

MENS:
een indringende
en educatieve
visie op het
leefmilieu

Dossiers en rubrieken
didactisch gewikt
en gewogen door
eminente specialisten

63

Apr-Mei-Jun 07

MENS

Driemaandelijks populair-wetenschappelijk tijdschrift

Boordevol energie

Milieu-
Educatie,
Natuur &
Samenleving

 Universiteit
Antwerpen

Nationale Loterij
creëert kansen 

Inhoud

Energie	3
Fotosynthese en ademhaling	4
Elektriciteit	6
Hoe kom je aan elektriciteit?	7
Eindige en duurzame energiebronnen	8
Fossiele brandstoffen	8
Het broeikas effect	13
En verder?	14
Zelf ook niet bij de pakken blijven neerzitten	15
Slotbeschouwing	15

Extra informatie op www.tijdschriftmens.eu

Voorwoord

De toename van de concentratie van koolstofdioxide CO₂ in de atmosfeer is een schrikbeeld geworden dat een verandering van het wereldklimaat inleidt.

Samen met andere "broeikasgassen" zorgt CO₂ ervoor dat minder warmte vanuit de aarde terugkeert naar het "heelal". Waterdamp is het voornaamste broeikasgas dat deze wamtebalans beheerst, maar CO₂, methaan CH₄, stikstofoxiden NO_x, en nog een tiental andere gassen in de atmosfeer spelen daarin hun rol.

De menselijke **energieproductie** door verbranding van koolstofhoudende verbindingen (kolen, gas, olie, planten, excreta...) zijn ongeveer voor 50% verantwoordelijk voor deze stijging van CO₂. De toename van CO₂ kan en moet dus geremd worden door zuiniger energieverbruik en door het inschakelen van andere vormen van energiebevoorrading. Efficiëntere verbranding en verbruik, zon- en windenergie, kernenergie, getijden- en waterkrachtcentrales, geothermische energie, recyclage van CO₂ door "biologische" brandstoffen zijn slechts enkele van de mogelijkheden.

Wat brengt de toekomst? Wie treft de schuld? De wetenschappelijke bevindingen worden naar hartenlust uitvergroot of geminimaliseerd, de scholen en de clans tieren welig, de overtuigingen worden verheven tot absolute waarheden.

Dus dient er ook op tijd en met mate gerelativeerd te worden. Armoede, watergebrek, onderontwikkeling, onderdrukking, militair en politiek en economisch en religieus machtsmisbruik, falend gezondheidsbeleid,... blijven nog steeds even beangstigende en permanente wereldwijde problemen.

De energiebehoefte en -productie vormt één van de hoekstenen van de wereldwijde **ecologische** menselijke impact. Inderdaad, in zijn meest eenvoudige vorm kan gesteld worden dat deze impact evenredig is met het aantal **mensen** (demografie) maar ook met het kwadraat van de **energieconsumptie** van deze mensen. Inderdaad: de behoefte stijgt véél sterker dan lineair met de industriële "ontwikkeling".

Dit laat ons toe om met een schalkse knipoog naar de zeer beroemde formule te stellen dat

$$e = m c^2 \text{ en waarin hier}$$

e = ecologische impact, m = aantal mensen, c = consumptie van energie.

Het lijkt ons dat het energiebeleid in de industrieel ontwikkelde wereld prioritair dient gestuurd te worden naar een efficiënter en zuiniger gebruik van energie. Diversificatie van de energiebronnen is voorzichtig en kan CO₂-zuiniger worden. Hoogtechnologische energieproductie en -vervoer, met toenemend economisch rendement (voor onze streek vooral wind- en zonne-energie) en oplossingen voor de opslag van energie en voor zijn gemoduleerde productie bij plotse vraag, zullen nog lang actuele onderzoeksdomeinen blijven.

De historische schuld van de huidige mondiale ecologische impact van de energieproductie, blijft een heikel punt voor alle toekomstige mondiale energie- en klimaatdebatten.

Hoe de mondiale energiebehoeften zullen evolueren is evident, als we weten dat 75% van de wereldbevolking terecht naar een verviervoudiging van hun energieconsumptie zullen streven. En zullen wij ervoor zorgen dat de modernste en de zuinigste technologie ter beschikking zal staan van onze medemensen?

Oscar L. J. Vanderborght
Prof.em. UA, voorzitter Provinciale Milieu- en Natuurraad Antwerpen (PMiNa)

MENS

Bio-
MENS

MENS is een uitgave van Bio-Mens vzw. In het licht van het huidige maatschappijmodel ziet zij objectieve wetenschappelijke voorlichting als één van de basisdoelstellingen.

www.tijdschriftmens.eu

Coördinatie:

Prof. Dr. Roland Caubergs
roland.caubergs@ua.ac.be

Hoofd- en eindredactie:

Dr. Geert Potters
mens@ua.ac.be

Kernredactie:

Lic. Karel Bruggemans
Prof. Dr. Roland Caubergs
Dr. Guido François
Lic. Liesbeth Hens
Lic. Lieve Maesele
Lic. Els Grieten
Lic. Chris Thoen
Dr. Sonja De Nollin

Info, abonnementen,

promotie en externe relaties:

Corry De Buysscher
Te Boelaarlei 23, 2140 Antwerpen
Tel.: 03 312 56 56 - Fax: 03 309 95 59
corry.mens@telenet.be

Abonnement:

18 € op nr. 777-5921345-56

Educatief abonnement: 10 €

of losse nummers: 3,15 €
(mits vermelding instellingsnummer)

Topic and fund raising:

Dr. Sonja De Nollin
Tel.: 0495 495 23 45 - Fax 03 609 52 37
e-mail: sonja.denollin@ua.ac.be

Verantwoordelijke uitgever:

Prof. Dr. Roland Valcke
roland.valcke@uhasselt.be

© Alle rechten voorbehouden MENS 2007

Solvay en Solvin steunen onafhankelijke wetenschappelijke berichtgeving, en ze ondersteunen mede het tijdschrift MENS om jongeren op een genuanceerde wijze wegwijs te maken in complexe wetenschappelijke en maatschappelijke vraagstukken.



Cover: Zon en aarde, Foto NASA

Boordevol energie

Dit dossier werd samengesteld door

Dr. Guido François, Vakgroep Epidemiologie en Sociale Geneeskunde, Universiteit Antwerpen

met medewerking van

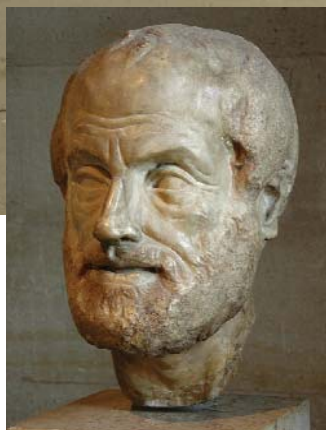
Dr. Geert Potters, Universiteit Antwerpen

Prof Dr. Em. Oscar vanderborght, Prof.em. UA, voorzitter Provinciale Milieu- en Natuurraad Antwerpen (PMiNa)

Prof Dr. Ir. Jan Kretschmar, VITO

Dr. Ir. Raf Dewil, UA

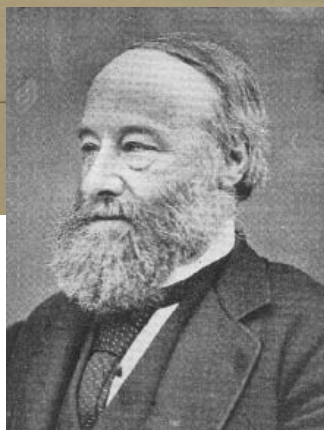
Xavier Vankesteren, Solvin



Aristoteles (384-322 v.Chr.).
Musée du Louvre, Parijs.



Isaac Newton in 1702, door
Godfrey Kneller. National Gallery.



James Prescott Joule



Standbeeld van James Watt
(1736-1819)

Energie

Wat is energie?

Energie is een woord dat we bijna dagelijks gebruiken zonder er echt bij stil te staan. Waarom zouden we ook? Het kan op alle mogelijke manieren worden gebruikt en dat merk je aan een aantal courante uitdrukkingen. Voorbeelden? 'Ze loopt over van energie – Zonder energie sleepte hij zich naar zijn werk.' Iedereen begrijpt wat je ermee bedoelt en niemand heeft op dat moment behoefte aan definities.

Het wordt anders wanneer je het meer wetenschappelijk gaat bekijken. Dan wordt een goede omschrijving een must. Energie is op zijn eenvoudigst de capaciteit om werk of *arbeid* te verrichten. Je kunt dit bijvoorbeeld vertalen in: 'Ik heb veel energie, dus kan ik hard werken'. Meer technisch bekeken klopt het ook. Je kunt dan over windenergie spreken of over kernenergie. Hiermee doen we toestellen werken of machines draaien en dat is natuurlijk een vorm van arbeid leveren. Energie is een basisbegrip in de *thermodynamica* en hierover verneem je meer in **Box 1** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu).

Het woord energie is Grieks van afkomst. De oorspronkelijke betekenis van 'energeia' is 'activiteit' of 'werking'. Aristoteles gebruikte het in de zin van 'uitdrukkingskracht'. Via het Grieks

is het in de andere westerse talen terechtgekomen. Pas vele eeuwen later kreeg het zijn moderne betekenis. In dit nummer van MENS focussen we op het begrip in zijn concrete, meetbare betekenis.

