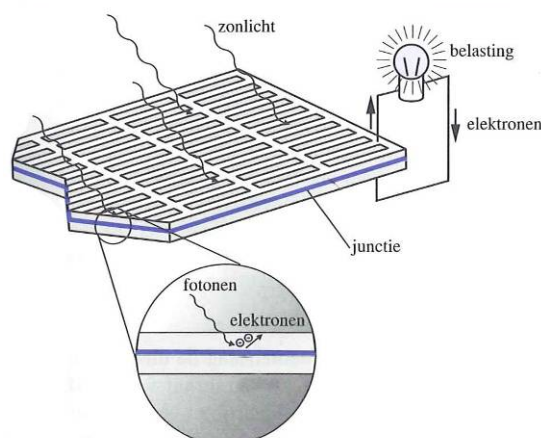
- Zoek een artikel waaruit blijkt dat biomassa wordt gebruikt voor de centrale energievoorziening
- Zoek een product dat gebruik maakt van biomassa en geschikt is om de elektriciteitsvoorziening van jullie school te leveren.

Biomassa bestaat uit koolstofverbindingen. Bij de reactie met zuurstof komt dus  $\text{CO}_2$  vrij. Toch is dit groene energie omdat voor de productie van deze biomassa evenveel koolstofdioxide uit de lucht is opgenomen door de plant als er bij de verbranding van de biomassa weer vrijkomt. Netto is er dus geen koolstofdioxide bijgekomen.

Op het moment bestaan er 3 generaties biomassa. Elke generatie is duurzamer dan de vorige. Zie hiervoor ► [URL11](#).

### *Zonnepanelen*

Zonnepanelen zetten zonlicht om in elektriciteit. De werking berust op een halfgeleider waarbij elektronen maar één kant op kunnen, zoals bij een diode. Het licht dat op de halfgeleider valt, wrikt in de structuur elektronen los en stuurt deze naar één kant van de cel. Omdat de elektronen niet meer terug kunnen, krijg je aan die kant een opeenhoping van elektronen. Sluit je een stroomkring aan op de cel, kunnen en zullen de elektronen dan ook via deze stroomkring stromen naar het gedeelte van de cel waar ze oorspronkelijk vandaan zijn gekomen. En een stroom elektronen is elektriciteit.



*Figuur 21: werking van een zonnecel.*

*Bron Toegepaste Energietechniek deel 2 duurzame energie*

Het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) heeft een paar jaar geleden een PV-thermisch paneel ontwikkeld. Dit type paneel, waar elektriciteit en warmte met hetzelfde oppervlak worden opgewekt, heeft

als voornaamste voordeel dat het beschikbare oppervlak weer optimaler wordt benut dan bij andere vlakke plaat panelen.

### 31. Vraag: zonnepanelen

Waarom zijn zonnepanelen uitermate geschikt om in een dichtbevolkt land als Nederland te gebruiken voor de elektriciteitsproductie? (laat de aanschafprijs van de panelen buiten beschouwing)

#### *Windenergie*

Nederland is een windland. Het heeft een grote kustlijn en er staat bijna altijd wel een lekker briesje. Het is dan ook niet voor niets dat de (oude) Hollandse windmolen een begrip is. Toch heeft Nederland maar weinig windmolens staan in vergelijking met bijvoorbeeld Duitsland. Let maar eens op, waar vroeger een grenspoortje de grens tussen NL en GER markeerde zijn dat tegenwoordig de windturbines aan Duitse zijde. Gelukkig staan er aan de Nederlandse kust ook velen. Misschien zijn we in Nederland wel meer verwend met de wind aan de zee dat we het in het Oosten van het land niet meer hard genoeg vinden waaien. Er bestaat echter ook de kans dat het met de stimuleringsregelingen en de beschikbare ruimte te maken heeft. In Duitsland zijn ze beide gunstiger.

Een windturbine zet de kinetische energie van bewegende lucht via de wieken en een turbine (vergelijkbaar met een hele grote dynamo) om in elektriciteit.

