



leven of overleven?

Een stand van zaken op onze planeet



leven

of

overleven?



Een stand van zaken
op onze planeet

lannoo

Koninklijk Belgisch
Instituut voor
Natuurwetenschappen



leven of overleven?

Wat zijn de belangrijkste milieuveranderingen die wereldwijd optreden? Zijn deze onomkeerbaar? Is de aarde bestand tegen deze verregaande veranderingen? Wat zullen de gevolgen zijn voor het (over)leven van de mens? Kan men door een duurzame ontwikkeling iedereen het bestaan geven waar hij of zij recht op heeft?

Dit leerrijke boek probeert een antwoord te bieden op al deze vragen door dieper in te gaan op thema's als het broeikaseffect en klimatologische veranderingen, de bedreiging van de biodiversiteit, het afsterven van onze bossen, het gat in de ozonlaag, de overexploitatie van de natuurlijke grondstoffen, stuk voor stuk uitingen van een veranderend milieu.

Het boek besteedt ook aandacht aan het concept 'duurzame ontwikkeling', d.w.z. het verminderen van de milieudruk en geeft de laatste stand van onderzoek in binnen- en buitenland weer. Tientallen verhelderende foto's, tekeningen of grafieken verduidelijken het verhaal. Hiermee sluit het boek **Leven of overleven** nauw aan bij de gelijknamige interactieve tentoonstelling in het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. **Leven of overleven** wil op de drempel van de 21^{ste} eeuw eenieder aan het denken zetten en tot positieve milieuactie en -bewustzijn aansporen.

lannoo Koninklijk Belgisch
Instituut voor
Natuurwetenschappen





leven of overleven?

Een stand van zaken
op onze planeet

Voorwoord



DR. LUK VAN LANGENHOVE
*Wvd. Secretaris-generaal
van de D.W.T.C.*

Sinds de Rio conferentie (1992) is er wereldwijd een terechte bekommernis ontstaan omwille van de zogenaamde globale problemen waarmee onze planeet te kampen heeft. Denken we maar aan de klimaatveranderingen als gevolg van menselijke activiteiten, aan de uitputting van natuurlijke grondstoffen en aan de demografische explosie. Dergelijke problemen vormen niet alleen een bedreiging voor ons allen hier en nu, maar zouden ook wel eens een hypotheek op onze toekomstige generaties kunnen gaan leggen. De grote uitdaging waar de mensheid dan ook voor staat is die van een duurzame ontwikkeling waarbij het eropaan komt om consumptie- en productiepatronen te veranderen door milieu-elementen en sociaal-economisch beleid te integreren. Duurzame ontwikkeling (DO) is dan ook het zoeken naar antwoorden op die globale problemen. Antwoorden die ons moeten toelaten te leven of... te overleven.

Het hoeft niet te verwonderen dat wetenschapsbeleid en wetenschappelijk onderzoek een belangrijke rol spelen in het streven naar duurzame ontwikkeling. Enerzijds omdat via onderzoek gegevens verzameld kunnen worden om het 'systeem aarde' te observeren en zodoende te begrijpen wat er gebeurt. Dit is enorm belangrijk in het licht van het ontwikkelen en implementeren van de talrijke internationale verdragen inzake bescherming van de atmosfeer, oceanen, bedreigde soorten... Anderzijds omdat via onderzoek middelen kunnen worden ontwikkeld om de globale problemen het hoofd te bieden.

De Belgische federale overheid is er zich dan ook terdege van bewust dat een op duurzame ontwikkeling gerichte overheidspolitiek gestoeld dient te zijn op een belangrijke inbreng van wetenschappelijk onderzoek.

De catalogus 'Leven of Overleven?' en de tentoonstelling waarvan hij de neerslag is, illustreren samen een belangrijk onderdeel van de inspanningen van het Belgische federale wetenschapsbeleid inzake duurzame ontwikkeling.

De Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (D.W.T.C.) hebben als federale overheidsorganisatie voor wetenschapsbeleid reeds een lange traditie inzake het financieren van onderzoek rond milieu-problemen (o.a. klimaatverandering). In 1996 werd evenwel door de Ministerraad een ambitieus geïntegreerd plan voor wetenschappelijke ondersteuning van een beleid gericht op duurzame ontwikkeling goedgekeurd. Dit plan, waarvoor overigens een samenwerkingsakkoord met de Gewesten werd goedgekeurd, is een ware mijlpaal in de geschiedenis van het Belgische wetenschapsbeleid. Niet alleen

omwille van de belangrijke financiële implicaties (2,75 miljard Belgische frank voor de periode 1996-2000), maar ook omdat het plan naast het financieren van onderzoek (rond thema's zoals klimaatverandering, bescherming van de Noordzee en Antarctica, duurzame mobiliteit, normatieve aspecten inzake voeding, het inzetten van aardobservatie per satelliet en het zoeken naar sociaal-economische hefboomen voor een beleid gericht op DO), ook aandacht besteedt aan de relatie tussen onderzoek, beleid en de hele samenleving. M.a.w., het is de ambitie van de D.W.T.C. om, conform de beslissingen van de Ministerraad, ook als katalysator op te treden om de dialoog tussen wetenschapsbeleid en samenleving aan te zwengelen.

Inderdaad, de D.W.T.C. wensen inzake duurzame ontwikkeling meer te doen dan alleen maar onderzoek financieren. Voor ons betekent wetenschapsbeleid ook het bijdragen tot de ontwikkeling van de kennissamenleving en dit door enerzijds wetenschappelijke informatie zo wijd mogelijk te verspreiden en anderzijds door bij te dragen aan de verhoging van de kwaliteit van federale beleidsopties door wetenschappers, beleidsmensen en maatschappelijke belangengroepen samen te brengen.

Daarnaast wensen de D.W.T.C. ook hun steentje bij te dragen tot het dichtert bij elkaar brengen van wetenschap en samenleving. Het is dan ook in deze context dat de tentoonstelling 'Leven of Overleven?'

dient te worden gesitueerd : als een oefening inzake wetenschapsvoorlichting rond duurzame ontwikkeling.

Het is de verantwoordelijkheid van de wetenschappers ten aanzien van de maatschappij hun onderzoekresultaten kenbaar te maken, ook al gaan deze dikwijls gepaard met onzekerheden en controverses. Het is aan de beleidsverantwoordelijken en aan de burger om te leren omgaan met deze onzekerheden, met 'genueanceerde' en in haar context geplaatste wetenschappelijke informatie. Het is aan de D.W.T.C. om aan die interface te werken en om een katalyserende rol te spelen. Op die manier wensen de D.W.T.C. bij te dragen tot het beter begrijpen van de principes van een duurzame ontwikkeling en van de interdependentie van het milieu-, het economisch en sociaal systeem om aldus de veranderingen mogelijk te maken die nodig zijn. Want inderdaad, om tot een duurzame ontwikkeling te komen zijn er grondige veranderingen nodig in ons sociaal, economisch en politiek systeem. Dergelijke veranderingen kunnen slechts doorgang vinden indien het maatschappelijke draagvlak voldoende groot is, indien een meerderheid van de burgers begrijpt dat veranderingen nodig zijn.

De expertise van de wetenschappers, gecombineerd met de wetenschappelijke en museologische expertise van het KBIN zijn geresulteerd in een uniek tentoonstellingsproject! Ik wens hier dan ook uitdrukkelijk Dhr. Cahen, Directeur van het KBIN, en zijn medewerkers te feliciteren met de zeer geslaagde vulgarisatieoefening.

Ik hoop van harte dat 'Leven of Overleven?' zal bijdragen tot een groeiende bewustwording bij een breed publiek dat duurzame ontwikkeling ons allen aanbelangt en dat het inschakelen van wetenschappelijk onderzoek in het streven naar duurzame ontwikkeling meer dan noodzakelijk is.

Leven of overleven?

Waarom? Hoe? Bedankt!



DANIE L. CAHEN

*Directeur van het Koninklijk Belgisch
Instituut voor Natuurwetenschappen*

N'Van mens tot mens' komt 'Leven of Overleven?' op de tentoonstellingskalender van het Museum van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen: op onze oorsprong en onze evolutie volgen ons heden en onze nabije toekomst. Deze benadering maakt duidelijk hoe de mensheid groeide, vanaf de drie tweevoeters die hun voetsporen in de vulkanische as in Laetoli achterlieten, tot de bijna zes miljard mensen die heel de planeet bevolken en zelfs stappen in het maanstof drukker. Ze doet ons ook nadenken over de al dan niet schrikrijgende gevolgen van deze ongelooflijke toename.

'Leven of overleven?' vormt in veel opzichten de grootste uitdaging die het Instituut in de laatste jaren aangenomen heeft. Om te beginnen heeft het Instituut nog nooit een dermate grote tentoonstelling helemaal zelf ontworpen en opgebouwd, maar ook het onderwerp - de invloed van de mens op het milieu en het klimaat over heel de aarde, met het uitzicht op de duurzame ontwikkeling - behoort niet rechtstreeks tot het onderzoeksdomein van het Instituut. De behandelde materie is ingewikkeld en heikel, en onophoudelijk in evolutie: de interpretatie van de onderzoeksresultaten wordt vaak betwist, terwijl deze toch de economische, sociale en politieke besluitvorming mee moet helpen sturen. Tot slot verplicht de thematiek van deze tentoonstelling, die ieder van ons op het einde van dit millennium nauw aan het hart ligt, ons om uiterst nauwkeurige informatie te geven, waarbij wij niet in een gemakkelijke pseudo-objectiviteit mogen wegvluchten.

De tentoonstelling vond haar oorsprong in 1995, toen de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden het Belgische onderzoeksprogramma in verband met de klimaatverandering en het globale leefmilieu wensten te valoriseren. In 1996 kreeg dit programma de omschrijving 'Globale verandering en duurzame ontwikkeling'. Na veel overleg werd het idee van een grote tentoonstelling aangenomen, met een tweevoudige doelstelling. Enerzijds moet ze een verklaring brengen voor begrippen als klimaatverandering, broeikas-effect, 'gat in de ozonlaag' of zure regen, die te pas en te onpas in de media opduiken en daarbij vaak verkeerd begrepen worden. Anderzijds wil ze het Belgisch wetenschappelijk onderzoek hieromtrent belichten.

Bij de aanvang van de voorbereiding werd enkele kinderen van tien tot twaalf jaar gevraagd hoe ze de milieuproblemen zagen. Ze waren er duidelijk van op de hoogte, ze maakten er zich zorgen over, ze begrepen niet precies hoe het allemaal zo ver was kunnen komen en ze wilden er echt iets aan doen. Hier helpt geen rooskleurig schilderij over de toestand van de planeet; daarom speelt de tentoonstelling op deze ongerustheid in en verklaart ze de dingen. Onwetendheid en onbegrip voeden immers de angst en leiden tot een gevoel van onmacht. Hier moeten de geleerden tegen reageren, want zij hebben als eerste de alarmklok geluid, oplossingen aanbevolen en het maatschappelijk debat op gang gebracht om samen onze leefwereld te verbeteren en te redden.

In dit stadium bakende een kleine kern de wetenschappelijke inhoud van de tentoonstelling af en schetste het draaiboek. Al vlug groeide het idee om een reis rond de wereld als leidraad te gebruiken, zodat de bezoeker zelf kan ervaren hoe het met de aarde staat. Als proloog krijgt hij een voorproef van wat er van ons kleine hoekje in Noordwest-Europa zou kunnen terechtkomen, indien het beleid niet verandert.

Eenmaal thuis leert hij hoe hij in zijn dagelijks leven en op maatschappelijk gebied tot de duurzame ontwikkeling kan bijdragen. Tot slot wordt iedereen uitgenodigd om zijn keuzes op democratische wijze te uiten.

Hoewel de tentoonstelling 1800 m² beslaat, kan ze niet alles tonen. De etappes van de reis zijn uitgekozen met het oog op de bewustmaking van de bezoekers: ze tonen de dingen die bij hen thuis gebeuren. We moeten voor onze eigen deur vegen en niet denken dat de problemen er niet alleen door en voor anderen zijn. Daarom hebben wij de luchtvervuiling in Brussel als voorbeeld genomen, al spreekt het vanzelf dat de toestand in Athene, Mexico of Los Angeles schrijnender en typerender is. Het is daarbij belangrijk dat elk voorbeeld door voldoende wetenschappelijke gegevens gestaafd wordt, opdat het tot informatie en niet tot indoctrinatie zou leiden.

Tot slot is deze tentoonstelling gemaakt voor het museumpubliek. Dit bestaat hoofdzakelijk uit schoolgroepen en gezinnen met kinderen, van wie het lang niet zeker is dat ze met de complexe begrippen uit scheikunde, fysica en economie vertrouwd zijn. De in de tentoonstelling aangeronde onderwerpen zijn nu eenmaal ingewikkeld en nauw verweven. Ze moesten dus eerder kunstmatig in goed omliggende en goed uiteengezette

stukken opgesplitst worden, opdat de bezoeker niet in een onbegrijpelijke wirwar en een zee van bijzonderheden en schakeringen zou verzwelgen.

De draagwijdte van de tentoonstelling wordt duidelijk door het aantal sponsors en het belang van de steun die we mochten ontvangen.

Onze voorgijverheid, de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden, en de Nationale Loterij (via investeringskredieten voor de federale wetenschappelijke instellingen) gaven de eerste aanzet die ons de materiële garantie gaf, waarzonder er van deze tentoonstelling gewoon geen sprake zou zijn.

Door de milde sponsoring van Belgacom, Electrabel, de Generale Bank, PetroFina en Solvay konden wij grootsere plannen aanvatten en de kwaliteit van onze realisaties aanzienlijk verhogen. De medewerking van deze vooraanstaande deelnemers aan het Belgische economische en industriële leven heeft er ons ook van overtuigd dat de in de tentoonstelling aangesneden onderwerpen ons inderdaad allemaal aangelangen.

De steun vanwege het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, de Vlaamse Gemeenschap en het Waals Gewest toont aan hoe belangrijk deze overheden de in de tentoonstelling uiteengezette onder-

werpen achten. Door de samenwerking met het Brussels Instituut voor Milieubeheer en met de steun van de Europese Commissie kunnen we de gegevens over de luchtverontreiniging in Brussel in real time in de tentoonstelling brengen.

De samenwerking tussen de verschillende wetenschappelijke ploegen binnen de onderzoeksprogramma's van de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden bleek van fundamenteel belang voor een betrouwbare en actuele informatie, maar daarenboven viel ons telkens als we elders om raad, hulp of gegevens vroegen, een uitstekend en geestdriftig onthaal te beurt.

In naam van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen heb ik het grote genoegen hier iedereen van harte te danken die het ons, rechtstreeks of onrechtstreeks, materieel of intellectueel, buitenshuis of binnenshuis, mogelijk maakte de weddenschap 'Leven of Overleven?' aan te gaan en te winnen. Ik dank hierbij Pascale Corten en Philippe Van Haver, doctors in de wetenschappen, die het wetenschappelijke aspect van de tentoonstelling verzorgden. Mijn speciale dank gaat uit naar Michèle Antoine, museunkundige: haar creativiteit, enthousiasme en volharding waren doorslaggevende factoren voor het succes.



MEDEDELING VAN DE SPONSORS

Belgacom / Electrabel
Generale Bank
PetroFina / Solvay

'Duurzame ontwikkeling is ook onze zaak!'

Lezen en zien. Deze grootschalige tentoonstelling stelt op een cruciale wijze zowel u als het bedrijfsleven een open vraag. Welke keuzes resten ons nog? Hoelang nog zullen onze huidige productie en onze levering van diensten de onderbouw kunnen vormen van onze groeicurve? Tien jaar? Twintig jaar? In welke perspectieven zijn onze markten te zien? Onze noden? Onze verbruikers? Onze werknemers? Hoe zullen wij die levensnoodzakelijke evolutie technologisch en organisatorisch opvangen? Met welk nieuw wetenschappelijk potentieel zullen we de industriële en commerciële prestaties opvoeren? Deze problemen kan men niet minimaliseren tot vraagstellingen voor economen en financiers. Het gaat om meer dan om de bezorgdheid over de vitaliteit van het bedrijfsleven! Het gaat om het situeren van demografische, ecologische, politieke evoluties in een planetaire dimensie. Deze uitdaging overtreft ver de analyse- en projectiemogelijkheden van de vakmensen, ongeacht hun getuiverde inzet en het arsenaal van middelen waarover zij beschikken.

'Leven of Overleven?' Vijf vooraanstaande Belgische ondernemingen, er zich sterk van bewust dat deze vraag ook hen aanbelangt, besloten het initiatief van het Museum voor Natuurwetenschappen te steunen. Industriële en dienstensectoren kunnen veel leren van pedagogen en museologen, die zich inzetten om de wetenschap op een brede schaal naar het publiek te brengen. De leefbaarheid van de toekomst hangt immers af van het algemene kennisniveau van onze burgers, van de capaciteit van de gemeenschap om zichzelf de juiste vragen te stellen, oplossingen te bedenken en ze in politieke, economische en ecologische keuzes om te zetten, ook al zal de wetenschappelijke vooruitgang ons allicht ongenadig verplichten tot het verlaten van achterhaalde zekerheden en keuzes.

'Leven of Overleven?' Belgacom, Electrabel, Generale Bank, PetroFina en Solvay geven hier niet hun antwoorden en dringen hun visie terzake dus allerminst op. Hun doel is actief deel te nemen aan een serie onderzoek en een globale overweging. Uiteraard aanvaarden zij hierbij het risico sommige van hun opties betwist of zelfs niet aanvaard te zien. Maar is durven twijfelen, durven zichzelf vragen stellen niet een bron van kennis en dus van vooruitgang?

TENTOONSTELLING

'Leven of Overleven?'

Onder de Hoge Bescherming van Zijne Majesteit Koning Albert II

ERECOMITE

De Heer Yvan YLIEFF

Federaal Minister van Wetenschapsbeleid

De Heer André FLAHAUT

Federaal Minister van Ambtenarenzaken

De Heer Jan PEETERS

Staatssecretaris voor Veiligheid, toegevoegd aan de Minister van Binnenlandse Zaken en Staatssecretaris voor Maatschappelijke Integratie en Leefmilieu (toegevoegd aan de Minister van Volksgezondheid)

De Heer Theo KELCHTERMANS

Vlaams Minister van Leefmilieu en Tewerkstelling

De Heer Guy LUTGEN

Waaals Minister van Leefmilieu, Natuurlijke Rijkdommen en Landbouw

De Heer Didier GOSUIN

Minister van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering, belast met Leefmilieu en Waterbeleid, Renovatie, Natuurbehoud en Openbare Netheid

De Heer Michel ANSIAUX

Directeur-generaal van de Nationale Loterij

Baron Philippe BODSON

Voorzitter van de Raad van Bestuur van Electrabel

De Heer Ferdinand CHAFFART

Ere-Voorzitter van het Directiecomité van de Generale Bank

De Heer François CORNELIS

Vice-voorzitter van de Raad van Bestuur en Voorzitter van de Directie van PetroFina

De Heer Eric DELOOF

Voorzitter van de Federale Interdepartementale Commissie Duurzame Ontwikkeling

De Heer Michel DUSSENNE

Voorzitter van de Raad van Bestuur van Belgacom

De Heer Hans EVENEPOEL

Afjunct Directeur-generaal van de Regie der Gebouwen

Baron Albert FRÈRE

Voorzitter van de Raad van Bestuur van PetroFina

De Heer Marc GEDOPT

Reizend Ambassadeur voor Duurzame Ontwikkeling en Leefmilieu

De Heer Michel GODART

Hoofdingenieur-directeur van de Regie der Gebouwen

De Heer John J. GOOSSENS

Voorzitter van het Executief Comité en Gedelegeerd Bestuurder van Belgacom

De Heer Jean-Pierre HANNEQUART
Directeur-generaal van het Brussels Instituut voor Milieubeheer

De Heer Jean-Pierre HANSEN
Gedelegeerd Bestuurder van Electrabel

Baron Daniel JANSSEN
Voorzitter van de Raad van Bestuur van Solvay

Baron Paul-Emmanuel JANSSEN
Ere-Voorzitter van de Raad van Bestuur van de Generale Bank

De Heer Leon LAURIKS
Directeur-generaal van de Regie der Gebouwen

Graaf Maurice LIPPENS
Voorzitter van de Raad van Bestuur van de Generale Bank

De Heer Henri MALCORPS
Directeur van het Koninklijk Meteorologisch Instituut

Mevrouw Liliane MASSCHELEIN-KLEINER
Directeur van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium

De Heer Aloïs MICHELSEN
Voorzitter van het Uitvoerend Comité van Solvay

De Heer Paul PÂQUET
Directeur van de Koninklijke Sterrenwacht van België

De Heer Per-Edvin PERSSON
Voorzitter van EC.SITE, The European Collaborative for Science, Industry & Technology Exhibitions

De Heer Jacques PUECHAL
Voorzitter van de 'Chemical Industry Association for Scientific Understanding'

De Heer Jan RAMMELOO
Directeur van de Nationale Plantentuin van België

De Heer Theo ROMBOOTS
Voorzitter van de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling

Ridder Albert de SCHAETZEN
Voorzitter van de vzw 'De Vrienden van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen'

De Heer Eric SCHAMP
Inspecteur-generaal van het Brussels Instituut voor Milieubeheer

De Heer Paul SIMON
Kabinetschef van de Federale Minister van Wetenschapsbeleid, V van Ylief

De Heer Walter STAVELOZ
Executive Director EC.SITE

De Heer Dirk THYS van den AUDENAERDE
Directeur van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika

De Heer Luk VAN LANGENHOVE
Wvd. Secretaris-generaal van de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden

De Heer Walter VERHEYEN
Voorzitter van de Wetenschappelijke Raad van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

De Heer Herman VERWILST
Voorzitter van de Raad van Bestuur van de Generale Bank

De Heer Jacques WAUTREQUIN
Ere-Secretaris-generaal van de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden

De Heer Hugo WECKX
Voorzitter van de Federale Raad voor Wetenschapsbeleid

W E T E N S C H A P P E L I J K C O M I T E

ERFIEDEN

Etienne ARIJS
Wvd. Directeur van het BIRA

André BERGER
Hoogleraar, UCL

Christian de Duve
Nobelprijs voor Geneeskunde 1974, Professor Emeritus, UCL

Dirk DE MUER
Hoofd van het Departement Aerometrie, KMI

Ilya PRIGOGINE
Nobelprijs Scheikunde 1977, Professor Emeritus, ULB

Oscar VANDERBORGHT
Hoogleraar, UA
en Voorzitter van het Belgisch Nationaal Comité IGBP - 'Global Change'

Jackie VAN GOETHEM
Hoofd van het Departement Invertebraten, KBIN
en Voorzitter / coördinator van de Stuurgroep Biodiversiteitsverdrag

Jean-Pascal van YPERSELE de STRIHOU
Docent, UCL
en Voorzitter van de Werkgroep 'Energie-Klimaat' van de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling

Etienne VERMEERSCH
Ere-Vice-Rector RUG / Professor Emeritus, RUG
Medestichter van het Centrum voor Milieufilosofie en Bio-Ethiek

L E D E N

Michel BAGUETTE (Adjunct-Professor, UCL), Gilles BILLEN (Onderzoeksdirecteur FNRS), François BRAEM (Onderzoeker, ULB, Programma 'Avenir des Peuples des Forêts Tropicales' DG VIII, U.E.), François BROUYAUX (KMI), Pierre CUGNON (Departementshoofd Zonnefysica, Koninklijke Sterrenwacht), Hugo DE BACKER (Dr., KMI), Christophe DE DONCKER (Directeur Esher), Pierre DEVILLERS (Afdelingshoofd, KBIN), Beata DE VliegHER (Dr. RUG), Boudewijn GODDEERIS (Afdelingshoofd, KBIN), Jan GOVAERE (Departementshoofd, KBIN), Patrick GROOTAERT (Departementshoofd, KBIN), Nicole HENRY (Dr., DWTC), Philippe HUYBRECHTS (Dr., VUB), Christian Laurent (Ir., DNE DGRNE, MRW), Jean-Paul LEDANT (Adviseur voor het Beheer van de Natuurlijke Rijkdommen in de Tropen), Patrick MEIRE (Dr., Instituut voor Natuurbehoud), Laurent MISSON (Onderzoeker, UCL), Jan MOEYERS-ONS (Dr., KMMA), Georges PICHOT (Departementshoofd, KBIN), Jean POESEN (Professor, KUL), Alain QUINTART (Ere-Departementshoofd, KBIN), Paul SIMON (Professor, IAS), Luck Tack (Dr., KMMA), Martine VANDERSTRAETEN (DWTC), Peter VANDERSTRAETEN (Ir., BIM), Aline VAN DER WERF (DWTC), Jacques VERCHEVAL (Werkleider, BIRA), Franz WEISSEN (Werkleider, FUSAGx, IWONL), Karel WOUTERS (Afdelingshoofd, KBIN).

MET SPECIALE DANK AAN

Freddy ADAMS (Professor, UIA), Georgios AMANATIDIS (DG XII-1.E.C.), Filip BEIRENS (Dr., VMM), Frieda BILLIET (Dr., Nationale Plantentuin van België), Luc BELCKMANS (Ir., OVAM), Katrien BORTIER (UIA), Gauthier CHAPELLE (KBIN), Walter DEBRUYN (Dr., VITO), Gabrielle DECKMYN (Dr., UIA), Dominique DEFRISE (Wetenschappelijk onderzoeker Studiecentrum Duurzaam Ontwikkeling, IGEAT, ULB), Gaston DEMARÉE (Dr., KMI), E. DE WITTE (Dr., KIK), Ina DE VIEGER (Dr., VITO), Eric DONNAY (BMM, KBIN), Ronald FONTEYNE (CLO – Gent DZ), Gerwin DUMONT (Dr., VMM-IRCEI), Daniel GELLENS (Dr., KMI), R. HARTMANN (Prof. Dr. Ir., RUG), Hermann INTEMANN (Ir., DGV1 – EC), René-Marie LAFONTAINE (KBIN), Eric LAHAUT (Lector, FUSAGx), Benoît-Pascal LOUANT (Professor, UCL; afgevaardigd beheerder GENAGRO), Henk MAECKEIBERGHE (Dr., VMM), Willy MAENHOUT (Professor, RUG), Claude MASSIN (Dr., KBIN), Christian MULLER (Dr., IASB), Jean-François MULLER (Dr., IASB), Bob NIEUWEJAERS (Ir., AMINAI), Olivier NOIRET (Ir., KBIN), Walter ROGGEMAN (KBIN), Peter ROSKAMS (Ir., IBW), Véronique ROUSSEAU (Dr., GMMMA, ULB), Ek SCHOUBS (Dr., KMI), C. QSUIBIN (IBGE), Pierre STASSIN (KBIN), Jan TAVERNIER (KBIN), Christian TRICOT (Dr., KMI), Chris VINCKIER (Professor, KUI), Rudy ZANDER (Professor, Ulg).

GENERIEK

WETENSCHAPPELIJKE
COMMISSARISSEN
VAN DE TENTOONSTELLING

Pascale CORTEN (Dr.)
Walter DE JONGE (Ir.)
Philippe VAN HAVER (Dr.)
Edwin ZACCAI (Ir.)

MUSEUMKUNDIGE
EN COÖRDINATOR
VAN DE TENTOONSTELLING

Michèle ANTOINE

TECHNISCHE REALISATIE

Willy DE WIN, Filip DHOOGHE,
Eric EVRAERT, Robert FONTAINE,
Christian FRANCKENNE,
Benoît GOSSET, Christophe GUSTIN,
Hughes LAHAUT, Benoît LAMBERT,
Christian MAES, Michel MERCIER,
Michel PLANCHON, Johnny STUYCK,
Guy TETARD, Jacques VANDERBORGHT,
Jan VAN ENDEN, Jan VERNELEN

MET DE MEDEWERKING VAN
Laurent CASEN, Ghislain LEMAIRE,
Robert LAVOIE, Didier PILLOT,
Jean-Luc QUINAUX

BINNENHUISARCHITECTEN
Claire DEVISSCHER, Laurent FABRI,
Marcella HAEMELINCK

ARTISTIEKE REALISATIE

Anne-Marie BORREMANS, Miet CAMPS,
Guido CEULEMANS, Carole DEKEIJSER,
Pascale GOLINVAUX, Claire GOOVAERTS,
Jean-Marc HAMBLENNE,
Marylise LECLERCQ, Vinciane LOWIE,
Joelle NEUT, Lies OP DE BEECK,
Anne WAUTERS, Geneviève YANNART

FOTOGRAFIE

Thierry HUBIN

INFORMATICA EN INFOGRAFIE

Greet BOEY, Gérard COBUT, Eric DANON,
Lidia DEFOSSEZ, Jan GOVAREE,
Michel MARTIN, Stijn PARDON

PROMOTIE EN PUBLIC RELATIONS

Isabelle THYS, Chris VAN WAEYENBERGE

LEKSTEN AUDIOGIDSSEN

Tatiana DE PERLINGHI, EPHREM,
TEXTO (Anne VERSAILLES)

PEDAGOGISCH DOSSIER

Anne HEURADE, Hugo VANDENDRIES

VERTALINGEN T/N

Jan CLAEERBOUT, Isabella VANDEVELDE,
Chris VAN WAEYENBERGE,
Ann VENMANS

VERTALINGEN N/F

Michèle ANTOINE, Claire DEBEVER,
Isabelle MOUREAU, Nathalie VANHAMME

Deze tentoonstelling kwam tot stand dankzij de steun en de medewerking van alle diensten van het Instituut, in het bijzonder van de Algemene Administratieve en Logistieke Diensten onder de leiding van Guy VAN DER VEKEN, van de Educatieve Dienst onder de leiding van Mietje GERMONPRE, en van de Boekhoudkundige Dienst onder de leiding van Guy LONCKE.

MET DANK AAN

Caroline ALLAIN (Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris), Thierry AUGUET (E.N.S.A.V. La Cambre), Bernard BACHE (Palais de la Découverte, Paris), Jo CREPAIN, Dr. Gilbert DE DOBBELEER, (Erasmus Ziekenhuis), Heinz Werner HENGEL, Pierre KLEES (B.A.T.G.), Elie LEVY (E.N.S.A.V. La Cambre), Jan MOEREELS, Dr. John PAULHUIS, Architectuurgroep Jo PEETERS, Jean PERROTIN (Palais de la Découverte Paris), Pierre RENSON (Renson & Pontseel), Gisèle ROULIEAUX (DTWC), Gérard WIBIN (Institut Saint-Luc), Dr. André ZANNEN, (Erasmus Ziekenhuis).

leven
of
overleven?



leven of overleven?

Een stand van zaken
op onze planeet

Pascale Corten-Gualtieri

Philippe Van Haver

Walter De Jonge

Edwin Zaccai

lannoo

Koninklijk Belgisch
Instituut voor
Natuurwetenschappen



We wensen de vele personen en instellingen die ons bereidwillig de vereiste wetenschappelijke informatie ten dienst stelden voor het schrijven van deze catalogoog, hartelijk te bedanken, en meer in het bijzonder:

Prof. M. Baguette (UCL)
Dr. G. Billen (CNRS)
Dr. F. Billiet (Nationale Plantentuin van België)
Dhr. F. Braem (ULB)
Mevr. D. Defrise (IGEAT-ULB)
Dr. H. De Backer (KMI)
Dr. D. De Muer (KMI)
Dr. Ph. Huybrechts (VUB)
Dr. Laitat (FUSAGX)
Ir. Ch. Laurent
(Ministerie van het Waalse Gewest, DGRNE, DNF)
Ir. J.-P. Ledant (Milieu-adviseur)
Prof. B.-P. Louant (UCL)
Dr. P. Meire (Instituut voor Natuurbehoud)
Dhr. L. Misson (UCL)
Dhr. G. Pichot (KBIN, BMM)
Prof. J. Poesen (KUL)
Ir. P. Vanderstraeten (BIM)
Prof. J.-P. van Ypersele (UCL)
Franz Weissen (FUSAGX, IRSIA)

*De tentoonstelling 'leven of overleven ?'
kwam tot stand met de hulp en de steun van :*

de Federale Diensten voor wetenschappelijke
technische en culturele aangelegenheden
de Nationale Loterij
het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
de Vlaamse Gemeenschap
het Waals Gewest
Belgacom
ElectraBel
Generale Bank
PetroFina
Solvay

 { MICHÈLE ANTOINE
 Museografe
 Coördinatrice van de tentoonstelling

Inleiding


De volgende eeuw en het volgende millennium staan voor onze deur. Een symbolische overgang. Scharnier tussen heden en toekomst en dus het ogenblik om balansen op te maken en plannen uit te werken. En terwijl we naar de dreigende grijze lucht kijken, de troebele wateren, de uitgeputte aarde of het verscheurde boek van de biodiversiteit, stellen we ons de vraag: 'Welke toekomst wacht onze planeet en haar bewoners?' of eenvoudiger gesteld. 'In welke wereld willen wij leven?'

Dit zijn geen nieuwe vragen. Sinds de jaren '60 is heel geleidelijk een 'milieubewustzijn' gegroeid dat dikwijls wel vaag maar tegelijkertijd toch ook onweerlegbaar is. Stilaan geeft de mensheid zich rekenschap van zijn verregaande invloed op de ecosystemen: onze planeet is geen onuitputtelijke bron en ook geen vuilnisbak zonder bodem. Een echte wedloop tegen de tijd is begonnen. Vanaf nu is het milieu ontvangende partij bij al onze handelingen. Hoe langer we weigeren er rekening mee te houden, hoe hoger de prijs voor een leefbare wereld zal zijn.

De mens kan zich niet langer gedragen alsof hij boven de natuur staat en haar onderwerpen met kennis en technieken waarop hij prat gaat. Hij maakt ontegensprekelijk deel uit van de natuur en zijn relatie met haar is er een van wederzijdse afhankelijkheid. Een nieuw ecologisch bewustzijn heeft dus het licht gezien.

De relatie van de mens met de wereld is trouwens aan herziening toe. En dit houdt in dat we op alle niveaus moeten nagaan welke risico's onze planeet loopt om ze vervolgens te kunnen elimineren. Dat betekent nieuwe kennis opdoen, de complexiteit en de ondoorzichtigheid van fenomenen erkennen, 'zekerheden' vervangen door 'mogelijkheden' en aanvaarden dat niet alles verklaard kan worden... zonder dat hierdoor de actie uitgesteld wordt!





We moeten heel zeker anders leren denken. Maar we moeten ook anders met onze planeet omspringen. We moeten absoluut reageren – zelfs als het in bepaalde gevallen al te laat lijkt. Bovendien zorgden de milieuproblemen voor een herverdeling van de besluitneming. Ze zorgden voor nieuwe collectieve ervaringen waardoor de definitie van openbaar bezit opnieuw gedefinieerd wordt en gaven aan de deskundigen ook een stem in het geheel van politici, lobbyisten, onderzoekers uit alle disciplines, burgers... Een nieuw gegeven dat onze gewoonten en houdingen door elkaar schudt. Maar ondanks het feit dat het milieu een vast gegeven is geworden in de media, heerst er nog steeds groot onbegrip. Het milieu is nog steeds teveel het terrein van specialisten en drukingsgroepen. Er moet nog een lange weg afgelegd worden vooraleer het deel zal uitmaken van het algemene gedachtengoed.

En hier komt het museum op het toneel. Enerzijds als wetenschappelijk instituut en anderzijds als educatieve instelling. Zijn rol? Een referentiekader aanbieden dat de milieukwesties zinvol en begrijpelijk maakt. Dat betekent wel dat het museum zich dan op het terrein van de controversie moet begeven, het domein van het veranderlijke en onzekere, terwijl haar domein steeds dat van de vaststaande gegevens, van bewezen en beproefde kennis is geweest.

We moeten dus omzichtig te werk gaan. Het is onze taak te luisteren. Luisteren, uiteraard, naar de wetenschappers die ons zowel de resultaten van hun analyses als hun vragen mededelen. Luisteren naar de overheid en de ondernemingen die, zo goed en zo kwaad als het gaat, trachten in te spelen op de uitdagingen gevormd door het respect voor het milieu. Maar ook luisteren naar ons publiek en vooral dan naar de jongeren die zo vaak getuigen van hun moeite om te begrijpen en hun wil tot handelen, maar ook van de enorme angst voor een toekomst die zij somber en zonder hoop tegemoet zien.

Door de manier waarop de tentoonstelling 'Leven of Overleven?' opgevat is, wilden wij tonen dat wij deze bezorgdheid zeer ernstig nemen. In plaats van ze te negeren en geruststellende woorden te opperen, hebben wij ze als basis genomen omdat wij ze als gerechtvaardigd beschouwen. En zo werd ze het uitgangspunt voor ons scenario. Zodra de bezoeker de tentoonstelling binnengaat, wordt hij naar het jaar 2050 geprojecteerd, in een gepollueerde wereld, doorengeschud door sociale onlusten, onleefbaar, in een stad waar niemand er zelfs maar aan gedacht heeft het milieu in overweging te nemen. Deze reis in de toekomst, gebaseerd op het business-as-usual-scenario, toont overduidelijk wat de gevolgen zullen zijn indien we passief

en werkloos toekijken op het gebied van milieu. De terugkeer naar onze tijd wordt aangeduid door de bevestiging dat deze – fictieve! – wereld van 2050 niet het onvermijdelijke lot van onze planeet is, dat het mogelijk is een andere wereld voor de toekomst op te bouwen, maar dat men, om dit te kunnen doen, informatie moet inwinnen en die trachten te begrijpen om vervolgens op de juiste manier te kunnen handelen.

Zich informeren en trachten te begrijpen... gaan zien wat er ter plaatse allemaal gebeurt, in verschillende, min of meer onderling afhankelijke ecosystemen. Dat is wat de bezoeker zal doen tijdens de daaropvolgende reis om de wereld: Brussel, de Ardense bossen, de Alpen en de gletsjers, het Amazonegebied, Antarctica, en daarna opnieuw België met de Schelde en de Noordzee. En bij elke etappe wordt een bepaald thema – luchtvervuiling, klimaatveranderingen, ontbossing, enz. – in al zijn aspecten verkend. Elke etappe in de reis werd gekozen omwille van het symbolische karakter ervan of omwille van de betrokkenheid met de bezoekers (we moeten er inderdaad de nadruk op leggen dat 'milieuproblemen ook bij ons voorkomen'). De keuze van bepaalde etappes was vrij arbitrair en had ons ook naar heel andere plaatsen kunnen brengen. Hoewel de besproken milieuproblemen zich vaak in



verschillende mate op verschillende plaatsen op de aarde voordoen, toch moest er uiteindelijk een keuze gemaakt worden.

Wanneer hij terugkomt van zijn reis vindt de bezoeker zijn bagage terug, alle elementen uit het dagelijkse leven. Nu is het tijd voor het opmaken van de balans, voor analyse en zoeken naar alternatieven. Nadat hem gevraagd werd op wereldschaal mee te denken, zoekt de bezoeker nu hoe hij lokaal kan handelen. Zo zal duurzame ontwikkeling meer zijn dan alleen maar een vaag woord uit een krantenartikel of opgevangen in een toespraak. Duurzame ontwikkeling zal vorm aannemen in de manier van leven, van denken, van toekomst gericht zijn, van interactie met anderen, individueel en als collectiviteit.

Het parcours van de bezoeker eindigt in een parlement, de plaats van debatten waar beslissingen over de kwaliteit van ons leefmilieu moeten genomen worden, samen. Door deel te nemen aan de discussies en de verschillende stemrondes, leert de bezoeker hoe ingewikkeld de inzet wel is. Op deze manier willen wij duidelijk maken dat de definitie van een collectief project niet alleen maar in handen is van de overheden, van drukingsgroepen of van deskundigen, of zelfs maar van de burgers, maar afhangt van de samenwerking tussen al deze krachten en dat de toekomst moet opgebouwd worden in

samenpraak met velen en op verschillende wijzen. Hierin verschilt de tentoonstelling 'Leven of Overleven' van veel andere waar men over het algemeen 'iets toont' en men niet zozeer vraagt te denken, zich vragen te stellen of te zoeken. Hier moet de tentoonstelling niet alleen maar bekeken worden, zelfs niet bewonderd, maar wel gebruikt en voorbijgestreefd.

Deze catalogus - net zoals de tentoonstelling waarbij hij hoort - geeft de gezondheidstoestand weer van onze planeet op het einde van dit millennium, en geeft mogelijkheden tot overpeinzing. Het geeft geen kant en klare recepten of gouden regeltjes, maar wel werktuigen om beter ons hedendaags milieu te leren begrijpen en om te trachten in de toekomst een wereld op te bouwen waarin het mogelijk is te leven, en niet alleen maar overleven. De teksten die bijeengebracht werden door verschillende wetenschappelijke medewerkers van de tentoonstelling werden ongetwijfeld beïnvloed door het proces van het opstellen van de tentoonstelling (keuze van de voorbeelden, opvolging van de thema's, enz.). Maar de teksten kunnen op zich staan, als referentiedocumenten.

Deze catalogus - niet minder dan de tentoonstelling - wil niet aan de alarmbel trekken, anderen hebben dat reeds eerder

gedaan met een zekere mate van succes, en deze moderne Cassandra's hebben ons een wereld vol bedreigingen voorspeld. Wij willen geen utopische, ideale, hemelse wereld afschilderen, de 'wereld zoals hij zou moeten zijn', mooi, harmonieus, zonder conflicten en evenwichtig. Wie zou ons geloven? Waar zouden wij een verrechtvaardiging kunnen vinden voor zo'n redenering? Wij geven de voorkeur aan de helderheid van de vaststellingen en de nuances van de besluiten en op basis daarvan ons voor te bereiden op de actie, met onze voeten stevig op de vaste grond en de blik gericht op de toekomst.

Brussel

Leven in een grootstad schaadt de gezondheid

Luchtvervuiling

Inleiding

De 20^{ste} eeuw: een periode van snelle en ingrijpende veranderingen. Naast de enorme economische en industriële vooruitgang was vooral de wereldwijde bevolkingsexplosie het meest opvallende kenmerk. Sinds de achttiende eeuw is de wereldpopulatie maar liefst verachtvoudigd en de gemiddelde leeftijd verdubbeld. In 1950 waren er nog 'maar' 2,5 miljard mensen, nu zijn we reeds met meer dan 5 miljard! Elke dag komen er 250.000 mensen bij op aarde! Bovendien neemt de bevolking vooral in de grote steden spectaculair toe. In deze immense megapolen trachten miljoenen mensen te overleven in soms erg moeilijke omstandigheden. Momenteel wonen meer dan 2 miljard mensen (45% van de wereldbevolking) in een stedelijk gebied. Enkele voorbeelden van zulke metropolen zijn Mexico-Stad (22 miljoen inwoners), Sao Paulo (21 miljoen inwoners), Tokio (21 miljoen inwoners) en Calcutta (14 miljoen inwoners).

Al die miljoenen mensen hebben behoefte aan energie, voedsel, transport, drinkbaar water, woonruimte, werk... Tijdens de jaren tachtig verdubbelde wereldwijd de hoeveelheid energie opgewekt in de krachtcentrales door verbranding van fossiele brandstoffen. Om aan de mobiliteitsvraag te voldoen, rollen er dagelijks 100.000 nieuwe wagens van de band (meer dan 1 wagen per seconde!), die zich vervolgens in de reeds door verkeersopstoppingen verlamde steden begeven. Al deze snelle veranderingen brengen onvermijdelijk flink wat luchtvervuiling met zich mee. Hierdoor leven er wereldwijd honderden miljoenen mensen in een sterk gepollueerde stedelijke omgeving waarbij jaarlijks honderdduizenden vroegtijdig sterven of ernstig ziek worden.

LUCHTVERONTREINIGING IS NIET NIEUW.
MEN KAN ZELFS DE VRAAG STELLEN
OF HET VROEGER WEL ZOVEEL BETER WAS...
DE BORINAGE VORIGE EEUW.



Luchtvervuiling is geen nieuw probleem. Reeds in het begin van de veertiende eeuw verbood koning Edward I van Engeland het gebruik van steenkool vanwege de reuk en de vuile rook die ermee gepaard gingen. Elke overtreder van die wet werd prompt geëxecuteerd. Toch was luchtvervuiling vroeger eerder een uitzondering. Sinds de industriële revolutie, 200 jaar geleden, is het echter de regel geworden in de grote steden.

1 MILJARD AUTO'S

Men schat dat er tegen het jaar 2030 meer dan 1 miljard auto's op onze planeet zullen rondrijden. In 1990 waren er dat nog 'maar' 650 miljoen. Deze aangroei is groter dan de mondiale bevolkingsgroei. De toename is vooral te wijten aan de enorme expansie in de ontwikkelingslanden. Zo neemt in Thailand, Korea en Kenia het aantal motorvoertuigen jaarlijks toe met bijna 30%. In China, met 1,2 miljard inwoners, waren er 10 jaar geleden 400 miljoen fietsen in omloop, terwijl er slechts 700.000 auto's en 5 miljoen andere motorvoertuigen rondreden. Dit is minder dan in een gemiddelde Westerse grootstad. China en ook India zijn echter bezig hun auto-industrie fors uit te breiden. Zo is China van plan om volgende eeuw zijn autoproductie op te voeren tot 3 miljoen auto's per jaar!

Wat is vervuilde lucht?

Afgezien van een sterk variabele hoeveelheid waterdamp (tussen 0 en 7%) bestaat 99,9% van de lucht, zuiver of verontreinigd, uit stikstof (N_2 78,1%), zuurstof (O_2 20,9%), argon (Ar 0,93%) en koolstofdioxide (CO_2 0,035%). Daarnaast bevat lucht nog minimale hoeveelheden (< 0,002%) andere inerte gassen (neon, helium, krypton, xenon) en methaan (0,0001%). Men spreekt over verontrei-



ZWARE LUCHTVERVUILING IN BANGKOK. HET DRAGEN VAN EEN GASMASKER IS STERK AAN TE RADEN AAN PERSONEN DIE LANGE TIJD BLOOTGESTELD ZIJN AAN LUCHTVERONTREINIGING.

nigde lucht indien daarnaast ook nog andere gassen (SO_2 , CO, NO_x ...) of deeltjes (roet, stof) in niet verwaarloosbare hoeveelheden in de lucht voorkomen. Zelfs in de meest verontreinigde gebieden bedraagt het totaal aan vervuilende bestanddelen zelden meer dan 0,001%. Deze enorm kleine hoeveelheden kunnen echter aanzienlijke schade toebrengen aan de volksgezondheid, de flora en de fauna. De belangrijkste verontreinigende bestanddelen die men in een stedelijke omgeving aantreft zijn stikstofoxiden ($NO + NO_2$), koolwaterstoffen, koolstofmonoïde (CO), ozon (O_3), zwaveldioxide (SO_2) en zwevende deeltjes. Deze stoffen komen ook van nature in de lucht voor, maar hun gezamenlijke concentratie is in het stedelijke Brussel toch al snel een goede 50 maal hoger dan in verafgelegen gebieden met 'zuivere lucht'. Tijdens alarmsituaties kunnen sommige pollutanten in hoeveelheden voorkomen die duizendmaal hoger liggen dan de atmosferische achtergrondconcentratie. Dit heeft natuurlijk gevolgen voor de volksgezondheid.

HET METEN VAN DE BRUSSELSE LUCHTVERONTREINIGING

De kwaliteit van de lucht in Brussel wordt sinds 1968 gecontroleerd en dit voornamelijk omwille van de volksgezondheid. Bovendien wordt dit ook opgelegd door enkele Europese Richtlijnen. Zo wordt sinds 1968 via een semi-automatisch meetnet de concentratie van SO_2 en zwevende deeltjes gemeten op welbepaalde plaatsen over heel België. Op het grondgebied van het Brusselse Gewest zijn een 11-tal meetposten functioneel.

Daarnaast is er sinds 1978 ook een volledig automatisch telemetrisch net operationeel dat de concentratie van verschillende pollutanten, zoals SO_2 , NO_x , ozon, koolwaterstoffen, stofdeeltjes... op de voet volgt. Dit meetnet omvat 7 meetstations in het Brusselse Gewest (waarvan 1 mobiel station) en 2 meetstations in de onmiddellijke omgeving. Zo wordt permanent vrij nauwkeurig de toestand en de evolutie gecontroleerd van de luchtkwaliteit in onze hoofdstad. Dit maakt het ook mogelijk om bepaalde pollutiefenomenen van nabij te volgen en te bestuderen.

Wie emiteert wat?

Om de luchtvervuiling in het Brusselse Gewest zo goed mogelijk te beheersen, moet men weten wie verantwoordelijk is voor de emissie (uitstoot) van welke pollutant. In Brussel, een niet al te sterk geïndustrialiseerde stad, kan men stellen dat het wegverkeer, en in iets mindere mate de huisverwarming, de hoofdverantwoordelijken zijn voor de luchtverontreiniging. We noteren als belangrijkste pollutanten stikstofoxiden (NO_x), organische verbindingen, koolstofmonoxide (CO), ozon (O_3), zwaveldioxide (SO_2) en zwevende deeltjes.

NO_x

De uitstoot van NO en NO_2 , gezamenlijk NO_x genoemd, vindt zijn oorsprong in allerhande verbrandingsprocessen. De hoge temperatuur die wordt bereikt bij de verbranding van fossiele brandstoffen in automotoren en bij industriële en huishoudelijke verbranding maakt het moge-

lijk dat het N_2 en O_2 uit de lucht met elkaar reageren en NO vormen. Uit dit NO kan in een tweede stap NO_2 worden gevormd. Vermits NO in grote mate door auto's wordt uitgestoten, is het een typische verkeersindicator. De concentratie ervan varieert met de verkeersintensiteit: maximaal tijdens de ochtend- en avondspits, minimaal 's nachts en tijdens de weekends. Indien men de figuur hieronder wat nauwkeuriger bekijkt, kan men zelfs de gewoonten van de autogebruiker afleiden: uitgaan op zaterdagavond, laat opstaan in het weekend...

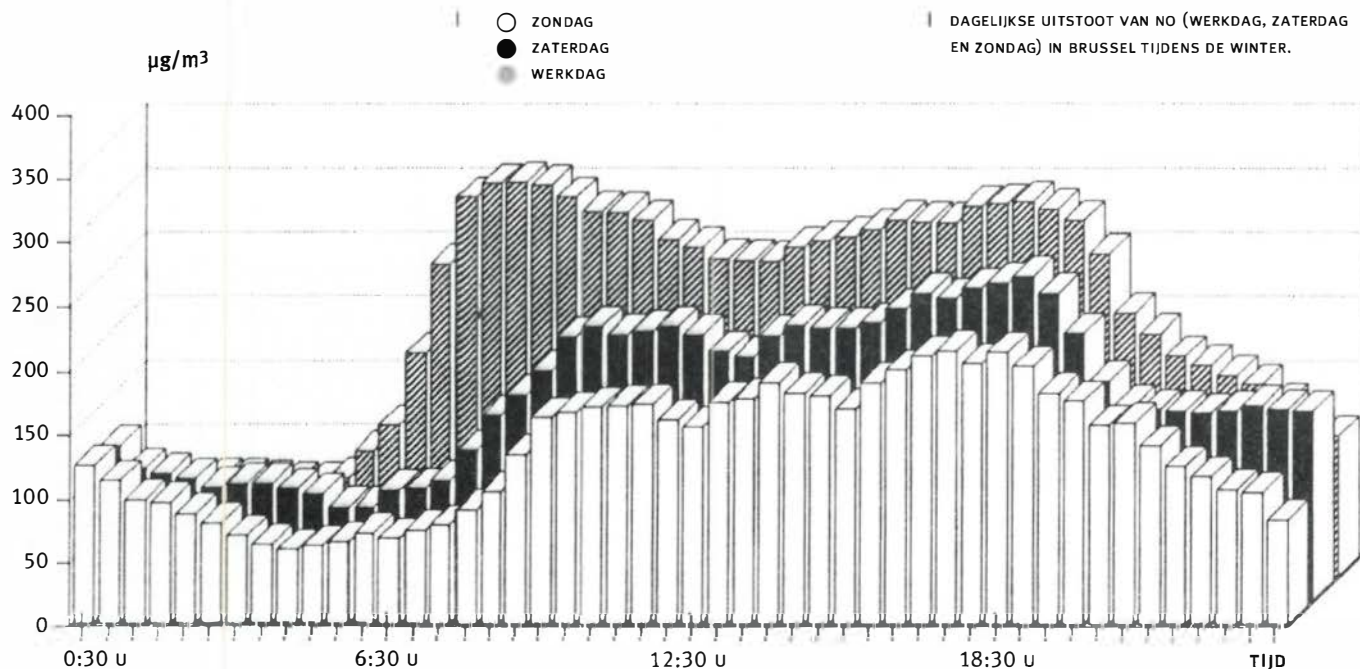
Jaarlijks wordt er om en bij de 18.000 ton NO_x uitgestoten in het Brusselse Gewest. Het wegverkeer neemt hiervan een stevige driekwart voor zijn rekening. Verder zorgt de huisverwarming voor nog eens 15%, terwijl de overige 10% afkomstig is van de verbrandingsoven voor huishoudelijk afval te Neder-Over-Heembeek, van de industrie en de tertiaire of dienstverlenende sector.

Organische verbindingen (koolwaterstoffen)

De term 'organische verbindingen' omvat twee soorten stoffen: de vluchtige organische stoffen en de polyaromatische koolwaterstoffen.

De vluchtige organische stoffen (VOS) die zich in de Brusselse lucht bevinden, zijn voornamelijk afkomstig van het wegverkeer. Ze komen in de lucht terecht door o.a. verdamping of onvolledige verbranding van de brandstof in motorvoertuigen.

Ook bepaalde huishoudelijke en industriële activiteiten waaraan vluchtige organische producten te pas komen (het gebruik van organische solventen in verven, verfcabines, drukkerijen...) dragen hun steentje bij. Sommige van deze organische stoffen vereisen extra aandacht (benzeen, toluen en xyleen) vanwege hun giftige en kankerverwekkende eigenschappen. Net zoals bij NO worden



BRON | BIM



BIJ HET TANKEN VERDAMPT EEN BELANGRIJK DEEL VAN DE BENZINE, EEN PRECURSOR VAN OZON.

de hoogste concentraties van VOS gemeten in de buurt van drukke verkeersaders. Het wegverkeer brengt ook polyaromatische koolwaterstoffen (PAK's) in de Brusselse lucht. Deze PAK's (waarvan benzopyreen de meest bestudeerde is) worden ook gevormd door de onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen. Ze komen dus eveneens in hoge concentraties voor nabij drukke verkeersaders. Deze weinig vluchtige componenten hechten zich gemakkelijk aan vaste deeltjes (zoals roet). PAK's zijn doorgaans giftig en soms zelfs kankerverwekkend en dus hebben de vele in de lucht rondzwevende deeltjes een sterk toxisch karakter. Het wegverkeer is ook verantwoordelijk voor de uitstoot van kleine hoeveelheden uiterst carcinogene dioxines in de stadslucht.

Men schat dat de jaarlijkse productie van vluchtige organische stoffen in het Brusselse Gewest (met uitzondering van methaan) ongeveer 25.000 ton bedraagt. Bijna 4/5de hiervan kan men op rekening van het wegverkeer schrijven. Het gebruik van solventen levert nog eens ongeveer 5.000 ton op.

DOE HET WAT RUSTIGER AAN IN DE STAD!

Uit een wetenschappelijke studie van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) is gebleken dat door een sportieve rijstijl in de stad tweemaal zoveel CO en vijfmaal zoveel koolwaterstoffen worden uitgestoten in vergelijking met een rustige rijstijl. Met een autokatalysator kan een sportieve rijstijl zelfs tot tienmaal meer CO uitstoten. Naast het milieu wordt ook uw portefeuille beter van een rustige rijstijl. Bij sportief rijden stijgt het brandstofverbruik immers met 30-50%, terwijl de gemiddelde snelheid nauwelijks hoger ligt.

CO

Net zoals de PAK's en dioxines ontstaat CO bij de onvolledige verbranding van koolstofhoudende brandstoffen, voornamelijk door zuurstoftekort in de verbrandingskamer. Het gemiddelde dagverloop van de CO-concentratie in Brussel is goed

OCHTEND- EN AVONDSPITS

Het is opvallend dat de CO-concentratie in het centrum van Brussel tijdens de avondspits hoger is dan tijdens de ochtendspits, alhoewel er 's ochtends evenveel auto's Brussel binnenrijden als er 's avonds Brussel verlaten. 's Avonds rijden er echter veel meer wagens in Brussel rond die slechts enkele minuten op de weg zijn en waarvan de motor nog onvoldoende is opgewarmd. Bij deze koude motoren is de verbranding in de motor niet optimaal, met een belangrijke CO-uitstoot tot gevolg. De warme auto's die 's ochtends Brussel binnenrijden, zetten het gevormde CO gemakkelijk verder om tot CO₂. Deze CO-avondpiek is bovendien meer uitgesproken in de winter dan in de zomer. Dit is zowel te wijten aan de consumptie van CO in de zomer bij de ozonvorming, als aan de winterse weersomstandigheden die de verspreiding van pollutanten bemoeilijken.

vergelijkbaar met die van de NO-concentratie en volgt de wisselende intensiteit van het wegverkeer. De CO-concentratie is dan ook duidelijk hoger op werkdagen dan op niet-werkdagen. Terwijl de emissie van NO stijgt bij toenemende snelheid van het autoverkeer, is de CO-uitstoot maximaal bij stilstaand of stapvoets verkeer. Het wegverkeer in het Brusselse Gewest is jaarlijks goed voor de uitstoot van 50.000 ton CO. Dit is meer dan 75% van de totale CO-uitstoot. Daarnaast wordt er nog 10.000 ton CO geproduceerd door de industrie, de verbrandingsoven voor huishoudelijk afval en de gebouwenverwarming.

Ozon

Hoewel ozon ook van nature voorkomt in de atmosfeer, zowel in de hogere atmosfeer (de beschermende stratosferische ozonlaag) als in de lagere luchtlagen (troposfeer) en aan de grond, is het een belangrijke pollutant in stedelijke gebieden waar het soms in erg hoge concentraties wordt waargenomen. Ozon is een secundaire pollutant en wordt dus niet rechtstreeks door één of andere bron uitgestoten. Onder invloed van intense zonnestraling wordt ozon gevormd vanuit een aantal reeds aanwezige voorlopers (primaire pollutanten), waaronder NO_x, koolwaterstoffen en CO.



AUTO'S STOTEN EEN COCKTAIL VAN SCHADELIJKE GASSEN UIT: NO_x, CO, KOOLWATERSTOFFEN...



DE GEBOUWENVERWARMING IS GOED VOOR 35% VAN DE TOTALE SO₂-UITSTOOT IN BRUSSEL.

SO₂

De belangrijkste bron van SO₂ in stedelijke gebieden is de verbranding van zwavelhoudende fossiele brandstoffen, zoals steenkool, stookolie of diesel. Ook enkele industriële processen, zoals het raffineren van petroleum, dragen bij tot de SO₂-emissie in de atmosfeer. Het hogere verbruik van fossiele brandstoffen voor de huisverwarming in de winterperiode zorgt voor een duidelijke SO₂-piek in de maanden oktober-maart.

Jaarlijks komt er in Brussel 5.000 ton SO₂ in de lucht terecht. Hiervan is 36% afkomstig van de verbrandingsoven voor huishoudelijk afval in Neder-Over-Heembeek, 35% van de gebouwenverwarming en 26% van het wegverkeer. De overige 3% wordt door de industrie geproduceerd.

Zwarte rook, zwevende deeltjes en partikels

In de lucht bevinden zich enorm veel zwevende deeltjes waarvan de grootte kan variëren van 1 miljoenste mm tot 1 tiende mm. Naargelang hun grootte en samenstelling kunnen ze toxisch zijn voor mens en milieu. Onder deze zwevende deeltjes bevinden zich roetdeeltjes, stof, vliegias, asbestvezels, zware metalen, waterdruppeltjes... In stedelijke gebieden zijn

(alweer) de verbrandingsprocessen, door het gebruik van onder meer steenkool en petroleum, verantwoordelijk voor hun vorming.

Deze zwevende deeltjes zijn niet steeds afkomstig van fabrieksschoorstenen of dieselmotoren. Voortdurend komen er immers gassen of dampen in de lucht terecht, zoals gedeeltelijk verbrande (of onverbrande) brandstoffen of solventen in verven. In aanwezigheid van zonlicht kunnen deze gassen reageren met andere in de lucht aanwezige chemische stoffen, zoals bv. NO_x. Uiteindelijk condenseren de gevormde producten op uiterst kleine stofdeeltjes die altijd in de lucht aanwezig zijn en vormen fijne partikeltjes. Uit metingen is gebleken dat de lucht in sterk verontreinigde steden tot 5000 keer meer zwevende deeltjes kan bevatten dan in verafgelegen 'zuivere' gebieden.

VERVUILING PER TELEFOON

En hoe zit het nu met de luchtvervuiling in het Brusselse Gewest? Eén telefoontje en u weet er alles van! Sinds 1990 kan iedereen zich immers informeren over de toestand van de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest via een automatisch antwoordapparaat van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM).

Naast de stand van zaken worden er ook, indien nodig, raadgevingen aan de bevolking doorgespeeld.

Daarnaast organiseert het BIM geregeld informatiecampagnes om de bevolking en de media in te lichten over bepaalde vormen van luchtverontreiniging. Om de luchtvervuiling preventief aan te pakken, worden bovendien op gepaste tijdstippen sensibiliseringscampagnes georganiseerd.

EEN ATMOSFERISCH DETERGENT

Indien sommige spoorgassen in hun oorspronkelijke vorm in de atmosfeer zouden blijven hangen, zouden zij erg hoge concentraties bereiken. De aanwezigheid van OH* radicalen verhindert dit gelukkig. OH* radicalen reageren met nagenoeg alle gassen die een waterstof (H) bevatten, zoals methaan en koolwaterstoffen, of oxideren verbindingen zoals koolstofmonoxide en zwaveldioxide. De reactie met OH* maakt de gassen veel beter oplosbaar in water, waardoor ze gemakkelijker uitregenen en uit de atmosfeer verdwijnen. Zonder de aanwezigheid van deze OH* radicalen zou de samenstelling van de atmosfeer sterk verschillen van de huidige samenstelling. Veel gevaarlijke stoffen zouden zich dan in de atmosfeer kunnen ophopen. Hierdoor zouden hoge concentraties aan pollutanten en broeikasgassen bereikt worden die veel levensvormen op aarde zouden bedreigen. Het OH* 'reint' dus als het ware de atmosfeer door de schadelijke bestanddelen om te zetten in minder schadelijke en gemakkelijker uit de atmosfeer te verwijderen vormen.

Een cocktail van pollutanten

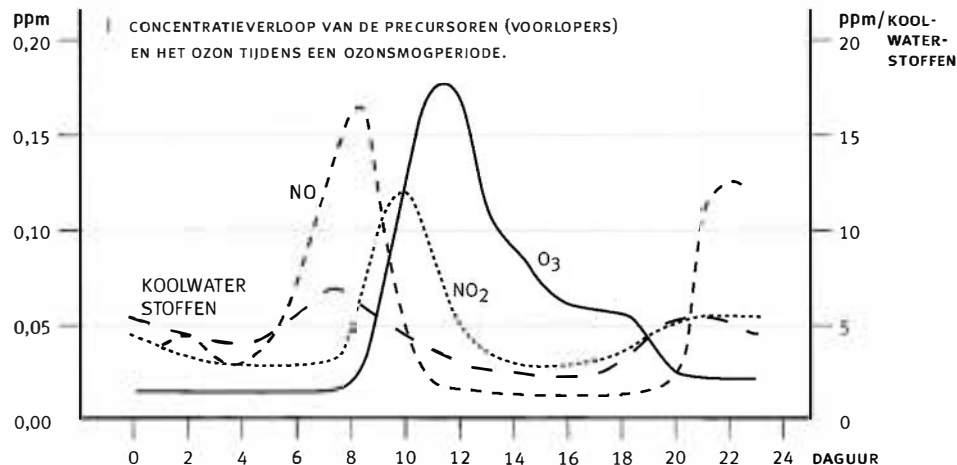
Een actieve persoon ademt gemiddeld 12.000 liter lucht in per dag. Wanneer sportieve inspanningen geleverd worden, kan dit zelfs oplopen tot 3.000 liter lucht per uur. Bij het inademen wordt uiteraard geen onderscheid gemaakt tussen de zuivere lucht en de vervuilende bestanddelen, zodat de vele pollutanten en (toxische) zwevende deeltjes die zich in de lucht bevinden, deels mee worden geïnhaled. Vermits de vervuilde stadslucht een giftige cocktail is van pollutanten, is het niet eenvoudig om nauwkeurig te onderzoeken welke pollutant verantwoordelijk is voor welke aandoening. Algemeen kan men stellen dat een slechte luchtkwaliteit

aan de basis ligt van een hele reeks onmiddellijke (acute) en/of langdurige (chronische) aandoeningen: hoofdpijn, vermoeidheid, oog-, oor- en neusirritaties, misselijkheid, afname van de longfuncties, hartklachten, longontstekingen, verminderde geestelijke activiteit, kanker, sterfte... Kinderen onder de drie jaar, van wie de uiterst kwetsbare longen zich nog aan het ontwikkelen zijn, kunnen bovendien langdurige ademhalingsproblemen en chronische ziekten oplopen. Volgens wetenschappers leven er op dit moment miljoenen Europeanen in gebieden waar de luchtvervuiling ernstig genoeg is om duizenden voortijdige sterfgevallen en nog meer gevallen van chronische ziekte en invaliditeit te veroorzaken.

We bespreken twee soorten cocktails: de zomersmog en de wintersmog. Hun vorming en voorkomen is erg verschillend, bijna tegengesteld. Hun effect op de menselijke gezondheid is gelijkaardig: nefast.