Energie in cijfers

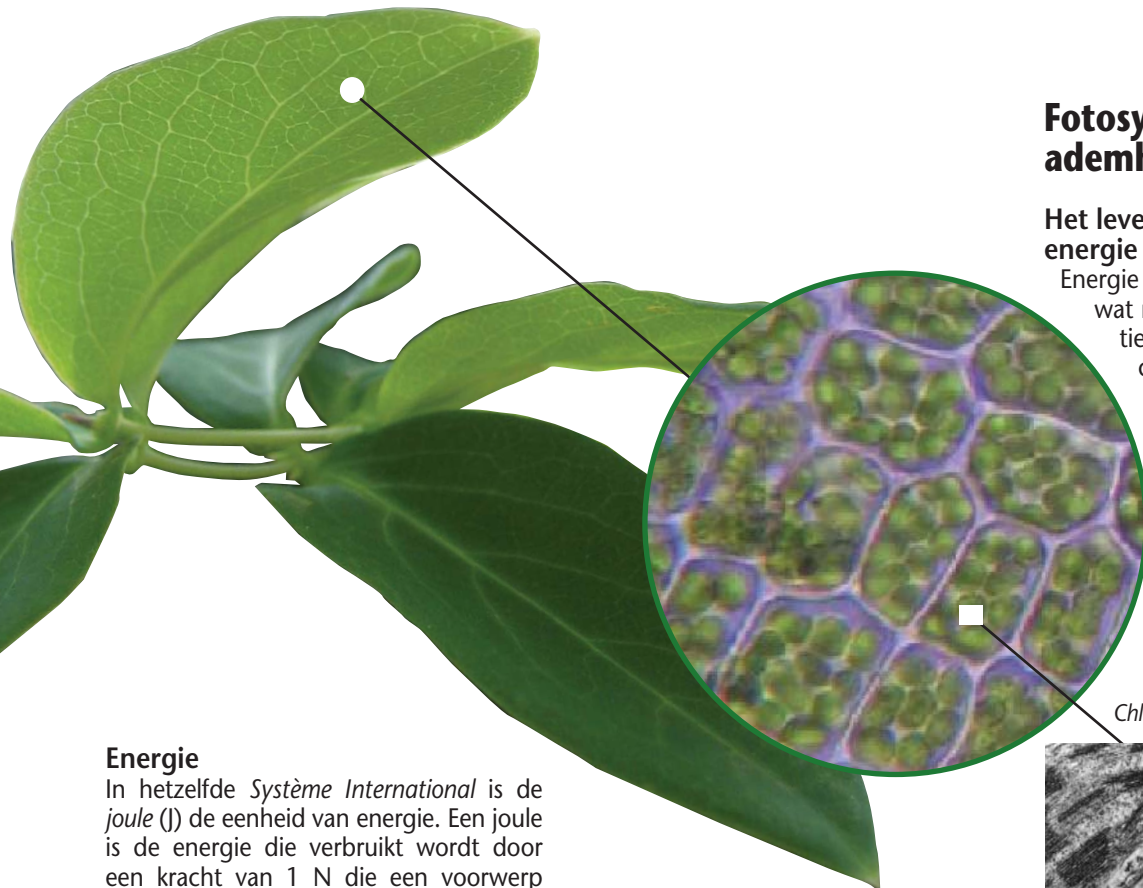
Kracht

Om het concept energie kwantitatief te kunnen uitdrukken, heb je een ondubbelzinnige eenheid nodig. Omdat energie rechtstreeks te maken heeft met het verrichten van werk en dus met kracht, moeten we ook over een eenheid van kracht beschikken.

In het algemeen aanvaarde *Système International* (SI) is de *newton* (N) de eenheid van kracht. SI heeft als basiseenheden meter (m), kilogram (kg) en seconde (s), en wordt daarom ook het MKS-systeem genoemd. Hierin wordt de newton gedefinieerd als de kracht die nodig is om een voorwerp met een massa van 1 kilogram een versnelling van 1 ms^{-2} te geven. Of, formeel uitgedrukt:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ ms}^{-2} = 1 \text{ kgms}^{-2}$$

De newton werd genoemd naar Sir Isaac Newton (1643-1727), de grote Engelse natuurkundige die als eerste de wet van de zwaartekracht formuleerde.

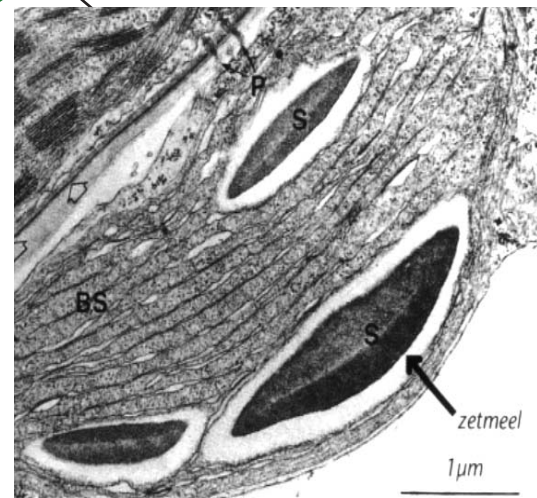


Fotosynthese en ademhaling

Het leven heeft behoefte aan energie

Energie hebben we voor alles en nog wat nodig, dat blijkt al uit de definitie zelf. Maar wat betekent dit concreet? Kijken we eerst maar even naar de mens, of beter nog, naar alles wat leeft. Het leven op zich heeft energie nodig, want leven houdt groei in en beweging, stofwisseling en voortplanting – het zijn processen die eenvoudigweg stilvallen zonder een constante aanvoer van energie.

Chloroplasten in bladcellen.



Energie

In hetzelfde *Système International* is de *joule* (J) de eenheid van energie. Een joule is de energie die verbruikt wordt door een kracht van 1 N die een voorwerp over een afstand van 1 m in de richting van de kracht verplaatst. Formeel geldt dus

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kgms}^{-2} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}$$

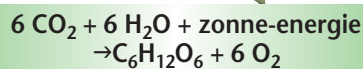
De joule is genoemd naar James Prescott Joule (1818-1889), die zich onder meer bezighield met thermodynamische experimenten.

Naast de joule bestaan er nog andere eenheden van energie. Ze behoren niet tot het SI-systeem en kunnen als min of meer verouderd worden beschouwd.

Toch zijn ze nog erg bekend en de *calorie* (cal) bijvoorbeeld wordt nog gebruikt om de energetische waarde van voedingsstoffen weer te geven. Tot niet zo lang geleden vond je op verpakkingen informatie die er met een factor 1000 naast zat. Waar men calorie schreef, bedoelde men in vele gevallen kilocalorie (kcal), wat gelijk is aan 1000 cal. De beste eenheid om de voedingswaarde van een plakje kaas weer te geven, is de kilojoule of kJ, gelijk aan 1000 J.

Arbeid

Er is een zekere gelijkwaardigheid tussen *arbeid* en *energie*, want energie in de natuurkundige betekenis is ook de hoeveelheid arbeid die verricht moet worden om van een grondtoestand tot de huidige toestand te komen. Hieruit volgt dat je arbeid en energie met behulp van dezelfde eenheden kunt uitdrukken. In beide gevallen is de SI-eenheid de joule.



Vermogen

De arbeid of energie die geleverd wordt of geleverd kan worden per tijdseenheid noemt men vermogen en de eenheid ervan is *watt*, gelijk aan joule per seconde, of

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Js}^{-1}$$

Je kunt om praktische redenen nu ook omgekeerd te werk gaan en arbeid of energie uitdrukken vertrekkende van vermogen. Daar 1 W gelijk is aan 1 Js⁻¹, geldt ook dat

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

of, in mensentaal: 1 joule is gelijk aan 1 wattseconde. Het is de arbeid die wordt verricht of de energie die wordt geleverd door een vermogensbron van 1 watt gedurende 1 seconde. Ook dit is een zeer kleine – weliswaar correcte – eenheid en daardoor in vele gevallen niet erg praktisch. Een eenheid die veel groter is en wel voldoet om bv. de levering van elektriciteit aan een gezin in uit te drukken, is de *kilowattuur* (kWh). Het is de energie die wordt geleverd door een bron van 1 kW (1 kilowatt of 1000 watt) gedurende 1 uur (h). kWh mag dan al een erg bruikbare eenheid zijn, er is maar één officiële SI-eenheid, de joule. Omgerekend is

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ J}$$

Waar komt die energie dan vandaan? Uit onze voeding, zullen velen antwoorden. Ze hebben gelijk, maar als je iets verder nadenkt, zul je merken dat je zo het probleem alleen maar verplaatst. Want hoe komt die energie dan wel in de voeding terecht? Hebben we daar een antwoord op? Jazeker.

Alle leven op aarde is afhankelijk van de zon, zegt men wel eens. Klopt dit, of is het alleen maar een wijze van spreken? Omdat de zon ons in het beste geval een behaaglijk warmtegevoel kan schenken of zo? Neen, het is echt zo. Het is de energie van de zon die ons hart doet slaan en die ons toelaat even de trap op te rennen. Hoe dit mogelijk is, leggen we hier schematisch uit.

De fotosynthese

Bladgroen

Het verhaal begint in de wereld van de planten. Planten worden vaak bekeken alsof ze tot veel minder in staat zijn dan dieren, maar dat is een misvatting van

formaat. Planten beschikken over een uniek mechanisme dat in staat is om de energie van de zon rechtstreeks op te vangen en er nuttig gebruik van te maken. Dat proces heet *fotosynthese* en het is uitermate energie-efficiënt.

Planten zijn ertoe in staat, dieren niet. En eigenlijk zouden we beter spreken over organismen met *bladgroen* of *chlorofyl* in hun cellen en over andere die deze stof niet hebben. Je hebt het kamp van de planten, met de hogere planten – dat zijn deze waar we het meest vertrouwd mee zijn – en de lagere planten, zoals mossen, varens en wieren. Aan dezelfde kant staan ook eencellige organismen en bacteriën die over bladgroen beschikken. In het andere kamp staan alle hogere en lagere dieren, samen met de eencellige organismen en bacteriën zonder bladgroen.

Zonne-energie

Bladgroen fungeert als een antenne of fotoreceptor voor het zonlicht. Je vindt bladgroen bijvoorbeeld in een bladcel van een hogere plant, waar het netjes georganiseerd zit in de *chloroplasten* of bladgroenkorrels. In de chloroplasten grijpt de fotosynthese plaats, een ingewikkelde keten van biochemische reacties gevoed door zonne-energie. De basiscomponenten van deze reacties zijn eenvoudig genoeg: er is enkel koolstofdioxide (CO₂) uit de lucht en water (H₂O) uit de bodem voor nodig. CO₂ komt het blad binnen via de huidmondjes, terwijl water via het wortelsysteem wordt opgezogen en verder getransporteerd wordt naar het blad.

Van zonne-energie naar chemische energie

Tijdens de fotosynthese wordt dus uit kleine anorganische moleculen (CO₂ en H₂O) een grotere organische molecule (glucose of druivensuiker, C₆H₁₂O₆) gemaakt. Je kunt zeggen dat de zonne-energie die aangevoerd werd onder de vorm van licht, onder chemische vorm werd opgeslagen in glucose. Levende wezens die over bladgroen beschikken, hebben hiermee iets formidabels bereikt. De zuurstof (O₂) die eveneens als eindproduct uit deze globale reactie tevoorschijn komt wordt hier, hoe vreemd het ook mag klinken, als een soort afvalstof beschouwd. Wat volgt speelt zich immers af rond glucose.