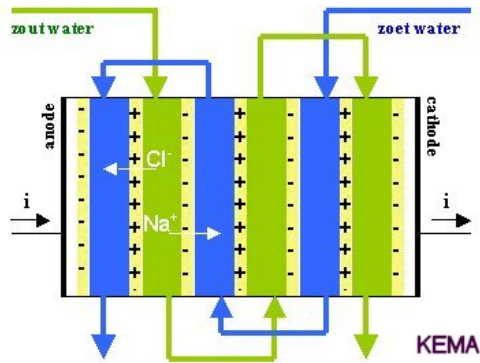
### 32. Opdracht: windturbines

- a. Wat is de doelstelling van het kabinet voor het productievermogen van windenergie in Nederland in 2020?
- b. Beschrijf in 10-15 zinnen de werking van een windturbine en de rol van het liftprincipe daarbij.

#### *Elektriciteit uit Water*

Er zijn verschillende manieren om elektriciteit te maken waar water een belangrijk component is. Allereerst is er waterkracht. In veel landen is waterkracht een van de grootste duurzame energiebronnen. In Nederland is dat niet het geval. Het potentiaal aan waterkracht in Nederland is maar een schamele 100 MW.

Een andere vorm is elektriciteit via *osmose*. Op de grens van zoet en zout water worden via membranen ionen uitgewisseld. Omdat een ion elektrisch geladen is, stroomt er tevens een stroom door het membraam. Een van de bruikbare technieken wordt in Nederland ontwikkeld. Zie de tekst “werken bij Kema” in paragraaf 6.5 Beroepen.



Figuur 22: emigratie van zout-ionen door de speciale membranen zorgt voor een elektrische stroom in de centrale. Bron: KEMA

### Overig

Er zijn nog veel meer manieren om duurzaam de elektriciteit te maken die wij mensen graag willen gebruiken.

- golfslag ► [URL12](#)
- getijden (eb en vloed) ► [URL13](#)
- geo-energie: aardwarmte wordt omgezet in elektriciteit
- fotosynthese in Levende planten ► [URL14](#)
- stroom uit de aarde ► [URL15](#).

## Grijs opwekken

Grijze stroom is energie die uit de overige energiedragers wordt opgewekt en is niet duurzaam. Het gaat hier om kolen, aardgas, aardolie en kernsplijting.

### 33. Opdracht

#### 33.1 Voor- en nadelen

Alle hier voor beschreven elektriciteitsopwekkers hebben voor- en nadelen. Maak met je groepje een tabel waarin voor elke omzetter de 2 belangrijkste voordelen en de 2 belangrijkste nadelen weergegeven staan.

#### 33.2 Groene stroom op school?

- a. Ga na wat voor type stroom jullie school afneemt en bij welke maatschappij.
- b. Hoeveel extra kost het gebruik van groene stroom? Ga voor het gemak uit van de prijs voor huishoudens.

## Groene en grijze warmte voor school

De warmtevraag van een school is een behoorlijk aandeel van de totale energievraag. Wil je de energievoorziening duurzaam maken, dan zul je zeker ook naar de verwarmingskant moeten kijken. De grijze en traditionele manier is het verstoken van een fossiele brandstof. De groene manier heeft weer verschillende opties.

### *Interne (groene) warmtelast*

Het is in hoofdstuk 2 al kort genoemd. Mensen en apparatuur produceren warmte. Is die hoeveelheid meer dan waar de ruimte op berekend is, dan ontstaat er een warmtelast. Het is ook mogelijk om de geproduceerde warmte als verwarming te gebruiken in plaats van een speciaal verwarmingssysteem.

Een stil zittend mens produceert ongeveer 100 Watt aan warmte, een beetje moderne PC, gooit daar nog eens 300 watt boven op. Bij een beetje goede isolatie kan een klas van 20 leerlingen en een stuk of 4 pc's met gemak de energievoorziening van dat lokaal voorzien.