1 Zomersmog

Reeds enkele jaren worden we op hete zomerdagen via radio en televisie herhaaldelijk gewaarschuwd voor té hoge ozonconcentraties. Dit is het ozonalarm. Hoe alarmerend is nu deze ozon- of zomersmog? Het woord smog is afkomstig van



de samentrekking van de Engelse termen 'smoke' (rook) en 'fog' (mist). De zomersmog is in wezen een soepje van ozon, het belangrijkste bestanddeel, en tal van andere fotochemische smogproducten. Zo kan bijvoorbeeld het gevormde ozon reageren met de aanwezige koolwaterstoffen en zo verscheidene organische verbindingen vormen. Deze verbindingen zijn in vele gevallen irriterend en traanverwekkend. Daarnaast brengen ze ook schade toe aan de volksgezondheid, de planten en bepaalde materialen. Bovendien kunnen deze bijproducten in de lucht condenseren en minuscule kleine druppeltjes (aërosolen) vormen die, samen met de reeds aanwezige grote hoeveelheden stofdeeltjes, voor een hinderlijke mist zorgen.

Vorming van ozon

De hoofdverantwoordelijken voor de (te) hoge ozonconcentraties tijdens de warme zomers zijn de vluchtige organische koolwaterstoffen en NO, beide in ruime hoeveelheden aanwezig in de uitlaatgassen van de motorvoertuigen.

Alhoewel de fotochemische vorming van ozon een erg complex proces is waarbij meer dan 100 chemische reacties betrokken zijn, kunnen grofweg twee etappes in het vormingsproces worden onderscheiden. In een eerste fase reageren vluchtige organische koolwaterstoffen met NO in de lucht en vormen NO₂. Onder invloed van zonnestraling kan in een tweede fase uit dit NO₂, door reactie met O₂ uit de lucht, NO en O₃ worden gevormd.

ZWARE ZOMERSMOG BOVEN MEXICO-STAD. IN DEZE MILJOENENSTAD (23 MILJOEN INWONERS) WORDEN NAGENOEG HEEL HET JAAR DOOR ONAANVAARBARE CONCENTRATIES VAN OZON, CO EN ZWEVENDE DEELTJES GEMETEN. REGELMATIG WORDEN OZONCONCENTRATIES VAN 1000 µG/M³ OF MEER WAARGENOMEN, MEER DAN 3 MAAL DE DREMPEL VOOR OZONALARME IN EUROPA! OORZAAK IS HET INTENSE AUTOVERKEER (MEER DAN 3 MILJOEN MOTORVOERTUIGEN) EN DE ZWARE INDUSTRIE. EÉN DAG ADEMEN HEEFT HETZELFDE EFFECT ALS HET ROKEN VAN 40 SIGARETTEN... MEER DAN 2 MILJOEN MENSEN LIJDEN AAN ZIEKTEN VEROORZAAKT DOOR DE LUCHTVERONTREINIGING.



Vermits de koolwaterstoffen en het NO de ozonvorming voorafgaan, worden ze voorlopers of precursoren genoemd. Ozon zelf is een secundaire pollutie, omdat het niet door een of andere bron rechtstreeks wordt uitgestoten.

Dit fotochemisch vormingsproces is duidelijk zichtbaar wanneer men let op het dagverloop van de verschillende componenten tijdens een fotochemische ozonperiode (grafiek blz. 13). Vóór zonsopgang, als er nog weinig verkeer is in de stad, zijn de concentraties van de precursoren (NO, koolwaterstoffen) laag. Het opkomende ochtendverkeer emitteert echter op enkele uren tijd grote hoeveelheden NO en koolwaterstoffen in de lucht. De secundaire pollutie NO₂ en O₃ zijn dan nog in verwaarloosbare hoeveelheden aanwezig omdat er nog geen fotochemische reacties optreden. Maar zodra de zon hoger komt, begint ook de hoeveelheid NO₂ te stijgen. Uit dit NO₂ wordt dan, onder invloed van intense UV-zonnestraling, wat later ozon gevormd. De hoeveelheid ozon is maximaal na de middag en neemt vervolgens erg langzaam af tijdens de volgende uren. Het verkeersmaximum tijdens de avondspits stuurt opnieuw een grote hoeveelheid NO in de atmosfeer. Dit NO zal dan uiteindelijk, wegens het ontbreken van zonnestraling, het overmatige ozon afbreken. (Op warme, heldere zomeravonden kan dit NO echter ook opnieuw ozonvorming stimuleren!)

De ideale omstandigheden voor de vorming van de zogenaamde zomer- of 'Los Angeles'-smog doen zich voor tijdens de middaguren bij een hoge temperatuur (25-35°C) en een lage luchtvochtigheid. Zeer helder weer (veel zonlicht) bevordert de chemische reacties terwijl de uitlaatgassen van het verkeer, de voornaamste pollutiebron, voor een stevige lading NO_x, koolwaterstoffen en stofdeeltjes zorgen. De aanwezigheid in de lucht van het bruinegele toxische NO₂, aerosolen, stofdeeltjes en gedeeltelijk geoxideerde onverbrande koolwaterstoffen verzekert ons van een blauwachtige bruinegele waas die we meestal aantreffen boven steden met veel verkeer. Buiten de stad, waar de vervuiling meer diffuus is, vormt zich een eerder witachtige nevel.

Omdat temperatuur een erg belangrijke factor is bij de fotochemische ozonvorming, worden de hoogste ozonwaarden aan de grond gemeten tussen mei en september. Bij ons wordt tijdens de periode oktober-

VERVUILING DOOR BOMEN

Naast de antropogene (menselijke) bronnen produceert de natuur zelf ook koolwaterstoffen. Vooral naaldbomen emitteren terpenen, koolwaterstoffen die de welgekende 'bosgeur' produceren, en kunnen dus aanleiding geven tot ozonsmog. Reeds in 1542 werd de San Pedro Baai in Los Angeles de 'Bay of Smokes' genoemd. In 1868 werd door de toenmalige inwoners van Los Angeles voor het eerst melding gemaakt van oogirritaties. De blauwe smog die werd waargenomen, toen nog een toeristische attractie, vond waarschijnlijk zijn oorsprong in de natuurlijke oliën in de lucht afkomstig van de pijnboomwouden of citrusbosjes. De reactie van deze biogene koolwaterstoffen met het natuurlijke troposferische ozon, dat in de onderste luchtlagen steeds in lage concentraties aanwezig is, leidde tot verhoogde concentraties aan traanverwekkende fotochemische producten zoals peroxyacetylnitrat (PAN). In bepaalde steden dragen momenteel de terpenen uit nabijgelegen bossen bij tot de fotochemische ozonvorming in de zomer. Dit is zeker het geval in sommige voorsteden in de Verenigde Staten.

OZON INTERNATIONAAL

Een deel van het fotochemisch gevormde ozon ontstaat uit NO_x en koolwaterstoffen die de vorige dag windopwaarts werden uitgestoten en die door de wind werden aangevoerd. Het zijn voornamelijk de warme continentale, vervuilde (d.i. ozonvoorlopers bevattende) luchtmassa's die ozonvorming in de hand werken. Dit betekent dat de ozonproblematiek in het kleine België een belangrijk internationaal probleem is omdat deze luchtmassa's voornamelijk vanuit Duitsland, Luxemburg, Frankrijk of Nederland worden aangevoerd. Het heeft dan ook weinig zin enkel lokale of zelfs nationale maatregelen te nemen. Maatregelen ter voorkoming van ozonsmog dienen onvermijdelijk op Europese schaal te worden genomen.

ber-april de ozonvorming sterk beperkt door het gebrek aan voldoende zonlicht en te lage temperaturen. Dit is niet het geval in meer zuidelijke steden met veel verkeer. Sinds begin jaren '90 noteert men in Madrid en Athene ook in het voorjaar soms hoge ozonwaarden tijdens perioden waarin een stevig hogedrukgebied voor stabiele en zonnige condities zorgt.

Temperatuurinversie en smog

Letterlijk betekent temperatuurinversie omgekeerde temperatuur. En dat is het eigenlijk ook. In de troposfeer, het gedeelte van de atmosfeer tussen het aardoppervlak en de tropopause (op ongeveer 10 km hoogte), neemt de temperatuur langzaam af met de hoogte. Onder deze condities zal de aan de grond opgewarmde vervuilde lucht stijgen, de pollutie met zich meenemen en deze in de hoogte verspreiden. Wanneer er echter een temperatuurinversie optreedt, is de luchtlag aan de grond kouder dan erboven. De vervuilde lucht kan dan niet opstijgen en er treedt

onvoldoende verticale menging op (zie figuur). De vervuilende stoffen kunnen dus niet ontsnappen en worden onder een soort stolp vastgehouden in de onderste luchtlag. Dit heeft tot gevolg dat de concentratie aan giftige polluenten toeneemt tot op het ogenblik dat de inversie wordt tenietgedaan. Een temperatuurinversie treedt gewoonlijk 's nachts op wanneer het aardoppervlak sterker afkoelt dan de bovenliggende luchtmassa's, maar wordt in de loop van de ochtend ongedaan gemaakt door de opkomende zon die het aardoppervlak opwarmt. Indien zich echter een hogedrukgebied installeert boven het land, is de tijd rijp voor een stevige portie luchtvervuiling. De hoge neerwaartse druk van de atmosfeer warmt namelijk de neerwaarts bewegende lucht op en creëert aldus een flinke temperatuurinversie. Hierdoor blijft elke vorm van verticale menging uit en kunnen de polluenten zich probleemloos

ZOMER- OF LOS ANGELES-SMOG

Waarom is ozonsmog zo onlosmakelijk verbonden met Los Angeles (L.A.)? Het was in L.A. dat midden jaren '40, toen de industrie er als een paddestoel uit de grond schoot, voor het eerst een nieuw soort ernstige luchtverontreiniging werd waargenomen die de ogen irriteerde, de planten beschadigde en de zichtbaarheid sterk reduceerde.

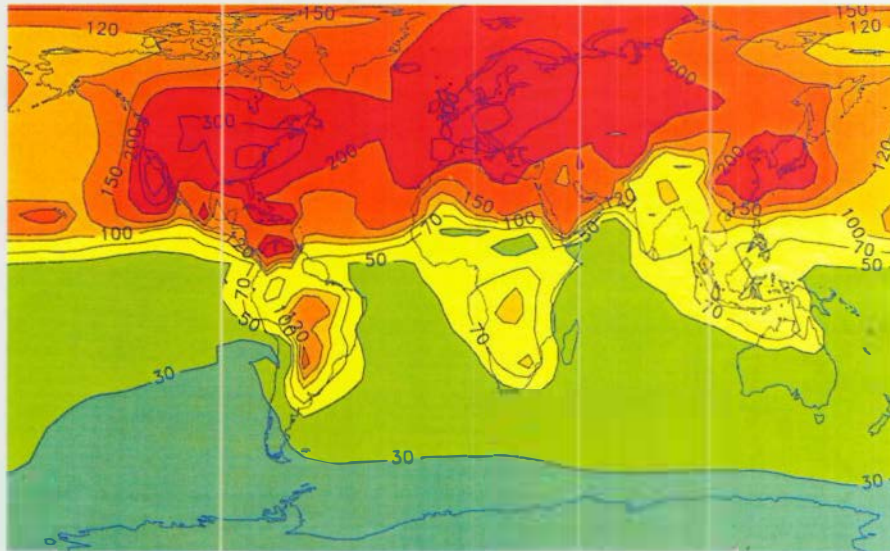
Dat dit in L.A. gebeurde, is niet toevallig. Los Angeles ligt in een baai aan de Stille Oceaan en is volledig omringd door bergen. Nadat de koude oceaan de onderste luchtlag heeft afgekoeld, wordt deze landinwaarts geblazen en schuift als het ware onder de warmere lucht die zich in de baai bevindt. Hierdoor komt een stevige temperatuurinversie aan de grond tot stand die de aanwezige polluenten in de baai gevangen houdt. De omringende bergen verergeren het probleem nog, omdat ze de vervuilende stoffen beletten zich verder horizontaal te verspreiden en het dal te verlaten. Bovendien heeft Los Angeles een erg zonnig en warm klimaat en, last but not least, wordt het dagelijks overspoeld door honderdduizenden motorvoertuigen die gretig de gewenste ozonprecursoren de lucht insturen.

Ook het subtropische Mexico-stad, omgeven door gebergten die de gepollueerde lucht gevangen houden, lijdt zwaar onder de zomersmog.

ophopen tot gevaarlijke hoeveelheden. Vermits hogedrukgebieden gepaard gaan met een open hemel en eerder warme dagtemperaturen, werkt dit de fotochemische smogvorming in de hand.

EEN TEMPERATUURINVERSIE VERHINDERT DAT DE POLLUENTEN KUNNEN ONTSNAPPEN NAAR DE HOGERE LUCHTLAGEN. ZE WORDEN ONDER EEN SOORT STOLP VASTGEHOUDEN AAN DE GROND (MEXICO-STAD).





GEMODELLEERDE HUIDIGE OZONCONCENTRATIE BIJ DE GROND IN DE ZOMER VERGELEKEN MET DE .PREÏNDUSTRIËLE (CIRCA 1850) OZONCONCENTRATIE (PERCENTUELE TOENAME) (IMAGES MODEL). DE FIGUUR TOONT AAN DAT DE HUIDIGE OZONCONCENTRATIE OVER HEEL HET NOORDELIJK HALFROND MINSTENS VERDUBBELD IS (ORANJE) EN OP SOMMIGE PLAATSEN (WEST-EUROPA EN HET OOSTEN VAN DE V.S.) ZELFS VERVIJFVOLDIGD (ROOD). OP HET ZUIDELIJK HALFROND IS DE TOENAME EERDER BEPERKT (+ 50%) (GEEL-GROEN).

Weekendozon

Ozon is een secundaire pollutant en komt dus niet in grote hoeveelheden voor rond een bepaalde emissiebron. Hierdoor kunnen ozonconcentraties in sommige omstandigheden veel hoger liggen dan men op het eerste gezicht zou verwachten. We bespreken hier twee typische situaties.

Werkdag/Niet-werkdag

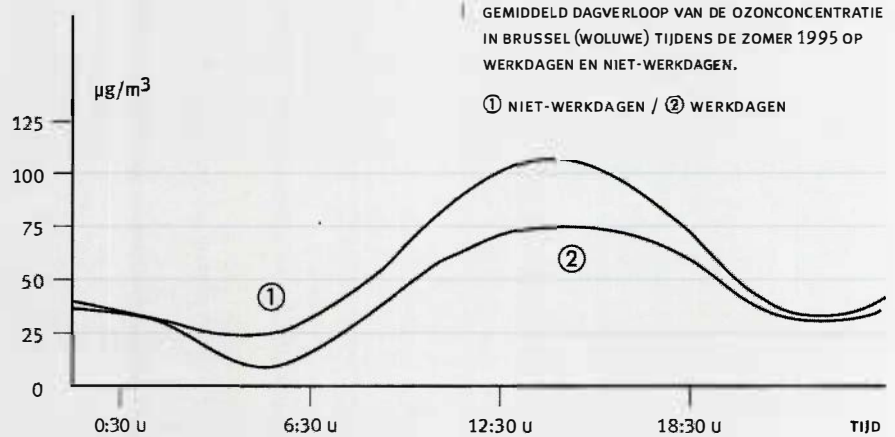
Naast de variatie in de loop van de dag, fluctueert de ozonconcentratie eveneens doorheen de week. Alhoewel er tijdens het weekend beduidend minder autoverkeer is, worden er, in lichtbevolkte gebieden, in het weekend toch duidelijk hogere ozonconcentraties genoteerd dan tijdens werkdagen. Is dit magie? Neen, dit is chemie! Zoals we reeds uitlegden, is het voor de vorming van ozon nodig dat er NO in de lucht aanwezig is. Dat NO wordt geleverd door de uitlaatgassen van het wegverkeer. Ditzelfde NO is echter

ook in staat O₃ af te breken en vormt dan O₂ en NO₂. Hierdoor verdwijnt een deel van het gevormde ozon vrij snel. Doordat er minder verkeer is tijdens het weekend, wordt er ook minder NO uitgestoten. Hierdoor vindt er minder ozonafbraak plaats, waardoor in het weekend systematisch hogere ozonconcentraties ontstaan dan tijdens de week. Zo blijkt uit een studie, uitgevoerd door de Interregionale

Cel voor het Leefmilieu (IRCEL), dat het daggemiddelde voor ozonconcentraties in de stedelijke gebieden (Brussel, Antwerpen...) tot 15% hoger is op niet-werkdagen wegens verminderd autoverkeer. In landelijke gebieden is dit effect ook aanwezig, maar minder sterk. Tijdens de ozonrijke zomer van 1995 lag de ozonconcentratie in de namiddag zelfs 30% hoger op een niet-werkdag dan op een werkdag!

Stad/platteland

Ditzelfde fenomeen is de oorzaak van de hogere ozonwaarden die worden gemeten in meetstations in minder gepollueerde gebieden in vergelijking met meetstations die zich langs drukke verkeersaders bevinden. Dit is het geval voor de ozonmetingen in Ukkel en St-Agatha-Berchem, respectievelijk een woonwijk en een landelijke zone, relatief ver verwijderd van het drukke verkeer of industriële activiteiten. Op deze plaatsen worden geregeld hogere ozonwaarden gemeten dan in het meetstation te Woluwe, gelegen in de buurt van een belangrijke verkeersweg, met hoge NO-concentraties en dus hogere ozonafbraak.



GEMIDDELD DAGVERLOOP VAN DE OZONCONCENTRATIE IN BRUSSEL (WOLUWE) TIJDENS DE ZOMER 1995 OP WERKDAGEN EN NIET-WERKDAGEN.

① NIET-WERKDAGEN / ② WERKDAGEN

BRON | BIM

MAATREGELN NEMEN

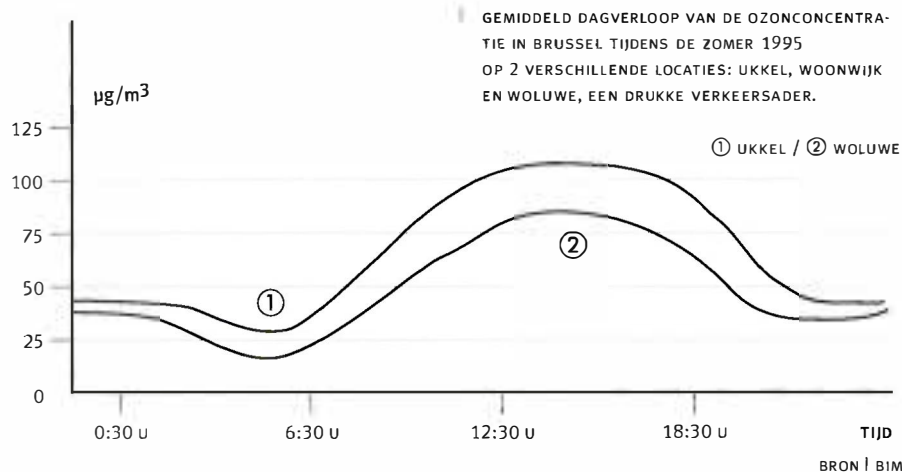
De voorbeelden in de tekst maken duidelijk dat het niet eenvoudig is de ozonproblematiek in te schatten. NO, één van de pollutanten die de fotochemische ozonvorming bevordert, is tevens een belangrijke pollutant voor de ozonafbraak. Men moet dus beseffen dat door het opleggen van tijdelijke verkeersbeperkingen vanaf een bepaalde ozonconcentratie, men wel eens het omgekeerde effect kan verkrijgen (hogere ozonconcentraties) dan datgene wat men beoogde (lagere ozonconcentraties)! Het opleggen van maatregelen ter vermindering van de emissies van het autoverkeer werkt dus zowel in op het mechanisme van de ozonvorming als van de ozonafbraak. Een welbepaalde verandering van de verkeersuitstoot resulteert niet automatisch in een evenredige toe- of afname van de ozonconcentratie! Zo blijkt, opnieuw uit gegevens van de IRCEL, dat een tijdelijke vermindering van de verkeersemissie in België tijdens een zomersmogperiode in eerste instantie zal leiden tot een verhoging van de gemiddelde ozonconcentratie met 10 tot 15%!

Ook op het platteland, waar de precursoren door de wind worden aangevoerd en de ozon zich vormt tijdens de verplaatsing van de precursorpluim van de stad weg, worden dikwijls hogere ozonconcentraties gemeten dan in de stad zelf. In de steden ligt de NO-concentratie immers veel hoger en wordt de ozon sneller afgebroken.

De autokatalysator: de oplossing voor het ozonprobleem?

Aangezien het intense autoverkeer in de steden de hoofdschuldige is voor de fotochemische ozonsmog, zou dit ozonprobleem kunnen worden opgelost door het

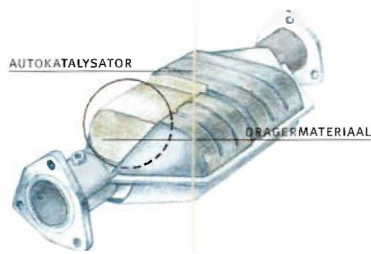
autoverkeer in de steden sterk terug te schroeven. Men heeft berekend dat de uitstoot van zowel NO_x als koolwaterstoffen met meer dan 60% dient af te nemen om overmatige ozonconcentraties te vermijden! In plaats van het autoverkeer terug te dringen, wat in de praktijk heel moeilijk is, kan men trachten de uitstoot van de vervuilende gassen in de uitlaat te beperken. Deze uitlaatgassen bevatten naast grote hoeveelheden CO₂ en H₂O (afkomstig van de volledige verbranding van benzine) ook nog kleinere hoeveelheden polluerende gassen zoals koolwaterstoffen en CO (afkomstig van de onvolledige verbranding van benzine) en NO_x.



BIJ VERHOOGDE OZONCONCENTRATIES RAADT MEN DE BEVOLKING AAN GEEN ONGEWONE OF LANGDURIGE INSPANNINGEN TE LEVEREN IN OPEN LUCHT.

OZONALARM

Er zijn een aantal Europese ozonnormen vastgelegd ter bescherming van zowel de volksgezondheid als de vegetatie. Wat de informatie aan de bevolking betreft zijn er 2 drempelwaarden. Indien de gemiddelde ozonconcentratie gemeten over 1 uur meer dan 180 µg/m³ bedraagt, dient de bevolking te worden ingelicht en gewaarschuwd. Algemeen raadt men de bevolking aan, en meer bepaald die personen die bijzonder gevoelig zijn voor luchtvervuiling (kinderen, ouderen, personen met ademhalingsproblemen...), geen ongewone of langdurige lichamelijke inspanningen in open lucht te verrichten tussen 12 en 20 uur. Indien de gemiddelde ozonconcentratie over 1 uur meer dan 360 µg/m³ bedraagt, moet de gehele bevolking worden gewaarschuwd en gealarmeerd en dienen zware lichamelijke inspanningen te worden vermeden. Bij blootstelling aan deze hoge concentratie neemt de gemiddelde longfunctie van de mens af en kan onder meer kortademigheid, duizeligheid, misselijkheid en hoofdpijn optreden. Voor de vegetatie bedraagt de uurwaarde 200 µg/m³. Boven deze drempelwaarde kan er min of meer ernstige schade aan bepaalde gewassen worden vastgesteld.



UITLAATGASSEN WORDEN GEZIJVERD IN EEN AUTOKATALYSATOR.

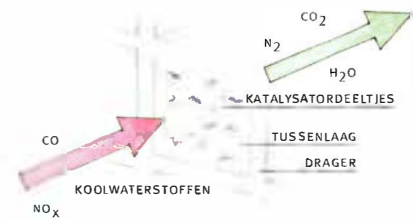
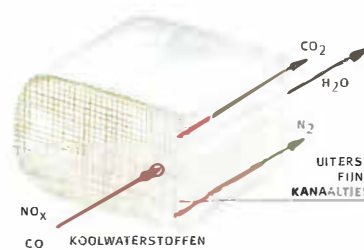
DE WERKING VAN EEN AUTOKATALYSATOR

Uitlaatgassen die de autokatalysator binnendringen, stromen door uiterst fijne, hittebestendige kanaaltjes, vervaardigd uit aluminium-, silicium- of titaniumverbindingen. Hierop bevinden zich zeer fijnverdeelde platina- en paladiumdeeltjes, de eigenlijke katalysator, die CO en koolwaterstoffen zuiveren. Door de speciale honingraatstructuur van het inwendige van de katalysator, met een actief oppervlak ter grootte van een voetbalveld, kan de zuivering plaatsvinden in de zeer korte periode dat het gas in de autokatalysator verblijft.

Om het NO, ook een hoofdprecursor bij de ozonvorming, te verwijderen, kan nog een extra katalysator op basis van rhodium worden aangebracht die instaat voor de omzetting van NO tot het onschadelijke N₂. (Niet van toepassing op diesellootvoertuigen.)

De meest bekende autokatalysator is de driewegkatalysator. De benaming verwijst naar het drievoudige proces dat plaatsvindt in de katalysator: CO wordt omgezet tot CO₂, koolwaterstoffen tot CO₂ en H₂O, en NO_x tot N₂.

Vermits CO₂ en H₂O geen directe bedreiging vormen voor de volksgezondheid (het zijn echter wel erg belangrijke broeikasgassen) zou het interessant zijn indien ook de resten van de onvolledige verbranding, de koolwaterstoffen en het



CO, verder zouden worden omgezet tot dit 'onschuldige' CO₂ en H₂O. Een goede autokatalysator kan deze klus zonder meer klaren (zie kader)

Toch is de ozonvervuiling nog steeds een jaarlijks terugkerend probleem! Een daling van de hoeveelheid geëmitteerde koolwaterstoffen en NO_x zou immers de vorming van ozon aan banden moeten leggen! Dat dit niet gebeurt, is te wijten aan tal van aspecten. Enerzijds kan de katalysator niet gebruikt worden bij voertuigen die op loodhoudende benzine rijden. Bovendien is hij niet in staat NO te zuiveren bij diesellootvoertuigen en presteert hij zwak na 20.000 km en bij koude temperaturen. Anderzijds is er het steeds toenemende wagen- en vrachtwagenpark. Er rijden meer dan 4.000.000 motorvoertuigen rond in België die meer en meer in de file staan. Stilstaand of stapvoets verkeer bevordert de uitstoot van ozonprecursoren. Al deze elementen zorgen ervoor dat de eventuele positieve effecten van de autokatalysator nog niet zichtbaar zijn.

Schade aan de volksgezondheid

Van alle mogelijke fotochemische producten die worden gevormd bij zomersmog, is ozon misschien wel het belangrijkste wat de volksgezondheid betreft. Ozon is een gas dat irriterend op de luchtwegen inwerkt. Het wordt in de bovenste luchtwegen niet goed tegengehouden en dringt dus gemakkelijk door tot in alle

uithoeken van de longen. Daar kan ozon het delicate weefsel aantasten dat niet door slijmvlies wordt beschermd, ontstekingen veroorzaken en de longfunctie desorganiseren. Het zijn in de eerste plaats patiënten met chronische luchtwegaandoeningen (carapatiënten,...), hartlijders, jonge kinderen en ouderen die gevaar lopen. Zo blijkt uit een studie van het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE) en de Interregionale Cel voor het Leefmilieu (IRCEL) dat het hoge aantal bejaarden dat is overleden tijdens de hittegolf in de zomer van 1994 duidelijk in verband staat met de hoge ozonconcentraties die toen werden vastgesteld.

Maar ook gezonde mensen worden niet gespaard: kortademigheid, longontstekingen, oog-, neus- en keelirritatie, lastige prikkelhoest, verstopping van de bovenste luchtwegen, borstpijn, hoofdpijn, vermoeidheid, misselijkheid, duizeligheid... Indien men herhaaldelijk (langdurig) blootgesteld wordt aan hoge ozonconcentraties kunnen zich onomkeerbare aandoeningen ontwikkelen, zoals chronische

WETENSCHAPPELIJKE STUDIES HEBBEN AANGE TOOND DAT DE OZONSMOG ADEMHALINGS-PROBLEEMEN KAN VERERGEREN.



longziekten. Op lange termijn kan het immuunsysteem worden onderdrukt, terwijl sommige wetenschappers stellen dat ozon het erfelijk materiaal kan aantasten waardoor kanker kan ontstaan. Tot slot brengt de reactie van ozon met de aanwezige koolwaterstoffen de vorming van traanverwekkende producten, zoals PAN (peroxyacetylnitrat) en acroleïne, met zich mee.

Wintersmog

Wintersmog

Wie wintersmog zegt, denkt onvermijdelijk aan de beruchte smogperiodes die Londen teisterden in de jaren '50. De meest dramatische smogperiode (de zogenaamde 'erwtensop'-smog) deed zich voor in december 1952 toen naar schatting 4.000 mensen in één week om het leven kwamen! Zij hadden minuscule waterdruppeltjes ingeademd die zuurder waren dan citroensap! De smogperiode duurde meerdere dagen doordat een combinatie van een zeer stabiel hogedrukgebied en een temperatuurinversie de pollutanten beletten zich met de hogere luchtlagen te vermengen. Maar ook

België kende een tragische smogperiode. In 1930 kwamen in de Maasvallei een vijftigtal mensen om toen gedurende vijf dagen erg hoge concentraties aan SO_2 en zwevende deeltjes, afkomstig van de plaatselijke zware staal- en ijzerindustrie, voor een sterk irriterende mist zorgden.

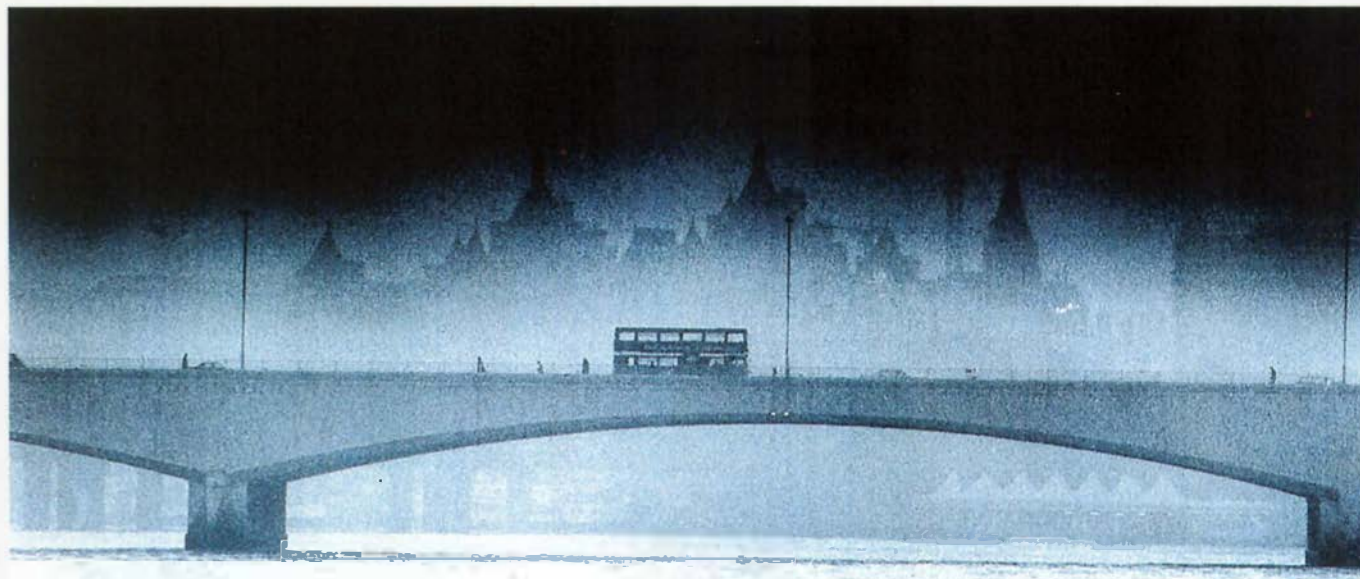
Wintersmog ontstaat meestal bij koude, vochtige weersomstandigheden waarbij de verwarmingsinstallaties van huizen en gebouwen op volle toeren draaien en grote hoeveelheden SO_2 en aerosolen in de lucht worden geloosd. Diezelfde koude condities zorgen er ook voor dat motorvoertuigen minder efficiënt functioneren met hoge emissies van CO en koolwaterstoffen tot gevolg. Indien bovendien nog veel roetpartikeltjes in de lucht aanwezig zijn en het uitgestoten SO_2 verder oxideert en zwavelzure mist vormt, zijn we goed op weg naar een stevige portie wintersmog. Uiteraard hadden bijna alle zware industriesteden met wintersmog te kampen, maar het van nature mistige Londen kreeg toch de volle lading omdat de Britse steenkool uitzonderlijk rijk is aan zwavel. De optimale omstandigheden voor de vorming van wintersmog doen zich dus voor tijdens de

ochtenduren: een lage temperatuur tussen 0-10°C en een hoge luchtvochtigheid. De lucht bestaat dan uit zwavelzure mist, stofdeeltjes, CO en koolwaterstoffen.

Schade aan de volksgezondheid

Kenmerkend voor wintersmog-episodes zijn de hoge SO_2 -concentraties en de gesuspendeerde, in de lucht rondzwevende, vaste deeltjes of aerosolen. Ook zure aerosolen en hoge concentraties CO en koolwaterstoffen zijn vaak aanwezig. Hoewel de grotere aerosoldeeltjes voornamelijk in de neus en de keel achterblijven, kunnen zeer kleine aerosolen tot in de longen doordringen. De pollutanten die aan deze aerosolen kleven kunnen dan via de miljoenen longblaasjes, uiterst dunne luchzakjes diep in de longen, in het bloed worden opgenomen. Hierdoor kunnen ook andere organen, zoals de lever, worden aangetast. Zwaveldioxide en zwavelzuur irriteren de ogen en de luchtwegen en bevorderen de ontwikkeling van acute en chronische longaandoeningen. Indien er veel roetpartikeltjes en stofdeeltjes in de lucht aanwezig zijn, kunnen SO_2 en H_2SO_4 de werking van de trilhaartjes die de luchtpijp bekleden onmogelijk maken.

WINTERSMOG IN HET VERVUILDE LONDEN (LONDON BRIDGE). DEZE MIST VAN POLLUENTEN WORDT GROTENDEELS VEROORZAAKT DOOR DE MEER DAN 3 MILJOEN MOTORVOERTUIGEN DIE LONDEN DAGELIJKS TE VERWERKEN KRIJGT.

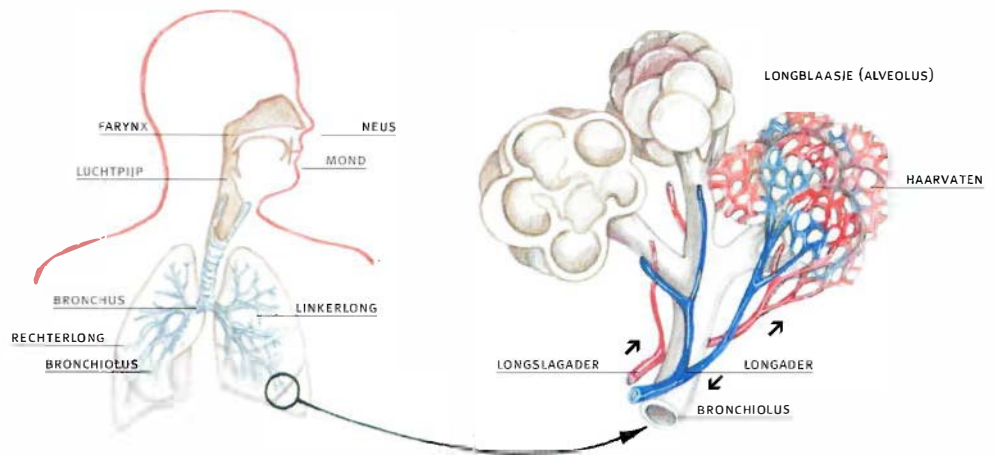


Hierdoor kunnen allerlei giftige deeltjes de longen binnendringen, waar ze het erg kwetsbare longweefsel beschadigen en ontstekingen veroorzaken.

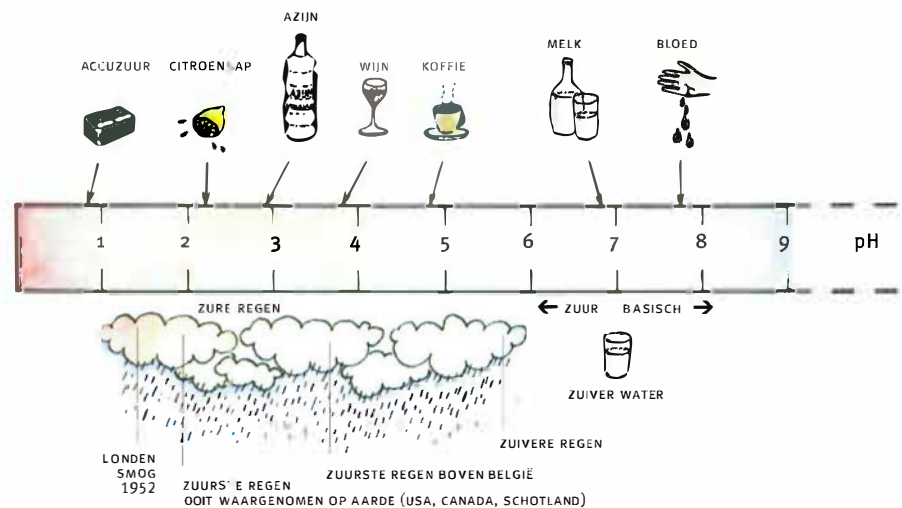
De voornaamste gevolgen voor de volksgezondheid uit zich vooral in een afname van de longfuncties, toegenomen ademhalingsproblemen, braakneigingen, ziekteverschijnselen en sterfte. Op basis van de huidige pollutieconcentraties en de geobserveerde sterfte tijdens vroegere 'Londen episodes', schatten deskundigen dat op dit moment jaarlijks duizenden mensen vroegtijdig sterven.

Zure regen

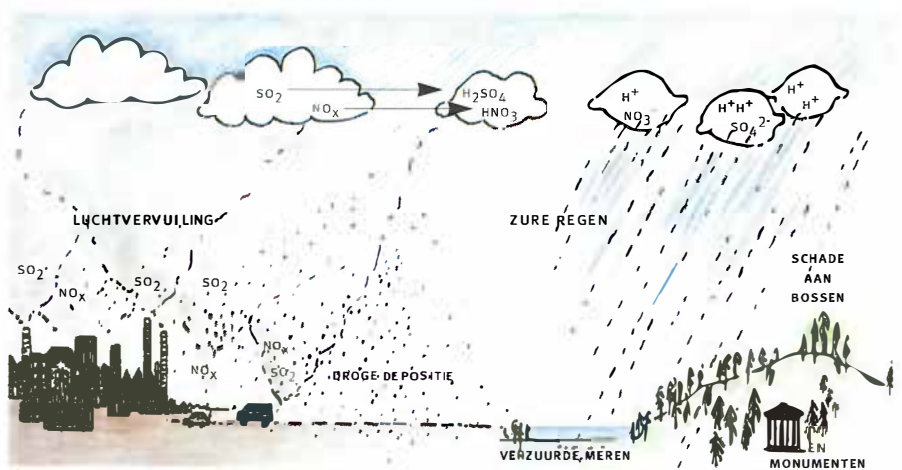
Reeds in de 18de eeuw werd in Groot-Brittannië melding gemaakt van het fenomeen 'zure regen'. Het is dus geen recent verschijnsel. De vorming van zure regen is een heel efficiënt proces dat verontreinigende bestanddelen uit de atmosfeer verwijdert. Zwaveldioxide (SO_2) en stikstofdioxide (NO_2) lossen immers gemakkelijk op in de vele waterdruppeltjes die zich in de lucht bevinden. In deze druppeltjes kunnen ze, onder invloed van ozon of waterperoxide, worden omgezet (geoxideerd) in respectievelijk zwavelzuur (H_2SO_4) en salpeterzuur (HNO_3). Ook ammoniak (NH_3), dat in grote hoeveelheden door de landbouw en de veeteelt wordt geproduceerd is een bron van zure regen. Bacteriën in de bodem zetten deze ammoniak om tot salpeterzuur dat op zijn beurt in de atmosfeer terecht komt. Op die manier worden de wolke druppeltjes honderd tot duizend keer zuurder dan een zuivere regendruppel. Valt die zure waterdruppel naar beneden, als regen of sneeuw, dan spreekt men van zure regen. De 'zuivere' regen, d.w.z. niet-verontreinigd natuurlijk regenwater zoals dat op



HET MENSELIJKE ADEMHALINGSSYSTEEM. POLLUTJEN DIE TOT DIEP IN DE LONGEN DOORDRINGEN, KUNNEN HET KWETSBAAR LONGWEEFSEL BESCHADIGEN EN VIA DE MILJOENEN LONGBLAASJES IN HET BLOED TERECHTKOMEN.



PH WAARDEN VAN ENKELE GEKENDE STOFFEN. REGEN EN MIST KUNNEN ONDER EXTREME OMSTANDIGHEDEN SOMS ZUURDER ZIJN DAN CITROENSAP. IN BELGIË WORDT NOG AF EN TOE ZURE NEERSLAG OPGEVANGEN MET EEN PH VAN 4 OF LAGER.



EMISSIE EN DEPOSITIE VAN SO_2 EN ZURE REGEN. SULFAATHOUDENDE DEELTJES KUNNEN GEMAKKELIJK ENKELE HONDERDEN TOT MEER DAN DUIZEND KILOMETER VAN DE EMISSIEBRON GETRANSPORTEERD WORDEN. ZURE REGEN IS DUS IN WELZEN EEN BELANGRIJK INTERNATIONAAL PROBLEEM.



DOOR GROTE HOEVEELHEDEN KALK IN DE SCANDINAVISCHE MEREN UIT TE STROOIEN, WORDT GETRACHT DE VERZURING VAN DE MEREN TIJDELIJK TEGEN TE GAAN. KALK HEEFT IMMERS EEN NEUTRALISEREND EFFECT OP HET ZURE WATER.

ver afgelegen eilanden naar beneden valt, heeft een pH-waarde van 5,6 en is dus reeds een beetje zuur. Dit is te wijten aan de van nature aanwezige hoeveelheid koolstofdioxide (CO_2) in de atmosfeer die in het regenwater tot koolzuur (H_2CO_3) wordt omgezet. In gebieden met sterke luchtvervuiling kan door de aanwezigheid van grote hoeveelheden SO_2 en NO_2 , die in de regendruppels in respectievelijk H_2SO_4 en HNO_3 worden omgezet, de regen tot meer dan 100 maal zuurder worden. Waterdruppeltjes in wolken en mist zijn vaak nog veel zuurder dan de zure regendruppeltjes. De zuurste smog werd ooit gemeten in Los Angeles en had een pH-waarde van minder dan 2. Dit is bijna tienduizend keer zuurder dan de gewone zuivere regendruppel!

Vermits sulfaathoudende deeltjes in de onderste lagen van de atmosfeer een verblijftijd hebben van meerdere (2-10) dagen, kunnen ze gemakkelijk honderd tot duizend kilometer van de emissiebron worden meegevoerd. Zure regen is dus in wezen een belangrijk internationaal probleem en de effecten zijn vooral windaf-

waarts van de emissiegebieden merkbaar. Zo kreeg (en krijgt) het milieubewuste Scandinavië de zure regen te verwerken van Groot-Britannië, het Duitse Ruhrgebied en andere delen van West-Europa. Tussen 1930 en 1960 verzuurden de zeer gevoelige Zweedse meren bijna honderdmaal, waarbij een 5.000 tal meren zelfs een pH verkregen die lager was dan 5. Sindsdien is de situatie er niet op verbeterd. De zure regen heeft in Zweden en Noorwegen ondertussen geleid tot de nagenoeg volledige verdwijning van het visbestand, waaronder de zalmpopulaties, in meer dan 20.000 sterk verzuurde meren.

Daarnaast moesten ook de wouden het ontgelden waarbij veel naaldbossen op sterven na dood zijn, zowel in Scandinavië als in Centraal-Europa. Op dit moment zijn er echter heel wat onderzoekers die dit grootschalige 'Waldsterben' eerder als een multiplestressprobleem beschouwen waarbij ook de atmosferische ozonverontreiniging en de ophoping van lood- en cadmiumionen in de bodem een rol spelen. Sommige wetenschappers opperen

zelfs dat een virusinfectie aan de basis ligt, terwijl weer anderen een slecht bosbeheer of wijzigingen in het klimaat als oorzaak aanhalen (zie hoofdstuk 2 'Het zieke Ardense Bos'). Dat pollutanten over grote afstanden kunnen worden meegevoerd, blijkt overigens uit de steeds toenemende afzetting van zwavel- en looddeeltjes op de ijskap van Groenland en dit sinds het begin van de industriële revolutie.

ZURE REGEN EN ZURE NEERSLAG

Rond het gebruik van de termen zure regen en zure neerslag bestaat wel wat onenigheid. Terwijl met de term zure regen vooral de zure atmosferische neerslag in de vorm van sneeuw of regen bedoeld wordt, gebruiken sommige wetenschappers liever het begrip zure neerslag dat naast de zure regen ook de neerslag van droge zure deeltjes, zoals gassen en stofdeeltjes, omvat. Onder invloed van de media is het begrip zure regen echter ook een eigen leven gaan leiden en zo uitgegroeid tot een populaire uitdrukking waarmee, naast de bovenvermelde zure regen, ook nog andere pollutanten die schadelijk zijn voor het milieu, zoals ozon en PAN, aangeduid worden.

EEN OVERZICHTJE

In volgende tabel wordt een kort overzichtje gegeven van de omstandigheden die leiden tot smogvorming.

VERSCHIL TUSSEN ZOMER- EN WINTERSMOG

	WINTER (-LONDEN-) SMOG	ZOMER (-LOS ANGELES-) SMOG
Wanneer maximaal?	Tijdens de ochtenduren	Tijdens de middaguren
Temperatuur?	Laag: 0-10°C	Hoog: 25-35°C
Temperatuurinversie?	Aanwezig	Aanwezig
Vochtigheid?	Hoog	Laag
Luchtgesteldheid?	Bewolkt en mistig	Zonnig en helder
Oorzaak?	Verbranding zwavelhoudende brandstoffen	Autoverkeer
Voornaamste polluer-ten?	SO ₂ en zwevende deeltjes	NO _x , koolwaterstoffen en stof
Voornaamste producten?	H ₂ SO ₄ , zure mist	O ₃ , PAN, organische oxidanten
Gezondheidsproblemen?	Luchtwegen	Luchtwegen en ogen

De laatste jaren komt het ook meer en meer voor dat de polluenten die aan de basis liggen van de zomersmog (NO_x, CO, koolwaterstoffen, stof) bij een temperatuurinversie reeds in het voorjaar voor ernstige lokale luchtvervuiling zorgen. Het ontbreken van voldoende zonlicht verhindert wel de verdere omzetting van deze polluenten naar secundaire polluenten, zoals ozon en PAN. De temperatuurinversie daarentegen zorgt wel voor een ophoping van deze giftige gassen waardoor een heuse toxische gaswolk ontstaat die boven de stad blijft hangen. Dit was bijvoorbeeld het geval in Lyon in februari en maart 1997. Dit soort luchtvervuiling wordt wel eens eenvoudigweg autosmog genoemd maar moet qua impact op de volksgezondheid vast en zeker niet onderdoen voor de zomer- of wintersmog.

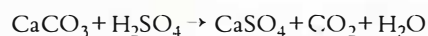
De aftakeling van ons cultureel patrimonium

Veel historisch waardevolle gebouwen en monumenten hebben het zwaar te verduren gehad de laatste 100 jaar. Sommige bouwwerken die eeuwen lang aanzien hebben genoten, werden de laatste decennia zodanig door de zure regen en het zwaveldioxide aangetast dat ze nog slechts een zwarte schim zijn van hun roemrijk verleden. Denken we maar aan de St-Pauls Cathedral in Londen, eens een glanzend wit bouwwerk dat langzaam maar zeker is afgetakeld tot een roetzwarte, uitgeholde kalkstenen constructie. Of de naald van Cleopatra in New York die meer zou zijn aangetast sinds ze vorige eeuw in New York werd geplaatst, dan tijdens haar 2000-jarig verblijf in Egypte. Ook veel andere historische gebouwen die gedurende eeuwen

HET EFFECT VAN ZURE REGEN EN VERVUILING OP ONZE MONUMENTEN IS NEFAST. DEZE BALUSTRADE (ST-ROMBOUTSKATHEDRAAL, MECHELEN) EN DEZE PILAAR (STATION, LEUVEN) HEBBEN ENORM GELEDEN ONDER DE ZURE REGEN. ZELFS DE HEILIGEN WORDEN NIET GESPAARD DOOR DE JARENLANGE LUCHTVERVUILING IN BRUSSEL (ZAVELKERK, BRUSSEL).



de tand des tijds moeiteloos doorston- den, werden in de afgelopen decennia door het zwaveldioxide en de zure regen sterk beschadigd: de Dom van Keulen, de St.-Rombouts Kathedraal in Mechelen, de vele monumenten in Venetië... De oorzaak van de aftakeling ligt in de bouwsteen die werd gebruikt. Veel histo- rische gebouwen en monumenten in Europa zijn opgetrokken uit kalkhou- dende bouwsteen zoals kalksteen, mar- mer of kalkzandsteen. Zure regen en zwaveldioxide zijn in staat het calciet (CaCO_3) dat zich in dit bouw materiaal bevindt om te zetten in gips (CaSO_4).



Het poreuze en broze gips (CaSO_4) is echter veel beter oplosbaar in water dan het calciet-bevattende bouw materiaal. Een gewone regenbui kan dan vrij gemakkelijk het gevormde gips wegwas- sen en een oppervlakte met putjes en gaatjes achterlaten.

DE ST-ROMBOUTSKATHEDRAAL WORDT KLEINER

Doordat het door de zure regen gevormde gips gemakkelijk in water oplost, voert de erg regel- matige Vlaamse regenbui jaarlijks 10 ton mate- riaal mee en worden de muren van de kathedraal elk jaar 0,02 mm dunner. Aangezien bij ons de regen meestal vanuit het zuiden en het westen komt, is het voornamelijk de zuid- en de westkant van de kathedraal die mate- riaal verliest. Aan de onberegende oost- en noordzijde wordt het gips minder snel wegge- spoeld. Het gips kan echter veel beter water en roet absorberen dan het oorspronkelijke gesteente. Dit roet zorgt er dan voor dat de oost- en noordkant zwart uitslaan terwijl het opgeslorpte water tijdens vorstperiodes door uitzetting de muren verder verpulvert.

In deze putjes sijpelt dan water dat bij vorst uitzet en verdere verwerking en afbrokkeling bevordert. Zodra de gevormde gipslaag is weggespoeld door regenwater, komt het onderliggende kalkgesteente bloot en kan het opnieuw worden omgezet in wateroplosbaar gips. Indien er echter minder afstromende regen is die de gevormde gipslaag kan oplossen, kunnen roetdeeltjes zich hech- ten op het poreuze gips. Als gevolg hier- van slaat het gebouw zwart uit.

Bovendien tast de luchtverontreiniging ook metalen en verflagen aan waardoor o.a. beiaardklokken en glasramen nage- noeg onherstelbare schade kunnen oplo- pen. Maar niet enkel ons cultureel patrimonium brokkelt af, ook onze uit beton opgetrokken moderne gebouwen lijden onder de zure regen. Zou het dan toch niet beter zijn het principe 'voorko- men is beter dan genezen' wat meer toe te passen? Zeker als men weet dat aan de restauratie van een historisch gebouw soms een prijskaartje hangt van meer dan 1 miljard BEF...

Maatregelen tegen luchtvervuiling

Net zoals fotochemische ozonvorming heeft luchtverontreiniging meestal een grensoverschrijdend karakter waardoor internationale of Europese maatregelen nodig zijn. Zo moet België de afspraken naleven betreffende de reductie van de uitstoot van SO_2 en NO_x die werden genomen in het kader van het Protocol van respectievelijk Oslo en Sofia. Het Protocol van Genève legt beperkingen op betreffende de uitstoot van vluchtige organische stoffen. Daarnaast stelt de Europese Unie nog tal van richtlijnen op omtrent de luchtkwaliteit, zoals de grens-

ROET IN HET ETEN

Reeds enkele jaren vermoedt men dat roet- en metaaldeeltjes een belangrijke rol spelen bij de chemische omzetting van calciet in gips. Deze deeltjes vergemakkelijken (katalyseren) in een waterige omgeving de omzetting van het in de lucht aanwezige SO_2 tot sulfaat (SO_4^{2-}). Hoe meer roet, hoe gemakkelijker de omzetting. Aangezien gips gemakkelijk oplost in water, creëert het regenwater een fijn netwerk van kanaaltjes in het gesteente. Hierdoor ontstaat een nieuwe verbinding tussen de nog onaange- taste steen en de buitenlucht waarlangs nieuwe roet- en metaaldeeltjes kunnen worden aange- voerd. Het vernietigende effect van deze deel- tjes is duidelijk zichtbaar in sommige steden. In Venetië blijkt dat gebouwen waarop bijna geen roet aanwezig is omdat ze bijvoorbeeld goed beschermt liggen tegen de roetaanvoerende wind, vrijwel onaantast zijn. Andere met roet bela- den monumenten en beeldhouwwerken zijn nog nauwelijks herkenbaar.

waarden voor diverse schadelijke pollu- enten, die bindend zijn voor de lidstaten. Zodra een bepaalde grenswaarde wordt overschreden, moeten maatregelen wor- den genomen om dit in de toekomst te vermijden. Op nationaal vlak kunnen Koninklijke Besluiten belangrijke maat- regelen in het leven roepen om de lucht- verontreiniging tegen te gaan. Zo bepaalt het Koninklijk Besluit van 19/10/1988 dat het maximum zwavelgehalte in petroleum voor huishoudelijke verwar- ming en dieselbrandstof voor wegvoer- tuigen niet hoger mag zijn dan 0,2%. In volgende tabel worden enkele concre- te maatregelen opgesomd die moeten lei- den tot een betere luchtkwaliteit.

MAATREGELEN DIE KUNNEN LEIDEN TOT EEN BETERE LUCHTKWALITEIT

POLLUENT	MAATREGEL	DOELGROEP
SO ₂	Ontzwaveling brandstoffen en rookgassen	Raffinaderijen, industrie, elektrische centrales
NO _x	Katalysatoren, lage NO _x -branders	Verkeer, industrie, elektrische centrales
Zwevende deeltjes	Roetfilter, ontstopping rookgassen	Verkeer, industrie, raffinaderijen
VOS	Katalysatoren, solventarme producten (verf, ...)	Verkeer, bevolking, industrie
Producten van onvolladige verbranding (CO, PAK, dioxines)	Katalysator, optimalisering verbrandingsprocessen	Verkeer, afvalverbranding, industrie
Zware metalen	Loodarme benzine	Raffinaderijen, verkeer

| Afvalproblematiek

BRON | LEREN OM TE KEREN

Afvalproductie

De maatschappij waarin we leven is een consumptiemaatschappij omdat ze sterk gericht is op een zo hoog mogelijk verbruik van goederen. Het is tegelijkertijd ook een wegwerpmaatschappij omdat de duurzaamheid van de producten steeds afneemt en meer en meer onnuttig verpakkingsmateriaal wordt geproduceerd. Terwijl vroeger verse groenten bij de plaatselijke groenteboer of op de markt werden gekocht, worden die nu in blik of diepvriesverpakking gestopt. Hierdoor belanden steeds meer moeilijk afbreekbare producten op de steeds groter wordende afvalberg. Als voorbeeld bekijken we de afvalproductie in een grootstad, zoals Brussel, eens van nabij. In 1996 waren de bijna 1 miljoen Brusselaars goed voor een productie van ongeveer 340.000 ton huishoudelijk afval. Dit komt overeen met ongeveer 360 kg per inwoner per jaar of ongeveer 1 kg per inwoner per dag. Waaruit die ene kg huishoudelijk afval bestaat wordt weergegeven in onderstaande tabel.

INHOUD VAN EEN BRUSSELSE VUILNISZAK

AFVALFRACTIE	GRAM
Organisch	320
Papier + karton	180
Glas	100
Plastic + Tetrabrick	80
Metaal	30
Textiel	30
Bruingoed en witgoed	70
Andere (fijn gruis, klein gevaarlijk afval, andere verpakkingen...)	190

BRON | PLAN BETREFFENDE DE PREVENTIE EN BEHEER VAN DE AFVALSTOFFEN (BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST) – 1992.

Naast het huishoudelijke afval is de Brusselse regio ook nog goed voor jaarlijks ongeveer 370.000 ton industrieel afval (afkomstig van de primaire en secundaire sectoren) waarvan 40.000 ton als gevaarlijk voor het milieu en de volksgezondheid wordt beschouwd en een kleine 10.000 ton als toxisch is geklasseerd! Daarnaast leveren de kantoren, garages en scholen nog eens samen 100.000 ton afval. Ook de afbraak van gebouwen en auto-wegen zorgt voor een flinke brok afval: maar liefst 1.600.000 ton bouw- en sloopafval, zijnde beton, metselwerk, asfalt, aarde... Bovendien leveren de Brusselse ziekenhuizen nog eens een extra 12.000 ton hospitaalafval, produceert de horecasector bijna 40.000 ton afval en bedraagt de hoeveelheid gemeentelijk groenafval afkomstig van openbare groene ruimten

HISTORISCH AFVAL

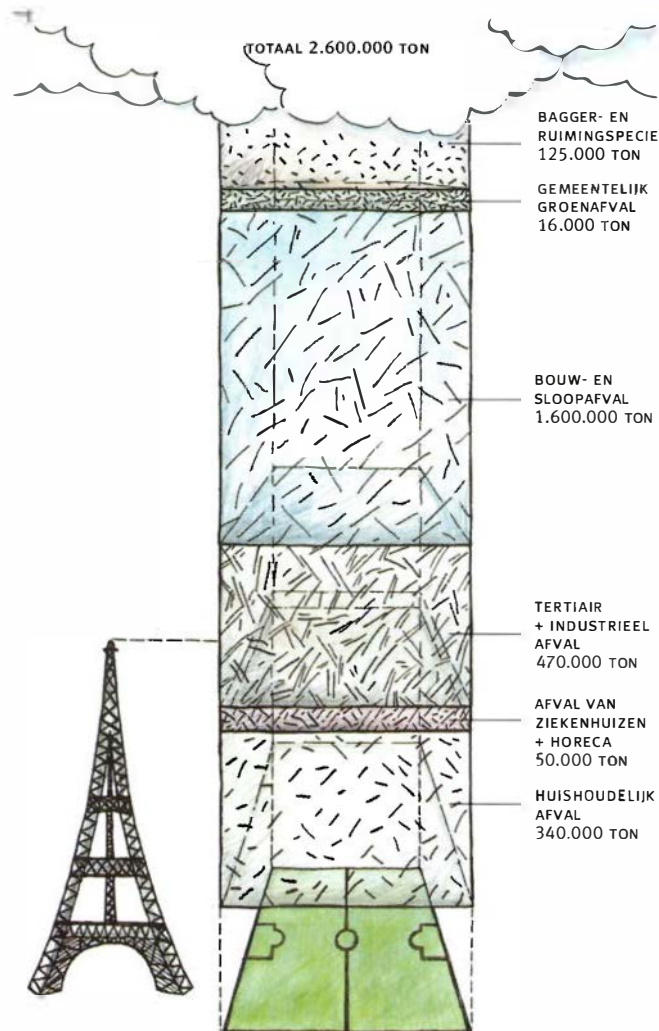
We moeten wachten tot het einde van de Middeleeuwen voordat men zich in Brussel bewust gaat bezighouden met afvalverwerking of -verwijdering. Door de steeds toenemende klachten van de Brusselaar over reukhinder en slechte hygiëne werd in 1405 een dienst voor de afvalophaling in het leven geroepen. Voordien werd het afval gewoon door het raam gegooid waar het op straat of in de Zenne belandde. De organische fractie van het opgehaalde afval werd als meststof aan de landbouwers verkocht. Dit maakte de afvalophaling winstgevend. Vanaf de 16de eeuw wordt het afval weggevoerd naar een opslagplaats buiten de stad. Deze methode werd toegepast tot in de 19de eeuw. In 1882 werd zelfs een verbrandingsoven opgericht. De oven is eerder een experiment dat men enkele jaren later stopzette. Vanaf het begin van deze eeuw wordt het Brusselse huisvuil per schip of per trein uit de stad verwijderd. Een deel van het afval wordt als meststof verkocht terwijl de rest in de moerassige terreinen rond Brussel wordt gestort.

(gras, hout...) nog een goede 16.000 ton. Tot slot is er nog een belangrijke fractie bagger- en ruimingspecie, afkomstig van de uitbaggering en reiniging van de Brusselse kanalen en waterlopen. Dit is nog eens gemiddeld 125.000 ton per jaar. Alles bij elkaar produceert het Brusselse Gewest 2.600.000 ton afval per jaar.

Afvalverwerking: voor- en nadelen

Het is een enorme opgave deze monstrueuze afvalberg te verwerken. Afval verdwijnt immers niet zomaar. Nog erger, afval verdwijnt nooit. Het wordt enkel

DE VERBRANDINGSOVEN VAN NEDER-OVER-HEEMBEEK VERBRANDT JAARLIJKS MEER DAN 500.000 TON HUISHOUDELIJK EN DAARAAN GELIJKGESTELD AFVAL.



HET BRUSSELS GEWEST PRODUCEERT MEER DAN 2,5 MILJOEN TON AFVAL PER JAAR.

omgezet in een andere vorm of eenvoudigweg verplaatst, maar het blijft steeds een last voor het milieu. Dit geldt zowel voor ons leeg botervlootje, onze versleten vaatwasmachine, als het giftige industriële afval.

Om deze enorme afvalberg aan te pakken zijn er vier belangrijke afvalverwerkingsmethoden: verbranden, storten, recycleren en composteren. Bij afvalverwerking wordt het afval steeds in een minderwaardige en mogelijk schadelijke vorm aan het milieu teruggegeven. Hierbij kan zowel de lucht, het water als

de bodem worden vervuild. Elke afvalverwerkingsmethode heeft dus zijn specifieke voor- en nadelen.

Verbranden

De verbranding van afval vindt plaats in speciaal ontworpen verbrandingsinstallaties. Naast de erg hoge kosten die verbonden zijn aan het installeren en het onderhouden van een verbrandingsinstallatie vormt de luchtverontreiniging het belangrijkste probleem. Afhankelijk van het soort afval gaat de afvalverbranding, ondanks de mogelijke aanwezigheid van

rookgaszuiveringsinstallaties, steeds gepaard met de emissie van tientallen tonnen schadelijke stoffen.

Hieronder bevinden zich naast SO₂, NO_x, CO en HCl ook zware metalen (Pb, Cd, Hg, Cr, Cu...), dioxines (door wetenschappers geklasseerd als de giftigste stof ooit door de mens gemaakt), kankerverwekkende polyaromatische koolwaterstoffen er allerhande al dan niet toxische stoffeeltjes. Al deze pollutanten komen uiteindelijk terug op het land terecht waar ze de oppervlaktewateren en de bodem verontreinigen en een gevaar betekenen voor de volksgezondheid. Het water dat door de verbrandingsinstallaties wordt geloosd in nabijgelegen waterlekken bevat naast vlieggasdeeltjes ook nog belangrijke hoeveelheden zware metalen.

Bovendien dient men nog de slakken, de as (de vaste verbrandingsresten) en de vlieggas te storten, samen goed voor 30%

van het totale gewicht van de afvalhoop die naar de verbrandingsoven wordt gebracht (in Brussel goed voor bijna 150.000 ton). Het is echter mogelijk de vlieggas te verwerken en aan te wenden als grondstof in de wegenbouw, de bouwnijverheid of in steenbakkerijen. Ook het hergebruik van de verbrandingswarmte ter opwekking van elektriciteit is een interessant voordeel.

Storten

Afhankelijk van het soort afval worden de stortplaatsen onderverdeeld in 3 klassen. Het industrieel afval wordt geborgen in een Klasse I-stortplaats, terwijl huishoudelijk afval naar een Klasse II-stortplaats wordt afgevoerd. Inerte en moeilijk afbreekbare afvalstoffen vinden hun laatste rustplaats in een Klasse-III stortplaats. Het storten van afval gebeurt momenteel, in tegenstelling tot vroeger, op een gecontroleerde wijze zodat de milieuhin-

der sterk wordt beperkt. Het afval wordt in een stortvak gebracht, verspreid en samengedrukt in stortlagen die dagelijks worden afgedekt. Aan het einde van de stortactiviteit wordt een definitieve afdichtlaag en een eindafdek aangebracht. Ondanks de aanwezigheid van een natuurlijke geologische afsluitlaag en/of een kunstmatige bodembedekking en een afwateringssloot om het verontreinigde percolatiewater af te voeren, kan steeds bodem- en oppervlaktewaterverontreiniging optreden. Deze verontreiniging vindt plaats doordat toxische stoffen, zoals zware metalen (Pb, Zn, Cr...), nitraten en gechloreerde organische stoffen, door de bodem heen lekken of door het regenwater worden meegevoerd. Hierdoor kunnen nabijgelegen drinkwaterbronnen sterk worden verontreinigd en kan eutrofiëring (zie hoofdstuk 6 'De Noordzee') optreden in oppervlaktewateren in de omgeving.

OVERZICHT VAN DE MILIEU-IMPACT VAN DE BELANGRIJKSTE AFVALVERWERKINGSMETHODEN

	LUCHTVERVUILING	WATERVERVUILING	BODEMVERVUILING
Verbranding	Emissie: SO ₂ , NO _x , CO, CO ₂ , roet, dioxines, koolwaterstoffen, zware metalen (Pb, Zn, Cd)	Afzetting van schadelijke stoffen uit de rookpluim op het oppervlaktewater	Storten van slakken en vlieggas
Storten	Emissie CO ₂ , CH ₄ Reukhinder	Weglekken van zware metalen, zouten en organische stoffen in het grondwater	Ophoping van gevaarlijke stoffen in de bodem
Recyclering	Emissie: stof Reukhinder	Lozing van afvalwater	Storten van de restanten
Compostering	Emissie: CO ₂ , CH ₄ Reukhinder		

Door de biologische afbraak van organisch afvalmateriaal komen ook gassen vrij die zowel toxisch, explosief als brandbaar kunnen zijn. Het is wel mogelijk het stortgas op te vangen en bij voorkeur te gebruiken (biogas). Tot slot wordt er doorgaans een onaangename geur (en stof) verspreid op vuilnisbelten, wordt het landschap sterk ontsierd en zorgt het storten zelf in vele gevallen voor veel geluidsoverlast. Het enige noemenswaardige voordeel is puur economisch van aard: storten is erg goedkoop.

