

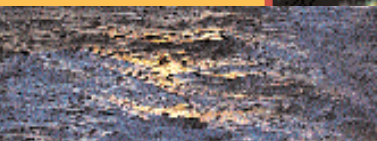
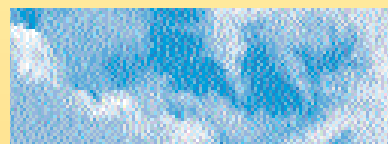
MENS :
een indringende
en educatieve
visie op het
leefmilieu

Dossiers en rubrieken
didactisch gewikt
en gewogen door
eminente specialisten

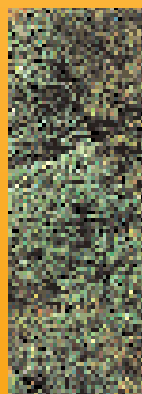
18

2de kwartaal 1995 Driemaandelijks milieutijdschrift: 'een must voor een mens'

Milieu -
Educatie,
Natuur &
Samenleving



"Bronnen van energie"



*Het heelal en
de oerknal.
Een onvoorstelbaar
energiegebeuren.*



Inhoud

| | |
|---|----|
| Gast-redactioneel door Z.K.H. Prins Laurent | 2 |
| Dossier: "Bronnen van energie" | 3 |
| Jongerenprijzen Leefmilieu 1995 en 1996 | 32 |

Gast-redactioneel

Het Koninklijk Instituut voor het duurzaam beheer van de Natuurlijke rijkdommen en de bevordering van de schone Technologie (KINT) werd opgericht met als doel tot een betere samenwerking inzake het leefmilieu te komen tussen de verschillende groepen in onze maatschappij: de bevolking, de politici, de industrie, de milieuverenigingen. Deze harmonisatie van de inspanningen moet tot betere resultaten leiden op onze weg naar verstandig gebruik van de natuurlijke hulpbronnen.

Een duurzaam beheer van de natuurlijke rijkdommen is een stelregel die de mens in al zijn activiteiten moet nastreven. Deze bekommernis geldt bij uitstek voor het energiegebruik dat, naarmate de mens zich verder ontwikkelt, steeds maar toeneemt.

De fossiele energiebronnen, zoals steenkool, aardolie en aardgas, raken aan een snel tempo uitgeput. Het zoeken naar haalbare alternatieven is daarom een dwingende noodzaak geworden.

Ook moet een verstandige en evenwichtige keuze gemaakt worden om voor elke toepassing de meest geschikte energiebron te kiezen.

Het gebruik van energie geeft vaak aanleiding tot vervuiling van het leefmilieu. Deze milieuschade kan vele vormen aannemen: ongelukken met olietankers of kerncentrales, verminking van het landschap door stuwdammen, uitstoot van broeikasgassen,... Om deze ongewenste effecten te vermijden moet een schone technologie ontwikkeld worden. Deze moet het rendement van de energiewinning verbeteren en tegelijk het risico voor het leefmilieu verminderen.

Het voorliggende dossier "Bronnen van energie" verschaft inzicht in de energieproblematiek van de mens en de inspanningen die geleverd worden om daaraan te verhelpen.

Het Instituut hoopt dat dit dossier, dat samengesteld werd door wetenschappers en didactici, een stimulans moge zijn voor eenieder, om zich in te zetten voor een duurzaam beheer van de natuurlijke rijkdommen in het algemeen en een rationeel energiegebruik in het bijzonder. Het Instituut staat ter beschikking van alle initiatieven, die op een originele manier aan deze weg helpen timmeren.

Z.K.H. Prins Laurent
Voorzitter van het KINT



© Alle rechten voorbehouden MENS 1995

Algemene informatie en coördinatie:

Sonja De Nollin
Te Boelaarlei 23 - 2140-Borgerhout
Tel.: 03/322.74.69 • Fax: 03/321.02.77

Onder de auspiciën van:

- Vlaamse Vereniging voor Biologie (V.V.B.)
- Koninklijke Vlaamse Chemische Vereniging (K.V.C.V.)
- Vereniging Leraars Wetenschappen (VeLeWe)
- Vereniging voor het Onderwijs in de Biologie (V.O.B.)
- Vereniging Leraars Aardrijkskunde (V.L.A.)
- Vlaamse Ingenieurskamer (V.I.K.)
- Water - Energie - Leefmilieu (WEL)
- Instituut voor Milieukunde, U.I.A.
- Verbond der Vlaamse Academics (V.V.A.)
- Nederlands Instituut voor Biologen (NIBI)
- Natuur & Wetenschap
- Provinciaal Instituut voor Milieu-Educatie (PIME)
- Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen (KMDA)
- Zoo Antwerpen en dierenpark Planckendael

Voor steun en medewerking oprechte dank aan:

- BRTN
- Congress Press BV
- Gemeenschapsministerie van Onderwijs

Kernredactie:

K. Bruggemans, Produktieleider Wetenschappen, Hoofd Departement Cultuur, BRT
R. Hulpia, Projectleider, Ministerie van Onderwijs
J. Bosmans, D. Wellens,
Wetenschappelijke redacteurs

Adviesraad:

Voorzitter: Prof. F. Adams, Rector UIA,
Leden: J. Baeyens, H. Bocken,
J. Bosselaers, L. Brandt, A. Buekens,
B. Bueno de Mesquita, R. Ceulemans,
H. Clijsters, J.W. Copius Peereboom,
K. De Brabander, M. De Cleene, W. Declair,
D. De Keukeleire, N. T. de Oude,
L. Deprez, P. De Valkeneer, D. Dubois,
B. Haest, J. Kretzschmar, F. Lox,
G. Magnus, H. Masson, J. Noben,
F. Ollevier, J. Put, J. Tollenaere,
A. Valcke, F. Van Assche,
P. Van Cauwenberge, W. Van Cotthem,
P. Van den Sande, O. Vanderborght,
R. Van Grieken, J. Vangronsveld,
C. van Haeren, L. Van Leemput,
N. Van Passel, J.P. Verbelen, R. Verheyen,
W. Verstraete, K. Vlassak, D. Weytjens.

Jaarabonnement

door storting op naam van:

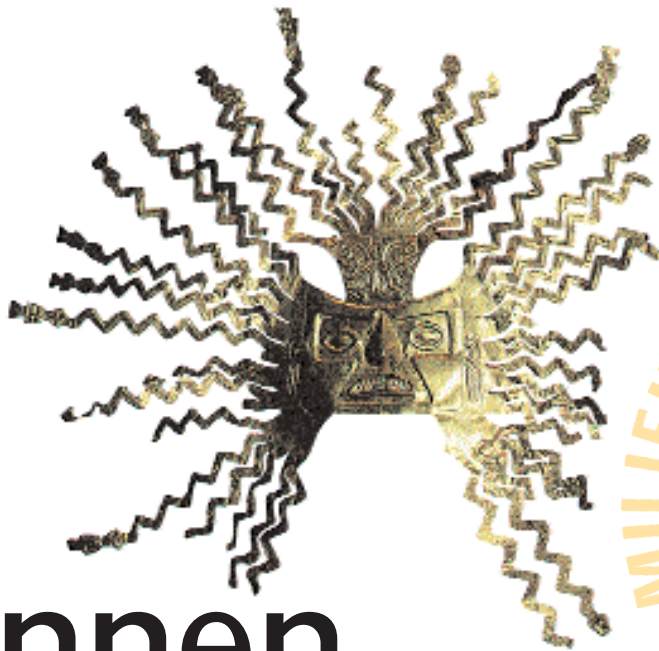
S. De Nollin, "Tijdschrift MENS":
België: 700 BF op PCR 000-1610496-05
Nederland: 40 Fl. op Rek. nr. 52.18.05.465
(Giro nr. ABN 1110608)

Verantwoordelijke uitgever:

R. Valcke (Vlaamse Vereniging voor Biologie)
Reimenhof 30, B-3530-Houthalen

Voor illustraties dank aan:

BP, Shell, Electrabel, NIRAS, Watco, R.U. Gent,
K.U. Leuven, Wereldwijd.



met medewerking van
 Prof. Roland Caubergs, RUCA, Antwerpen
 Prof. Reinhart Ceulemans, UIA, Antwerpen
 Prof. Oscar Vanderborght, Univ.
 Antwerpen, Nationaal Comité IGBP
 Prof. Hugo Decler, VUB, Brussel
 Prof. Marcel De Cleene, U.Gent
 Prof. Frans Ollevier, K.U.Leuven
 Bart Muys, K.I.N.T., Brussel
 Jan Kretzschmar, VITO, Mol
 Jos Artois, VLAR, Vilvoorde
 Guy Debleeckere, Communicatie
 Electrabel, Brussel
 Patrick Cornelis, Coördinatiecentrum
 N.I.M., Brussel
 Werkgroep "MENS":
 Jan Bosmans, Karel Bruggemans,
 Sonja De Nollin, Romain Hulpia,
 Chris Thoen, Els Van den Borren,
 Donald Wellens



Bronnen van energie

Energie is ethymologisch afkomstig van het Griekse woord: "energeia" dat "werkzaamheid" betekent. Het is een moeilijk te vatten begrip.

Energie heeft vele vormen. De ene energievorm kan zich omzetten in een andere.

$$E=mc^2$$

Gravitatie-energie berust op de aantrekkingskracht tussen de deeltjes. Zij kan omgezet worden in kinetische energie, namelijk in beweging. Door wrijving wordt een gedeelte van de bewegingsenergie omgezet in warmte.

De zonnestraling is een belangrijke bron van energie op aarde. Zij bepaalt in sterke mate alles wat er op aarde gebeurt. De zonneënergie is onmisbaar voor het leven van de groene planten.

Daaruit halen op hun beurt ook mensen en dieren, direct of indirect, hun voedsel.

Ook de energievoorraden van de fossiele brandstoffen werden gevormd met behulp van de zonnestraling en werden over een periode van honderden miljoenen jaren opgebouwd en opgestapeld in de aardkorst. Deze reserves worden nu in versneld tempo opgebruikt door de mens.



Aanbidding van de zon door de Egyptenaren (links), de Maya's (boven) en de Kelten (onder).

Als een ruimteveer terug in het aantrekkingsveld van de aarde komt, heeft het een hitteschild nodig. Zoniet brandt het geheel of gedeeltelijk op door de wrijvingskrachten in de atmosfeer.



Zonnestraling



Licht

Korte golf-straling



Directe
weerkaatsing
 $52000 \times 10^{12} \text{ W}$

Directe
omzetting in
warmte
 $81000 \times 10^{12} \text{ W}$

Verdamping
neerslag enz.
 $40000 \times 10^{12} \text{ W}$

Wind, golven
convectie en
stromingen
 $370 \times 10^{12} \text{ W}$

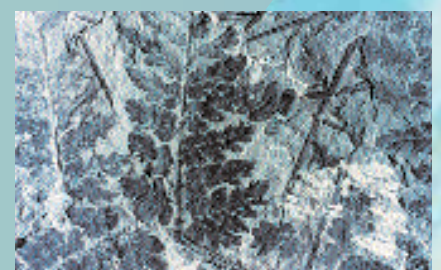
Fotosynthese
 $40 \times 10^{12} \text{ W}$



Opstapeling in water en ijs



Opstapeling in planten



Fossiele brandstoffen

De energiecyclus op aarde



Warmte

Lange golf-straling



Planetaire energie



Tijen, getijdenstroming enz.
 $3 \times 10^{12} \text{ W}$



Convectie in vulkanen en
warmwaterbronnen $3 \times 10^{12} \text{ W}$



Geleiding in rotsen
 $32 \times 10^{12} \text{ W}$

ontbinding

dieren

Nucleaire en
geothermische
energie

De energie ten bate van de voedselketen

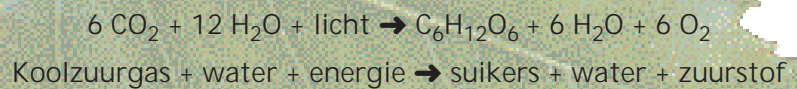
De samenhang van het grote energiegebeuren op de aardbol is op de vorige bladzijden schematisch door pijlen aangegeven.

Om de levensprocessen op aarde te onderhouden is maar een heel klein deeltje van de zonneënergie nodig. Inderdaad, veel minder dan één duizendste van de binnenkomende zonneënergie wordt via de fotosynthese door de planten benut en via de voedselketen aan dieren en mensen doorgespeeld.

In feite levert de zon op één dag veel meer energie dan nodig is om alle leven op aarde een heel jaar lang in stand te houden.

Over planten en fotosynthese

Tijdens de fotosynthese wordt licht-energie vastgelegd in de scheikundige synthese van een glucose-molecule. De algemene reactievergelijking kan als volgt samengevat worden:



Het geheel van het fotosynthesegebeuren is te beschouwen als een reductieproces waarbij zuurstof gevormd wordt. Het komt slechts tot stand via een heel grote reeks tussenstappen.

Men onderscheidt twee verschillende fasen die allebei verlopen in specifieke celorganellen van de planten, namelijk de chloroplasten:

1. De fase van de lichtreactie vereist lichtenergie en leidt tot de vorming van energierijk adenosinetrifosfaat uit adenosinedifosfaat en fosfor:



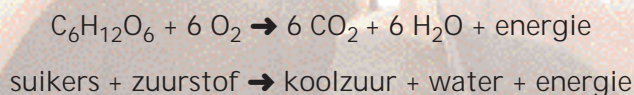
2. De fase van de donkerreactie bestaat uit scheikundige omzettingen waarvoor geen licht nodig is. De donkerreactie kan, bij voorbeeld, ook 's nachts verlopen. Zij maakt gebruik van het energierijke ATP enerzijds en het reducerende NADPH (= nicotinamide-adenine-dinucleotide-fosfaat) anderzijds. Het NADPH reduceert CO_2 tot glucose of andere suikers.

Ongeveer 0,02 % van de zonneënergie wordt opgenomen in het fotosyntheseprocess van de plantenwereld op aarde.

Over dieren en mensen en ademhaling

De lichtenergie die onder scheikundige vorm door de planten werd opgestapeld in suikers, zetmeel, eiwitten, oliën en dies meer, wordt in tweede instantie onder de vorm van voedsel benut door mensen en dieren. Het dierlijke spijsverteringsstelsel benut het voedsel voor de opbouw en het herstel van de eigen dierlijke weefsels en voor de productie van energie onder de vorm van lichaamswarmte en bewegingsenergie.

De energieproductie gebeurt door verbranding (oxydatie) van de voedingsstoffen met behulp van zuurstof aangevoerd via longen en bloed. De ademhalingsprocessen kunnen grofweg beschouwd worden als een omgekeerde fotosynthese:



Fotosynthese is de reductie van CO_2 tot organisch materiaal. Ademhaling is de oxydatie van organisch materiaal tot CO_2 . Zo houden planten en dieren mekaar in ideale omstandigheden in evenwicht. "Rien ne se perd, rien ne se crée" of "Panta rhei".

Niet alleen de dierlijke ademhaling maar alle soorten van verbranding of oxydatie van organisch materiaal zoals hout of groente-, fruit- en tuinafval (GFT) kunnen beschouwd worden als natuurlijke tegenhangers van de fotosynthese.