Is de elektrische energie voor de apparaten duurzaam opgewekt, dan is de warmtevoorziening voor dat deel duurzaam.

### *Passieve zonne-warmte*

Wel eens in een kas geweest? Daar is het warm doordat er veel zonlicht binnenvalt en dat er moeilijk uit kan. Datzelfde effect kan je op een nuttige manier gebruiken om het gebouw te verwarmen. Een groot glasoppervlak aan de zuidkant van het gebouw, een goed luchttransport naar de rest van het gebouw en goede isolatie zorgen voor een fijne temperatuur.

Met veel glas voorkom je ook dat de lampen altijd maar aan moeten.

### *Zonnecollectoren*

*Zonnecollectoren* zetten zonlicht om in warmte. In Nederland wordt dit meestal ingezet voor het verwarmen van het water dat uit de kraan of douche komt. In andere landen, zoals Duitsland, verzorgen zonnecollectoren ook de verwarming van het gebouw. Meer informatie is te vinden via ► [URL16](#).

### *Warmtepomp*

Bedrijven die nieuwbouwplannen hebben kiezen, als het mogelijk is, massaal voor de *warmtepomp*. Dit apparaat dat werkt op energie uit de omgeving en elektriciteit, is bij nieuwbouw tegenwoordig goedkoper dan een traditioneel verwarmingssysteem.

De werking is vergelijkbaar aan dat van de koelkast. Het rooster aan de achterkant van de koelkast is de kant waar de warmte met hoge temperatuur af wordt gegeven, dat is dus de verwarmingskant in het gebouw. Het element binnen de koelkast neemt de warmte op van de koelruimte en heeft de lage temperatuur, dit is in het geval van de warmtepomp de energiebron buiten. Die bron kan de buitenlucht zijn, maar ook de grond, het grondwater, een meer of een rivier. Hoe hoger en constanter de temperatuur van de bron hoe efficiënter (beter rendement) de warmtepomp kan werken.

Om de warmtepomp duurzaam te laten zijn moet de elektriciteit wel duurzaam zijn opgewekt.

### *Biomassaketel*

Uit biomassa kun je prima warmte halen. Hiervoor wordt de biomassa verstoekt in een ketel en vervolgens de warmte middels water verspreidt naar de ruimtes.

## 6.4 Stap 3: schoon en efficiënt

Het koken van grote hoeveelheden aardappels in huismagnetrons gaat niet handig. Er zit dan niets anders op om het fornuis te gebruiken. Is er ook geen mogelijkheid tot een inductiekookplaat (werkt op elektriciteit) dan zal je de aardappels op het gas moeten koken. Een efficiënte manier is dan een snelkookpan, gas zo laag mogelijk en op  $\frac{3}{4}$  van de tijd het gas uit zetten en na laten garen. De snelkookpan is bij deze een Stap 3 maatregel en het na laten garen is een Stap 1 actie.

Typische Stap 3 maatregelen zijn:

- CO<sub>2</sub> afvangen en opslag in gasvelden (zie ► [URL17](#), optioneel) of via binding met olivijn, een mineraal dat makkelijk gewonnen kan worden en uitgestrooid zijn werk doet (zie ► [URL18](#), optioneel, op minuut 11.35).
- Efficiënte centrales. Hier heeft Nederland in het verleden erg goede resultaten mee geboekt waardoor onze grijze energievoorziening relatief duurzaam is.
- Bij Warmte Kracht Koppeling gebruik je de restwarmte van het elektriciteitsproces om processen of ruimtes te verwarmen. Interessant waar, naast elektriciteit, ook warmte het gehele jaar benodigd is. Er bestaan ook biomassa gestookte WKK's. Deze zijn natuurlijk echt duurzaam.

Buiten een kleine kans voor een WKK samen met een warmtevragers, zijn de stap 3 maatregelen niet uitvoerbaar voor jullie school.

### 34. Opdracht: aan de slag met je school

Werk deze opdracht uit met je groepje.