Autotrofe en heterotrofe organismen

Planten – en dieren – die energie onder een of andere vorm hebben opgeslagen, moeten die energie later ook kunnen benutten. Dit gebeurt tijdens een ander ingewikkeld proces, de *ademhaling*. Voor

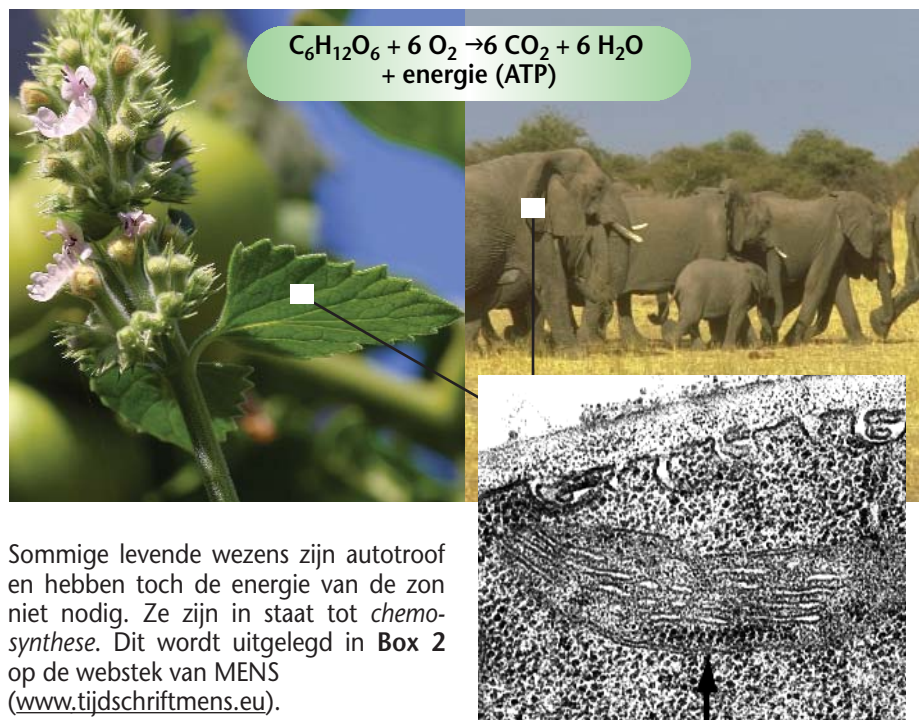
bladgroenhoudende organismen, die beide processen aankunnen, is hiermee de cirkel rond: ze zijn in staat zowel de energie van de zon op te vangen en op te slaan (via de fotosynthese), als deze energie te recupereren voor later gebruik (via de ademhaling). Daarom worden ze ook *autotrofe* organismen genoemd – vrij vertaald: ze zijn in staat om zichzelf te voeden.

Dieren anderzijds, en dus ook mensen, kunnen dit niet. Tot fotosynthese zijn ze niet in staat. Ze kunnen vanzelfsprekend wel ademen en dus energie vrijmaken, maar de basisgrondstof ervoor moet worden aangevoerd via het eten van plantaardig materiaal of, minder rechtstreeks, via het eten van andere dieren. Levende wezens zonder bladgroen noemt men daarom *heterotrofe* organismen.

riën gebeurt dit in het membraan dat de cel omsluit. Als je goed kijkt, zie je dat de alles omvattende reacties van ademhaling en fotosynthese elkaars omgekeerde lijken te zijn. In de ademhaling reageert glucose met zuurstof en is het eindresultaat koolstofdioxide en water.

Die ‘omgekeerde’ reacties zijn natuurlijk alleen maar schijn, want in werkelijkheid zijn ze het eindresultaat van zeer ingewikkelde ketens van deelreacties, die in fotosynthese en ademhaling sterk van elkaar verschillen.

Maar het belangrijkste is: er wordt *energie* geproduceerd en daar was het allemaal om te doen. De mitochondriën zijn dus de energiefabriekjes van de cel. Deze energie gaat niet zomaar verloren, maar komt tevoorschijn onder chemische



Sommige levende wezens zijn autotroof en hebben toch de energie van de zon niet nodig. Ze zijn in staat tot *chemosynthese*. Dit wordt uitgelegd in **Box 2** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu).

De ademhaling

Verbranding in de cel

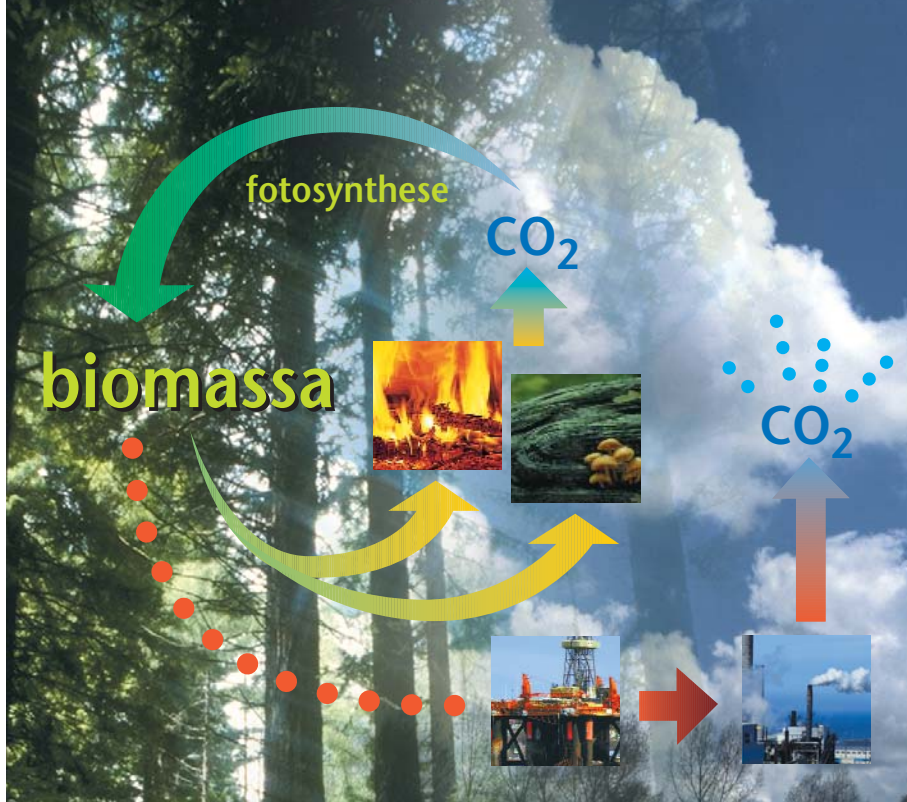
Eens een plant glucose heeft aangeemaakt, kan het dit gebruiken als bouwstof voor andere suikers en voor andere componenten van zijn cellen. De planten liggen dus aan de basis van de opbouw van koolstofverbindingen. Suikers dienen echter ook als brandstof voor de ademhaling van plant én dier op cellulair niveau. ‘Verbranden’ betekent hier een reactie aangaan met zuurstof in een ingewikkelde keten van reacties.

Energiefabriekjes

Deze verbranding binnenin de cel gebeurt in het geval van hoger georganiseerde wezens in *mitochondriën* (enkelvoud: mitochondrion). Bij bacte-

De intracellulaire ademhaling van plant en dier gebeurt in de mitochondriën. Elektronenmicroscopische opname van een mitochondrion, waarin de intracellulaire ademhaling plaatsgrijpt.

vorm, opgeslagen in een stof die adenosinetrifosfaat of ATP heet. Zijn we dan wel een stap verder gekomen? Ja hoor, want ATP is bij wijze van spreken een kant-en-klare energiebron die voor tal van biochemische reacties kan worden ingezet. De chemische energie die in ATP zit opgeslagen, komt vrij voor gebruik wanneer de stof via een enzymatische reactie wordt gesplitst in adenosinedifosfaat (ADP) en fosfaat. Hierbij komt 30 kJ/mol vrij. In een tweede stap kan ADP in adenosinemonofosfaat (AMP) en fosfaat worden gesplitst en bij deze reactie komt nog eens 30 kJ/mol vrij.



De koolstofcyclus

Laten we nu even heel beknopt de lotgevallen van het element koolstof (C) op aarde bekijken. Planten fungeren als een soort planetaire gootsteen waardoor voortdurend koolstofdioxide kan 'wegvloeien'. Ze nemen dit gas immers op continue basis op uit de atmosfeer, als grondstof voor de fotosynthese. Wieren nemen met hetzelfde doel ook heel veel CO₂ uit de oceanen op. Als het van de planten afhangt, verdwijnen er dus grote hoeveelheden koolstof uit de circulatie. Planten produceren anderzijds ook wel CO₂ pt via de ademhaling, maar dit wordt snel weer opgebruikt via de fotosynthese. Dieren echter zijn echte CO₂-producenten – je weet wel, geen fotosynthese, wel ademhaling.

Uiteindelijk werd de zonne-energie dus in ATP opgeslagen en met deze accu kunnen alle metabolische processen eigen aan het leven doorgaan. Dit geldt voor plant en dier. Het klopt dus helemaal dat de zon de bron is van (bijna) alle leven op aarde.

Spierkracht

Energie opgeslagen in ATP wordt bijvoorbeeld gebruikt om onze spieren te doen werken. Al in de vroegste tijden kwam menselijke spierkracht erg goed van pas, bijvoorbeeld tijdens de jacht.

Later begon de mens sommige diersoorten te domesticeren en ook van hun spierkracht gebruik te maken. Runderen werden al gehouden vanaf 6000-8000 v.Chr. – dit effende de weg voor het gebruik van trekdieren. Later, vanaf ongeveer 4000 v.Chr., werd ook het paard getemd en de kracht van dit dier heeft mee de loop van de menselijke geschiedenis bepaald.

Alternatieven

Er bestaan, naast de ademhaling, ook nog enkele andere metabolische processen

die levende wezens toelaten de energie die opgeslagen ligt in chemische verbindingen om te zetten in een bruikbare vorm. We hebben het dan over *glycolyse* en *fermentatie*. Deze mechanismen laten we hier even buiten beschouwing. En voor de volledigheid moeten we vermelden dat er in de natuur ook zoets bestaat als *anaërobe ademhaling*, een proces waarbij energie gegenereerd wordt zonder dat zuurstof daarbij een rol speelt. Er bestaan bijvoorbeeld heel wat anaërobe bacteriën.

Elektriciteit

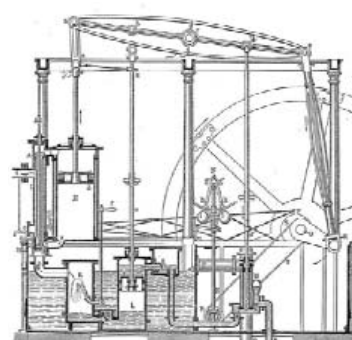
Over het gebruik van vuur door de prehistorische mens, de uitvinding van de moderne stoommachine en de vroegste geschiedenis van de elektriciteit wordt meer verteld in **Box 3** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu).

Elektriciteit en machines

Toen in de 19e eeuw installaties werden ontwikkeld waarin elektriciteit kon worden opgewekt, was het hek van de dam. Het ontketende een geweldige tweede fase in de Industriële Revolutie en dat in een wereld die reeds radicaal veranderd was. Vergis je niet, dit is niet zomaar een historisch verhaal dat een zeker tijdperk helemaal bepaalde en later aan belang verloor. Het is integendeel een saga die nog altijd verder gaat en waarvan het einde nog niet in zicht is. Elektriciteit heeft de wereld gemodelleerd en is met zijn talloze toepassingen nog steeds van grote invloed op ons leven en op ons dagelijks comfort.

Elektriciteit en brandstof

Het wezen van elektriciteit wordt verduidelijkt in **Box 4** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu). Het betreft in eerste instantie een natuurverschijnsel, denk aan de bliksem. Willen we er echter op een praktische manier gebruik van maken, dan moeten we elektriciteit op een doelbewuste manier zien op te wekken, zodat we op elk



Schema van een stoommachine

moment energie ter beschikking te hebben. De productie van elektriciteit gebeurt in specifieke installaties (*krachtcentrales* of *elektriciteitscentrales* of *centrales* genoemd) waar er vele vormen van bestaan. Die installaties zelf draaien dan weer op energie die we er onder een andere vorm aan toegevoegd hebben en zo is de cirkel rond. Simplistisch gezegd: aan de ene kant stoppen we bijvoorbeeld steenkool of aardolie of aardgas – met alle energie die erin zit opgeslagen – in een dergelijke fabriek en aan de andere kant komt er elektrische stroom uit.