ENERGIE-EENHEDEN

- calorie = cal
Dit is de vroeger gebruikte eenheid van thermische energie, gedefinieerd als de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 gram water van 15°C op te warmen met 1°C
- Joule = J ($J = N \times m$)
Eenheid van energie = kracht x verplaatsing (Newton x meter):
Omrekening (bij benadering): 1 J = 0,24 cal of 1 cal = 4,19 J;
kilojoule = kJ = 10^3 J; megajoule = MJ = 10^6 J; gigajoule = GJ = 10^9 J.
- Watt = W ($W = J/s$)
Dit is de eenheid van vermogen (= energie/tijd).
kilowatt = kW = 10^3 W; megawatt = MW = 10^6 W; gigawatt = GW = 10^9 W.
- kilowattuur = kWh.
Dit is de eenheid van elektrische energie.
1 kWh = 3.600 kJ, of het vermogen van 1 kW dat gedurende 1 uur wordt geleverd.

ENERGIE-INHOUD van verschillende energiebronnen:

| | |
|---|-------|
| - 1 kg biomassa levert gemiddeld: | 18 MJ |
| - 1 kg steenkool levert gemiddeld: | 29 MJ |
| - 1 kg stookolie levert gemiddeld: | 41 MJ |
| - 1 kg vloeibaar aardgas levert gemiddeld: | 49 MJ |
| (d.i. 1,4 m ³ gasvormig aardgas) | |

Een volwassen mens vereist voor zijn voeding per dag ongeveer 12 MJ. De gemiddelde aardbewoner verbruikt aan energie per dag ongeveer 150 MJ; in Europa bedraagt het dagelijks gemiddelde zowat 400 MJ en in Noord Amerika 800 MJ. (naar "BP Statistical review of world energy", 1993).

de mens in toenemende mate voor energietekorten op aarde. Op meerdere plaatsen kampt men nu reeds met voedselproblemen voor de groeiende massa van miljarden mensen die zich op de aardbol nestelen.

De zwakste schakel in de voedselvoorziening is niet zozeer een gebrek aan zonne-energie, maar veeleer watertekort en een gebrek aan vruchtbare grond die moet zorgen voor de gewenste massa voedsaam plantenmateriaal voor dierlijke en menselijke consumptie.

Daar ligt de kern van het probleem. In de laatste decennia werden reeds grote arealen van de tropische regenwouden opgeofferd, grotendeels voor akkerbouw en veeteelt, ten dele ook als gevolg van niet duurzame houtoogst. Deze werkwijze wrekt zich op korte termijn.

De bodem van de regenwouden is immers van nature zeer arm en de dunne humuslaag raakt snel uitgeput. Bovendien leiden de ontbossingen op hun beurt weer tot andere katastrofen. De kaalslag van de laatste decennia op de flanken van het Himalayagebergte is de voornaamste oorzaak van rampspoedige overstromingen in de vruchtbare lager gelegen gebieden, zoals in Bangla Desj.



*Mais is een C4-plant.
Tarwe en rijst zijn C3-planten.*



Nu reeds verkeert de mensheid in een tamelijk benarde situatie. Studies van het Amerikaanse Hudson Instituut voorspellen dat de mogelijke aanvoer van energie via de fotosynthese en de akkerbouw steeds minder zal volstaan om de voedingsbehoeften te dekken.

De opbrengst van voedingsgewassen kan dankzij betere technologieën zoals de gentechnologie zeker nog beduidend opgevoerd worden. Hoelang blijft dat echter toereikend?

Grote bevolkingsgroepen in het Verre Oosten hadden tot nog toe bijna uitsluitend rijst of koolplanten op het menu. Door een veranderende economische situatie kunnen velen het zich stilaan veroorloven meer vlees te eten, voornamelijk varkensvlees en kip.

De vetmesting van dieren in stallen levert een maximum aan proteïnen op een minimum aan oppervlakte. Dat lijkt misschien een oplossing voor een gebrek aan landbouwareaal omdat het vee zich kan voeden met gras en andere planten die voor de mens ongenietbaar zijn. Dit is echter voor betwisting vatbaar.

De vlucht van de mens naar het vleeseten is zeker geen duurzame oplossing voor de energieproblemen. Integendeel. Immers alle vlees komt maar tot stand via de fotosynthese van de planten. De voeding van het menselijk lichaam via dierlijk voedsel wordt veel duurder betaald in termen van energiebehoefte.

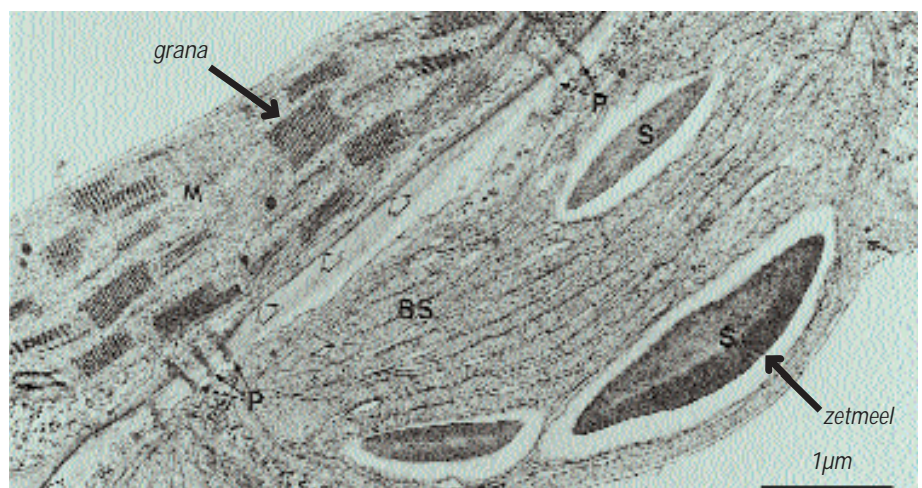
Als de voedselketen langer wordt, vereist hij alles samen duidelijk nog meer plantengroei en nog meer energietoevoer. Uit de berekeningen blijkt immers dat de voeding van de mens met dierlijke proteïnen per voedingscalorie in energietermen 5 tot 10 maal duurder betaald wordt dan een vegetarische voeding.

Over de grenzen van de fotosynthese als bron van voedsel en energie

Onder ideale omstandigheden in het laboratorium slaagt men erin een zuurstofmolecuul te produceren uit kooldioxyde met behulp van 8 quanta wat overeenkomt met ongeveer 33×10^{-19} J. Enig rekenwerk toont aan dat het theoretisch maximaal rendement van de fotosynthese 23,5% bedraagt, dat wil zeggen dat een vierde van de opgevangen lichtenergie zou kunnen gestockeerd worden in de vorm van bruikbare scheikundige energie voor de levende wezens.

Maar ... te velde zijn er belangrijke energieverliezen door reflectie en door allerlei fysiologische processen in de plant die tenslotte zelf ook moet leven. Daarom bedraagt de werkelijk bruikbare energie die de geoogste plant ter beschikking stelt aan de mens voor voeding of verwarming zowat 1% van haar opgevangen lichtenergie.

Hoe kan de mens meer energetisch nut puren uit de aardse plantengroei? Hierna volgen enkele mogelijkheden:



Doorsnede van cellen met chloroplasten van een C4-plant. Chloroplasten zijn de celorganellen waar de fotosynthesereacties plaats grijpen. De elektronenmicroscopische foto toont
 - links een chloroplast die donkere korrels (grana) bevat,
 - rechts een chloroplast die geen grana, maar wel zetmeelkorrels bevat. (Grunning and Steer 1975).



Terrasculturen te Banoë, Filippijnen. Hier worden zowel de oorspronkelijke wilde als de moderne mini-variëteiten van rijst gekweekt.

Inzet: Nollie, een mini-variëteit van rijst, door het IRRI (International Rice Research Institute) ontwikkeld, en op ziekten nagekeken door een medewerkster van het IRRI. Sinds 1981 werkt de universiteit van Gent nauw samen met het Plant Pathology Institute van het IRRI.

1. C3- versus C4-planten:

C3-planten vormen glyceraldehyde, het eenvoudigste suiker dat bestaat uit 3 koolstofatomen. Zij gebruiken 12 fotonen als licht-energie voor elke molecule CO_2 die ze fixeren in glyceraldehyde. C4-planten daarentegen bouwen ketens van 4 koolstof-atomen (appelzuur vb.). Dat vereist minstens 14 fotonen per ingebouwde CO_2 -molecule. Dit kleine voordeel van fotonenrendement voor C3-planten gaat verloren bij temperaturen van 10 tot 25 °C door een proces dat fotorespiratie heet. Dan verbruiken zowel C3- als C4-planten in de praktijk ongeveer 15 fotonen per ingebouwde CO_2 -molecule. Bij hogere temperatuur daalt het rendement van de C3-planten nog verder. Bij C4-planten komt fotorespiratie nauwelijks voor.

In een warm klimaat is het verbouwen van C4-planten, zoals suikerriet, maïs en gierst, energetisch interessant. C4-planten bezitten naast chloroplasten met grana's, ook een afwijkend type dat zetmeel bevat.

2. Grote hoeveelheden voedselenergie gaan verloren in de akkerbouw door onkruiden en planteziekten. Deze kwalen moeten vakkundig bestreden worden met aangepaste landbouw- en bemestingstechnieken en, waar nodig, met efficiënte chemische of biologische middelen.
3. Grote vooruitgang in de landbouw-opbrengsten is ook te danken aan de biotechnologische ontwikkelingen, selectie van rassen en genetische manipulatie. De grootte van de graan- of rijstkorrels, de stevigheid van de stengels, de resistentie tegen koude, schimmels, parasieten... zijn allemaal factoren die het verschil maken tussen hongersnood of overvloed.

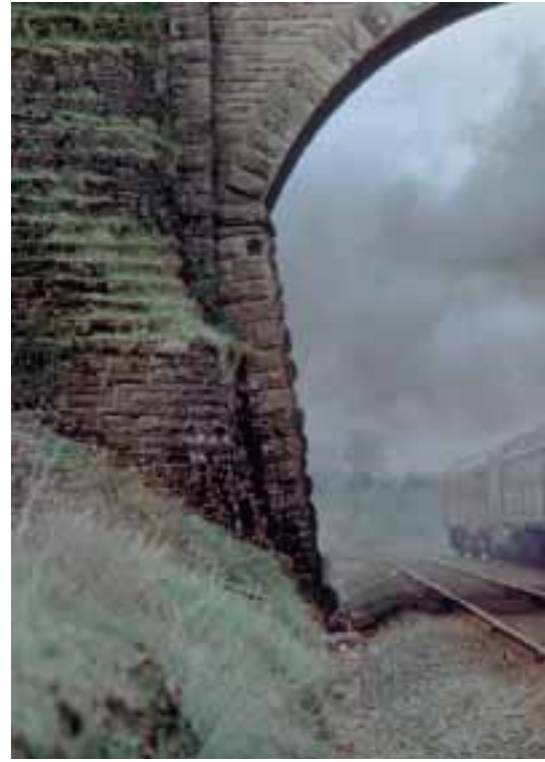
Dankzij de "veredeling" van planten zijn kleinere en grotere wonderen verricht om de voedingswaarde van allerlei gewassen sterk te verbeteren. Bovendien kunnen uitgestrekte gebieden o.m. in Mexico en Siberië nu gebruikt worden voor de teelt van nieuw ontwikkelde graanrassen die in erg droge en/of koude klimaatsomstandigheden kunnen gedijen.

*Enkele voorbeelden uit de rijke verzameling van rijstzaden (83.000 verschillende wilde variëteiten van één enkele soort: *Oryza sativa* L.) uit het (IRRI) te Los Banos, Filippijnen. De moderne mini-variëteiten die door het IRRI werden ontwikkeld in de zeventiger jaren hebben een veel hogere opbrengst omdat ze meer uitstoelen, gunstig reageren op bijkomende stikstofbemesting en minder schade lijden door tyfoons dankzij hun kortere stengel.*

Toch is het hoegenaamd niet zeker dat de verbeteringen van de landbouwmethoden zullen volstaan om de explosief toenemende mensenbevolking te blijven voeden.

Er liggen immers nog vele andere gevaren op de loer. De moderne mens legt steeds meer beslag op het aardoppervlak voor de woningbouw, de industrie, de verkeerswegen en dies meer.

De toenemende verwoestijning en verstedelijking op aarde zijn zeker niet van aard om de situatie voor de landbouw te verbeteren.



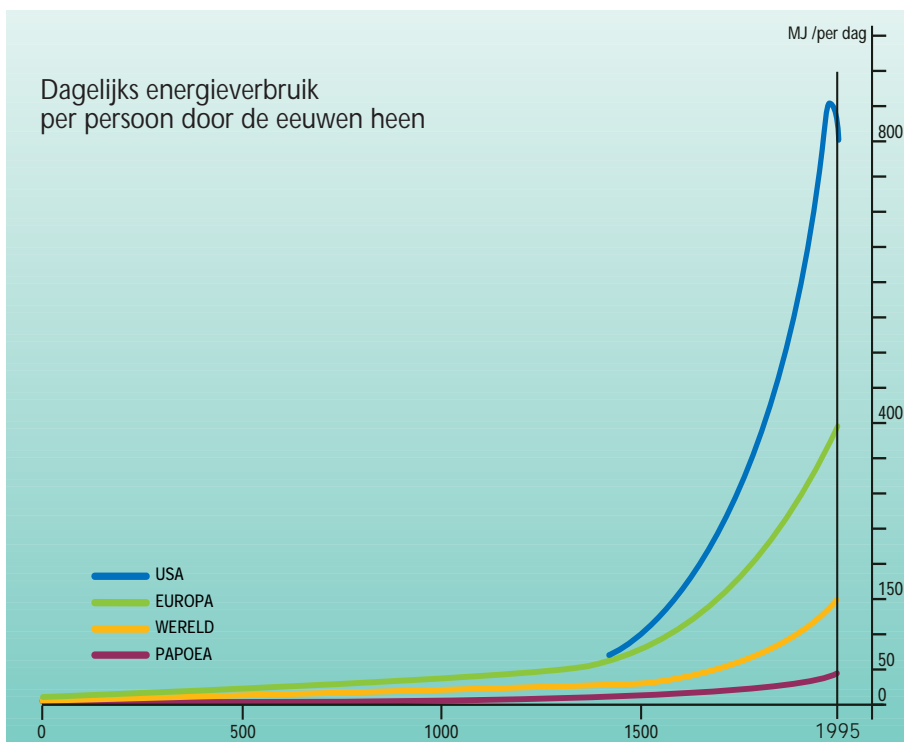
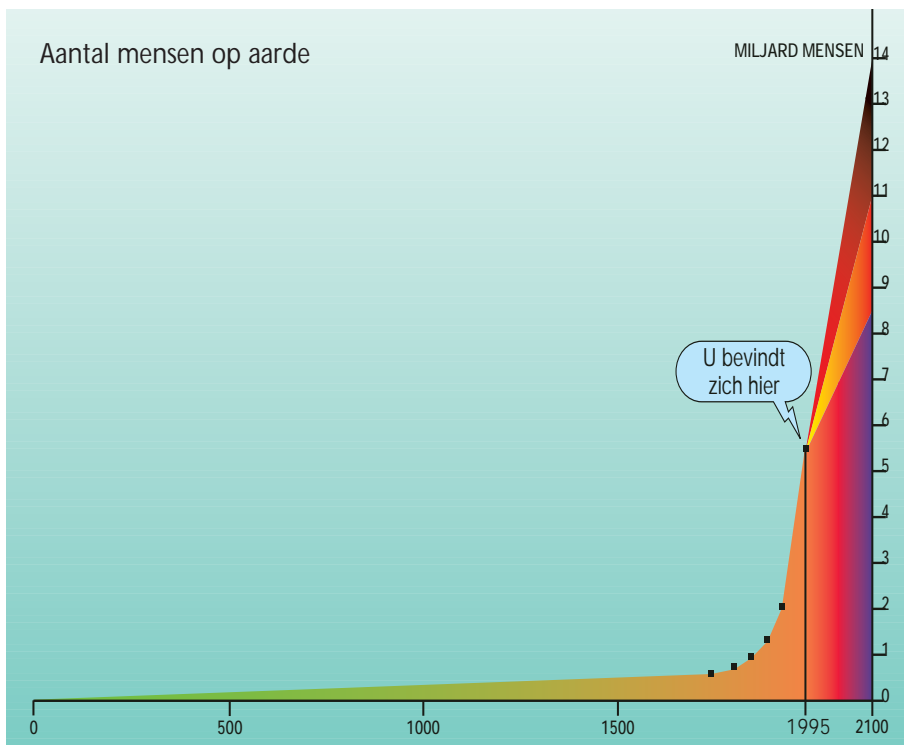
Het energiegebruik van de mens door de eeuwen heen

Het energiegebruik van de voorhistorische mens beperkte zich hoofdzakelijk tot het voedsel dat nodig was om zijn lichaamswarmte, zijn stofwisseling en zijn spierarbeid te onderhouden. Hij slaagde erin te overleven met iets meer dan 8 MJ per persoon per dag.