Op site van SenterNovem ► [URL19](#) staan vele voorbeelden van per jaar steeds duurzamere gebouwen in Nederland. Kies twee van die gebouwen uit en probeer beide concepten naar jullie eigen school te kopiëren. Zorg dat de volledige Trias Energetica aan bod komt.

### *Portfolio*

Noteer de uitwerkingen op de vragen en opdrachten in je portfolio.

## 6.5 Beroepen

Zonder nieuwe technieken en een heleboel goede wil, lukt het niet om het energie- en klimaatvraagstuk op te lossen. Dus er moet nog veel gebeuren!

Heel veel bedrijven zijn bezig met het verduurzamen van hun producten. Iemand die hier verstand van heeft komt dan ook erg makkelijk aan een baan.

Een paar voorbeelden van wat voor interessant werk in Nederland gedaan wordt:

#### *Energieadviseur*

Een energieadviseur onderzoekt onder andere de mogelijkheden voor het verduurzamen van het energiegebruik of het verbeteren van het comfort. Eigenlijk hetzelfde als wat jij doet in jouw onderzoek om uiteindelijk te komen tot een energieadvies aan de schoolleiding.

Energieadviseurs kunnen zich ook specialiseren in bijvoorbeeld (gevel)verlichting of het duurzaam (nieuw) bouwen.

#### *Werken bij Kema*

Het Nederlandse bedrijf Kema (een bedrijf dat onder andere elektrische apparaten test) ontwikkelt een goedkoop membraan dat een nieuw type energiecentrale mogelijk maakt. De 'blauwe-energiecentrale' wekt elektrische stroom op door het gecontroleerd mengen van zout en zoet water.

Op Kennislink (zie ► [URL20](#)) staat:

“Het is al heel lang bekend dat het mengen van zout en zoet water elektrische energie kan opleveren. Je moet het water dan wel langs speciale membranen laten stromen. Tot nu toe waren dergelijke membranen zo duur dat dit principe in een energiecentrale niet winstgevend was. Dr. Rob Ross en dr. ir. Josien Krijgsman van Kema ontwikkelden een methode waarmee ze de membranen tientallen malen goedkoper kunnen maken.”

#### *Biobrandstoffen ontwikkelen*

Een van de klimaat doelstellingen van de Nederlandse regering is het rijden op biobrandstoffen. De makkelijkste manier om dit voor elkaar te krijgen is om gebruik te maken van de 1<sup>e</sup> generatie biomassa, maar dat is niet echt duurzaam. Daarom worden volop nieuwe manieren ontwikkeld om van bijvoorbeeld afvalhout een bruikbare bio-olie te maken. Een van de bedrijven die daar mee bezig is, is Biomass Technology Group (BTG) dat een afsplitsing is van de Universiteit van Twente.

### 35. Opdracht: beroepen

De hier genoemde beroepen zijn maar een paar van de gerelateerde beroepen in Nederland. Maak met de klas een lijst van 20 mogelijke beroepen en omschrijf elk met 3-5 zinnen.

# 7 Eindopdracht

Stel een rapport op voor de schooldirectie waarin je de volgende vragen beantwoordt

1 Comfort: in hoeverre voldoet het binnenklimaat van de school aan de eisen van verlichting, temperatuur en ventilatie?

Bekijk je aantekeningen in je portfolio van hoofdstuk 2.

Verzamel ook de gegevens van andere groepen.

2 Energie: hoeveel energie en hoeveel geld kost het om het binnenklimaat van de school te handhaven zoals het nu gebeurt?

Bekijk je aantekeningen in je portfolio van hoofdstuk 3.

Verzamel ook de gegevens van de andere groepen.

3 Gevolgen: wat zijn de milieu gevolgen van de energievoorziening van jullie school?

Bekijk je aantekeningen in je portfolio van hoofdstuk 4.

Verzamel ook de gegevens van de andere groepen.

4 Zuinig, Duurzaam en Effectief: hoe vind jij dat de school de totale leefbaarheid van school kan vergroten?

Gebruik hiervoor (delen van) de concepten van alle groepjes en koppel deze ook aan de knelpunten die uit vraag 1: comfort komen.