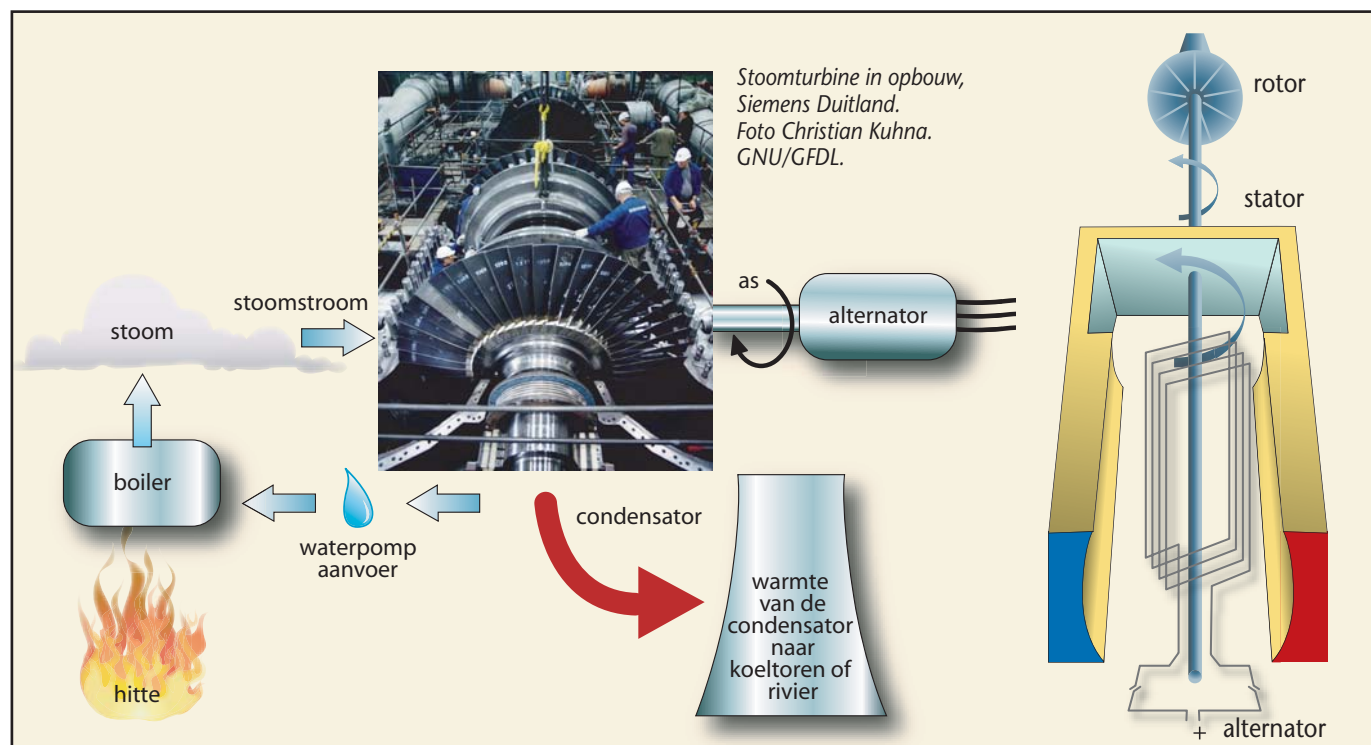
We zullen in wat volgt een blik werpen

op een aantal primaire energiebronnen en hoe ze worden gebruikt. Meteen kun je je afvragen of we steenkool, aardolie of aardgas dan alleen maar nodig hebben voor de productie van elektriciteit. Het antwoord is natuurlijk neen en dat zie je ook dagelijks rondom je. Tot nader order rijden de meeste auto's bijvoorbeeld nog op 'klassieke' brandstof zoals benzine of diesel (beide afkomstig van aardolie), waarvan de verbranding (in een verbrandingsmotor) rechtstreeks de nodige bewegingsenergie oplevert. Hetzelfde geldt voor vliegtuigen en de meeste schepen. Ook voor verwarming en huishoudelijk gebruik en voor de che-

mische industrie blijven deze grondstoffen belangrijk.

Energiepolitiek

In ons land hebben we niet op één enkel paard gewed en produceren we elektriciteit via verschillende wegen. De voornaamste zijn verbranding van fossiele brandstoffen in klassieke thermische centrales en kernsplijting in kerncentrales. Er bestaat in België een overeenkomst op regeeringsniveau die zegt dat we onze afhankelijkheid van kernenergie moeten verminderen vanaf 2015. De kleinere kerncentrales zouden al in dat jaar stilgelegd moeten worden.



Hoe kom je aan elektriciteit?

Van warmte naar bewegingsenergie

Tot nu toe klinkt alles misschien eenvoudig. In één of andere centrale wordt bv. steenkool verbrand en zo produceren we elektriciteit. Ja maar, wacht even, misschien slaan we wel wat stappen over, want door kolen te verbranden kun je je toch niet meteen elektrisch scheren? Dit is helemaal juist, er zijn natuurlijk een aantal tussenstappen nodig eer we zover zijn.

Verbrand je bijvoorbeeld steenkool in een *thermische centrale* of splits je atoomkernen in een kerncentrale, dan produceer je in eerste instantie warmte. Warmte is ook wel een vorm van energie – thermische energie – maar je doet er nog steeds je huishoudtoestellen niet mee werken. Met die warmte wordt, althans in de twee gegeven voorbeelden, water verwarmd en in stoom omgezet (in een stoomketel). Die stoom wordt naar een *turbine* gevoerd, dat is een toestel waarin een schoepenrad zit dat om zijn as draait. Wordt de stoom over de schoepen geleid, dan gaat het rad en dus ook de as draaien. Tijdens dit proces wordt bijgevolg thermische energie omgezet in bewegingsenergie. Nu moeten we hiermee elektriciteit zien te produceren.

Van bewegingsenergie naar elektriciteit

Wat verder op dezelfde as zit ook een zogenaamde *alternator* of *dynamo*. Dit is een grote versie van de dynamo die je fietslicht doet branden. Zowel in je eigen kleine dynamo als in die grote alternator draait in het binnenste gedeelte een magneet om zijn eigen as. Dit gedeelte wordt de *rotor* genoemd. De rotor in de dynamo van je fiets draait omdat je fietswiel draait, terwijl de rotor in de alternator van een elektrische centrale meedraait op de as van de turbine die door stoom in beweging werd gebracht. Het principe is verder hetzelfde. Rondom de draaiende rotor zit in beide gevallen een onbeweeglijk gedeelte – de *stator* – dat een spoel van koperdraad bevat. Het draaiende magnetisch veld van de rotor wekt dan in het koper, een goede geleider, elektrische stroom op en zo hebben we ons doel bereikt.

Wordt in een centrale bijvoorbeeld aardgas verbrand in plaats van steenkool, dan ziet het hele schema er nog steeds hetzelfde uit, behalve op één punt. Met de geproduceerde warmte wordt nu niet eerst stoom geproduceerd die dan over de schoepen van een stoomturbine wordt gejaagd, neen, men maakt rechtstreeks gebruik van de verbrandingsgassen die nu door een gasturbine worden geleid. Verder is er geen verschil.

Daar zijn allerhande argumenten voor, maar velen zijn er ook heel erg tegen. Praktisch gesproken lijkt die sluiting hoe dan ook een erg zware opdracht te worden, want op dit moment, in 2007, wordt nog steeds 55,1% van onze elektriciteit opgewekt via kernenergie. Over kernenergie lees je meer in een van de volgende nummers van MENS.

Niet alle landen voeren echter een zelfde politiek in verband met elektriciteitsproductie en kernenergie. In de hele wereld stonden in 2006 in het totaal 443 kernreactoren opgesteld, waarvan 205 in Europa, Rusland meegerekend. Een ongelijke verdeling dus. Maar ook binnen Europa heerst geen uniforme toestand. Van de 25 landen waaruit de Europese Unie (EU) in 2006 bestond, hadden er 11 helemaal geen kerncentrales binnen hun grenzen en binnen de 14

de kerncentrales van het huidige type, is eindig.

Daarnaast zijn er de hernieuwbare energiebronnen. 'Hernieuwbaar' is eigenlijk een nogal vreemd woord. *Duurzaam* geeft duidelijker weer wat er bedoeld wordt. Duurzame energiebronnen zijn onuitputtelijk, althans in theorie, en vele zijn op een directe of indirecte manier afhankelijk van de zon. Onze zon gaat ruw geschat nog 5 miljard jaar mee, dus daar hoeven we niet onmiddellijk onze slaap voor te laten.

Een voorbeeld van duurzame energie is het 'slimme' gebruik van zonne-energie bij het ontwerpen van een woning. Denk aan het plaatsen van thermische zonnepanelen die helpen bij het produceren van warm water of die de verwarming van de woning zelf ondersteunen, of aan

Fossiele brandstoffen

Onder fossiele brandstoffen verstaat men brandbaar geologisch materiaal dat ontstaan is uit getransformeerde resten van organische oorsprong. Meestal rangschikt men er steenkool onder, naast aardolie, aardgas, veen en bruinkool. Als hedendaagse energiebronnen zijn vooral de eerste drie belangrijk. De klassieke voorraden fossiele brandstof zullen tegen het einde van de 21e eeuw grotendeels zijn opgebruikt. Op dit ogenblik spelen ze echter nog steeds een cruciale rol en houden ze samen met kernenergie de wereldeconomie draaiende.

Steenkool

Gezellige warmte

Steenkool was nog niet zo heel lang geleden de brandstof bij uitstek in ieder



Controlekamer van een moderne krachtcentrale. Foto Steag, Duitsland. GNU/GFDL.



Gasturbines worden gebruikt in krachtcentrales, maar ook bv. in schepen. Foto Sleipnir, 2005. GNU/GFDL.



landen mét kernreactoren stond Frankrijk met 59 exemplaren eenzaam aan de top. België beschikt over zeven reactoren voor elektriciteitsproductie, waarvan er vier in Doel staan en drie in Tihange bij Hoei. Op wereldschaal bekeken, varieert het aandeel van kernenergie in de nationale elektriciteitsvoorziening tussen 2,2% voor de Volksrepubliek China en 78,1% voor Frankrijk.

Eindige en duurzame energiebronnen

Meestal maakt men een onderscheid tussen eindige en hernieuwbare energiebronnen. Het eerste begrip behoeft eigenlijk niet veel uitleg. Er is op globale schaal een beperkte hoeveelheid van aanwezig en die voorraad zijn we zonder veel omhaal aan het opsouperen. Tot de eindige energiebronnen behoren de fossiele brandstoffen, zoals steenkool, bruinkool, aardolie en aardgas. Ook de voorraad uraan (uranium), de brandstof voor

het gebruik van fotonvoltaïsche cellen (PV-cellen) die zonlicht omzetten in elektriciteit. Nog andere voorbeelden zijn windmolens die windenergie in elektriciteit omzetten, het benutten van de energie van vallend water (ook waterkracht genoemd) in waterkrachtcentrales, de verbranding van biomassa uit gesloten kringloop, het gebruik van getijde-energie en het gebruik van bodemwarmte (geothermische energie) op een rechtstreekse (bv. via geisers in IJsland) of onrechtstreekse manier (bv. via een warmtepomp). Het gebruik van duurzame energiebronnen is een enthousiasmerend onderwerp met vele aspecten, dat echter niet voluit in dit nummer aan bod kan komen. Het wordt meer uitgebreid besproken in een van de volgende nummers van MENS.