Op een niet nader bekend moment in het stenen tijdperk, ongeveer een miljoen jaar geleden, ontdekte de mens dat hij met silexstenen vuur kon maken. Het maakte zijn leven in vele opzichten aangenamer. Hij kon zijn voedsel langer bewaren en zich verwarmen. Door het smelten van brons kon hij betere wapens vervaardigen en meer jachtactiviteiten ontplooiën. Bij dat alles verdubbelde hij ongeveer zijn dagelijks energieverbruik.

In die tijd volstond een klein beetje hout als brandstof. Hout was aanvankelijk een duurzame en onuitputtelijke energiebron. Het groeide in voldoende mate aan om tegemoet te komen aan de menselijke behoeften.

Die situatie is in de loop der eeuwen grondig veranderd. Enerzijds nam het aantal mensen toe. Anderzijds steeg het energieverbruik per persoon naargelang van de evolutie van de produktiemethoden in landbouw, veeteelt en nijverheid.



Steeds meer mensen, met steeds meer wensen. Bevolking en energiegebruik : een dubbele groei.



Koken met veel energieverlies.

Dankzij de ontwikkeling van aangepaste kachels werd ook een goede huisverwarming mogelijk.

Via cokes kon men gietijzer vervaardigen. IJzer werd het nieuwe constructiemateriaal voor machines, bruggen, schepen en later ook spoorwegen, locomotieven en rijtuigen.

In het begin van deze eeuw ruimen kolen en stoom ten dele plaats voor nieuwe energiebronnen: petroleumderivaten, gas, elektriciteit, kernenergie ...

Sinds de industriële revolutie is de energie-gulzigheid van de moderne mens nog in sterke mate toegenomen. Op het einde van de negentiende eeuw bedroeg de dagelijkse energieconsumptie per persoon in Engeland, Duitsland en de Verenigde Staten 300 MJ.

In 1977 veroorloofde de gemiddelde burger van de Verenigde Staten zich een energieverbruik van zowat 1.000 MJ per dag. Onze voorouders in lang vervlogen tijden konden met diezelfde hoeveelheid energie meer dan 100 dagen in leven blijven.

Om de toename van de energiebehoeften op te vangen, worden de aardse energiereserves op dit ogenblik in een versneld tempo uitgeput.

Het speuren naar een rationeler energiegebruik enerzijds, en aanvaardbare alternatieve energiebronnen anderzijds, is daarom een belangrijke prioriteit in het wetenschappelijk onderzoek.

(Synthese naar: A. Linters, "De groei van een industriële samenleving", VWIA en EBES, Antwerpen, 1986)

In de primitieve agrarische samenleving bedroeg de energieconsumptie naar schatting 50 MJ per persoon per dag. Een gelijkaardig verbruik wordt ook nu nog genoteerd voor sommige volksstammen met eenvoudige levenspatronen in bepaalde delen van Nieuw-Guinea.

Een meer ontwikkelde produktietechnologie, zoals in het Europa van de jaren 1400, vereiste al gauw het dubbele, zowat 100 MJ. Schaalvergroting kenmerkte de overgang van een agrarische naar een industriële samenleving. Sedert de achttiende eeuw namen bevolking, produktie van goederen, energieverbruik, transport, exponentieel toe. Het begrip "groei" werd een ideologie voor ondernemers.

Bij de grenzen van de groei stelden men zich hoegenaamd geen vragen. Nieuwe landbouwtechnieken met gebruik van mechanische tuigen boden wel een oplossing.

Het hout dat aanvankelijk overvloedig werd gebruikt als brandstof en als materiaal voor de bouw van woningen en schepen, werd schaars. Reeds in de zestiende eeuw werd het rooien van bomen wettelijk aan banden gelegd in Engeland omdat het hout moest voorbehouden blijven voor de scheepsbouw.

Kolen vervingen stilaan het hout als brandstof in de achttiende eeuw. Aanvankelijk werden ze gebruikt in fabrieken in weerwil van de ongezonde uitwasemingen.



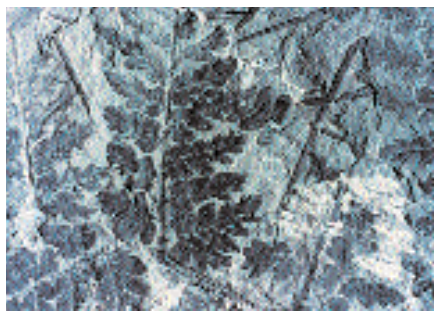
Het is duidelijk dat het mensdom met een snelreinvlaar afstevent op problemen in verband met het aanboren van voldoende energiebronnen. Er is immers een dubbele exponentiële groei van het aantal mensen enerzijds en de energiebehoeften per persoon anderzijds.

De benodigde calorieën voor de voeding vormen maar een klein deel van de totale energiebehoeften. Veel groter zijn de hoeveelheden energie die moeten dienen voor verlichting, verwarming, transport, allerlei huishoudelijke en industriële activiteiten.

Daarom is het belangrijk de aard van de verschillende energiebronnen te overlopen en een verstandige keuze te maken op basis van de ecologische voor- en nadelen die gepaard gaan met het gebruik ervan. Bij de keuze van de energiebronnen moet de mens zich laten leiden door criteria die te maken hebben met de uitputbaarheid en de dimensies van de energievoorraden, de gevaren bij de ontginning, het transport, de verschillende toepassingen, alle vormen van milieuvervuiling...

Achtereenvolgens komen de volgende energiebronnen aan bod:

- "traditionele" energiebronnen zoals de in de ondergrond opgestapelde fossiele brandstoffen, steenkool, aardolie en aardgas maar ook de zich steeds vernieuwende natuurlijke brandstof, het hout;
- alternatieve energiebronnen van zeer verschillende inspiratie:
 - zonne-energie
 - windenergie
 - waterkracht
 - geothermische energie
 - bio-energie (mest, afval...)
 - nucleaire energiebronnen, kernfusie, kernsplijting



Fossiele brandstoffen*

Fossiele brandstoffen zijn afkomstig van organische sedimenten die zich in pre-historische tijden opgestapeld hebben in de aardkorst hetzij onder de vorm van steenkool, aardolie of aardgas.

Het gaat in feite om zonnestralings-energie die in de loop van miljoenen jaren dankzij de fotosynthesewerking van planten werd verzameld.

Deze fossiele brandstoffen leveren op dit ogenblik ongeveer 76% van alle energie voor de mens. Dat is zeker geen duurzame oplossing want binnen één of twee eeuwen zullen deze bronnen voor eens en voorgoed uitgeput zijn.

** Volgens heel wat deskundigen kan aardgas ook ontstaan uit gesteenten en dus een niet-fossiele of abiogene oorsprong hebben.*

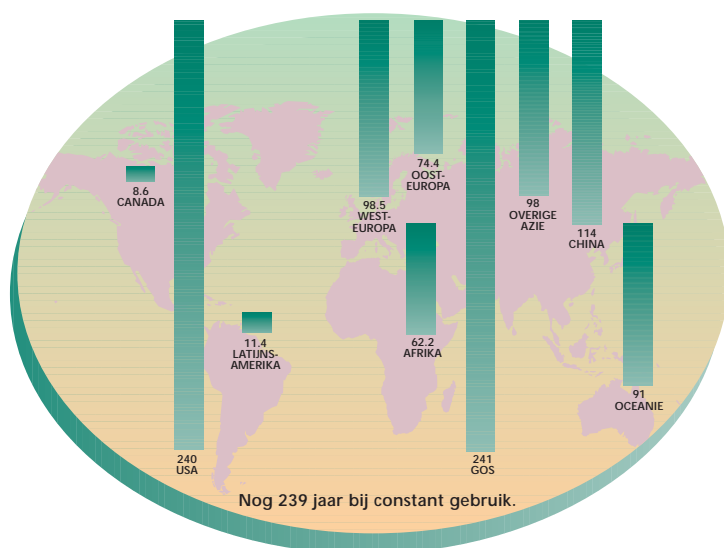


"Traditionele" energiebronnen

Steenkool

In het steenkooltijdperk of Carboon ontstonden enorme moerassen door het terugtrekken van de zeeën. In die moerassen ontwikkelden zich regenwouden. Het afgestorven plantenmateriaal hoopte zich op in de drassige bodem. De zuurstoftoevoer werd geheel of gedeeltelijk afgesloten door de snelle opstapeling van lagen plantaardig afval. Daardoor gebeurden de afbraakprocessen niet of slechts gedeeltelijk door aërobe bacteriën. Door anaërobe scheikundige afbraak werden de plantenresten in de veengrond achtereenvolgens omgezet tot turf, bruinkool en steenkool. Het verloop van de verschillende fasen van het inkolingsproces is afhankelijk van de tijd, de druk en de temperatuur.





BEWEZEN RESERVES VAN STEENKOOI (in miljarden ton - 1991)

De voornaamste vindplaatsen en de bewezen voorraden van steenkool zijn op een wereldkaart aangegeven. Bij een verbruik van steenkool aan het huidige ritme zullen die voorraden binnen 235 jaar uitgeput zijn.

Het spreekt vanzelf dat de mens op de eerste plaats de gemakkelijkst bereikbare en meest rendabele steenkoollagen ontgint.

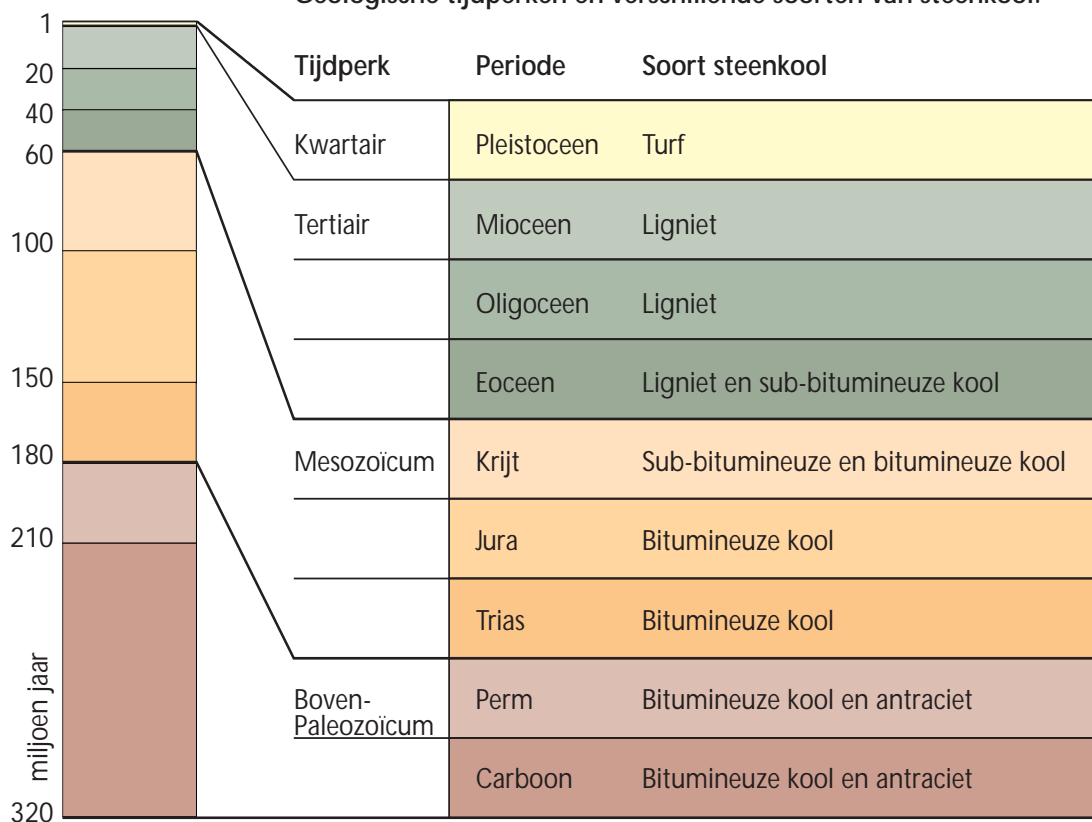
Steenkoolontginning is niet zonder gevaar voor de mens. Instortingen en ontploffingen van mijngas hebben reeds talrijke slachtoffers gemaakt. Voortdurende inademing van koolstof leidt tot ernstige aantastingen van de longen.

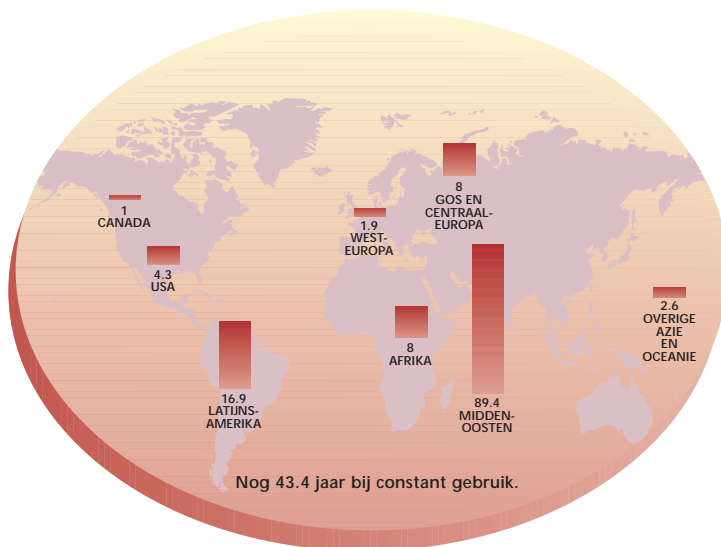
In Europa werden talrijke steenkoolmijnen gesloten nadat de beste aders uitgeput waren en de rendabiliteit verminderde. Technologische vernieuwingen leidden tot een betere exploitatie van steenkoollagen, vooral door toepassing van vergassingstechnieken.