Sorteren-Recycleren

Het selectief ingezamelde afval wordt naar een sorteerinrichting gebracht. Daar worden de verschillende soorten afval verder van elkaar gescheiden. Daarna verwerkt men het afval via een industrieel recyclageproces tot nieuwe producten. Dit recyclageproces brengt doorgaans stofvorming en soms reuk- en geluidshinder met zich mee.

Verder wordt soms verontreinigd afvalwater geloosd en dienen de uiteindelijke residuen toch nog te worden gestort. Hergebruik en recyclage hebben echter als grote voordeel dat ze de vraag naar grondstoffen en energie sterk verminderen en dat ze de impact van afvalberging en -verbranding op het milieu minimaliseren. De belangrijkste producten die voor recyclage in aanmerking komen zijn glas, papier en (drink)karton, blik, en plastics. Zo wordt van oud papier karton of kringlooppapier gemaakt, wordt het metaalafval hersmolten en kunnen versleten rubberbanden in de cementindustrie worden hergebruikt. Drinkkartons kunnen tot bouwplaten worden verwerkt. Van uw PVC (polyvinylchloride)-fles kunnen elektriciteitsleidingen en af-

voerbuisen worden gefabriceerd en van het PET (polyethyleentereftalaat)-afval textielvezels die verwerkt kunnen worden in meubels en kledij (in één broek kunnen 10 PET-flessen worden verwerkt). Gemengd kunststofafval (polyethyleen, polypropyleen, polystyreen...) kan worden verwerkt tot tuinmeubels, tegels, wegpaaletjes...

Composter

Compostering is het versneld aëroob afbraakproces van organisch afval. Doordat de temperatuur in de composthoop tot boven de 50°C kan oplopen, gaan allerlei bacteriën zich sterk vermenvuldigen met een versnelde afbraak van het organische afval tot gevolg. Dit composteren kan zowel in een compostvat in uw tuin als in industriële composteerinstallaties plaatsvinden. Het composteringsproces gaat enerzijds steeds gepaard met de emissie van koolstofdioxide (een broeikasgas) en soms, bij gebrek aan voldoende zuurstof, van kleine hoeveelheden methaan en kan aanleiding geven tot reukhinder. Anderzijds levert compostering wel het grote voordeel dat het een goedkope verwerkingsmethode is die een belangrijk deel van het huishoudelijke afval uit de verbrandingsovens en de stortplaatsen houdt. Daarenboven levert het compost op dat kan worden aangewend in de land- en tuinbouw als meststof en bodemverbeteraar.

In de tabel hiernaast wordt een overzicht gegeven van de milieu-impact van de belangrijkste afvalverwerkingsmethoden.

Zoals blijkt is dus geen enkele afvalverwerkingsmethode vrij van zonde. De ene is al minder schadelijk voor het milieu dan de andere, maar ze hebben allemaal

onvermijdelijk gevolgen voor de natuur. De boodschap is dus de afvalberg zo klein mogelijk te houden. Dit vereist uiteraard een stevige mentaliteitsverandering bij de gehele bevolking. Hiervoor zijn zowel de overheid, de industrie, als u en ik verantwoordelijk. In hoofdstuk 7 'Duurzame Ontwikkeling' wordt wat dieper ingegaan op de vraag hoe men de milieu-impact van een bepaald product tijdens zijn levenscyclus kan minimaliseren.

2 Het zieke Ardense bos

Onze Ardense bossen zijn zorgenkinderen geworden: al gedurende een vijftiental jaren gaat het steeds slechter met hen. Ze zijn niet de enige zieken en ook niet de ergst aangetaste. Heel Europa en een groot deel van Noord-Amerika is in meer of mindere mate het slachtoffer geworden van die eigenaardige ziekte die gedeeltelijk samenhangt met de luchtvervuiling.

Maar laten we eens teruggaan in de tijd, op zoek naar het begin van dit fenomeen.

In het midden van de jaren '70 publiceerde de pers alarmerende foto's uit Polen en het voormalige Oost-Duitsland en Tsjecho-Slowakije: uitgestrekte sparrenbossen hadden hun naalden verloren en waren dood of stervende. Door de nabijheid van sterk vervuilende industrieën viel er een zure neerslag die het gebladerte van de bomen aantastte en hen zo ter dood veroordeelde.



In het begin van de jaren '80 slaat de paniek toe: overal in Europa, Canada en de Verenigde Staten worden de sporen van het verval zichtbaar. De ziekte treft talrijke soorten bosbomen. Men vreest dat de aangetaste wouden binnen een tiental jaren zullen verdwenen zijn... Wetenschappers slaan de handen in elkaar, starten met onderzoeksprogramma's en installeren ter plaatse meetnetten die over de gezondheid van de bomen moeten waken.

Gelukkig evolueert de ziekte veel trager dan verwacht... Luchtvervuiling is wel de boosdoener, maar ze is niet geconcentreerd genoeg om de bladeren van de bomen zodanig te beschadigen dat ze er aan sterven. De toestand van de Centraal-Europese naaldwouden gaat er, tegen alle verwachtingen in, op vooruit.

SKELLETEN VAN TSJECHISCHE SPARRENBOMEN:
HET RESULTAAT VAN ZURE NEERSLAG...





ENKELE ZIEKEN

GROVE DEN |

| GEWONE SPAR



| Bij het ziekbed van de Ardense bossen

In België is de winter '82-83 een zwarte bladzijde in de geschiedenis van onze bossen: de sparrenbossen in de streek van Eupen worden ziek, een ware nachtmerrie voor de bosbeheerders begint. De aantasting slaat over naar andere soorten zowat overal in ons land: douglasspar, grove den, eik, beuk, enz.



| EIK

Huidige balans: De bosmassieven in de Ardennen en vooral die van la Croix Scaille, de Hoge Venen en het plateau van Tailles behoren tot de ergst aangetaste.

Het duidelijkste symptoom van het verval is een vroegtijdige veroudering van de bladeren:

- Looftbomen staan een maand te vroeg in herfstkleuren - men spreekt over chlorose om het verdwijnen van het bladgroen (chlorofyl) aan te duiden - en verliezen hun bladeren lang voor hun gezonde soortgenoten. Van jaar tot jaar wordt de evolutie van de ziekte duidelijker doordat steeds meer bladeren steeds vroeger worden afgestoten. Bovendien sterven ook geleidelijk takken af.
- De naalden van coniferen vergelen en vallen veel te vroeg af. Een voorbeeld: bij een zieke spar sterven naalden van nauwelijks drie jaar af, terwijl ze bij een gezonde boom acht tot negen of zelfs twaalf jaar meegaan. Zodra ze kaal zijn, houden de takken het niet lang meer vol...

BEUK |

Al deze signalen duiden op een geleidelijke verzwakking van de boom en gaan ook samen met een vertraagde groei. Pech voor de houtproducenten! Gelukkig is de technologische kwaliteit van het materiaal dat van de zieke aanplanten wordt gehaald, niet gewijzigd - tennimste, indien het verval nog niet te ver is gevorderd.

Nog goed nieuws: de ziekte hoeft niet dodelijk te zijn. Behoudens complicaties, is beterschap en herstel altijd mogelijk.





Gewone spar

- De eerste ziektesymptomen worden steeds zichtbaar onderaan de kroon: deze zone wordt geleidelijk geel, van de stam naar de uiteinden van de takken toe, zonder dat de ziekte die echt bereikt.
- Na drie of vier jaar vallen de vergeelde naalden af; de ziekte heeft dan de uiteinden van de stervende takken bereikt.
- Dan is het de beurt aan de kroon...
- ... en daarna sterft de voet van de boom af.

In het ergste geval treedt de dood in na een tiental jaren van geleidelijke verzwakking.

Beuk

- De kroon is het eerste doelwit: de bladeren vergelen en vallen zo'n maand te vroeg af.
 - Het jaar daarop...
 - ... en de jaren daarna verspreiden de symptomen zich over de hele boomkroon. Er worden abnormaal weinig twijgjes gevormd en de verzwakte takken sterven één na één af.
 - Ten slotte wordt het gebladerte volledig aangetast en de boom sterft.
- Tussen het verschijnen van de eerste symptomen en de fatale afloop verstrijken minimum een vijftiental jaren...

EEN SLEPENDE ZIEKTE...

Op zoek naar de schuldigen

De eerste diagnose die werd gesteld aan de hand van de tuoloorgang van het Ardense bos (en zijn Europese en Amerikaanse lotgenoten) leek zonneklaar: acute aantasting van het gebladerte door geconcentreerde zure neerslag. Maar de onderzoekers moesten hun mening snel herzien, want de trage evolutie van de ziekte weerlegde hun hypothese.

De daders

Voortbouwende op de hypothese dat er een verband bestaat tussen het geleidelijke vitaliteitsverlies van de bomen en een chronische vergiftiging van het bosesysteem die eerder door een diffuse dan door een geconcentreerde vervuiling worden veroorzaakt, stootten de wetenschappers op een verrassing: geregeld aangevoerde kleine dosissen salpeterzuur, zwavelzuur en

ammoniak werken onrechtstreeks in op de bomen via een geleidelijke verarming van de bodem... De symptomen van de ziekte zijn in feite de uiting van een onvrijwillig dieet dat altijd maar strenger wordt! Het gebladerte kan ook aangetast worden door zure pollutanten en zelfs door ozon uit de lagere luchtlagen, maar in vergelijking met

NAAR DE BRON VAN DE ZURE VERVUILING

Salpeterzuur en zwavelzuur ontstaan door de omzetting in de atmosfeer van stikstofoxiden en zwaveldioxide die uitgestoten worden door allerlei soorten verbrandingen (huisverwarming, voertuigmotoren, industriële processen...). Ze slaan neer in het bos samen met de regen, maar ook met sneeuw en mist, of in de vorm van aërosolen. Ammoniak is afkomstig van dierlijk mest en wordt door bodembacteriën omgezet in nitraten waardoor zure bestanddelen (H⁺) vrijkomen. Dit proces noemt men nitrificatie. In de Ardense bossen slaan zo'n tien tot twintig kilo zwavel en stikstof per hectare en per jaar neer.

voornoemd probleem is dit bijna verwaarloosbaar. Maar de vervuiling is niet de enige die in de beklagdenbank zit: de kwaal wordt mee uitgelokt door ongunstige weersomstandigheden, zoals droogte of periodes van strenge vorst, waarvan de gevolgen erger worden indien ze zich jaar na jaar herhalen.



De medeplichtigen

Een belangrijk element moet aan de inbeschuldigingstelling worden toegevoegd: sommige factoren maken de bomen voorbestemd om ziek te worden. Wanneer bomen slecht aangepast zijn aan het terrein waarop ze geplant worden, verzwakken ze en worden ze stressgevoeliger. Voorbeeld: bomen met een grote behoefte aan minerale elementen zullen zich in een hachelijke situatie bevinden wanneer de mens ze aanplant op zure en arme gronden: dit geldt ook voor een boomsoort die op een erg winderig terrein wordt geplant terwijl zij dit klimatologisch kenmerk helemaal niet verdraagt. Nog vóór ze blootgesteld worden aan vervuiling, droogte, vorst en andere stress, bevinden de bomen zich reeds in een ongunstige situatie.

EEN MOEILIK TE DRAGEN ERFENIS

Jammer genoeg is de bodem in de Ardense bossen vaak arm en zuur, wat de taak van de bosbouwers er niet gemakkelijker op maakt... Eeuwenlang werden de beste gronden aan de landbouw toegewezen. De bossen werden aangeplant op de meest ondankbare grondsoorten, die de mens dan ook nog eens verder verarmde door de dode bladeren te verwijderen (bladgrond en strooisel voor het vee), het hout weg te voeren (brandstof) enz.

Het op grote schaal aanplanten van coniferen heeft de bodemdegradatie nog in de hand gewerkt aangezien de naalden van deze bomen de grond verzuren wanneer ze ontbinden. (Bepaalde aanplantingen van loofbomen, die te weinig licht doorlaten, hebben dezelfde nefaste invloed op de bodem.) Toch heeft een eeuw van deze praktijken een minder nefaste invloed gehad op de bodem dan een twintigtal jaren luchtvervuiling.

En de Ardennen zijn geen uitzondering: overal in Europa is de toestand gelijkaardig.

De profiteurs

De ziekte verergert nog door virussen, bacteriën, zwammen, insecten, enz. waarvoor de verzwakte bomen een gemakkelijke 'prooi' zijn. De aangetaste bomen kwijnen nog sneller weg en de dood is onvermijdelijk. Soms heeft het hout ervan aan waarde ingeboet en in bepaalde gevallen is het zelfs totaal onbruikbaar want de ziekteverwekkers en de parasieten hebben het zwaar beschadigd... Al deze verschillende factoren brengen samen na verloop van jaren de

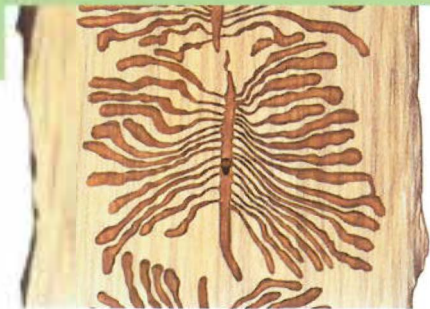
SCHADE VEROORZAAKT DOOR EEN LETTERZETTER

Dit insect van de familie der schorskevers graaft zijn gangen onder de schors van de spar. Wanneer een groot aantal van deze kevers aanwezig is, kan dit de dood van de boom betekenen. Maar de genadeslag wordt vaak toegebracht door een zwam die door het insect meegebracht wordt en waardoor de spar verdort en plakken schors en naalden verliest...



DE SCHORSKEVER...

boom aan zijn einde. Maar de evolutie van de ziekte is onderhevig aan schommelingen: door de verdwijning of vermindering van een of ander stresselement zal de gezondheidstoestand van de bomen stabiliseren of zelfs verbeteren. In dat geval zullen zich jonge, krachtige scheuten ontwikkelen, zal het voortijdig vallen van de bladeren minder uitgesproken zijn en zullen de gele naalden van de coniferen opnieuw groen worden... Een voorbeeld: van 1989 tot 1991 ging het met het Ardense bos van kwaad tot erger. In 1992: een lichte verbetering. In 1993: een duidelijke verbetering. Dat jaar hadden de bomen niet te lijden van strenge late vorstperiodes of van zomerse droogtes. Bovendien vervaagden geleidelijk de aantastingen door insecten die volgden op de schade veroorzaakt door de zware stormen van 1990. Sindsdien schommelt de toestand, vooral in samenhang met de klimatologische omstandigheden...



... EN ZIJN GANGEN

DE ARDENNEN: EEN ALGEMEEN GEVAL?

De stresselementen die mee verantwoordelijk zijn voor de ziekte van de bomen variëren van de ene streek uit het noordelijk halfrond tot de andere zodat men niet kan spreken over één enkele oorzaak voor alle aangetaste bossen. Hoewel luchtvervuiling iedere keer bij de verdachten hoort, zal ze de ene keer het verval veroorzaken, op andere momenten zal ze de bomen voor de ziekte gevoelig maken.

Close-up van de gevolgen van de vervuiling

Verstoring van de bodem... en van de voeding van de bomen
De geleidelijke afzetting van atmosferische pollutanten heeft invloed op de chemische samenstelling van de bosbodem, maar ook op de (micro-)organismen die erin leven. De voeding van de bomen wordt op verschillende manieren gewijzigd.

Een steeds strenger dieet samen met klimatologische stress: zie hier wat de bossen langzaam doet wegvlijnen!

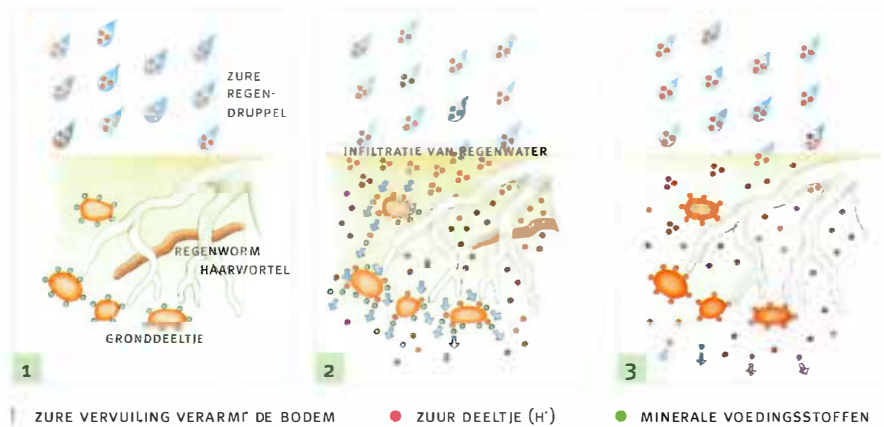
Bodemverarming

Wanneer zure regen in de bodem dringt, neemt hij een kleine hoeveelheid voedende mineralen (magnesium, kalium, calcium...) met zich mee naar diepergelegen lagen waar de wortels ze niet meer kunnen bereiken. Dit fenomeen noemen we uitspoeling en het wordt versterkt naarmate salpeter- en zwavelzuur en ammoniak afgezet worden. Deze verarming van de bodem komt op termijn bij de bomen tot uiting door het optreden en versterken van voedingstekorten. In de

UITSPOELING VAN DE BODEM:

NIET ZO EENVOUDIG!

Salpeter- en zwavelzuur die via het regenwater in de bodem dringen, maken er protonen (of waterstofionen: H^+) vrij. Die verdrijven dan de mineralen (ionen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , enz.) die aan het oppervlak van de gronddeeltjes gebonden waren. De minerale bestanddelen waarvan ze de plaats ingenomen hebben, worden door het insijpelende water naar de diepergelegen lagen gevoerd. Ammoniak draagt tot dit fenomeen bij doordat het door bodembacteriën wordt omgezet: via nitrificatie komen protonen vrij...



Ardennen lijkt gebrek aan magnesium het meest voorkomend te zijn.

De vrijmaking van giftige metalen

Zodra een zekere drempel van verzuring wordt bereikt, geeft de bodem geleidelijk aluminium vrij. Dit metaal blijkt giftig te zijn voor de bomen: het veroorzaakt wortel necrose (zones met dode cellen) waardoor de opname van voedingsstoffen uit de bodem wordt bemoeilijkt. De bomen zijn dus verplicht steeds meer 'de buikriem aan te halen'...

In de Ardennen heeft deze giftige stof tot nu toe onvoldoende concentraties bereikt om een acuut probleem te vormen (d.w.z. brutaal en zich snel ontwikkelend).

Een onevenwichtige bemesting

Contradictie: salpeterzuur en ammoniak verarmen de bosbodem, maar anderzijds zijn het ook meststoffen omdat ze een belangrijk voedend bestanddeel bevatten: stikstof. Aanvankelijk stimuleren deze vervuilende stoffen de groei van de bomen. Maar dat duurt niet lang want de toevoer van magnesium en andere minerale bodemelementen blijft achter: er is een duidelijke wanverhouding. De voedingsstress van de bomen wordt hierdoor nog versterkt.

Zeldzaam wordende regenwormen

In zure grond zitten weinig regenwormen. Dit heeft ernstige gevolgen voor de voeding van de bomen. Samen met insecten, bacteriën en microscopische zwammen zorgen deze diertjes er immers voor dat dode bladeren en ander bosafval (organisch materiaal) zich ontbinden tot minerale bestanddelen. Door de neerslag van vervuilende atmosferische stoffen krijgen de bomen dus te maken met een vertraagde bevoorrading...

Afname nuttige zwammen

Zure vervuiling schaadt ook de symbiosen die bestaan tussen talrijke bosbomen en zwammen zoals truffels, boleten, amanieten. Dit wederzijdse dienstbetoon - in dit geval mycorrhiza genoemd - werkt



DEZE ZWAM, DE GEWONE KRULZOOM, BEVINDT ZICH VAAK IN DE NABIJHEID VAN EEN EIK.

dankzij een nauwe band tussen de haarwortels van de bomen en de minuscule ondergrondse draadjes van de zwam (de zwamvlok). De samenwerking kan als volgt samengevat worden: 'ruil van door fotosynthese verkregen suikers tegen verhoogde toevoer van water en minerale elementen'.

Zodra deze samenlevingsvorm wegvalt, verzwakken de bomen. Wat er nog maar eens op wijst dat bomen het moeilijker hebben op zure bodems.

Schade aan de bladeren

Om schade aan de bladeren te veroorzaken, moet de luchtvervuiling vrij sterk geconcentreerd zijn. Af en toe wordt in de Ardennen aan deze voorwaarde voldaan. In de winter bijvoorbeeld tast erg zure mist de naalden van de sparren aan: op de plaats van elke waterdruppel verschijnen kleine zones van dode cellen (necrosen). Maar zelfs sterk beschadigd kunnen de naalden overleven... In feite is dit enkel maar een bijkomend stresselement voor de zieke bomen.

Behalve salpeter- en zwavelzuur is er nog een andere pollutant die problemen kan veroorzaken: het ozon dat in de Ardense



SCHADE VEROOorzaakt AAN SPARRENAALDEN DOOR ZURE MIST.

bossen af en toe in hoge concentraties voorkomt (men spreekt over 'ozonpieken'). Dit gas dringt de bladeren of naalden binnen via de stomata of huidmondjes. Dit zijn de minuscule openingen die de uitwisseling van zuurstof, koolstofdioxide en waterdamp regelen tussen de boom en de atmosfeer tijdens ademhaling en fotosynthese. Door zijn corrosieve eigenschappen vernielt het ozon de cellwanden. Ozonderivaten tasten binnen in de cel de chloroplasten (de fotosynthesefabrieken van de plantaardige cellen) aan en vernietigen het bladgroen (het chlorofyl). Er verschijnen dan geelachtige of donkere vlekken op de bladeren.

De schade veroorzaakt aan het gebladerte is op zich niet voldoende om de boom te laten wegwijnen, maar kan wel ernstige gevolgen hebben voor een reeds zieke boom. Via de wonden, veroorzaakt door de vervuilende stoffen, treedt verlies aan voedende mineralen op: voedingstekorten bij een boom in slechte staat worden dus nog versterkt.

DEZE ONDERGRONDSE DRADEN VORMEN EEN NETWERK DAT DE WORTELS VAN DE BOOM OMGEeft EN ZO HUN OPNAMEVERMOGEN VERHOOGT.

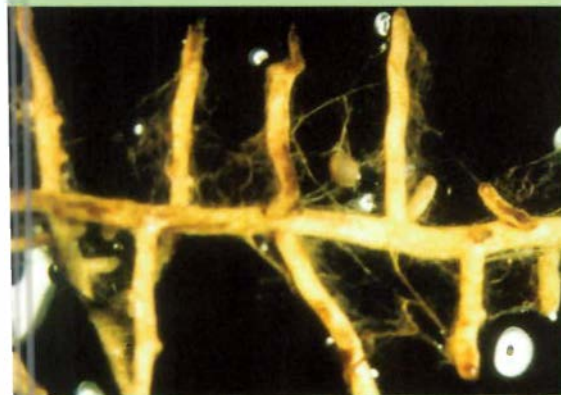


BEUK BESCHADIGD DOOR OZON.

Een ziekte onder strenge bewaking

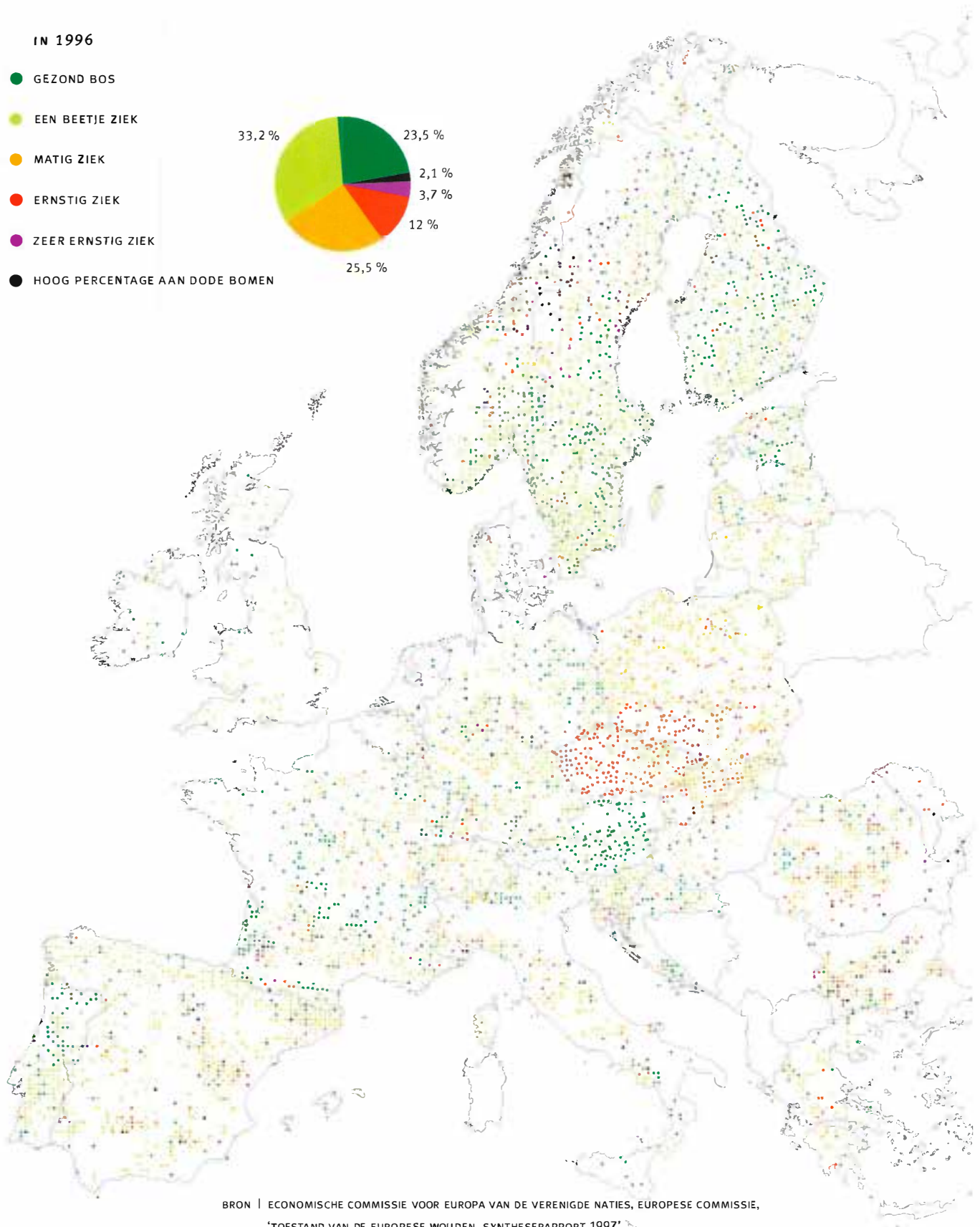
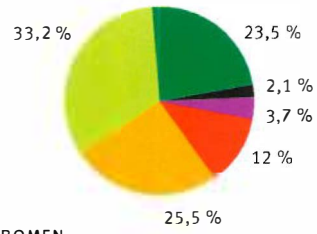
Vanaf het begin van de jaren '80 werden in de Verenigde Staten, Canada en verschillende Europese landen nationale programma's gestart om het voortschrijdende bosverval in het oog te houden.

Al snel voelde men in Europa de behoefte om de verkregen metingen en tellingen met elkaar te kunnen vergelijken en dezelfde beoordelingscriteria te hanteren. Sinds 1986 wordt de gezondheidstoestand van de bossen op de voet gevolgd door het Internationaal Samenwerkingsprogramma voor de evaluatie en de bewaking van de schade aan de bossen door luchtverontreiniging (de ICP-bossen), door de Economische Commissie voor Europa van de Verenigde Naties en de Europese Commissie. Het aantal deelnemende landen steeg geleidelijk en in 1994 waren er een dertigtal leden (België neemt deel sinds 1988). Meer dan honderdduizend boomstalen worden elk jaar 'onderzocht' (via een netwerk van meer dan 5000 observatiepunten) om de algemene tendensen in de evolutie van het verval van het bos op ons continent aan het licht te kunnen brengen. Samen met de nationale inventarissen die gemaakt



IN 1996

- GEZOND BOS
- EEN BEETJE ZIEK
- MATIG ZIEK
- ERNSTIG ZIEK
- ZEER ERNSTIG ZIEK
- HOOG PERCENTAGE AAN DODE BOMEN



BRON | ECONOMISCHE COMMISSIE VOOR EUROPA VAN DE VERENIGDE NATIES, EUROPESE COMMISSIE, 'TOESTAND VAN DE EUROPESE WOUDEEN, SYNTHESRAPPORT 1997'.

worden, komt men zo tot meer dan 600.000 bomen die 'op de onderzoektafel' gelegd werden... Waaruit bestaat nu het gezondheidsonderzoek van een boom? Hoofdzakelijk uit het bepalen van het percentage vergeelde en vroegtijdig afgevallen bladeren (of naalden) om zo uiteindelijk tot volgende classificatie te komen: gezonde boom/onstabile toestand/ziek/erg ziek/dood. Door jaar na jaar de evolutie van het aantal bomen dat tot één van deze categorieën behoort, na te gaan, kan men vaststellen of het verval stagneert, verergerd of daarentegen vermindert. De kaart hiernaast toont de resultaten van de evaluatie uitgevoerd in 1996. Elk punt vertegenwoordigt een perceel waarin boomstalen werden

onderzocht. De gezondheidstoestand van elk bosperceel werd bepaald op basis van het percentage zieke bomen.

De bosmassieven die het meest aangetast zijn, bevinden zich in de Tsjechische republiek, Polen en de Republiek Slowakije: men telt er respectievelijk 72%, 40% en 34% wegwijnende bomen. Sinds het opstarten van de ICP-bossen is de toestand van de meeste bewaakte bossen erop achteruitgegaan. In België bijvoorbeeld is het aantal bomen in slechte staat tussen de eerste en de laatste telling toegenomen van 14,6 tot 17,7%.

Ter vergelijking geven we ook de cijfers voor enkele andere Europese landen die aan dit Europese onderzoeksnetwerk deelnemen.

EVOLUTIE VAN HET PERCENTAGE WEGKIJNENDE BOMEN, VOOR DE PERIODE 1986-1996

LAND	PERCENTAGE WEGKIJNENDE BOMEN										
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
België				14.6	16.2	17.9	16.9	14.8	16.9	18.5	17.7
Frankrijk	8.3	9.7	6.9	5.6	7.3	7.1	8.0	8.3	8.4	12.5	17.8
Italië				9.1	14.8	16.4	18.2	17.6	19.5	18.9	29.9
Noorwegen					18.2	19.7	26.2	24.9	27.5	28.8	29.4
Rep.Tsjechië						45.3	56.1	51.8	57.7	58.5	71.9
Roemenië						9.7	16.7	20.5	21.2	21.2	16.9

BRON | ECONOMISCHE COMMISSIE VOOR EUROPA VAN DE VERENIGDE NATIES, EUROPESE COMMISSIE, 'TOESTAND VAN DE EUROPESE WOUDE; SYNTHESERAPPORT 1997'. AANVULLENDE GEGEVENS: DIVISION DE LA NATURE ET DES FORÊTS, MINISTERIE VAN HET WAAELSE GEWEST.

GEZONDHEIDSBALANS 1996 VOOR DE EUROPESE WOUDE

NOOT | BEPAALDE VERSCHILLEN AAN BEIDE KANTEN VAN DE LANDSGREZEN KUNNEN VOORTVLOEIEN UIT KLEINE VERSCHILLEN IN DE TOEGEPASTE METHODEN. DIT HEEFT ECHTER GEEN INVLOED OP DE BETROUWBAARHEID VAN DE LANGETERMIJNTENDENSEN.

DE JUISTE ROL VAN DE LUCHTVERVUILING BIJ HET VERVAL VAN DE BOSSEN BEPALEN?

ONMOGELIJK!

In werkelijkheid kunnen de onderzoekers onmogelijk bepalen welke de juiste bijdrage is van de luchtvervuiling aan het verval van de bossen. Want de voortijdige veroudering van het gebladerte is geen typisch symptoom: het kan ook wijzen op droogte, insectenplagen of zwammen, enz.

De onderzoeksprogramma's laten dus enkel toe een algemeen beeld te schetsen van de gezondheidstoestand van de bomen...

Oplossingen...

De luchtvervuiling verminderen

Sinds de jaren '70 leverden de landen uit het noordelijke halfrond belangrijke inspanningen om de uitstoot van zwaveldioxide in de atmosfeer te verminderen. Hiervoor werd vooral een beroep gedaan op de industrie en werd het zwavelgehalte van petroleum en zijn afgeleide producten (stookolie, dieselolie...) verminderd. Maar het moet nog beter. Bovendien is er dringend een wereldwijde aanpak nodig van de vervuiling door stikstofoxiden en ammoniak. Door de toename van het wegverkeer en de intensieve veeteelt gaat deze vervuiling nog steeds in stijgende lijn. Ten slotte moeten de maatregelen rekening houden met de koolwaterstoffen die samen met de stikstofoxiden leiden tot de vorming van ozon bij de grond. Het is essentieel dat men tot internationale akkoorden komt, want vervuiling is een grensoverschrijdend probleem...

Het zou te gemakkelijk zijn te geloven dat de oplossing alleen ligt bij technologische vooruitgang en nieuwe inspanningen geleverd door de industrie! Er is een algemene mobilisatie nodig. Elke burger

heeft als plicht alle verspilling die kan leiden tot vervuiling van de atmosfeer tegen te gaan, bijvoorbeeld door carpooling of door meer gebruik te maken van het openbaar vervoer, door zijn woning te isoleren om centrale verwarming economischer te maken, enz.

In afwachting van een voorlopig nog hypothetische oplossing moeten andere acties overvogen worden, zowel preventief als curatief, om de weerstand van de bossen tegen de vervuiling en andere stressfactoren die bijdragen tot hun verval, te verhogen. Enkele van die maatregelen worden hieronder besproken...

Het voedende karakter van de bosbodems herstellen

De afstervende bomen lijden in het bijzonder aan voedingsproblemen. Een adequate (tijdelijke) remedie bestaat er dus in de mineralen die het meest ontbreken over de bosbodem te verspreiden. Let wel, het gaat hier niet om het verhogen van de vruchtbaarheid van de grond, maar wel over een verbetering ervan: het doel is niet om de hoeveelheid voedingsstoffen te vermeerderen, wel om ze opnieuw op peil te brengen.

Een chemische analyse van de grond, aangevuld met een analyse van de bladeren, laat toe nauwkeurig te bepalen welk 'menu' aan de bomen moet worden aangeboden. Voorbeeld: een gebrek aan magnesium en calcium kan opgelost worden door dolomiet toe te voegen; een tekort aan calcium kan gecorrigeerd worden door inbreng van kalk of kalkhoudende stoffen. Deze natuurlijke bodenverbeteraars neutraliseren bovendien de zuurgraad van de bodem: goed voor de regenwormen en de zwammen die in

sybiose met de wortels leven - en dus een pluspunt voor de voeding van de bomen! Inbreng van andere chemische elementen, voornamelijk kalium en fosfor, kan ook noodzakelijk zijn.

Het herstel van het voedende vermogen van de bodem geeft opnieuw levenskracht aan de zieke bomen, weliswaar op voorwaarde dat de insecten, bacteriën en andere factoren die de toestand zouden kunnen verergeren niet reeds hun opwachting hebben gemaakt.

Deze maatregelen stuiten echter op nogal wat kritiek uit 'groene' hoek. Milieudeskundigen verbazen zich erover dat, op het moment dat de overheden bij de landbouwers in de Europese Gemeenschap tussenbeide komen opdat ze minder meststoffen zouden gebruiken, de bosbouwers ook dergelijke praktijken beginnen toe te passen...

'Heiligt het doel de middelen?' Ja, volgens sommigen, nee volgens anderen....

Naast elkaar planten van elkaar aanvullende soorten

Verwarrend: aan de zijde van bomen die aan een voedingsstoornis lijden, treft men soorten aan die in uitstekende gezondheid verkeren. Sommige boomsoorten lijken er dus heel wat minder moeite mee te hebben op onvolwaardige bodems te groeien. Bijvoorbeeld: douglassparren in goede gezondheid staan naast wegwijnende gewone sparren; levenskrachtige wintereiken groeien naast zieke beuken. Alles duidt erop dat de douglassparren en wintereiken in staat zijn magnesium op te nemen onder een vorm die buiten het bereik van de twee andere boomsoorten ligt. Hun

rottende bladeren geven opnieuw de minerale elementen vrij die de andere, wegwijnende bomen zo hard nodig hebben. Vandaar het idee om wintereiken in beukenbossen aan te planten, en douglassparren in gewone sparrenbossen te zetten om zo de verarming van de bodem door de zure neerslag tegen te gaan.

Over het algemeen zal gemengde aanplanting van soorten toelaten een evenwichtiger gebruik te maken van de aanwezige milieu-elementen (mineralen, regenwater, zonlicht...) en zullen de bomen ook beter bestand zijn tegen de grillen van het weer, insectenaanvallen en andere wisselvalligheden.

DE EER AAN HET WAAELSE GEWEST

In opvolging van de richtlijnen van het 10de Wereldcongres voor bosbouw en van de Conferenties van Helsinki en Rio, verbond het Waalse Gewest zich ertoe het voortbestaan van het Waalse bospatrimonium te verzekeren - waaronder het Ardense bos. Daarom heeft het documenten ter beschikking gesteld van zowel overheids- als privé-bosbouwers en bosbeheerders waardoor ze beter de geschiktheid van de verschillende boomsoorten voor de te beplanten terreinen zullen kunnen beoordelen. Het betreft hier de 'Fichier écologique des essences' (1991) en de 'Guide de boisement des stations forestières de Wallonie' (1994). In 1998 heeft het Ministerie van het Waalse Gewest ook een circulaire gezonden aan de openbare bosteigenaren die opgevat was als een 'Guide de bonnes pratiques des amendements', waarin goede raad gegeven werd bij het optimaliseren van het herstel van het voedende vermogen van de gronden die door de verzuring verarmd zijn, maar waarbij men bovendien de slechte gevolgen vermijdt die zo gevreesd worden door de 'groenen'.

Minder dicht planten

Een andere manier om de achteruitgang van het bos tegen te gaan, is meer ruimte te laten tussen de bomen en tijdig te zorgen voor voldoende open plekken in het bos. Wanneer de bomen een minder aaneengesloten bladerdak vormen, kan meer licht de bodem van het bos bereiken en dit speelt in het voordeel van de micro-organismen die de dode bladeren en ander organisch materiaal omzetten in de minerale elementen die de bomen broodnodig hebben.

Bomen planten die goed aangepast zijn aan hun omgeving

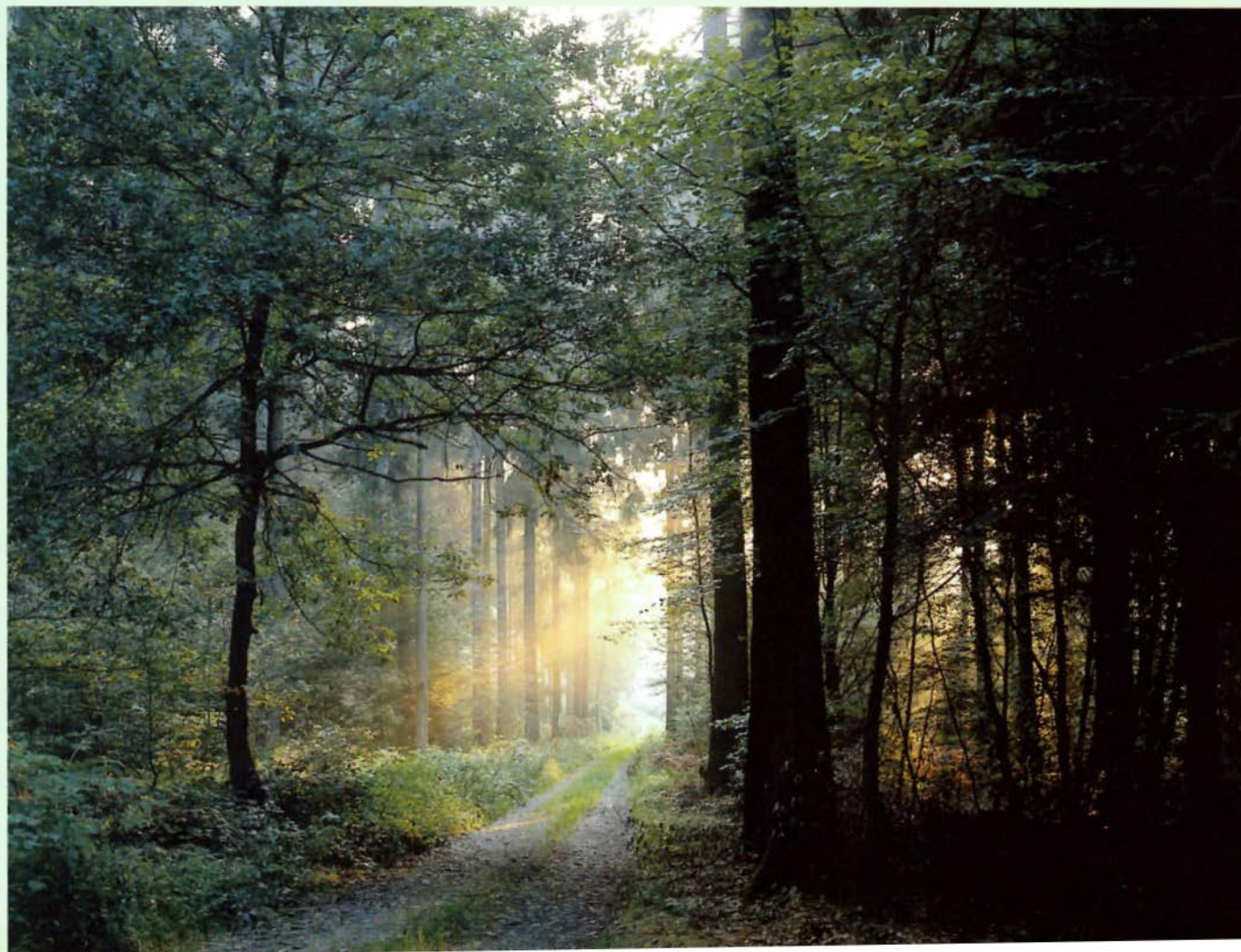
Wat niet uit het oog verloren mag worden: bomen weerstaan des te beter de vervuiling, klimaatsomstandigheden,

insectenplagen en andere ongunstige elementen naarmate ze ingeplant worden in een milieu waarvan de bodemeigenschappen (voedend vermogen, zuurgraad, vochtigheid, diepte, compactheid, enz.) en het klimaat (neerslag, winden, regelmaat van vroege of late vorstperioden, enz.) hen bevallen. En elke boomsoort stelt zijn eigen eisen.... In de toekomst moet men dus de soorten bevoordelen die goed aangepast zijn aan de streek die moet (her)bebost worden. Voorbeeld:

- een relatief arme grond is ongepast voor de zomereik, de es, de wilde kers, maar de grove den, de zachte berk en de ruwe berk zullen er zich thuis voelen;
- indien er geregeld late vorst optreedt (of voorjaarsvorst) zal dit niet in de smaak vallen van de zachte berk.

Erg arme en zure gronden zullen altijd een probleem vormen. Het zal hier nodig zijn paal en perk te stellen aan de houtproductie om het zwakke voedende vermogen van de bodem niet tot het uiterste te belasten.

ONZE BOSSEN:
EEN TE BESCHERMEN PATRIMONIUM.





3 De alpiene gletsjers

Het versterkte broeikas effect

Leven op een koortsige aarde

Het klimaat van de aarde evolueert voortdurend. Hoe het klimaat evolueert, is niet steeds duidelijk en het wordt nog hachelijker als we ons afvragen waarom het voortdurend verandert. We weten dat het klimaat varieert over tijdschalen van enkele jaren tot enkele miljoenen jaren, maar we weten niet steeds wat de exacte oorzaken hiervoor zijn. Alle grote beschavingen op aarde hebben zich kunnen ontwikkelen in een periode waarin het klimaat ongewoon stabiel was. Van 7.000 jaar geleden tot nu hebben zich nooit grote klimaatveranderingen voorgedaan.

De laatste jaren komen het 'broeikas effect' en de 'wereldwijde opwarming' veel ter sprake. Beide begrippen zijn zelfs uitgegroeid tot 'hot topics' binnen de milieuproblematiek. Wat is er eigenlijk echt aan de hand? En wat is de mogelijke rol van de mens hierin?

| WELK KLIMAAT VOOR MORGEN?



I Het klimaat

Weer en klimaat

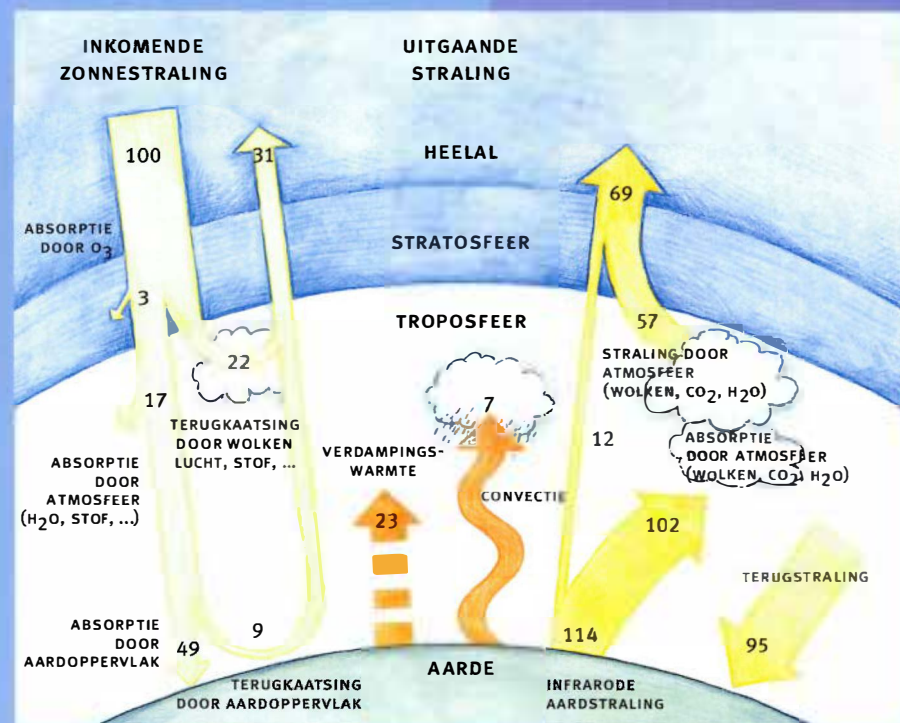
Voordat we dieper ingaan op de mogelijke klimaatveranderingen die zich momenteel lijken af te spelen, moeten we eerst een antwoord geven op volgende vragen: Wat is het klimaat? en Waardoor wordt het klimaat bepaald? Klimaat kan worden gedefinieerd als 'gemiddeld' of 'te verwachten' weer en de variabiliteit rond dit gemiddelde weer. Het wordt beschreven door de heersende condities van neerslag, temperatuur, vochtigheid, zonneschijn, windsnelheid... Wanneer we over het 'weer' spreken, wordt de toestand van deze variabelen weergegeven van uur tot uur of van dag tot dag. Bij het 'klimaat' daarentegen, spreken we over een langere periode, minstens dertig jaar, om een zekere betrouwbaarheid en voorspelbaarheid te kunnen garanderen.

De zon als motor van het klimaat

De straling van de zon is de drijvende kracht, de motor, achter het klimaatstelsel. Straling is immers een vorm van energie. De zon levert dus de brandstof die alle bewegingen in de atmosfeer en de oceanen aandrijft. De invallende zonnestraling, die voornamelijk uit zichtbaar en ultraviolet licht bestaat, wordt ongeveer voor de helft geabsorbeerd door het aardoppervlak. Van de overige 50% wordt een deel (3/5) teruggekaatst in de ruimte (door o.a. de wolken) en een deel (2/5) geabsorbeerd door de atmosfeer. Het gedeelte van de zonnestraling dat door het aardoppervlak wordt geabsorbeerd, wordt enerzijds gebruikt om oceanwater op te warmen en te verdampen, en anderzijds om het vasteland en de bovenliggende luchtmassa's op te warmen. Deze opgewarmde luchtmassa's zetten uit en stijgen op in de atmosfeer. Dit proces noemt men convectie.

Vermits de aarde wordt opgewarmd door de zonnestraling straalt ze zelf ook warmte uit, de zogenaamde aardstraling. Deze aardstraling is onzichtbaar voor het menselijk oog en ligt in het infrarode (IR) gebied van het spectrum. Men spreekt soms ook van langgolvlige aardstraling in tegenstelling tot de kortgolvlige zonnestraling. Bepaalde gassen in de atmosfeer, zoals waterdamp en koolstofdioxide, zijn

in staat een deel van deze infrarode aardstraling op te sloppen. Globaal is de hoeveelheid invallende stralingsenergie gelijk aan de hoeveelheid uitgaande stralingsenergie en is de warmtebalans van de aarde in evenwicht. Hierdoor is de gemiddelde temperatuur op aarde vrij constant. Elk proces dat deze warmtebalans beïnvloedt, wijzigt aldus het wereldklimaat.



STRALINGSBALANS VAN DE AARDE. 49% VAN DE INVALLENDE ZONNESTRALING WORDT DOOR HET AARDOPPERVLAK GEABSORBEERD EN 31% DOOR O.A. DE WOLKEN IN DE RUIMTE TERUGGEKAATST. DE OVERIGE 20% WORDT DOOR DE ATMOSFEER OPGESLORPT. DE AARDE ZENDT ZELF INFRARODE WARMTESTRALING UIT WAARVAN EEN BELANGRIJK DEEL DOOR DE ATMOSFEER WORDT GEABSORBEERD EN TERUGGESTRAALD. DE GETALLEN STELLEN DE PERCENTAGES VOOR VAN DE INKOMENDE STRALINGSENERGIE. GLOBAAL IS DE WARMTEBALANS IN EVENWICHT. DE HOEVEELHEID UITGAANDE STRALING (31% + 69%) IS IMMERS GELIJK AAN DE HOEVEELHEID INKOMENDE STRALING (100%).

| Het broeikaseffect

Het atmosferische broeikaseffect

De lucht is een mengsel van gassen waaronder zich onder meer koolstofdioxide (CO_2) en waterdamp (H_2O) bevinden. CO_2 en in mindere mate H_2O bezitten de eigenschap om de (kortgolvlige) zonnestraling die op de aarde valt, door te laten. Beide kunnen echter zeer goed de door de aarde uitgezonden (langgolvlige) warmtestraling absorberen. Doordat de atmosfeer op deze wijze een deel van de aardstraling opneemt, warmt hij een beetje extra op. Diezelfde gassen zenden op hun beurt opnieuw infraroodstraling uit naar alle richtingen, dus ook naar het aardoppervlak. Enerzijds wordt het aardoppervlak dus opgewarmd door de directe zonnestraling, anderzijds door de vanuit de atmosfeer opnieuw uitgezonden infraroodstraling. Dit extra beetje infraroodstraling dat de aarde ontvangt, noemt men het atmosferische broeikaseffect. Het is net zoals in een serre of broeikas waar het glas het invallende zonlicht doorlaat, maar een deel van de warmte in de serre tegehoudt.

Daarom noemt men de gassen die voor een gelijkaardig effect in de atmosfeer zorgen, broeikasgassen. (Vermits in een broeikas de opgewarmde lucht niet kan ontsnappen, gaat de vergelijking met het atmosferische effect niet volledig op. Sommige wetenschappers spreken daarom liever over het atmosferische opwarmingseffect i.p.v. het broeikaseffect. Beide begrippen omschrijven echter wel hetzelfde fenomeen.)

De aanwezige broeikasgassen werken dus als een soort isolatiecoaten door er voor te zorgen dat een deel van de aardse warmtestraling niet in de ruimte verloren gaat.

Waterdamp en koolstofdioxide zijn veruit de belangrijkste broeikasgassen in de atmosfeer. Daarnaast komen er nog enkele andere broeikasgassen in uiterst kleine hoeveelheden (minder dan 0,0003%) voor. Zonder al die gassen zou de gemiddelde temperatuur op aarde 33 graden lager zijn. De gemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak bedraagt dus 15°C in plaats van -18°C ! Het broeikaseffect is een volledig natuurlijk fenomeen. Het bestaat niet alleen op de aarde; ook op andere planeten, zoals Venus en Mars, is een broeikaseffect aanwezig. Zo zorgt de zeer dichte atmosfeer op Venus, die voor meer dan 98% uit CO_2 en H_2O bestaat, voor een extra broeikaseffect van maar liefst 466°C , terwijl de erg ijle atmosfeer van Mars, die ook hoofdzakelijk uit CO_2 bestaat, de temperatuur daar toch nog met 3°C opvoert. Venus (427°C) is dus veel te heet en Mars (-53°C) veel te koud, terwijl het broeikaseffect op aarde (15°C) voor ideale omstandigheden heeft gezorgd waardoor de ontwikkeling van leven binnen een gematigd klimaat mogelijk werd gemaakt.

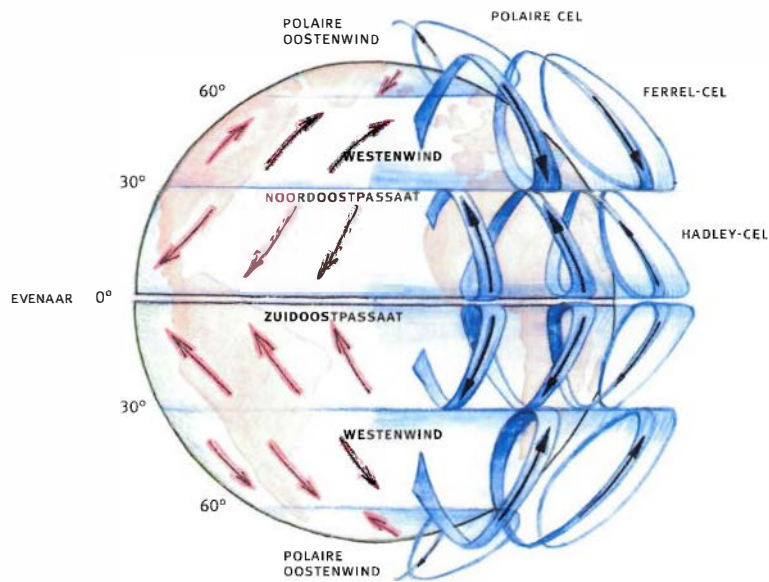
Het klimaatsysteem

Het wereldklimaat wordt bepaald door de balans tussen zonne- en aardstraling. Het klimaatsysteem is echter heel complex en wordt in belangrijke mate beïnvloed door 5 elementen die sterk op elkaar inwerken: de atmosfeer (de lucht), de hydrosfeer (de oceanen, rivieren...), de cryosfeer (de sneeuw- en ijsvlakten), de biosfeer (het totaal van levende organismen) en de geosfeer (de continenten).

De atmosfeer beïnvloedt niet alleen het klimaat door zijn uiterst belangrijke rol bij de handhaving van de stralings- of energiebalans, maar ook bij de energieverdeling op aarde. De opwarming van de aarde is aan de evenaar veel intenser dan aan de polen met wereldwijde luchtcirculaties tot gevolg. De hete tropische lucht stijgt op en stroomt op grote hoogte naar de polen. Koudere lucht van de gematigde gebieden stroomt aan het aardoppervlak dan weer in omgekeerde richting naar de evenaar. Zo ontstaan er wereldwijd grofvezel drie luchtcirculatiecellen. Dit creëert aan het aardoppervlak wereldwijde windsystemen die een min of meer permanent karakter

BIJDRAGE VAN DE VOORNAAMSTE BROEIKASGASSEN AAN DE TEMPERAATUURSTOENAME VAN 33°C DOOR HET NATUURLIJKE BROEIKASEFFECT VAN DE ATMOSFEER

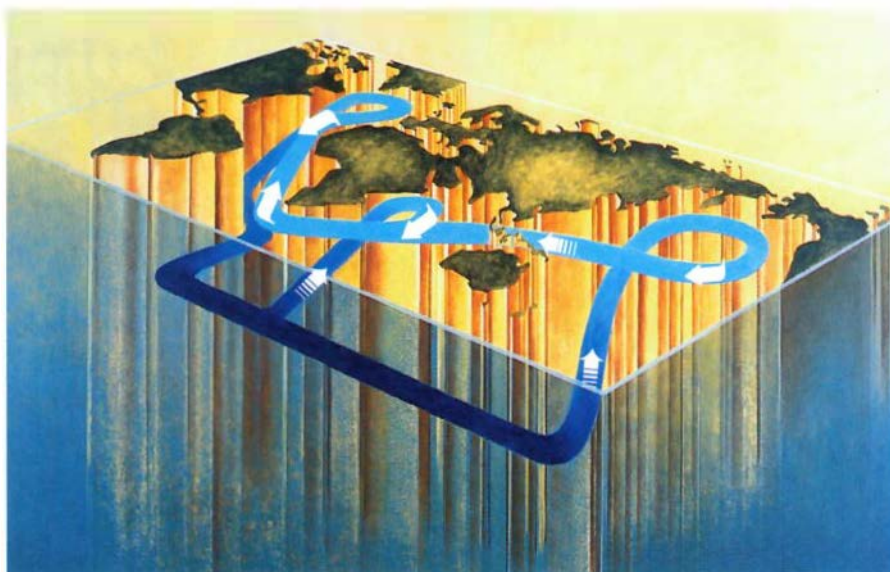
BROEIKASGAS	BIJDRAGE TOT HET BROEIKASEFFECT
H_2O (waterdamp)	$20,5^\circ\text{C}$
CO_2 (koolstofdioxide)	$7,0^\circ\text{C}$
O_3 (ozon)	$2,5^\circ\text{C}$
N_2O (distikstofoxide)	$1,5^\circ\text{C}$
CH_4 (methaan)	$1,0^\circ\text{C}$
Andere gassen	$0,5^\circ\text{C}$



bezitten. Een tweede belangrijk aspect van de atmosfeer is zijn sterk variërend verticaal temperatuurprofiel. Het zijn vooral de troposfeer (0-12 km) en de stratosfeer (12-50 km) die een belangrijke rol spelen binnen het klimaat. Voor meer details i.v.m. het temperatuurprofiel van de atmosfeer zie hoofdstuk 5 'Antarctica, het gat in de ozonlaag'.

Een erg belangrijke rol is ook weggelegd voor de hydrosfeer vanwege de grote hoeveelheden zonnearmte die de oce-

anen absorberen (en opslaan). Hierbij verdampt zeewater en vormen zich wolken, waardoor warmte aan de atmosfeer wordt afgegeven. Wereldwijde thermohaliene oceaanstromingen vervoeren daarenboven immense hoeveelheden warmte over de hele aarde. Het eventueel stilvallen van deze oceaanstroming zou wereldwijd enorme klimaatveranderingen veroorzaken. Zo zou het gebied rond de Noord-Atlantische Oceaan met ongeveer 6°C afkoelen.



De alpiene gletsjers
het versterkte broeikaseffect

VEREENVOUDIGDE VOORSTELLING VAN DE HOOFDKENMERKEN VAN DE ATMOSFERISCHE LICHTCIRCULATIE. HETE LUCHT STIJGT OP AAN DE EVENAAR (TOT 20 KM HOOGTE) EN STROOMT POOLWAARTS (BLAUWE PIJLEN). OP EEN BREEDTE VAN ONGEVEER 30° IS DE LUCHT AFGEKOELD EN DAALT, WAAR DE LUCHT STIJGT ONTSTAAN LAGEDRUKGEBIEDEN, WAAR ZE DAALT HOGEDRUKGEBIEDEN. EEN DEEL VAN DEZE AFGEKOELDE LUCHT STROOMT AAN HET AARDOPPERVLAK OPNIEUW NAAR DE EVENAAR. GROFWEG BESTAAN ER WERELDWIJD ZO 3 CIRCULATIE-CELLEN. DOOR DE DRAAIING VAN DE AARDE STROOMT DE LUCHT AAN HET AARDOPPERVLAK NIET RECHT TERUG VOLGENS DE MERIDIAAN. ALDUS WAAIT TUSSEN 30° EN DE EVENAAR DE NOORDOOSTPASSAAT, TERWIJL OP ONZE BREEDTEN DE WESTENWIND DOMINEERT (RODE PIJLEN). OP HET ZUIDELIJK HALFROND IS HET NET OMGEKEERD.

THERMOHALIENE STROMING

Naast horizontale zeestromingen treden er ook belangrijke verticale stromingen op. Relatief warm zeewater dat in de Atlantische Oceaan naar de noordpool toestroomt, zal langzaam afkoelen en verdampen. Zodra het de omgeving van Groenland bereikt, zal het erg koude en zoute (zware) oceaانwater naar de diepe regio's van de oceaan zinken. Men spreekt over thermohaliene oceaانstromingen omdat het zinken van het oceaانwater aan de noordpool wordt veroorzaakt door de dichtheidsverschillen in het water die te wijten zijn aan verschillen in temperatuur (thermo) en zoutgehalte (halien). Op enkele duizenden meter diepte stroomt het koude, zoute oceaانwater terug naar het zuiden, richting Zuid-Afrika. Van daaruit vloeit het naar de Stille Oceaan en wordt langzaam warmer en minder zout. Na enkele eeuwen komt het opnieuw aan de oppervlakte in het noorden van de Stille Oceaan. Een aftakking komt aan de oppervlakte in de Indische Oceaan. Van daaruit stroomt het warmere en minder zoute water op enkele honderden meters diepte via Zuid-Afrika terug naar de Atlantische Oceaan en de kringloop is rond.

WERELDWIJDE OCEAANSTROMINGEN VERVOEREN IMMENSE HOEVEELHEDEN WARMTE OVER DE GEHELE AARDE.

Ook oppervlaktestromen, deels meegevoerd door de heersende zeewind, kunnen plaatselijk het regionale klimaat sterk beïnvloeden. Een voorbeeld hiervan is de Golfstroom, een warme zeeënstroming die vanuit de Golf van Mexico naar Noord-Europa vloeit. Deze Golfstroom creëert in Noord-Europa een veel warmer klimaat dan gebruikelijk op vergelijkbare breedte. Zonder die Golfstroom zou het in Noord-Europa (en ook bij ons) enkele graden kouder zijn.

De cryosfeer, bestaande uit zowel land- als zeeijs, speelt een belangrijke rol omdat zij grote hoeveelheden zonnestraling terugkaatst en dus de energiegelans van de aarde sterk beïnvloedt. Zo reflecteren sommige delen van Antarctica meer dan 90% van de invallende zonnestraling, terwijl het planetaire albedo (aardoppervlakte + atmosfeer) slechts 0,3 bedraagt (zie kader).

Het klimaat wordt ook door het geheel van planten en dieren op aarde, de biosfeer, beïnvloed. Zo is het albedo van bossen (0,15) lager dan dat van woestijnen (0,3). De aanwezigheid van uitgestrekte continentale wouden of immense woestijnvlakten zal zeker zijn effect hebben op het klimaatsysteem. Daarnaast absorberen planten CO₂ en emitteren dieren CO₂ en CH₄, beide belangrijke broeikasgassen. Grote hoeveelheden atmosferisch CO₂ worden immers door het oceanisch fytoplankton opgenomen, waardoor het natuurlijke broeikas effect niet uit de hand loopt. De oceanen zullen dus als het ware CO₂ uit de atmosfeer.

Tot slot oefent de geosfeer, zij het uiterst traag, een invloed uit op het klimaat door de vorming van gebergten die de luchtstromingen beïnvloeden. Ook de verschuiving van de continenten over het

aardoppervlak heeft een belangrijke invloed op het wereldklimaat en dit op een tijdschaal van tientallen miljoenen jaren. Continenten kunnen immers oceaanstromingen verhinderen naar de polen te stromen. Gedurende het grootste gedeelte van de geschiedenis van de aarde kon oceaanwater ongehinderd vanuit de tropen tot in de poolstreken vloeien waardoor deze gebieden vrij van ijs bleven. Hierdoor absorbeerde de aarde meer zonnestraling (lager albedo) met een warmer klimaat tot gevolg. Op korte termijn kunnen vulkaanuitbarstingen het wereldklimaat grondig verstoren.

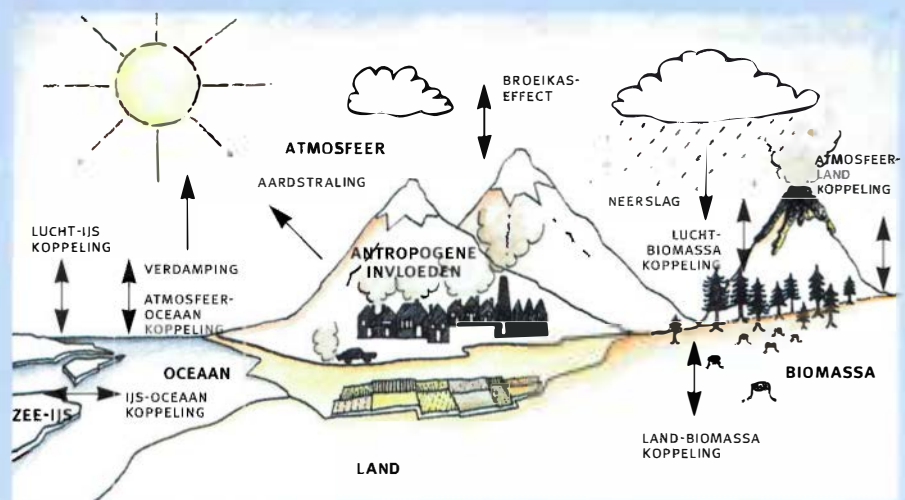
Uit dit laatste voorbeeld blijkt opnieuw hoe sterk al deze elementen die elk op een eigen ritme veranderingen ondergaan, met

elkaar in wisselwerking treden en hoe ze het klimaat beïnvloeden. Het uiteindelijke klimaat moet dus steeds worden gezien binnen een complex atmosfeer-biosfeer-oceaan-ijs-land-systeem. Wijzigingen in één klimaatelement hebben doorgaans een effect op de volledige klimaatmachine met soms ingrijpende wereldwijde klimaatveranderingen tot gevolg.