Vlaams huisgezin. De kachel brandde in de winter en daar waren kolen voor nodig. De kolenhandelaar leverde ze aan huis en iedereen had een kolenhok en een kolenkit. De kolenkachel straalde een behaaglijke warmte uit en droeg bij tot wat we nu ouderwetse gezelligheid zouden noemen. Die tijd is grotendeels voorbij en steenkool heeft zijn vooraanstaande rol als brandstof voor huishoudelijk gebruik verloren.

Inkoling

In verre geologische tijden, in het *Carboon* (voor de liefhebbers: de vijfde periode van het Paleozoïcum, van ongeveer 360 tot 286 miljoen jaar geleden), waren onze contreien bedekt met tropische wouden. Afgestorven plantaardig en dierlijk materiaal zakte in de vaak drassige bodem weg en werd door water en slib behoed voor oxidatie en biologische ontbinding. Het veranderde in veen. De lagen werden dikker en dikker, en toen het zeeniveau steeg, stierven de bossen af. Door de werking van toenemende

druk en temperatuur werden de resten achtereenvolgens omgezet in bruinkool, steenkool en antraciet. Het hele proces noemt men *inkoling* en het nam miljoenen jaren in beslag.

In wezen verschilt het inkolingsproces niet van het proces dat petroleum doet ontstaan. In het laatste geval noemt men het *bitumisatie*. Inkoling en bitumisatie vallen onder de gemeenschappelijke noemer *metamorfosen*. Het verschil tussen beide ligt in het uitgangsmateriaal: in het geval van inkoling bestaat het uit plantaardige (en ook dierlijke) oliën, vetten en eiwitten, in het geval van bitumisatie vooral uit cellulose en lignine (houtstof).

Steenkool nu

We hebben al gezien dat fossiele brandstoffen, waaronder steenkool, worden gebruikt voor de productie van elektrici-



Ook een straalmotor bevat een gasturbine.
Foto U.S. Federal Government.

teit in klassieke thermische centrales. Steenkool spant hier de kroon: bijna 40% van alle stroom die op onze aardbol wordt verbruikt, is afkomstig van de verbranding van steenkool in centrales. Steenkool wordt verder ook nog omgezet tot cokes (wat overblijft na droge distillatie van kolen) en in die vorm gebruikt als brandstof en koolstofbron bij de productie van ijzer in hoogovens.

In België waren er in 2006 toch nog steeds ongeveer 100.000 gezinnen die zich met steenkool verwarmden. Zo goed als alle steenkool in ons land moet worden ingevoerd en dat is 200.000 ton per jaar. De grootste afnemers zijn echter niet de gezinnen, maar wel de elektriciteitscentrales. De toestand was vroeger helemaal anders. We waren een steenkoolproducerend land, vooral sinds de negentiende eeuw. Aan die ontginning kwam een eind in de tweede helft van de twintigste eeuw. Dit Belgische verhaal lees je in **Box 5** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu).

Verder steenkool gebruiken?

Onze maatschappij stelt het gebruik van eindige energiebronnen momenteel sterk in vraag. En terecht. Want hoe dan ook zijn de voorraden over afzienbare tijd uitgeput. Maar vreemd genoeg is er wereldwijd ook een omgekeerde evolutie aan de gang. Eindige voorraden of niet, steenkool wordt 'herontdekt' en in 2005 was het zelfs de snelst groeiende primaire energiebron. Het is een verschijnsel dat zich vooral in Azië voordoet. Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) verwacht dat de omvang van de wereldwijde stroomproductie uit steenkool de komende dertig jaar zal verdubbelen.

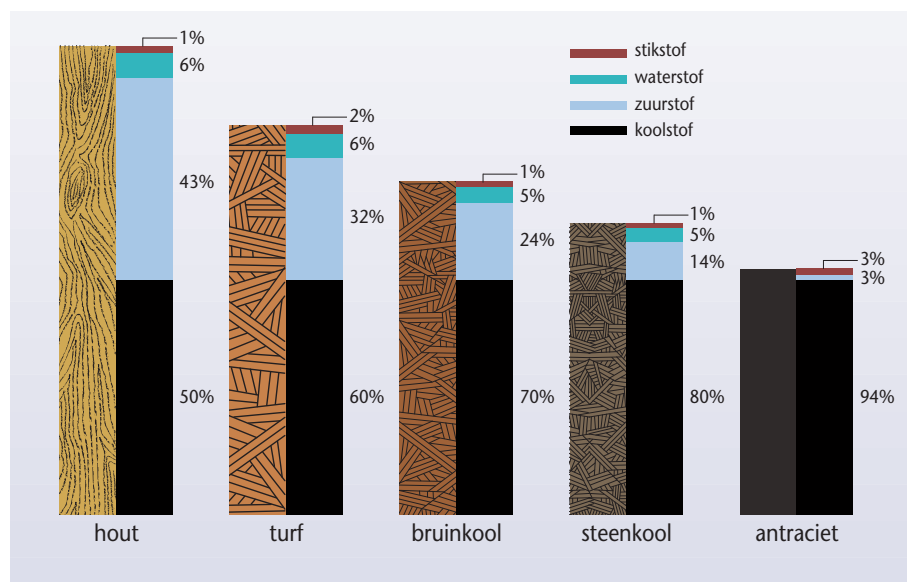
Deze evolutie lijkt op het eerste gezicht erg onlogisch, want stilaan mag je toch aannemen dat iedereen weet dat steenkool ook een weinig milieuvriendelijke energiebron is. Steenkolenmijnen tasten het landschap aan en verstoren de waterbalans in de bodem. Een thermische centrale die gevoed wordt met steenkool is tweemaal zo vervuilend in termen van CO₂-uitstoot als zijn tegenhanger waarin aardgas wordt verbrand. En bij verbranding worden ook de verzurende gasen zwaveldioxide en stikstofoxides gevormd. Voorlopig blijven in vele landen echter economische overwegingen op korte termijn primeren.

Landen als China en India zijn de laatste tijd, naast het westen, grote energieslokkers geworden. Hun economieën behoren tot de snelst groeiende ter wereld en wie economie zegt, zegt energie. Daarom lijkt hun energiebehoefte wel onverzadigbaar. Het grote probleem is echter hun afhankelijkheid van de olieproducerende landen rond de Perzische Golf. Onzekerheid omtrent olieaanvoer en stijgende prijzen doen de rest. China en India hebben zelf zeer grote steenkoolreserves in hun ondergrond.

Hiermee kunnen ze elektriciteit produceren en er voor een deel hun economie mee voeden. Ook andere Aziatische landen, met een vergelijkbare energiehonger maar zonder steenkool in de ondergrond, doen mee aan deze heropleving. Ze voeren het zwarte goud gewoonweg in uit landen als Zuid-Afrika en Australië, die met plezier aan de vraag voldoen.



Fossiele brandstoffen werden miljoenen jaren geleden gevormd uit plantaardig materiaal
Foto steenkool: U.S. Federal Government



Het kan ook een ramp worden

Vanzelfsprekend is ook de steenkoolreserve in de wereld eindig. Toch werden er in het verleden steeds weer nieuwe voorraden aangeboord en deze tendens blijft bestaan. Tegen deze achtergrond mag je niet vergeten dat het ontginnen van steenkool ook risico's inhoudt. Schachten kunnen instorten of onderlopen, en opgestapeld mijngas kan ontbranden en ontploffen. In principe zou het een normale zaak moeten zijn dat al het mogelijke wordt gedaan om de persoonlijke veiligheid van mijnwerkers te verzekeren, maar dit is lang niet altijd en overal het geval geweest. Ook niet bij ons.

De oudere generatie herinnert zich de ramp van Marcinelle alsof het gisteren was. In die mijn, 'Le bois du Cazier', gelegen ten zuiden van Charleroi, brak op 8 augustus 1956 brand uit en lieten 256 mensen het leven. Berichten over mijnrampen in Oost-Europa zijn legio en in China neemt men uit pure gewin-zucht vaak ronduit een loopje met de meest elementaire veiligheidsnormen. De Chinese kolenmijnen zijn de gevaarlijkste ter wereld: er komen jaarlijks ongeveer 5000 mijnwerkers in om.

Aardolie

Olie uit rots

Aardolie of petroleum is een van de belangrijkste energiebronnen op aarde. Net als steenkool werd deze grondstof lang geleden gevormd uit de resten van levende organismen die in dikke lagen en onder invloed van zeer hoge druk en temperatuur langzaam getransformeerd werden tot 'olie uit rots', zoals de letterlijke vertaling van 'petroleum' uit het Grieks luidt. Hoe aardolie precies is ontstaan, is lange tijd wat controversieel geweest, maar tegenwoordig gaat men er vaak van uit dat het verhaal in zee begon. De meeste olie wordt immers gevonden in de buurt van gesteente dat in zee werd gevormd. Plankton van plantaardige en dierlijke oorsprong, dit zijn in het water zwevende eencellige en meercellige organismen, waren steeds massaal aanwezig in de oceanen. De aantallen van deze wezentjes zijn zo gigantisch groot dat ze bij afsterven dikke lagen op de bodem kunnen vormen.

In zuurstofrijk water worden dergelijke lagen niet gevormd, want organische resten beginnen in die omstandigheden snel te rotten. Is er echter weinig of geen zuurstof aanwezig op de plaats waar ze terecht komen, dan grijpen heel andere processen plaats. De lagen worden dikker en andere afzettingen komen erop terecht. Het proces van olievorming



Olieboorplatform. Foto NASA.



Ook op land is oliewinning mogelijk. Op de foto een ludiek beschilderde 'donkey' of 'jaknikker'. Foto U.S. Federal Government.

begint wanneer de bovenliggende lagen sediment een dikte van één tot zes kilometer hebben bereikt en de temperatuur opgelopen is tot 50-150°C. De resten van het plankton worden dan getransformeerd tot organische koolstofverbindingen. Het resultaat is ruwe aardolie.

Oliereservoirs

Aardolie heeft een kleiner soortelijk gewicht (een kleinere massadichtheid) dan grondwater en stijgt daardoor op in de bodem. Deze migratie wordt gestopt wanneer de olie in zijn opwaartse beweging ondoorlaatbare lagen ontmoet. Onder deze barrière wordt dan een reservoir gevormd. Ook aardgas kan zich op die manier accumuleren, boven de aardolie.