Steenkool wordt benut als energiebron voor talrijke elektriciteitscentrales, voor de productie van kolengas (stadsgas) en voor industriële doeleinden zoals de productie van ijzererts. Vooral in Oost-Europa wordt steenkool ook nog gebruikt voor de verwarming van huizen en gebouwen.



Geologische tijdperken en verschillende soorten van steenkool.





BEWEZEN RESERVES VAN AARDOLIE (in miljarden ton - 1991)



Aardolie

De vorming van aardolie is van oudere datum dan de vorming van steenkool. Aardolie wordt aangetroffen in sedimenten van het Precambrium tot het Plioceen, dat wil zeggen in aardlagen met een ouderdom tussen één miljard en tien miljoen jaar. Het gaat om sliblagen op de zeebodem gevormd door afgestorven plankton dat zelf bedekt werd door andere sedimenten.

De organische resten van het plankton werden door anaërobe bacteriën afgebroken. Zoals voor de vorming van steenkool uit plantenmateriaal, was ook hier een proces van anaërobe afbraak essentieel. Uit de planktonlagen kon zowel aardolie als aardgas gevormd worden volgens bacteriële afbraakprocessen die nog niet nauwkeurig bekend zijn.

De aardolie en het aardgas zijn vaak ontsnapt en opgestegen uit het "moedergesteente" waarin ze gevormd werden. Door de druk van bovenliggende sedimenten zijn de olie of het gas dan terechtgekomen in poreuze opvanggesteenten die omgeven zijn door ondoordringbare lagen die verdere ontsnapping beletten en meestal kleihoudend zijn.

Volgens de berekeningen zullen de aardoliebronnen aan het huidige verbruiksritme binnen 40 jaar uitgeput zijn. Maar nieuwe ontdekkingen zijn natuurlijk niet uitgesloten.

De vindplaatsen van aardolie zijn in sterke mate geconcentreerd in het Midden Oosten. Dat heeft een sterke weerslag op allerhande machtsverhoudingen in de menselijke wereldpolitiek. Tijdens de oorlog van Irak tegen Koeweit werden honderden olieputten in brand gestoken met desastreuze milieubezoeftelingen van de lucht, de bodem en de zee als gevolg.

De concentratie van oliebronnen heeft niet alleen politieke consequenties maar betekent ook dat de olie over grote afstanden moet vervoerd worden. Het transport van aardolie heeft al herhaaldelijk voor spectaculaire milieurampen gezorgd.

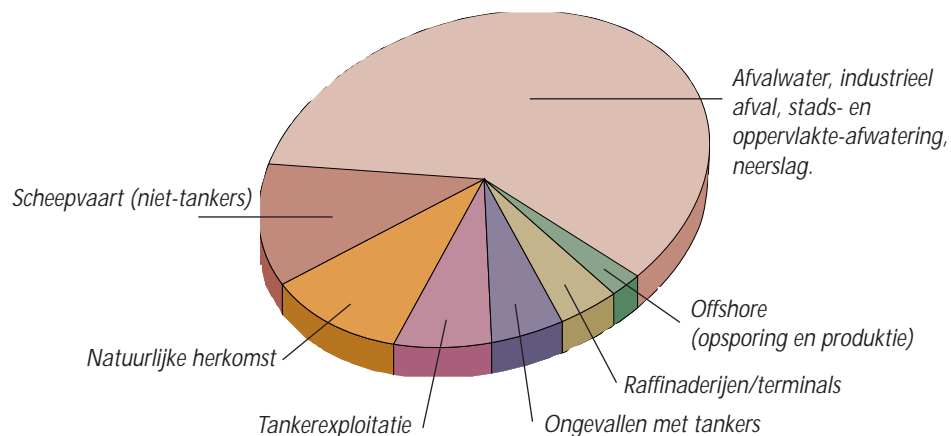
Te land gebeurt de aanvoer van massale hoeveelheden olie via pijpleidingen, hetzij ondergronds hetzij bovengronds. De olie wordt voortgestuwd door pompstations die telkens goed zijn voor een afstand van zowat 40 kilometer. De belangrijkste pijpleidingen lopen van het Noorden van Canada naar de Verenigde Staten of verbinden de voormalige GOS-landen. Door lekken in de verouderde oliepijpleidingen in Siberië werden uitgestrekte toendragebieden onder de olie bedolven.

De opslag van stookolie voor industrieel en huishoudelijk gebruik zorgt eveneens voor problemen. Denk maar aan de lekkende opslagtanks bij de woningen waardoor de bodem op talloze plaatsen vervuild wordt.





SCHATTING VAN HET OLIEVERLIES IN ZEE, BIJ WINNING, TRANSPORT EN GEBRUIK. Totaal verlies geraamd op 2 miljoen ton per jaar.

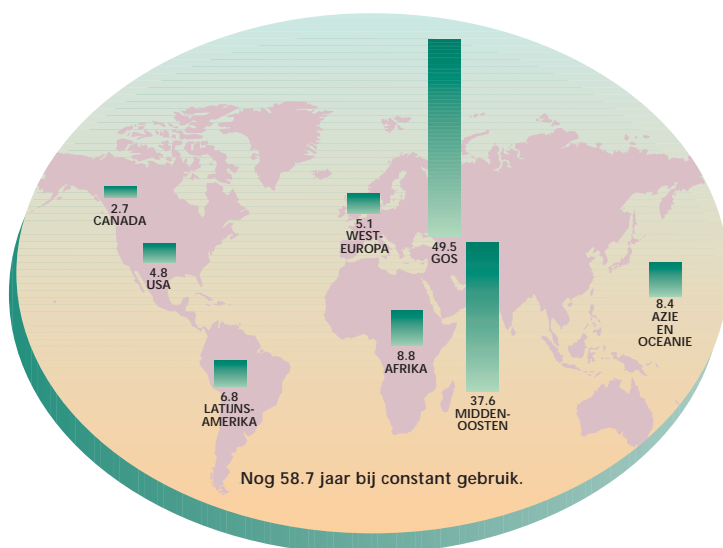


Ter zee gebeurt het transport met mammoettankers tot 600.000 ton. Ongelukken met dergelijke tankers hadden reeds herhaaldelijk rampzalige gevolgen voor het leven in zeeën en oceanen.

Naar schatting komt jaarlijks twee miljoen ton olie in zee terecht, waarvan 5% tengevolge van ongelukken. Deze zijn meestal te wijten aan menselijk falen. Daarom is een goede opleiding van officieren én bemanningsleden essentieel voor een veilige tanker-exploitatie.

Een behoorlijk onderhoud van het materiaal - schepen, tanks, pijpleidingen of tankwagens - is natuurlijk een noodzakelijke voorwaarde.

De Amerikaanse 'oil pollution act' voorziet onder meer dat, vanaf 2015, alle tankers die een Amerikaanse haven aandoen, dubbelwandig moeten zijn om olieverspilling bij aanvaringen te vermijden. Nochtans staat de doelmatigheid van dubbelwandige tankschepen nog ter discussie. Tegelijk vermindert immers hun drijfvermogen en verhoogt het gevaar voor brand of explosie van koolwaterstofdampen die zich tussen de wanden kunnen opstapelen.



BEWEZEN RESERVES VAN AARDGAS (in duizenden miljarden m³ - 1991)



Aardgas

Met de thans bekende aardgasreserves kan aan het huidige verbruiksritme en tegen de huidige exploitatiekosten nog 55 jaar verder gewerkt worden.

De aardgasvoorraden liggen meer verspreid over de aardbol dan aardolie. Ook Europa is daarbij beter bedeeeld. Het transport van aardgas te land kan vrij eenvoudig gebeuren via pijpleidingen onder hoge druk. In Europa werd een uitgebreid net van transportleidingen aangelegd, ten dele ook op de zeebodem voor aanvoer uit de Noordzee en via de Middellandse Zee uit Algerije. Een andere belangrijke aanvoer te land komt vanuit Siberië.

Gas kan ook in vloeibare vorm (LNG) getransporteerd worden per schip. Het wordt dan afgekoeld tot -160°C . Vanuit Noord-Afrika varen LNG-tankers naar Frankrijk, Spanje en België. Japan wordt hoofdzakelijk met aardgas bevoorrad via de zeeroute.

Een LNG-tank met vloeibaar gas kan een voorraad bevatten die zo groot is als die van 600 traditionele gastanks. Bovendien kan gas ook onder druk opgeslagen worden in zoutbeddingen diep in de ondergrond.

Het gebruik van elke energievorm houdt gevaren in: brand, ontploffing, vergiftiging... Voor aardgas bestaan er strenge normen die, als ze nauwkeurig toegepast worden, deze risico's praktisch uitsluiten.

Met betrekking tot het leefmilieu is er veel goeds te vertellen over aardgas. Het is een "schone" brandstof in vergelijking met steenkool of stookolie. Bij de verbranding van aardgas is er veel minder luchtverontreiniging want er komen minder stikstofoxyden vrij en nagenoeg geen zwaveldioxyde.

Voornaamste aardgasleidingen voor de aanvoer van het gas vanuit de Noordzee, Algerije en Siberië.

Aardgas (CH_4) levert, in vergelijking met andere brandstoffen, ongeveer dubbel zoveel energie voor eenzelfde uitstoot van CO_2 . Daarom is de bijdrage van aardgasverbranding tot het "broeikaseffect" tweemaal kleiner.

Verbranding van aardgas, in tegenstelling tot de andere fossiele brandstoffen, geeft geen aanleiding tot roetvorming. Daarom moeten de schouwen in huizen met aardgasverwarming niet of nauwelijks gereinigd worden. Dat is een klus die geregeld moet gebeuren in woningen die verwarmd worden met steenkool of stookolie.

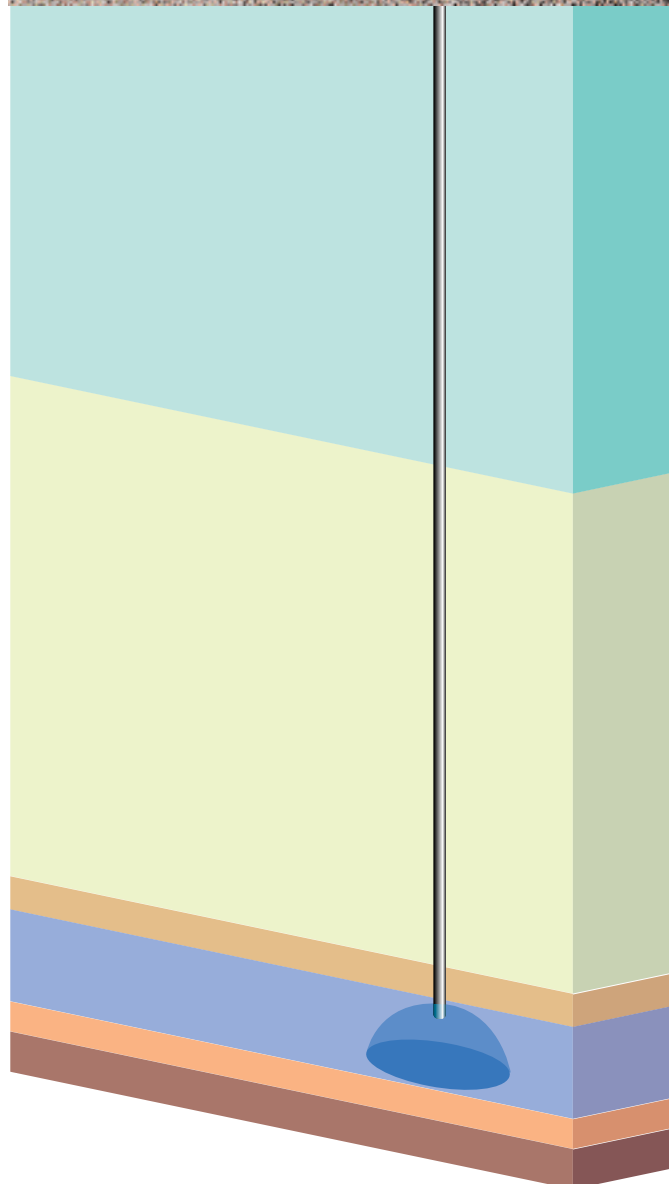
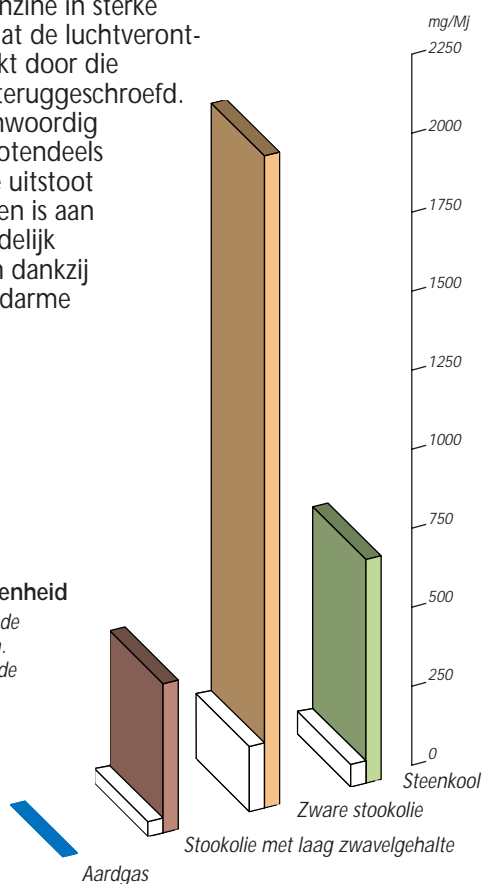
Aardgas bevat omzeggens geen zwavel en geeft dan ook haast geen uitstoot van SO_2 . De luchtvervuiling is op vele plaatsen zeer duidelijk verminderd dank zij het invoeren van aardgas als energiebron voor talrijke toepassingen.

Anderzijds werd ook de kwaliteit van stookolie en benzine in sterke mate verbeterd zodat de luchtverontreiniging veroorzaakt door die brandstoffen werd terugschroefd. Men gebruikt tegenwoordig brandstoffen die grotendeels ontzwaveld zijn. De uitstoot van lood die te wijten is aan het verkeer kon duidelijk verminderd worden dankzij het gebruik van loodarme benzine.

ZWAVELDIOXYDE EMISSIEFACTOREN

Emissie per energie-eenheid

☐ Met ontzwaveling van de verbrandingsprodukten.
(Centraal Bureau voor de Statistiek, Nederland)



Opslag van gas in ondergrondse zoutbeddingen.

Hout

Zowel steenkool als aardolie en in mindere mate aardgas worden beschouwd als brandstoffen die bijdragen tot een ongewenst broeikaseffect omdat ze een hoeveelheid CO_2 de lucht insturen die miljoenen jaren geleden heel geduldig werd opgestapeld onder de vorm van organische moleculen. Deze spaarpot van Moeder Natuur wordt heden ten dage door de mens in een minimum van tijd opgesoupeerd.