5 Doel: wat ga je doen om je doel te bereiken?

Bedenk tenslotte hoe je iedereen, leerlingen, leraren, schoolleiding en bestuur, mee kan krijgen, om je plannen ook uit te voeren. Een actie? Een speciale dag op school? De medezeggenschapraad?

Achterkamertjespolitiek? Stille diplomatie?

Wie weet gaat er een andere wind bij jullie op school waaien.

Een ander klimaat.

## Beoordeling van de eindopdracht

Het rapport wordt ingeleverd per groep en krijgt ook een groepscijfer.  
Bij de beoordeling wordt gelet op de volgende punten:

### 1. Opbouw van het rapport

- duidelijke inhoudsopgave, hoofdstuk en paragraafindeling etc.

### 2. Gebruik van de meetgegevens

- duidelijke en volledige weergave in tabelvorm

### 3. Conclusies

- conclusies zijn gebaseerd op de meetgegevens
- in conclusies wordt duidelijk onderscheid gemaakt tussen metingen en meningen.

De punten 1,2 en 3 krijgen alle drie een cijfer. Het gemiddelde van het cijfer is het cijfer voor de eindopdracht.



# 8 Bijlagen

## Bijlage 1 Een onderzoek uitvoeren? Hoe doe je dat?

Op tafel ligt een onderzoeksopdracht. Het is te groot om zo maar iets te gaan doen en je wil graag een goed resultaat. Dit document geeft daarvoor een handvat. Hierin staan de stappen die doorlopen worden. Het meetplan vormt het hart van elk onderzoek.

Een onderzoek doorloopt de volgende punten (in volgorde):

- maak de onderzoeksvraag zo helder mogelijk, jij moet hem begrijpen
- maak een meetplan voor het onderzoek dat je uit gaat voeren
- verzamel de benodigde apparatuur en maak de opstelling
- voer oriënterende metingen uit
- stel het meetplan en de opstelling bij
- bepaal de tijd voor het uitvoeren van de experimenten
- verwerk de resultaten, zodat er antwoord gegeven kan worden op de onderzoeksvraag
- maak het verslag, alle bovenstaande punten moeten vertegenwoordigd zijn in het verslag.

### Het meetplan

*Wat is een meetplan?*

Een meetplan is de beschrijving van het onderzoek dat je uit gaat voeren. In dit plan beschrijf je onder andere de vraagstelling, wat moet er gebeuren om antwoord te kunnen geven op die vraag en hoe ga je dat uitvoeren.

*Wat moet ik met een meetplan?*

Het meetplan is de start van elk onderzoek. Voor kleine practica maak je die in je hoofd, voor een groot onderzoek heb je een papieren versie nodig.

### 10. Voorbeeld: de kleine proef

Je vraagt je af hoeveel elektrische energie die oude gloeilamp toch verbruikt per jaar.

In je hoofd doe je dan dit:

Vraag:

Hoeveel elektrische energie verbruikt die gloeilamp in een jaar?

#### Wat moet ik doen?

Ik moet het vermogen achterhalen en nagaan hoe lang die lamp per jaar aanstaat. Dan kan ik met die twee gegevens het verbruik berekenen.

#### Hoe voer ik dat uit?

- Ik meet de stroom en spanning (daarmee kan ik het vermogen bepalen).
- Ik meet de tijdsduur die de lamp op een dag aan staat en reken dat om naar tijdsduur per jaar.

#### Wat voor apparatuur heb ik nodig?

- 2 multimeters om de stroom en de spanning te meten
- 1 klok voor de tijd.

#### Waar ga ik meten?

- De spanning aan de wandcontactdoos (WCD)
- de stroom tussen WCD en lamp
- de tijdsduur dat de lamp brandt per dag: bij de klok.

#### Wanneer ga ik meten?

- stroom en spanning: vandaag om 16.00 uur
- tijdsduur dat de lamp brandt: vanavond wanneer de lamp aan staat.