Misschien is er zelfs nog een zesde element: de mens!

De alpiene gletsjers trekken zich terug

De laatste 100 tot 150 jaar hebben wereldwijd veel gebergtegletsjers zich teruggetrokken. Vermits de grote Europese gletsjers zich in gebieden bevinden



SCHEMATISCH OVERZICHT VAN DE COMPONENTEN VAN HET KLIMAATSYSTEEM, HUN PROCESSEN EN INTERACTIES.

BRON | IPCC

ALBEDO

Het albedo van een oppervlak is een maat voor het weerkaatsingsvermogen ervan, d.w.z. voor de hoeveelheid zonnestraling die wordt gereflecteerd. Een albedo met een waarde van '1' stelt een perfect reflecterend oppervlak voor. Witte oppervlakken, zoals sneeuw en ijs, hebben een hoog albedo van 0,8 tot 0,9. Een albedo van 'nul' stelt een perfect absorberend oppervlak voor. Donkere oppervlakken zoals bossen en oceanen hebben lage albedo's (0,1 tot 0,3) en reflecteren dus weinig (maar absorberen veel) zonnestraling. Draag maar eens een zwart en een wit T-shirt in volle zon. Dan voel je duidelijk wat het effect is van respectievelijk een laag en hoog albedo!



①



②



③

TERUGTREKKING VAN DE GRINDELWALD GLETSJER (ZWITSERLAND) TIJDENS DE LAATSTE 150 JAAR.

① : 1820 ② : 1860 ③ : 1974

die reeds honderden jaren bewoond zijn, beschikt men voor sommige gletsjers over lengtemetingen die teruggaan tot de jaren 1600. En ook hier merkt men dat de terugtrekking erg spectaculair is sinds de tweede helft van vorige eeuw. Niet alle gletsjers smelten echter af, sommige groeien ook aan op plaatsen waar bijvoorbeeld heel veel neerslag valt. Toch kunnen we zeggen dat de terugtrekking van de gebergtegletsjers de laatste 150 jaar erg algemeen en wereldwijd was. Deze terugtrekking is het meest dramatisch bij de alpiene gletsjers, die sinds eind vorige eeuw bijna de helft van hun massa zijn verloren. Deze wereldwijde terugtrekking van de gebergtegletsjers heeft waarschijnlijk eenzelfde wereldwijde oorzaak.

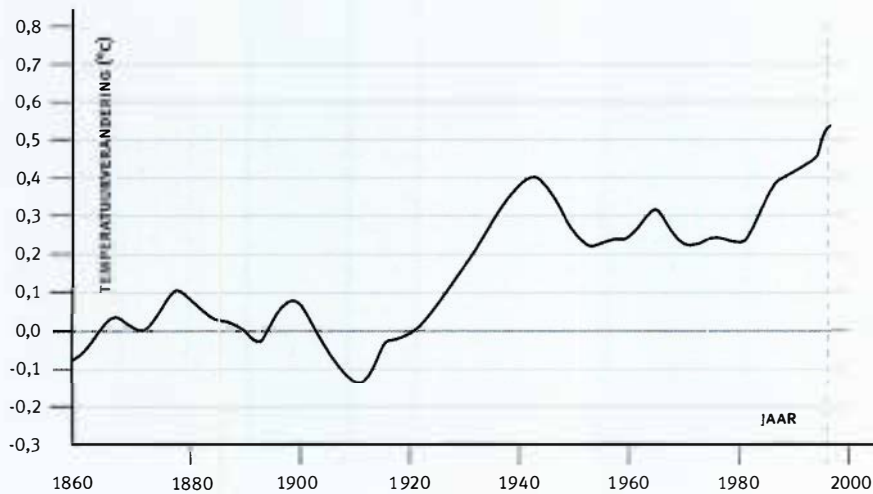
De meest vermelde oorzaak is een verandering van het klimaat. Dit is een zeer voor de hand liggende verklaring want het wereldklimaat is wel degelijk veranderd sinds vorige eeuw. Men stelde vast dat sinds het einde van vorige eeuw de gemiddelde luchttemperatuur aan het aardoppervlak wereldwijd met $0,5^{\circ}\text{C}$

gestegen is. De afgelopen jaren behoren bovendien tot de warmste sinds het begin van de instrumentele metingen in 1860, terwijl de gemiddelde zomertemperatuur in het noordelijke halfrond (Europa, Noord-Amerika en Oost-Azië) de afgelopen decennia de warmste blijkt te zijn sinds minstens het jaar 1400.

Die wereldwijde opwarming is echter niet gelijk over de hele wereld. De recente opwarming was het grootst boven land op het noordelijke halfrond tussen 40°N en 70°N . Andere streken, zoals de gematigde breedten van de Stille Oceaan en het noorden van het Noord-Atlantische gebied, zijn de laatste decennia afgekoeld. Ook is in de tweede helft van deze eeuw de gemiddelde nachttemperatuur wat meer toegenomen dan de gemiddelde dagtemperatuur. Daarnaast is, wat hoger boven onze hoofden, gedurende de tweede helft van deze eeuw de temperatuur van de troposfeer lichtjes toegenomen, terwijl de temperatuur van de stratosfeer de laatste 20 jaar met meer dan $0,5^{\circ}\text{C}$ is gedaald.

GLETSJERS EN KLIMAAT

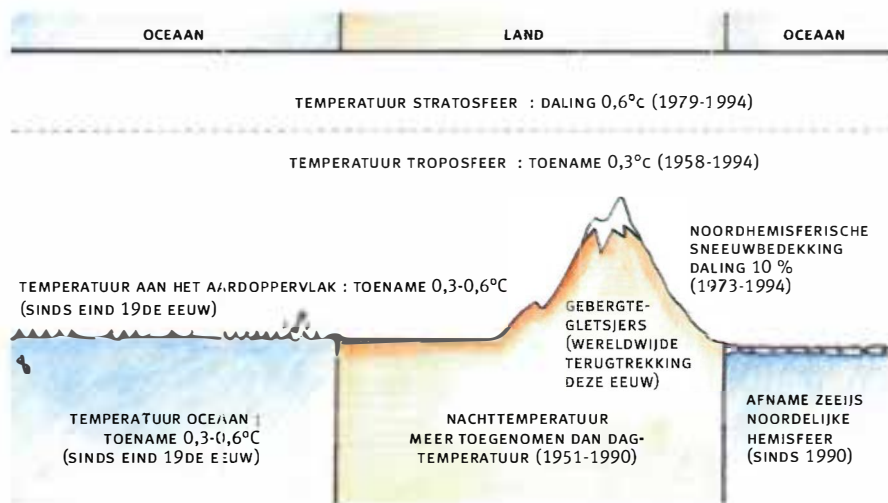
Hoewel het afsmelten en aangroeien van gletsjers door de meeste klimaatonderzoekers wordt verklaard door een veranderend klimaat, is de relatie tussen klimaatverandering en gletsjerslengte niet altijd even duidelijk. Sinds het midden van vorige eeuw is er een wereldwijde terugtrekking van de gletsjers waarneembaar. Temperatuurreksen tonen daarentegen slechts een wereldwijde opwarming sinds 1920, ruim een halve eeuw nadat de gletsjers zich begonnen terug te trekken. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de toegenomen infrarode terugstraling van de atmosfeer naar het aardoppervlak, door de sterk toegenomen hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer sinds het begin van de industriële revolutie, de gletsjers doet smelten. Een gletsjer kan immers niet opwarmen boven 0°C . Ook reageert een gletsjer steeds met een zekere vertraging op een klimaatverandering. Afhankelijk van zijn omvang antwoordt een gletsjer gemiddeld pas 10 tot 50 jaar na een klimaatwijziging. Dit verklaart waarom op dit moment een stopzetting of een vertraging van het terugtrekken van sommige gletsjers wordt geconstateerd. Het is waarschijnlijk de reactie op de wereldwijde lichte temperatuursdaling die plaatsvond tussen 1940 en 1975. Een gletsjer draagt als het ware een hele klimaatgeschiedenis met zich mee!



DE GEMIDDELDE WERELDWIJDE OPPERVLAKTELUCHTTEMPERatuur IS SINDS EIND VORIGE EEUW TOEGENOMEN MET 0,5°C.
BRON | IPCC

Ook andere elementen duiden op een verandering van het wereldklimaat. Door de wereldwijde opwarming is de zeespiegel gedurende de laatste 100 jaar met 10 tot 25 cm gestegen (grotendeels door de thermische uitzetting van de warmer geworden oceanen). Over land nam men deze eeuw een lichte stijging van de hoeveelheid neerslag waar, terwijl de hoeveelheid wolken over de oceanen de

laatste decennia is toegenomen. Op het noordelijk halfrond heeft men tot slot geconstateerd dat de laatste 20 jaar de totale oppervlakte aan besneeuwde landgebieden merkbaar is verminderd. Men heeft dus enkele aanwijzingen dat het wereldklimaat verandert. Moeten we ons daarover ongerust maken? Het klimaat verandert immers voortdurend, of niet soms?



OVERZICHT VAN DE WAARGENOMEN KLIMAATTREND SINDS HET BEGIN VAN DE INSTRUMENTELE METINGEN EIND VORIGE EEUW (TEMPERATUURINDICATOREN).

BRON | IPCC

Natuurlijke variaties van het klimaat

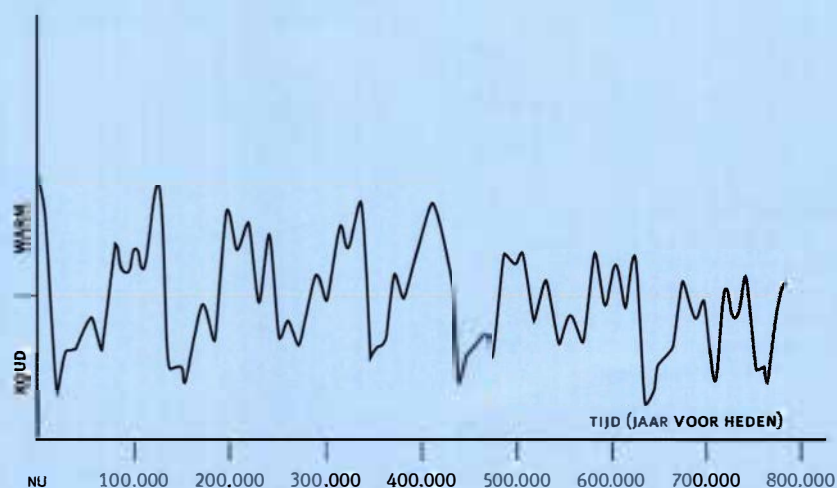
Het klimaat van het verleden

Sinds het ontstaan van de aarde is het klimaat voortdurend veranderd. In onze streken leefden er 100 miljoen jaar geleden dinosaurussen in een warme, vochtige, tropische omgeving. Er was toen nog geen sprake van ijs aan de polen. Ongeveer 50 miljoen jaar geleden begon de aarde langzaam af te koelen en verschenen er op de polen ijskappen, terwijl hoog in de bergen sneeuw en ijs zich ophoopten en gletsjers vormden.

Twee miljoen jaar geleden werden ook de continenten met ijs bedekt. Deze continentale ijskappen strekten zich uit over Noord-Amerika en Noord- en Midden-Europa (Nederland, Duitsland, Engeland). Ze groeiden aan tijdens de koudere perioden (de ijstijden of glacialen) die 50.000 - 100.000 jaar duurden. Tijdens de warmere perioden (de tussenijstijden of interglacialen), die gemiddeld 15.000 jaar duurden, smolten ze dan gedeeltelijk opnieuw weg.

Deze opeenvolging van glacialen en interglacialen vond gedurende de laatste 2.000.000 jaar heel regelmatig plaats, waarbij de temperatuur tijdens de koudere perioden 5-10°C lager was dan tijdens de warmere perioden. Dit bijna cyclisch patroon van opeenvolgende glacialen en interglacialen kan in verband worden gebracht met natuurlijke variaties in de beweging van de aarde om de zon (zie kader 'Astronomische theorie'). Hierdoor verandert de hoeveelheid en de verdeling van de zonnestraling die door de aarde wordt opgevangen.

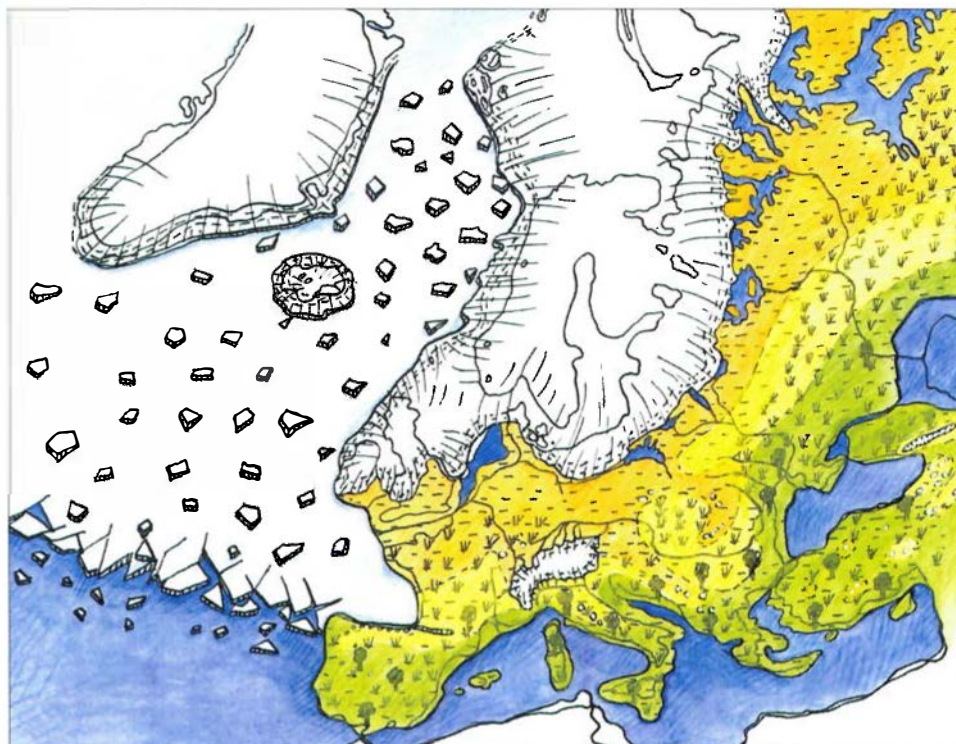
Op dit moment leven we in het interglaciaal dat volgde op de laatste ijstijd die ongeveer 12.000 jaar geleden eindigde. Het hoogtepunt van dit interglaciaal was 6.000 jaar geleden. Het klimaat was toen ongeveer 2°C warmer dan nu. Sindsdien is de temperatuur langzaam beginnen dalen (waardoor de uitgestrekte alpiene gletsjers terugkeerden; de continentale ijskappen daarentegen groeiden niet terug aan) en dat zal nog zo'n 5.000 jaar verder gaan. Daarna volgen nog enkele koudere periodes, o.a. binnen 20.000 jaar, tot we binnen 55.000 jaar opnieuw in een volwaardige ijstijd zullen terechtkomen.



HET KLIMAAT TIJDENS DE AFGELOPEN 800.000 JAAR WORDT GEKENMERKT DOOR OPEENVOLGENDE KOUDERE EN WARMERE PERIOEDEN.

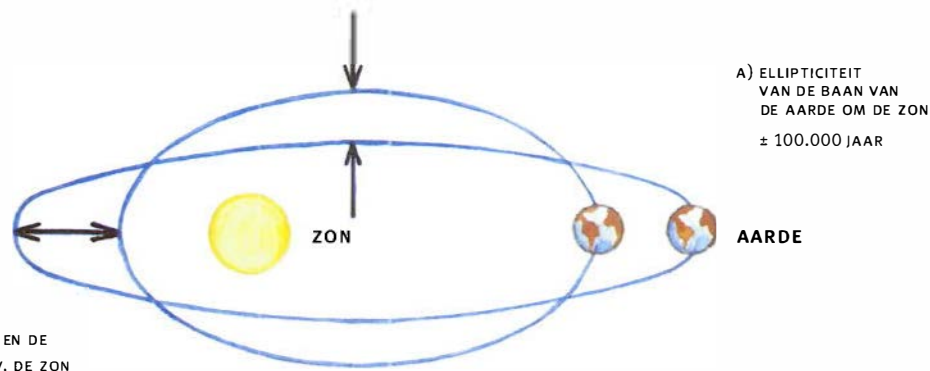
DE LAATSTE IJSTIJD

Tussen 115.000 en 12.000 jaar geleden bevonden we ons in de laatste ijstijd waarbij het klimaat in onze streken zo'n 5°-10°C kouder was dan nu. Scandinavisch landijs strekte zich uit over Denemarken en grote delen van Groot-Brittannië en Ierland. Ook Zwitserland was nagenoeg geheel bedolven onder immense gletsjers. Het klimaat in België was vergelijkbaar met het huidige steppeklimaat in Noord-Azië. Het landschap was overheersend een steppe-toendra en doordat er zoveel water in de ijskappen zat opgeslagen, lag de zeespiegel wel 100 m lager in vergelijking met nu. De Noordzee was 'leeg' en, indien men de extreme koude wilde trotseren, was Groot-Brittannië vanuit onze streken te voet bereikbaar.

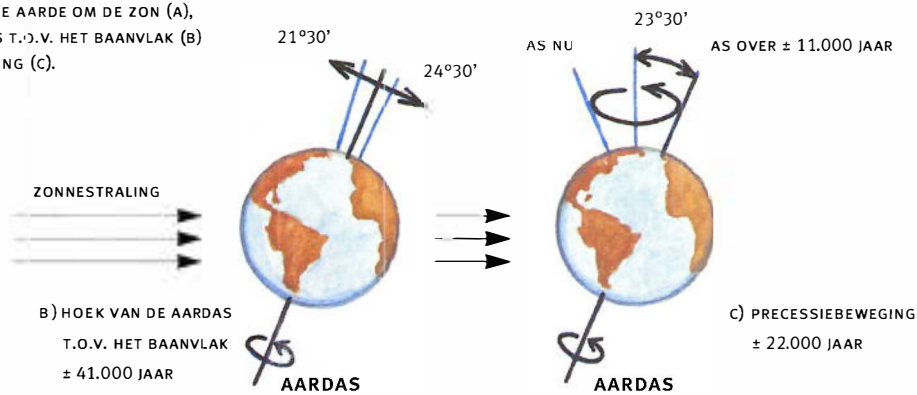


- CONTINENTALE IJSKAP
- PAKIJS
- GRENS VAN HET ZEE-IJS (IN DE WINTER)
- OPEN OCEAAN
- GEEN VEGETATIE
- POLAIRE WOESTIJN OF TOENDRA
GRAS OF STRUIKVEGETATIE
- GRAS EN/OF STRUIKVEGETATIE
TOENDRA OF STEPPE
GEDEELTELIJK BEBOST
- GRAS EN/OF STRUIKVEGETATIE
STEPPE OF OPEN GRASLAND
GEDEELTELIJK BEBOST

MAXIMALE GROEI VAN DE CONTINENTALE IJSKAPPEN IN EUROPA 20.000-18.000 JAAR GELEDEN. IN DE WINTERPERIODE REIKTE HET ZEEIJS OP DE ATLANTISCHE OCEAAN TOT NOORD-SPANJE.



WIJZIGINGEN IN DE AFSTAND AARDE-ZON EN DE RELATIEVE POSITIE VAN DE AARDAS T.O.V. DE ZON BEÏNVLOEDEN DE HOEVEELHEID EN DE VERDELING VAN DE ONTVANGEN ZONNESTRALING: DE ELLIPTICITEIT VAN DE BAAN VAN DE AARDE OM DE ZON (A), DE HOEK VAN DE AARDAS T.O.V. HET BAANVLAK (B) EN DE PRECESSIEBEWEGING (C).



ASTRONOMISCHE THEORIE:

In de jaren '20 herwerkte en verfijnde de Joegoslavische geofysicus Milutin Milankovitch (1879-1958) enkele reeds bestaande 19de-eeuwse ideeën over de oorzaak van klimaatvariëaties op aarde. Zijn astronomische theorie (soms ook 'Milankovitch Theorie' genoemd) beschrijft hoe de stand van de aarde ten opzichte van de zon de hoeveelheid en de verdeling van de zonnestraling die de aarde ontvangt, bepaalt. Volgens de baan van de aarde rond de zon varieert van bijna cirkelvormig tot meer elliptisch of ovaal (over een periode van 100.000 jaar) staat de aarde niet altijd even ver van de zon. Dit heeft tot gevolg dat de **hoeveelheid** zonnestraling die de aarde ontvangt varieert. Hoe meer elliptisch de baan van de aarde om de zon, hoe groter het verschil tussen zomer en winter. De **verdeling** van deze opgevangen zonnestraling op onze aardbol wordt voornamelijk bepaald door twee bijkomende factoren. Enerzijds verandert de stand van de scheefstaande aardas, waarrond de

aarde 1 maal per dag draait, ten opzichte van het vlak dat loodrecht staat op het baanvlak van de aarde rond de zon. Over een periode van 41.000 jaar varieert deze hoek tussen ongeveer $21,5^\circ$ en $24,5^\circ$ (de huidige waarde bedraagt $23^\circ 27'$). Hoe groter de hoek, des te meer zonnestraling de noordelijk gelegen gebieden op aarde ontvangen in de zomer en des te minder in de winter. Hoe kleiner de hoek, hoe meer de seizoenen worden afgevlakt. Bij een hoek van 0° (verticale stand van de rotatie-as, wat niet voorkomt) zouden er geen seizoenen meer zijn. Anderzijds maakt diezelfde aardas, door de aantrekkingskracht van andere hemellichamen, voornamelijk de maan en Jupiter, op onze niet perfect ronde aardbol (de aarde is lichtjes afgeplat aan de polen en uitgedijld aan de evenaar) een precessiebeweging zoals een draaitol. Deze **toelbeweging** beïnvloedt de **intensiteit** van de seizoenen **over een periode van ongeveer 22.000 jaar** en zorgt ervoor dat de seizoenen ten opzichte van het kalenderjaar verschuiven. Op dit moment

staat de aarde het dichtst bij de zon in het midden van de winter op het noordelijk halfrond (en dus midden in de zomer op het zuidelijk halfrond). Over ongeveer 11.000 jaar zal de aarde het dichtst bij de zon staan in het midden van de zomer (op het noordelijk halfrond). De zomers zullen dan warmer zijn dan nu en de winters kouder.

De combinatie van deze drie variabelen beïnvloedt de hoeveelheid zonnestraling die de aarde door de eeuwen heen ontvangt. Op welke wijze dit ons klimaat beïnvloedt (en dus ook de cyclische opeenvolging van koudere en warmere perioden op aarde) is niet volledig duidelijk. Deze variabele zonnestraling werkt immers in op het gehele klimaatsysteem en we weten dus niet exact wat de atmosfeer, geosfeer, hydrosfeer, biosfeer en cryosfeer met deze energie aanvangen. Bovendien worden er tegelijkertijd nauwelijks voorspelbare terugkoppelingseffecten (zie verder) in het leven geroepen, bepalend voor het uiteindelijke wereldklimaat.

Maar zelfs binnen een tijdsbestek van 1000 jaar kunnen belangrijke klimaatvariatiaties voorkomen. De periode tussen 900 en 1300 wordt omwille van zijn milde klimaat wel eens het Middeleeuws Optimum genoemd.

Tijdens deze periode werd er op grote schaal wijn verbouwd in Engeland en onze streken. Door het wegsmelten van een deel van de Arctische ijskap zagen de Vikings de kans zich te vestigen op IJsland en Groenland en sommigen bereikten zelfs Amerika. Tussen 1400 en 1850 daarentegen keerden we terug naar een kouder klimaat met lange, strenge winters en korte, vochtige zomers. Dit klimaat was gemiddeld 'slechts' 1,5°C kouder dan nu.

Tijdens deze periode, gekend als de Kleine IJstijd, voren de Theems in Groot-Brittannië en de Taag in Portugal geregeld toe. Men had toen zelfs de gewoonte om jaarlijks kermissen te orga-

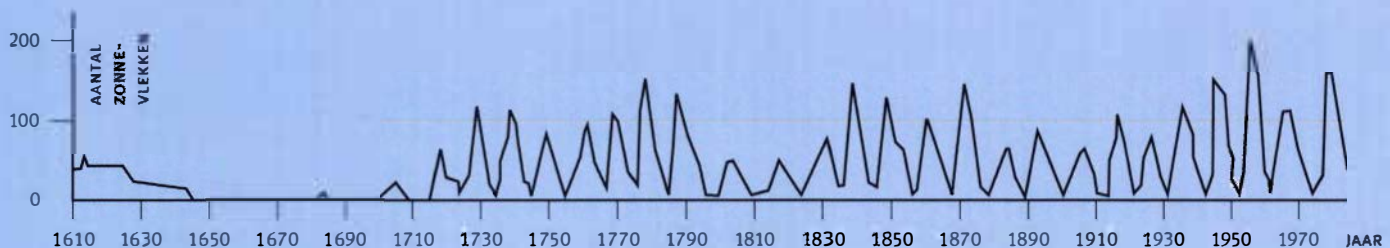
niseren op de Theems. Het is ook tijdens deze periode dat de alpiene gletsjers in Europa snel aangroeiden. Deze Kleine IJstijd was ook rampzalig voor de Vikingkolonies op Groenland, die door het oprukkende Noord-Atlantische zeeijs van de rest van de wereld werden afge-neden en verdwenen.

Noodgedwongen verdween ook de wijn-teelt in onze streken. Hoewel er nog geen bevredigende verklaring voor deze tijde-lijke afkoeling voorhanden is, bestaan er verschillende theorieën: een geringere zonneactiviteit, een hogere frequentie van vulkaanuitbarstingen of het tijdelijk weg-vallen of verschuiven van de noordelijke tak van de warme Golfstroom (zie kader).



HOE MEER ZONNEVLEKKEN, HOE ACTIEVER DE ZON. OP DIT BEELD VAN DE ZON ZIJN MEERDERE (GROEPEN VAN) ZONNEVLEKKEN ZICHTBAAR, GEWOONLIJK OMGEVEN DOOR MEER HELDERE FAKKELS (HELDERE PLEKKEN). HOEWEL DEZE ZONNEVLEKKEN KOUDER ZIJN DAN DE FOTOSFEER, VORMEN ZE DE BASIS VAN MEESTAL ZEER ACTIEVE GEBIEDEN IN DE CHROMOSFEER EN DE CORONA, DE BUITENSTE LAGEN VAN DE ZON.

DE 11-JARIGE ZONNEVLEKKENCYCLUS IS DE MEEST GEKENDE. TIJDENS EEN VAN DE KOUDSTE PERIODES VAN DE KLEINE IJSTIJD (1640-1710) WERDEN ER ZEER WEINIG ZONNEVLEKKEN WAARGENOMEN EN WAS DE CYCLUS NAGENOE G HELEMAAL AFWEZIG.



ORZAKEN VAN KLEINE KLIMAATSCHELLINGEN

Sinds het einde van de laatste ijstijd, ongeveer 12.000 jaar geleden, is het klimaat relatief stabiel geweest. Er traden echter wel geregeld kleine klimaatveranderingen op, en dit op een tijdschaal van enkele honderden tot duizenden jaren. De 'Kleine IJstijd' is hiervan een treffend voorbeeld. Wat deze klimaatvariatiaties veroorzaakte, is niet steeds duidelijk. Een kort overzichtje van mogelijke oorzaken:

VARIATIE VAN DE ZONNEACTIVITEIT

De totale energie die door de zon wordt uitgezonden, is niet constant, maar fluctueert op een tijdschaal van dagen tot decennia. Indien de zon erg actief is, wordt zij gekenmerkt door de aanwezigheid van zonnevlekken: hoe meer zonnevlekken, hoe actiever de zon. Zo viel een welgekend minimum in de zonneactiviteit, afgeleid uit een visuele telling van het aantal zonnevlekken, samen met één van de

koudste periodes van de 'Kleine IJstijd'. Op dit ogenblik zijn er verschillende zonnecycli bekend (11 jaar, 22 jaar, 85 jaar, 200 jaar, 2400 jaar), waarbij de zonneactiviteit periodiek varieert. Klimaatmodellen maken echter duidelijk dat de cyclische variatie van de zonnestraling alleen niet voldoende is om de geobserveerde klimaatveranderingen tweeweg te brengen.



VULKAANUITBARSTINGEN

Enkele maanden na een hevige vulkaanuitbarsting treedt wereldwijd veelal een lichte afkoeling op. De grote hoeveelheden stof en zwaveldioxide die bij een vulkaanuitbarsting in de hogere atmosfeer worden gebracht, houden het invallende zonlicht tegen en veroorzaken een afkoeling van het wereldklimaat. Zo leidde de recente uitbarsting van de Mount Pinatubo op de Filippijnen in juni 1991 tot een iets lagere gemiddelde wereldtemperatuur (0,2 - 0,3°C) die nog tot in 1993 merkbaar was. De impact van de uitbarsting van de Tamboera in Indonesië in 1816, de hevigste uitbarsting die in de geschiedenisboeken vermeld staat, was nog veel groter en zorgde voor enkele extreem koude jaren in Europa en Noord-Amerika. Wanneer bovendien een reeks achtereenvolgende vulkaanuitbarstingen plaatsvindt, kan dit mogelijk leiden tot een wereldwijde langetermijnafkoeling. Zo toonden wetenschappers aan dat de 'Kleine IJstijd' gekenmerkt werd door episodes van hoge vulkanische activiteit, in tegenstelling tot het Middeleeuws Optimum (1100-1300) toen de vulkanische activiteit lager was.

OCEAANCIRCULATIES

Op dit moment leeft West-Europa onder een relatief zacht klimaat omdat de Golfstroom warmte aanvoert. Deze Golfstroom maakt deel uit van een wereldwijde oceaancirculatie. Indien er een lichte wijziging zou optreden in deze oceaancirculatie kan het klimaat op bepaalde plaatsen sterk worden beïnvloed. Zo zou het op het Europese continent enkele graden kouder kunnen worden door het wegvalen van de Golfstroom. Doorgaans treden wijzigingen in deze wereldwijde oceaancirculaties op in de loop van meerdere honderden jaren. Recente studies suggereren echter dat deze wijzigingen ook erg plots (in minder dan 100 jaar) kunnen optreden.

Daarnaast is er El Niño, een ingewikkeld natuurfenomeen dat om de drie à vijf jaar optreedt en waarbij een enorme massa warm water vanuit de Stille Oceaan naar Zuid-Amerika wordt gevoerd. Dit heeft grote gevolgen voor het globale weer. Deze enorme waterschuiving gaat namelijk gepaard met intense wolkenvorming die het normale windpatroon op een hoogte van 8-15 km sterk

EEN STEVIGE VULKAANUITBARSTING BRENGT ENORME HOEVEELHEDEN STOF EN ZWAVELDIOXIDE IN DE ATMOSFEER, DIE OP KORTE TERMIJN HET WERELDWIJDE KLIMAAT BEÏNVOEDEN.

verstoort. Deze gewijzigde hoogtewinden kunnen de positie van de straalstroom boven de Noordelijke Stille Oceaan beïnvloeden waardoor de weerpatronen op veel plaatsen in de wereld ernstig in de war worden gebracht. Zo kunnen 'El Niño's' leiden tot zware overstromingen en grondverschuivingen in de Verenigde Staten, Peru en Cuba, hevige regenval in het westen van Noord-Amerika, rampzalige droogte in Zuid-Afrika, Australië en Indonesië, ondraaglijke hitte in Florida en wervelstormen in Hawaï en Tahiti. Enkele erg zware El Niño's traden op in 1982-1983 en 1997-1998. De El Niño van 1982-1983 eiste tweeduizend mensenlevens en honderdduizenden mensen sloegen op de vlucht. (De totaal opgelopen schade wordt op 500 miljard BEF geschat.) Dit bijna periodiek optreden van El Niño kan aan de basis liggen van kleine klimaatveranderingen, op een schaal van decennia, tijdens de laatste 500 jaar.

RECONSTRUCTIE VAN HET KLIMAAT

UIT HET VERLEDEN

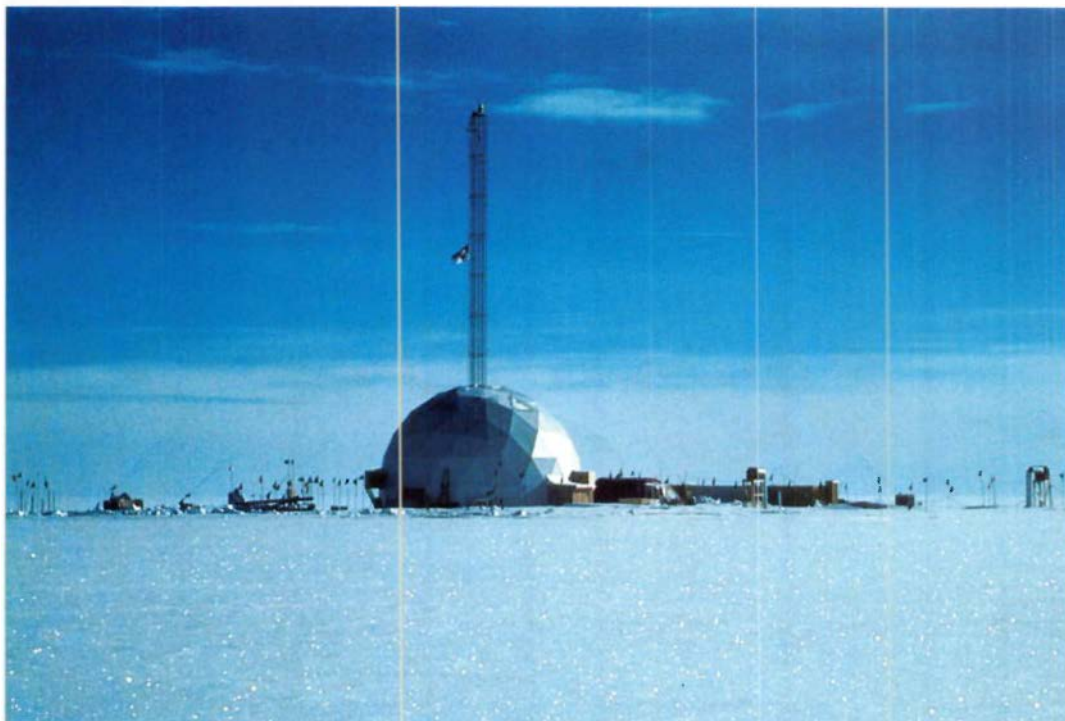
Op korte termijn (tot enkele duizenden jaren terug) kunnen we informatie halen uit wat kroniekschrijvers door de eeuwen heen wisten te noteren. Zij vertelden soms, zij het op subjectieve wijze, dat de winters in hun tijd uiterst streng waren of dat grote hongersnoden en overstromingen het land teisterden. Ook schilderijen geven een beeld van het toen heersende klimaat. Zo werden gedurende de koude Kleine Ijstijd relatief veel winterlandschappen geschilderd, door o.a. Pieter Breughel de Jongere, wat wijst op het voorkomen van strenge winters. Ook de studie van de jaarlijkse groeiringen van bomen (de dendroklimatologie) verschaft informatie over het klimaat uit het verleden. Als een boom groeit, wordt er elk jaar een nieuw laagje boomcellen aangemaakt, juist onder de schors. Kapt men die boom om dan ziet men de jaarlijkse groei in de vorm van boomringen. De dikte van elke boomring hangt af van o.a. de plaatselijke temperatuur, vochtigheid en de hoeveelheid zonneschijn. Sommige naaldbomen laten ons toe het klimaat te reconstrueren van de laatste 8.500 jaar!



DE IDYLLISCHE WINTERLANDSCHAPPEN UIT DE KLEINE IJSTIJD INSPIREERDEN VELE SCHILDERS (NAAR EEN SCHILDERIJ VAN P. BREUGHEL DE JONGERE).

DE JAARLIJKSE AFZETTING VAN SNEEUW OP DE QUELCCAYA GLETSJER IN ZUID-AMERIKA IS DUIDELIJK ZICHTBAAR.

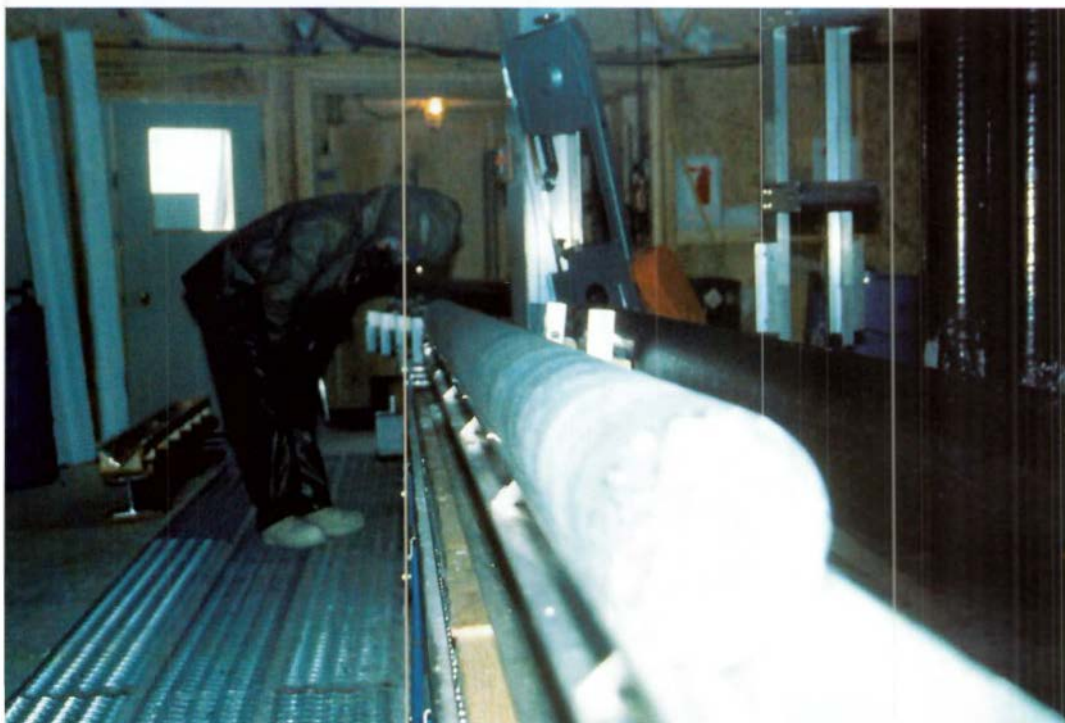




Om nog verder terug te gaan in het verleden (meer dan 100.000 jaar) moeten we naar de polen trekken. Om het oudste ijs dat zich op Antarctica bevindt te onderzoeken, moeten we enkele kilometers diep in de ijskap boren. We stoten dan op ijs dat 500.000 jaar oud is. Het oudste laagje ijs op Groenland is 'slechts' 250.000 jaar oud. Zoals de jaarringen in een boom bestaat een ijskap uit laagjes ijs afkomstig van de jaarlijks afgezette sneeuw. Uit de analyse van een in plakjes gesneden 2 km lange en tien cm dikke boorkern kan vrij nauwkeurig het klimaat worden gereconstrueerd.

Informatie over de luchttemperatuur die heerste op het moment dat de sneeuw werd afgezet, halen we uit de verhouding tussen de twee 'soorten' water waaruit het ijs is opgebouwd. 'Gewoon' water (H_2O) bevat naast 2 waterstofatomen (H) een gewoon zuurstofatoom (^{16}O). Daarnaast bestaat er ook water dat een zwaar zuurstofatoom (^{18}O) i.p.v. een gewoon zuurstofatoom bevat. Per 500 gewone zuurstofatomen komt er ongeveer 1 zwaar zuurstofatoom voor. Eigenlijk zijn beide watermoleculen nagenoeg identiek en komen ze op natuurlijke wijze voor in de oceanen. Het water met het zware zuurstofatoom weegt gewoon wat meer dan het 'gewone' water.

Hierdoor verdampt het zwaardere water minder gemakkelijk. Bij een warmer klimaat zit er in verhouding dus meer 'zwaar water' in de afgezette sneeuw dan bij een kouder klimaat. Wanneer we dus de verhouding tussen 'zware zuurstof' en 'gewone zuurstof' analyseren, geeft ons dit een idee van het toen heersende klimaat. Bovendien zaten tussen de neerdwarrelende sneeuwvlokjes ook nog luchtbelletjes die nadien opgesloten raakten in het steeds dikker wordende pak ijs. Analyse van de CO_2 -inhoud van de luchtbelletjes geeft ons een beeld van de atmosferische CO_2 -variatie, over een perio-



de van tienduizenden jaren heen. Uit meetgegevens afkomstig van de Vostok-ijskernen van Antarctica blijkt dat de veranderingen in de atmosferische CO₂-concentratie in sterke mate parallel lopen met het temperatuurverloop (zie figuur blz.55).

Een bijna identieke redenering geldt voor de zuurstofatomen die zich bevinden in de sedimentaire fossiele kalkschelpjes van miljoenen dode zeediertjes die zich op de bodem van de oceanen bevinden. De zuurstofatomen in de kalk(CaCO₃)-schelpjes zijn afkomstig van de zuurstofatomen van het water. Hoe warmer het klimaat, des te minder 'zwaar water' er in de oceaan zit en des te minder 'zware zuurstof' in de schelpjes. Door het bestuderen van een zeebodemmonster kunnen we zo vele miljoenen jaren teruggaan in de tijd. Ook de studie van bodemsedimenten in meren, koraalafzettingen en pollen in diepe ijslagen, zee- of landsedimenten kan interessante informatie opleveren over het paleoklimaat.

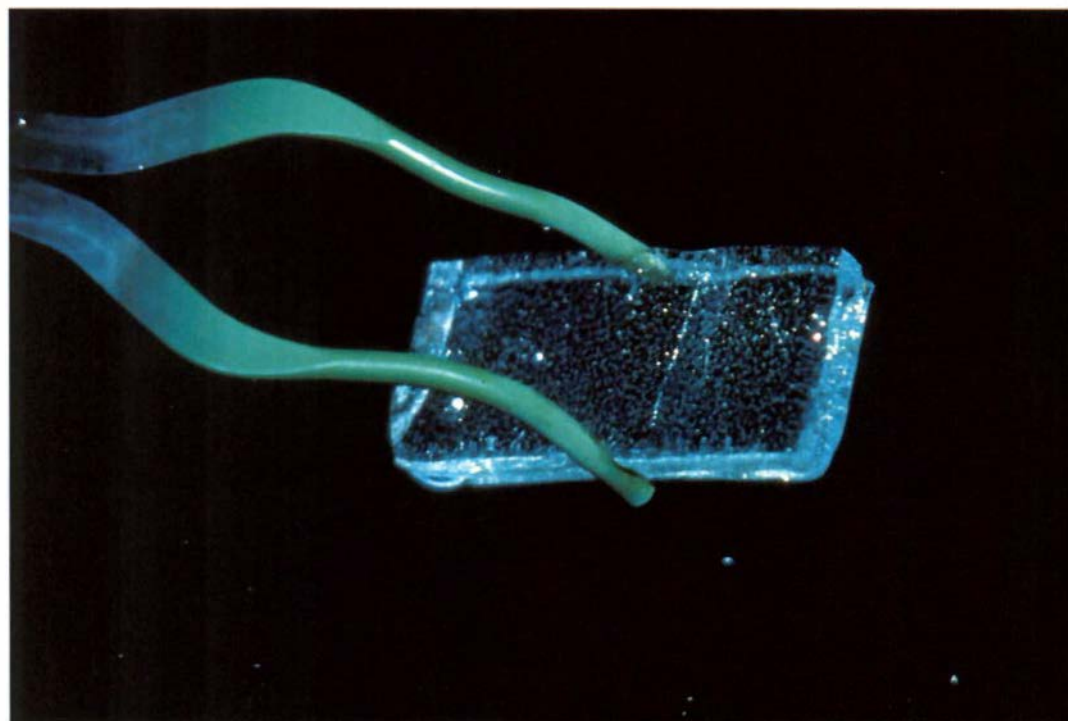
DOOR IJSBOORKERNEN TE BESTUDEREN, KUNNEN WE TOT VER IN HET VERLEDEN HET KLIMAAT VRIJ NAUWKEURIG RECONSTRUEREN.

– BOORTOREN IN HET SUMMIT-GEBIED, GROENLAND.

– DE BOORKERN WORDT GEMETEN, VAN EEN LABEL MET TECHNISCHE INFORMATIE (LENGTE, TEMPERATUUR, EVENTUELE BREUKEN...) VOORZIEN EN IN 2-METER LANGE STUKKEN GESNEDEN VOOR BEWARING.

– DOOR MIDDEL VAN EEN LICHTTAFEL KUNNEN DE ONDERZOEKERS NAUWKEURIG DE 'JAARRINGEN' TELLEN IN DE IJSKERN.

– EEN PLAKJE VAN EEN IJSKERN, KLAAR VOOR CHEMISCHE ANALYSE. IN HET IJS ZIJN DE INGESLOTEN LUCHTBELLETJES VAN EEN ZEER OUDE ATMOSFEER DUIDELIJK ZICHTBAAR.



Terugkoppelingsmechanismen

Het wereldklimaat wordt gekenmerkt door stabiliteit. Door bepaalde gebeurtenissen kan het klimaat tijdelijk ontregeld raken, maar het zal altijd opnieuw streven naar een soort dynamisch evenwicht. Het klimaatsysteem probeert zich constant aan te passen aan storingen, waardoor het klimaat veranderingen ondergaat. Een verandering in één deel van het klimaatsysteem kan als een waterval het gehele gekoppelde klimaatsysteem doorlopen waardoor het erg moeilijk wordt de gevolgen voor het klimaat juist in te schatten. Deze moeilijkheid is voornamelijk te wijten aan het feit dat het klimaatsysteem op twee manieren kan reageren op de opgedrongen veranderingen: door ze te versterken (positieve terugkoppeling) of door ze af te zwakken (negatieve terugkoppeling).

Een voorbeeld hiervan is het ijs-albedo terugkoppelingsmechanisme (ook wel ijs-albedo 'feedback' genoemd). Veronderstel dat de aarde opwarmt door een toegenomen hoeveelheid zonnestraling die ze ontvangt door een verandering in haar stand ten opzichte van de zon. Logischerwijs zullen delen van de ijskap en de gletsjers beginnen te smelten. Hierdoor komt de ondergrond, de oceaan of het land, bloot te liggen. Vermits deze oppervlakken een lager albedo (weerkaatsingsvermogen) hebben dan ijs, zal minder invallende zonnestraling worden weerkaatst en dus meer straling worden geabsorbeerd. Hierdoor neemt de opwarming nog verder toe. Meer ijs en sneeuw smelten weg waardoor nog meer energie-absorberende oppervlakken komen bloot te liggen... We zijn dus in een soort spiraalbeweging terechtgekomen waardoor de aarde steeds meer opwarmt. Dit is een voorbeeld van een positieve terugkoppeling. Bij negatieve terugkoppeling daarentegen werkt het effect van een bepaalde verandering tegengesteld in op die verandering; het doet de oorspronkelijke verandering (gedeeltelijk) teniet. Het 'wolkerterugkoppelingsmechanisme' is hiervan een voorbeeld. Laten we opnieuw uitgaan van een opwarming van de aarde door astronomische omstandigheden. Hogere temperaturen leiden tot een toegenomen

verdamping van oceaanwater. Meer waterdamp in de lucht betekent meer wolkenvorming. Hoe meer de aarde met wolken bedekt is, hoe meer invallende zonnestraling gereflecteerd wordt. Hierdoor daalt de globale temperatuur. Men start dus met een opwarming en men bereikt het tegengestelde effect: een afkoeling.

Dit voorbeeld toont aan hoe onvoorspelbaar en complex het effect van terugkoppeling kan zijn. We hebben immers verteld dat de atmosferische waterdamp verantwoordelijk is voor een opwarming van 20,5°C door het natuurlijke broeikaseffect. Waterdamp is immers het belangrijkste broeikasgas. We hebben in dit geval ook te maken met een 'waterdamp-temperatuurstijging' terugkoppeling! Bovendien zijn wolken ook in staat om warmtestraling van de aarde op te slopen en dus het broeikas effect te versterken. Of de wolken een negatieve of positieve terugkoppeling veroorzaken, hangt af van hun hoogte, temperatuur en reflecterende eigenschappen. Het is dus op voorhand erg moeilijk te voorspellen of de aarde zal afkoelen door de toename in hoeveelheid wolken, of dat zij verder zal opwarmen door de stijgende waterdampconcentratie en de absorptie van warmtestraling. En er zijn nog tal van andere terugkoppelingsmecha-



nismen die we hier niet gaan bespreken. Dit betekent dus dat een wetenschapper voor een bepaald klimaatprobleem een hele reeks mogelijke scenario's zal geven en niet zozeer een uiterst nauwkeurige voorspelling aangaande grootte en exacte locatie van de opwarming.

Natuurlijke klimaatveranderingen: conclusie

Even een korte samenvatting. Over periodes van 10.000 tot 100.000 jaar spelen astronomische factoren, die de hoeveelheid en de verdeling van de invallende zonnestraling op het aardoppervlak bepalen, een hoofdrol in de glaciaal-interglaciaal overgangen. Door deze variaties in zonnestraling worden binnen het complexe klimaatsysteem veel terugkoppelingsmechanismen op gang gebracht die het uiteindelijke klimaat creëren. Op kortere termijn, gaande van enkele tientallen tot enkele duizenden jaren, zijn vooral de variabiliteit van de zon, de verandering van oceaancirculaties en het vulkanisme belangrijk. Op elk moment wordt de uiteindelijke toestand van het klimaat bepaald door een combinatie van alle beschreven factoren die het stralingsbudget van het globale klimaatsysteem aantasten.



BIJ HET AFBRANDEN VAN TROPISCH REGENWOU
KOMEN NAAST STIKSTOFOXIDEN EN AËROSOLEN,
GROTE HOEVEELHEDEN CO₂ EN CH₄ VRIJ. WIJZIGINGEN
IN LANDGEBRUIK SPELEN IN TROPISCHE LANDEN
EEN BELANGRIJKE ROL IN DE UITSTOOT VAN
BROEIKASGASSEN.

De mens en het klimaat

We hebben gezien dat de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde gedurende de laatste 100 jaar een gevolg kan zijn van natuurlijke variaties in het klimaat. Tot nu toe hebben we altijd gedaan alsof de mens er helemaal niet is. Maar de mens leeft wel degelijk op aarde en hij wijzigt onmiskenbaar de samenstelling van de atmosfeer. Aangezien de atmosfeer een heel belangrijk onderdeel van het klimaatstelsel is, verandert de mens misschien wel mee het klimaat. Laten we deze veronderstelling eens onder de loep nemen.

Wijziging van de atmosferische samenstelling sinds 1750

De aarde heeft enorme veranderingen ondergaan sinds 1750, het begin van de industriële revolutie, en in het bijzonder sinds begin deze eeuw. Naast een sterke industriële ontwikkeling waaraan een ongekende grootschalige luchtvervuiling

gekoppeld is, kenden we een ongeziene bevolkingsexplosie van 1 miljard mensen in 1800 naar 2,5 miljard in 1950 tot bijna 6 miljard op dit moment. Deze twee factoren brengen uiteraard een nog steeds groeiende vraag naar energie met zich mee, met alle gevolgen vandaan voor het milieu.

De grote boosdoeners zijn de fossiele brandstoffen: steenkool, petroleum en aardgas. De verbranding van deze brandstoffen resulteert namelijk in enorme hoeveelheden koolstofdioxide (CO₂) en dit is een belangrijk broeikasgas. Naast de uitstoot van CO₂ door de verbranding van fossiele brandstoffen, komt er ook nog CO₂ vrij bij het afbranden van tropisch regenwoud en de productie van cement. Sinds 1750 werd een toename van 30% vastgesteld in de atmosferische CO₂-concentratie. Vermits deze broeikasgassen niet door de natuur maar door de mens in de atmosfeer worden geloosd, dragen zij niet bij tot het natuurlijke broeikaseffect. Men zegt dat zij bijdragen tot het *versterkte* broeikaseffect! De relatieve bijdrage aan het versterkte broeikaseffect van de CO₂-uitstoot door de menselijke activiteiten bedraagt meer dan 60%!

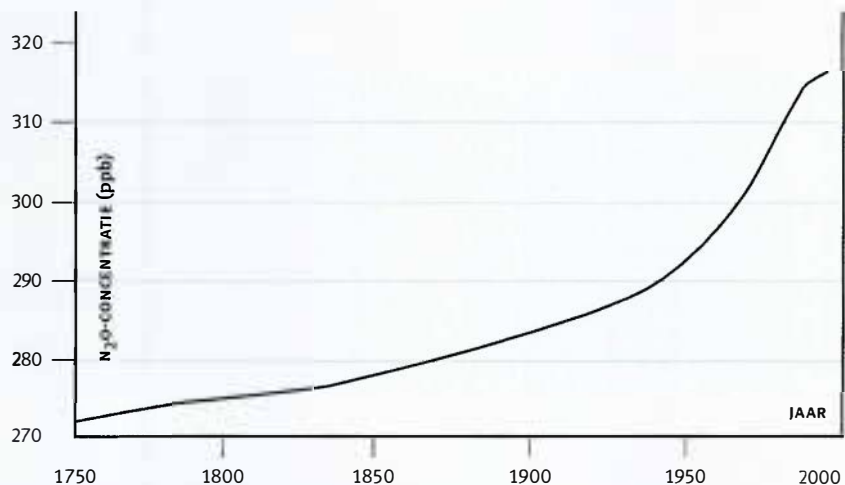
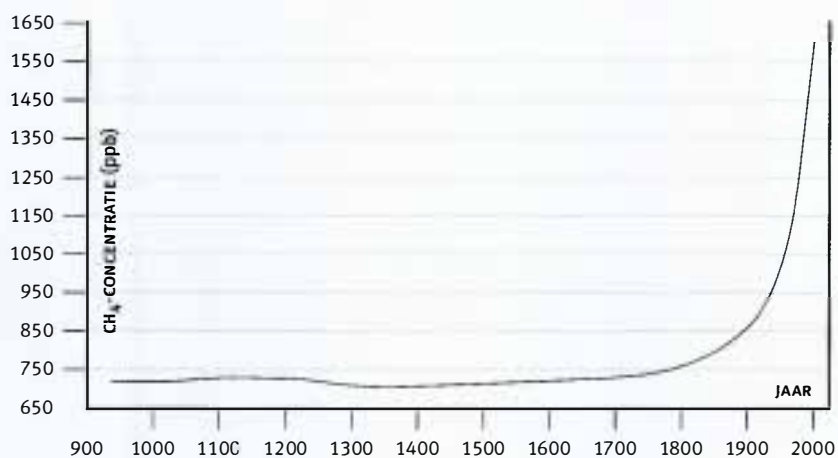
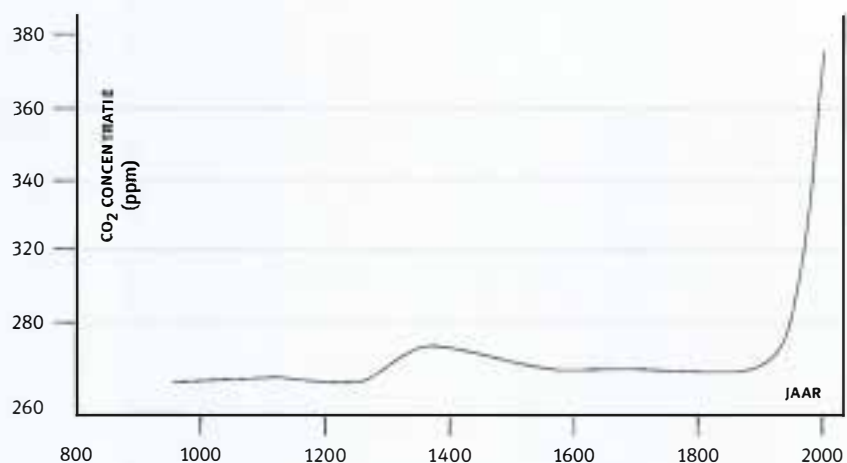
DE UITSTOOT VAN KOOLSTOFDIOXIDE DOOR DE INDUSTRIË EN ELEKTRICITEITSCENTRALES DRAAGT WERELDWIJD VOOR 40% BIJ TOT HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT. OOK DE TRANSPORTSECTOR NEEMT EEN STEVIGE 20% VOOR ZIJN REKENING.



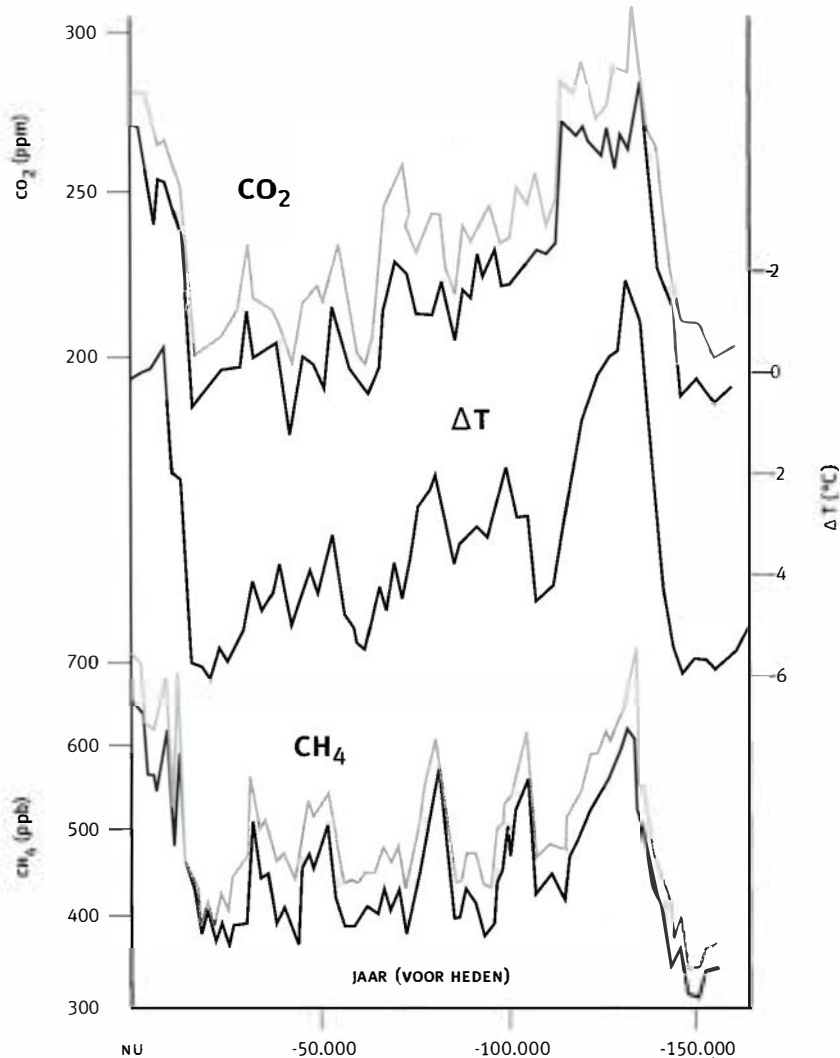
RELATIEVE BIJDRAGE VAN DE VERSCHILLENDE SECTOREN TOT HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT (OP WERELDSCHAAL)

SECTOR	BIJDRAGE TOT HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT.
Huishoudelijke activiteiten	16%
Industrie	18%
Tropische ontbossing	20%
Transport	23%
Elektriciteitscentrales	23%

Indien we de evolutie van de CO_2 -concentratie over een lange termijn bekijken, is het enigszins verontrustend vast te stellen dat de huidige CO_2 -concentratie flink hoger is dan ze 150.000 jaar lang is geweest en nog steeds toeneemt met een nooit geziene snelheid (hier raast en op blz. 55). Daarnaast kan men ook een spectaculaire stijging van de methaanconcentratie waarnemen (zie figuur hiernaast). De hoeveelheid methaan (CH_4) in de atmosfeer is meer dan het dubbele van wat ze de afgelopen 150.000 jaar is geweest. Antropogene methaanbronnen dragen voor 70% bij tot de totale methaanemissie in de atmosfeer en de uitstoot neemt jaarlijks nog dramatisch toe. Grote hoeveelheden methaan komen vrij op de Aziatische rijstvelden waar dikwijls noodgedwongen twee oogsten per jaar worden binnengehaald. Daarnaast worden grote hoeveelheden methaan geproduceerd door de intensieve veeteelt (momenteel houden de boeren er wereldwijd 1,5 miljard stuks vee op na) via de inwendige gistingprocessen van de dieren en het onvermijdelijke dierlijke afval. Ook de petroleumindustrie, de koolmijnactiviteiten, het gebruik van aardgas, de verbranding van biomassa in de tropen en de anaërobie afbraak van afval op stortplaatsen brengen belangrijke hoeveelheden methaan in de atmosfeer. Zoals blijkt uit de figuur hiernaast is de atmosferische methaanconcentratie meer dan verdubbeld (met 45% toegenomen) ten opzichte van 1750, met een jaarlijkse



EVOLUTIE VAN DE CONCENTRATIE VAN CO_2 EN CH_4 (EN N_2O) IN DE ATMOSFEER TIJDENS DE LAATSTE 1000 JAAR (250 JAAR). MEN MERKT DUIDELIJK DE LANGZAME TOENAME SINDS HET BEGIN VAN DE INDUSTRIËLE REVOLUTIE EINDE 18DE EEUW EN DE SPECTACULAIRE STIJGING SINDS BEGIN DEZE EEUW.

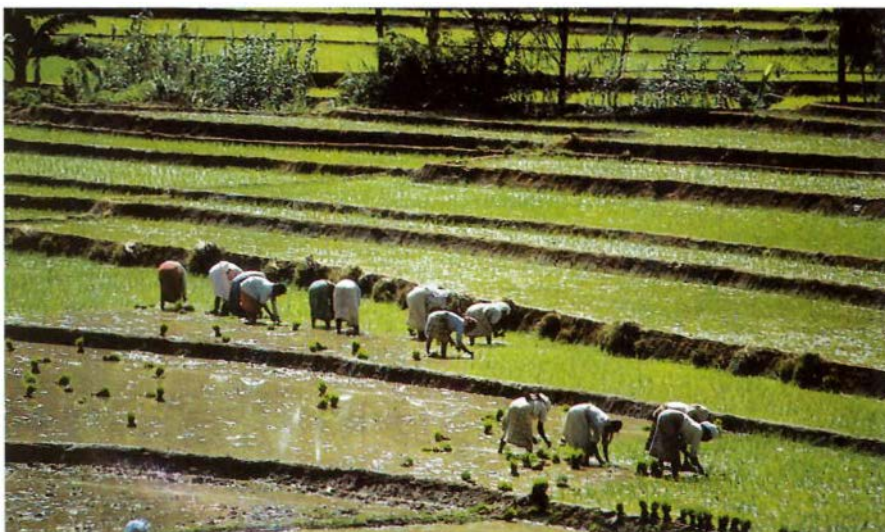


PARALLELE EVOLUTIE VAN DE TEMPERatuur, DE KOOLSTOFDIOXIDE- EN METHAANCONCENTRATIE IN DE ATMOSFEER DE LAATSTE 150.000 JAAR. DEZE GEGEVENS ZIJN HET RESULTAAT VAN DE ANALYSE VAN EEN MEER DAN 2.000 METER LANGE IJSKERN (VOSTOK, ANTARCTICA).

toename van bijna 1%. De relatieve bijdrage van methaan tot het versterkte broeikaseffect bedraagt 20%, ongeveer 1/3 van de CO₂-bijdrage!

Naast koolstofdioxide en methaan leveren nog drie andere gassen een belangrijke bijdrage tot het versterkte broeikaseffect: N₂O (het zogenaamde lachgas), O₃ (ozon) en de CFK's en HCFK's (zie hoofdstuk 5 'Antarctica, het gat in de ozonlaag'). De mens brengt N₂O in de atmosfeer door zijn intensieve landbouwpraktijken met een overmatig mestgebruik, het gebruik van fossiele brandstoffen, biomassaverbranding en de chemische industrie. De hoeveelheid antropogene N₂O in de atmosfeer is bijna even groot als de bijdrage van de natuur zelf. Ook CFK's, de beruchte ozonvreeters, en vele CFK-alternatieven, zoals de HFK's, zijn belangrijke broeikasgassen (CFK's hebben dus weinig goeds te bieden!). En tot slot mogen we ook ozon niet vergeten te vermelden. De wereldwijde ozonconcentratie in de troposfeer blijkt jaarlijks toe te nemen met ongeveer 1%. De hoeveelheid stratosferisch ozon is echter aan het verminderen waardoor de eventuele bijdrage van ozon moeilijk te bepalen is.

In de tabel op blz.56 wordt alles nog eens op een rijtje gezet.



DE ZEER INTENSIEVE RIJSTTEELT OP DE AZIATISCHE RIJSTVELDEN IS ÉÉN VAN DE BELANGRIJKSTE ANTROPOGENE METHAANBRONNEN. METHAAN ONTSTAAT DOOR DE ANAEROBE GISTING VAN BIOMASSA IN DE ZUURSTOFARME BODEMS.

OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE BROEIKASGASSEN

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFK
Concentratie 1750	280 ppm	700 ppb	275 ppb	0 ppt
Concentratie 1998	360 ppm	1700 ppb	310 ppb	350 ppt
Toename 1750-1998	30%	145%	15%	---
MVP (100 jaar)*	1	21	310	1300-7000
Bijdrage a/h versterkte broeikas effect	±60%	±20%	±5%	±15%

*MONDIALE VERWARMINGSPOTENTIE: NIET ALLE BROEIKASGASSEN ZIJN EVEN EFFECTIEF IN HET ABSORBEREN VAN INFRARODE STRALING. ZO IS CH₄ (OVER EEN PERIODE VAN 100 JAAR) 21 MAAL EFFECTIEVER IN HET OPSLOPEN VAN AARDSTRALING DAN CO₂. VOR N₂O IS DIT 310 MAAL, TERWIJL DIT VOOR CFK'S TOT 7.000 MAAL KAN OPLOPEN!

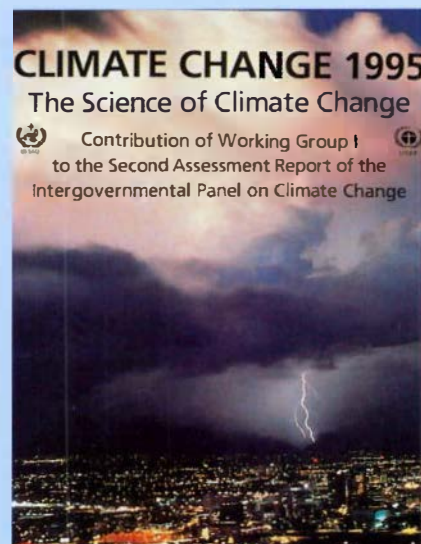
Laten we tot slot niet vergeten dat de mens een belangrijke bijdrage levert aan de atmosferische aerosolen of zwevende deeltjes. Omdat aerosolen slechts een korte levensduur beschoren is, zijn ze niet homogeen verdeeld over de lagere troposfeer. De hoogste concentraties vinden we rond en boven de natuurlijke (woestijn) en antropogene (industriële) brongebieden. Het is duidelijk dat de atmosfeer gedurende de laatste 200 jaar een belangrijke gedaanteverandering heeft ondergaan; maar heeft dit nu iets te maken met ons gewijzigde klimaat?

Oorzaak en gevolg: het IPCC

In 1988 werd door de Verenigde Naties het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) opgericht om de wereldwijde klimaatproblematiek te onderzoeken. Deze gezaghebbende groep wetenschappers analyseert en bestudeert nauwlettend de steeds toenemende wetenschappelijke informatie in verband met oorzaken en gevolgen (zowel ecologisch, economisch als sociaal) van een klimaatverandering. Een hele boterham, maar het IPCC omvat dan ook meer dan 2000 deskundigen uit 80 landen! Zij kwamen eind 1995 tot enkele belangrijke conclusies. Enerzijds bestaat er nog maar

weinig twijfel over dat door toedoen van de mens de atmosferische concentraties van de broeikasgassen, zoals koolstofdioxide en methaan, toenemen. Anderzijds zijn de bewoordingen wat vager voor wat de veranderingen van het klimaat betreft. De temperatuurstoename van 0,3-0,6°C die sinds einde vorige eeuw is opgetreden, kan volgens het IPCC 'onmogelijk volledig van natuurlijke oorsprong zijn'. Met andere woorden, de mens is waarschijnlijk het klimaat aan het beïnvloeden. Maar, is het één (de wereldwijde temperatuursstijging) wel het gevolg van het ander (toegenomen concentratie aan broeikasgassen)? Intuïtief zou je zeggen van wel (de algemene opwarming strookt mooi met de broeikasgashypothese), maar zo werkt de wetenschap natuurlijk niet! We kunnen misschien nog andere scenario's bedenken die tot een gelijkaardige opwarming kunnen leiden, zoals een veranderende zonneactiviteit en enkele vulkaanuitbarstingen. Wetenschappelijk onderzoek heeft echter reeds uitgewezen dat de veranderende zonneactiviteit niet voldoende is om de vastgestelde temperatuurverandering te veroorzaken. Bovendien hebben modelberekeningen aangetoond dat de geobserveerde verticale temperatuurver-

andering (stratosferische afkoeling en troposferische opwarming) niet enkel te wijten kan zijn aan een variabele zonneactiviteit en/of vulkanische effecten. Volgens diezelfde computerberekeningen kan een verandering in de zonneactiviteit niet leiden tot een stratosferische afkoeling terwijl observaties aantonen dat vulkaanuitbarstingen de stratosfeer opwarmen en de troposfeer afkoelen! Elke verandering resulteert dus in een specifiek temperatuurspatroon en heeft als het ware zijn eigen vingerafdruk. Volgens compu-



HET IPCC RAPPORT 'THE SCIENCE OF CLIMATE CHANGE, 1995' KWAM TOT ENKELE BELANGRIJKE CONCLUSIES...

termodellen leidt een toename van de CO₂-concentratie in de atmosfeer tot een verticaal temperatuurspatroon dat sterke gelijkenissen vertoont met de huidige waargenomen atmosferische temperatuursverandering. Dit wijst dus in de richting van een antropogeen effect.

Daarnaast werd ook onderzoek verricht naar de invloed van aerosolen. Dit zijn kleine zwevende deeltjes in de atmosfeer die de neiging hebben het aardoppervlak af te koelen en het broeikas effect gedeeltelijk te compenseren. Een modelscenario waarin 'CO₂+aërosol' wordt ingevoerd, toont in grote lijnen meer overeenkomsten met de geobserveerde temperatuursveranderingen in tijd en ruimte dan wanneer 'enkel CO₂' in het model wordt ingebracht. Voor het huidige klimaat laten de 'enkel CO₂'-modellen over heel de lijn een globale opwarming zien. Observaties laten echter een patroon van opwarming en afkoeling zien, hetgeen ook gerealiseerd wordt met het 'CO₂+aërosol' scenario. De gebieden waar een afkoeling wordt gesimuleerd, vallen min of meer samen met (of windafwaarts van) de grote industriegebieden (West-Europa, Oost-Azië...) waar grote hoeveelheden aerosolen door de mens worden uitgestoten. De observaties geven ruwweg eenzelfde patroon van opwarming en afkoeling weer. Het wordt echter een hele klus een 'natuurlijk' scenario te bedenken dat een gelijkaardige afkoeling boven bepaalde gebieden kan verklaren. Andere gelijkenissen tussen de observaties en de 'CO₂+aërosol'-modellen, zoals de grotere opwarming op hogere breedten, zijn met het oog zichtbaar (zie figuur blz. 58). Statistische technieken kunnen dit verband nog veel beter weergeven. Dit zijn dan ook erg belangrijke aanwijzingen

AËROSOLEN EN HET KLIMAAT

Aërosolen zijn erg fijne vaste of vloeibare deeltjes met erg uiteenlopende samenstelling die in de lucht rondzweven: stof, roet, zeezoutkristallen, sporen van planten, virussen, zwavelzure druppeltjes en vele andere microscopisch kleine deeltjes. Hoewel veel van deze aerosolen een natuurlijke oorsprong hebben (stofstormen, vulkaanuitbarstingen...), zien we dat ze in grote hoeveelheden voorkomen in gebieden met sterk geconcentreerde industriële activiteiten (West-Europa, Noord-Amerika...). Deze aerosolen beïnvloeden de stralingsbalans van de aarde op twee manieren. Enerzijds oefenen aerosolen een directe invloed uit door invallende zonnestraling te absorberen of terug te kaatsen naar de ruimte. Anderzijds kunnen aerosolen de vorming, hoeveelheid en leeftijd van wolken beïnvloeden. Wolken hebben de neiging de invallende zonnestraling beter te reflecteren dan de oceanen of het land. Op die manier kunnen aerosolen het albedo van de aarde wijzigen en het klimaat beïnvloeden. Aerosolen kunnen dus een gedeelte van de opwarming door de broeikasgassen compenseren, maar alleen zolang deze aerosolen zich in de atmosfeer bevinden. Dit is veel korter dan het verblijf in de atmosfeer van de broeikasgassen.

dat de klimaatveranderingen en de globale opwarming, tenminste gedeeltelijk, het gevolg zijn van menselijke activiteiten.

Op basis van de vele wetenschappelijke publicaties en de IPCC-werkzaamheden bestaan er nu enkele algemeen aanvaarde feiten:

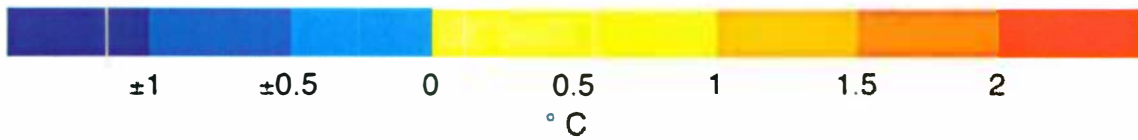
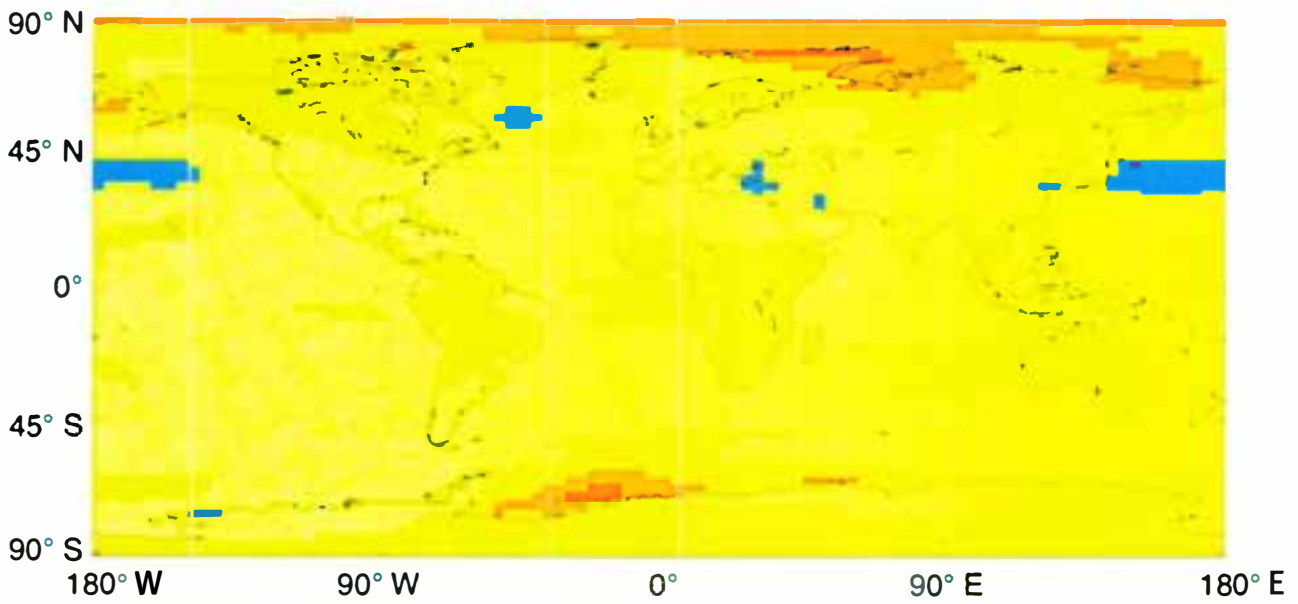
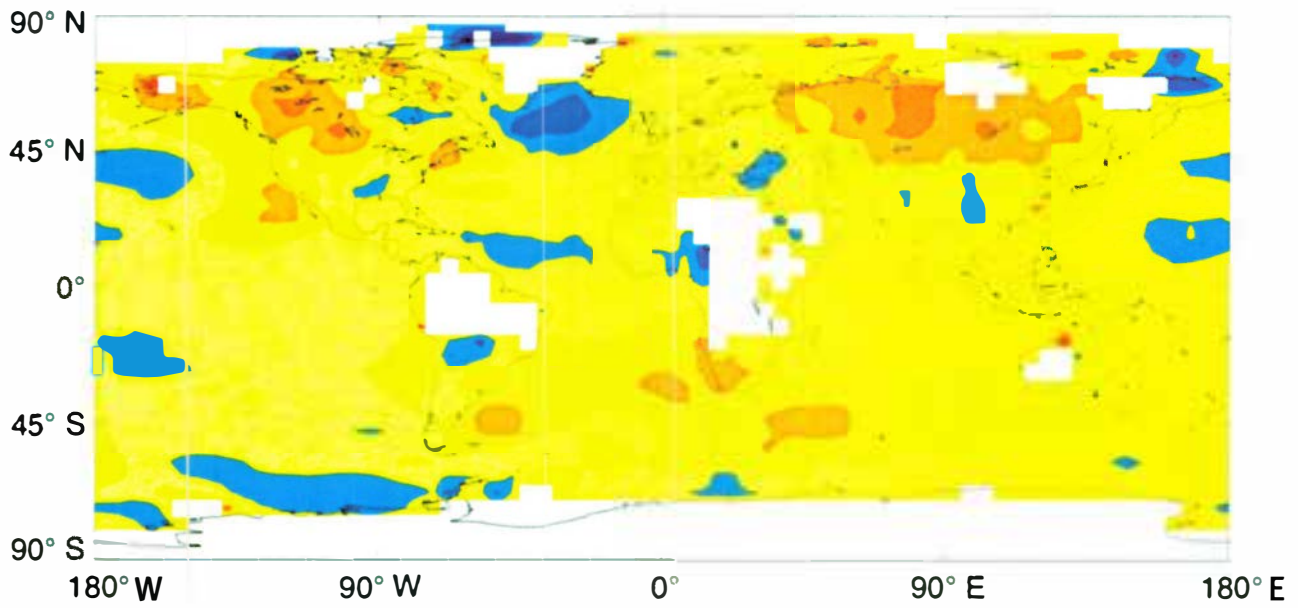
- Er is een sterke toename van de broeikasgasconcentratie (koolstofdioxide, methaan en lachgas) in de atmosfeer, voornamelijk door menselijke activiteiten zoals energieproductie, transport

en landbouw. Broeikasgassen houden de aardstraling tegen en zorgen voor een warmere aarde.

- Sinds het einde van vorige eeuw is de gemiddelde wereldtemperatuur met 0,3 - 0,6°C toegenomen en de voorbije jaren behoren tot de warmste sinds het begin van de metingen in 1860; de gemiddelde zeespiegel is tijdens deze eeuw gestegen met 10-25 cm.
- Het is erg onwaarschijnlijk dat de geobserveerde opwarming, 0,3-0,6°C deze eeuw, volledig van natuurlijke oorsprong is. Er zijn aanwijzingen dat de mens het wereldklimaat beïnvloedt.
- De temperatuur is minder toegenomen dan werd verwacht op basis van de geobserveerde CO₂-toename. Heel waarschijnlijk zorgen aerosolen in de atmosfeer voor een afkoelend effect.
- Een verdubbeling van de atmosferische CO₂-concentratie moet theoretisch leiden tot een gemiddelde mondiale temperatuurstijging van 1-2°C als alle andere factoren onveranderd blijven. In de realiteit zullen echter vele factoren veranderen als antwoord op de temperatuurstijging, waardoor zowel negatieve als positieve terugkoppingsmechanismen zullen optreden.

So what?

O.K., de mens wijzigt hier en daar het klimaat, dat kan toch niet zo erg zijn? Bovendien is het hier warmer geworden, al is het maar een luttele halve graad. dat is toch enkel voordelig voor de mens? Juist, maar het probleem gaat veel verder dan de opwarming van de aarde. De stijging van een halve graad is uiteraard weinig spectaculair, ware het niet dat deze stijging zich heeft voorgedaan op 100 jaar tijd, een seconde op de geologische tijd-



TEMPERATUURVERANDERING TIJDENS DEZE EEUW, WAARGENOMEN (BOVEN) EN GEMODELLEERD (ONDER). DE GEMODELLEERDE VERANDERING VAN DE LUCHTTEMPERATUUR BIJ DE GROND, DOOR HET GECOMBINEERDE EFFECT VAN DE HUIDIGE CO₂-CONCENTRATIE EN ZWAVELEMISSIES, KOMT BETER OVEREEN MET DE GEOBSERVEERDE TEMPERATUURVERANDERING DAN WANNEER ENKEL CO₂ IN REKENING WORDT GEBRACHT. ENKELE MET HET OOG ZICHTBARE OVEREENKOMSTEN ZIJN DE GROTERE OPWARMING OP HOGERE BREEDTEN EN DE AFKOELING IN HET ZUIDOOSTEN VAN EUROPA EN HET NOORDOOSTEN VAN DE VERENIGDE STATEN (HADLEY CENTRE CLIMATE MODEL).

HET VERKEERDE SPOOR?

Enkele Deense klimatologen hebben een heel andere verklaring voor de waargenomen temperatuursvariatie van de laatste 150 jaar. Zij stellen dat alles te maken heeft met natuurlijke variaties van de zonneactiviteit en dat er geen sprake is van enige menselijke invloed. Variaties in de zonneactiviteit zouden immers veranderingen teweegbrengen in de kosmische straling die de aarde bereikt. Deze variabele hoeveelheid kosmische straling zou dan op zijn beurt de hoeveelheid bewolking op aarde beïnvloeden. Minder wolken betekent een opwarming van het aardoppervlak, meer wolken een afkoeling. Deze theorie wordt gestaafd door mooie grafiekjes die een opmerkelijk verband weergeven (zij het over een relatief korte termijn) tussen zonneactiviteit en temperatuur enerzijds en wolkenvorming en kosmische straling anderzijds. Of deze erg controversiële theorie het bij het rechte eind heeft, zal nog moeten blijken... Aanhangers van de broeikas Theorie plaatsen er in elk geval veel vraagtekens bij, terwijl andere wetenschappers deze theorie eerder interessant en opwindend vinden.

schaal. We kunnen dus wel degelijk spreken van een plotse koortsopwelling van de aarde. Het gevaar bestaat dat deze opwarming wel eens veel te snel zou kunnen zijn opdat de mens, en de andere levende organismen zoals de planten en de dieren, zich tijdig zouden kunnen aanpassen aan de nadelige gevolgen ervan (zie verder). Bovendien kan door het versterkte broeikas effect het klimaatstelsel zodanig worden ontwricht dat het complexe terugkoppelingssystemen in het leven roept die kunnen leiden tot een totaal ander, voorlopig onvoorspelbaar klimaat dat heel waarschijnlijk minder gunstig zal zijn voor de mens. Het ver-

sterkte broeikas effect kan dus voor onaangename verrassingen zorgen die men nauwelijks op voorhand kan voorspellen. Een verstoring van het klimaatstelsel wordt immers op een niet-lineaire wijze beantwoord. Dit wil zeggen dat een kleine verandering bij de input niet automatisch resulteert in een kleine wijziging in de output. Integendeel, de veranderingen gebeuren eerder onverwacht, erg abrupt en intens! Men wijzigt een klein beetje, en er verandert niets. Men wijzigt vervolgens het systeem nog een klein beetje, en nog steeds merkt men geen verandering. Tot op een bepaald ogenblik het hele systeem plotseling grondig door elkaar wordt geschud, hoewel men opnieuw slechts een klein beetje aan het systeem heeft geprutst. Dit laatste beetje was net genoeg om een heel complex systeem in werking te zetten. Zo kan een kleine extra hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer het hele klimaatstelsel met zijn complexe terugkoppelingssystemen in een totaal andere toestand brengen. Men spreekt soms over het 'flippen' naar een andere toestand. Het is min of meer zoals het verkeer op de autosnelweg. Aanvankelijk rijd je probleemloos naar je bestemming tot je plotseling om een niet-aanwijsbare reden moet vertragen en in een muurvaste file terechtkomt. Het zijn kleine onopvallende oorzaken (vb. een kleine snelheidsvertraging doordat er even te veel auto's zijn) die er voor kunnen zorgen dat het verwachte patroon (ongehinderd rijden) plots sterk wordt verbroken (stilstaan in de file). Zo ook kan een plotselinge toename van de broeikasgassen, zoals we deze eeuw meemaken, het verwachte patroon sterk verstoren en het hele klimaatstelsel grondig door elkaar schudden met alle onver-

wachte gevolgen vandiën. Einstein zei ooit: 'God pokert niet met het heelal', waarmee hij bedoelde dat het heelal een mooi georkestreerd geheel is waarbij niets aan het toeval is overgelaten. Misschien is de mens wel aan het poken met zijn natuurlijke omgeving! De Amerikaanse klimatoloog J.W.C. White heeft ooit gezegd: 'Als er een gebruiksaanwijzing van het systeem aarde zou bestaan, dan zou het hoofdstuk over de klimaatregeling vast en zeker beginnen met de waarschuwing dat het klimaat is ingesteld op maximaal comfort en dat iedereen van de knoppen moet blijven!' Dat we misschien aan de knoppen gedraaid hebben, is wat de klimatologen het meest verontrust. Op dit moment bevinden we ons om die reden in een situatie waar we totaal geen ervaring mee hebben. Voor de klimatologen wordt het dan ook stilaan duidelijk dat we een verandering tegemoet gaan. Maar dat is dan ook al wat ze nu kunnen zeggen.

CO₂ ONDER DE ZEE!

Experts van het British Geological Survey berekenen dat het theoretisch mogelijk is om CO₂ in de poreuze zandstenen formaties duizend meter diep onder de Noordzeebodem op te bergen. In plaats van het CO₂ in de lucht te emitteren zouden de elektriciteitscentrales het vloeibaar kunnen maken en via pijpleidingen naar de ondergrondse rotsformaties van de Noordzee pompen. Daar zou het dan een miljoen jaar of langer kunnen worden gestockeerd. Aldus zou men de Europese CO₂-uitstoot met één derde kunnen verminderen. Of dit technisch en financieel haalbaar is, is een ander paar mouwen...

Voorkomen is beter dan genezen

In theorie moet een ophoping van broeikasgassen in de atmosfeer leiden tot een temperatuurstijging die op haar beurt een drastische klimaatverandering kan teweegbrengen. Bovendien is de mens waarschijnlijk reeds bezig het klimaat te beïnvloeden. We kunnen ons echter niet veroorloven pas in te grijpen op het moment dat we 100% zeker zijn dat de mens een klimaatverandering heeft veroorzaakt, omdat we dan ook (100%) zeker te laat zijn om hieraan nog iets te veranderen. Gedane zaken nemen geen keer. We moeten dus nu preventieve maatregelen nemen om een mogelijke, voor de mens ongunstige, klimaatverandering te vermijden. We denken hierbij aan rationeel energieverbruik of het aanwenden van hernieuwbare energiebronnen (wind, zon, golfslag...). Meer details leest u in het hoofdstuk 7 'Duurzame Ontwikkeling'.

KLIMAATMODELLEN

Een geavanceerd klimaatmodel is in wezen niet meer en niet minder dan een verzameling van tienduizenden wiskundige en scheikundige vergelijkingen die een beschrijving geven van (de enorme complexiteit van) het wereldklimaat. Deze vergelijkingen zijn gebaseerd op fysische wetten die aangeven hoe de temperatuur, de windrichting, de luchtvochtigheid, de luchtdruk... zullen evolueren in de tijd. De meest geavanceerde klimaatmodellen zijn de zogenaamde '3-Dimensionele General Circulation Models', afgekort 3D-GCM's. Het prefix 3D verwijst naar het feit dat het klimaat wordt beschreven volgens lengte- en breedtegraad (gewoonlijk met stapjes van enkele graden) en de hoogte. De aarde wordt dan al snel verdeeld in enkele duizenden punten, ook wel roosterpunten genoemd. Dit lijkt misschien veel, maar heel de Benelux wordt toch maar

De toekomst

De vraag hoe ons klimaat gedurende de komende 100 tot 150 jaar zal evolueren als mogelijk gevolg van een versterkt broeikaseffect, is één van de meest urgente van dit decennium. Het is onmogelijk om ons klimaatstelsel in een soort superlaboratorium na te bootsen en te bestuderen, omdat het te complex is en te weinig gekend. Dus hebben de wetenschappers geen keuze en zijn ze verplicht klimaatmodellen te creëren om het toekomstige klimaat te voorspellen.

De meeste klimaatmodellen zijn erg geavanceerd, maar toch zijn ze verre van volmaakt. Ook onze kennis van het klimaat en de vele terugkoppelingssystemen vertoont nog vele hiaten en onzekerheden. Naarmate we verder in de toekomst kijken, wordt de voorspelling ook steeds minder zeker. Elke fout in de berekening

door één roosterpuntje vertegenwoordigt!

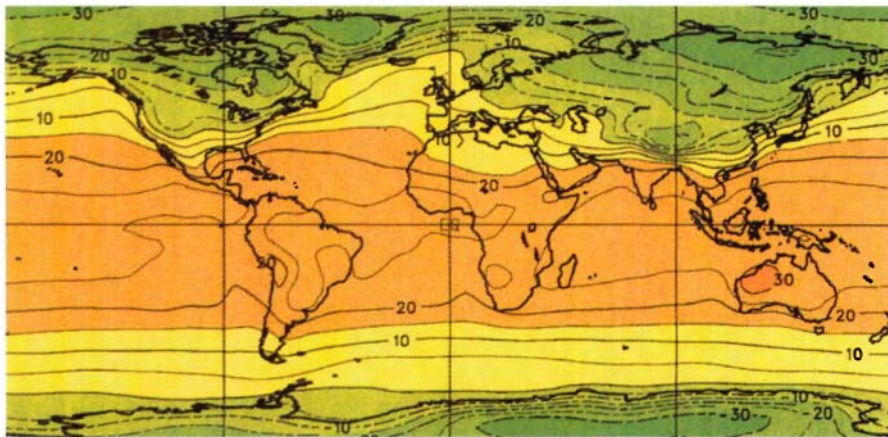
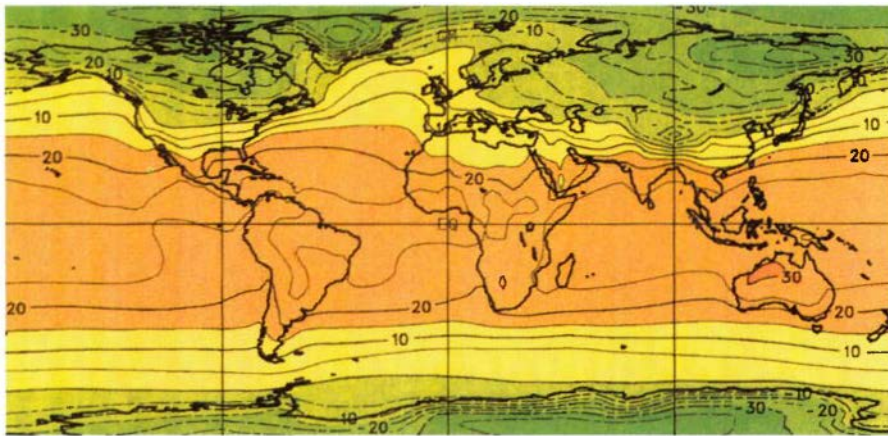
Voordat men de modellen de toekomst laat voorspellen, worden ze eerst grondig getest. Dit kan gebeuren door ze de voornaamste aspecten van het huidige klimaat of gekende klimaatveranderingen uit het verleden te laten nabootsen. De meest succesvolle klimaatmodellen zijn in staat dit te realiseren, zowel de seizoengevoelige, geografische als verticale variaties. De figuur op blz. 61 laat zien dat de gekoppelde oceaan-atmosfeer-modellen die worden gebruikt voor het voorspellen van het toekomstige klimaat, erg goed de grootschalige kenmerken van het huidige klimaat kunnen simuleren. Op regionale schaal zijn er wel nog wat afwijkingen.

Om de toekomstige ontwikkeling van het klimaatstelsel te berekenen worden per roosterpunt de klimaatgegevens van de huidige

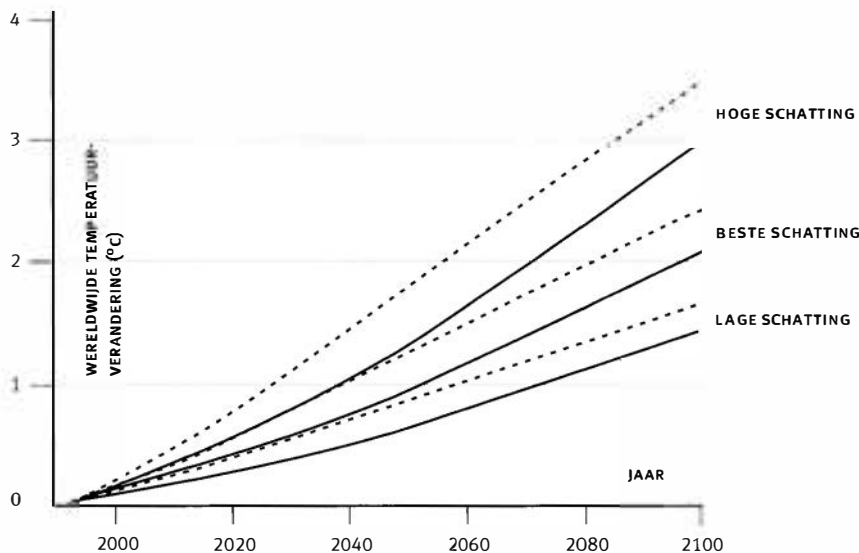
wordt immers meegenomen en versterkt in een volgende rekenstap. Als gevolg hiervan kunnen klimaatmodellen onmogelijk exacte voorspellingen of precieze schattingen geven voor elke mogelijke streek in de wereld. Het zijn eerder tendensen of mogelijke klimaatscenario's die van toepassing zijn op grote regio's zoals Noord-Amerika, Azië, Australië of West- en Zuid-Europa. Een gedetailleerde klimaatvoorspelling voor België of Vlaanderen is dus zinloos en weinig realistisch.

Tot slot moet men om de toekomst te kunnen voorspellen zelf reeds een beetje in de toekomst kunnen kijken! Hoe zal onze wereldeconomie (vb. de energieproductie) evolueren de komende decennia? Dit moeten we weten om een idee te kunnen krijgen in welke mate de concentratie van broeikasgassen (CO₂, CH₄...) in de atmosfeer zal veranderen.

toestand in een computer gestopt. Nadat het model heeft berekend wat de toestand van de atmosfeer zal zijn binnen bijvoorbeeld een half uur, gebruikt het de resultaten om weer een half uur verder te rekenen. De snelste supercomputer ter wereld is al gauw enkele maanden zoet wil hij 100 jaar in de toekomst 'kijken'! Hiermee is de kous echter nog niet af! We hebben immers gezien dat het klimaatstelsel veel meer is dan de atmosfeer. Om het zo goed mogelijk na te kunnen bootsen, worden de 3D-atmosfeermodellen gekoppeld aan 3D-oceaanmodellen om de wisselwerking tussen oceaan en atmosfeer weer te geven. Om een echt min of meer realistische voorspelling te kunnen uitvoeren, houden de meest geavanceerde klimaatmodellen ook rekening met de interacties tussen het land, het zee- en landijs en de vegetatie.



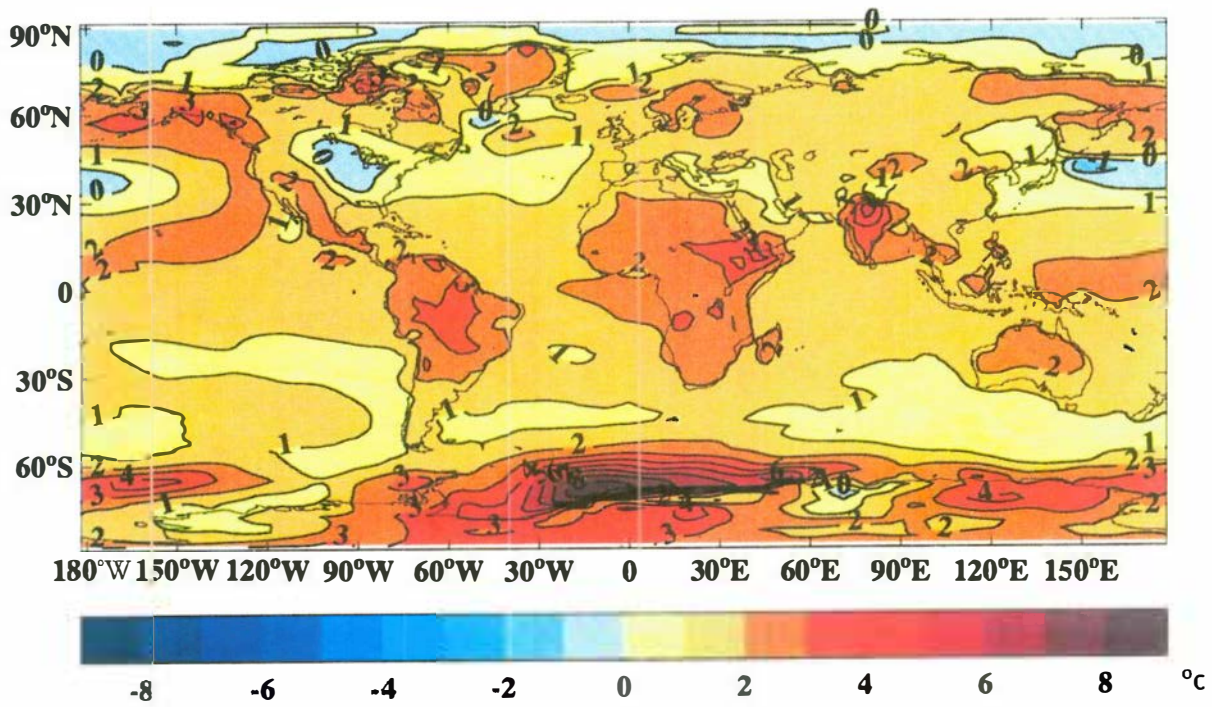
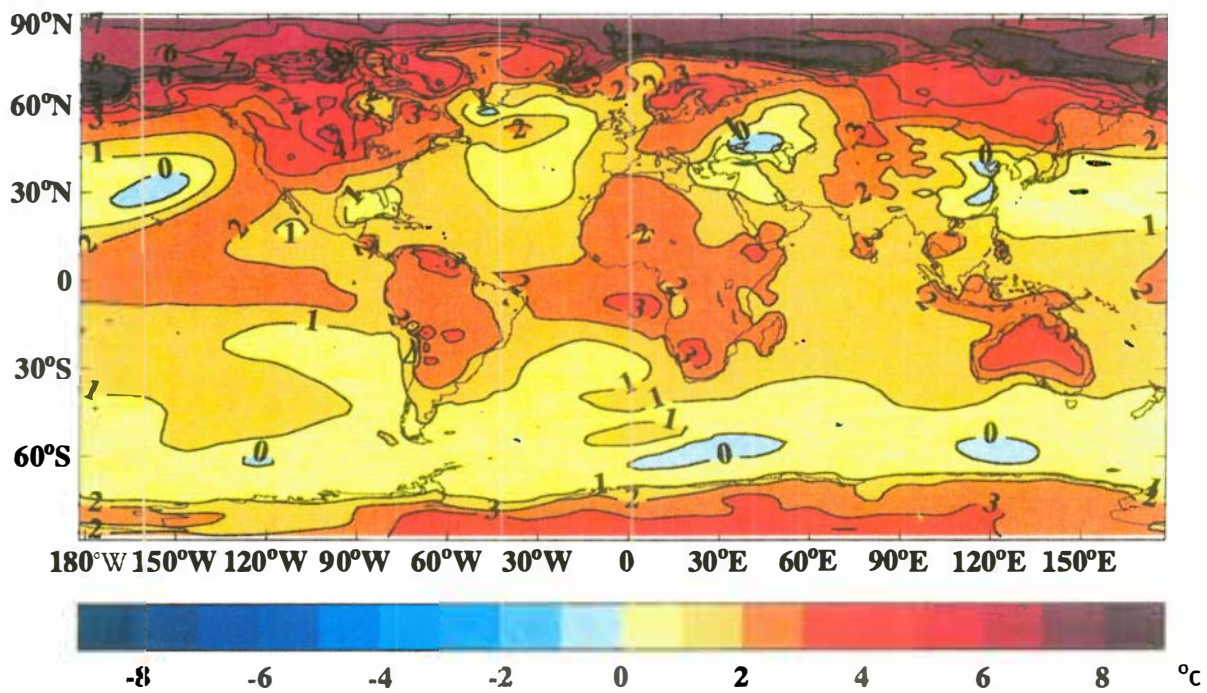
DE GEOBSERVEERDE GEOGRAFISCHE VERDELING VAN DE OPPERVLAKTETEMPERATUUR VOOR DE WINTERPERIODE (BOVEN) EN DE GEMODELLEERDE GEMIDDELTE OPPERVLAKTETEMPERATUUR (ONDER). DEZE GEKOPPELDE MODELLEN WORDEN OOK GEBRUIKT OM HET TOEKOMSTIGE KLIMAAT TE SIMULEREN (ONDER).

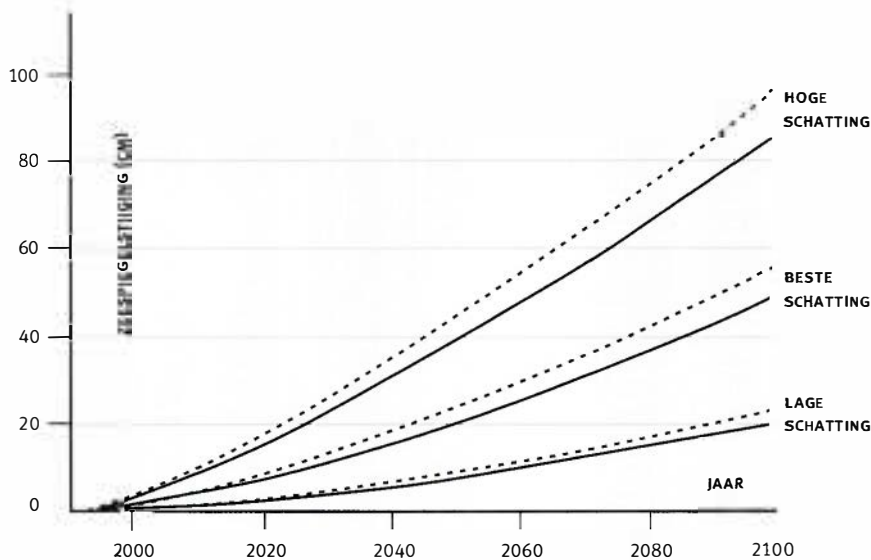


BRON | IPCC

Ook hier heeft het IPCC werk van gemaakt. Op basis van schattingen van de toekomstige bevolkings- en economische groei en de mogelijke energievraag heeft het een zestal scenario's uitgewerkt. Het meest gebruikte scenario gaat uit van de veronderstelling dat de mens voorlopig geen maatregelen neemt om een mogelijke klimaatverandering te voorkomen. We doen dus gewoon verder zoals we bezig zijn. 'business-as-usual' zoals men dat onder wetenschappers keurig uitdrukt. Men verwacht dan tegen midden volgende eeuw nagenoeg een verdubbeling van de preindustriële CO₂-concentratie (550 ppm t.o.v. 280 ppm) en een stijging tot 700 ppm tegen 2100. Dit zal tegen eind volgende eeuw een wereldwijde temperatuurstijging van 1°C tot 3,5°C met zich meebrengen, met een 'beste' schatting van 2,5°C. De snelheid waarmee de temperatuur zal toenemen, is hoogstwaarschijnlijk groter dan gelijk welke andere opwarming die heeft plaatsgevonden de laatste 10.000 jaar! Bovendien kan de temperatuur regionaal nog sterk afwijken van de wereldgemiddelden. Deze wereldwijde opwarming zal tegen het jaar 2100 leiden tot een zeespiegelstijging van ongeveer 50 cm, met een onzekerheidsmarge van 20-96 cm. De onzekerheid is voornamelijk te wijten aan een gebrek aan bevredigende kennis van het volledige klimaatsysteem, de beperkingen van de klimaatmodellen en een onnauwkeurig inzicht in de toekomstige uitstoot van broeikasgassen.

GESCHATTE EVOLUTIE VAN DE GEMIDDELTE GLOBALE OPWARMING VAN DE ATMOSFEER TUSSEN 1990 EN 2100 VOLGENS HET 'BUSINESS-AS-USUAL'-SCENARIO.





GESCHATTE GLOBALE ZEE SPIEGELSTIJGING TUSSEN 1990 EN 2100 VOLGENS HET 'BUSINESS-AS-USUAL'-SCENARIO. EEN 'BESTE' SCHATTING LEVERT ALVAST EEN ZEE SPIEGELSTIJGING VAN 50 CM OP TEGEN 2100.

BRON | IPCC

CO₂ NAAR BENEDEN!

Om het versterkte broeikaseffect tegen te gaan, moet de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer naar omlaag. De meest logische manier zou zijn de menselijke CO₂-emissie terug te schroeven. Als er minder wordt geloosd, zal er zich minder in de atmosfeer bevinden. Maar vermits CO₂ gemiddeld 100 jaar in de atmosfeer aanwezig blijft, zal een verandering in de CO₂-uitstoot niet onmiddellijk de CO₂-concentratie wijzigen. Als we op dit moment de mondiale CO₂-uitstoot zouden stabiliseren, wat al een hele prestatie zou zijn, zou de snelheid waarmee een klimaatverandering optreedt enkel worden vertraagd. Als we willen dat de CO₂-concentratie in de atmosfeer niet meer stijgt, dan dient de wereldwijde CO₂-uitstoot met 60-80% te worden verminderd!

GESIMULEERDE TEMPERatuurVERANDERING VOOR DE WINTER- EN ZOMERMAANDEN VAN DE PERIODE 2030-2050. DE TEMPERatuurVERANDERING IS HET GEVOLG VAN EEN TOENAME VAN DE BROEIKASGAS- EN SULFAAT-CONCENTRATIE IN DE ATMOSFEER. IN DE MAANDEN 'DECEMBER-JANUARI-FEBRUARI' IS DE OPWARMING HET GROOTST BOVEN HET NOORDELJK HALFROND (BOVEN), TERWIJL DIE OP HET ZUIDELJK HALFROND VOORAL IN DE MAANDEN 'JUNI-JULI-AUGUSTUS' PLAATSVINDT (ONDER). (HADLEY CENTER FOR CLIMATE PREDICTION AND RESEARCH).

Impact van een klimaatverandering

Op zich zegt het niet veel: wereldwijd 2,5°C warmer en een zeespiegelstijging van ongeveer 50 cm. Dat deze klimaatwijziging een invloed zal hebben op het aardse ecosysteem, daar twijfelt niemand nog aan. Maar wat de concrete gevolgen zullen zijn, daar durft niemand zich echt over uitspreken. Zal de landbouw bijvoorbeeld lijden onder een veranderend klimaat? Zullen de ecosystemen zich kunnen aanpassen aan de nieuwe temperaturen? Mogen we ons aan meer extreme weersituaties verwachten? En wat zijn de gevolgen van een wereldwijde zeespiegelstijging? Hoewel we gezien hebben dat het klimaat, en dus ook de impact ervan, op regionaal niveau heel moeilijk te voorspellen is, kan men toch enkele algemeenheden i.v.m. de mogelijke gevolgen opsommen.

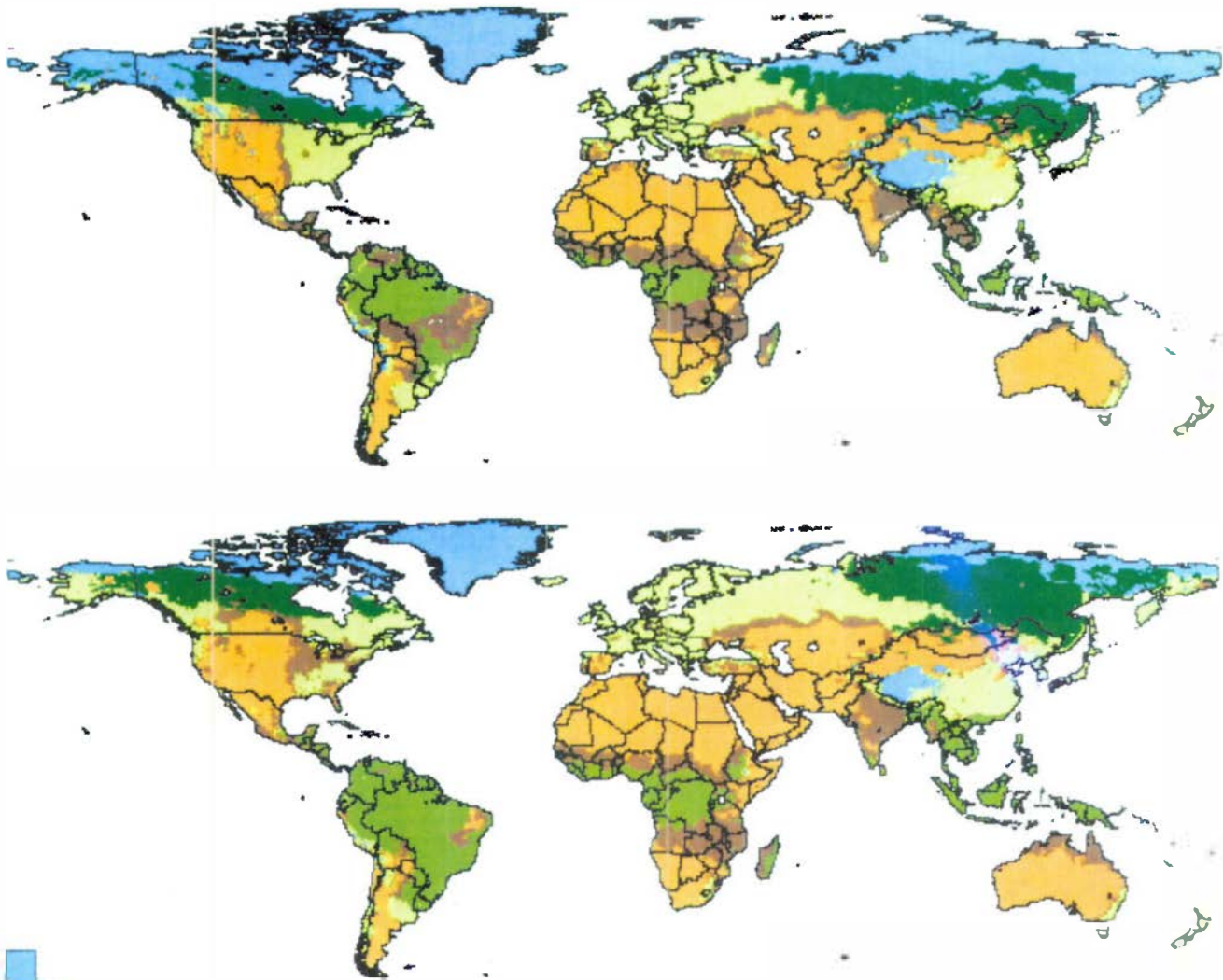
De terrestrische ecosystemen

De meeste modellen voorspellen wereldwijd ingrijpende veranderingen in het regionale klimaat (de temperatuur en de neerslag). Hierdoor zal de groei en het

herstel van de lokale vegetatie in veel gebieden worden aangetast. Men schat dat ongeveer 1/3 van de bosgebieden in de wereld grote veranderingen zal ondergaan en dat de meest kwetsbare zullen verdwijnen.

Daarnaast zullen, door de toename van de wereldtemperatuur met 1- 3,5°C de volgende 100 jaar, de klimaatzones enkele honderden kilometer noordwaarts schuiven (150-550 km) en enkele honderden meter (150-550 m) opwaarts. Dit is vermoedelijk veel sneller dan de snelheid waarmee woudsoorten aangroeien, zich reproduceren en zich herstellen. Veel dieren en plantensoorten zullen niet in staat zijn zich aan te passen aan de nieuwe klimatologische en meteorologische omstandigheden, waardoor volledige woud- en vegetatietypes en hun bewoners (voorgoed) dreigen te verdwijnen. Nieuwe ecosystemen en vegetatietypes zullen echter hun plaats innemen. Uit onderzoek van snelle klimaatveranderingen die in het verleden hebben plaatsgevonden, is gebleken dat zij in veel gevallen de oorzaak waren van het verdwijnen van bepaalde soorten en de teloorgang van bestaande ecosystemen.

Hoewel men, door een verhoogde atmosferische CO₂-concentratie, een toegenomen fotosynthetische activiteit verwacht, zal de vegetatie waarschijnlijk niet toeneemen aangezien er meer bosbranden, insectenplagen, enz. zullen uitbreken.

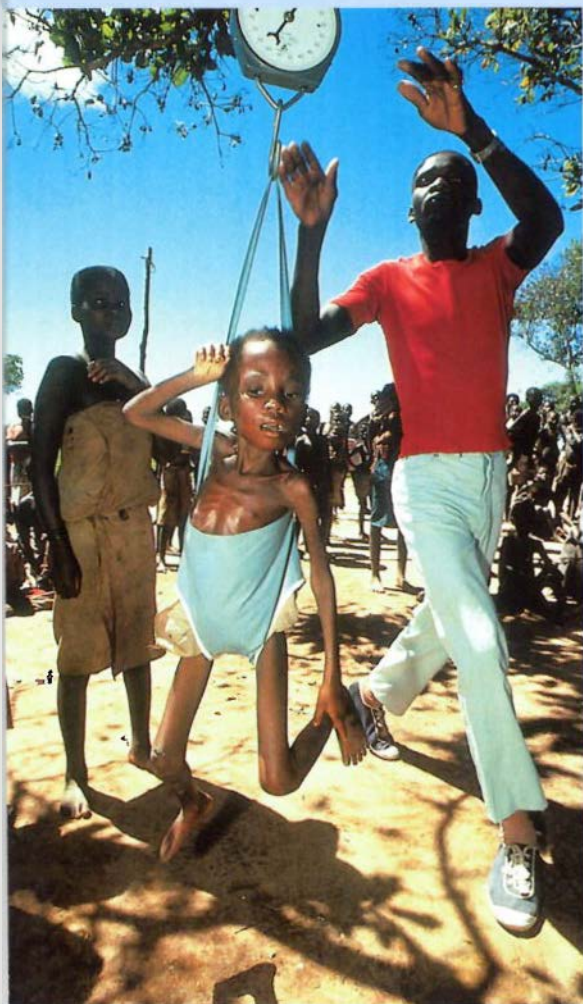


POTENTIËLE VERDELING VAN DE NATUURLIJKE VEGETATIE ONDER DE HUIDIGE KLIMAATOMSTANDIGHEDEN (BOVEN) EN DE GESCHATTE VERDELING DOOR EEN SIMULATIE MET EEN VERDOUBBELDE ATMOSFERISCHE CO₂-CONCENTRATIE (INBEGREPEN DE DIRECTE FYSIOLOGISCHE EFFECTEN VAN CO₂ OP DE VEGETATIE) (ONDER). MEK OONDERMEER DE SUBSTANTIËLE VERDWIJNING VAN DE TOENDRA- EN TAIGAGEBIEDEN WERELDWIJD EN DE MEER NOORDWAARTS TREKKENDE BOREALE WOUDEN.

De landbouw

De globale landbouwproductie zal zich vermoedelijk op het huidige niveau kunnen handhaven ondanks de veranderende klimaatomstandigheden. De regionale voedselbeschikbaarheid kan echter wel problematisch worden door de wijziging in neerslag en temperatuur, verschuiving van klimaatzones naar het noorden... Dit zal plaatselijk verhoogde risico's op honger en hongersnoden met zich meebrengen. Dit is vooral belangrijk in arme gebieden die nu reeds zwaar te lijden heb-

ben onder moeilijke en extreme klimatologische omstandigheden zoals de dorre Sahel in Noord-Afrika of de tropische gebieden in Latijns-Amerika. Het verwachte klimaat zal nog strenger en onverbiddelijker zijn, met onvermijdelijke gevolgen voor de reeds schaarse oogsten. Op de hogere breedten (onze streken) zal de verlenging van het groeiseizoen wel een hogere productiviteit met zich mee kunnen brengen. Maar er kunnen zich, onder invloed van een veranderend klimaat, evenwel ongunstige wijzigingen in



DE VOEDSELBESCHIKBAARHEID KAN IN SOMMIGE GEBIEDEN PROBLEMATISCH WORDEN.

de bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid voordoen die een negatieve invloed kunnen uitoefenen. Voor de landbouwproductie geldt eveneens dat de voordelen van een atmosferische CO₂-bemesting (met als gevolg een verhoogde fotosynthetische activiteit) misschien zullen worden tenietgedaan door de grotere variabiliteit van het klimaat en de veranderingen in de neerslagpatronen en bodemkwaliteit. Bovendien moet men ook hier rekening houden met het uitbreken van insectenplagen, plantenziekten... Tot slot zal ook

de veeteelt worden aangetast door ziekten, hittestress en wijzigingen in de productiviteit van de weilanden.

Hoewel de mens zich steeds aan veranderende omstandigheden heeft aangepast, zal het handen vol geld kosten om, bij een toenemende bevolkingsdruk, de mondiale landbouwproductie te handhaven. Voor veel ontwikkelingslanden betekent dit een ondraaglijke extra financiële last.

De oceanen en kustgebieden

Sinds eind vorige eeuw is de zeespiegel gestegen met 10-25 cm. Indien de modellen gelijk hebben zal, volgens het 'Business-as-Usual'-scenario, tegen eind volgende eeuw het gemiddelde zeeniveau nog een halve meter hoger staan. Dit is voornamelijk het gevolg van de thermische uitzetting van de oceanen en, in mindere mate, het afsmelten van gletsjers en ijskappen. Hierdoor stijgt de kans op rampzalige kustoverstromingen waardoor vele laaggelegen eilanden en kustgebieden (Bangladesh, Egypte, Nigeria, China...) worden bedreigd. Tientallen miljoenen bewoners zullen als gevolg hiervan moe-

ten worden geëvacueerd. Ook zullen kustten en habitats (koraalriffen, koraalatollen en rivierdelta's) worden blootgesteld aan verhoogde erosie en dreigt zout zeewater zich te mengen met de zoetwaterhoudende grondlagen. Hierdoor komt de drinkwatervoorziening in het gedrang. Naast een stijgende zeespiegel kunnen ook veranderingen in de oceaancirculatie en de verticale menging optreden waardoor de primaire biologische oceaanproductiviteit wordt gewijzigd. Hierdoor kan de rol van de oceanen als grootste CO₂-absorberder worden beïnvloed (waardoor meer CO₂ in de atmosfeer blijft hangen met een versterkt broeikas effect tot gevolg) en zullen belangrijke terugkoppelingsmechanismen in gang worden gezet. Vermits zeeijs en ijskappen praktisch enkel zoet water bevatten (in tegenstelling tot het erg zoute oceaanwater), kan door het afsmelten ervan de wereldwijde thermohaliene oceaancirculatie worden gewijzigd, met onvoorspelbare gevolgen voor het wereldklimaat en de regionale weerpatronen. Een mogelijke afzwakking of verschuiving van de Golfstroom zou een



VOOR LAAGGELEGEN EILANDEN EN KUSTGEBIEDEN DREIGEN RAMPZALIGE OVERSTROMINGEN.

drastische verandering (daling) van de temperatuur (en dus van het klimaat) over West-Europa met zich mee kunnen brengen. Deze veranderingen kunnen bovendien implicaties opleveren voor de oceanecologie, de biodiversiteit en de visvangst.

De volksgezondheid

De effecten van een opwarmend klimaat op de menselijke gezondheid zijn heel omvangrijk en meestal ongunstig. Directe gevolgen zijn meer ziekte- en sterfgevallen door een verhoogde intensiteit en duur van extreme weersomstandigheden (hittegolf, droogte, stormen, orkanen, overstromingen...). In heel grote steden

zou de hitte jaarlijks voor enkele duizenden extra doden kunnen zorgen. Overstromingen kunnen ook het drinkwater besmetten, wat zware gevolgen kan hebben voor de volksgezondheid (vb. salmonellabesmettingen, cholera, diarree). Indirect kan het aantal infectieziekten (malaria, gele koorts, knokkelkoorts, virale hersenvliesontsteking...) stijgen doordat de ziekteoverbrengende organismen een groter verspreidingsgebied zullen kennen. Momenteel woont 45% van de wereldbevolking in gebieden waar malaria kan worden overgebracht. Modellen voorspellen dat dit in de toekomst 60% zal worden. Jaarlijks zou er een stijging met 50-80 miljoen malariagevallen zijn boven

op de 400 miljoen (waarvan 2 miljoen dodelijk) die er nu reeds jaarlijks bijkomen. Dit is vooral het geval in tropische, subtropische en minder beschermde gematigde zones.

Er zullen ook meer ademhalingsproblemen en allergische aandoeningen optreden vanwege de door het klimaat veroorzaakte toename van de luchtvervuiling (ozon) en de hoeveelheid pollen in de lucht. Gecombineerd met extreme hitte of regenval kan dit leiden tot een stijging van het aantal ziekte- en sterfgevallen.

BLOOTSTELLING AAN GECONTAMINEERD WATER, TEN GEVOLGE VAN OVERSTROMINGEN, KAN LEIDEN TOT ALLERLEI ZWARE INFECTIEZIEKTEN (O.A. CHOLERA).



De menselijke infrastructuur en migraties

Plotse veranderingen in weerpatronen en een toegenomen intensiteit en frequentie van extreme situaties (overstromingen, landverschuivingen, tropische cyclonen en wervelstormen, bosbranden...) zullen de energie-, industrie- en transportinfrastructuur alsook de menselijke nederzettingen negatief beïnvloeden. Momenteel lopen ongeveer 50 miljoen mensen jaarlijks het risico op overstromingen veroorzaakt door hevige stormen. Wanneer de zeespiegel met 50 cm stijgt, zal dit aantal aangroeien tot bijna 100 miljoen. Dit getal neemt nog verder toe wanneer men rekening houdt met de bevolkingsaan groei.

De meeste kwetsbare menselijke nederzettingen bevinden zich in fragiele gebieden zoals de ontwikkelingslanden, laagliggende kustgebieden, eilanden of dorre woestijngebieden. Deze gebieden staan nu reeds onder sterke sociale, economische en klimatologische druk en hebben niet steeds de middelen om de gevolgen van extreme droogte, grote overstromingen, rampzalige landverschuivingen en wervelstormen te bestrijden. Er zullen migratiestromen op gang komen, weg van de overstromingsgebieden, de steile hellingen en de laagliggende kustlijnen.

Deze migratiestromen van 'ecologische' vluchtelingen kunnen grootschalige internationale dimensies aannemen. De maatschappelijke en sociale gevolgen voor de betrokkenen en voor de gebieden waarin zij terecht zullen komen, zijn werkelijk onvoorstelbaar. In de geïndustrialiseerde wereld liggen veel economische wereldsteden in laaggelegen gebieden die het risico lopen overstroomd te worden



EEN WARMER KLIMAAT VERHOOGT DE INTENSITEIT EN DE FREQUENTIE VAN EXTREME WEERSITUATIES.

wanneer het zeeniveau stijgt. Verder zou grote schade kunnen worden aangericht aan de industriële en haveninfrastructuur. Dit alles zou de wereldeconomie volledig kunnen ontwrichten.

De watervoorziening

Relatief kleine klimaatvariaties kunnen grote problemen veroorzaken voor de watervoorziening, vooral in erg dorre en schrale gebieden. Water is immers essentieel voor de mens. De gewijzigde waterbeschikbaarheid zal invloed hebben op de activiteiten van de landbouw, de waterkrachtopwekking, de industrie, de irriga-

tie... De waterkwaliteit en -kwantiteit van de watervoorzieningen zullen vooral op regionaal niveau problemen scheppen. Een verminderde waterhoeveelheid zal dramatisch zijn voor landen zoals Rwanda, Somalië of Algerije waar men nu al onder de schaarstegrens zit. Momenteel zijn bepaalde gebieden (Syrië, Irak, Egypte...) afhankelijk van water dat van buiten hun grenzen wordt aangevoerd. Wanneer nog minder water beschikbaar is, kan dit leiden tot nog meer politieke, sociale en economische conflicten. Gewijzigde neerslagpatronen kunnen de toestand stabiliseren of verergeren. Algemeen verwacht men op hogere breedten (NW Europa) meer neerslag en (dus) meer overstromingen, terwijl op lagere breedten minder neerslag en (dus) meer droogten worden voorspeld. Bovendien zullen woestijngebieden nog heter worden. In de Sahelregio kan dit leiden tot toenemende verwoestijning en dalende landbouwproductiviteit vermits irrigatie zo goed als onmogelijk wordt.

Invloed van een klimaatverandering op Europa

Ondanks de onzekerheden die gepaard gaan met regionale klimaatsvoorspellingen zijn ze toch nuttig om de gevoeligheid en de kwetsbaarheid van een bepaalde regio voor een klimaatverandering te bepalen. Een zeer recent IPCC-Rapport (1998) beschrijft de invloed voor een tiental regio's in de wereld, waaronder Europa.

In het algemeen wordt een temperatuurstijging verwacht die het grootst zal zijn in de noordelijk gelegen gebieden. De neerslag zal toenemen in het noorden en afnemen in het zuiden van Europa en van west naar oost. In de winterperiode zal er

meer neerslag zijn terwijl die in de zomer zal verminderen. De mediterrane en boreale wouden kunnen door de wijzigende neerslagpatronen verschuiven. De noordelijke wouden van Scandinavië en Noord-Rusland zullen zich uitbreiden ten koste van de toendra- en permafrostgebieden zal afnemen. In het zuiden zal vooral droogte de ecosystemen bedreigen. De waterbeschikbaarheid kan in het noorden van Europa worden bedreigd door een toename van het aantal overstromingen en in het zuiden door een stijging van het aantal droogteperiodes. Tegen 2100 kan meer dan 95% van de alpiene gletsjermassa zijn verdwenen wat grote gevolgen zal hebben voor de watertoevoer in de lagergelegen gebieden, zoals bvb de waterkrachtcentrales. Doordat het klimaat warmer wordt, zal de landbouwopbrengst in grote delen van Europa stijgen. In het zuiden echter zal door het gebrek aan neerslag de irrigatie nog moeten worden opgevoerd, waardoor er nog minder water beschikbaar zal zijn voor huishoudelijk en industrieel gebruik. De Nederlandse, Duitse, Oekraïense en Russische kustlijnen, sommige mediterrane delta's (Rhone- en Po-delta) en de Baltische kustgebieden zijn risicogebieden voor wat een verdere stijging van de zeespiegel en een toename in de intensiteit en frequentie van stormvloed betreft. Ook de meeste laaggelegen kustgebieden langs de Noordzee zijn erg gevoelig voor stormvloed.

De infrastructuur zullen moeten worden aangepast met het oog op een algemene opwarming en ook voor mogelijke hittegolven. Gebieden met verhoogde neerslag kunnen bedreigd worden door landschuivingen en overstromingen. De com-

binatie van hogere temperaturen en afnemende luchtkwaliteit zal leiden tot een hoger sterftecijfer. Het aantal sterfgevallen door koude daarentegen zal vermoedelijk afnemen. Een toename van het aantal overdraagbare infectieziekten zal een bedreiging vormen voor de volksgezondheid.

Maatregelen nemen: Kyoto Protocol

Uit de voorspellingen van het IPCC blijkt dat de verwachte klimaatverandering met geen enkel feit uit het verleden kan worden vergeleken en rampzalige ecologische en sociale gevolgen zal hebben op wereldschaal. Als reactie hierop werd op de tweede Wereld Milieutop in Rio de Janeiro in 1992 het 'Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake Klimaatverandering' goedgekeurd dat inmiddels reeds door 162 landen werd ondertekend. Dit Raamverdrag bestaat uit 26 artikels en is een blauwdruk voor preventief handelen tegen de dreiging van een mondiale klimaatverandering. Het ultieme doel van dit Raamverdrag is 'het bereiken van een stabilisatie van de concentraties van de broeikasgassen in de atmosfeer op een niveau waarop gevaarlijke antropogene verstoring van het klimaatsysteem wordt voorkomen. Dit niveau dient te worden bereikt binnen een termijn die toereikend is om 1) ecosystemen in staat te stellen zich op een natuurlijke wijze aan te passen aan een klimaatverandering, 2) te verzekeren dat de voedselproductie niet in gevaar komt en 3) de economische ontwikkeling op duurzame wijze te doen voortgaan.'

Door dit Raamverdrag inzake klimaatverandering te ondertekenen, moeten de industrielanden, die de hoofdverantwoordelijken zijn voor de CO₂-emissie, een beleid voeren om hun uitstoot aan broeikasgassen tegen het jaar 2000 terug te

brengen tot het niveau van 1990. Sommige landen gaan zelfs verder en beloven een vermindering van de broeikasgasuitstoot (t.o.v. 1990). Bij nader inzien bleken dit erg loze beloften.

Anno 1998 is er echter maar weinig goed nieuws te melden wat betreft het bereiken van de doelstellingen van deze Klimaatconventie. Modelberekeningen toonden immers aan dat een vermindering van de broeikasgasuitstoot naar het niveau van 1990 onvoldoende is om een gevaarlijke antropogene verstoring van het klimaatstelsel af te wenden in de volgende eeuw. Een verder doorgedreven reductie van broeikasgasemissies is strikt noodzakelijk om dit ultieme doel te bereiken. En dit hebben de wereldleiders 5 jaar na Rio blijkbaar niet zo goed begrepen. De staten die het Klimaatverdrag ondertekenden, hebben op de derde Conferentie van de Partijen in december 1997 in het Japanse Kyoto

weliswaar na 10 dagen keihard onderhandelen een akkoord bereikt over bindende afspraken. De industrielanden verbonden zich er toe de uitstoot van koolstofdioxide, methaan, lachgas en nog drie andere broeikasgassen (HFK's, perfluorkoolwaterstoffen en zwavelhexafluoride) met gemiddeld 5,2 % terug te dringen tegenover het niveau van 1990. Dit dient te worden gerealiseerd tussen 2008 en 2012. Europa en de V.S. gaan net iets verder met een reductie van respectievelijk 8% en 7%, terwijl gastland Japan zich engageert voor een daling met 6%. Andere landen zoals Australië, IJsland en Finland mogen dan weer hun uitstoot nog opvoeren met ongeveer 10%. De ontwikkelingslanden zijn vrijgesteld van nieuwe verbintenissen. Dit zou de wereld wel eens zuur kunnen opbreken gezien de verwachte spectaculaire economische groei van China en India in de komende jaren. Extra financiële hulp kan de ontwikkelingslanden wel aansporen om toch maat-

regelen te nemen. Daarnaast is er een principe aanvaard over de handel in emissierechten, een belangrijke eis van de VS. Hierbij mogen industrielanden die moeiteeloos hun reductieverbindenissen zullen realiseren, emissies verkopen aan landen die dit nodig zullen hebben.