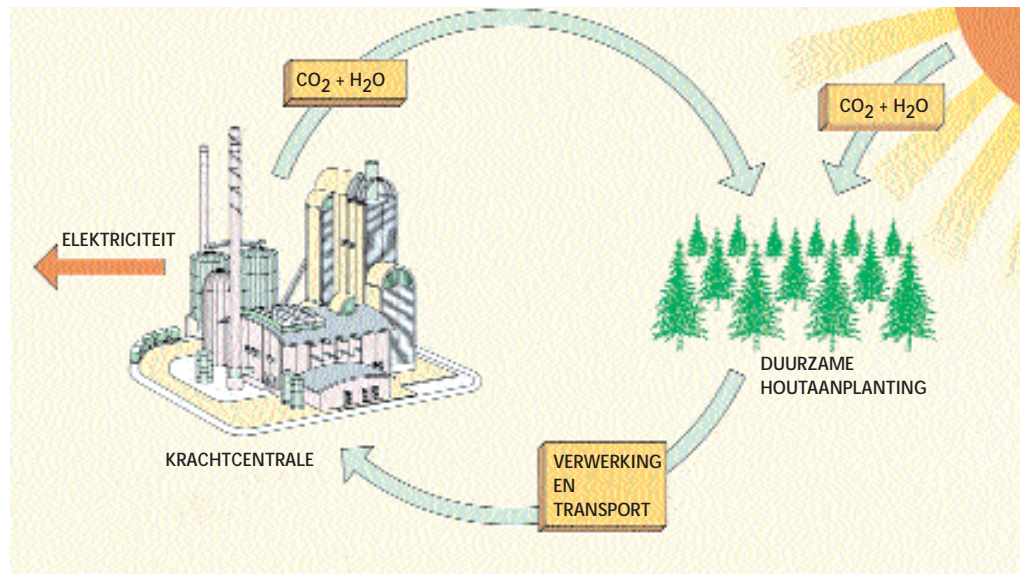
Niet alleen worden de reserves aan fossiele brandstoffen uitgeput maar bovendien verhindert de overmaat aan CO_2 in de lucht de normale weerskaatsing van zonne-energie naar de ruimte. Daardoor blijft er een grotere hoeveelheid energie in de vorm van warmte op aarde. Dat draagt bij tot een temperatuursverhoging waarvan de ecologische eindbalans moeilijk is in te schatten.

Met betrekking tot dit gevreesde broeikaseffect wordt hout beschouwd als een "schone energiebron" omdat de verbranding van hout precies evenveel CO_2 levert als er bij de vorming van het hout nodig was. Hoe interessant het hout als energiebron ook mag wezen, er is niet genoeg bosareaal voorhanden om de energiebehoeften op duurzame wijze te verzekeren. Integendeel, er is nu al een sterk verontrustende ontbossing aan de gang.

In grote delen van Afrika en elders sprokkelen de inwoners het hout in een wijde omtrek alleen al om hun dagelijkse maaltijden te bereiden op een houtvuur. Er is geen sprake van enig overleg of duurzaam beheer en deze leefgewoonten leiden zeer snel tot de verwoestijning van uitgestrekte gebieden (zie: MENS nummer 4: "De aardbol op hol").



Bosbeheer in Scandinavië ten behoeve van de industrie.



Tijdens de groei van het hout wordt evenveel CO_2 opgenomen als er bij de verbranding uitgestoten wordt.



Gebrek aan bosbeheer in ontwikkelingslanden.

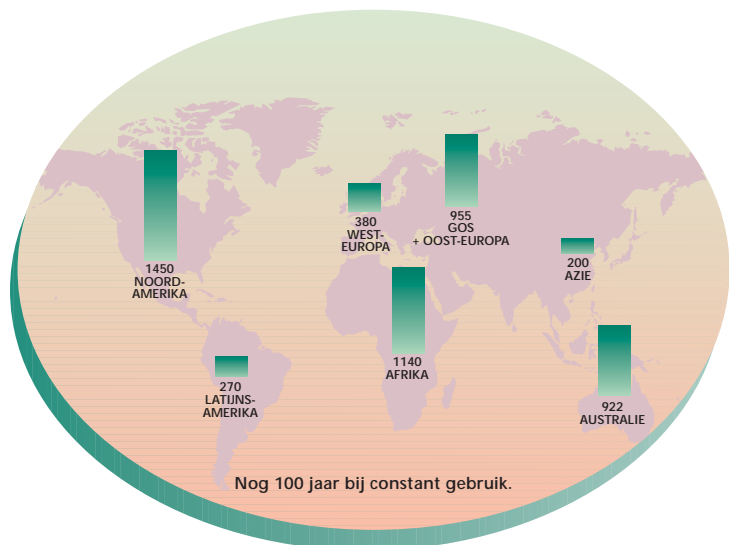
Het is reeds een stap vooruit als men die mensen leert te koken met minder hout door het gebruik van kookvuren met een hoger rendement of dankzij een efficiënte houtskoolproductie. Boven alles moet er gezorgd worden voor heraanplanting van bomen en een duurzaam beheer.

Uit recente gegevens van het "World Resources Institute" (WRI) blijkt dat er jaarlijks 20 miljoen hectaren bos vernietigd worden. Het bos moet in snel tempo wijken voor allerlei menselijke activiteiten: landbouw, veeteelt, industrie, woningbouw, wegenaanleg.

Door de ontbossing wordt ook minder CO₂ uit de lucht opgenomen terwijl de menselijke activiteiten steeds meer CO₂ de lucht insturen. Op die manier wordt het broeikaseffect op twee verschillende manieren in een hogere versnelling gebracht.

Om de huidige wereldwijde uitstoot van CO₂ te compenseren zouden zowat een miljard hectaren nieuw bos moeten aangelegd worden. Dat stemt overeen met een oppervlakte die meer dan 200 keer groter is dan die van België of Nederland.

Zoiets is helemaal niet haalbaar. Daarom is het nodig om naast bosbehoud en bosuitbreiding nog andere middelen te bedenken om het broeikaseffect binnen aanvaardbare perken te houden.



URANIUMRESERVES EN ADDITIONELE VOORRADEN (in duizenden ton - 1992)

"Alternatieve" energiebronnen

De hiervoor besproken "traditionele" energiebronnen moeten zo verstandig mogelijk benut worden. Daarbij moet men rekening houden met het feit dat ze ook voor andere doeleinden nuttig en nodig zijn. Hout en aardolieproducten hebben talloze toepassingen in woningbouw, isolatie, verpakking enz... De traditionele energiereserves schieten tekort om twee belangrijke redenen:

- Binnen één of twee mensengeneraties zijn ze uitgeput of misschien nog sneller aangezien de wereldbevolking stijgt. Zelfs bij constante wereldbevolking stijgt de vraag naar energie zowel in de geïndustrialiseerde landen als in de ontwikkelingslanden.
- De "traditionele" energiebronnen veroorzaken een aantal ongewenste effecten die onrustwekkend zijn voor de evolutie van het leefmilieu op aarde.

Op wereldschaal bekeken leveren de fossiele brandstoffen (aardolie, aardgas, steenkool) tegenwoordig drie kwart van alle energie. Een kwart is afkomstig van alternatieve energiebronnen en 5 % van het totaal wordt geleverd door kernenergie.

Iedereen is het erover eens dat die situatie niet houdbaar is. De mens moet enerzijds veel spaarzamer omspringen met energie en anderzijds een meer verantwoord evenwicht nastreven tussen de aandelen van de verschillende energiebronnen.

Allerlei min of meer drastische wijzigingen worden voorgesteld.

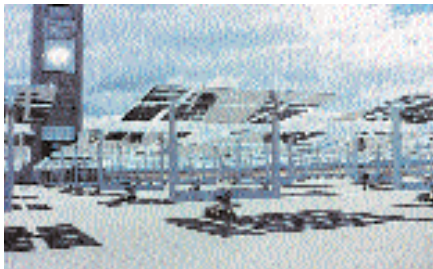
Het "Boston Centre of the Stockholm Environment Institute" pleit er, in een studie van 1993, voor om tegen het jaar 2100 het gebruik van fossiele brandstoffen volledig te stoppen en over te stappen op hernieuwbare energie (zonne-energie, waterstof, biomassa, windenergie...). Wanneer CO₂-taksen worden ingevoerd zullen ze niet van toepassing zijn op de alternatieve energiebronnen die daardoor meer concurrentieel kunnen worden.

Welk scenario men ook nastreeft, een zoektocht naar de verdere ontwikkeling van alternatieve energiebronnen is een dwingende noodzaak. Het lijstje met de verschillende mogelijkheden wordt in de volgende hoofdstukken overlopen.

Zonneënergie

De zon straalt energie uit onder de vorm van elektromagnetische golven. Een gedeelte van die energie wordt geabsorbeerd door de aardatmosfeer en een ander deel bereikt ons, hetzij als directe zonnestraling (ongeveer 40 %), hetzij als diffuse straling nadat de zonneënergie in de atmosfeer verstrooid werd op luchtmoleculen, stofdeeltjes of waterdamp (ongeveer 60 %).

De lichtenergie van de zonnestralen kan omgezet worden in warmte door middel van collectoren, in elektriciteit door middel van zonnecellen of in chemische energie door middel van de reeds vroeger besproken fotosynthese.



Omzetting van zonnestraling tot warmte in zonnecollectoren

Zonnestralen die geabsorbeerd worden aan het oppervlak van een voorwerp, worden omgezet in warmte. Wanneer een medium voor warmteoverdracht (bvb. lucht, water of een op olie gebaseerde vloeistof) over zulk oppervlak wordt geleid, zal dit medium warmte aan het zonnelicht onttrekken.

Elk medium dat gebruikt wordt in een zonnecollector, heeft zijn voor- en nadelen.

Lucht is het lichtste medium, het geeft geen problemen bij nachtvorst en eventuele lekken zijn nooit rampzalig. Dergelijke zonnecollectoren vereisen geen speciale dakconstructies.

Water is een betere warmtedrager. Het kan door dunnere buizen geleid worden en veroorzaakt daarbij geen hinderlijk geruis. De gecapteerde stralingswarmte kan gedurende verscheidene weken bewaard worden als het warme water gestockeerd wordt in een groot en goed geïsoleerd vat.

De zonneboiler is de meest voorkomende toepassing. De opgeslagen warmte dient voor huishoudelijk gebruik: bad, douche, vaatwas, eventueel vloerverwarming.

Omzetting van zonnestraling tot elektrische energie in zonnecellen

Zonnecellen of fotocellen bestaan uit halfgeleidermateriaal. Zij produceren onder invloed van de zonnestraling een gelijkspanning en zetten zo de zonneënergie rechtstreeks om in elektriciteit. Hoe groter de hoeveelheid zonnestraling die erop invalt, hoe meer elektriciteit opgewekt wordt.

Dergelijke zonnecellen hebben geen bewegende delen. Ze zijn dus niet onderhevig aan mechanische slijtage en vereisen weinig onderhoud.

Silicium is één van de meest gebruikte materialen. Het is overvloedig aanwezig in zand en andere gesteenten. Ongeveer 25 % van de aardkorst bestaat uit silicium.

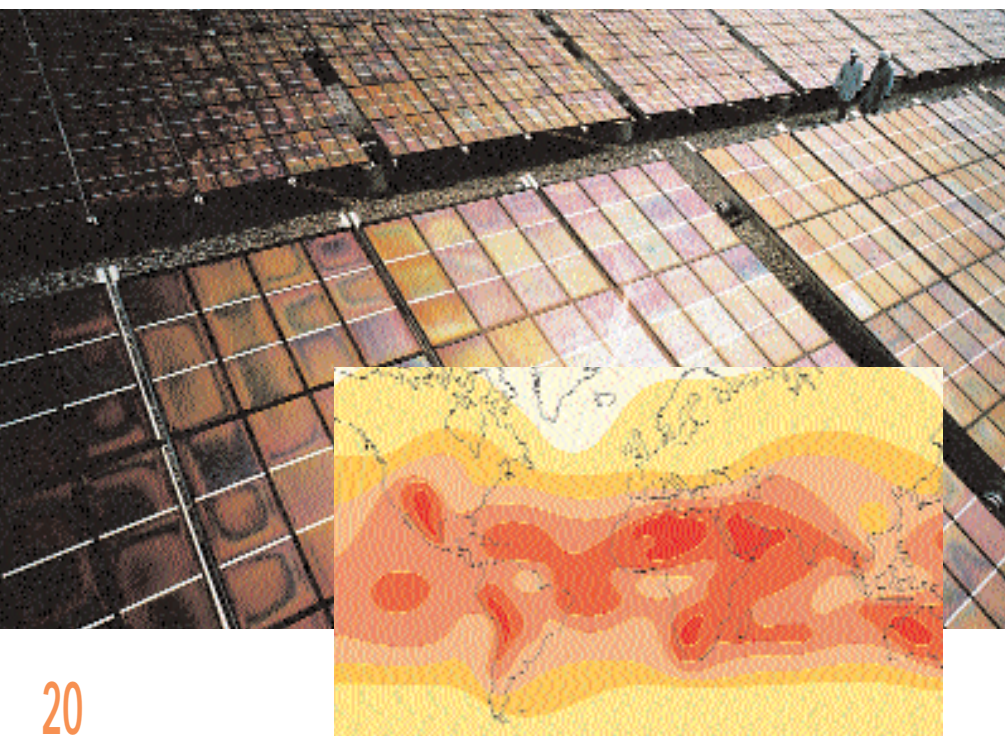
Vanzelfsprekend is de produktie van de elektriciteit afhankelijk van de klimatologische omstandigheden. Om een constante aanvoer van elektriciteit te kunnen verzekeren, worden de fotocellen vaak gebruikt om een batterij geladen te houden.

Huidige toepassingen zijn: dorpsverlichting in sommige landen, irrigatie, energievoorziening van onbemande booreilanden.

Het rendement van de zonnecellen is laag, namelijk tussen 6 en 18 %.

De meeste zonneënergiesystemen vergen grote investeringen voor omzettings- en opslagapparatuur. De exploitatie daarentegen is goedkoop want de zonnestraling is gratis. Ze is ook bijzonder milieuvriendelijk.

Wat betreft de produktie en de recyclage van de systemen zelf zijn er echter nog grote problemen.



Gemiddelde hoeveelheid zonneënergie in kWh per m² per jaar

| | |
|-------------|---------------|
| 500 - 800 | 1700 - 1900 |
| 800 - 1100 | 1900 - 2200 |
| 1100 - 1400 | meer dan 2200 |
| 1400 - 1700 | |

Windenergie

Wind is in essentie de beweging van de dampkringlucht.

De ongelijke verwarming van de lucht boven verschillende gebieden van het aardoppervlak geeft aanleiding tot dichtere en ijlere luchtmassa's die een verschillende druk hebben.

Door de drukverschillen ontstaat een verplaatsing van de betrokk luchtmassa's.

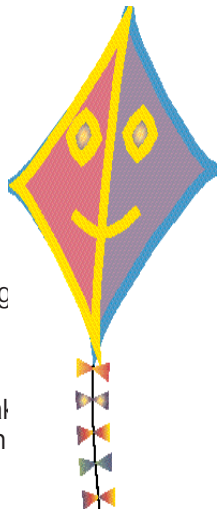
Windenergie is onrechtstreeks veroorzaakt door de zonnestraling. De energie onder de vorm van luchtbewegingen op aarde is ongeveer 100 maal kleiner dan onder de vorm van zonnestraling.

Toch bezit de wind enorme potentiële krachten. Uit een wir van 10 m/s kan men ongeveer 600 W per m² halen.