Bij een groot onderzoek kan je dit niet meer allemaal in je hoofd opslaan en ordenen. Je zult het dus op papier moeten zetten.

#### *Hoe maak je een meetplan?*

Het meetplan beschrijft de antwoorden op al die vragen die bij een kleine proef in je hoofd gebeuren. Stel jezelf steeds de vraag die past bij de status van je plan. Je kan bijvoorbeeld geen antwoord geven op de vraag 'hoe voer ik het uit?' voordat je weet wat de onderzoeksvraag is.

Geef in je meetplan antwoorden op de volgende vragen:

- Wat is de vraagstelling?
- Wat moet er gebeuren om antwoord te kunnen geven op die vraag? (Hiervoor moet je literatuur raadplegen.)
- Waar moet de meting aan voldoen (bijvoorbeeld normen, nauwkeurigheid, veiligheid)?
- Hoe moet het uitgevoerd worden? (Hiervoor moet je literatuur raadplegen.)
- Bij welke parameterinstellingen ga ik meten?
- Wat voor apparatuur heb ik nodig en wat wordt de opstelling? (Maak een schets.)
- Waar (op welke plek in de opstelling) ga ik meten?
- Wanneer ga ik meten?

## Voorbeeld meetplan

### *Onderzoeksvraag*

Hoe leefbaar zijn de practicumlokalen?

Met leefbaar wordt verstaan of de lokalen voldoen aan de geldende normen maar ook of er goed met energie omgegaan wordt.

### *Deelvragen*

- Voldoen de volgende parameters aan de geldende normen:
  - lichthoeveelheid, helderheidsverhouding, daglicht
  - temperaturen
  - luchtkwaliteit.
- Hoeveel elektrische energie kan bespaard worden op de volgende parameters:
  - verlichting (lampen uit, spaarlampen enz.)
  - temperatuurinstelling
  - apparatuur.

### *Wat moet er gebeuren?*

- meten
  - verlichtingssterkte op de werkvlakken
  - temperaturen in de lokalen
  - CO<sub>2</sub>-gehalte in de lokalen
  - elektriciteitsverbruik van apparaten.
- verwerken van de meetresultaten
  - gemiddelden nemen van:....
  - grafieken maken van: ....
  - vergelijken van de resultaten met de normen
  - waar mogelijk aanpassingen uitproberen / opnieuw de metingen uitvoeren
  - conclusies trekken (antwoord geven op de onderzoeksvragen).
- verslag schrijven.

### *Uitvoering van de metingen*

- verlichting
  - In figuur ... (plattegrond schets) zijn de plaatsen gemarkeerd (met een X) waar gemeten wordt. Elke meting gebeurt op ... m (tafelhoogte).
  - De metingen worden uitgevoerd om 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00 en 17.00 uur
  - De metingen worden uitgevoerd door .....
  - De metingen worden gedaan met een LUX-meter type ...
  - De metingen worden in het horizontale vlak uitgevoerd.
  - ....
- temperatuurinstelling
  - .....