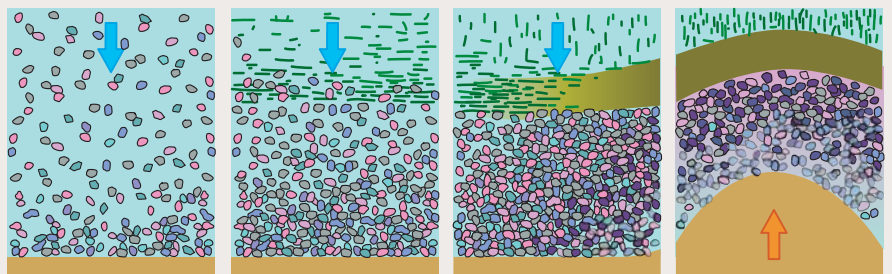
Hoe worden reservoirs van olie – en aardgas – nu opgespoord? Dit gebeurt hoofdzakelijk met geofysische methoden en met boringen. In het eerste geval veroorzaken de onderzoekers op een

kunstmatige manier trillingen in de bodem en deze kaatsen terug op de lagen die het reservoir bovenaan begrenzen. De teruggekaatste trillingen worden op het aardoppervlak geregistreerd met behulp van seismometers en op basis van hun patroon worden de begrenzendende lagen gelokaliseerd. Ook in boorgaten worden geofysische metingen verricht. De laatste jaren heeft de kennis van de ondergrond een hoge vlucht genomen en ook de opsporingstechnieken werden verbeterd. Gecombineerd met geavanceerde informatietechnologie heeft dit de bodem zo goed als transparant gemaakt. Er zijn echter niet altijd verfijnde technieken nodig voor het opsporen van olievelden, want vele reservoirs worden zichtbaar door uitsijpeling of door natuurlijke lekken.

Van ruwe aardolie tot eindproduct

De ruwe aardolie die wordt opgepompt, is een zeer complex mengsel dat minstens 200 verschillende koolwaterstoffen

Hoe wordt aardolie gevormd ?



1. Organische resten en micro-organismen bezinken en vormen op de bodem van vijvers, meren, of de oceaan een sliblaag. Ligt deze laag diep genoeg, dan kan er niet voldoende zuurstof bij omde volledige ontbinding van deze resten gaande te houden.
2. Deze lagen organisch materiaal geraken zelf bedolven onder zand- en kleilagen. Anaërobe micro-organismen (die dus geen zuurstof nodig hebben) breken de organische stoffen onvolledig af.
3. Naargelang de lagen boven op de organische resten dikker en dikker worden, verhogen druk en temperatuur.
4. Op termijn scheiden de lagen gas en olie zich af.

(chemische verbindingen die enkel uit koolstof en waterstof zijn opgebouwd) bevat. Dit mengsel is niet zomaar bruikbaar. Het wordt gesplitst en gezuiverd in *olieraffinaderijen*. Deze omvatten installaties, distillatietorens genoemd, waarin de olie 'gefractioneerde distillatie' ondergaat. Tijdens dit proces wordt de ruwe olie verhit tot ongeveer 350°C en vindt er een scheiding plaats van fracties die elk hun eigen kooktraject hebben. In een distillatietoren hangen doorboorde schotels op verschillende hoogten. De dampen van de verhitte aardolie stijgen op, koelen af naarmate ze stijgen en iedere fractie condenseert uiteindelijk op de schotel waarvan de temperatuur overeenkomt met het kookpunt van die fractie. Zo worden de koolwaterstoffen naar grootte gesorteerd, want grotere moleculen zijn zwaarder en geven over het algemeen aanleiding tot een hoger kookpunt.

Verschillende types ruwe brandstof worden zo verkregen. Van zwaar naar licht wordt dat: zware en lichte gasolie (diesel), kerosine, nafta (zware benzine), lichte benzine, butaan en propaan. Vele van deze fracties zijn dan nog niet klaar voor gebruik en worden in andere installaties tijdens bijkomende processen verder omgevormd en gezuiverd. Tijdens het *kraken* bijvoorbeeld worden uit hogere koolwaterstoffen (lange ketens) vluchtige stoffen bereid met een geringer aantal koolstofatomen. Uit aardolie worden ook zeer veel grondstoffen gewonnen voor de chemische industrie.

Olieconsumptie

Het wereldwijde olieverbruik is enorm. In de loop van 2006 bedroeg het 84,7 miljoen vaten per dag. Dit cijfer groeit nog steeds: de toename op jaarbasis bedroeg in 2006 1,3 procent en zal in 2007 naar schatting 1,8 procent bedragen. Toch is dit minder dan enkele jaren geleden. In 2004 bedroeg de wereldwijde stijging nog 3,7 procent.

De grootste olieconsumenten in de wereld zijn, volgens dalende grootte: de Verenigde Staten (VS), de Volksrepubliek China, Japan, Rusland, Duitsland en India. Hoewel landen als China en India sinds een aantal jaren aan een steile klim zijn begonnen, kunnen ze nog steeds niet tippen aan de VS, een echte energievreter. Omgerekend consumeren de VS per inwoner gemiddeld twaalf keer zoveel olie per jaar als China.

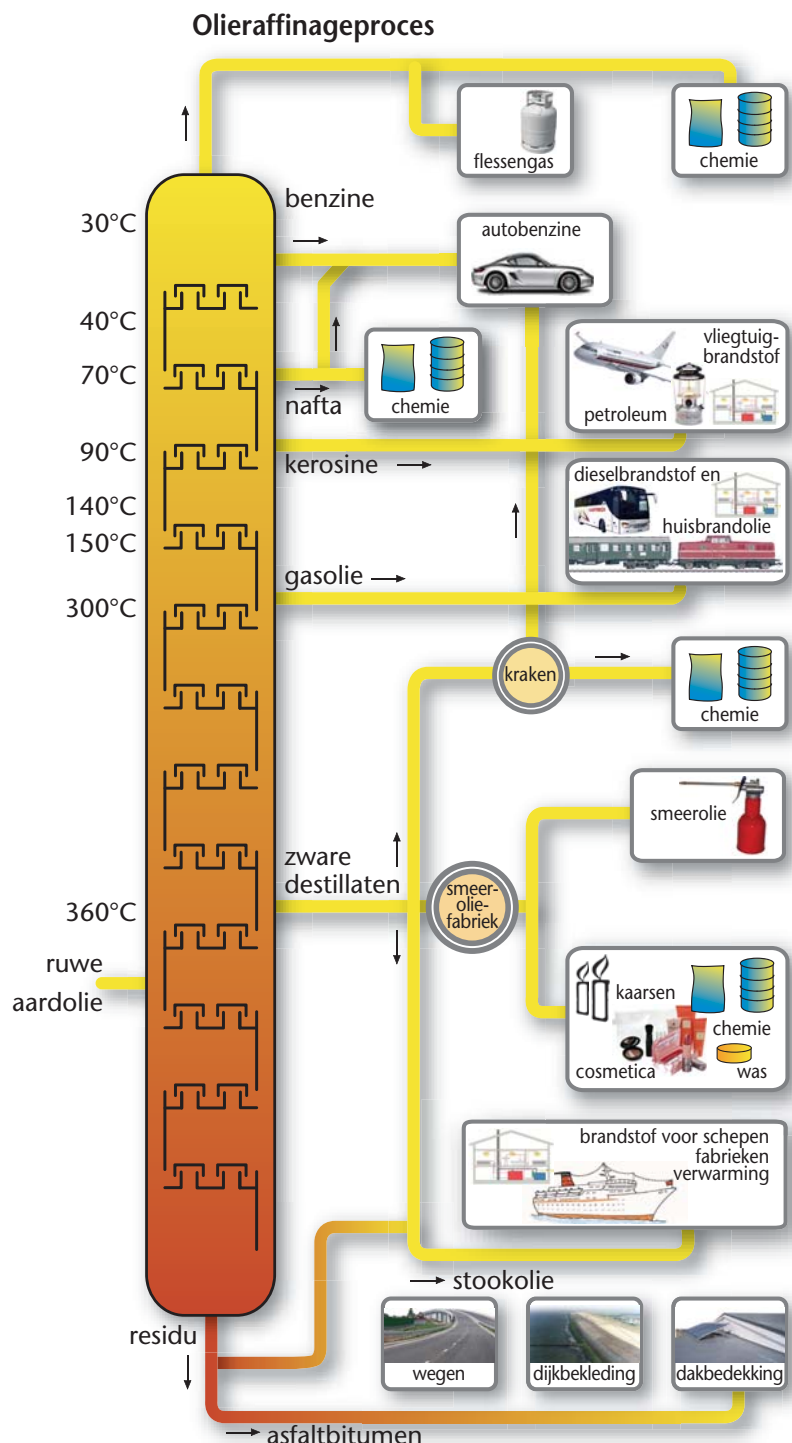
Onze afhankelijkheid van leveranciers, een goede zaak?

Ons land produceert helemaal geen petroleum, maar is wel een verbruiker van formaat. Al deze olie moet dus worden ingevoerd. We stonden in 2005 met een invoer van 165.665 m³ per dag op de twaalfde plaats op de wereldranglijst van olie-importerende landen. Zeer indrukwekkend voor een klein land. Die afhankelijkheid van buitenlandse producenten kun je op vele manieren bekijken.

Onderlinge economische afhankelijkheid hoeft niet per se een slechte zaak te zijn, daar zijn historische voorbeelden van. Eén van de allerbelangrijkste drijfveren achter de oprichting van de voorlopers

van de Europese Unie bijvoorbeeld was de wens een einde te maken aan de eeuwige Europese rivaliteiten en het bloedvergieten op de Europese slagvelden. Het in elkaar vlechten van de economieën – oorspronkelijk vooral die van de oude vijanden Frankrijk en Duitsland – leidde tot een versterking van het gevoel elkaars bondgenoten te zijn en uiteindelijk tot vrede op het Europese continent, een vrede die tot op heden voortduurt. Hoe je het verder ook bekijkt, in die zin is Europa een weergaloos succesverhaal.

Hier hebben we het echter over een min of meer eenzijdige afhankelijkheid – in casu de afhankelijkheid van Europa van



energieleveranciers waar we niet meteen een voorgeschiedenis mee delen en die sterk van ons verschillen qua politieke cultuur. Het betreft de landen van het Midden-Oosten en Rusland. Het Midden-Oosten is zoals iedereen weet echt niet het meest stabiele deel van de wereld en de vraag is ook of we als EU zo graag afhankelijk willen zijn van de machtspolitiek van grote broer Rusland. Wie aan de energiekraan zit, kan immers sturen, dreigen en chanteren, en willen we dat wel ondergaan? Dit is geen vrijblijvend politiek filosoferen. Het gaat integendeel concreet over gegarandeerde energieleverantie in optimale omstandigheden en onder faire voorwaarden. Goed nadenken hierover kan een extra reden opleveren om alternatieve energiebronnen aan te spreken.



Olievervuiling

Aardolie en milieu

De aardolieontginning en -industrie brengen in principe vervuiling met zich mee. Boorinstallaties op zee of op het land bederven het landschap en raffinaderijen veroorzaken bodem- en luchtvervuiling. De kans op ongelukken tijdens het transport van olie is reëel, dat is bij herhaling uit de feiten gebleken. Iedereen herinnert zich televisiebeelden van op de klippen gelopen mammoettankers en hun gescheurde romp waaruit de olie gutst. Telkens een zware ecologische ramp, waarvan de gevolgen zich nog gedurende vele jaren laten gelden. Ook het transport via pijpleidingen kun je niet volstrekt veilig noemen. Kijk maar naar Nigeria, waar ontploffende leidingen een aantal keren vele slachtoffers hebben geëist. Pijpleidingen zijn ook een potentieel doelwit voor terroristen.