Een windmolen, van welk type (afmetingen dan ook, kan echter slechts een fractie van deze kracht ontvangen. Windkrachtcentrales zouden moeten opgesteld worden op plaatsen waar de gemiddeld windsnelheid groter is dan 32 km/uur. Dergelijke plaatsen zijn zeer zeldzaam.

Om al die redenen is het duidelijk dat in de praktijk de windkracht niet meer energie kan leveren dan enkele procenten van de menselijke behoeften.

De hoeveelheid opgewekte energie in een windmolen is afhankelijk van de vorm en de oppervlakte van de wieken, van de hoogte van de pyloon en van de windkracht. Het vermogen is evenredig met de derde macht van de windsnelheid. Om onderlinge aanzuigkrachten te vermijden en een optimaal rendement te bekomen, moet de onderlinge afstand tussen de molens in windenergieparken minstens 7 maal de diameter van de schroef bedragen.



Windmolenpark vereist de energiewinning per geproduceerde kW een grondoppervlak van 55 m².

Ook, de wind is een erg rijke bron van energie gaande van stilte tot storm. Daarom is er, bij de zonne-energie, een voorraad nodig.

Energie is mede daardoor ruim te verkrijgen uit een kerncentrale of uit een kerncentrale.

De voornaamste huidige toepassingen van windenergie zijn: waterpompen en irrigatie, koeling en verwarming, waterontzilting via distillatie, waterstofproductie, netgekoppelde elektriciteitsproductie, elektriciteitsvoorziening in afgelegen gebieden (meestal in combinatie met een diesel- en gassysteem).

Windkrachtcentrales veroorzaken heel wat geluid- en schaduwhinder (en lichtflikkeringen) waardoor ze minstens 300 meter van bewoonde gebieden moeten verwijderd blijven.

De exploitatie van windenergie is anderzijds zeer milieuvriendelijk. Er is geen aanvoer van grondstoffen nodig, geen koelwater, geen uitstoot van afvalgassen, geen afvalwarmte ...

Windenergie heeft ook het grote voordeel dat de mechanische energie rechtstreeks kan benut worden.





Hydro-energie of waterkracht

De mens leerde zowat 5000 jaar geleden de energie van stromend of vallend water te benutten. De Romeinen gebruikten bij het begin van onze jaartelling reeds het waterrad om koren te malen.

Onderslagraderen halen een rendement van circa 30 %, bovenslagraderen halen 70 tot 90 %. In de tweede helft van de 19de eeuw werden de waterraderen verdrongen door turbines die meer dan 90 % rendement halen.

In hydraulische centrales doet de stroming van het water het rad van de turbine draaien. De draaibeweging wordt overgedragen op een alternator die elektriciteit opwekt.

Hydro-elektrische centrales benutten de kinetische energie van natuurlijke of kunstmatig aangelegde waterreservoirs, rivierlopen en meren.

In lagedrukcentrales is het verval gering, maar de doorstromende hoeveelheid water vrij groot. Hogedrukcentrales worden gebruikt bij stuwdammen.

Waterkracht is een goedkope en niet-vervuilende energiebron. De mogelijkheden zijn echter vrij beperkt. In heel de wereld zou ongeveer drie miljoen MW kunnen geïnstalleerd worden. Verdere uitbreiding is vooral mogelijk in Afrika en Azië, maar niet of nauwelijks in Europa.

Een groot economisch nadeel is de hoge kostprijs voor de aanleg van stuwdammen. Bovendien veroorzaken stuwmeren belangrijke biologische, sociale en ecologische problemen.

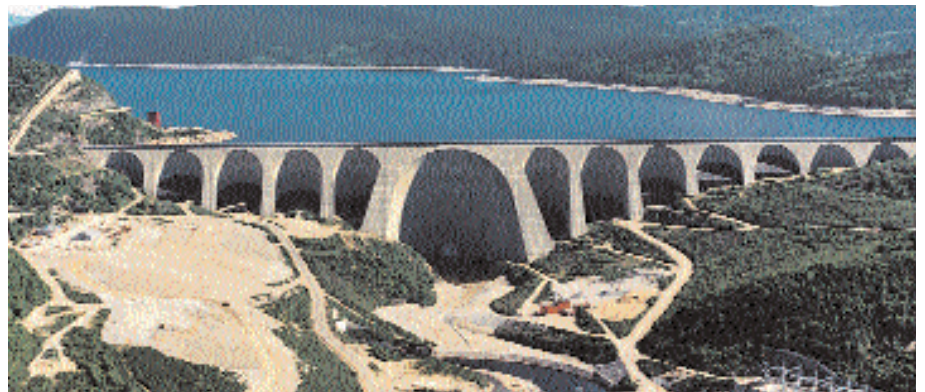
Meestal gaat een vrij vruchtbaar rivierdal verloren voor landbouw en bewoning. Door de dichtslibbing van het meer wordt het vruchtbare slib niet meer stroomafwaarts afgezet.

De migratie van vissen wordt onmogelijk gemaakt door de stuwdam die het natuurlijk verval en het natuurlijk niveau van de rivier wijzigt. Dat is ook vernietigend voor de broedplaatsen en het leefmilieu van bepaalde vissen en andere waterbewoners.

Zeer interessant zijn de hydro-elektrische centrales met gecombineerd turbine- en pompstation. Het grootste project werd voltooid in 1972 bij de Churchill Falls in Labrador (Canada). Het levert via 11 turbines een totaal vermogen van 5.225 MW.

Wereldwijd wordt het hydro-elektrisch technisch potentieel geraamd op 3000 GW, waarvan 240 GW in Europa en 0,4 GW in België.

Een bijzondere vorm van hydro-energie is de getijdenenergie. De stroomopwekking in getijdencentrales is gebaseerd op het verval dat met het waterpeilverschil tussen eb en vloed verbonden is. De turbines van de getijdencentrales kunnen in twee richtingen werken door het instromende water bij vloed en het uitstromende water bij eb.



Québec (Canada) haalt 95% van de elektrische energie uit waterkracht.





Kweek van zeebaars in Italië, gebruik makend van brak water dat geothermisch opgewarmd wordt en bij een temperatuur van 25° tot 30°C opgepompt wordt uit ondiepe boorputten.

Op wereldschaal zou de getijdenenergie 600.000 MW kunnen opleveren. Om rendabel te zijn moeten de centrales gebouwd worden op plaatsen met grote getijdenverschillen.

De enige getijdencentrale van betekenis ligt aan de monding van de Rance in de golf van Saint-Malo (Frankrijk). Ze werkt sinds 1966 en produceert ongeveer 240 MW.

Het getijdenverschil aldaar bedraagt zowat 14 meter.

Andere ideeën bestaan erin de energie van de golven te benutten met speciaal gevormde schoepen. Maar dat is vooralsnog niet uitvoerbaar omwille van de hoge investerings- en onderhoudskosten.

Geothermische energie

Geothermische energie wordt voornamelijk opgewekt door het spontane verval van radioactieve elementen in bepaalde aardlagen.

In de betrokken gesteenten wordt magma warm gehouden door straling en warmtegeleiding. Slechts weinig warmte wordt naar buiten afgevoerd via de aardkorst.

Indien grondwater aanwezig is in de nabijheid van zulke gesteenten, worden warm water en stoom gevormd. De temperatuur van de ondergrond neemt toe met de diepte, maar dat varieert sterk van plaats tot plaats.

In Nederland schommelt de geothermische gradiënt tussen 15° en 30°C per km. Dus op enkele kilometer diepte bevindt zich water van meer dan 100°C, waaraan men warmte kan onttrekken voor de productie van elektriciteit.

Het debiet van het grondwater moet voldoende groot zijn. In 1904 was Italië het eerste land dat op deze wijze elektriciteit produceerde (365 MW).

Vaak is echter de temperatuur te laag of wordt elektriciteitsproductie belet door de aanwezigheid van corrosieve zouten.

In België zijn slechts twee eventueel bruikbare geothermische lagen gekend: één bij Turnhout (102°C op 2.165 m diepte) en één bij St.-Ghislain (90°C op 3.100 m diepte).

Dikwijls vallen geschikte gebieden voor geothermische energiebenutting samen met plaatsen waar de aardkorst scheuren vertoont. Dergelijke zones worden gekenmerkt door seismische activiteit en vulkanisme.

Het gesteente heeft ongeveer 10.000 jaar nodig om door de radioactieve bronnen weer opgewarmd te worden.

De grootste geothermische elektriciteitscentrale staat bij "The Geysers" in Californië. Het is een droge stroombron, dat wil zeggen dat de stoom die aan het aardoppervlak te voorschijn komt, rechtstreeks gebruikt wordt voor de elektriciteitsproductie. In 1975 leverde ze 369 MW. Het maximum vermogen van het veld wordt geschat op 1.000 MW.

Geothermische energie kan gepaard gaan met:

- het vrijkomen van stofdeeltjes en gassen (H_2S , CO_2 en NH_3);
- inzinking van de bodem door onttrekking van water en afkoeling van de rotsen;
- eventuele aardbevingen;
- verontreiniging van oppervlakte- en grondwater.



Bio-energie

Bio-energie is de energie die gewonnen wordt uit niet-fossiele biologische materialen die hetzij van dierlijke of plantaardige oorsprong zijn.

De belangrijkste rol van niet-fossiele planten en dieren als doorgeefluik van zonne-energie kwam reeds op twee plaatsen aan bod, namelijk bij de bespreking van de voedselketen en in de sectie over hout als "traditionele" energiebron.

Hout en agrarische producten spelen echter ook een belangrijke rol als alternatieve energiebronnen dankzij de ontwikkeling van nieuwe technologieën.

In Brazilië rijdt een groot deel van de voertuigen op ethanol dat geproduceerd wordt op basis van suikerriet. In de Verenigde Staten wordt ethanol uit maïs aangemaakt. Het kan omgezet worden in een ethylether die als additief in de normale benzine gebruikt kan worden ter vervanging van het kankerverwekkende benzeen.

In Europa bestaat meer interesse voor biodiesel, een ester dat afkomstig is uit koolzaad en als brandstof direct bruikbaar is in de bestaande dieselmotoren.

Het is niet uitgemaakt of deze bio-brandstoffen leiden tot een werkelijke besparing op de fossiele brandstoffen. De betrokken landbouwteelten vergen immers op hun beurt veel energie via inzet van machines, bemesting, gebruik van pesticiden en dergelijke.

Het gebruik van hout en houtafval ligt enigszins gunstiger. Houtafval levert reeds elektriciteit in de Verenigde Staten, Canada en Zweden. Uit hout kan biomethanol gemaakt worden als brandstof voor voertuigen. Het kan ook omgezet worden tot een methylether ter vervanging van benzeen in benzine.

Heel wat organische materialen worden met een onterecht misprijzen ook wel "afvalstromen" genoemd. Maar in de steeds voortdraaiende natuurlijke cyclus op aarde bestaat er eigenlijk geen afval.

Sommige afvalstromen zijn afkomstig uit de landbouw, zoals stro en mest. Andere sterk aanzwellende afvalstromen zijn het groente-, fruit- en tuinafval (GFT) uit de huishoudelijke sector. Ook de industrie blijft niet ten achter met allerlei sloopafval en verpakkingsafval zoals papier, karton... en kunststoffen.



Gedroogde mest wordt in derde-wereldlanden nog dikwijls als brandstof gebruikt. De voedingswaarde en de bio-energie van de mestoverschotten kunnen anderzijds ook dienstig zijn voor broodnodige aanplantingen in tropische gebieden (zie "MENS 17: Moet er nog mest zijn?").

Serre verwarmd met biogas



In Brecht produceert een composteeringsinstallatie biogas, waarmee ook elektriciteit wordt opgewekt. De Intercommunale Igean "verzamelt" bij 14.000 gezinnen GFT + (groente-, fruit-, en tuinafval en de vervuilde papierfractie). De installatie werd ontwikkeld door Organic Waste Systems uit Gent. Het biogas dat wordt geproduceerd door een anaërobe methode, dit is in afwezigheid van lucht. Het bestaat voor 55% uit methaan. Daarmee kunnen stoom en elektriciteit geproduceerd worden. Een deel wordt aan het net geleverd. De pilootinstallatie met een capaciteit van 16.000 ton produceert per jaar 1,5 miljoen kWh. Dat stemt overeen met de elektriciteitsbehoefte van ongeveer 250 gezinnen.



Een ester uit koolzaad levert brandstof voor dieselmotoren, de zogenaamde biodiesel.

Op wereldschaal bekeken zou het organisch afvalmateriaal kunnen instaan voor 25 % van de energiebehoeften op aarde.

Naargelang van de aard van het materiaal verdient het de voorkeur die energie te herwinnen onder de vorm van meststoffen, onder de vorm van bio-brandstoffen of door verbranding als dusdanig.

Daarom is het nodig de afvalstromen in de moderne wegwerpmaatschappij op een aangepaste wijze te kanaliseren. Terecht is men druk bezig met de organisatie van allerlei nieuwe inzamelingssystemen van het afval en met de ontwikkeling van de gepaste technologieën om het afval in energie om te zetten. Vanzelfsprekend moet ook grote aandacht besteed worden aan afvalpreventie.

De resolutie 93/C138/01 van de Raad van de Europese Gemeenschappen bevat een lijst van richtlijnen voor preventie en recyclage van afval. Het is nodig de afvalstromen op een meer milieuvriendelijke en intelligente manier te storten, te composteren en te verbranden.

Op dit ogenblik gebeurt de afvalverwerking tegen een ondraaglijk hoge kostprijs zowel in termen van geld als van milieuhinder.

Uit het gestorte materiaal is nog veel energie te halen enerzijds onder de vorm van nuttige compost, anderzijds onder de vorm van biogas.

Tallose projecten voor recuperatie van biogas uit stortplaatsen zijn in uitvoering. Het gaat telkens om kleine hoeveelheden van enkele tientallen MW die onder meer gebruikt worden voor de verwarming van serres voor groenteteelt. Het nut in termen van energiewinning is bescheiden, maar het voordeel van die projecten voor het leefmilieu is belangrijk.

Veel snellere en grotere successen op het gebied van energiewinning worden geboekt door de aanpassingen en verbeteringen van verouderde afvalverbrandingsovens en de bouw van nieuwe installaties.

Afvalverbranding

Een recent rapport van de Europese Normencommissie (CEN) geeft een overzicht van de talrijke voordelen van energierecuperatie door verbranding van huisvuil en van verpakkingsafval in het bijzonder (CR 1460:1994 E). Bepaalde cijfers van het Europese rapport verschillen van de cijfers voor België en Nederland. Maar de voorgestelde oplossingen zijn algemeen toepasbaar.

Er wordt nuttige energie gewonnen, en tegelijkertijd wordt het probleem van de groeiende afvalbergen beperkt. De verbranding vermindert inderdaad de afvalberg in sterke mate.

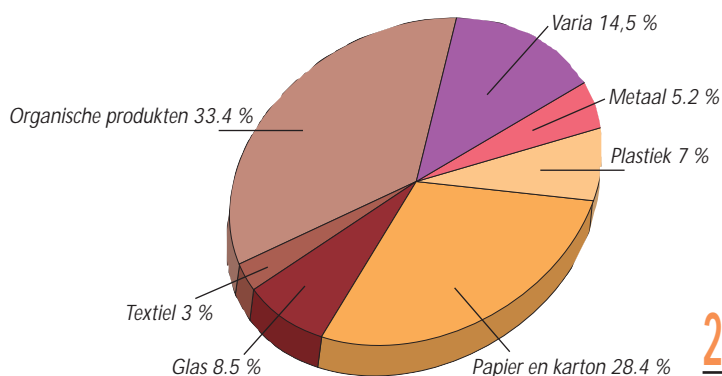
In Europa wordt ongeveer 400 kg afval ingeleverd per persoon per jaar. Koplopers zijn de Zwitsers met 550 kg per persoon; het minste huisvuil wordt opgehaald in Portugal, namelijk 260 kg per persoon.