Volgens deskundigen en milieuorganisaties is dit Protocol zeker onvoldoende en zal het de opwarming van de aarde in geen geval vertragen. Door de vele achterpoortjes bestaat immers de kans dat we toch nog op een stijging van de totale broeikasgasemissie uitkomen. Misschien kan de publieke opinie de regeringen onder druk zetten om toch nog de nodige maatregelen te nemen om het broeikas-effect in te perken. Voor de klimatologen staat echter één ding vast: aan een opwarming van de aarde zullen we niet ontsnappen.

DOOR DE WERELDWIJDE KLIMAATVERANDERINGEN ZULLEN DROGE EN DORRE GEBIEDEN NOG MEER WORDEN GETEISTERD DOOR LANGDURIGE DROOGTEPERIODES.



✎ { PASCALE CORTEN-GUALTIERI



4 De kanker van het Amazonewoud

Het Amazonegebied herbergt één van de grootste wouden op aarde: ongeveer vier miljoen km² (131 keer de oppervlakte van België!). Zestig procent hiervan bevindt zich in Brazilië, de rest is verdeeld over acht landen.

DE AMAZONE

| KAART VAN HET AMAZONEWOUD

| Identiteitskaart

Het klimaat van het Amazonewoud in enkele woorden samengevat: altijd heet en altijd vochtig.

KLIMAAT VAN UAUPÈS, IN HET BRAZILIAANSE AMAZONEGEBIED (LAT. 0°04's)

maand	Jan.	Feb.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Temp. (°C)	25,2	25,5	25,8	25,7	25,2	24,8	24,3	24,6	25,2	25,8	25,9	25,8	Gemiddeld 25,3
Regen (mm)	295	250	285	290	348	235	230	185	175	165	170	268	Totaal 2 896

BRON | NAAR J. DEMANGEOT, 'LES MILIEUX NATURELS' DU GLOBE, ED. MASSON GÉOGRAPHIE, 1994

Omdat er geen duidelijk afgebakende seizoenen zijn, vinden bladval, bloei en vruchtzetting het hele jaar door plaats.

Op 30-50 meter boven de grond grijpen de boomkruinen in elkaar zoals de stukken van een puzzel en vormen zo samen het kronendak. Enkele woudreuzen torenen boven dit groene gewelf uit.

De regelmatige regenbuien en de verdamping door de planten verzadigen de lucht met vocht. Doordat de kroonlaag het grootste deel van de zonnestralen opvangt, heerst in de onderlaag schemering.

Varens, mossen, orchideeën en vele andere planten groeien op de boomstammen en takken, op zoek naar licht... De wortels van deze planten hebben geen contact met de aarde. Ze halen voedingsstoffen uit het regenwater en uit de ontbinding van dode bladeren en andere organische materie die zich ophopen in de oneffenheden van hun gastboom. Deze planten noemt men 'epifyten'.

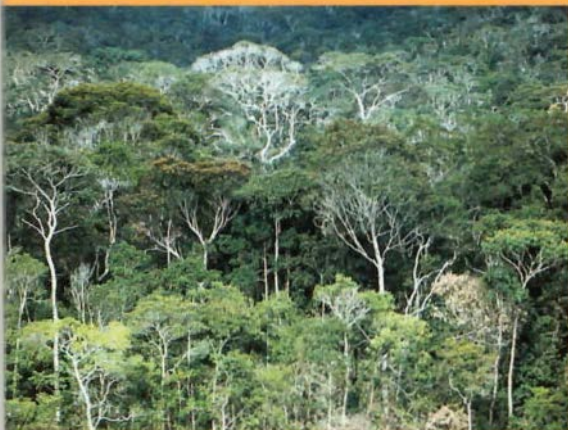
De bodem waarop het tropische woud groeit is meestal vrij arm. Het bosecosysteem werkt dankzij een snelle recyclage van de dode bladeren, kadavers en dierlijke uitwerpselen die op de bodem wegrotten. Via een netwerk van oppervlakkige wortels putten de bomen rechtstreeks hun voedsel uit deze bron.



| WEELDERIGE HANGENDE TUIJEN



| EEN NETWERK VAN OPPERVLAKKIGE WORTELS



| EEN ALTIJDGROEN WOUD



Wieg van zeldzame planten en dieren die vaak nergens anders ter wereld voorkomen (de zogenaamd 'endemische' soorten): houdster van het wereldrecord in aantal levende soorten: het Amazonewoud zou ons respect moeten afdwingen! Maar de mens bedreigt dit uitzonderlijke ecosysteem....

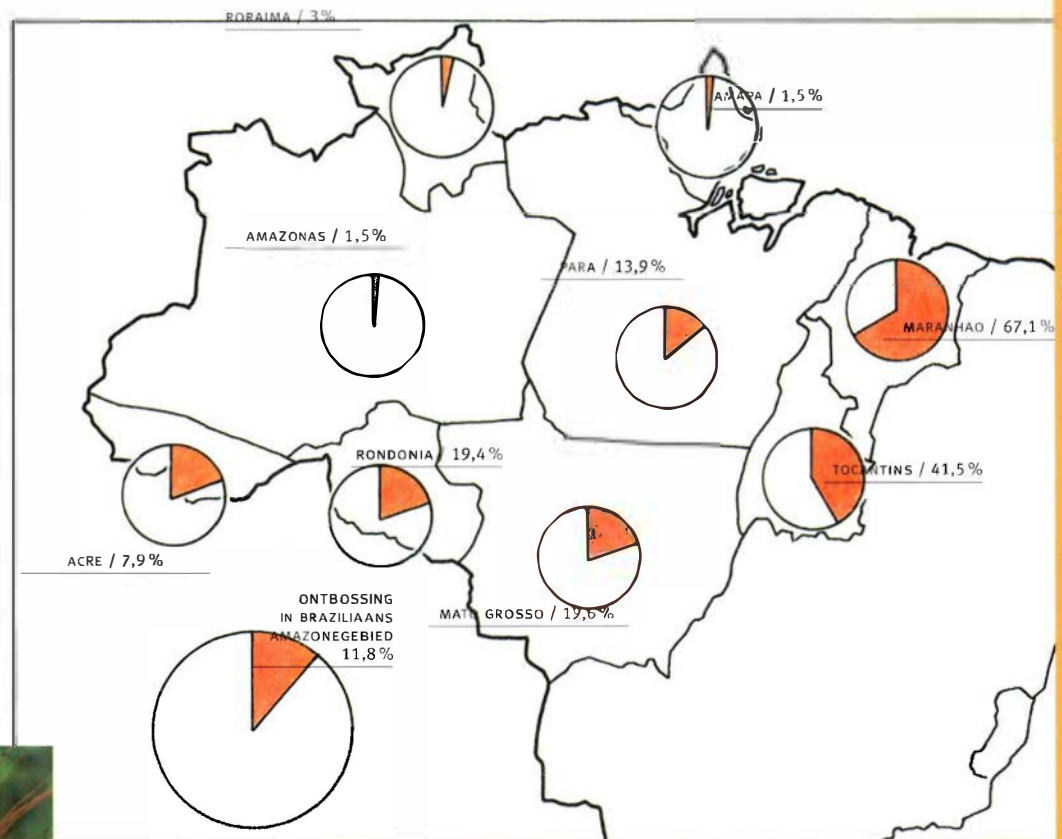
EEN FANTASTISCHE FAUNA EN FLORA...



| De grote verdwijntruc

De mens ontbost het Amazonewoud in een alarmerend tempo! In Brazilië bijvoorbeeld strekte het Amazonewoud zich oorspronkelijk uit over meer dan vier miljoen vierkante kilometer. De eerste grootschalige ontbossingsgolf vond plaats in de 16de eeuw met de komst van de Europese ontdekkingsreizigers... Tussen die eeuw en 1970 - datum van de bouw van de eerste delen van de Transamazonische snelweg - verdween 2% van de beboste oppervlakte. Zo'n twintig jaar later, in 1989, was dat reeds 5% geworden. Ten slotte, in 1994 - nauwelijks 5 jaar later -, was het vernielde deel verdubbeld: de menselijke activiteiten hadden zo'n 12% van het oorspronkelijke woud weggevreten. Dit lijkt misschien weinig, maar toch is er alle reden tot ongerustheid want de 'vernietigingsmachine' is de laatste jaren op kruissnelheid geraakt...

Tijdens de eerste helft van de jaren '90 waren Maranhão en Tocantins de Braziliaanse gebieden die het meest door deze 'kanker' aangetast waren. Sindsdien zijn er 'uitzaaiingen' gekomen die het uiterste noorden van het land (streek van Amapá en Roraima) bereikten. De 'tumor' verspreidt zich snel via de Amazonerivieren en de wegen die door het oerwoud worden getrokken.



VAN DE 16^{DE} EEUW TOT 1994:
EEN ALARMEREND OVERZICHT...

| Ontbossing: een kwestie van overleven voor de ene, winst voor de andere...

Veeteelt en plantages

De belangrijkste oorzaak van de ontbossing van het Amazonewoud is de omzetting van bosgronden in weidegebieden voor de runderteelt. De hoofdverantwoordelijken: de grote 'vleesbaronnen' die ranches van duizenden hectaren of meer bezitten. Het rundvlees is voornamelijk bestemd voor de export (goedkope bevoorrading van de Noord-Amerikaanse fastfoodketens en aanverwanten...)

SCHANDAAL IN HET AMAZONEGEBIED

De stormloop naar het goene Amazonegoud begon in Brazilië in 1966. Toen besloot de regering dit immense binnenland te ontsluiten. Om kolonisatie door landbouw te bevorderen, en vooral dan het aanleggen van weilanden voor runderteelt, gaf de regering ongelooflijke faciliteiten aan de grote investeerders: intrestloze leningen, volledige vrijstelling van belastingen, de belofte wegen aan te leggen, luchthavens en waterkrachtcentrales te bouwen, enz. Veel kleine landloze boeren stortten zich ook op de verovering van het woud. Het volstond immers om een stuk land te ontbossen om er het eigen-

domsrecht over op te eisen.

Die droom werd al vlug een nachtmerrie... De grootgrondbezitters die in hun ambities gefnuikt werden, namen privé-milities in dienst die hen toelieten zich met geweld, foltering en moord meester te maken van de gronden van de indianen, boeren en seringueiros (rubberoogsters).

Sinds enkele jaren hebben de indianen en de kleine boeren uit het Amazonewoud gelukkig de handen in elkaar geslagen om zo een wettelijke bescherming van hun gronden te verkrijgen. Ze krijgen steun van verschillende mensenrechtenorganisaties.

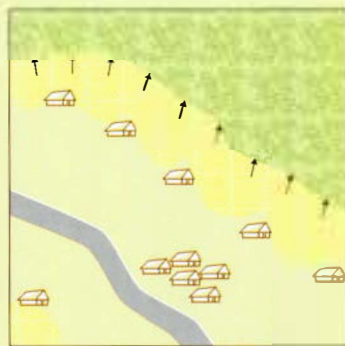
Op de tweede plaats komt ontginning van het woud voor het aanleggen van akkers. Wegens de ongelijkheid in grondbezit - in Brazilië bijvoorbeeld is 40% van de meest productieve gronden in handen van een klein aantal grootgrondbezitters dat slechts 1% van de bevolking uitmaakt - wordt een groot aantal kleine boeren door ellende en gebrek aan grond gedwongen het woud te exploiteren. Ze beoefenen er een overlevingslandbouw, terwijl de grootgrondbezitters en de agro-industrie op grote schaal commerciële plantages aanleggen, meestal voor de export (cacao, koffie, pinda's, katoen, maïs, maniok, coca, enz.).

| DE EXTENSIEVE VEETEELT IS DE VOORNAAMSTE OORZAAK VAN ONTBOSSING IN HET AMAZONEGEBIED.





ZWERFLANDBOUW: VAN DE NOMADISCHE LEVENSWIJZE VAN DE INHEEMSE BEVOLKING...



TOT DE KLEINSCHALIGE LANDBOUW VAN DE KOLONISTEN.

-  INTACT WOOD
-  BEBOUWD PERCEEL
-  HERGROEI VAN HET WOOD OP HET VERLATEN PERCEEL

EEN PRAKTIJK MET KORTSTONDIGE OPBRENGST

Landbouw op bosgronden begint met het verbranden van de omgehakte bomen. De as hiervan verrijkt de grond. Men plant dan cultuurgewassen (bijvoorbeeld rijst) of men laat er vee grazen (door grassen te zaaien of door natuurlijke opslag van kruiden). Maar de vruchtbaarheid van de bodem wordt niet langer in stand gehouden door de voortdurende ontbinding van grote hoeveelheden organisch materiaal uit het woud. En de kroonlaag is er niet meer om het grootste deel van de regen op te vangen. Grote hoeveelheden regenwater dringen de grond binnen en spoelen de mineralen uit de as mee de diepergelegen lagen in. Men noemt dit uitspoeling. Na drie of vijf jaar is de grond uitgeput... en de boeren zijn dan verplicht een nieuw deel van het bos te kappen.

Ook de grootgrondbezitters geven er de voorkeur aan het bos verder te ontginnen want dit is voor hen veel goedkoper dan het gebruik van meststoffen. Het is zelfs niet eens zeker dat op de verlaten percelen opnieuw een bos zal groeien!

Zwerflandbouw, gekenmerkt door platbranden, wordt al eeuwenlang door talrijke indianenstammen in praktijk gebracht zonder dat dit echter het woud in gevaar brengt. Het succes van deze traditionele praktijken is gebaseerd op twee elementen:

- De bevolkingsdichtheid van deze inheemse gemeenschappen is vele malen kleiner dan die van de kolonisten. Er kan dus gemakkelijk vijftien jaar of meer verlopen voor eenzelfde perceel opnieuw in gebruik genomen wordt. Dit voorkomt overexploitatie van de bodem en

wanneer het bebouwde perceel verlaten wordt, kunnen er terug bomen groeien. Dode bladeren en ander organisch afval bemesten dan de grond in afwachting van toekomstig agrarisch gebruik. Jammer genoeg beschikken de kolonisten niet over de ervaring van de indianen, noch over de traditie van een zwerfend leven, beide noodzakelijk om in evenwicht met het bosecosysteem te leven. Ze zijn erg gehecht aan hun grond die ze op radicale wijze ontginnen en exploiteren totdat hij volledig uitgeput is...

- De indianen exploiteren kleine percelen die ver van elkaar gelegen zijn en die niet volledig ontgonnen worden, terwijl de kolonisten een groot aaneengesloten areaal ontbossen dat meedogenloos oprukt.



DE INDUSTRIËLE HOUTWINNING BRENGT ERNSTIGE SCHADE TOE AAN HET AMAZONEWOUDE.

Houtexploitatie

Hoewel het aantal omgehakte bomen relatief gering is – slechts een klein aantal soorten kan tegen een goede prijs op de internationale markten verkocht worden – lijdt het woud toch enorm: om de interessante soorten te kunnen bereiken, om te hakken en vervolgens weg te slepen, worden er heel veel andere omgehakt of beschadigd.... Bovendien creëert deze industrie toegangswegen tot het woud waarlangs landloze boeren het bos binnendringen om het verder te ontginnen.

Mijnbouw

De ondergrond van het Amazonegebied herbergt grote voorraden diamant, goud, zilver, ijzer, bauxiet, koper, enz. Maar om die rijkdommen te kunnen ontginnen, moet ontbost worden. Bovendien worden de smelterijen waarin men het metaal van het erts scheidt, gevoed met ongelooflijke hoeveelheden houtskool... hout afkomstig uit het woud. De exploitatie van petroleum- en natuurlijke aardgaslagen bedreigen eveneens het Amazonewoud...

Energie van de rivieren

De Amazone en haar bijrivieren vertegenwoordigen een hydro-elektrische energiebron die met niets ter wereld kan vergeleken worden. Maar voor de bouw van een stuwdam moet een groot deel van het omringende woud onder water gezet worden. Van de 136 grote stuwdammen die Brazilië van plan is te bouwen vóór 2010, zullen er 22 in het Amazonegebied komen. Ze zullen samen 250.000 km² woud verwoesten – dat is meer dan de oppervlakte van Groot-Brittannië!

DE MIJN VAN CARAJÁS IS DE BELANGRIJKSTE VINDPLAATS VAN IJZERERTS TER WERELD.

Elders in de tropen...

Is het Amazonegebied een uitzondering? Verre van! Zonder overdrijven kan men zeggen dat ontbossing de kanker van de tropen is. De oorzaken van ontbossing verschillen echter per continent: extensieve veeteelt en cultuurgewassen (commercieel en om te overleven) in Amerika; houtexploitatie in Azië, zwerfvlambouwen brandhoutwinning (voor de lokale bevolking en de steden) in Afrika.

DE VIER BELANGRIJKSTE OORZAKEN VAN ONTBOSSING IN DE TROPEN

Op wereldschaal zijn de voornaamste oorzaken voor de verdwijning van de tropische wouden als volgt:

- het in cultuur brengen van bosbodems;
- de industriële houtwinning (bouwhout, hout voor papierpulp, enz.);
- het gebruik van hout als brandstof, bijvoorbeeld om te koken;
- de aanleg van weilanden voor veeteelt.

De tropische wouden bevinden zich bijna allemaal in ontwikkelingslanden. Daarom zijn de echte vijanden van het tropische woud de bevolkingsaangroei, de armoede en de nationale schuld. Door overbevolking in de bebouwbare streken en de ongelijke verdeling van de gronden ten voordele van een minderheid van grootgrondbezitters, wenden miljoenen landloze boeren zich tot het woud. In bepaalde landen die zich in economische crisis bevinden, keren veel werkloze stedelingen terug naar de landbouw... Door de armen aan te moedigen naar het Amazonegebied te trekken, hopen de regeringen de sociale spanningen te verminderen die samengaan met de ongelijkheid in grondbezit.



SCHOKKENDE CIJFERS!

Volgens de Wereldlandbouw- en Voedselraad van de Verenigde Naties (FAO – Food and Agricultural Organisation) is de beboste oppervlakte in de tropen van ongeveer 19 miljoen km² in 1980 teruggevallen op 17,5 miljoen km² in 1990. Tijdens dit decennium verdween gemiddeld elk jaar iets meer dan 150 000 km² bos - ter vergelijking: dit is de oppervlakte van een voetbalveld (5 000 m²) per seconde.

Tussen 1990 en 1995 vertraagde het ritme van de verwoesting een beetje. Gemiddeld verdween toen jaarlijks 137 000 km² woud. Zelfs indien dit ritme stabiliseert, zal er binnen enkele tientallen jaren niet veel meer overblijven van de tropische wouden, met uitzondering dan van de beschermde reservaten waarvan de grootte relatief onbelangrijk is...

Al worden deze cijfers betwist, dan nog zijn de minimumschattingen zorgwekkend.

Bovendien stimuleren deze regeringen de komst van grote investeerders (landbouwers, veetelers, houthandelaars, mijnbouwers, enz.). Zo hopen zij hun economie te ontwikkelen en zich open te stellen voor de buitenlandse handel om zo hun schuldenlast te kunnen aflossen.

Bij de exploitatie van de rijkdommen van het woud zijn niet alleen ondernemingen uit de tropische landen betrokken. Ook talrijke buitenlandse maatschappijen trachten op een zo kort mogelijke termijn zoveel mogelijk winst te maken. Maar daar houdt de verantwoordelijkheid van de geïndustrialiseerde landen niet op: hun consumenten (en dat zijn wij!) vragen exotische houtsoorten en goedkope landbouwproducten (rundvlees, palmolie, cacao, enz.) en oefenen zo onrechtstreeks druk uit op de wouden. Bovendien werd en wordt de ontwikkeling van de veeteelt,

het weggennet, hydro-elektrische stuwdammen, mijnontginningen en allerlei andere activiteiten die schadelijk zijn voor de tropische wouden gefinancierd door banken uit de ontwikkelde landen...

Tropische ontbossing: van kwaad tot erger...

Uitsterven aan de lopende band

De tropische wouden herbergen waarschijnlijk meer dan 7,5% van alle dieren en planten ter wereld. Het voortbestaan van deze levende organismen die een ongelooflijke diversiteit vertonen en vaak erg zeldzaam zijn, wordt ernstig bedreigd door de verwoesting van hun habitat (leefgebied). De levende soorten die in het tropische woud leven, zijn met elkaar

RESTJES BOS SPAREN? GEEN OPLOSSING VOOR FAUNA EN FLORA!

Ontbossing is niet de enige oorzaak voor de verdwijning van levende soorten. Kleine stukjes bos sparen – met andere woorden het 'bosvasteland' versnipperen in meerdere 'boseilandjes' – leidt op termijn tot hetzelfde resultaat. Wanneer de totale oppervlakte van het woud vermindert, vermindert tegelijkertijd ook zijn 'huisvestingscapaciteit'. Sommige soorten verdwijnen samen met hun essentiële bestaansmiddelen (in ruime zin: voedselbronnen, paarplaatsen of plaatsen waar de jongen grootgebracht worden, rustplaatsen, seksuele partners, enz.).

Wanneer een weg, een landbouwperceel, enz. deze verschillende 'eilandjes' ook nog eens van elkaar scheidt, kunnen dieren zich niet meer vrij verplaatsen (bijvoorbeeld op zoek naar voedsel). Dit verhindert ook de verspreiding van pollen en zaden. Een bijkomende moeilijkheid voor de overleving van heel wat soorten...

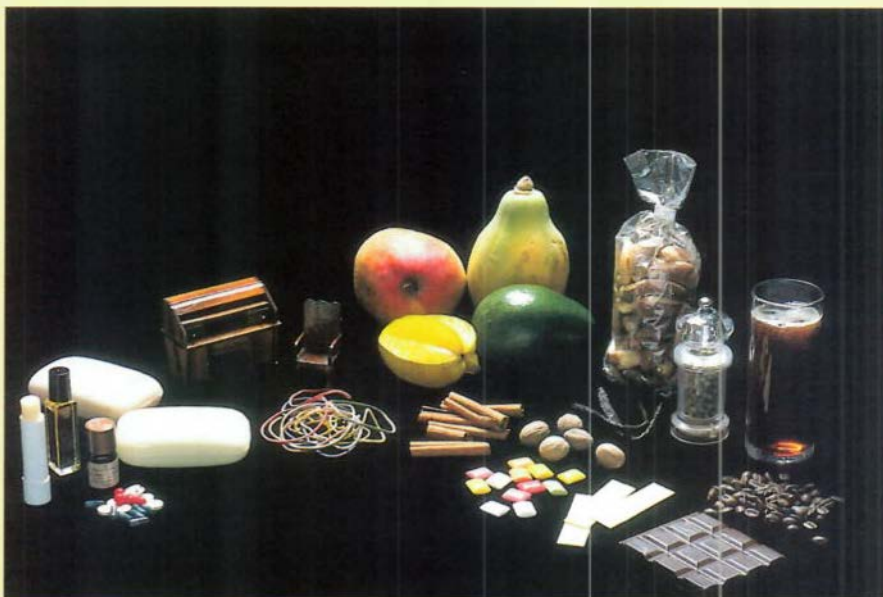
verbonden in een complex systeem van onderlinge afhankelijkheid. Wanneer één soort verdwijnt, kan dit de ondergang betekenen van tal van andere soorten, een soort domino-effect dus.... Specialisten verschillen van mening over het juiste

ENKELE SCHATTINGEN AANGAANDE HET AANTAL UITSTERVENDE SOORTEN TE WIJTEN AAN ONTBOSSENG VAN DE TROPISCHE GEBIEDEN

- 1 soort per uur tegen het jaar 2000.
 - 17 500 soorten per jaar.
 - 1 miljoen soorten tussen 1985 en het jaar 2000.
 - 10 à 38% van alle soorten tussen 1990 en 2020.
- Waarom wijken deze schattingen van elkaar af? Dit komt doordat de wetenschappers zich op verschillende ramingen baseren:
- van het totaal aantal levende soorten (tussen 3 en 10 miljoen, met slechts 1,4 miljoen verschillende soorten tot op heden beschreven);
 - van het percentage soorten dat in de tropische wouden leeft (tussen 25 en 70% - een gebruikelijke schatting is 50%);
 - van het percentage van tropische ontbossing op wereldschaal gezien (tussen 0,5 en 2% per jaar).
 - van de mathematische relatie tussen het percentage van uitsterven en het verdwijnen van de boshabitat.

aantal soorten dat verdwijnt door de ontbossing van de tropen. Maar ze zijn het er wel allemaal over eens dat er meer soorten uitsterven dan in alle andere gebieden ter wereld samen. Een echte crisis van de biologische diversiteit (of diversiteit van het Leven) dus...

Waarom is het nu zo belangrijk om de verscheidenheid aan fauna en flora van deze wouden te behouden? De antwoorden variëren naargelang de waarde die men hecht aan het leven waarvan dit ecosysteem krioelt.



De bescherming van onze belangen

Heel wat producten die wij momenteel algemeen of sporadisch gebruiken, zijn afkomstig uit het tropische woud. Doordat nog onbekende soorten verdwijnen, worden we beroofd van potentiële nieuwe producten. Maar ook van een fabelachtige genenbank voor de verbetering van cultuurgewassen en vee, en voor de biotechnologie (industriële productie van chemische, farmaceutische en agro-alimentaire stoffen dankzij de wijziging van het genetische potentieel van de bacteriën en andere micro-organismen). We kunnen dus maar beter voorzichtig zijn. Het is tenslotte beter geen levensvormen te laten uitsterven die ons later misschien nog van pas zouden kunnen komen.

Het behoud van een wereldpatrimonium

Behoren de tropische wouden, die natuurlijke juweeltjes met hun ongelooflijke biodiversiteit, niet toe aan de hele mensheid, net zoals de meesterwerken uit de schilderkunst, de architectuur of de muziek?

DE VRIJGEVIGHEID VAN HET TROPISCHE WOOD...

In deze context hebben indianen uit de Amazoneprovincie van Ecuador (Pastaza) stappen ondernomen om hun gebieden door hun nationale regering en door de UNESCO te laten erkennen als cultuur- en biodiversiteitspatrimonium.

De bescherming van het recht op leven

Talrijke soorten die dreigen uit te sterven, hebben geen enkel economisch nut. Ze zijn niet mooi of spectaculair en hebben ook geen andere kenmerken waardoor we in hen geïnteresseerd zouden kunnen zijn.

UITSTERVENDE SOORTEN: GEEN TYPISCH TROPENPROBLEEM!

Door de explosieve bevolkingstoename heeft de mens steeds meer ruimte nodig om aan zijn behoeften tegemoet te komen. Hij vernietigt of beschadigt hierbij talloze natuurlijke habitats. Het uitsterven van dieren- en plantensoorten vormt dus een planetair probleem en tast alle ecosystemen aan. Met het oog hierop heeft het Biodiversiteitsverdrag als doel: 1^o) het behoud

Maar mogen wij hen daarom het recht op leven onthouden? Moeten we de zaak niet vanuit een totaal ander gezichtspunt bekijken: het gezichtspunt van Noach die in zijn oneindige wijsheid alle levende wezens op aarde op zijn ark toeliet? Volstaat het simpele feit dat deze soorten bestaan niet om hen uniek te maken?

Bodemdegradatie

Het bladerdek is net een met fijne gaatjes doorboorde paraplu: enerzijds vangt het gebladerte het grootste deel van de regenbuien op en vermindert bijgevolg de hoeveelheid regenwater dat de bodem bereikt; anderzijds tempert het de kracht van de regendruppels die er doorheen gaan. Verdwijnen de bomen, dan wordt de bodem rechtstreeks blootgesteld aan het geweld van de overvloedige regens. Calcium, magnesium en andere mineralen afkomstig van de ontbinding van organisch materiaal (of uit de as van het bos) worden dan door de grote hoeveelheden water de diepte ingespoeld. Resultaat: een snelle verarming...

Op hellingen en bij kaalgeslagen grote oppervlakten stelt zich nog een ander probleem: erosie. De dunne bodemtoelaag waarin zich de voedende bestanddelen bevinden, wordt snel door het afstromende water meegesleurd. Van dat ogenblik af

van de biologische diversiteit, 2^o) duurzaam gebruik van de bestanddelen daarvan; 3^o) het eerlijk en billijk delen van de opbrengsten uit het gebruik van genetisch materiaal.

Dit Verdrag werd tijdens de Wereldmilieutop van Rio de Janeiro in 1992 aan meer dan 150 landen ter ondertekening voorgelegd. Ons land ratificeerde het in november 1996 en het trad in werking op 20/02/97.

kan er niets meer groeien. De verarming en erosie van de bodem brengen de landbouw in gevaar. Rekening houdend met het gebrek aan geschikte gronden voor cultuurgewassen en weilanden in de tropen is dit een ernstig probleem. Na het vertrek van de boeren, houthandelaars en andere houthakkers, is zelfs de terugkeer van het woud twijfelachtig.

De verstoring van de neerslag

De regen die zo overvloedig in de tropische wouden valt, is grotendeels afkomstig van de plaatselijke recyclage van regenwater dat enige tijd voordien gevallen is...

De plaatselijke recyclage van regenwater vermindert drastisch wanneer het woud gekapt is. Er gebeurt nu immers veel minder transpiratie door de planten en verdamping via de natte bladeren. Minder waterdamp die terug de lucht ingestuurd wordt, betekent ook minder regen! Zowel het herstel van het woud als de boeren zullen hieronder lijden... Boven de ontboste gedeelten zullen minder

opstijgende vochtige luchtmassa's voorkomen en dit kan het klimaat in de naburige streken ontregelen. Minder regen hier, meer regen daar, zo voorspellen de mathematische klimaatmodellen gebruikt door de klimatologen!

Rekening houdend met het tempo waaraan de bossen in de tropen verdwijnen, vrezen de specialisten zelfs een verstoring van de atmosferische waterdampcirculatie en van het neerslagsysteem op wereldschaal... Op dit moment is het echter nog onmogelijk om dit te bewijzen!

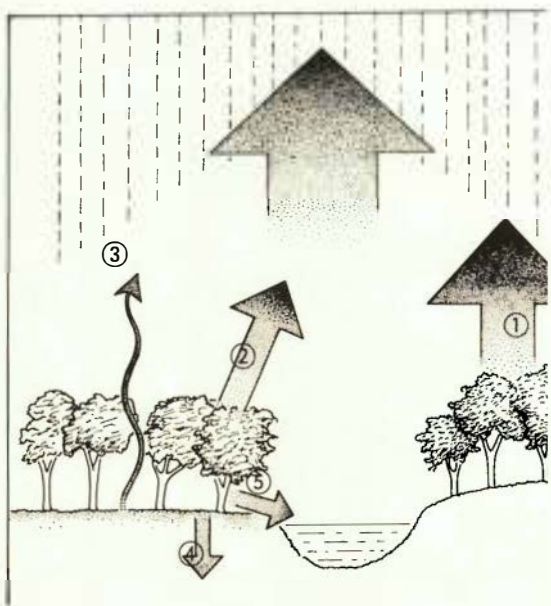
Een handje toesteken bij de opwarming van de planeet

Bomen kunnen koolstofdioxide (CO_2) omzetten in vaste massa's met een lange levensduur: takken, stam en wortels. De bossen kunnen dus beschouwd worden als enorme CO_2 -vallen. Dit is wel een erg interessante eigenschap indien men weet dat de mens enorme hoeveelheden CO_2 in de atmosfeer loost en dat dit 'broeikasgas' bij-



DE REGENWATERCYCLUS IN HET TROPISCHE WOUD

- ① Een groot deel van het water dat de bomen en planten opgeslorpt hebben, wordt via transpiratie opnieuw in de atmosfeer gebracht. Deze waterdamp maakt deel uit van de regenwaterrecyclage.
- ② De verdamping van het water dat door het bladerdek werd opgevangen speelt ook een rol.
- ③ De verdamping door de natte grond daarentegen is verwaarloosbaar.
- ④ Het water dat in de grond sijpelt (percolatie)...
- ⑤ ...en het water dat over de bodem wegstroomt, komt uiteindelijk terecht in een rivier (rechtstreeks of via de grondwater-tafel). Dit deel van de regen zal niet gerecycleerd worden op de plaats waar het is neergevallen...



DE WOUDEN: FABRIEKEN DIE DRAAIEN OP CO_2

Door fotosynthese zet de boom koolstofdioxide om in suikers die (samen met de minerale elementen uit de bodem) als bouwstenen zullen dienen voor alle koolstofverbindingen die nodig zijn voor de aanmaak van nieuwe weefsels.

Aan het einde van zijn vaak enkele honderden jaren durend leven, heeft de boom in zijn stam, takken en wortels een indrukwekkende hoeveelheid uit de lucht afkomstige koolstof opgeslagen. Die opslag is fenomenaal wanneer je een volledig woud bekijkt!

Door de ontbinding van een dode boom komt de CO_2 die erin opgeslagen was, opnieuw vrij. Maar wanneer in het woud een boom sterft, begint een andere te groeien... en slaat hij koolstofdioxide op.

Een bebost massief werkt dus voortdurende als een enorme val voor de atmosferische koolstof: de wetenschappers spreken over een 'CO₂-put'.

Alle tropische wouden van de planeet samen slaan dus in hun levend materiaal een hoeveelheid CO_2 op die 1,5 à 2 maal groter is dan de CO_2 die in de atmosfeer aanwezig is...

draagt tot de opwarming van de aarde...

Ontbossing berooft de atmosfeer van een enorme 'CO₂-val'. Dat zou zo erg nog niet zijn als het bos dan opnieuw kon groeien. Maar zodra de bodem kaal is, in cultuur gebracht of in weiland omgezet wordt, degradeert hij zo snel dat er niet opnieuw bomen kunnen groeien...

Anderzijds ontstaat door de verbranding van de omgehakte bomen een enorme emissie van koolstofdioxide. Een voorbeeld: de verbranding van een hectare woud maakt 220 ton koolstof vrij in de vorm van CO_2 .

Eenzijds minder opslag, anderzijds meer uitstoot: twee nieuwe feiten die de atmosferische broeikasgasconcentraties negatief



DE ONTBOSsing IN DE TROPEN VERSTERKT HET BROEIKASEFFECT, IN HET BIJZONDER DOOR DE VERBRANDING VAN DE OMGEHAKTE BOMEN.

beïnvloeden. Uit schattingen van het IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) blijkt dat de mens, tussen 1980 en 1989, elk jaar 7,1 miljard ton koolstof in de atmosfeer bracht (voornamelijk door het gebruik van fossiele brandstoffen). Hiervan is 1,6 miljard ton (22 %) afkomstig van de ontbossing in de tropen. De ontbossing draagt dus in sterke mate bij tot de versterking van het broeikas-effect en de opwarming van de planeet....

Bedreigde volkeren?

De tropenwouden zijn al duizenden jaren bewoond door de mens. Ook nu nog leven er verschillende inheemse volkeren. Het zijn jagers, vissers, verzamelaars, maar ook zwerfvluchtelingen. Ze vinden er alles wat ze nodig hebben: bouwmaterial, brandhout, werktuigen, pottenbakkersklei, kleding, medicamenten, enz. Voor deze gemeenschappen is het hen omrin-

gende milieu onverbrekelijk verbonden met hun geloof en spirituele waarden. Hun belangrijkste zorg is het behoud van het woud. Hun voortbestaan hangt ervan af. En dit, hoewel ook zij hun wereld gewijzigd hebben, door die soorten te cultiveren en uit te kiezen die het best aan hun behoeften voldoen.

Sinds verschillende decennia – en dit proces versnelt nog steeds – knagen de exploitatie van het woud, het oprichten van ranches en de invoering van culturen, mijnbouw en petroleumontginningen enz. aan het grondgebied van de autochtone bevolking. Ze krijgen vaak een beperkt grondgebied toegewezen dat niet volstaat om hun traditionele nomadische levenswijze te onderhouden. Vaak hebben ze geen andere keuze dan hun gronden te overexploiteren en ze dus onherstelbaar te verarmen. Heel wat gemeenschappen komen op brutale wijze in contact met de moderne levenswijze waardoor ze paria's worden van

een maatschappij die hen opgedrongen werd. Alcoholisme, prostitutie, misdaad, uitroeiing door ziekten die ons niet deren maar waartegen zij geen enkele immuniteit hebben (griep, verkoudheid...) zijn hiervan het gevolg. De invasie en vernietiging van hun wereld betekent dus culturele achteruitgang, morele en fysieke aftakeling, en vaak het uitsterven van hele stammen. Sinds het begin van deze eeuw verdwijnt bijvoorbeeld elk jaar een Amazonestam in Brazilië.

De meerderheid van de tropenbossen wordt als eigendom van de Staat beschouwd. De juridische eigendomsrechten van de inheemse bevolking op de grond en ondergrond zijn dus op zijn minst erg onzeker te noemen. Meestal negeren de regeringen deze volkeren gewoon of beschouwen hen als vervelende hinderpalen voor de economische ontwikkeling van het land. Deze woudbewoners zijn slechts

in geringe mate vertegenwoordigd bij de machthebbende instanties, maar zij trachten momenteel hun stem te laten horen, zowel bij hun eigen regeringen als bij internationale organisaties zoals de Verenigde Naties. Hun fundamentele eisen: het eigendomsrecht, gebruiksrecht en recht op vrije beweging op hun grondgebied, en de mogelijkheid de toegang tot hun gebieden te beperken voor kolonisten, industriëlen en andere buitenstaanders die hun toekomst in gevaar brengen. In deze context moet men het proces van afbakening van inheemse grondgebieden zien dat momenteel in verschillende landen van het Amazonebekken plaatsvindt en waarmee verschillende regeringen uit de streek uiteindelijk hebben moeten instemmen.

Het voortbestaan van deze volkeren en hun leefmilieu kan voor ons, mensen uit de ontwikkelde landen, van erg groot nut zijn. Een voorbeeld: hun kennis van de plantengeneeskunde zou kunnen leiden tot de ontdekking van nieuwe geneeskrachtige planten...



KAYAPO-INDIAAN, BRAZILIAANS AMAZONEGEBIED

Hoe de tropenbossen redden?

De landbouwbevolking in de tropen een redelijk bestaansniveau garanderen

De kern van alle problemen die tot ontbossing leiden, is de menselijke factor. Er bestaat hiervoor geen mirakeloplossing. Zolang honderden miljoenen armen dag na dag moeten vechten om te overleven, zal de verleiding om de karige bronnen waarover zij beschikken tot het uiterste te exploiteren, blijven bestaan. Zonder een meer gelijkwaardige economische ontwikkeling op wereldschaal en zonder doordachte programma's ter bestrijding van de armoede, is het erg waarschijnlijk dat de voorstanders van bescherming - die vaak in het rijke Noorden te vinden zijn - het niet zullen halen bij de ontwikkelingsbehoeften van de arme bewoners van het Zuiden.

Reservaten creëren

De oppervlakte van de tropenbossen die juridisch beschermd werden om de biodiversiteit, de bodem en de waterlopen te beschermen, neemt wereldwijd duidelijk toe.

Dit lijkt een grote oppervlakte, maar deze cijfers zeggen niet veel wanneer men de doeltreffendheid van de bescherming in de beschermde zones nagaat. Het gaat hier vaak over 'fictieve parken' die alleen maar op papier bestaan of die op een middelmatige en niet duurzame wijze beheerd worden. Reden hiervoor: ontoereikende en slecht toegepaste wetgevingen, slechte institutionele ondersteuning en meestal ontoereikende financiële middelen (voor de vorming en betaling van de beheerders van de parken). Bovendien zijn de criteria die gebruikt worden bij de oprichting van een beschermde zone vaak pragmatisch, want men moet het hoofd bieden aan de toenemende druk die op de tropische bossen uitgeoefend wordt. Er wordt zelden aandacht geschonken aan het representatief karakter van deze zones wat betreft biodiversiteit, de oppervlakte nodig voor het overleven van de grote roofdieren en andere ecologische criteria! Ten slotte worden de beschermde zones die bestaan hoe dan ook door omringende menselijke activiteiten bedreigd...

Er bestaan verschillende manieren om de tropische wouden te beschermen. Wanneer men de volkeren die van het

OVERZICHT VAN DE JURIDISCH GEKLASSEERDE TROPISCHE Wouden VOOR BESCHERMING EN CONSERVATIE (EIND 1990)

STREEK	TOTALE BEBOSTE OPPERVLAKTE	GEKLASSEERDE OPPERVLAKTE
Afrika	5.276.000 km ²	259.000 km ²
Azië	3.106.000 km ²	705.000 km ²
Amerika	9.181.000 km ²	1.165.000 km ²
Totaal	17.563.000 km ²	2.129.000 km ²

BRON | FAO, 1995

woud leven de toegang ontzegt tot hun traditionele gronden in naam van een bepaald natuurbeschermingsidee (wouden 'onder een stolp', beschermd tegen alle invloeden van de mens - een onvermijdelijk schadelijk roofdier), kan men zich dan verbazen over hun passief verzet en zelfs hun geneigdheid om de beperkingen die men hen oplegt, te omzeilen, vooral wanneer geen enkele compenserende activiteit of inkomen het verlies van hun bestaansmiddelen vervangt?

Op dit ogenblik zijn de grote organisaties zoals het Wereld Natuur Fonds (WNF) en de IUCN ervan overtuigd dat een doelmatige bescherming alleen kan gebeuren in overleg met de plaatselijke bevolking en via maatregelen gebaseerd op hun ervaring en kennis zonder dat men hen van hun levensnoodzakelijke bestaansmiddelen berooft.

Het gaat er in feite om het begrip 'duurzame ontwikkeling' in de praktijk te brengen en de schijnbare tegenstelling tussen de instandhouding van het milieu en de zorg voor economische ontwikkeling te overwinnen. Een duurzame exploitatie op lange termijn van het hout, het wild, de rubber en de andere woudproducten kan niet geïmproviseerd worden: er moeten educatieve programma's uitgewerkt worden!

Het openstellen van bepaalde reservaten voor het toerisme zal de economie van de betrokken landen versterken en tegelijkertijd ook werk creëren voor de autochtone bevolking. Zo kan de kennis van het tropische woud waarover deze mensen beschikken productief gemaakt worden...

Verbeterde landbouwtechnieken

Het is van het aller-grootste belang dat men inziet dat de landbouwpraktijken die momenteel in het tropenbos toegepast worden, leiden tot bodemdegradatie waardoor uiteindelijk alle exploitatie onmogelijk wordt.

In afwachting van een hypothetische landbouwhervorming, waartegen de grootgrondbezitters en hun politieke vriendjes zich koppig verzetten, moet getracht worden de druk van de landbouw op de wouden te beperken door op een andere manier de grond te bewerken. Zo'n landbouwtechniek bestaat reeds: de agrobosbouw. Hierbij worden op hetzelfde perceel grond een grote hoeveelheid verschillende gewassen naast elkaar geteeld.

- erg gevarieerde cultuurgewassen, die levensnoodzakelijke producten leveren (maniok, zoete aardappelen, jamswortel maar ook producten waarmee handel kan gedreven worden (cacao, koffie, suikerriet, enz.);
- het kweken van kleine dieren;
- het planten van bomen die fruit, zaden, kruiden, dranken, medicamenten, vezels, hout, enz. leveren.

De doeltreffendheid en de duurzaamheid van deze exploitatiemethode berusten op de progressieve wederopbouw van een 'paraplu' van bomen boven het bosperceel dat omgehakt en kaalgebrand werd. Hierdoor vernijdt men de nefaste invloeden van de tropische regens (uitspoeling van minerale elementen, erosie van de bodem) en kan men het voedende karakter van de bodem behouden. Deze praktijk is gedeeltelijk gebaseerd op technieken toegepast door inheemse volkeren, zoals de indianen uit het

Amazonegebied die altijd enkele bomen laten staan op het perceel waarop zij hun verschillende cultuurgewassen aanplanten.

Door de ontbinding van het afval van de cultuurgewassen, van de bladeren van de bomen, en van de dierlijke uitwerpselen wordt de grond op een natuurlijke, en dus

DE AGROBOSBOUW: HET NATUURLIJKE HERSTEL VAN HET WOUD NAGEBOOTST

De exploitatie van het perceel, na het afbranden, gebeurt in verschillende fasen. Deze fasen zijn geïnspireerd op het progressieve natuurlijke herstel van de bosvegetatie:

- Tijdens de eerste fase van het spontane natuurlijke herstel, vestigen zich opnieuw kruidachtige planten op het perceel. De boer imiteert dit door dit type planten te zaaien. Voorbeeld: suikerriet, maïs, maniok, zoete aardappelen, ananas, bonen, kekererwten, pinda's, enz. Hij begint dus onmiddellijk met de teelt.
- In de natuur zullen de eerste bomen die opnieuw beginnen te groeien soorten zijn die goed de zon kunnen verdragen. De boer plant dus, tussen zijn cultuurgewassen, dit soort bomen: bijvoorbeeld jonge bananenbomen die snel vruchten leveren, of een soort palmboom, de bactris, die fruit draagt van zijn 8ste tot zijn 50ste levensjaar en waarvan de spruiten de 'palmharten' leveren.
- Door het progressieve herstel van het bomendek kunnen in de derde fase cultuurgewassen die schaduw nodig hebben en kleine bomen die van nature in de tropische onderlaag groeien (zoals de cacaoboom) aangeplant worden.

Zodra de bomen oud en minder productief worden, ontbost men het perceel opnieuw en kan de hele cyclus opnieuw ter plaatse opgestart worden...

goedkope, manier verrijkt. Door agrobosbouw toe te passen, kunnen de percelen gedurende langere tijd gebruikt worden. De boeren moeten niet meer zo snel verhuizen en een nieuw deel van het woud vernielen. Ze kunnen zelf in hun behoeften voorzien, maar anderzijds ook inkomsten halen uit de handel. De levensomstandigheden van de boeren verbeteren dus aanzienlijk en tezelfdertijd helpt dit systeem om de druk op de resterende bossen te verminderen!

Exploitatie van tropisch hout: akkoord, maar anders!

De commerciële houtkap bekommert zich maar om één enkel ding: zoveel mogelijk bomen op een zo kort mogelijke tijd omhakken om op korte termijn zo veel mogelijk winst te maken. Het biodiversiteitsverlies en de gevolgen voor de bodem (verarming en erosie) waardoor het herstel van het woud belemmerd wordt, zijn van geen enkele tel! Zelfs indien er beperkingen bestaan op de hoeveelheid hout die mag weggevoerd worden, dan nog hebben de bosbeheerders van het tropische woud in ieder geval te weinig personeel en financiële middelen om controle uit te oefenen en doen de exploitanten wat ze willen.

Het is niet nodig om alle houtexploitatie te veroordelen om de wouden te kunnen beschermen. De bescherming van het tropenbos mag geen rem zijn op de broodnodige socio-economische ontwikkeling van de plaatselijke bevolking en hun Staten. Integendeel! Maar om deze volkeren een duurzame ontwikkeling te kunnen garanderen, moet een bosbeheer gevoerd worden dat die naam waardig is, d.w.z. dat het natuurlijke herstel van het

woud moet mogelijk zijn door beperkt en over een lange termijn verspreid te kappen, door die bomen die niet gemakkelijk op natuurlijke wijze terug groeien, aan te planten, enz. Dit is het te volgen scenario indien men zowel het voortbestaan van de tropenbossen als de productiviteit op lange termijn voor de houtindustrie wil verzekeren.

In deze ontwikkeling hebben ook de consumenten, en vooral die uit de rijke noordelijke landen, een erg belangrijke rol te spelen. Als belangrijke aankopers moeten zij ervoor zorgen dat de vraag naar hout gestuurd wordt in de richting van duurzame houtexploitatie... Hierin liggen verschillende elementen besloten: respect voor de fauna en de flora van het bos, maar ook het creëren van regionale werkgelegenheid en een financiële rendabiliteit op lange termijn.

Voorrang geven aan de exploitatie van niet-houtachtige producten

De tropische wouden bevatten niet alleen hout, maar ook veel niet-houtachtige producten die interessant zijn op gebied van voeding, geneeskunde, industrie of op een ander vlak: fruit, granen, rotan, harsen, gom, was, ... Deze producten herstellen zich erg snel nadat ze geoogst werden. Exploitatie hiervan brengt het bosecosysteem dus niet in gevaar.

Deze hernieuwbare bosproducten worden momenteel in hoofdzaak plaatselijk gebruikt. Indien deze producten beter bekend en gewaardeerd zouden worden, zou de vraag ernaar op wereldschaal sterk kunnen stijgen en zo zouden hiervoor belangrijke internationale afzetmarkten kunnen ontstaan. Bepaalde deskundigen zijn van mening dat, voor een gelijkaardi-

ge bosoppervlakte, de commerciële waarde van de niet-houtachtige producten jaarlijks de winsten zou kunnen overtreffen die nu gemaakt worden door de grootschalige ontbossing. Welnu, voordat bomen voldoende gegroeid zijn om opnieuw gekapt te worden, gaan veel jaren voorbij. Dit is niet het geval voor de oogst van niet-houtachtige producten...

En tot slot: de houtwinning is nu in handen van grote firma's en de gemaakte winsten komen alleen bij hen terecht. De economische opbrengsten van de exploitatie van niet-houtachtige producten daarentegen, zouden ten goede kunnen komen aan de plaatselijke gemeenschappen die voor de oogst ervan zorgen...

A { PHILIPPE VAN HAVER

Verwoestijning

Verwoestijning kan gedefinieerd worden als landdegradatie in droge gebieden (< 600 mm regenval per jaar). Oorzaken kunnen zowel extreme klimaatsomstandigheden als foutief landgebruik door de mens zijn. Dit heeft weinig te maken met de natuurlijke verschuiving van bestaande woestijnen die, na enkele jaren van extreme droogte, aangrenzende vruchtbare gebieden inpalmen en ze tijdelijk omzetten in steriele zandvlakten. Komt de regen terug, dan is het goed mogelijk dat deze grond zijn vruchtbaarheid hervint. Verwoestijning is eerder zoals een huidziekte. Hier en daar komen, onafhankelijk van elkaar, lapjes gedegradeerde grond te voorschijn, soms duizenden kilometers

van de dichtstbijzijnde woestijn. Langzaam maar zeker worden deze lapjes grond groter en voegen zich uiteindelijk samen waardoor woestijnachtige toestanden ontstaan. Deze gebieden zijn totaal verschillend van de natuurlijke woestijnen, ecosystemen met unieke eigenschappen.

Ongeveer één derde van de aardse landoppervlakte bestaat uit droge gebieden en reeds een belangrijk deel daarvan is gedegradeerd (zie tabel blz. 85). Bijna 1 miljard van de armste mensen op aarde leeft in deze gebieden. Het gaat dus niet meer om een randverschijnsel, maar om een wereldwijd milieuprobleem dat de nodige aandacht verdient. Bovendien moeten we

met steeds naar de kurkdoge Sahel of Gobiwoestijn trekken om dit verwoestijningsproces van nabij te bekijken. Ook bij ons in Europa vindt op veel plaatsen verwoestijning plaats! Enkele van de meest geteisterde gebieden bevinden zich in het zuiden van Spanje, Italië, Griekenland en Portugal, kortom in het Middellandse-Zeegebied.

In dit gebied, waar 60% van het landschap wordt bedreigd en waar de verwoestijning op sommige plaatsen reeds hardnekkig heeft toegeslagen, is de rol van de mens doorslaggevend.

We zetten de belangrijkste oorzaken van de verwoestijning op een rijtje.

VERWOESTIJNING IS EEN ERNSTIG MILIEUPROBLEEM. DOOR ZOWEL KLIMAATFACTOREN ALS MENSELIJKE INGREPEN, KRIJGT WATEREROSIE VRIJ SPEL EN WORDT EEN STERK VERSNEDEN LANDSCHAP ('BADLANDS') GECREËERD (NABIJ MURCIA, Z-O SPANJE).



ALGEMENE STATUS VAN DE VERWOESTIJNING IN DE DROGE GEBIEDEN DIE VOOR LANDBOU WORDEN GEBRUIKT. WERELDWIJD IS 69% VAN DEZE GEBIEDEN GEDEELTELIJK OF VOLLEDIG VERWOESTIJD/GEDEGRADEERD, DIT IS BIJNA 30% VAN DE TOTALE LANDOPPERVLAKTE VAN DE AARDE

CONTINEËNT	VERWOESTIJNDE OPPERVLAKTE	% VAN TOTALE OPPERVLAKTE DROGE GEBIEDEN.
Afrika	1.045 miljoen hectaren	73 %
Azië	1.311 miljoen hectaren	70 %
Australië	376 miljoen hectaren	54 %
Europa	94 miljoen hectaren	65 %
Noord-Amerika	428 miljoen hectaren	74 %
Zuid-Amerika	306 miljoen hectaren	73 %
Totaal	3.562 miljoenen hectaren	69 %

BRON | DESERTIFICATION CONTROL BULLETIN, NO 20, 1991, UNEP

Oorzaken van verwoestijning

Klimaat.

Kenmerkend voor het Middellandse-Zee klimaat zijn de erg hete droge zomers en de eerder natte winters. De winterse neerslagperiodes zijn onregelmatig en hevig. De neerklaterende regenbuien woelen de bodemtoplaag om zodat de uiteengerukte bodemdeeltjes gemakkelijk door het afstromende water worden meegeleurd. Deze regenmassa drukt de grond ook sterk samen waardoor een weinig doorlaatbare korst wordt gevormd. Hierdoor kan het water niet in de bodem sijpelen, maar wordt snel afgevoerd met sterke bodemerosie en overstromingen tot gevolg. Tijdens de daaropvolgende lange hete zomer droogt de bodem extreem uit. De in het water opgeloste zouten blijven op het bodemoppervlak achter wanneer het water verdampt. Hierdoor wordt een harde zoutkorst gevormd waarop de vegetatie geen vat heeft. Het is juist deze combinatie van hevige regenval en geregeld terug-

kerende droogteperiodes die verwoestijning een kans geeft. Klimaatmodellen voorspellen voor de toekomst meer aanhoudende droogteperiodes, maar minder natte regenseizoenen. Deze regen zal dan echter worden aangevoerd tijdens heel onregelmatige en intense regenperiodes. Zo'n klimaatsverandering zal het verwoestijningsproces dus enkel maar bevorderen!

Landgebruik door de mens

De mens bewoont het Middellandse gebied reeds duizenden jaren en heeft het voortdurend gewijzigd. Het is één van de gebieden ter wereld die het meest heeft geleden onder landschapsdegradatie door de mens. Meer dan 2000 jaar geleden beschreef Plato Griekenland al als een skelet van een lichaam weggevreten door ziekte. Hij bedoelde hiermee het sterk ontboste landschap en de schaars begroeide weilanden. Ook hevige overstromingen en aardverschuivingen waren toen geen ongewoon verschijnsel! Er wordt

zelfs gesuggereerd dat bodemdegradatie een belangrijke rol speelde bij het verval van de grote beschavingen die lange tijd bloeiden rond de Middellandse Zee. Deze volkeren overexploiteerden de bodem. Ze verwoestten hele wouden voor de belangrijke scheepsbouw zonder maatregelen te nemen om de vruchtbaarheid van de grond te behouden. De bodemdegradatie was verstrekkend.

Per eeuw wordt er in het Middellandse-Zeegebied ongeveer 1 cm bodem gevormd. Indien die wordt mishandeld, verdwijnt deze dunne maar uiterst kostbare bodemlaag op enkele seizoenen tijd en blijft er een woestijnachtig onvruchtbaar stuk land achter.

De Mediterrane bodem heeft dus een erg nefaste voorgeschiedenis gekend. Maar vooral tijdens de 20ste eeuw is de druk van mens en dier op het land steeds groter geworden waardoor de verwoestijning sterk toenam.

Intensieve landbouwpraktijken

Door de steeds toenemende bevolkingsdruk of vanuit economisch (export)-oogpunt, wordt de fragiele Mediterrane

WATEREROSIE, DOOR INTENSIEVE LANDBOUWPRAKTIJ-
KEN (MONOCULTUUR VAN AMANDELBOMEN), CREËERT
GEULEN (EN RAVIJNEN) IN DE BODEMTOPLAAG...





... OP DE ACHTERGROND IS DE TYPISCHE MEDITERRANE VEGETATIE (MATORAL) NOG DUIDELIJK ZICHTBAAR (NABIJ LORCA, Z-O SPANJE).

bodem uiterst intensief bewerkt. Dit gaat onder meer gepaard met bodem- en waterverontreiniging door het overmatig gebruik van meststoffen en pesticiden, en de lozing van afvalproducten. Bovendien worden zware mechanische landbouwmachines op het kwetsbare milieu ingezet en wordt getracht meer grondwater naar boven te pompen dan praktisch mogelijk is. Deze grootschalige intensieve landbouwpraktijken putten uiteindelijk de bodem uit en beschadigen de kwetsbare bodemstructuur. Hierdoor krijgt watererosie, en in mindere mate winderosie, vrij spel over het Mediterrane milieu.

Overbegrazing

Landdegradatie wordt sterk in de hand gewerkt door een steeds toenemende veestapel. In de traditionele veehouderij krijgt het afgegraasde land voldoende tijd om zich te herstellen. Een te grote veestapel veroorzaakt echter overbegrazing waardoor de vegetatie voortdurend wordt vernield. De planten die helpen om de bodemstructuur te behouden, verdwijnen en wind- en watererosie worden in de hand gewerkt. Bovendien heeft zoveel vee ook enorm veel water nodig. Op sommi-

ge plaatsen stelt men zelfs een verschraling van het milieu vast in een straal van 5 tot 20 km rond de waterputten.

Ontbossing

De mens ontbost grote gebieden om weiland en akkerland te verkrijgen. Hout wordt ook

intensief gebruikt als brandstof en bouw-materiaal. Hierdoor beslaat het bosbestand nog nauwelijks 5% van zijn oorspronkelijke oppervlakte. In het semi-aride Middellandse-Zeegebied, waar vegetatie reeds schaars is, spelen bosgebieden een kritische rol bij het in stand houden van de bodemstabiliteit. Boomwortels binden immers de bodemdeeltjes tot een vaste structuur. Kapt men de bomen, dan krijgen wind en regen vrij spel op de bodem en is het verwoestingsproces reeds begonnen. Bij extreem zware regenval kan dit bovendien nog hevige modderstromen en aardverschuivingen veroorzaken. Naast het kappen van volledige bosecosystemen spe-

len ook bosbranden, zowel natuurlijk als door de mens veroorzaakt, een belangrijke rol. Sommige rapporten vermelden een verdubbeling van het aantal afgebrande gebieden in Zuid-Europa tijdens de afgelopen 15 jaar. De oorzaak hiervan is de dramatisch toenemende vraag naar toeristische, stedelijke of weilandgebieden.

Irrigatie

In kwetsbare semi-aride gebieden is het belangrijk de droge bodem te irrigeren om de opbrengst van de oogst te verzekeren en te verhogen. Door een slecht beheer van het irrigatiesysteem is in het Mediterrane gebied reeds een aanzienlijke verzilting van de bodem opgetreden. Verzilting is een proces waarbij zouten zich in de bodem ophopen waardoor een harde zoutkorst in de toplaag wordt gevormd. Als het irrigatiewater in de bodem dringt, lossen alle wateroplosbare stoffen, zoals zouten, in het water op. Wanneer de bodem opdroogt en het water verdampt, worden de zouten

DOOR OVERBEGRAZING (DOOR SCHAPEN) IS DE BODEM NIET MEER BESCHERMD TEGEN DRUPPEL-INSLAG EN AFSTROMEND WATER. DIT RESULTEERT IN EEN GEDEGRADEERDE EN STENIGE BODEMTOPLAAG (NABIJ ALMERIA, Z-O SPANJE).





EEN STERK VERZILTE BODEMTOPLAAG (WITTE VLEKKEN) DOOR HET IRRIGEREN VAN DE BODEM (NABIJ ALMERIA, Z-O SPANJE)

naar de oppervlakte gebracht waar ze uiteindelijk ophopen en een zoutlaag vormen. In ideale omstandigheden zou het water in de grond moeten sijpelen, eerder dan bovenop te verdampen.

Toerisme

U kent ze allemaal wel, de Costa Blanca, de Costa Brava, de Côte d'Azur... De laatste 30 jaar heeft er een ware stormloop van toeristen plaatsgevonden richting Middellandse Zee. Dit heeft onvermijdelijk een enorme invloed op het milieu, voornamelijk op het gebied van waterbeschikbaarheid en landgebruik. De toeris-

tische sector (het geheel van hotels, sportaccommodaties, recreatiecentra...) verbruikt enorme hoeveelheden (schaars) water. Hierdoor komt de watertoevoer aan de landbouw ernstig in gevaar. Bovendien trekken veel lokale mensen weg uit de landbouwsector om een dikke boterham te verdienen binnen de goed betalende toeristische sector. Daardoor komt het onderhoud van terrassen en landbouwgebieden in het gedrang. Na verloop van tijd krijgt de erosie vrij spel en gaat veel vruchtbare grond voorgoed verloren.

Conventie ter bestrijding van de verwoestijning

Om de verwoestijning op wereldschaal aan te pakken, werd dit probleem in 1977 door de Verenigde Naties op de internationale agenda geplaatst als een

VOOR HET ONDERHOUD VAN GOLFTERREINEN IN ZEER DROGE GEBIEDEN MET GERINGE JAARLIJKE NEERSLAG WORDT ERG VEEL WATER AAN DE OMGEVING ONTTROKKEN WAARDOOR DEZE NOG VERDER UITDROOGT. (NABIJ ALMERIA, Z-O SPANJE)



wereldwijd economisch, sociaal en milieuprobleem. Hieruit ontstond het Actieplan ter Bestrijding van Woestijnvorming. Dit zijn een reeks richtlijnen en aanbevelingen om de aangetaste landen te helpen het probleem aan te pakken. Na meer dan tien jaar bleek echter dat nog geen kwart van de betrokken landen een nationaal plan had ontwikkeld om de verwoestijning te bestrijden. Onder leiding van de Afrikaanse landen werd er op aangedrongen dat voldoende aandacht aan het probleem van de verwoestijning zou geschonken worden bij de voorbereiding van de VN-Wereldtop in 1992 in het Braziliaanse Rio de Janeiro. Daar beslisten de wereldleiders een Intergouvernementeel Onderhandelingscomitee op te richten om bindende maatregelen uit te werken. In 1994 werd in Parijs dan uiteindelijk de Conventie ter Bestrijding van de Woestijnvorming goedgekeurd. Nog geen jaar later hadden reeds 105 landen de Conventie ondertekend. Landen die zich bij de Conventie aansluiten, zijn verplicht de maatregelen, beschreven in ruim 40 artikels, in praktijk te brengen. Een van de hoofdprincipes is dat er samenwerking moet zijn op zowel internationaal, nationaal, regionaal als lokaal vlak. Het uiteindelijke doel bij de bestrijding van de verwoestijning is een duurzaam bestaan te voorzien voor volkeren die in de droge gebieden leven, en dit zowel nu als in de toekomst. De Conventie wil vooral de lokale bevolking helpen bij het bestrijden van de verwoestijning. Hiervoor moeten nauwkeurig voorbereide actieprogramma's worden opgesteld. Bij de plaming, uitvoering en evaluatie hiervan moeten de lokale gemeenschappen sterk worden betrokken.

5 Antarctica

het gat in de ozonlaag

Ozon is afgeleid van het Griekse 'ozein', wat 'een reuk produceren' betekent. Die naam kreeg het uit 3 zuurstofatomen opgebouwde molecule O_3 vanwege zijn irritante geur.

Ozon is een giftig gas. Het grootste deel bevindt zich hoog in de atmosfeer en komt niet in rechtstreeks contact met de mens, dus ondervinden we geen hinder van zijn toxiciteit.

Ozon is een tweesnijdend zwaard, dat tegelijkertijd onze gezondheid bedreigt (wanneer het in grote hoeveelheden dicht bij de grond blijft hangen) en beschermt (hoog in de atmosfeer). En toch is dit hetzelfde ozon: O_3 . In dit hoofdstuk komt het beschermende ozon aan bod. Dat bevindt zich in de hogere luchtlagen en juist daar loopt het één en ander grondig fout. De hoeveelheid ozon in de stratosfeer neemt namelijk traag maar zeker af, met als hoogtepunt het jaarlijks terugkerende ozongat boven de zuidpool.



IN DEN BEGINNE

Bij het ontstaan van de aarde was er nog geen ozon. Er was ook helemaal geen zuurstof in de atmosfeer. Het microscopische leven speelde zich af diep in de oceanen, goed afgeschermd tegen alle schadelijke ultraviolette (UV) straling. Met behulp van zonne-energie begonnen bepaalde bacteriën water en koolstofdioxide uit de atmosfeer te benutten voor hun stofwisseling. Een bijproduct van dit fotosynthetische proces was zuurstof, aanvankelijk een dodelijk giftig gas! De hoeveelheid zuurstof in de atmosfeer nam aldus geleidelijk toe, alsook de hoeveelheid ozon waardoor het aardoppervlak werd afgeschermd tegen de dodelijke UV-straling van de zon. Het leven kon zich nu onbezorgd naar minder diepe regionen van de oceaan begeven en zich ten slotte op het land verder ontwikkelen.

ANTARCTICA, HET LAATSTE ONAANGETASTE CONTINENT?



1 De ozonlaag

De atmosfeer

Op basis van zijn temperatureigenschappen kunnen we de atmosfeer in verschillende lagen onderverdelen. In de troposfeer, het gebied tussen het aardoppervlak en ongeveer 12 km hoogte, neemt de temperatuur van laag naar hoog af. Bijna alle menselijke activiteiten spelen zich af in de troposfeer. In de stratosfeer, de laag die zich uitstrekt van de top van de troposfeer tot ongeveer 50 km hoogte, neemt de temperatuur opnieuw toe met de hoogte. Het scheidingsgebied tussen troposfeer en stratosfeer wordt de tropopauze genoemd. Gedurende de volgende 40 km, in de mesosfeer neemt de temperatuur opnieuw af en daarboven, in de thermosfeer (die enkele honderden km dik is) stijgt ze opnieuw sterk, tot zelfs meer dan 1000°C. De atmosfeer is daar echter zo ijl, dat temperatuur nog weinig betekenis heeft. De grootste hoeveelheid ozon (ongeveer 90% van alle atmosferische ozon) bevindt zich in de stratosfeer. De hoogste concentraties ozon komen voor tussen grofweg 15 en 40 km hoogte, in de zogenaamde ozonlaag. Dit wil niet zeggen dat zich in deze laag alleen maar ozonmoleculen bevinden. Integendeel zelfs, per miljoen moleculen lucht bevinden er zich daar slechts een vijftal moleculen ozon. Dit is toch al 100 keer meer dan in de troposfeer!