Het vrijkomen van grote hoeveelheden CO₂ tijdens de verbranding van aardolie en zijn afgeleide producten vormt op dit

moment echter de grootste bedreiging voor de wereldgemeenschap. Die uitstoot heeft aardolie gemeen met de andere fossiele brandstoffen. Olie genereert een CO₂-uitstoot die kleiner is dan die van steenkool, maar groter dan die van aardgas. Er komen ook verzurende stoffen vrij, die mee aan de oorsprong liggen van het verschijnsel zure regen, dat schade toebrengt aan de natuur.

Aardgas

Prehistorische gassen

Aardgas is – net als petroleum en steenkool – vooral in het Carboon ontstaan. Plantaardig materiaal (vooral cellulose) in ondergelopen bossen en moerasachtige gebieden onderging fermentatieprocessen door bacteriën en hoge druk en temperatuur deden de rest. Aardgas komt echter niet zoals olie in vrije holten

Samenpersen tot vloeistof

Na de winning wordt het gas op een ingewikkelde manier geraffineerd en zo van een aantal componenten ontdaan. Op die manier worden butaan, propaan en andere koolwaterstoffen verkregen. Het overblijvende gas – ook wel *droog gas* genoemd – is reukloos en kleurloos en is het eigenlijke aardgas dat we kennen voor huishoudelijk gebruik.

Een groot probleem van technische aard is het transport en de opslag van aardgas. Een gas als zodanig over grote afstanden transporteren is ondoenbaar wegens de enorme volumes die nodig zijn voor gebruik. Aardgas wordt overzees getransporteerd in vloeibare vorm, die LNG (*Liquefied Natural Gas*) wordt genoemd. Een zelfde hoeveelheid methaan neemt in vloeibare vorm vanzelfsprekend een veel kleiner volume in dan in gasvorm. Voor LNG-transport



LNG-tanker. Foto Pline, 2005. GNU/GFDL.

of in bellen voor, maar steeg in de loop der tijden wegens zijn klein soortelijk gewicht op tot in de fijne poriën van de bovenliggende gesteenteformaties. Het bestaat voor ongeveer 90% uit methaan (CH₄). De overige 10% bestaat voornamelijk uit andere vluchtige koolwaterstoffen (ethaan, butaan en propaan), stikstof en koolstofdioxide. Wegens zijn samenstelling worden er bij verbranding bijna uitsluitend CO₂ en water als eindproducten gevormd.

In vele velden wordt enkel aardgas aangetroffen, maar vaak bevatten ook aardolievelden een zekere hoeveelheid aardgas. Naar aardgas wordt net als naar aardolie geboord. De velden zijn soms zeer groot. Het aardgasveld van het Nederlandse Slochteren bijvoorbeeld beslaat een oppervlakte van ongeveer 900 vierkante kilometer. Het is een van de grootste ter wereld.

heeft men reusachtige en speciaal uitgeruste tankers in de vaart. Voor kortere afstanden gebeurt het transport over de weg in tankwagens die of LNG of CNG (*Compressed Natural Gas*) bevatten. Het vloeibaar maken of samendrukken van het gas op het beginpunt en het weer gasvormig maken of ontspannen op het eindpunt drijven de kosten op.

Energie uit aardgas

Aardgas wordt niet alleen rechtstreeks voor de verwarming van woningen en van andere gebouwen gebruikt of om op te koken. Er worden ook transportmiddelen mee aangedreven. In gasturbines kan aardgas (maar ook bv. waterstof) worden verbrand.

Aardgas is een belangrijke brandstof voor thermische centrales, waar bewegingsenergie wordt opgewekt in gas- of stoomturbines. Combineert men beide types van turbines, dan kan men de efficiëntie van de elektriciteitsproductie



opdrijven. Aardgas is een schonere energiebron dan steenkool of petroleum: verbranding ervan brengt 30% minder CO₂ in de atmosfeer dan de verbranding van petroleum en 45% minder dan wanneer men steenkool gebruikt.

Over de grootte van de voorraden fossiele brandstof op aarde en over conventionele en niet-conventionele voorraden kun je meer lezen in **Boxen 6 en 7** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu)

Het broeikaseffect

Het natuurlijke broeikaseffect

Er wordt dezer dagen bijzonder veel gepraat en geschreven over het broeikaseffect, maar wat is het nu precies? Eerst en vooral: op aarde bestaat ook zonder tussenkomst van de mens een

ontstaan. In dit plantenmateriaal van miljoenen jaren geleden lag CO₂ opgeslagen dat in die tijd uit de atmosfeer werd opgenomen voor de fotosynthese en dit komt in onze tijd plots en in grote hoeveelheden weer vrij.

CO₂ versterkt het broeikaseffect. Hierdoor warmt de aarde verder op in een proces dat nog moeilijk te stoppen valt. Hier moet eerlijkheidshalve bij worden vermeld dat de aarde ook in vroegere tijden cycli onderging van afkoeling – denk aan de ijstijden – en opwarming.

Toch is het voor de meeste wetenschappers een uitgemaakte zaak dat menselijke economische activiteit in de huidige opwarmingsfase een grote rol speelt. Door geleidelijk aan of liefst zo snel mogelijk om te schakelen van de verbranding van fossiele brandstoffen

Voor meer informatie over het klimaat: zie MENS 43 en webstek MENS (www.tijdschriftmens.eu).

Kyoto

Het *Kyotoprotocol* (1997) is de naam van een internationaal verdrag dat op initiatief van de Verenigde Naties bindende doelstellingen voor de uitstoot (emissie) van broeikasgassen (*Greenhouse Gases / GHG's*) oplegt aan de landen die het ondertekenden. Dit zijn geïndustrialiseerde landen en landen met zogenaamde overgangseconomieën.



*De aarde is als een planetaire broeikas te beschouwen.
Foto Stara Blazkova.*



Gletsjers beginnen te smelten tengevolge van de opwarming van de aarde

natuurlijk broeikaseffect. Er hangt namelijk een soort mantel van gassen rond onze planeet die wel het binnenkomende zonlicht doorlaten, maar die ook gedeeltelijk verhinderen dat de op aarde geproduceerde warmte weer in de ruimte verdwijnt. Het resultaat is een hogere gemiddelde temperatuur dan je zonder die mantel zou verwachten. Concreet zou het zonder gasmantel over heel de aarde genomen gemiddeld -18°C zijn, terwijl de gemiddelde reële temperatuur – mét gasmantel dus – ongeveer +12°C bedraagt. Een verschil van zeer grote betekenis, ook voor het leven op aarde.

... en het versterkte broeikaseffect

Naast het natuurlijke broeikaseffect is er ook het *versterkte* broeikaseffect. Koolstofdioxide is weliswaar een normaal bestanddeel van de aardse atmosfeer (0,03% in buitenlucht), maar verbranding van fossiele brandstoffen doet zeer grote extra hoeveelheden van het gas

naar het gebruik van alternatieve energiebronnen, zullen we de aardopwarming geen halt toeroepen, maar misschien toch wel afremmen. Dat zal ons op zijn minst wat tijd opleveren om maatregelen tegen de ergste milieueffecten te treffen. We hebben eigenlijk niet te kiezen in deze zaak. We kunnen alleen nog beslissen wannéér we er iets aan zullen doen.

De aanhoudende opwarming van de aarde zal waarschijnlijk aanleiding geven tot ernstige klimaatveranderingen. We zullen hier niet de hele klimaatproblematiek proberen te analyseren, maar het lijkt nu toch stilaan duidelijk te worden dat een stijging van de zeespiegel, smeltende gletsjers en ijskappen, seizoenen met gewijzigde kenmerken, extremer weer en hevige stormen op het programma staan. Misschien rukken zelfs tropische ziekten naar gematigder streken op.

Het verdrag brengt zes broeikasgassen in rekening: koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), distikstofoxide (N₂O) en drie types van fluorverbindingen. Ze worden de *Kyotobroeikasgassen* genoemd. Het engagement betreft een eerste periode die loopt van 2008 tot 2012 en het algemene doel is de uitstoot van Kyoto-GHG's gemiddeld met ten minste 5% te doen dalen ten opzichte van het peil van 1990.

De individuele doelstellingen van de deelnemende landen variëren echter sterk en hoe hoog de uitstootreductie voor een bepaald land moet zijn, hangt af van zijn economische sterkte en van het huidige peil van de uitstoot. België bijvoorbeeld moet ernaar streven 7,5% minder uit te stoten tijdens de voorziene periode. Voor de EU-landen werd hun percentage in onderling overleg bepaald, vertrekkende van het gegeven dat de gemiddelde uitstootvermindering binnen de EU 8% moet bedragen.



In Siberië komen uitgestrekte wouden voor die Rusland helpen de Kyotodoelstellingen te halen.
GNU/GFDL.

En verder?

Enkele artikelen van het Kyotoprotocol zijn van uitzonderlijk groot praktisch belang. Ze geven aan dat de ondertekenaars een soort handel in uitstootrechten

De kern van het verhaal

Hier 'het' energiedebat te voeren is een quasi onmogelijke taak. Aan het onderwerp 'energie' zitten immers eindeloos

2,9% van de wereldolieproductie en maar liefst 18,25% van het oliegebruik voor onze rekening. Wat aardgas betreft, ziet het er niet veel beter uit: de EU heeft 4% van de wereldreserves in haar bodem zitten, heeft een aandeel van 7,2% in de wereldproductie en is verantwoordelijk voor 24,7% van het wereldgasverbruik. België is binnen de EU dan ook nog eens slecht bedeed en heeft geen bekende olie- of gasreserves.

Actie graag

Wat kunnen we doen? We kunnen om te beginnen hard meewerken aan de voorwaarden die het Kyotoprotocol ons oplegt. Zal dit voldoende zijn? Absoluut niet. Het is eerder een druppel op een hete plaat, maar niets doen is helemaal geen goed idee. Om echt het verschil te maken, zijn er echter veel drastischer maatregelen nodig. Daar zullen we de opwarming van de aarde nog steeds niet



De handel in uitstootrechten helpt de Europese Unie de Kyotodoelstellingen te halen. Foto U.S. Federal Government.



Het kernenergie-debat is nog lang niet voorbij.

kunnen drijven. Zo mogen ze een deel van de uitstootvermindering waartoe ze zich geëngageerd hadden, omzetten in milieumaatregelen in het buitenland als ze dit wensen. Ze kunnen ook letterlijk een deel van de uitstootrechten van andere landen kopen indien ze hun eigen doelstelling dreigen te missen. Je zou je zo bijvoorbeeld kunnen voorstellen dat België uitstootrechten koopt in Rusland als ons land zijn engagement van 7,5% niet zou kunnen halen.