## Bijlage 2 URL-lijst

- URL1 Uitzending Gemist - De ConsuMinderman  
<http://player.omroep.nl/?aflID=8253832>  
Aflevering over sluijverbruik.
- URL2 Natuur en Milieu  
<http://www.natuurenmilieu.nl/page.php?pageID=88&itemID=2149&itemJaar=2009&themaID=6>  
Nieuwsbericht 'Groene draad afgerold door Nederland'.
- URL3 Teleblik  
[https://authsp.entree.kennisnet.nl/aselectserver/server?request=direct\\_login1&rid=D03B59A219CB6369&a-select-server=aselect.entree.kennisnet.nl](https://authsp.entree.kennisnet.nl/aselectserver/server?request=direct_login1&rid=D03B59A219CB6369&a-select-server=aselect.entree.kennisnet.nl)  
Via Teleblik kun je veel korte filmpjes bekijken over allerlei onderwerpen. Het gebruik is gratis, maar je school moet zich wel aangemeld hebben.  
>Filmpje De gevolgen van het broeikas-effect' (Teleblik 2143894).  
>Filmpje De documentaire An inconvenient truth (Teleblik 2884378).
- URL4 Expeditie broeikaswereld  
<http://www.expeditiebroeikaswereld.nl/>  
>Vraag 19a en 19b: klik aan Boorkern en ga dan naar 55 miljoen jaar geleden.  
>Vraag 19c: klik Klimatorium aan en klik door naar Verzuring van de oceanen. Download het formulier 'Verzuring van de oceanen'.
- URL5 Teleblik  
[https://authsp.entree.kennisnet.nl/aselectserver/server?request=direct\\_login1&rid=B6D088BC45BEC3EB&a-select-server=aselect.entree.kennisnet.nl](https://authsp.entree.kennisnet.nl/aselectserver/server?request=direct_login1&rid=B6D088BC45BEC3EB&a-select-server=aselect.entree.kennisnet.nl)  
Via Teleblik kun je veel korte filmpjes bekijken over allerlei onderwerpen. Het gebruik is gratis, maar je school moet zich wel aangemeld hebben.  
>Filmpje Bedreigd koraal (Teleblik 101475) (4 minuten).
- URL6 In Europa, Tsjernobyl 1986  
<http://www.ineuropa.nl/programmas/36788896/afleveringen/41158356/>  
Een documentaire over de ramp met de kerncentrale bij het plaatsje Tsjernobyl in Rusland.
- URL7 VPRO Tegenlicht - Afval is voedsel  
<http://www.vpro.nl/programma/tegenlicht/afleveringen/37061538/media/37969435/>  
Een documentaire over het cradle-to-cradle principe

- URL8 Uitzending Gemist - Llink in natura  
<http://player.omroep.nl/?afID=9454531>  
 Een stukje uit Llink in natura waarin bewoners van een plaatsje in Nederland hun protest laten horen tegen het plaatsen van een windturbine park.  
 >kijk op 12.52 minuten
- URL9 Eerlijke bankwijzer  
<http://www.eerlijkebankwijzer.nl/>
- URL10 De Vlaamse milieuadministratie, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie  
<http://www.lne.be/doelgroepen/onderwijs/mos/onderwijsniveau/secundair/thema/energie/maatregelen/maatregelenpakket>  
 et  
 MOSwijzer, Milieuwijzer op school
- URL11 Wikipedia over Biomassa  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Biomassa>
- URL12 Wikipedia over Golfslagenergie  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Golfslagenergie>
- URL13 Wikipedia over Getijdenenergie  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Getijdencentrale>
- URL14 Universiteit Wageningen over Fotosynthese  
[http://library.wur.nl/file/wurpubs/wurpublicatie\\_i00367243\\_001.pdf](http://library.wur.nl/file/wurpubs/wurpublicatie_i00367243_001.pdf)  
 Voedsel én stroom oogsten
- URL15 TU Delft over Stroom uit de aarde  
<http://www.delta.tudelft.nl/nl/archief/artikel/stroom-uit-de-grond/17880>
- URL16 Wikipedia over Zonnecollector  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Zonnecollector>
- URL17 Wikipedia over CO2-afvang en opslag  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/CO2-afvang\\_en\\_opslag](http://nl.wikipedia.org/wiki/CO2-afvang_en_opslag)
- URL18 Uitzending Gemist - Llinke soep  
<http://player.omroep.nl/?afID=5655015>  
 >kijk op 11.35 minuten, over olivijn
- URL19 SenterNovem  
<http://duurzaambouwen.senternovem.nl/projecten/index.php?iSector=2&iThema=-1&iKenmerk=-1>  
 SenterNovem is de overheidsinstantie die voorbeeldprojecten vastlegt, o.a. op het gebied van duurzaam bouwen.
- URL20 Kennislink  
<http://www.kennislink.nl/publicaties/blauwe-energie>  
 Blauwe energie