ENKELE MILLIMETERS OZON

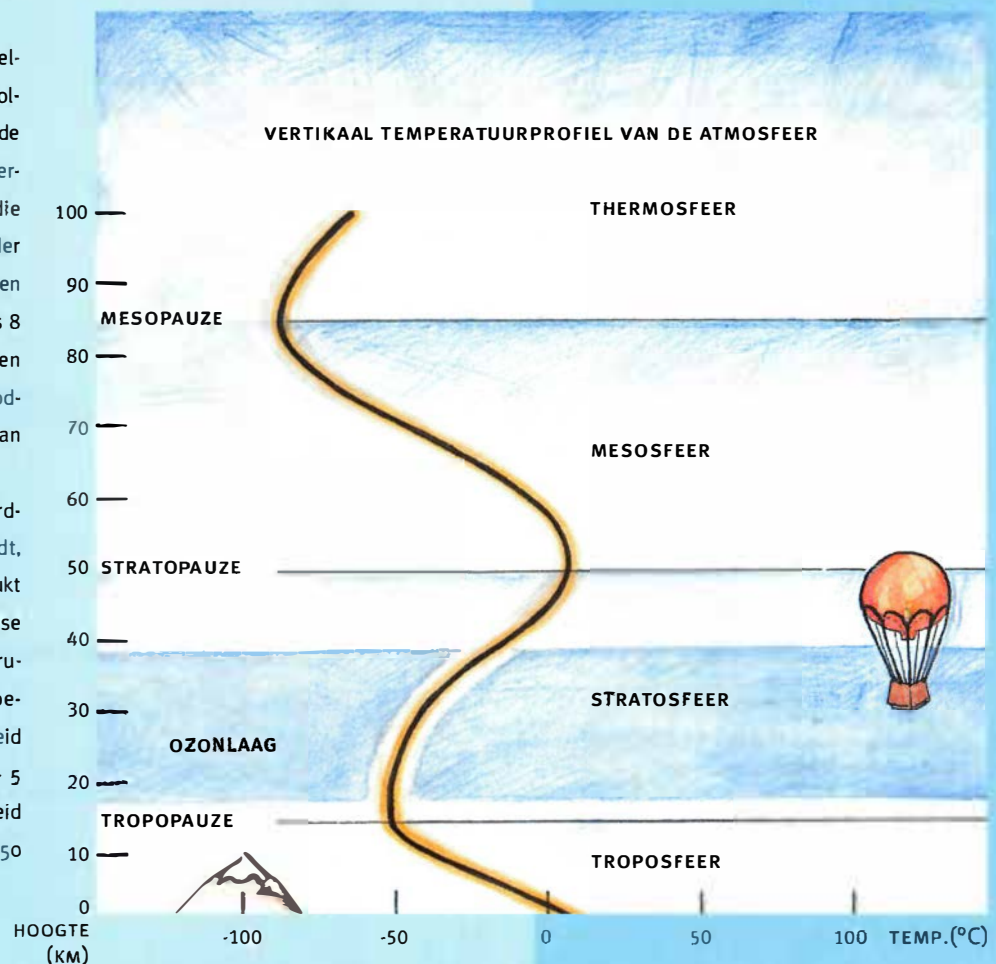
Om een idee te krijgen van de totale hoeveelheid ozon in de atmosfeer kunnen we de volgende denkoefening uitvoeren. We nemen de hele atmosfeer en stellen ons voor dat ze overal onder dezelfde druk staat als de druk die heerst aan de grond, zijnde 1 atmosfeer. Onder die omstandigheden zou de atmosfeer geen honderden kilometers dik zijn, maar slechts 8 km. Hiervan zal 6 km uit stikstof bestaan en ongeveer 2 km uit zuurstof. Onze levensnodzakelijke ozonlaag daarentegen zou hier dan maar een nietige 2,5 - 5 mm dik zijn!

De hoeveelheid ozon die zich tussen het aardoppervlak en de top van de atmosfeer bevindt, noemt men de ozonkolom. Ze wordt uitgedrukt in Dobson-eenheden (DE), naar de Engelse wetenschapper die in de jaren '20 een instrument bouwde dat routinematig de totale hoeveelheid ozon kon meten. Eén Dobson-eenheid komt overeen met 1/100 mm van dat 2,5 - 5 mm dik laagje ozon. De totale hoeveelheid ozon boven ons hoofd bedraagt tussen de 250 en 500 DE.

OZONPROBLEEMEN IN DE TROPOSFEER EN STRATOSFEER

Door menselijk toedoen is de laatste decennia de hoeveelheid ozon in de troposfeer toegenomen en in de stratosfeer afgenomen. De oorzaak daarvoor is totaal verschillend, maar toch is er één gemene deler: de mens. De hoeveelheid ozon in de troposfeer neemt toe door de uitstoot van koolwaterstoffen en stikstofoxiden door o.a. het wegverkeer en de industrie. In de stratosfeer stelt men een afname vast door de emissie van o.a. CFK's.

OP BASIS VAN HET VERTIKAAL TEMPERatuurPROFIEL KAN MEN DE ATMOSFEER IN VERSCHILLENDE LAGEN ONDERVERDELEN: DE TROPOSFEER (0-15 KM), DE STRATOSFEER (15-50 KM), DE MESOSFEER (50-85 KM) EN DE THERMOSFEER. DE OZONLAAG BEVINDT ZICH RUWWEW TUSSEN 15 EN 40 KM HOOGTE.



Ozon: Wat, waar en waarom?

Waarom bevindt de ozonlaag zich nu juist tussen 15 en 40 km hoogte? De ligging ervan wordt bepaald door de processen die instaan voor de vorming en afbraak van het ozon. Ze worden weergegeven in de figuur hiernaast.

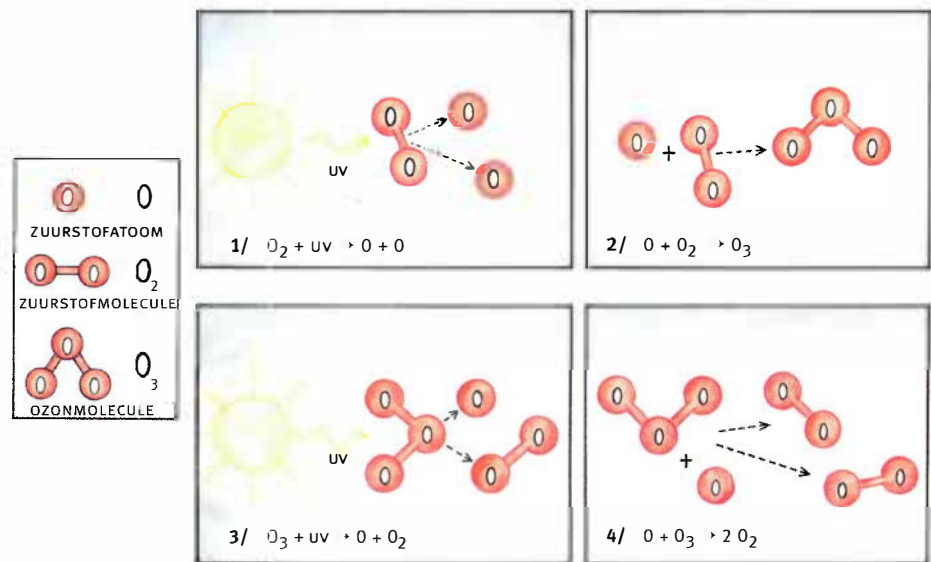
De twee hoofdrolspelers zijn zuurstof (O_2) en UV-straling. Enerzijds is er laag in de atmosfeer te weinig UV-licht beschikbaar (wegens voortdurende absorptie door de atmosfeer) om voldoende zuurstofmoleculen uiteen te slaan in zuurstofatomen. Anderzijds bevinden zich zeer hoog in de atmosfeer te weinig zuurstofmoleculen om diezelfde zuurstofatomen te vormen.

Tussenin, op een welbepaalde hoogte, is er voldoende zuurstof en UV-straling voorradig en bereikt de ozonproductie haar maximale waarde. Zo ontstaat de zogeheten ozonlaag, een ozonmaximum in de stratosfeer dat men experimenteel ook kan waarnemen (figuur blz. 91).

Variaties in stratosferisch ozon

De meeste ozon wordt geproduceerd in de stratosfeer boven de evenaar. Daar is de intensiteit van het invallende zonlicht immers het grootst. Toch blijkt de ozonlaag het dunst te zijn boven de evenaar en het dikst boven de polen! De oorzaak hiervan zijn de algemene wereldwijde

luchtcirculaties. Boven de broeiend hete evenaar stijgen de sterk opgewarmde luchtmassa's langzaam op van de troposfeer in de stratosfeer. De ozonrijke equatoriale luchtmassa's stromen dan naar de polen via de stratosferische luchtstromingen (in het voorjaar naar de zuidpool, in het najaar naar de noordpool).

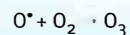


OZONVORMING EN -AFBRAAK

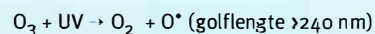
De vorming van ozon gebeurt in twee stappen. Eerst wordt zuurstof (O_2) door ultraviolette (UV) zonnestraling gesplitst in 2 uiterst reactieve zuurstofatomen (O^*). Indien dit zuurstofatoom (O^*) zich in een tweede stap verbindt met een ander zuurstofmoleculen (O_2) krijgt men ozon (O_3). Ozon kan op twee verschillende manieren afgebroken worden. Enerzijds kan UV-straling van de zon het ozonmoleculen (O_3) opnieuw splitsen in een zuurstofatoom (O^*) en een zuurstofmoleculen (O_2). Anderzijds kan een zuurstofatoom (O^*) een ozonmoleculen (O_3) aanvallen en zo 2 zuurstofmoleculen ($2 O_2$) laten ontstaan. Het was de Engelse wetenschapper S. Chapman die in 1930 de eerste fotochemische theorie i.v.m. de

stratosferische ozonvorming ontwikkelde. Hij deed dat aan de hand van volgende 4 basisreacties:

Vorming:



Afbraak:



O^ is een zuurstofatoom met een oneven aantal elektronen en bezit dus een ongepaard elektron wat het deeltje zeer reactief maakt. Het teken "*" bij O^* verwijst naar de aanwezigheid van dit ongepaard elektron. De wetenschappelijke benaming van O^* is zuurstofradicaal!*

VEREENVOUDIGDE VOORSTELLING VAN DE NATUURLIJKE VORMINGS- EN AFBRAAKPROCESSEN VAN OZON IN DE STRATOSFEER.

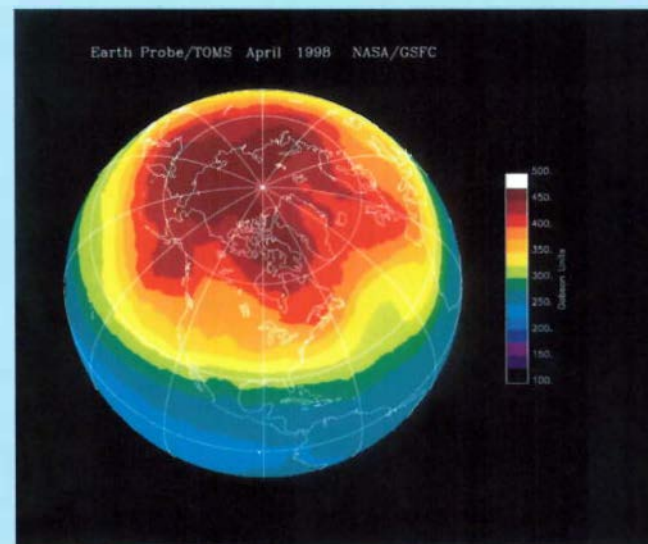
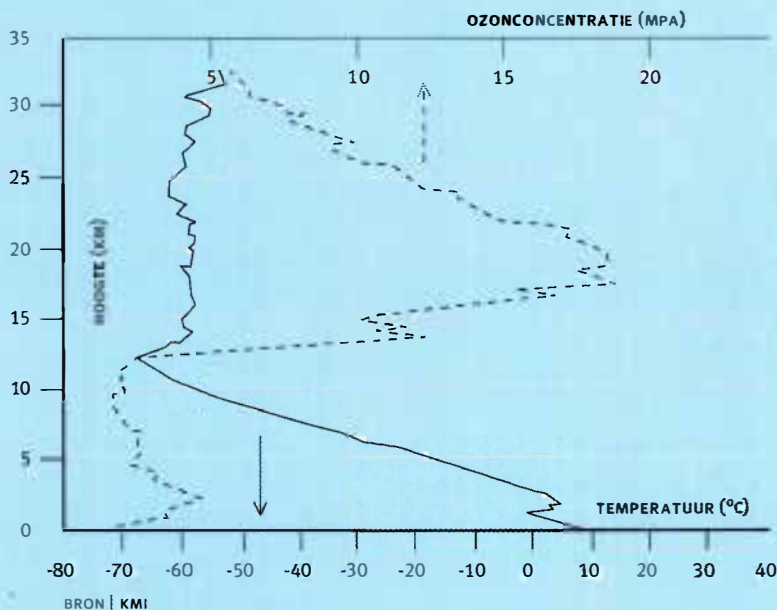
- 1 HARDE UV-STRALEN VAN DE ZON SPLITSSEN EEN ZUURSTOFMOLECULE IN ZUURSTOFATOMEN.
- 2 REACTIE VAN EEN ZUURSTOFATOOM MET EEN ZUURSTOFMOLECULE TER VORMING VAN EEN OZONMOLECULE.
- 3 UV-STRALING VAN DE ZON SPLITST OZON IN EEN ZUURSTOFATOOM EN EEN ZUURSTOFMOLECULE.
- 4 REACTIE VAN EEN ZUURSTOFATOOM MET EEN OZONMOLECULE.

Dit resulteert in lage ozonconcentraties boven de evenaar en hogere ozonconcentraties boven de meer poolwaarts gelegen regionen (zoals onze gebieden). De meest gevulde ozonkolom wordt gemeten boven de noordpool in de lente (450-500 Dobson-eenheden), terwijl in het najaar de hoeveelheid stratosferisch ozon eerder

laag is (280 DE). De dunste ozonkolom ter wereld wordt geobserveerd boven de evenaar, 250 DE, met een verwaarloosbare seizoensvariatie. Boven Ukkel varieert de gemiddelde hoeveelheid ozon tussen ongeveer 400 DE (4 mm) in maart-april en 300 DE (3 mm) in oktober-november.

EXPERIMENTEEL KAN MEN HET OZONPROFIEL WAARNEMEN DOOR MIDDEL VAN EEN OZONSONDERING (KMI). BOVEN BELGIË BEVINDT DE OZONLAAG ZICH TUSSEN 15 EN 30 KM HOOGTE, MET EEN MAXIMUM ROND 20 KM. DE SCHEIDING TUSSEN TROPOSFEER EN STRATOSFEER IS DUIDELIJK TE ZIEN, ZOWEL IN HET TEMPERATUURS- ALS IN HET OZONPROFIEL.

DE OZONKOLOM BOVEN HET NOORDELIJK HALFROND IN APRIL 1998. DE HOEVEELHEID OZON IS MAXIMAAL BOVEN DE NOORDPOOL EN NEEMT GELEIDELIJK AF NAAR DE EVENAAR TOE (TOMS-SATELLIETBEELD).



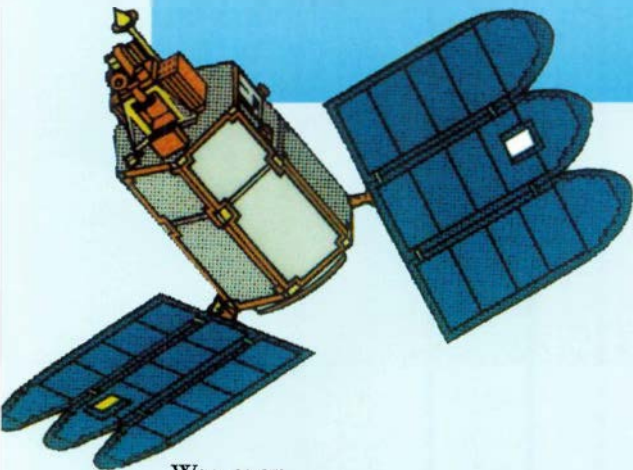
HOEVEEL OZON IS ER EIGENLIJK?

Om de concentratie van een gas in de hoge atmosfeer te meten, zijn er verschillende methoden voorhanden: grondmetingen, satellietmetingen en ballonmetingen. Vermits ozon de UV-straling van de zon absorbeert, zal de hoeveelheid UV-straling die het aardoppervlak bereikt afhankelijk zijn van de hoeveelheid ozon die zich in de atmosfeer bevindt. Hoe meer ozon in de atmosfeer, des te minder UV-straling aan de grond. Uit de meting van de hoeveelheid UV-straling die het aardoppervlak bereikt, kan men relatief eenvoudig de totale ozonkolom berekenen. Het Dobson- en het geautomatiseerde Brewerinstrument zijn de meest gebruikte meetinstrumenten. Wereldwijd wordt, binnen een netwerk van grondstations, op meer dan

honderd plaatsen de ozonkolom gemeten. Dit laat toe de regionale variaties in de ozonlaag waar te nemen. Vermits echter 70% van het aardoppervlak wordt ingenomen door de oceanen, zijn boven die plaatsen zeer weinig gegevens beschikbaar betreffende de ozonkolom. Een satelliet pakt het omgekeerd aan en kijkt van boven naar beneden. Hij meet de ultraviolette zonnestraling die door de atmosfeer wordt verstrooid of gereflecteerd. Het grote voordeel van deze satellietmetingen is dat er zeer frequent (b.v. elke 8 seconden) metingen worden gedaan waardoor een gedetailleerd beeld wordt verkregen van de gemiddelde verdeling van de dikte van de ozonlaag over het hele aardoppervlak. Het was de NASA die als eerste satellietmetingen uitvoerde.

Aanvankelijk bevond er zich een Total Ozone Mapping Spectrometer, afgekort TOMS, aan boord van de Nimbus-7 satelliet die in november 1978 werd gelanceerd. Tot 1992 werkte het TOMS-instrument naar behoren, maar het liet het nadien wat afweten. Geen nood, want sinds 1991 bevond er zich ook een TOMS-instrument in de Russische Meteor-3 satelliet. Die viel echter ook uit in december 1994. Beide TOMS-instrumenten leverden samen dagelijkse ozonmetingen van november 1978 tot december 1994. Na een korte onderbreking van anderhalf jaar bevindt er zich sinds juli 1996 opnieuw een TOMS-instrument in een baan rond de aarde. De Earth Probe TOMS-satelliet bevindt zich op een hoogte van 500 km en levert dagelijks beelden van de ozonlaag.

Ook Europa voert reeds enkele jaren satellietmetingen uit. Op 24 april 1995 werd de ERS-2 satelliet van de ESA (European Space Agency) gelanceerd met aan boord het GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) instrument. Het GOME-instrument, dat zich op 780 km hoogte bevindt en in anderhalf uur rond de aarde cirkelt, brengt elke drie dagen de wereldwijde ozonverdeling in kaart. GOME is de voorloper van een nog meer geavanceerd meetinstrument. De ESA plant namelijk midden 1999 de lancering van de Envisat-1-satelliet met aan boord het SCIAMACHY-instrument dat (hoge resolutie) metingen van de hoge en lage atmosfeer zal uitvoeren.



Weg ozon

We weten reeds dat ozon op natuurlijke wijze wordt gevormd en ook afgebroken, zodat er een natuurlijk dynamisch evenwicht ontstaat. Men heeft lang gedacht dat hiermee de kous af was, maar langzaam werd duidelijk dat ook andere gasen zich moeiden met deze ozonkringloop. Enkele van die gasen zijn stikstofoxide (NO) en de deeltjes OH* en CL* (respectievelijk een hydroxyl- en een chloorradicaal). Alle drie, laten we ze voor de eenvoud voorstellen door X*, zijn ze een natuurlijk bestanddeel van de atmosfeer en alle drie reageren zij, op het eerste gezicht, op een toch wel vreemde wijze met ozon. Elke X* kan namelijk ongestoord tienduizenden ozon-

Nu kennen we wel de totale hoeveelheid ozon die boven ons hoofd hangt, maar we hebben er nog steeds geen idee van waar die ozon zich nu precies in de atmosfeer bevindt. We vermelden reeds dat ongeveer 90% van de totale hoeveelheid ozon zich in de stratosfeer bevindt. Wanneer er echter belangrijke variaties in de ozonkolom optreden, is het belangrijk te onderzoeken waar die verandering zich juist voordoet. De oplossing hiervoor zijn ballonmetingen. Hierbij wordt een ozonsonde aan een ballon gemonteerd en mee opgelaten. De ozonsonde bevat een miniatuurpompje dat lucht uit de atmosfeer aanzuigt, en een ozonsensor die ter plaatse de ozonconcentratie meet. De meetsignalen worden rechtstreeks via een zendertje

moleculen vernietigen zonder zelf te verdwijnen. X* speelt de rol van katalysator! Gelukkig botsen deze X* vroeg of laat wel op andere aanwezige gasmoleculen ter vorming van zogenaamde onschuldige en niet-reactieve 'reservoirmoleculen'. Hun spel is dan tijdelijk uitgespeeld. Bovendien komen die X* slechts in uiterst kleine hoeveelheden voor in de atmosfeer zodat we ons niet te ongerust hoeven te maken... ware er niet de mens om een handje toe te steken. Supersonische vliegtuigen op grote hoogte, zowat 15 km, stoten NO uit bij de brandstofverbranding. Studies hebben echter aangetoond dat hun effect eerder onbelangrijk is. Uitlaatgassen van raketten, waarin zich grote hoeveelheden HCl bevinden, veroorzaakten ook geen dramatische ozonafbraak, maar waren toch reeds een teken aan de wand dat Cl* een belangrijke rol kan spelen. Dit teken nam evenwel onrustwekkende dimensies

doorgeseind naar het waarnemingsstation op de grond. De ballon doorkruist alle luchtlagen tot op een hoogte van ongeveer 35 km. Daar barst de ballon en duikt opnieuw naar beneden. Ook tijdens de daling wordt de ozonconcentratie gemeten. Het Koninklijk Meteorologisch Instituut in Ukkel voert sinds 1969 driemaal per week zo'n ballonmeting uit. De reeks ozonpeilingen die het KMI intussen bezit, is één van de langste en meest complete ter wereld!

Ook bepaalde satellietwaarnemingen laten toe de verticale ozonverdeling af te leiden. In de toekomst zullen deze satellietmetingen zeer waarschijnlijk een steeds belangrijker plaats innemen in de observatie van de ozonlaag.

DE EARTH PROBE TOMS-SATELLIET BEVINDT ZICH OP 500 KM HOOGTE IN EEN BAAN ROND DE AARDE EN LEVERT DAGELIJKS BEELDEN VAN DE OZONLAAG.

aan toen Mario Molina en Sherwood Rowland van de Universiteit van Californië in 1974 plots kwamen aanzetten met het wetenschappelijk vermoeden dat chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK), ook freonen genoemd, de ozonlaag ernstig kunnen aantasten. Met de toenmalige CFK-emissies zou, volgens hun berekeningen, de ozonlaag binnen enkele decennia voor een belangrijk deel zijn afgebroken. Hun voorspellingen werden bewaarheid door de ontdekking van het Antarctische ozongat in 1985. In 1995 werden zij, samen met de atmosfeeronderzoeker Prof. Paul J. Crutzen van het Max Planck Instituut für Chemie in Mainz, onderscheiden met de Nobelprijs voor Chemie.

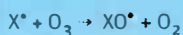
De CFK-hysterie

De jaarlijkse productie van CFK's bedroeg 10 jaar geleden wereldwijd om en bij de 1 miljoen ton! Men kan zich afvragen

17

DE ROL VAN X

Indien we NO , OH^* en Cl^* eenvoudigweg voorstellen door X^* , dan doet zich het volgende voor:



We zien dus dat X^* in staat is om ozon af te breken, waarbij X^* op identieke wijze reageert als O^* bij de ozonafbraak. We zouden echter al heel blij zijn indien we hiermee de ozoncyclus konden afsluiten. Maar deze XO^* hebben veel meer in petto dan je op het eerste gezicht zou denken. Ze reageren namelijk nogal gemakkelijk met de steeds aanwezige O^* die vrijkomen bij de fotochemische afbraak van ozon ($\text{O}_3 + \text{UV} \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}^*$). Wat er dan gebeurt, is het volgende:



Uit deze reactie volgt dat er opnieuw een X^* wordt gevormd. Dit wil zeggen dat elke X^* een ozonmolecule kan afbreken maar dat het zelf ongewijzigd terug te voorschijn komt: X^* doet dus dienst als katalysator en kan aldus in zijn eentje tien- tot honderdduizenden ozonmoleculen opvreten zonder zelf te verdwijnen! Het eeuwige leven hebben deze X^* zeker en vast niet. Door te botsen met bv NO_2 vormen ze opnieuw niet-reactieve reservoirmoleculen (vb. ClONO_2 of HCl).

CFK'S WERDEN VEELVULDIG AANGEWEND IN TAL VAN TOEPASSINGEN: SPIJTBUSSEN, KOELKASTEN, AIR-CONDITIONERS... LANGZAAM KOMEN DE CFK'S VRIJ UIT DIT KOELKASTENKERKHOF.

LANCERING VAN EEN OZONSONDE ZOALS DIE SINDS 1969 DRIEMAAL PER WEEK WORDT UITGEVOERD OP HET KMI TE UKKEL.

waarom zulke grote hoeveelheden werden geproduceerd. Het antwoord is eenvoudig. De technische eigenschappen van CFK's zijn zo interessant dat ze voor duizend-en-één activiteiten de meest geschikte stof bleken te zijn. Freonen zijn immers onbrandbaar, niet giftig, niet-reactief (inert), niet-corrosief, niet-wateroplosbaar, kleurloos, reukloos, gemakkelijk en goedkoop te produceren... Om die redenen werden CFK's onder meer aangewend als drijfgas in spuitbussen of als koelgas in koelkasten en airconditioners. Freonen zijn ook zeer nuttig als solvent om elektronische microcomponenten te reinigen. Ze werden gebruikt bij de productie van precisie-instrumenten zoals pacemakers en in de metaalverwerking werden ze gebruikt voor het verwijderen van snij-olie. Tijdens het 'fastfood'-tijdperk werden ze gretig in dienst genomen om er het schuimrubber mee op te blazen voor de polystyreenkopjes en hamburgerkartonnenetjes. In de medische sector worden ze onder meer gebruikt als verdovingsmiddel.

De eerste klassieke CFK's, in het bijzonder CFK-11 (CFCl_3) en CFK-12 (CF_2Cl_2), werden geproduceerd in de jaren '30 en als koelvloeistof gebruikt. Begin jaren '30 demonstreerde een Amerikaanse ingenieur voor een vergadering van de Amerikaanse Chemische Kring dat CFK's niet giftig en onbrandbaar waren door het CFK-12 in te ademen en daarna een kaars uit te blazen. Het was echter pas in de jaren '60 dat de



productie van CFK's op kruissnelheid kwam doordat het aantal toepassingen sterk toenam. Bijna 75% van alle geproduceerde CFK's bestond uit CFK-11 en CFK-12. Maar, nobody is perfect, dus ook niet de freonen. Juist hun alom geprezen stabiliteit begon ons uiteindelijk parten te spelen. Omdat ze inert en niet in water oplosbaar zijn, kunnen ze ook niet uitregenen en blijven ze meerdere jaren in de troposfeer rondhangen. Doordat windbewegingen de atmosfeer voortdurend omwoelen, bereiken de CFK's ten slotte de stratosfeer. Zodra ze daar aankomen, worden ze door de harde ultraviolette zonnestraling uiteengeslagen waardoor chloorradicalen (Cl^*) worden afgesplitst, een X^* . Indien we dus opnieuw X^* in het schema hiernaast vervangen door dit afgesplitste Cl^* zien we dat elk CFK-molecule in een katalytische cyclus tienduizenden ozonmoleculen kan vernietigen. Zo zorgen CFK-11, CFK-12 en CFK-113 ($\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$) samen voor meer dan 80% van de ozonafbraak.



Niet alleen de gechloroerde freonen, maar ook gebromeerde organische verbindingen tasten de ozonlaag brutaal aan. Zo vinden halonen, broomfluorkoolwaterstoffen zoals halon-1211 (CF_2BrCl) of halon-1301 (CBrF_3), voornamelijk toepassing als vuuroverdovend gas in brandblusapparaten, terwijl methylbromide een bodemontsmettingsmiddel is. De afgesplitste broomradicalen (Br^\bullet als X^\bullet) zijn nog tientallen malen actiever als ozonverter dan een chloorradicaal.

We mogen echter niet vergeten dat ook de natuur chloor- en broomhoudende verbindingen produceert die de stratosfeer bereiken, zij het echter in veel kleinere hoeveelheden in vergelijking met wat de mens de lucht instuurt. Wanneer vulkanen uitbarsten, spuwen ze op korte tijd grote hoeveelheden gechloroerde verbindingen (voornamelijk HCl) rechtstreeks de stratosfeer in. Algen en zeevieren produceren

102

DE LEEFTIJD VAN EEN CFK

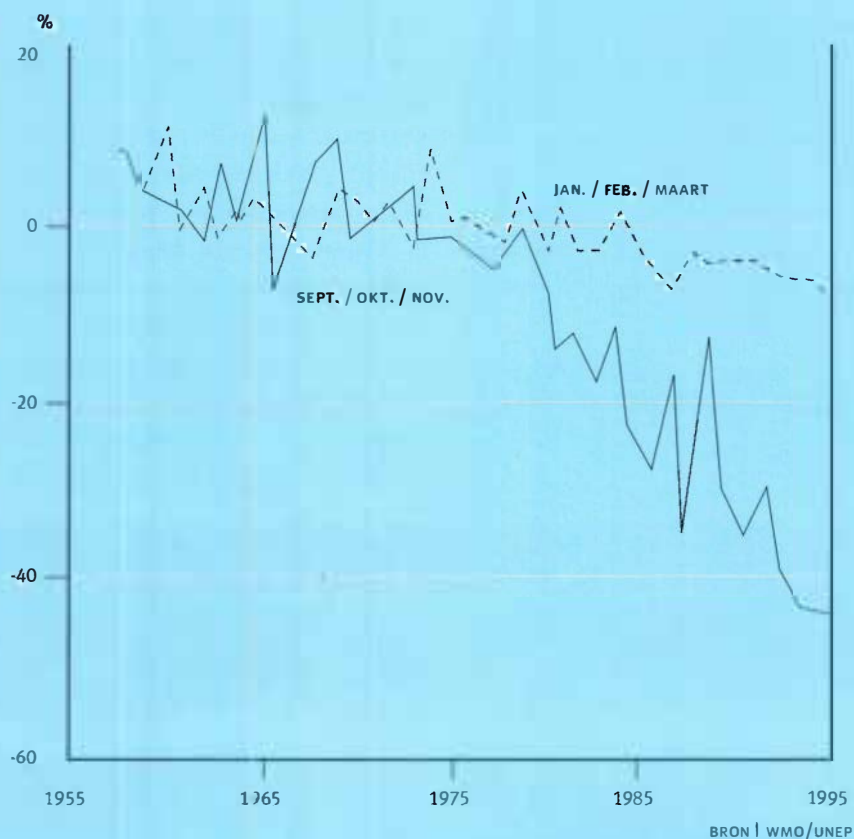
Uit de tabel hiernaast blijkt dat een CFK-molecule gemiddeld ongeveer 100 jaar leeft. Hiermee wordt de tijd bedoeld tussen emissie in en verwijdering uit de atmosfeer van het molecule. Gemiddeld doet een CFK-molecule er 10 jaar over om vanuit de troposfeer de stratosfeer binnen te dringen. Daarna blijven ze nog tientallen jaren actief in de stratosfeer. Dit wil zeggen dat elk CFK-molecule dat vandaag wordt geloosd pas rond 2010 de stratosfeer zal bereiken en pas tegen het einde van de 21ste eeuw zijn ozonvernietigende activiteiten min of meer zal stopzetten! Daarom moet het grootste stratosferische ozonafbraakproces nog komen. (Zie ook Montreal Protocol).

Bovendien zijn niet alle ozonafbrekende stoffen even efficiënt. Zo is halon-1301 15 maal efficiënter in het afbreken van ozon dan CFK-11 en CFK-12!

ATMOSFERISCHE LEEFTIJD VAN ENKELE BELANGRIJKE OZONAFBREKENDE STOFFEN

STOF	BELANGRIJKSTE TOEPASSINGSGEBIED	ATMOSFERISCHE LEEFTIJD
CFK-11	Drijfgas, koelinstallaties, schuimplastiek	60 jaar
CFK-12	Drijfgas, koelinstallaties, schuimplastiek	120 jaar
CFK-113	Schuimplastiek, reinigingsmiddel	100 jaar
CFK-114	Koelinstallaties, schuimplastiek	250 jaar
CFK-115	Koelinstallaties	600 jaar
Halon-1211	Brandbestrijding	15 jaar
Halon-1301	Brandbestrijding	80 jaar
HCFK-22	Koelinstallaties, schuimplastiek	15 jaar
Methylbromide	Bodemontsmetting	1,5 jaar

SEIZOENALE AFWIJKING T.O.V. DE GEMIDDELTE OZONKOLOM BEREKEND VOOR DE PERIODE 1957-1978 (DE PERIODE VÓÓR HET VERSCHIJNEN VAN HET OZONGAT) BOVEN ANTARCTICA. DE AFNAME IS VEEL GROTER IN DE PERIODE SEPTEMBER-NOVEMBER VERGELEKEN MET DE PERIODE JANUARI-MAART.



BRON | WMO/UNEP

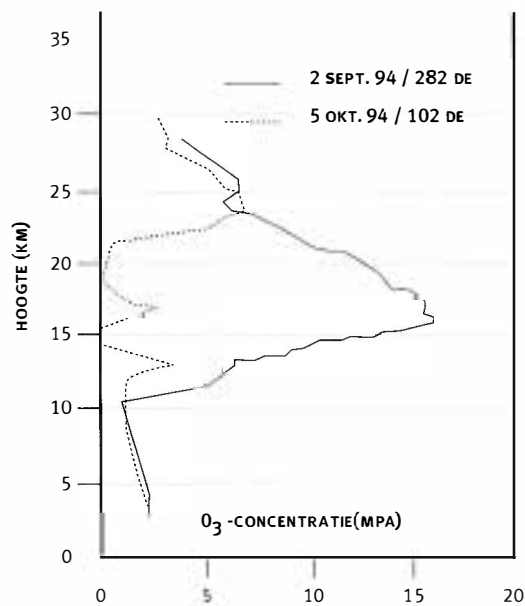
voortdurend CH_3Cl . Bepaalde organismen in de oceanen maken bovendien ook grote hoeveelheden methylbromide (CH_3Br) aan, naar schatting in vergelijkbare hoeveelheden als de mens. Dat de mens met zijn CFK's toch een belangrijke bijdrage levert, blijkt uit het feit dat tijdens de jaren '90 de atmosferische chloorconcentratie reeds zes keer hoger lag dan de natuurlijke achtergrondconcentratie!

Het ozongat boven de zuidpool

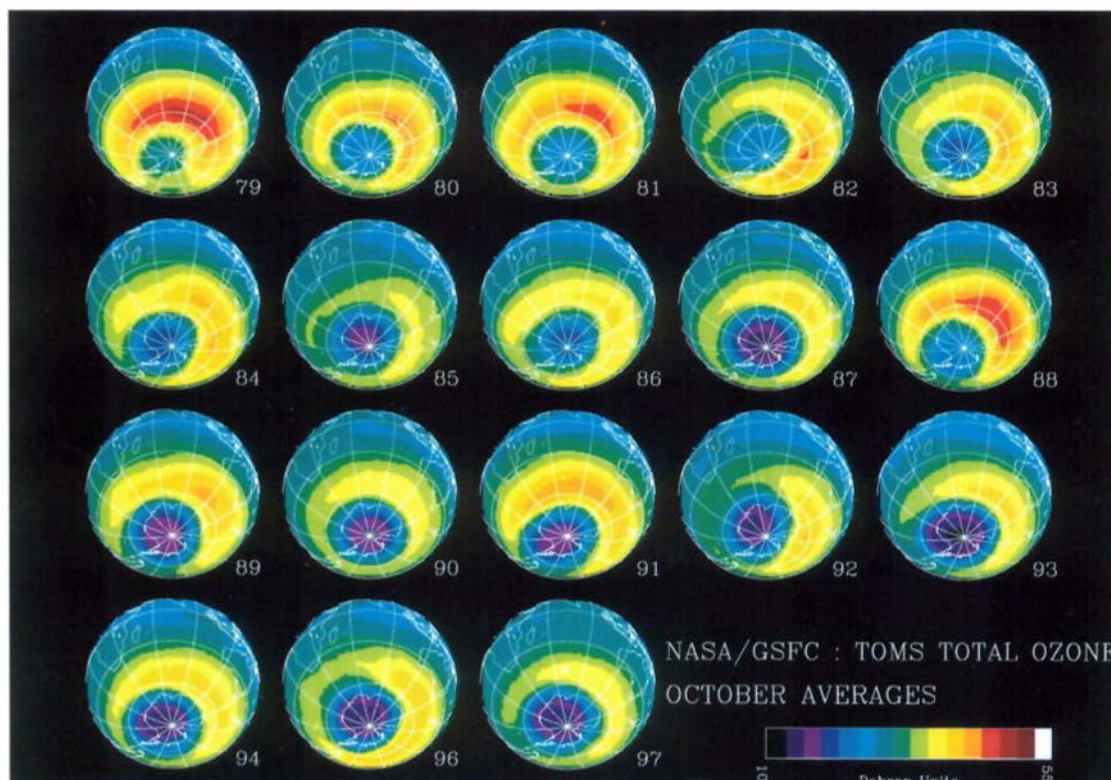
Sinds 1957 worden in het Britse zuidpoolstation 'Halley Bay' ozonwaarnemingen verricht. Reeds sinds 1979 merkten men een langzame daling van de ozonconcentratie boven Antarctica in de maand oktober. Het zou echter tot 1985 duren eer de Britten het nieuws wereldwijd bekend maakten. Boven het zuidpoolstation daalde in het begin van de

zuidelijke lente (onze herfst) de ozonkolom in 6 weken tijd met 65%. De ozonconcentratie daalde voornamelijk in de lage stratosfeer tussen 13 en 22 km waar nagenoeg alle ozon verdween. De gebruikelijke term 'ozongat' verwijst dus naar dit fenomeen van uitzonderlijke ozonafbraak (sommige wetenschappers spreken pas over een ozongat als de ozonkolom is gedaald onder de 220 DE, een waarde die nooit werd gemeten vóór 1980). Er is dus niet echt een gat in de ozonlaag, maar eerder een zone van sterk verminderde ozonconcentraties.

Satellietwaarnemingen toonden aan dat het ozongat de grootte had van West-Europa. Dit alles kwam als een donderslag bij heldere hemel omdat men steeds had gedacht dat ozon het meest stabiel was



VERTICALE OZONVERDELING BOVEN ANTARCTICA VÓÓR HET VERSCHIJNEN VAN HET OZONGAT (2 SEPTEMBER 1994) EN OP HET MOMENT DAT DE OZONCONCENTRATIE ZIJN MINIMUM BEREIKT (5 OKTOBER 1994). TUSSEN 13 EN 20 KM HOOGTE IS NAGENOEG ALLE OZON VERDWEENEN.



EVOLUTIE VAN DE OZONLAAG BOVEN ANTARCTICA IN OKTOBER TUSSEN 1979 EN 1997. DEZE TOMS-SATELLIETBEELDEN GEVEN DUIDELIJK WEER DAT DE OZONKOLOM SINDS EIND JAREN '80 ZEER REGELMATIG ONDER DE 150 DE DOOK (DONKER PAARS), MINDER DAN DE HELFT VAN DE HOEVEELHEID DIE WERD GEMETEN VÓÓR 1980. HET OZONGAT BESTRIJKT HET GANSE ZUIDPOOLCONTINENT.



WETENSCHAPPERS VOEREN TAL VAN EXPERIMENTEN (O.A. BALLONSONDERINGEN) UIT OP DE ZUIDPOOL. OP DE ACHTERGROND ZIET U DE BRITSE ZUIDPOOL-BASIS HALLEY BAY.

aan de polen waar nauwelijks natuurlijke ozonafbraak plaatsvond. Terwijl in de jaren '60 en begin jaren '70 de gemiddelde ozonkolom in de maand oktober 300 DE dik was, nam de kolom de daaropvolgende jaren langzaam maar zeker af tot beneden de 200 DE. Sinds eind jaren '80 worden in de maand oktober zelfs heel geregeld waarden gemeten lager dan 150 DE; dit is minder dan de helft van de normale hoeveelheid ozon.

Waarom komt het ozongat nu boven Antarctica voor en niet elders in de wereld? CFK's worden immers vooral in de geïndustrialiseerde landen (waarvan 90% in Europa, Japan, Noord-Amerika en het GOS) gebruikt en dus ook uitgestoten!

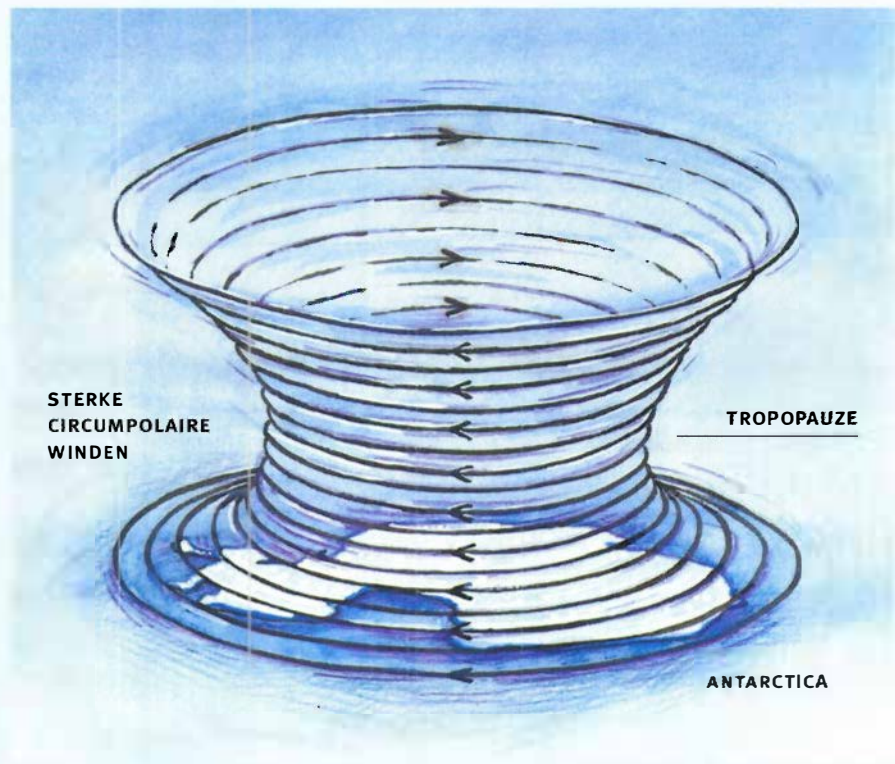
Het antwoord moet worden gezocht in de meteorologische omstandigheden die heersen aan de zuidpool. De CFK's die in het noordelijk halfrond in de atmosfeer

terechtkomen, verdelen zich langzaam en gelijkmatig in de troposfeer en worden, voornamelijk in de tropische gebieden, door de zeer sterke opstijgende luchtbewegingen de stratosfeer ingeloodst. Van daaruit worden deze CFK's via de stratosferische luchtstromingen naar de polen getransporteerd. De stratosfeer bevat dus nagenoeg gelijke hoeveelheden CFK's op beide halfronden. Het grote verschil tussen Antarctica en de rest van de wereld zijn de zeer extreme meteorologische omstandigheden die heersen boven Antarctica. Tijdens de Antarctische winter (onze zomer) bewegen er zeer sterke winden rond de zuidpool waardoor een soort circumpolaire draaikolk (vortex) wordt gevormd die belet dat

de daar aanwezige luchtmassa's zich vermengen met de naburige warmere luchtmassa's.

Door deze isolatie en door de afwezigheid van zonlicht heerst er binnenin deze bijna cirkelvormig afgesloten luchtmassa in de stratosfeer een extreme koude, tot bijna -90°C . Dit is al snel 10°C minder dan op de noordpool.

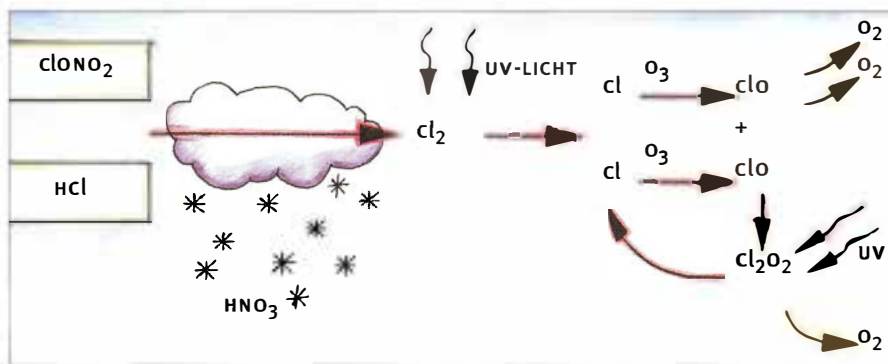
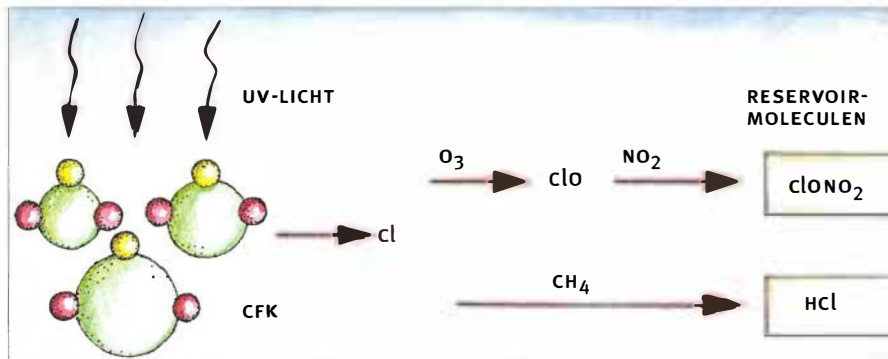
In normale omstandigheden komen in de stratosfeer geen wolken voor omdat de lucht er extreem droog is. Bij zeer lage temperaturen (onder de -80°C) echter kunnen er zich op een hoogte van ongeveer 15-20 km toch wolken vormen. Deze wolken bestaan uit zeer kleine ijskristalletjes en worden polaire strato-



DE POLAIRE VORTEX AAN DE ZUIDPOOL ISOLEERT DE INGESLOTEN LUCHTMASSA VAN MENGING MET NABURIGE WARMERE LUCHTMASSA'S. DE VORTEX REIKT TOT IN DE STRATOSFEER EN VORMT EEN REUSACHTIG REACTIEVAT WAARIN OZON GENADELOOS WORDT AFBROKEN. DOOR DE TERUGKERENDE ZONNESTRALING BREEKT NA ENIGE TIJD, BEGIN NOVEMBER, DEZE POLAIRE DRAAIKOLK GELEIDELIJK AAN OPEN.

sferische wolken of paelmoerwolken genoemd vanwege hun prachtige kleuren. Aan het oppervlak van deze ijskristalletjes, die naast water ook salpeterzuur (HNO_3) bevatten, treden zeer complexe chemische reacties op die onschuldige en niet-reactieve reservoirmoleculen (zie kader blz. 98) zeer snel omzetten in lichtgevoelige 'actieve' deeltjes.

DOOR DE EXTREME KOUDE (-90°C) VORMEN ZICH BOVEN DE ZUIDPOOL POLAIRE STRATOSFERISCHE WOLKEN. AAN HET OPPERVLAK VAN DEZE PARELMOERWOLKEN TREDEN COMPLEXE CHEMISCHE REACTIES OP EN WORDEN GROTE HOEVEELHEDEN 'ACTIEVE' DEELTJES GEVORMD, DIE DOOR HET ZONLICHT WORDEN OMGEZET IN OZONVRETERS. DEZE PARELMOERWOLKEN WORDEN SOMS OOK BOVEN NEDERLAND EN BELGIË WAARGENOMEN, ZOALS IN FEBRUARI 1996.



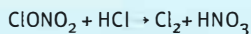
NORMALE OZONAFBRAAK (BOVEN) EN OZONAFBRAAK OP POLAIRE STRATOSFERISCHE WOLKEN (ONDER). DE 'RESERVOIRMOLECULEN' ClONO_2 EN HCl REAGEREN OP DE POLAIRE STRATOSFERISCHE WOLKEN MET ELKAAR EN VORMEN ZO Cl_2 . ONDER INVLOED VAN ULTRAVIOLET ZONLICHT ONTSTAAN HIERUIT ZEER REACTIEVE CHLOOR-RADICALEN DIE OZON ZEER SNEL AFBREKEN.

Vermits tijdens de Antarctische poolwinter het enkele maanden (juni-september) praktisch voortdurend donker is op de zuidpool en de Antarctische luchtmassa's de polaire vortex niet kunnen verlaten, vormt er zich een immens geïsoleerd reactievat. Hierdoor kunnen de lichtgevoelige deeltjes zich ongestoord opstapelen tot enorme hoeveelheden. Als dan uiteindelijk in september en oktober de eerste straltingen zonlicht Antarctica bereiken, worden deze lichtgevoelige deeltjes gesplitst in X^* (Cl^*), een ongenadige ozonvreter!

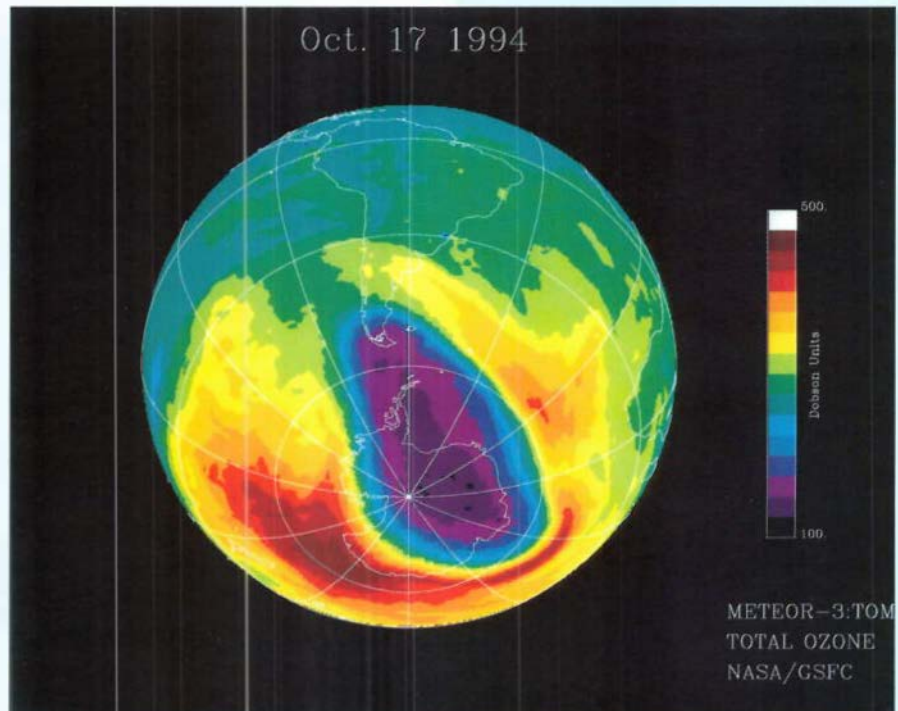
Er komen dus op korte tijd reusachtige hoeveelheden ozonvreters vrij in de Antarctische stratosfeer met een massieve ozonafbraak tot gevolg. Niets kan nu nog de X* (Cl*) tegenhouden en miljarden ozonmoleculen moeten eraan geloven. Tijdens de maanden september en oktober daalt al snel de hoeveelheid ozon met bijna 2% per dag tot onder de 150 DE.

DE ROL VAN 'RESERVOIRMOLECULEN'

Reservoirmoleculen worden gevormd doordat de actieve chloorradicalen (Cl* en ClO*) reageren met NO₂ of CH₄ ter vorming van ClONO₂ of HCl. Deze reservoirmoleculen zijn onschuldig en weinig reactief. Ze zorgen er voor dat de ozonvretende Cl* en ClO* op non-actief worden gezet. Op die polaire stratosferische wolken vindt echter onder meer het volgende plaats:

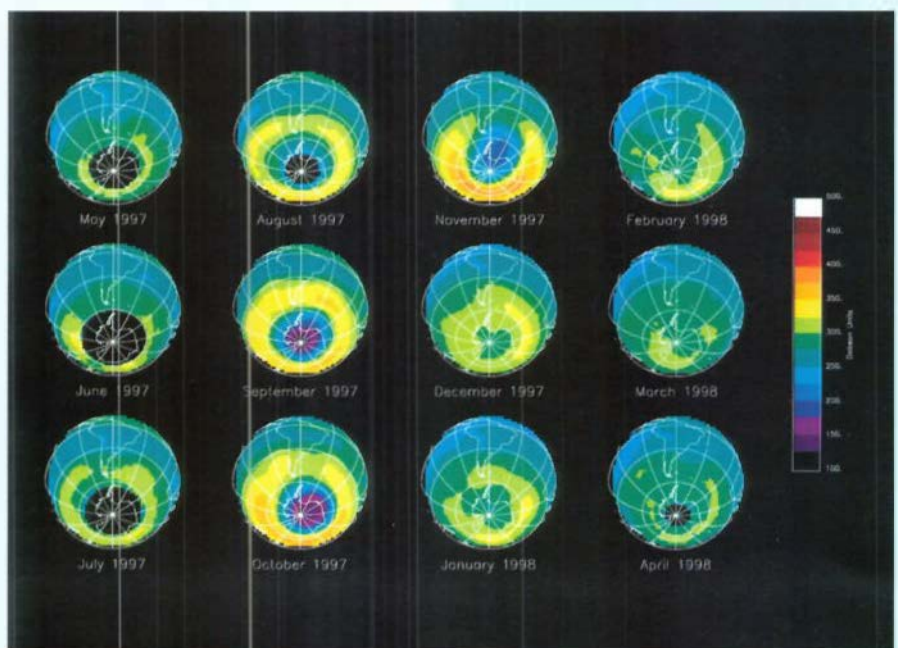


De reactie van de twee 'onschuldige' reservoirgassen ClONO₂ en HCl op de stratosferische ijswolken mondt uit in de vorming van een lichtgevoelig 'actief' deeltje Cl₂. Deze reactie kan evenwel ook optreden in de vrije atmosfeer, dus niet aan het oppervlak van polaire stratosferische wolken, maar verloopt daar gevoelig trager en speelt dan ook nauwelijks een rol. Het eerste lentezonnetje splitst dit actief chloormolecule (Cl₂) in 2 chloorradicalen (Cl*). 2 X*, en het stratosferisch ozon wordt meedogenloos afgebroken. Pittig detail: de NO₂-moleculen die zouden moeten instaan voor de vorming van niet-reactieve reservoirmoleculen (ClONO₂), en die dus de Cl* en ClO* uit de atmosfeer moeten onttrekken ter voorkoming van ozonafbraak, bevinden zich door de extreme koude in bevroren toestand in de polaire stratosferische wolken als HNO₃-moleculen. De Cl* en ClO* kunnen zich dus massaal opstapelen en ongehinderd het ozon afbreken.



DE POLAIRE VORTEX, WAARBINNEN ZICH HET OZONGAT BEVINDT, VERTOONT REGELMATIG UITSTULPINGEN NAAR MEER NOORDLIJK GELEGEN GEBIEDEN. OP 17 OKTOBER 1994 STREKTE HET OZONGAT ZICH UIT TOT BOVEN ZUID-ARGENTINIË (TOMS-SATELLIETBEELD).

JAARLIJKSE EVOLUTIE VAN DE OZONLAAG BOVEN DE ZUIDPOOL. TUSSEN DECEMBER EN APRIL VINDT GEEN OZONAFBRAAK PLAATS (GROENE ZONE). VANAF DE MAAND APRIL TREEDT DE POOLNACHT IN DIE AANHOUDT TOT DE MAAND AUGUSTUS (ZWARTE ZONE). ER KUNNEN DAN GEEN SATELLIETOPNAMEN WORDEN GEMAAKT. IN DE MAANDEN SEPTEMBER EN OKTOBER VALT OPNIEUW ZONLICHT IN OP DE ZUIDPOOL EN TREEDT MASSALE OZONAFBRAAK OP. DE OZONCONCENTRATIE DAALT MET MEER DAN 50% (PAARSE ZONE).



Deze draaikolk, waarbinnen zich het ozongat bevindt, heeft echter geen stabiele vorm. De Antarctische vortex varieert bijna dagelijks en vertoont regelmatig uitstulpingen naar meer noordelijk gelegen gebieden, zoals het Zuid-Argentijnse Vuurland. Door de terugkerende zonnestraling breekt na enige tijd, zo rond begin november, deze polaire draaikolk geleidelijk aan open. Hierdoor wordt opnieuw warmere, ozonrijke stratosferische lucht aangevoerd en 'vult' het ozongat zich opnieuw. Dit heeft echter ook tot gevolg dat de ozonarme luchtmassa zich noordwaarts begeeft, waardoor tijdelijk lagere ozonconcentraties worden waargenomen boven Australië, Argentinië en Chili.

WMO PERSBERICHT

ANTARCTISCH OZONBERICHT, 8 OKTOBER 1997

Tijdens de laatste 10 dagen werden ozonwaarden gemeten die de laagste waarden van de laatste 5 jaar in de zuidelijke lente sterk benaderden. Het ozongat, met ozonwaarden beneden de 220-200 DE grens (35-40% ozontekort), bereikte zijn maximale ontwikkeling, ingesloten binnen het volledige gebied dat door de stratosferische polaire vortex (met een oppervlakte van meer dan 22 miljoen km²) wordt bestreken. De oppervlakte waar de ozonkolom minder dan 150 DE bedraagt (een tekort van meer dan 55%) neemt nog steeds toe van 6 miljoen km² tijdens de laatste week van september tot ongeveer 8 miljoen km² tijdens de laatste dagen. De vortex is lichtjes elliptisch en bereikte tijdens zijn rotatie op 4 oktober, voor de tweede maal dit seizoen, Zuid-Amerika (op het ozonobservatiestation Tierra del Fuego ter hoogte van Ushuaia werd een ozonkolom van 211 DE gemeten). De gemiddelde hoeveelheid ozon over het zuidelijk poolgebied (65°-90° ZB) tijdens de laatste 2 weken was 184 DE; dit is 40% minder dan de pre-ozongat-gemiddelden...

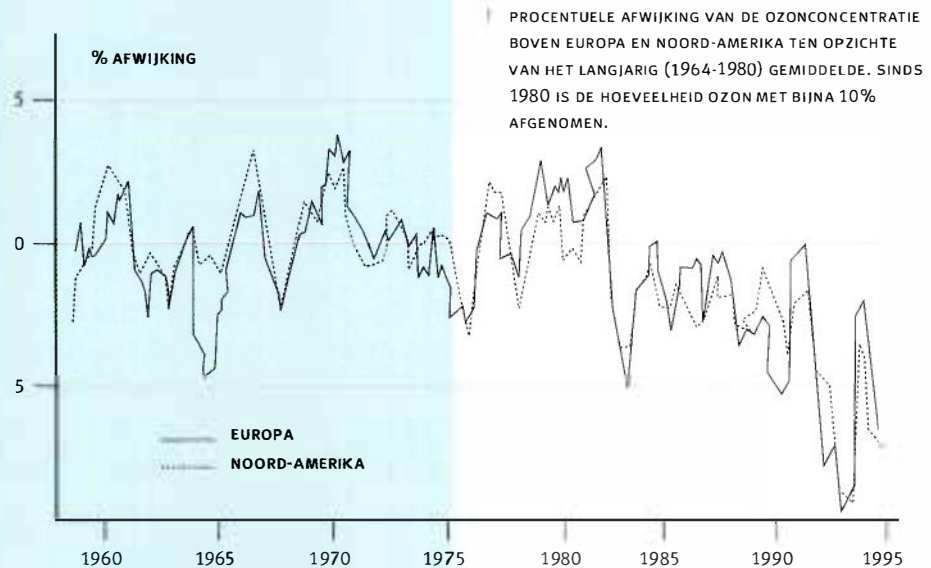
En de noordpool?

Voorlopig blijft de noordpool gespaard van massale ozonafbraak zoals die op de zuidpool optreedt. Dit komt omdat extreem koude, volledig van de buitenwereld afgesneden luchtmassa's zelden boven de noordpool blijven hangen. De noordpool is door uitgebreide landmassa's omgeven waardoor de jaarlijks optredende polaire vortex veel minder intens en duurzaam is dan rond het geografisch geïsoleerde Antarctica. Er is dus geregeld uitwisseling van warmere, ozonrijke luchtmassa's in de lagere stratosfeer van de noordpool. Sinds 1989 wordt het type polaire stratosferische wolken waarop de omzetting van niet-reactieve naar reactieve chloorverbindingen plaatsvindt, echter ook boven de noordpool waargenomen. Sinds de jaren '90 ziet men geregeld, gedurende een korte periode, een flinke afname in de ozonconcentratie boven de noordpool. In maart 1995 bijvoorbeeld was de totale hoeveelheid ozon binnen de polaire vortex 25% lager dan normaal. Tussen 16 en 24 km hoogte was de ozonconcentratie op sommige plaatsen

zelfs met 60% afgenomen! In de winter van 1997, de derde opeenvolgende extreem koude poolwinter sinds 1995, was de ozonconcentratie binnen de polaire vortex 40% lager dan erbuiten en werden ozonwaarden lager dan 250 DE waargenomen. Deze lage waarden werden voornamelijk geobserveerd binnen de Arctische vortex, die op sommige tijdstippen tot boven Canada, Groenland of Noord-Scandinavië afdreef. In de maanden februari en maart, als de ozonafbraak het grootst is, werden tegelijkertijd belangrijke hoeveelheden ozonafbrekende chloorverbindingen waargenomen in de stratosfeer. Sinds eind jaren '60 is de hoeveelheid ozon boven de noordpool afgenomen met meer dan 10%.

Ozon wereldwijd

Aan de hand van meer dan 15 jaar continue satellietmetingen en 30 jaar grondmetingen heeft men wereldwijd een ozonafname van 3% geobserveerd sinds 1980! De ozonafbraak is echter niet gelijk over de gehele wereld. Terwijl er boven de tropen geen daling in de ozonkolom



BRON | WMO/UNEP

wordt waargenomen, neemt de ozonafbraak geleidelijk toe naarmate we dichterbij de polen komen. Boven de meer noordelijk gelegen gebieden van Europa (Groot-Brittannië, Benelux en Scandinavië) en Noord-Amerika is de hoeveelheid ozon sinds 1980 afgenomen met bijna 10%. De afname vindt voornamelijk plaats in de lagere stratosfeer (< 23 km hoogte). De ozonafbraak boven de gematigde gebieden (waaronder Europa) blijkt zich vooral in de winter steeds sterker te manifesteren, maar is nu ook duidelijk waarneembaar in het voorjaar en in de zomer. Alhoewel variaties in de meteorologische weerpatronen de waargenomen schommelingen in ozon kunnen verklaren (lage ozonwaarden kunnen namelijk meestal in verband gebracht worden met anticyclonale weersomstandigheden in de winter), is men het er toch over eens dat natuurlijke processen alléén niet verantwoordelijk kunnen zijn voor de volledige ozonafbraak. Waarschijnlijk is de oorzaak ook hier de overvloedige emissie van freonen en andere pollutanten waarbij sulfaataërosolen optreden als katalysatoren, net zoals de polaire stratosferische wolken dat doen aan de polen (zie kader). Daarnaast kunnen ook lage ozonwaarden boven onze gebieden worden waargenomen doordat ozonarme lucht vanuit het noordpoolgebied naar de gematigde gebieden stroomt. In de winter van 1995 nam de ozonkolom boven het Europese continent een flinke duik naar beneden. Er trad een gemiddelde daling op van 10 tot 12% van de totale ozonkolom boven West- en Centraal Europa, net als boven Noord-Amerika. Sommige weken bedroeg het ozontekort boven Europa zelfs meer dan 20%. Ook werden er in april 1996 en 1997 boven Ukkel lage

SULFAATAËROSOLEN EN OZONAFBRAAK

Zoals de stratosferische ijskristallen de ozonafbraak boven Antarctica stimuleren, zo ook kunnen sulfaataërosolen een belangrijke rol spelen bij ozonafbraak op gematigde breedten. Hoewel het door de mens uitgestoten zwaveldioxide vrij vlug als zure regen terug op het aardoppervlak neervalt, kan een deel van de natuurlijke zwavelverbindingen de stratosfeer bereiken waar ze uiteindelijk zullen worden omgezet in sulfaataërosolen. Vulkaanuitbarstingen kunnen bovendien op korte termijn extreem grote hoeveelheden zwaveldioxide, as en waterdamp rechtstreeks in de stratosfeer brengen. Zodra de sulfaataërosolen in de stratosfeer aangekomen zijn, kunnen ze er enkele jaren blijven en zich over de hele wereld verspreiden via de stratosferische winden. De lagere stratosfeer bevat dus steeds een zekere hoeveelheid (natuurlijke) sulfaataërosolen. Net als op de stratosferische ijskristalletjes kunnen aan het oppervlak van deze sulfaataërosolen chemische reacties optreden die niet-reactieve chloorverbindingen omzetten in reactieve chloorverbindingen waardoor de ozonafbraak wordt versneld. Vermits dit soort reacties veel efficiënter verloopt bij zeer lage temperatuur zal ozonafbraak vooral optreden tijdens de winterperiode. Een combinatie van de chemische reacties op deze sulfaataërosolen en een stijgende antropogene (menselijke) chloorconcentratie (o.a. CFK's) in de stratosfeer, is een van de hoofdoorzaken van de lagere ozonconcentraties die soms worden gemeten op gemiddelde en hogere breedtegraden. Zo werd een vermindering van 6-8% waargenomen in de totale hoeveelheid ozon boven de tropen enkele maanden na de uitbarsting van de vulkaan Mt. Pinatubo op de Filipijnen in juni 1991. Op de gematigde breedten was er een extra afname met 2%, bovenop de reeds aanwezig dalende trend.

ozonwaarden gemeten die vermoedelijk een gevolg waren van de chemische afbraak boven het noordpoolgebied. Na de extreem koude poolwinters van 1996 en 1997 zorgden de eerste zonnestraaltjes immers voor een belangrijke ozonafbraak nadat lichtgevoelige deeltjes zich op de polaire stratosferische wolken boven de noordpool hadden gevormd. Na een tijdje stroomt dan de licht opgewarmde ozonarme polaire lucht naar lagere breedten, zoals België.