Een derde van het Europese huishoudelijke afval bestaat uit organische producten en ruim 28 % bestaat uit papier en karton. Ook brandbaar materiaal zijn de kleinere hoeveelheden plastic (7 %) en textiel (3 %).

Ongeveer 20 % van de huishoudelijke afvalberg bestaat uit brandbare verpakkingen die meer dan 40 % van de herwinbare afvalenergie leveren.

Op dit ogenblik wordt ongeveer 28 % van het opgehaalde huisvuil in Europa verbrand, grotendeels met recuperatie van energie. Dat betekent de verbranding van zowat 7 miljoen ton verpakkingsafval.

SAMENSTELLING VAN HET EUROPEES HUISHOUDELIJK AFVAL. (in gewichtsprocenten)





De verbrandingsinstallatie met rookgaswassing te Leudelange (Luxemburg).

| JAARLIJKE UITSTOOT VAN HUISVUILVERBRANDINGSINSTALLATIES IN ZWEDEN (Ekwall, 1992) | | | |
|--|--------|-------|--------------|
| Uitstoot van: | 1985 | 1991 | Vermindering |
| Deeltjes (ton) | 420 | 45 | 90 % |
| HCl (ton) | 8.400 | 410 | 95 % |
| SO ₂ (ton) | 3.400 | 700 | 80 % |
| NO _x (ton) | 3.400 | 3.200 | 6 % |
| Kwik, Hg (kg) | 3.300 | 170 | 95 % |
| Cadmium, Cd (kg) | 400 | 35 | 90 % |
| Lood, Pb (kg) | 25.000 | 720 | 97 % |
| Zink, Zn (kg) | 54.000 | 2.800 | 95 % |
| Dioxinen (g TED) | 90 | 8 | 90 % |

Toch is het niet zinvol het verpakingsafval volledig af te voeren naar verbrandingsinstallaties. Een groot deel van het verpakingsafval kan immers na selectieve inzameling perfect gerecupereerd worden en omgezet tot waardevolle secundaire grondstoffen.

Een voordeel is dat energiewinning door verbranding van huisvuil minder CO₂-uitstoot veroorzaakt dan verbranding van stookolie. Voor de situatie in het Verenigd Koninkrijk werd berekend dat er 5 % minder uitstoot van broeikasgassen zou zijn indien alle huishoudelijk afval werd verbrand in plaats van gestort (Royal Commission, 1993).

Verbranding is vaak ook een hygiënisch interessant proces. De bekomen asse is immers vrij van bacteriën en andere ongewenste microorganismen die op rottende vuilnisbelten voor

grote problemen kunnen zorgen. Maar ook bij de verbranding is het niet allemaal goud wat blinkt. Hoe zit het met de scheikundige milieuvervuiling die door verbrandingsinstallaties wordt veroorzaakt?

De verbranding van huisvuil, in het bijzonder van groente- fruit- en tuinafval (GFT), is nooit helemaal volledig en de uitstoot bevat dan ook een bepaalde hoeveelheid CO. Om die reden wordt GFT vaak afzonderlijk opgehaald en eerder gecomposteerd dan verbrand.

Dankzij de aanwezigheid van voldoende calorierijke brandstof, namelijk papier, karton en plastic afkomstig van verpakkingen, blijft de CO-uitstoot in verbrandingsinstallaties ruimschoots binnen veilige perken. Als er resten van zout in de verpakkingen zijn achtergebleven, kan dat aan de basis liggen van de vorming van HCl in de

verbrandingskamer. Dat HCl lost gemakkelijk op in water en moet dan verwijderd worden door gaswassers.

In huisvuilverbrandingsinstallaties worden nu ook systemen ingevoerd voor catalytische oxydatie of adsorptie op actieve kool om de uitstoot van toxische koolwaterstoffen, zoals dioxinen, te verminderen.

De vooruitgang van de verbrandingstechnologie in de laatste jaren wordt geïllustreerd door de belangrijke vermindering van de uitstoot in Zweedse verbrandingsinstallaties tussen 1985 en 1991.

Kernenergie

Er komt kernenergie vrij bij kernfusie wanneer bijvoorbeeld twee waterstofkernen zich tot een zwaardere heliumkern verenigen. Dat gebeurt op de zon bij onvoorstelbaar hoge temperaturen van miljoenen graden Celsius. Voorlopig is de mens er nog niet in geslaagd energie te winnen door kernfusie. Het is moeilijk te voorspellen of en wanneer hij zo iets kan realiseren.

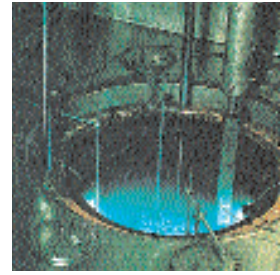
Ook bij de splitsing van zwaardere kernen komt een hoeveelheid energie vrij die veel groter is dan bij chemische processen waarbij alleen maar de elektronenmantel betrokken is. De hoeveelheid energie die geleverd wordt door splijting van één kg uranium is 2.500.000 maal groter dan de energie die geleverd wordt door verbranding van één kg koolstof.

De splijtstof die gebruikt wordt in kerncentrales is het radioactieve uranium waarvan twee isotopen innig vermengd aanwezig zijn in de natuur: uranium²³⁵ en uranium²³⁸. Het eerste is gemakkelijk splijtbaar, maar het tweede niet. Om als energiebron te kunnen dienen moet het uraniumerts "verrijkt" worden met uranium²³⁵. Het verrijkte mengsel wordt samengeperst in keramische pastilles. Een standaard splijtstofelement bevat 450 kg verrijkt uraniumoxyde. Na gebruik blijft er 427 kg uraniumoxyde over en zijn er 18 kg splijttingsprodukten gevormd evenals 5 kg plutoniumoxyde.

Het plutoniumoxyde kan gerecupereerd en opnieuw gebruikt worden als "verrijkmateriaal" voor uraniumoxyde in een verhouding van 35 kg plutonium versus 415 kg uranium. Zo'n mengsel van oxydes noemt men MOX (= afkorting van Mixed OXydes).

Het hergebruik van deze energiebron zou een grote besparing betekenen. Hoewel zo'n hergebruik technologisch mogelijk is, wordt het door de tegenstanders van kernenergie verworpen.

In vele opzichten is kernenergie een uiterst milieuvriendelijke energiebron. Er is immers geen noemenswaardige uitstoot van hinderlijke gassen. Net zoals bij een klassieke centrale moet men wel rekening houden met een misschien ongewenste opwarming van de waterloop waaruit het koelwater wordt betrokken.

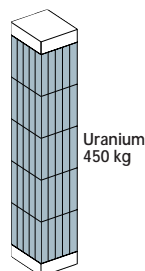


Het Cerenkov-effect bij kernsplijting

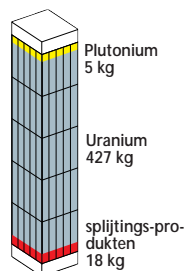
De uiteenspattende uraniumkernen vormen splijttingsprodukten zoals strontium⁹⁰ en caesium¹³⁷ met een zeer klein verlies aan massa die omgezet wordt in energie. Naast de warmteproductie ontstaat ook het vreemde blauwe licht van de zogenoemde Cerenkov-straling.



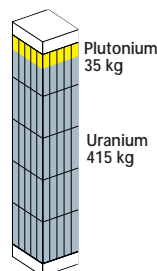
NIEUW
STANDAARDELEMENT



GEbruikt
STANDAARDELEMENT



MOX-
ELEMENT



Het gebruik van koeltorens maakt de waterafname uit de rivier niet overbodig, maar de afgenomen hoeveelheid water komt deels overeen met de hoeveelheid water die uit de koeltoren verdampst. Op die manier is de opwarming van de rivier minder groot en vermindert het benodigde hoeveelheid rivierwater.

In sommige kerncentrales wordt het opgewarmde water benut om serres op te warmen of vis te kweken als een voedselbron met een goed rendement.

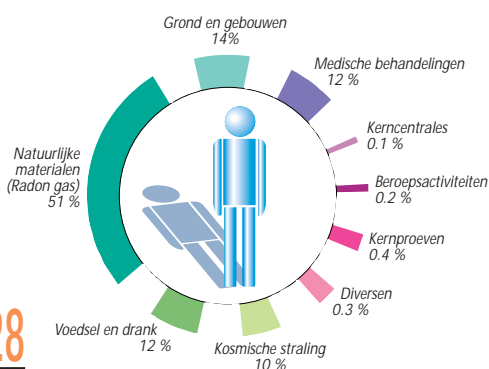
De grote tegenstand tegen kernenergie berust vanzelfsprekend op de risico's van radioactieve besmetting. Ook voor de problemen van de berging van radioactief afval is nog geen definitieve oplossing gevonden.

Nog voor het begin van onze tijdrekening zegde Titus Livius (64 a.C.): *"Wij vrezen de dingen naar de maat van onze onwetendheid"*. Daarom is het de plicht van de bevoegde overheidsinstanties te zorgen voor een gepaste voorlichting van de bevolking.

Dit dossier verstrekt enige toelichting over de orde van grootte van de betrokken hoeveelheden radioactiviteit en over de plannen voor berging van radioactief afval.

De hierna volgende informatie is grotendeels gebaseerd op een reeks brochures onder de titel: *"Het beheer van het radioactieve afval"*. Ze zijn uitgegeven door NIRAS, Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Splijtstoffen, Madouplein 1, bus 24/25, 1030 - Brussel.

BRONNEN VAN RADIOACTIVITEIT.



Hoewel de natuurlijke bronnen van radioactieve straling beduidend groter zijn dan de kunstmatige bronnen, toch zijn de gevaren verbonden aan de menselijke manipulaties reëel.

Dat geldt voor het gebruik van radio-isotopen bij medische behandelingen, onderzoek in laboratoria, werkzaamheden in kerncentrales en dies meer.

Het radioactieve afval wordt onderverdeeld in drie categorieën:

- Categorie A = laag- of middelactief afval met korte halveringstijd (minder dan 30 jaar);
- Categorie B = laag- of middelactief afval met lange halveringstijd (meer dan 30 jaar);
- Categorie C = hoogactief afval met korte halveringstijd gemengd met middelactief afval met lange halveringstijd.

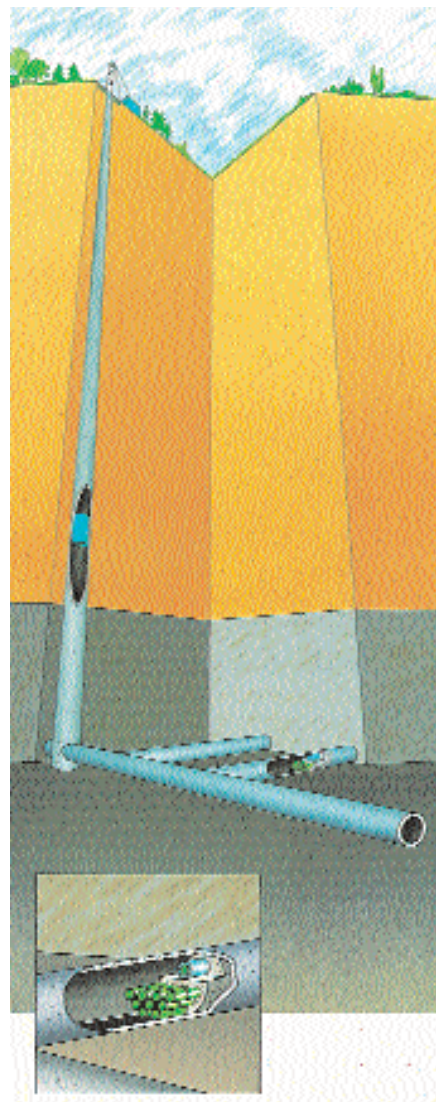
Tot in 1982 dumpten de meeste Europese landen laag- en middelactief afval in zee, wel te verstaan nadat het "geconditioneerd" was, bijvoorbeeld door immobilisatie in cement of bitumen. Op die manier wordt de radioactiviteit in sterke mate verspreid.

Veiligheidshalve beslisten de 71 landen, aangesloten bij de Conventie van Londen, het dumpen van radioactief afval in zee te stoppen, met uitzondering echter van Rusland.

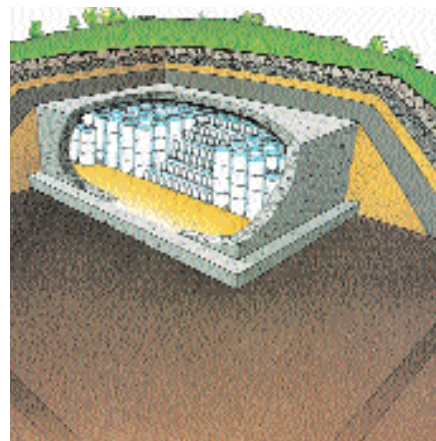
In afwachting van een definitieve berging wordt het radioactief afval geconditioneerd en voorlopig opgeborgen. Op datum van mei 1993 beheerde NIRAS in België 7.100 m³ afval van categorie A, 3.300 m³ afval van categorie B en 195 m³ afval van categorie C.

Men raamt dat deze hoeveelheden te beheren afval tegen het jaar 2050 zullen opgelopen zijn tot respectievelijk 120.000, 17.000 en 4.600 m³. Het overgrote deel van het radioactieve afval, ongeveer 75 %, is afkomstig van de productie van elektriciteit door kerncentrales.

Men bestudeert nu de mogelijkheden voor definitieve berging van het afval op kleinere of grotere diepte naargelang van de aard van de radioactiviteit.



Diepe berging



Ondiepe berging



Belgoprocess slaat het geconditioneerd laag- en middelactief afval op in gesloten gebouwen, in afwachting van definitieve berging. De behandelingswerktuigen worden vanop afstand bediend.

Elektriciteit als drager van energie

De oermens wist te overleven met 8 MJ per dag aan voedingsenergie. Hij kon daarvoor kiezen uit verschillende voedselbronnen: groenten, vruchten, vlees en vis.

De gemiddelde Europeaan verbruikt tegenwoordig geen 8 maar 400 MJ per dag. Een klein stukje daarvan is nodig voor de voeding maar het leeuwedeel wordt opgeslorpt door de moderne woon- en leefpatronen. De mens geniet van allerlei comfort dat vroeger niet denkbaar was, maar tegenwoordig als onmisbaar wordt beschouwd.

Uit solidariteit met de komende mensengeneraties moet zo spaarzaam mogelijk omgesprongen worden met de uitputbare energiebronnen.

Bij het gebruik van aardolie of aardgas voor verwarming van de woning, wordt de brandstof als dusdanig benut door de consument. Idem dito bij het gebruik van benzine of dieselolie voor het wegvervoer.