Het voorbeeld van Rusland is niet toevallig gekozen, want dat land zit op rozen voor wat zijn uitstoot van broeikasgassen betreft. Het heeft enerzijds wel een erg vervuilde economie, maar anderzijds ook gigantische wouden in Siberië en die tellen in positieve zin mee in de optelsom van uitstootreducerende factoren. Ze absorberen immers grote hoeveelheden CO₂ via de fotosynthese.

veel aspecten die alle het bespreken waard zijn. Op zijn minst drie belangrijke punten zijn echter wel duidelijk geworden. Eerst en vooral verbruiken we fossiele brandstoffen met een sneltreinvaart en het einde van de voorraden is in zicht. Ten tweede is er een verband tussen de uitstoot van broeikasgassen, de opwarming van de aarde en de op til zijnde klimaatveranderingen. Menselijke activiteit is een factor die op zijn minst bijdraagt tot deze processen. En ten derde zijn zowel België als bv. de EU sterk afhankelijk van buitenlandse leveranciers van fossiele brandstoffen. Met deze gegevens zullen we moeten leren leven – of er iets aan doen.

Onze zwakte

Voor wie nog twijfelt aan de energiezwakte van de Europese Unie, nog even de volgende cijfers. Van alle voorzichtig geraamde oliereserves in de wereld zitten er 0,5% in EU-bodem. We nemen

mee stoppen, maar misschien wel afremmen.

Ondertussen blijkt steeds duidelijker dat het Kyotoprotocol wel het maximaal haalbare was op het moment van de ondertekening, maar ook dat het inderdaad erg ver staat van wat echt wenselijk is. Cruciale landen die nog in ontwikkeling zijn, zoals China en India, werden vrijgesteld van de verplichtingen. Dit inspireerde de regering George W. Bush van de VS om dan ook maar niet te tekenen. Anderzijds is er ook positief nieuws. De EU wil tegen 2020 een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met 20% en Zweden met 30%. In mei 2007 stelde de Japanse premier Shinzo Abe voor om in 2013 een nieuw globaal verdrag te sluiten, met als doel de uitstoot tegen 2050 radicaal te halveren. Duitsland wil hetzelfde. Veel krassere taal dan in Kyoto dus, en zonder uitzonderingen. Deze initiatieven spreken boekdelen.

Minder of geen fossiele brandstof gebruiken betekent minder broeikasgasen produceren en zo meteen het probleem van de eindigheid van die bronnen en de afhankelijkheid van buitenlandse leveranciers omzeilen. Je kunt in een tussenfase installaties ontwikkelen waarin je op een schonere manier fossiele brandstof omzet in elektriciteit. Of er nog een toekomst is weggelegd voor de fossiele brandstoffen, wordt uitgelegd in **Box 8** op de webstek van MENS (www.tijdschriftmens.eu).

Je kunt ook zoveel mogelijk overgaan op kernenergie, en er de voor- en nadelen van bijnemen. Om de voornaamste te noemen: kernenergie vereist een niet-fossiele brandstof (uraan), de voorraden van die brandstof zijn eindig (tenminste als je het bij kernsplijting houdt en geen plannen hebt voor kernfusie), sommigen blijven vragen stellen omtrent de veilig-

Zelf ook niet bij de pakken blijven neerzitten

Je kunt ondertussen ook persoonlijk je steentje proberen bij te dragen. Bijvoorbeeld door goed na te denken over een paar aspecten van onze samenleving, waarin consumptie al lang het nieuwe gouden kalf is. Consumeren betekent produceren en produceren betekent energie verbruiken en energie verbruiken betekent ... Zo is de cirkel weer rond. Je kunt ook even nadenken over hoe we consumeren en of we wel zo verstandig bezig zijn.

Die groene asperges uit Peru zijn wel bijzonder lekker, maar voor hun transport per vliegtuig is heel veel kerosine nodig. De CO₂-uitstoot tijdens die lange vlucht is daardoor aanzienlijk. Hetzelfde geldt voor exotisch fruit en zo zijn er nog heel veel voorbeelden. Tussen haakjes, ook

vooral dat je de capaciteit van onze planeet om CO₂ op te nemen vermindert.

En dichter bij huis zit het zo. De runderenteelt in België is verantwoordelijk voor de uitstoot van zeer grote hoeveelheden broeikasgasen, wel 7% van onze totale uitstoot. Het gaat daarbij niet enkel over CO₂, maar ook over de nog veel sterkere broeikasgasen methaan – winden van koeien bv. bevatten erg veel methaan! – en distikstofoxide.

Asperges en vlees, het zijn maar enkele van de vele voorbeelden. Het gaat in je dagelijks leven echter niet alleen over voeding, maar ook over hoe je je woning verwarmt en isoleert, of je op je elektriciteitsverbruik let, of je niet nodeloos papier verbruikt, hoe je je dagelijks verplaatst, welke vakantiebestemming je kiest en hoe je ernaartoe reist, ... Een heleboel punten dus die allemaal te maken hebben met energieverbruik en waarop je kunt ingrijpen als je het echt wilt.

Slotbeschouwing

Op basis van je persoonlijk gedrag en verbruik kun je je ecologische voetafdruk laten berekenen. Die waarde wordt uitgedrukt in hectare en is een schatting van het gedeelte van het aardoppervlak dat je als persoon nodig hebt om je huidige levensstijl verder te kunnen zetten. Energieverbruik is er een belangrijke factor in.

Als je alle mensen ter wereld gelijk zou behandelen en daarbij het 'kapitaal' van de aarde niet zou aantasten, dan zou de gemiddelde ecologische voetafdruk 1,8 ha per aardbewoner bedragen. De werkelijke cijfers zien er anders uit. In Afrika bedraagt die voetafdruk gemiddeld 1,1 ha en in de VS 9,7 ha. België zit daar tussenin, met een waarde van 5,6 ha. Dit betekent dat je minstens drie planeten Aarde nodig hebt om iedereen ter wereld onze manier van leven te kunnen bieden.

Het lijkt er dus op dat we flink boven onze stand leven. Dit geldt zowel voor de wereld als geheel als voor de individuele mens. Tijd om in actie te komen dus en ook om wat te sleutelen aan onze mentaliteit.



Vliegereizen zijn erg belastend voor het milieu. Foto Xeper. GNU/GFDL.

heid, en er zijn onopgeloste problemen in verband met de opslag van afval. Kernenergie is in de huidige maatschappij een bijzonder controversieel onderwerp. Wacht maar even tot in ons land de discussie over de voorgenomen sluiting van de kerncentrales in 2015 weer losbarst. Daarom meer over kernenergie in een van de volgende nummers van MENS.

Je kunt echter ook voluit gaan voor duurzame energiebronnen. Windenergie, zonne-energie, verbranding van biomassa, waterkracht, aardwarmte, getijde-energie, ... Of voor een verdere toekomst toch maar gokken op de ontwikkeling van kernfusiereactoren? Ook op deze bijzonder boeiende onderwerpen gaan we in volgende nummers van MENS dieper in.

dicht bij huis worden smakelijke asperges en lekker fruit geteeld ...

Belgen (en niet alleen Belgen) eten veel te veel vlees en dat is slecht voor de gezondheid. Velen vinden een stukje vlees best lekker en willen het ook liever niet laten. Maar veel is veel en dat bewijzen de cijfers. Tussen 1919 en 2007 is de gemiddelde jaarlijkse vleesconsumptie in ons land toegenomen van 30 kg tot 100 kg per inwoner. Alstublieft. Reken maar eens om hoeveel dat per dag is. Maar veel vlees eten is niet alleen ongezond, het is ook heel slecht voor het milieu.

In het zuidelijk halfrond wordt er tropisch regenwoud gekapt voor de veeteelt en dat is op zich al een aanslag op het milieu, want onder andere de biodiversiteit wordt erdoor bedreigd. De bodem valt daarenboven ten prooi aan erosie en is na korte tijd hoe dan ook niet meer bruikbaar. Het rooien van bomen op grote schaal betekent echter



5de editie: Whizzkids 2007

296 klassen (10 tot 12 jaar) schreven zich in!

Op woensdag 7 maart 2007 had de spetterende finale plaats. De strijd was hevig en boeiend. Luid aangemoedigd door de klasgenoten, de leraren en directies werden de theoretische en praktische opdrachten afgewerkt. Uiteindelijk werd de basisschool uit Vinkt tot winnaar uitgeroepen. Er was een prachtig en uitgebreid aanbod aan prijzen!! Vrolijk zingend trokken de klassen terug naar school.

Op naar Whizzkids 2008!!



Peter van de wedstrijd, Sanyo, overhandigt de dataprojector

Schrijf je in aan de Universiteit Antwerpen!



van 2 juli tem 21 september

elke werkdag van 9 tot 12 uur,
met uitzondering van 11 juli, van 6 t/m 10 augustus en 15 augustus

Meer info

www.ua.ac.be/inschrijven | inschrijven@ua.ac.be
Tel. +32 3 275 56 30

Waar? Lange St-Annastraat 7, 2000 Antwerpen

Universiteit Antwerpen



ict-wijs.eu

ICT voor mensen met een beperking

ICTwijs.be was het eerste Vlaamse initiatief voor het verstrekken van informatie over ICT-oplossingen voor mensen met een functiebeperking voor het onderwijs. Op 28 maart was er in Middelburg de presentatie van ICTwijs.eu

Voor een volle zaal werd aan de hand van een viertal praktijkvoorbeelden aangetoond hoe ICT een belangrijk hulpmiddel kan zijn bij het uitvoeren van tal van activiteiten thuis en op school. Bij de aanwezigen waren er vertegenwoordigers van een 25-tal organisaties en de pers.



AUDITIEF

DISLEXIE

VISUEEL

MOTORISCH



Nationale Loterij creëert kansen

DOSSIERS op komst

KLIMAATVERANDERING
KERNENERGIE
DUURZAME ENERGIE
ADHD



DOSSIERS nrs 1- 62

nog verkrijgbaar zolang de voorraad strekt,
zie www.tijdschriftmens.eu

- | | |
|--|---|
| 40: "Een tweede leven voor kunststoffen" | 52: "Het ontstaan van de mens" - deel 1 |
| 41: "Stressssss" | 53: "Het ontstaan van de mens" - deel 2 |
| 42: "Voedselveiligheid, een complex verhaal" | 54: "Biologische oorlogsvoering in en om ons lichaam" |
| 43: "Het klimaat in de knoet" | 55: "Muizenissen en knaagzangen" |
| 44: "Voorbij de grenzen van het ZIEN" | 56: "Schoon verpakt, lekker gegeten" |
| 45: "Biodiversiteit, de mens als onruststoker" | 57: "Brein" |
| 46: "Biomassa, de groene energie" | 58: "Illusies te koop" |
| 47: "Het voedsel van de goden: chocolade" | 59: "Je sigaret of je leven" |
| 48: "Nanotechnologie" | 60: "Luchtvervuiling" |
| 49: "Zuiver water, een mensenrecht?" | 61: "Griep, een doder op de loer?" |
| 50: "Dierenwelzijn als werkwoord" | 62: "Vaccinatie, reddingslijn of dwaallicht?" |
| 51: "De waarheid over varkensvlees" | |