Anderzijds moet de energie soms omgezet worden in een andere vorm om ze gemakkelijker te kunnen bewaren en ter beschikking te stellen van de verbruiker op het ogenblik dat hij ze nodig heeft.

Dan is elektriciteit vaak de aangewezen polyvalente energiedrager met diverse toepassingen. Zij zorgt onder meer voor licht, warmte, drijfkracht, vervoer, communicatie. Omwille van het bedieningscomfort, de zuinigheid en/of de milieuvriendelijkheid is elektriciteit van onschatbare waarde als energiedrager in de twintigste eeuw.

Elektriciteit moet echter op een verstandige wijze benut worden. Het grootschalig gebruik ervan voor de verwarming van woningen zou verspilling zijn omwille van het beperkte rendement van de energie-omzetting in elektriciteitscentrales.

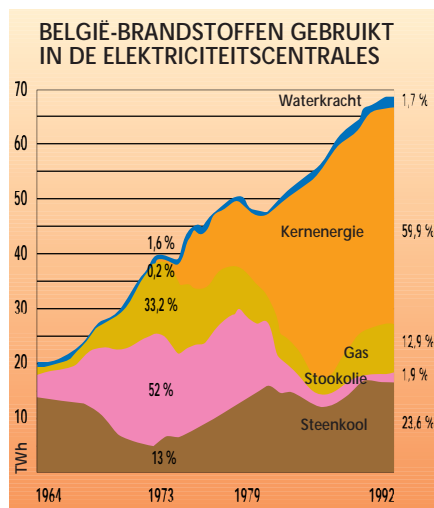
Een huisvrouw heeft in haar keuken heel wat energie ter beschikking. Ongeveer zoveel als kan geleverd worden door een hele voetbalploeg van elf getrainde atleten.



De keuze van de energiebronnen

Er zijn verschillende bronnen om elektrische energie te verwekken. Ze hebben allemaal een hele resem voordelen en nadelen. Zoveel is uit de vorige hoofdstukken wel duidelijk geworden.

Een verstandige keuze houdt rekening met de lokale mogelijkheden en kan dus sterk verschillen van land tot land. Ze evolueert ook in de loop van de tijd. De keuze van energiebronnen in België is in de laatste decennia sterk veranderd zoals de grafische voorstelling toont.

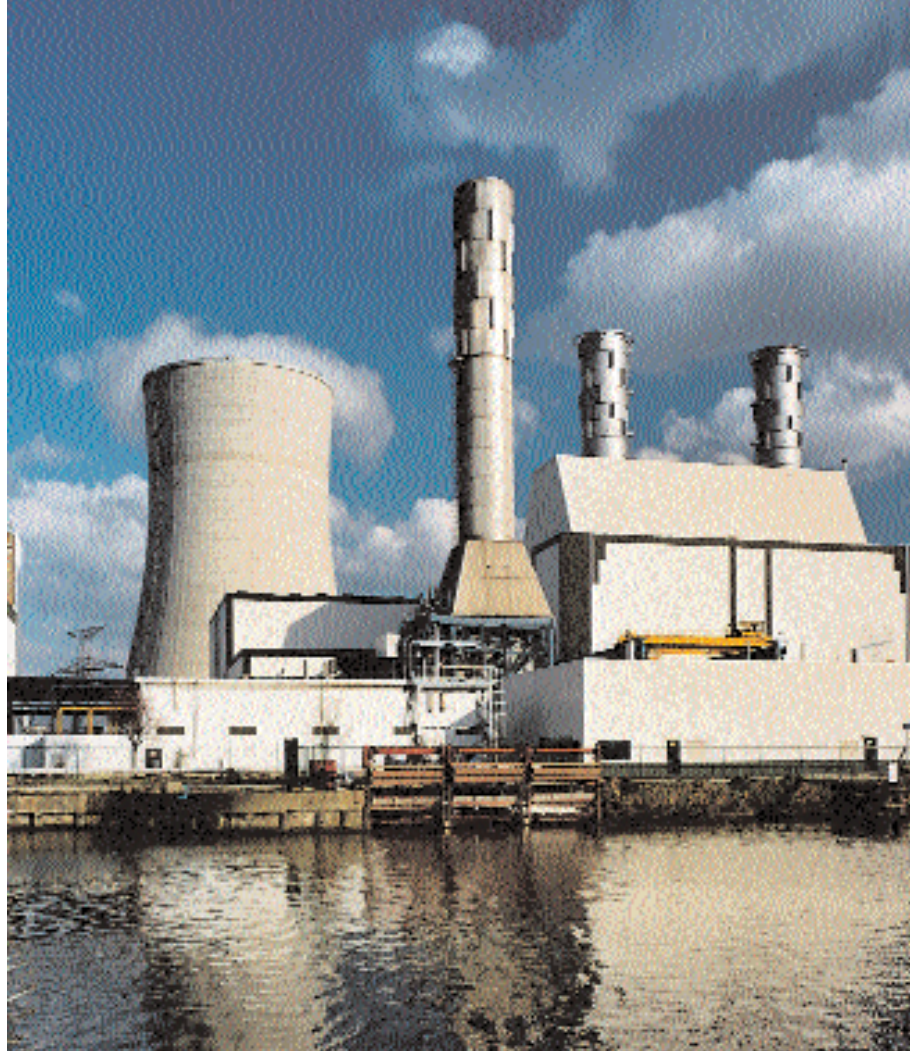


Een verantwoorde keuze uit een mengeling van energiebronnen houdt rekening met veranderende situaties: prijs, aanbod op de wereldmarkt, politieke evolutie, impact op het leefmilieu....

In het begin van de jaren zeventig waren de Belgische steenkoolmijnen niet langer rendabel. In diezelfde periode werden aardgasvoorraden aangeboord, onder meer in Nederland. Bijgevolg werd aardgas ingevoerd als belangrijke energiebron voor elektriciteitscentrales. In de daarop volgende jaren kende de ontwikkeling van kernenergie een zeer grote opgang.

Aardgas en kernenergie beperken ook de uitstoot van schadelijke gassen in de lucht.

Het gebruik van stookolie is sterk verminderd mede als gevolg van de politieke verwikkelingen van de oielanden.



STEG-centrale.

Er werden bijzondere inspanningen geleverd om waterkracht als energiebron te gebruiken. Die inbreng zal echter noodzakelijkerwijze in België altijd zeer beperkt blijven.

Geen enkele energiebron is zo rijkelijk aanwezig dat ze tot in de verre toekomst de menselijke energiehonger kan stillen. Daarom is het ook een dwingende noodzaak te speuren naar andere, duurzame en zo mogelijk hernieuwbare bronnen van energie.

De ontwikkeling van produktietechnieken

Energiebronnen worden niet alleen gekozen in functie van de bestaande voorraden maar ook in functie van de bestaande produktietechnieken.

De voorraad aan zonne-energie is onuitputtelijk maar er zijn voornamelijk technische moeilijkheden om die energie op grote schaal in elektriciteit om te zetten. De voornaamste redenen hiervoor werden reeds kort vermeld:

benodigd grondoppervlak, onvoldoende rendement en dure, niet recycleerbare systemen.

Ondertussen verbetert ook de produktietechnologie in klassieke thermische elektriciteitscentrales die minder ongewenste gassen uitstoten. Vele moderne centrales zijn polyvalent en kunnen zowel met steenkool als gas of olie gestookt worden.

Recent koppelt men het gebruik van aardgas aan produktietechnieken met een hoog rendement. Men maakt enerzijds gebruik van stoom- en gasturbines (STEG) en anderzijds van warmtekrachtkoppeling (WKK). Beide systemen gebruiken gasturbines waarbij de hete uitlaatgassen worden gerecupereerd om, via een recuperatietel, hetzij extra elektriciteit op te wekken (STEG), hetzij extra warmte te leveren (WKK).

STEG haalt een rendement van meer dan 50% tegenover 40% in een klassieke centrale. Met warmtekrachtkoppeling bereikt men een totale energiebenutting van 80%.

Mens en energie

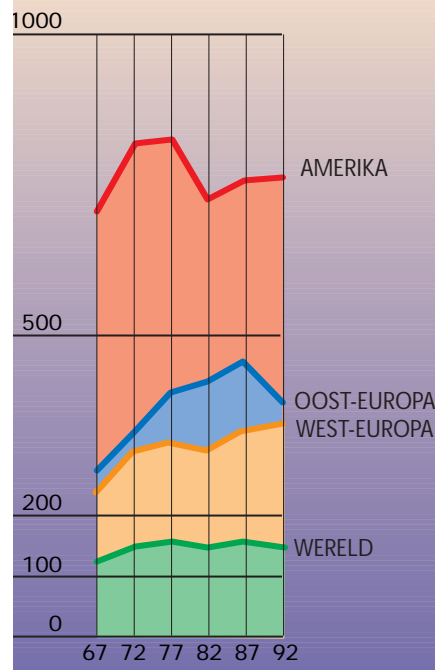
Hoewel de zon overvloedig en onafgebroken haar energie laat afstralen op de aarde, toch kan de mens er maar een miniem gedeelte van bemachtigen. In feite verbruikt hij de aardse energiebronnen aan een snel tempo en vreest hij terecht voor een tekort aan energie binnen afzienbare tijd.

Er is immers een indrukwekkende toename van het aantal mensen en ook een sterke stijging van de energieconsumptie per persoon. Er zijn grenzen aan die groei.

Het ligt dus voor de hand dat men spaarzaam moet zijn met energie. Dat betekent niet alleen spaarzaam zijn met elektriciteit, gas, stookolie, hout en kolen, maar ook met alle soorten van consumptiegoederen tot en met voedsel en verpakking. Het vertegenwoordigt immers allemaal energie.

De mens moet hoegenaamd niet terugkeren naar de weinig comfortabele toestand van het stenen tijdperk toen hij overleefde met 8 MJ per dag per persoon. Zo'n levenswijze zou voor 5,6 miljard mensen op aarde trouwens totaal onmogelijk zijn wegens plaatsgebrek.

Spaarzaamheid is noodzakelijk. Nochtans biedt een retro-mode, gebaseerd op heimwee naar een primitieve samenleving, zeker geen oplossing voor de toekomst.



Stabilisatie van de energieconsumptie per capita in Noord-Amerika en Europa in de laatste 15 jaar.

In de laatste 15 jaar is het energieverbruik per persoon wereldwijd gestabiliseerd. Bij de grootste verbruikers in de Verenigde Staten en Canada is er een lichte daling. In andere gebieden die in volle ontwikkeling zijn, in het bijzonder in Zuid-Oost-Azië, stijgt daarentegen het energieverbruik sterk.

Positief is het feit dat nieuwe technologieën nu reeds de mogelijkheid bieden om de traditionele energiebronnen uit te baten met een beter rendement en met minder nadelen voor het leefmilieu.

De vermindering van de luchtvervuiling is ongetwijfeld van groot belang bij de ontginning en het verbruik van bruinkool en steenkool in Oost-Europa en Azië.

De hinderlijke uitstoot van uitlaatgasen in het verkeer kan overal afgeremd worden dankzij een betere samenstelling van de gebruikte olieprodukten. Toch zullen een redelijke vorm van spaarzaamheid en een optimaal gebruik van de thans bekende technologieën niet volstaan om het hoofd te blijven bieden aan de vraag naar energie.

Daarom is voortdurend onderzoek naar alternatieve energiebronnen en het veilig gebruik ervan een absolute noodzaak. Het is moeilijk te speculeren op de toekomstige successen van zo'n onderzoek. Niemand kan met zekerheid voorspellen hoeveel heil (of onheil) nog te verwachten is van kernsplijting of kernfusie.

Mogelijk komt er binnen afzienbare tijd een doorbraak bij de toepassing van zonnepanelen of zonnecellen of bij het gebruik van een energiebron waaraan nog niemand heeft gedacht.

Aan de gulheid van de zon moet hoegenaamd niet getwijfeld worden. Zij levert immers duizendmaal meer energie dan we eigenlijk nodig hebben.

Hoe dan ook, de verdere ontwikkeling van betere technologieën is één van de belangrijkste uitdagingen voor de mens die voortdurend moet bewijzen dat hij zijn zelf gekozen naam van "homo sapiens" wel degelijk verdient.



JONGERENPRIJZEN LEEFMILIEU 1995

uitgereikt door Z.K.H. Prins Laurent
in de Antwerpse ZOO op 6 mei 1995



Laureaat voor het thema: "Wees goed jegens dieren"
Prijs van 50.000 BF
SINT-JOZEF COLLEGE, TURNHOUT

De leerlingen van 1MOB maakten, onder leiding van hun titularis, een zeer kritisch en tegelijk evenwichtig seminariewerk over het eten van vlees onder de titel: "Beesten op je bord". Hun actie werd ook ondersteund door de leerlingen van de milieuraad van de verschillende klassen in de school.

Ze organiseerden een rondetafelgesprek over het eten van vlees en hielden enquêtes bij medeleerlingen én bij vleesproducenten. Ze gingen ook kijken - en ruiken - hoe de dieren verwerkt worden in een slachthuis.

Een prachtig schoolvoorbeeld van milieu-educatie!



Laureaten ex aequo voor het thema: "Chloor in het dagelijkse leven"
Prijs van 50.000 BF gedeeld door
SINT-LAMBERTUS INSTITUUT, EKEREN
INSTITUUT SANCTA MARIA, ANTWERPEN

De twee bekroonde seminariewerken werden opgesteld door leerlingen van respectievelijk 6MO en 5MO, begeleid door hun leerkrachten wetenschappen.

Beide werken bespreken zowel het nut als de risico's van chloorverbindingen en hun verschillende toepassingen. Het is hoopgevend dat de leerlingen in staat zijn een beladen onderwerp als chloor op een objectieve en wetenschappelijk verantwoorde wijze te benaderen.

JONGERENPRIJZEN LEEFMILIEU 1996

Thema: 'Milieu en energie'

Voor seminariewerken opgesteld door groepen van leerlingen tussen 12 en 20 jaar, onder wetenschappelijke en didactische begeleiding van leerkrachten.

PRIJZEN TEN BEDRAGE VAN 100.000 BF - DOE MEE EN BEGIN TIJDIG!

Voor alle inlichtingen: S. De Nollin, Te Boelaarlei 23, 2140-Antwerpen

Dossiers op komst:

"LCA: Life Cycle Analysis"



Het levensrad in de Tibetaanse kunst

"Mens en verslaving"

"MENS" in retrospectie

Reeds verschenen dossiers,
nog verkrijgbaar zolang de voorraad strekt:

- MENS 1: "Wie is bang voor dioxinen?"
- MENS 2: "Leven en sterven met chloorfenolen"
- MENS 3: "Zware problemen met zware metalen?"
- MENS 4: "De aardbol op hol"
- MENS 5: "Over kruid en onkruid"
- MENS 6: "Verpakking of ballast?"
- MENS 7: "Snijden in eigen vlees"
- MENS 8: "In de schaduw van AIDS"
- MENS 9: "Kat en hond in het leefmilieu"
- MENS 10: "Water, bron van leven... en dood"
- MENS 11: "Chloor: pro en contra"
- MENS 12: "Verpakking: een zegen voor het leefmilieu?"
- MENS 13: "Kanker & Milieu"
- MENS 14: "Plastiek: pro en contra"
- MENS 15: "Wees goed jegens dieren"
- MENS 16: "Hoe ontstaat een geneesmiddel?"
- MENS 17: "Moet er nog mest zijn?"