Langetermijnmetingen tonen aan dat de ozonconcentratie in de Europese stratosfeer blijkt te dalen met een snelheid die tweemaal hoger ligt dan wat men aanvankelijk dacht. Boven het meetstation van het KMI te Ukkel is de ozonkolom sinds 1980 met ongeveer 4% per decennium afgenomen. Op andere gematigde breedten van het noordelijk halfrond worden gelijkaardige trends waargenomen. Zolang de atmosfeer door de mens met chemische stoffen wordt besmet, zal de ozonlaag verder worden aangetast.

'Zachte' CFK's?

Sinds het gevaar van het gebruik van CFK's is doorgedrongen bij de mens wordt naarstig naar allerlei chemische stoffen gezocht om de CFK's te vervangen. Eén van die vervangstoffen zijn de HCFK's, de zogenaamde 'zachte CFK's'. Ze worden zacht genoemd omdat hun ozonafbrekende eigenschappen veel minder uitgesproken zijn dan die van de harde CFK's. HCFK's zijn veel minder stabiel dan de CFK's zodat ze reeds in de onderste lagen van de atmosfeer uiteenvallen en het chloor simpelweg met de regen weer naar beneden komt. Het chloor uit de HCFK's zal dus zelden de stratosfeer bereiken waar het de ozonlaag

zou kunnen afbreken. Een andere zachte CFK werd ontwikkeld door het verwijderen van het chloor (het ozonafbrekende bestanddeel) uit de CFK's. Hierdoor ontstaan stoffen die men HFK's noemt, enkel bestaande uit onschuldige waterstof-, koolstof- en fluoratomen. Op een paar uitzonderingen na kunnen ze meestal perfect de taak overnemen van de traditionele CFK's.

Naast zachte CFK's bestaan er ook reeds zachte HBFK's (halonen met een waterstof) die net zoals de HCFK's gemakkelijk worden afgebroken in de troposfeer en dus zelden de stratosfeer halen.

Maar... het is niet al goud wat blinkt! Deze zachte HCFK's, HFK's en HBFK's zijn namelijk, net als de harde CFK's, zeer belangrijke broeikasgassen en dragen dus bij tot het versterkte broeikas-effect op aarde (zie hoofdstuk 3 'De alpiene glet-



OZONGAT EN BROEIKASEFFECT

Het broeikas-effect warmt het aardoppervlak op en koelt de stratosfeer af. Dit werkt de vorming van stratosferische wolken in de hand met verhoogde ozonafbraak tot gevolg. Om een mogelijk toekomstscenario te simuleren wordt gebruik gemaakt van geavanceerde 3D-atmosfeermodellen. Men berekende dat een verdubbeling van de atmosferische CO₂-concentratie, een niet onmogelijk scenario voor eind volgende eeuw indien niet tijdig wordt ingegrepen in de wereldwijde emissie van broeikasgassen, aanleiding kan geven tot een ozongat boven de noordpool en Noord-Europa. Dit ozongat zou vergelijkbaar zijn met dat boven Antarctica met bijna 100% lokale ozonafbraak in de lagere stratosfeer. Rekening houdend met het dichtbevolkte Noord-Europa zullen de gevolgen heel wat dramatischer zijn dan op de eenzame en verlaten zuidpool.

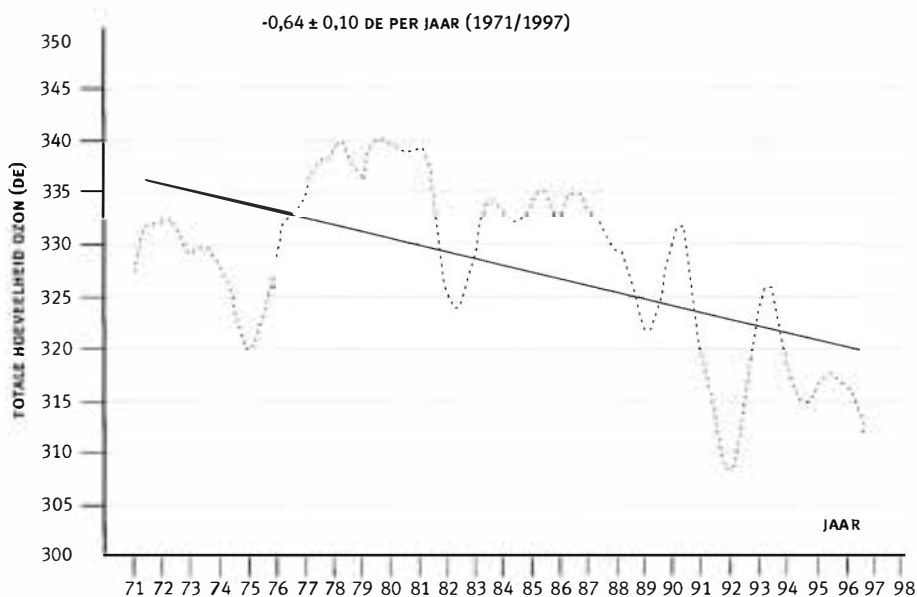
sers, het versterkte broeikas-effect'). Ze kunnen dus enkel als overgangproducten worden beschouwd tot een meer definitieve oplossing ter bescherming van de ozonlaag wordt gevonden.

Er bestaan immers alternatieven die noch de ozonlaag aantasten, noch het broeikas-effect versterken: ammoniak en propaan kunnen de CFK's perfect vervangen in koelinstallaties terwijl pentaan zijn diensten kan bewijzen voor het opblazen van schuimen. Sommige koolwaterstoffen, stikstofgas of simpelweg lucht kunnen ook als drijfgas dienst doen, terwijl water toch nog een voor de hand liggend middel is voor het blussen van vuurhaarden. Naast het gebruik van alternatieve chemicaliën wordt stilaan ook overgegaan op alternatieve technologieën.

I UV-straling

Verhoogde UV-straling?

De ozonlaag in de hogere atmosfeer (stratosfeer) filtert de schadelijke ultraviolette straling uit het invallende zonlicht en speelt zo een belangrijke rol als beschermend schild. Ozon absorbeert voornamelijk de UV-B-straling, het deel van de UV-straling tussen 280 nm en 320 nm. Elke schommeling in de ozonconcentratie wijzigt de hoeveelheid schadelijke UV-B-straling die op het aardoppervlak terecht komt. Vermits de ozonkolom toeneemt (en de intensiteit van de zonnestraling aan het aardoppervlak afneemt) van de tropen naar de polen toe, varieert de intensiteit van de UV-straling die het aardoppervlak bereikt mee: van een sterk UV-klimaat boven de tropen tot het zachte UV-klimaat boven onze gebieden en de polen.



VARIATIE IN DE TOTALE HOEVEELHEID OZON BOVEN UKKEL (GEMETEN MET DE DOBSON SPECTROMETER). SINDS 1971 IS DE TOTALE OZONKOLOM MET 16 DE (5%) AFGENOMEN. DE OPVALLENDE DALING EIND 1992 IS TE WIJTEN AAN DE UITBARSTING VAN DE MOUNT PINATUBO OP DE FILIPPIJNEN IN JUNI 1991. DE GROTE HOEVEELHEDEN VULKANISCHE AÉROSOLEN DIE IN DE ATMOSFEER ZIJN TERECHTGEKOMEN, ZORGDEN VOOR EEN VERSNELDE OZONAFBRAAK BOVEN ONZE GEBIEDEN.

BRON | KMI

Men neemt aan dat onder een wolkenloze, pollutievrije hemel (wolken en luchtvervuiling absorberen en weerkaatsen UV-straling) een daling van de ozonkolom met 1% een toename van ongeveer 2% van de hoeveelheid UV-B-straling aan het aardoppervlak met zich meebrengt. Behalve over de evenaarsgordel zijn wereldwijd de ozonniveaus gedurende de laatste 20 jaar met 5% of meer gedaald. Men kan dus aannemen dat de hoeveelheid UV-B lichtjes is toegenomen. Onder het Antarctische ozongat, waar jaarlijks immense ozonafbraak optreedt, heeft men een duidelijk merkbare stijging van UV-B kunnen waarnemen in oktober.

Buiten het zuidpoolgebied is er echter weinig dat wijst op een duidelijke toename van UV-B-straling. Enerzijds worden de metingen fel beïnvloed door veranderingen in het wolkendeck en de luchtverontreiniging. De meeste meetstations bevinden zich immers hoofdzakelijk in (vervuilde) stedelijke gebieden. Anderzijds is de gebruikte detectieapparatuur niet gevoelig genoeg om de kleine veranderingen in het UV-B-gebied nauwkeurig te detecteren. Bovendien is het UV-B-netwerk niet uitgebreid genoeg om UV-B-trends te kunnen observeren. De meeste UV-B-metstations bevinden zich immers in West-Europa en Noord-Amerika. Daarnaast staan er nog enkele meetstations opgesteld in de tropische gebieden, Oost-Europa, Azië en Zuid-Amerika. Op de oceanen, die 70% van het aardoppervlak innemen, is er geen enkel UV-B-metstation te bespeuren. Bovendien zijn deze meetstations nauwelijks 10 jaar actief, een te korte periode om langetermijnveranderingen te bestuderen.

Er moet ook rekening gehouden worden met een toenemende troposferische ozonconcentratie (zie hoofdstuk 1 'Brussel') die, net zoals het stratosferisch ozon, UV-B-straling absorbeert. De troposferische ozonvervuiling heeft dus zijn voordelen, maar maskeert misschien wel een stijgende trend in schadelijke UV-B-straling. Op plaatsen waar meer geavanceerde apparatuur wordt gebruikt, heeft men evenwel plaatselijk reeds een toename in UV-B kunnen detecteren. Zo werd boven de Alpen, waar nauwelijks of geen luchtvervuiling aanwezig is, reeds een jaarlijkse toename van UV-B met 1% gemeten.

Ook boven het ongepollueerde Nieuw-Zeeland wordt een lichte opwaartse UV-B-trend waargenomen, in combinatie met de dalende ozontrend. Deze stijging blijft klein vergeleken met de dagelijkse variatie in UV-B-straling die het aardoppervlak bereikt.

De kans is echter reëel dat binnen afzienbare tijd grote delen van Europa en Noord-Amerika ten prooi zullen vallen aan een verhoogd UV-klimaat.

Gevolgen van een verhoogde UV-straling

Welke de gevolgen op lange termijn zijn van een verhoging in de hoeveelheid UV-B-straling die de aarde bereikt, kan momenteel nog niet met directe waarnemingen aangetoond worden. Daarom bestudeert men in diverse laboratoria op experimentele wijze welk effect UV-B-straling heeft op allerhande biologische systemen. Zo onderzoekt men, volgens de UV-golflengte, in welke mate DNA (het genetisch materiaal dat in elke levende cel aanwezig is) wordt beschadigd, hoe snel

huidkankercellen worden gevormd bij haarloze muizen of hoe gemakkelijk zonnebrand optreedt bij bepaalde huidtypes. Door deze gegevens te combineren met de wereldkaart van de (verwachte) ozontrends, kan worden uitgemaakt waar en in welke mate biologische systemen zullen worden aangetast.

De menselijke gezondheid

De mogelijke gevolgen van een verhoogde UV-straling op de mens zijn uiteenlopend van aard. Zo zal de kans op huidkanker sterk toenemen. Wetenschappers schatten dat een aanhoudende afname van 10% in de totale hoeveelheid ozon wereldwijd tot een stijging met 300.000 van het aantal gevallen van huidkanker zal leiden.

Ook andere aandoeningen, zoals virale en bacteriële ziekten, krijgen door het minder goed functioneren van het immuunsysteem veel sneller vat op de mens.

Te hoge UV-straling tast niet alleen de huid aan, maar kan ook het oog beschadigen. Hierdoor ontstaan allerlei oogziekten, zoals cataract of grauwe staar (zie kader). Men schat dat een daling met 1% van de hoeveelheid ozon wereldwijd meer dan 100.000 extra gevallen van cataractblindheid met zich mee zal brengen.

De lijst met mogelijke negatieve gevolgen wordt echter nog steeds langer. Het enige lichtpunt is dat een verhoogde UV-B-straling ervoor zorgt dat meer vitamine D3 wordt aangemaakt. Dit is een noodzakelijk element voor een gezond beenderstelsel. Ook sommige huidallergieën (zoals huiduitslag bij kinderen) zouden sneller genezen door wat extra zonlicht.

UV-B EN DE MENS

TOENAME VAN HUIDKANKER

Het is bekend dat UV-straling op de huid inwerkt. Denk maar aan het bruine kleurtje dat je krijgt na een dagje zonnebaden. Dit tintje ontstaat doordat de UV-straling de pigmentcellen in de huid aanspoort om melanine, een bruine kleurstof, aan te maken. Bij blanke mensen met een gevoelige huid kan dit wel eens gepaard gaan met pijnlijke zonnebrand waarbij de huid rood kleurt. Overdaad schaadt, en een langdurige blootstelling aan UV-zonnestraling leidt tot een verharde en snel verouderende huid. In tegenstelling tot zonnebrand, dat meestal na een pijnlijk nachtje verdwijnt, kan UV-straling ook min of meer onomkeerbaar op de huid inwerken en zo huidkanker veroorzaken. Men onderscheidt twee soorten huidcellen (met of zonder pigment) en dus ook twee soorten huidkanker. Het overgrote deel van de huidkankers zijn kankers van de huidcellen die geen pigment bevatten (plaveiselcel en basaalcel). Overmatige hoeveelheden UV-B-straling tasten het DNA van de huidcel aan waarna de beschadigde delen van de cel uitgroeien tot een tumorcel. Vermits ze echter niet kwaadaardig zijn, kunnen ze vaak door het afweermechanisme van het lichaam onschadelijk worden gemaakt of met een weinig belastende medische ingreep worden verwijderd. Deze huidcarcinomen komen duidelijk meer voor bij mensen met een lichte huid die leven in zeer zonnige gebieden.

Melanomen daarentegen, kankers van de pigmentcellen, zijn veel minder gemakkelijk te genezen en zijn meestal fataal indien ze niet op tijd worden behandeld. Deze melanomen komen opvallend veel voor in Queensland, een noordelijke provincie van Australië. In dit gebied wonen heel veel blanken, nakomelingen van Engelse emigranten uit de 19de eeuw, met een lichte huid die niet aangepast is



aan de normale hoeveelheid UV-straling die op deze breedtegraad het aardoppervlak bereikt. Terwijl het ontstaan van plaveiselcelcarcinomen samenhangt met de totale hoeveelheid UV-straling die men tijdens het leven opdoet, worden basaalcelcarcinomen en de kwaadaardige melanomen vooral in verband gebracht met de UV-blootstelling tijdens de jeugd. Zo kan ernstige zonnebrand, opgelopen tijdens de jeugd, het ontstaan van huidkanker op latere leeftijd bevorderen. Daarom moet men zich dus heel zijn leven beschermen tegen te hoge hoeveelheden UV-straling.

ONDERDRUKKING VAN HET IMMUNUSYSTEEM

Zodra een mens een infectie oploopt, treedt het immuunsysteem van zijn lichaam in werking. Dit is een soort natuurlijk verdedigingssysteem tegen lichaamsvreemde stoffen. Indien dit immuunsysteem om een of andere reden slecht of helemaal niet functioneert, wordt de mens veel ontvankelijker voor een heleboel ziekten. In vele gevallen wordt de huid het eerst geïnfecteerd en dus is het immuunsysteem van de huid de eerste verdedigingslinie van het lichaam. Een verhoogde blootstelling aan UV-B-straling kan het immuunsysteem van de huidcellen tijdelijk op non-actief zetten. Hierdoor kan niet meer gepast worden

gereageerd op vreemde stoffen in ons lichaam, de zgn. antigenen, en neemt de kans op infecties toe. De mens wordt zo ontvankelijker voor allerlei ziekten die een stadium doorlopen waarbij de huid betrokken is. Hiertoe behoren zowel virale ziekten (mazelen, pokken, herpes...), parasitaire ziekten (malaria,...), bacteriële ziekten (tuberculose,...) als schimmelmziekten (lepra,...). Bij muizen en bij



mensen met niet-melanoma huidkanker werd bovendien ook vastgesteld dat UV-B-straling het immuunsysteem van kankertumoren onderdrukt.

OOGZIEKTEN

Het hoornvlies en de ooglenzen, twee delicate delen van het oog, kunnen ernstig worden beschadigd door overmatige blootstelling aan UV-B-straling. De meest voorkomende stoornissen zijn cataract of grauwe staar, en sneeuwblindheid. Grauwe staar is een verstoring van de ooglenzen waardoor een vertroebeling van het zicht optreedt. Het uiteindelijke resultaat kan blindheid zijn. Hoewel we nog niet helemaal weten hoe cataract juist ontstaat, blijkt er duidelijk een verband te bestaan met langdurige blootstelling aan UV-B-zonnestraling. Hoewel een chirurgische ingreep blindheid ten gevolge van grauwe staar kan voorkomen, blijft het toch een belangrijke oorzaak van blindheid zowel in het Westen als in de ontwikkelingslanden. UV-B straling kan ook het hoornvlies, het voorste deel van de oogbal, beschadigen. Onvoorzichtige skiërs hebben dit zeker wel eens ondervonden: sneeuwblindheid, een welbekende oogaandoening (rode ogen en oogleden) die van pijnlijke maar meestal voorbijgaande aard is.

UV-STRALING HEFT BIJ DEZE PERSOON HET VEROUWERINGS-PROCES VAN DE HUID VERSNELD EN EEN EPITHELIOOM, EEN GOEDAARDIGE HUIDKANKER, VER-OORZAAKT (LINKS). MELANOMEN ZIJN DAARENTEGEN MEESTAL FATAAL ALS ZE NIET OP TIJD WORDEN BEHAND-ELD (BOVEN). DOOR HET MINDER GOED FUNCTIONEREN VAN HET IMMUNUSYSTEEM WORDT DE MENS ONTVANKE-LIJKER VOOR ALLERLEI ZIEKTEN, ZOALS HERPES (ONDER).



Het plantenleven

Laboratoriumtesten uitgevoerd op meer dan 300 plantensoorten hebben uitgewezen dat te veel UV-straling schadelijk is voor de planten. Meer dan de helft van de onderzochte planten vertoonden een achteruitgang in grootte, groeisnelheid en productiviteit. Het fotosyntheseproces (waarbij atmosferische koolstof in aanwezigheid van licht en water wordt omgezet in koolhydraten die noodzakelijk zijn voor de groei en de ontwikkeling van de plant) wordt immers door de UV-straling gehinderd.

Er kunnen ook meer subtiele veranderingen optreden, zoals het verschijnen van meer en kleinere bladeren of meer vertakkingen, zonder dat noodzakelijkerwijs de groei wordt belemmerd. Deze wijzigingen kunnen het bestaande evenwicht tussen verschillende plantensoorten verstoren doordat ze de ene plant toelaten meer of minder zonnestraling op te vangen dan de andere.

Zo worden enkele alledaagse groenten zoals erwten, sojabonen, tomaten, komkommer, bloemkool en spinazie beschadigd indien ze te veel UV te verwerken krijgen. Onder de gewassen ondervinden vooral haver en gerst de meeste nadelen. Wetenschappers hebben geconstateerd dat een ozonreductie van 10% een bijna even grote daling teweegbrengt in de opbrengst van o.a. sojabonen en haver. Ook de samenstelling van de gewassen (eiwitten, aminozuren, koolhydraten) kan wijzigen door een verhoogde UV-straling. Dit



brengt een verlaging van de voedingswaarde van deze gewassen met zich mee, met alle daaraan verbonden nadelige gevolgen voor de volksgezondheid

Tot slot zullen sommige boomsoorten, zoals berken, eiken en beuken, minder goed groeien. Een daling van de groeisnelheid van woudbomen heeft ook tot gevolg dat minder CO₂ zal worden opgenomen uit de atmosfeer, wat uiteindelijk zal leiden tot een versterking van het broeikas effect. Naast een verlaagde opbrengst en groei zullen planten ook gemakkelijker allerlei ziekten kunnen oplopen.

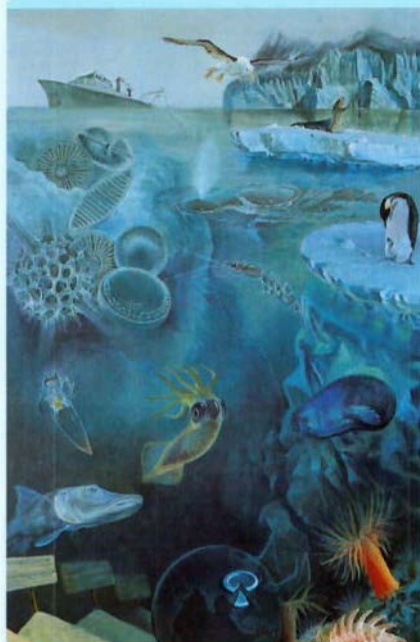
Het zeeleven

De gevolgen van een verhoogde UV-straling kunnen de gehele voedselketen van de oceanen in gevaar brengen. Aan de basis van de oceanische voedselketen bevindt zich het fytoplankton. Dit zijn microscopisch kleine plantjes zoals algen en blauwvieren. Welnu, de groei van dit fytoplankton kan door een verhoogde UV-straling sterk worden afgeremd. Dit

UV-B-STRALING VERSTOORT DE FOTOSYNTHESEMACHINE VAN DE PLANTEN. HIERDOOR VERTRAAGT DE GROEI EN DE ONTWIKKELING VAN DE VEGETATIE.

heeft op zijn beurt een nefaste invloed op het krill. Dit zijn kleine kreeftachtigen die een essentiële rol vervullen in de mariene voedselketen doordat ze direct of indirect als voedsel voor krabben, vissen, pinguïns, zeehonden, walvissen... dienen. Gebeurt er iets met het fytoplankton, dan komt het krill in de problemen en dreigt op zijn beurt het gehele oceanische ecosysteem te worden verstoord. Vermits vis een belangrijke voedselbron is voor mens en dier dreigt een toegenomen UV-straling beide te treffen.

FYTOPLANKTON LIGT AAN DE BASIS VAN DE VOEDSELKETEN EN DIEN T ALS VOEDSEL VOOR DE PRIMAIRE CONSUMENTEN (VISLARVEN EN GARNALEN) DIE OP HUN BEURT WORDEN GECONSUMEERD DOOR SECUNDAIRE EN TERTIAIRE CONSUMENTEN (VB. VIS). ELKE BELANGRIJKE TOENAME IN UV-B KAN DE GROEI EN DE PRODUCTIVITEIT VAN HET FYTOPLANKTON VERMINDEREN WAARDOOR DE GEHELE MARIENE VOEDSELKETEN WORDT AANGETAST.



Bovendien neemt ditzelfde fytoplankton ongeveer de helft van de hoeveelheid CO₂ op die jaarlijks wordt uitgestoten. Een daling van de CO₂-opname door de oceanen zou het versterkte broeikas effect nog een extra handje helpen.

Ook de larven van kreeften en krabben kunnen ernstige schade oplopen omdat deze diertjes tijdens hun ontwikkelingsstadia dicht bij het wateroppervlak vertoeven waar de UV-intensiteit hoog is. Hierdoor kan het DNA van deze larven worden beschadigd en kunnen de groeien overlevingsmogelijkheden van deze organismen sterk teruglopen.

Onderzoekers schatten dat een vermindering van de hoeveelheid ozon met 15% een verlies met zich mee zal brengen van 7.000.000 ton vis per jaar, zijnde 5% van de wereldwijde visopbrengst.

Maatregelen

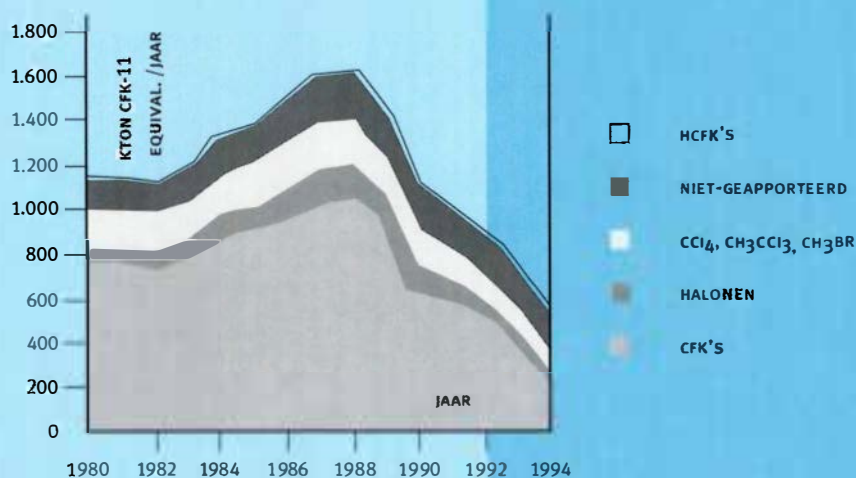
Handen uit de mouwen:

Het Montreal Protocol

Hoewel de hypothese van Rowland en Molina in 1974 eerder controversieel was, deed het toch de nodige alarmbellen rinkelen in verband met de ozonvernietigende eigenschappen van de CFK's. Overall kwamen er debatten op gang en de druk om de CFK-productie te controleren nam langzaam maar zeker toe. Deskundigen uit 32 landen kwamen in 1977 bijeen in Washington om een 'Wereldactieplan voor de Ozonlaag' te lanceren. Het doel van dit plan was de studie van de gevolgen van een dunner wordende ozonlaag op de menselijke gezondheid, de ecosystemen en het klimaat. Deze bijeenkomst inspireerde de Verenigde Staten, Canada en de Scandinavische landen reeds tot het ban-

nen van de CFK's als drijfgas. Toen in maart 1985 de V.N. Conventie betreffende de Bescherming van de Ozonlaag tot stand kwam in Wenen, werd voor het eerst in de geschiedenis een overeenkomst gesloten tussen verschillende naties om een wereldwijd milieuprobleem aan te pakken waarvan de effecten nog niet

1999 een reductie met 50% in de productie en het gebruik van de vijf schadelijkste CFK's (CFK-11, CFK-12, CFK-113, CFK-114 en CFK-115). Daarnaast werd het verbruik van halonen bevroren op het niveau van 1986. Nieuw wetenschappelijk inzicht en technische vooruitgang vereisten evenwel een continue herziening en

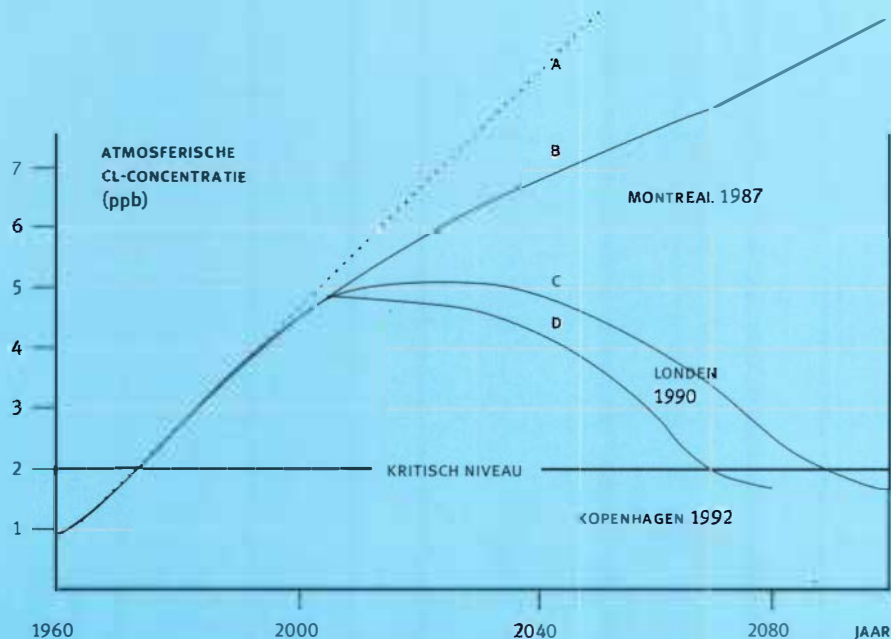


JAARLIJKSE WERELDWIJDE PRODUCTIE VAN CFK'S EN AANVERWANTE STOFFEN DIE DE OZONLAAG AANTASTEN. TOT NET VOOR HET 'PROTOCOL VAN MONTREAL BETREFFENDE STOFFEN DIE DE OZONLAAG AFBREKEN' IN 1987 NAM DE PRODUCTIE VAN OZONAFBREKENDE STOFFEN GESTADIG TOE. DE INWERKINGSTREDING VAN HET PROTOCOL IN 1988 EN DE AMENDEMENTEN ERVAN HEEFT GELEID TOT EEN STERKE DALING VAN DE PRODUCTIE VAN OZONAFBREKENDE STOFFEN.

zichtbaar waren of wetenschappelijk bewezen. Op dat laatste hoefde men echter niet lang te wachten. Hun woorden waren nog niet koud of enkele maanden later verscheen een wetenschappelijke publicatie in het gerenommeerde Amerikaanse tijdschrift 'Nature' waarin voor het eerst het bestaan van een ozon-gat boven de zuidpool werd aangetoond. Het was toen nog maar een kleine stap naar het 'Internationale Protocol van Montreal betreffende Stoffen die de Ozonlaag Afbreken' in September 1987. Het Montreal Protocol voorzag tegen

aanscherping van dit Protocol. Zo werd in Londen (1990) en in Kopenhagen (1992) beslist een totale stopzetting van het verbruik en de productie van de 5 gevaarlijkste CFK's en halonen in te voeren tegen respectievelijk 1996 en 1994. Daarnaast werden nog een tiental andere CFK's op de verboden lijst geplaatst.

Voor het eerst werden ook de zachte HCFK's op de verboden lijst gezet om te worden gebannen tegen het jaar 2030, terwijl de productie van zachte HCFK's op nul moest worden gebracht in 1996. In 1995 werd in Wenen het Montreal



EFFECT VAN HET MONTREAL PROTOCOL OP DE TOEKOMSTIGE CL-CONCENTRATIE IN DE ATMOSFEER ONDER VIER SCENARIO'S: ONGEREGLEMENTEERDE SITUATIE (A), HET MONTREAL PROTOCOL (B), HET LONDEN AMEDEMMENT (1990) (C) EN HET KOPENHAGEN AMEDEMMENT (1992) (D). HET KRITISCHE CL-NIVEAU, WAARBIJ DE ANTARCTISCHE OZONLAAG TERUGKEERT NAAR ZIJN NATUURLIJKE TOESTAND EN NIET JAARLIJKS WORDT AFGEBROKEN, ZAL PAS WORDEN BEREIKT IN DE TWEEDE HELFT VAN VOLGENDE EEUW.

BRON | WMO/UNEP

Protocol weer wat bijgestuurd en werd beoogd de uitstoot van methylbromide, een in de landbouw overmatig aangewend pesticide met uitgesproken ozonafbrekende eigenschappen, op termijn te bannen. Het Montreal Protocol en zijn amendementen werden ondertussen reeds ondertekend door meer dan honderd landen, waaronder België. Vermits de naleving van het Protocol geen eenvoudige zaak is en vanwege hun specifieke behoeften, hebben ontwikkelingslanden 10 jaar uitstel gekregen. Hierdoor kan de CFK-productie in deze landen nog enigszins toenemen. Daarnaast werd ook beslist om derdewerldlanden extra technische en financiële steun te verlenen om hen te helpen de maatregelen na te komen.

Naast het wereldwijde Montreal Protocol bestaan er ook nog Europese verordeningen en richtlijnen en nationale regelge-

vingen (Koninklijke Besluiten), gebaseerd (en soms vooruitlopend) op de laatste wijzigingen van het Montreal Protocol. In de tabel onderaan worden de recentste maatregelen, genomen binnen het Montreal Protocol en de herzieningen, kort samengevat voor de belangrijkste ozonafbrekende producten. De gevolgen van het Montreal Protocol werden snel duidelijk.

Gegevens betreffende de productie en de consumptie maken duidelijk dat het gebruik van CFK's en soortgelijke stoffen is afgenomen kort nadat het Montreal Protocol en zijn wijzigingen in werking traden (figuur blz. 105). Op 10 jaar tijd is de wereldwijde productie van ozonafbrekende stoffen met meer dan de helft afgenomen.

Dit blijkt ook uit metingen van de concentratie van CFK's in de atmosfeer. Na een ongebreidelde groei van de hoeveelheid ozonafbrekende stoffen in de atmosfeer in de jaren '70 en '80, nam sinds begin jaren '90 de groeisnelheid voor het eerst af. Zo werd sinds 1994 wereldwijd een lichte daling waargenomen van de concentraties van CFK-11 in de troposfeer, een afname die ook voor andere ozonaantastende stoffen, waaronder de halonen, werd vastgesteld (figuur blz. 107). Vermits de CFK's pas na enkele jaren de stratosfeer bereiken, zal deze dalende trend zich binnen enkele jaren ook in de stratosfeer inzetten.

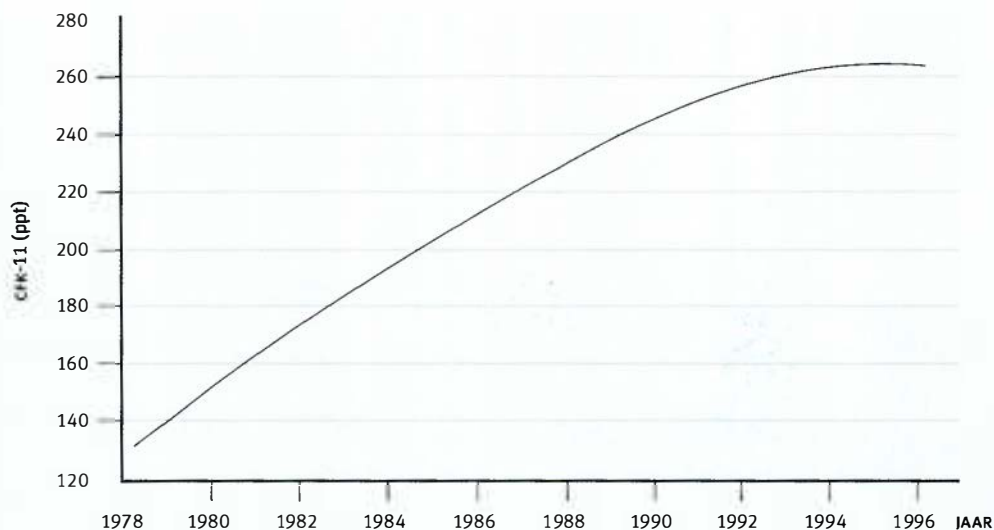
De toekomst

Op dit ogenblik leven meer dan 150 landen het Protocol na. Vele ontwikkelingslanden zijn zelfs van plan de ozonvernietigende stoffen vroeger te bannen dan door het Protocol voorgeschre-

CONTROLEMAATREGELEN GENOMEN BINNEN HET MONTREAL PROTOCOL EN ZIJN AMEDEMMENTEN (LONDEN, KOPENHAGEN EN WENEN)

OZONAFBREKENDE STOF	STOPZETTING PRODUCTIE EN CONSUMPTIE
Halonen	1994
Harde CFK's	1996
Zachte HBFK's	1996
Methylbromide	2010
Zachte HCFK's	2030

ven wordt. Toch is het einde van het ozonprobleem nog lang niet in zicht. De hoeveelheid ozonafbrekende stoffen in de atmosfeer zal nog toenemen tot minstens het jaar 2000. Alle geproduceerde CFK's komen immers niet direct vrij. Grote hoeveelheden CFK's, waarvan de productie volgens het Montreal Protocol is stopgezet in 1996, bevinden zich in harde plastics zoals isolatiemateriaal en in koel- en klimatisatie-installaties. Deze CFK's komen pas vrij door lekken of aan het einde van de levensloop van het product waarin ze zich bevinden, vele jaren na hun productie. Bovendien zullen CFK's die in de jaren tachtig en begin jaren negentig overvloedig werden geloosd nu één voor één de stratosfeer bereiken waar ze ongenadig met hun ozonvernietigende praktijken zullen beginnen. Door hun lange levensduur kunnen ze daar nog tientallen jaren blijven. Ondanks een strikte naleving van het Montreal Protocol zullen de chloor- en broomconcentraties dus nog tot ver in de volgende eeuw voor problemen zorgen. Het zal

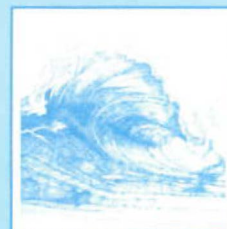


waarschijnlijk nog zeker twintig jaar duren voordat de eerste tekenen van herstel van de ozonlaag zichtbaar zullen zijn. Maar het zullen pas onze kleinkinderen zijn die, bij het strikt naleven van het Protocol, in de tweede helft van volgende eeuw opnieuw zullen kunnen spreken van een gezonde ozonlaag, een ozonlaag zoals die was in de jaren '70, vóór de verschijning van het ozongat.

NA EEN ONGEBREIDELDE GROEI IN DE JAREN '80 IS DE CFK-11 CONCENTRATIE IN DE TROPOSFEEER SINDE 1994 LICHTJES BEGINNEN DALEN. DIT IS OOK HET GEVAL VOOR VEEL ANDERE OZONAFBREKENDE STOFFEN, MAAR NIET VOOR ALLEMAAL. DE STRATOSFERISCHE CONCENTRATIE VAN DEZE STOFFEN LOOPT ENKELE JAREN ACHTER EN ZAL BIJGEVOLG PAS BEGIN VOLGENDE EEUW BEGINNEN AFNEMEN.

HET ONGEREPE TE ANTARCTICA. WANNEER ZAL DE OZONLAAG ZICH VOLLEDIG HEBBEN HERSTELD?





6

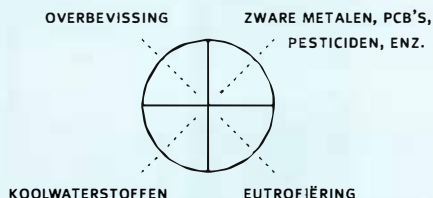
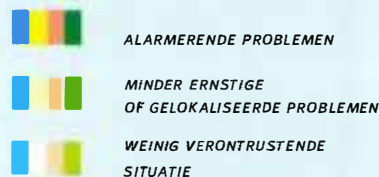
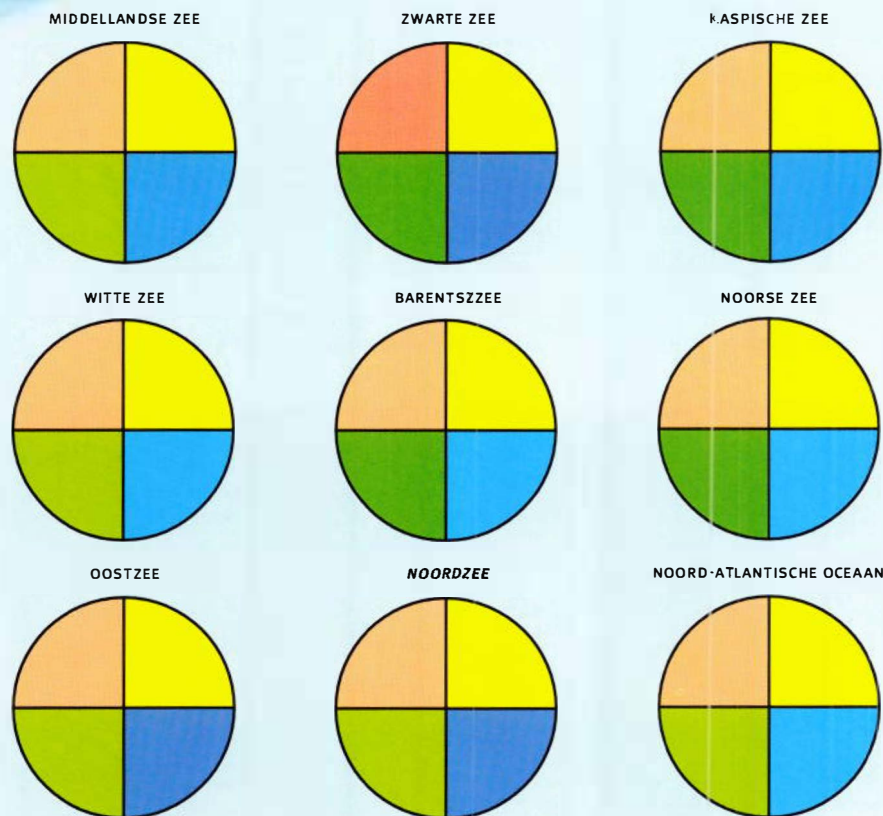
De Noordzee vuilnisbak en provisiekast in één

Voortdurende vervuiling en overbevissing! Daaraan lijdt de Noordzee. Een kleine zee, vastgeklemd in het centrum van één van de meest bevolkte streken ter wereld... Een uiterst productieve kleine zee waarin echter het voortbestaan van de commerciële visbestanden sterk bedreigd is door exploitatie...

ZEEVERVUILING EN OVERBEVISSING: EEN WERELDPROBLEEM!

De Noordzee is jammer genoeg geen alleenstaand geval: bijna alle zeeën en oceanen op onze planeet hebben met gelijkaardige, en soms zelfs ergere, problemen te kampen!

De grafiek hiernaast vergelijkt de toestand in de Noordzee met die van andere Europese zeeën.



I De zee als vuilnisbak

Polluenten: gevaarlijke transporten...

Alle riolen leiden naar zee

De rivieren die in de Noordzee uitmonden stromen, net zoals hun bijrivieren, door sterk verstedelijkte en geïndustrialiseerde gebieden waar bovendien ook veel aan intensieve landbouw en veeteelt wordt gedaan.

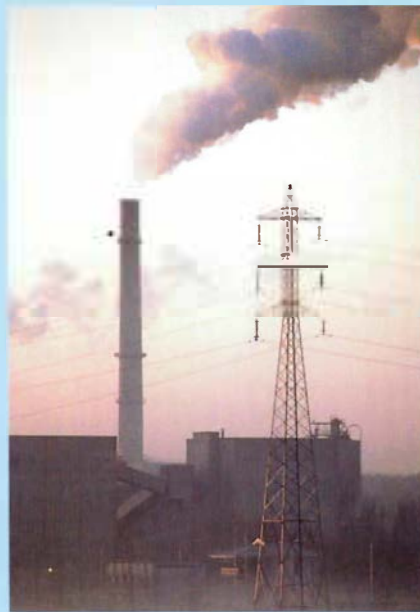
Deze waterlopen worden vervuild door:

- de lozing van stadsriolen en industriële afvalwaters met hun lading uitwerpse-len en allerlei chemische bestanddelen. Ongeveer een derde van alle rioolwater dat in de Noordzee terechtkomt, heeft geen enkele voorafgaandelijke zuivering ondergaan;
- het afstromende regenwater voert het teveel aan pesticiden en meststoffen (natuurlijke of chemische) mee die over de akkers worden gestrooid;
- de lozingen uit opslagplaatsen van dierlijk mest afkomstig van de intensieve veeteelt (mesthopen, putten voor aal of mest).

Stromen en rivieren voeren vaak over grote afstanden hun vervuilende lading naar de Noordzee. De belangrijkste bijdragen worden geleverd door de Seine, de Maas, de Schelde, de Rijn, de Weser, de Elbe, de Theems en de Humber....

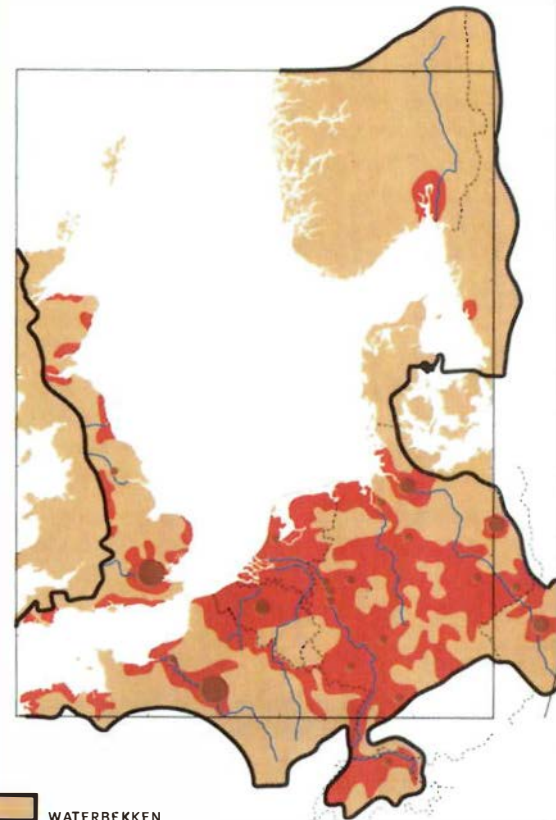
De steden, industrieën en landbouwexploitatieën in de kuststreken vervuilen rechtstreeks de estuaria of de kustwateren. De hoeveelheid geloosd afvalwater stijgt aanzienlijk tijdens de zomermaanden want de Noordzeekust is een belangrijke toeristische trekpleister.

Voorbeeld: van juni tot september 1997 telde men 4.157.902 toeristische overnachtingen aan de Belgische kust.



EEN DEEL VAN DE POLLUENTEN DIE IN DE ATMOSFEER TERECHTKOMEN, ZULLEN UITEINDELIJK TERUG IN ZEE VALLLEN.

VROEG OF LAAT KOMEN WATERLOPEN, EN HUN VERVUILING, IN ZEE TERECHT...



- WATERBEKKEN
- GEBIEDEN MET MEER DAN 100 INWONERS PER KM²
- AGGLOMERATIES MET MEER DAN 5 MILJOEN INWONERS
- AGGLOMERATIES MET 1 À 5 MILJOEN INWONERS
- AGGLOMERATIES MET 500 000 À 1 MILJOEN INWONERS

HONDERD VIERENZESTIG MILJOEN MENSEN LEVEN IN HET STROOMGEBIED VAN DE NOORDZEE – EEN GEBIED VAN 850 000 KM².

Een vuiltje aan de lucht...

Een deel van de vervuilende stoffen die in de atmosfeer worden uitgestoten, wordt door de wind tot boven de Noordzee gevoerd waarin het dan via de regen terug terechtkomt. De oorzaken van deze vervuiling zijn opnieuw van industriële, huishoudelijke en agrarische aard: schoorstenen van fabrieken, woningen en verbrandingsovens; uitlaten van voertuigen; resten van pesticiden die over de velden gespreid worden; methaan- en ammoniakdampen afkomstig van dierlijke uitwerpselen.



Wie baggert moet slib storten

Het uitbaggeren van de zand- en modderafzettingen die zich ophopen in de estuaria, havens en vaargeulen is nodig om ervoor te zorgen dat de juiste diepgang voor de scheepvaart behouden blijft. De baggerspecie wordt in speciaal hiervoor gereserveerde zones in de Noordzee gestort - een operatie die per boot wordt uitgevoerd.



DE BAGGERSPECIE VAN DE HAVENS, ESTUARIA EN VAARGEULEN WORDT IN ZEE GESTORT, SAMEN MET DE VERVUILENDE STOFFEN DIE ZE BEVAT...

Het slib uit de vaargeulen bevat relatief weinig vervuilende stoffen. De baggerspecie uit de estuaria en havens daarentegen is sterk vervuild, voornamelijk door toevoer van de rivieren. Door deze specie in zee te storten, breidt de kustvervuiling zich nog uit. Eén van de oplossingen voor dit probleem is zorgen voor een verbeterde kwaliteit van de waterlopen: zuivere rivieren, zuiver slib!

In 1990 werd ongeveer 136 miljoen ton slib in de Noordzee gestort; 64,5 miljoen ton daarvan was afkomstig uit de havens.

DE ONDERGROND VAN DE NOORDZEE BEVAT GAS- EN PETROLEUMRESERVES.



Vooruit maar!

Het maritieme verkeer op de Noordzee is één van de belangrijkste ter wereld: elk jaar worden 420.000 scheepsbewegingen geregistreerd, voornamelijk vanuit het Kanaal in de richting van Hamburg, via Duinkerken, Antwerpen en Rotterdam. De schepen lozen grote hoeveelheden koolwaterstoffen (petroleum, benzine, wasbenzine, kerosine, diesel, stookolie, smeeroilie, paraffine, enz.) in zee, en ook de resten van hun chemische ladingen, detergënten gebruikt voor het schoonmaken van de ruimen, huishoudelijk afval, en zelfs niet langer bruikbare visserijuitrusting.

Problematisch zwart goud

Sinds het einde van de jaren '60 vormt de exploitatie van onderzeese natuurlijke petroleum- en gasreserves een uiterst belangrijke economische activiteit in de Noordzee: er zijn meer dan 300 boorplatformen en duizenden prospectieputten. Elk jaar wordt zo'n 183 miljoen m³ petroleum en 92 miljard m³ methaan geproduceerd en via 10.000 km onderzeese olie- en gaspijpleidingen weggevoerd. Deze industriële activiteit gaat uiteraard gepaard met belangrijke lozingen van koolwaterstoffen, maar ook van een deel van de chemische producten die erbij gebruikt worden: detergënten, solventen, emulgatoren, smeermiddelen, roestwederende middelen, enz.

Drie slagen in het water...

Het verbranden van pesticiden en andere uiterst giftige industriële producten, en het dumpen van vloeibaar industrieel afval en rioolslib afkomstig van de kustwaterzuiveringsstations, is stopgezet op de Noordzee. Deze operaties veroorzaakten een belangrijke mariene vervuiling.

AANVOERWEGEN	KWIK	KOPER	LOOD	ZINK (PESTICIDE)	PCB	LINDAAN	STIKSTOF	FOSFOR
Rivieren	25	1.200	1.000	6.400	2,2	0,9	910.000	48.000
Atmosfeer	6,9	740	1.700	5.500	?	9,1?	520.000	?
kustafvalstoffen	1,8	290	160	1.300	0,2	0,2	120.000	7.100

BRON | OSPARCOM (1992). SCHATTING IN TON.

DE TIERCÉ IN VOLGORDE

De drie belangrijkste aanvoerwegen van polluenten in de Noordzee zijn, in volgorde van belangrijkheid:

- de rivieren
- de atmosfeer
- kustafvalstoffen. Bepaalde polluenten worden echter vooral via atmosferische neerslag aangevoerd.

Bovenstaande tabel geeft, als voorbeeld, een schatting (in ton) van de aanvoer van enkele polluenten in 1990 via deze drie aanvoerwegen.

dat de concentratie ervan in de levende organismen bij elke etage van de mariene voedselpiramide vermeerderd. Vanaf de basis van deze piramide (etage van de algen van het plankton) tot aan de top van de voedselketen (etage van de vogels en de zeezoogdieren) verorbert elk organisme een steeds grotere hoeveelheid voedsel – en dus een steeds grotere hoeveelheid schadelijke bestanddelen. Voedselvergiftiging aan de lopende band dus!

PESTICIDEN OP ALLE ETAGES!

Sinds meer dan tien jaar is het gebruik van dieldrin in Europa verboden. Toch blijft dit chloorbevattende pesticide het ecosysteem van de Noordzee vergiften. Hoewel het nauwelijks waarneembaar is in het zeewater, verhoogt de concentratie ervan bij elke etage van de voedselketen.

Bij de aalscholvers, die aan de top van de voedselpiramide staan, is de concentratie aan dieldrin in de lever 1600 maal hoger dan bij de algen uit het plankton...

BIOMAGNIFICATIE VAN DIELDRIN

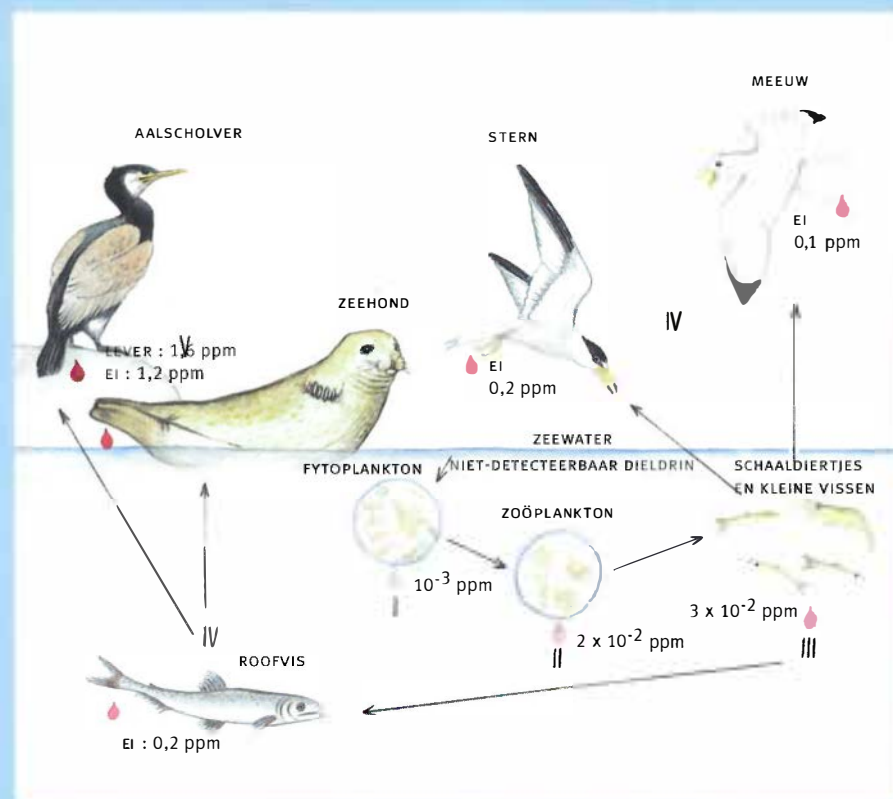
Zware metalen, pesticiden, PCB's en soortgenoten: een onverteerbare cocktail

Langzaam, maar zeker!

Zware metalen (kwik, lood, enz.) komen slechts in kleine, zelfs geringe, hoeveelheden voor in het zeewater. Maar ze zijn niet biologisch afbreekbaar. De in zee levende organismen hopen deze stoffen op in hun lichaam zolang ze leven.

Dit geldt ook voor de grote familie van 'gesynthetiseerde organische verbindingen' – producten die door de mens gemaakt worden op basis van koolstof (en vaak ook chloor), zoals pesticiden, PCB's en bepaalde solventen.

Deze twee categorieën van polluenten veroorzaken biomagnificatie – dit wil zeggen



VERVUILING RIJMT OP VERVLAKKING

Door vervuiling ontstaat vervlakking van fauna en flora. De gevoeligste organismen worden het eerst geëlimineerd, terwijl meer resistente soorten zich op explosieve wijze kunnen vermeerderen. Deze tolerantere soorten zijn kosmopolieten – met andere woorden: banaal – vandaar dat milieus die voortdurend vervuild worden weinig interessants te bieden hebben op het vlak van biodiversiteit.

DE VERVUILING: SCHULDIG OF ONSCHULDIG?

Experimenten in laboratoria laten zelden toe een onbetwistbaar verband te leggen tussen een pollutant en de afwijkingen die vastgesteld worden bij de mariene fauna en flora. Waarom? – Polluenten zijn slechts in geringe concentraties aanwezig in het zeewater. Het is erg ingewikkeld om hiermee experimenten uit te voeren. Om tot een juiste evaluatie te komen, zouden de testen over een veel te lange termijn moeten worden gespreid. De onderzoekers moeten zich dus wel beperken tot het bestuderen van de gevolgen van veel hogere dosissen pollutanten dan in het mariene milieu aangetroffen worden. Welnu, de gevolgen van dit soort vergiftiging (zogenoemde ‘acute’ vergiftiging) kunnen erg verschillend zijn van de langzame vergiftiging veroorzaakt door een geleidelijke ophoping van kleine dosissen pollutanten.

– Het is ook onmogelijk om in het laboratorium de cocktail van vervuilende stoffen na te bootsen waarmee de mariene organismen te maken krijgen. Welnu, wanneer men twee verschillende pollutanten samenbrengt, kunnen de gevolgen daarvan heel anders zijn dan een eenvoudige optelling van de gevolgen van elk afzonderlijk.

Ellende, niets dan ellende

Wanneer mariene organismen lijden aan ziekten, misvormingen en andere stoornissen, is dit dan altijd te wijten aan de vervuiling? Neen! Natuurlijke milieufactoren kunnen hiervan ook de oorzaak zijn. Wanneer echter abnormaal hoge aantallen afwijkingen worden vastgesteld, kan men met recht en rede de vervuiling met de vinger wijzen. Vermoedens zijn echter nog geen bewijzen...



| NATUURLIJKE OORZAKEN OF VEROORZAAKT DOOR DE VERVUILING? MOEILIK NA TE GAAN...

Tributyltin (TBT) is een pesticide dat toegepast wordt als anti-aangroei middel (tegen larven van zeepokken en mosselen) in de verf op de romp van schepen. Het is één van die zeldzame pollutanten waarvoor een duidelijk en onbetwistbaar oorzakelijk verband aangetoond werd tussen een chemische vervuiling en de vervormingen vastgesteld bij mariene

organismen. Deze chemische stof vervuult een groot deel van het water van de Noordzee, maar vooral dan de havens en de vaargeulen. Ze tast voornamelijk een soort zeeslakken aan: de purperslak. Wanneer ‘homeopathische’ dosissen aan TBT voorkomen (0,002 µg/liter water) ontwikkelen de vrouwelijke slakken mannelijke geslachtskenmerken. Na enkele tijd komen er alleen mannelijke slakken voor. De populatie verdwijnt dan

omdat ze zich niet kan voortplanten. Dit is reeds het geval in de erg drukke vaarwegen in het zuidelijk deel van de Noordzee en ook in bepaalde kustzones, in het bijzonder aan de Belgische kust.

TBT heeft gelijkaardige gevolgen voor andere zeeleefdieren, zoals sommige soorten oesters en wulken. Hiervoor zijn



DOOR VERVEN OP BASIS VAN TBT, AANGEBRACHT OP DE SCHEEPSROMPEN, VERDWENEN VERSCHILLENDE POPULATIES VAN MARIENE ZEESLAKKEN.



echter hogere dosissen nodig dan bij de purperslak. Vanwege haar gevoeligheid voor TBT gebruiken de wetenschappers daarom de purperslak als bio-indicator voor mariene vervuiling door TBT.

Naast TBT bestaan er nog verschillende andere gevallen waarbij gerechtvaardigde vermoedens gekoesterd worden aangaande de negatieve invloed van zware metalen en gesynthetiseerde organische verbindingen.

In de Sørfjord, in Noorwegen, is het lood geloosd door een nabijgelegen smelterij waarschijnlijk verantwoordelijk voor een afname in grootte van de zeesterren uit het kustgebied. Deze dieren zouden vergiftigd worden via hun voedsel: weekdieren hopen grote hoeveelheden metalen in zich op. In bepaalde zones van de Noordzee waar zich boorplatformen bevinden (estuarium van de Humber, de Duitse baai, de Nederlandse kusten en de

Dogger Bank), vertonen de scharren abnormaal veel levertumoren (2,5 % tegenover een 'natuurlijk' gemiddelde van 0,5 %). Dit zijn vermoedelijk de gevolgen van organochloorverbindingen (onder andere PCB's), en bepaalde koolwaterstoffen (aromatische koolwaterstoffen) die geloosd worden door de petroleum- en gasindustrie. De virale epidemie die in 1988 ongeveer 20% van de zeehonden uit de Noordzee (16.000 individuen) trof,

zou samenhangen met een langzame vergiftiging van deze dieren door PCB's - een geleidelijke voedselvergiftiging door het eten van vergiftigde vis. Dit vermoeden was gebaseerd op laboratoriumexperimenten die aantoonde dat PCB een belangrijke daling veroorzaakt in het gehalte aan vitamine A - een essentieel vitamine die zorgt voor een goede werking van het immuunsysteem. Goed nieuws: sinds de epidemie heeft het zeehondenbestand zich gelukkig weer bijna hersteld.

PCB's zouden ook het abnormaal hoge aantal spontane abortussen en vroegtijdige geboorten bij de zeehonden uit de Waddenzee (een gebied in de Noordzee grenzend aan een deel van de Nederlandse, Duitse en Deense kustlijn) veroorzaken. De PCB's beïnvloeden het voortplantingsvermogen van de zeehonden en verminderen ook hun weerstand tegen ziekten doordat ze de hormoonhuishouding van de dieren verstoren (zie kadertje: 'Voorpaginanieuws: Polluenten apen hormonen na')

Een laatste veronderstelling: de stranding van 18 potvissen op verschillende kusten van de Noordzee (in Koksijde, op de kust van de Orkney-eilanden, in het noorden van Schotland, evenals op de kusten van Engeland, Friesland en Duitsland) in de winter van '94-'95 zou onrechtstreeks te maken kunnen hebben met een meervoudige vergiftiging door kwik, cadmium en PCB's. Deze groep zeezoogdieren had de noordpool verlaten bij de aanvang van het slechte seizoen om zich naar Ecuador te begeven. Maar ze raakten gedesoriënteerd, doken op in de Noordzee en zaten daar in het relatief ondiepe water in de val.

Omdat ze geen voedsel vonden, hebben ze hun vetreserves opgebruikt waardoor de hierin opgeslagen pollutanten in hun lichaam vrijkwamen. De zware metalen en de PCB's verminderden het immuunsysteem van de zeezoogdieren. De dieren stierven uiteindelijk van buitensporige verzwakking en van ziekten (huidletsels, zweren aan de mond, oorontstekingen...). Hoewel het slot van deze historie zich in de Noordzee afspeelde, wees het begin ervan op een meer algemeen probleem: de vervuiling van de oceanen... Verschillende potvissen strandden op de

Noordzeekusten (voornamelijk in België) tijdens de winter van '97-'98. Maar op het ogenblik dat wij deze tekst afsloten, waren de onderzoeken naar deze fenomenen nog niet afgerond...

De vervuiler betaalt het gelag

De mens, die zich aan de top van de voedselpiramide bevindt, ontsnapt niet aan bioaccumulatie. Doordat mensen veel vis en zeevruchten verbruiken, lopen ze ook het risico dat zware metalen en gesynthetiseerde organische verbindingen zich geleidelijk in hun organisme opho-

pen met alle gevolgen van dien. Een pijnlijke herinnering: de feiten deden zich voor in de jaren '50, in Minamata, een kustdorpje in Japan. Talrijke gevallen van verlamming, van gezichts- en gehoorverlies, en van intellectuele aftakeling werden opgetekend. Een vijftigtal personen stierf aan deze ziekte, terwijl tientallen anderen het overleefden maar permanent invalide bleven. Reden: de in de baai van Minamata gevangen vis was vergiftigd door kwik dat door een chemische fabriek in zee geloosd werd. Dit metaal kwam slechts in geringe hoeveelheden

DE STRANDING VAN DEZE POTVIS IN KOKSIJDE IN NOVEMBER 1994 ZOU TE WIJTEN ZIJN AAN VERGIFTIGING DOOR ZWARE METALEN EN PCB'S.



voor in het zeewater, maar hoopte zich op in de voedselpiramide. Toen het uiteindelijk de mens bereikte, was de dosis dodelijk geworden. Hoewel de ernstigste vergiftigingen uit de jaren '50 dateren, werden tot het einde van de jaren '70 nog meer dan honderd gevallen vastgesteld. Bijna de helft hiervan kende een dodelijke afloop.

VOORPAGINANIEUWS: POLLUENTEN APEN HORMONEN NA

Sinds kort vermoeden wetenschappers dat de gesynthetiseerde organische verbindingen de hormonenhuishouding bij dieren en bij mensen ontregelen. PCB's, TBT's en talrijke landbouwpesticiden staan op de lange lijst vermoedelijke verdachten. De moleculaire structuur van deze polluenten lijkt sterk op die van hormonen. Dit biedt hun de mogelijkheid de cellen van het organisme te 'overbluffen' en hen foutieve informatie door te spelen over wanneer en hoe ze zich moeten vermenigvuldigen, ontwikkelen, bepaalde stoffen afscheiden... Dit leidt tot de ontregeling van talrijke biologische processen: immuunsysteem, seksualiteit en vruchtbaarheid, lichamelijke en geestelijke ontwikkeling van embryo's enz.

Men vermoedt dat deze pseudo-hormonale polluenten bij de mens verantwoordelijk zijn voor een verminderde spermakwantiteit en -kwaliteit, een fenomeen dat tijdens de laatste vijftig jaar wereldwijd is vastgesteld, en voor de toename van bepaalde soorten kankers (in het bijzonder borst- en teelbalkanker).

Momenteel zijn opsporingstesten voor de hormonale activiteit van polluenten in ontwikkeling. Maar nu reeds is voorzichtigheid geboden: zelfs al beschikken we niet over onweerlegbare bewijzen, toch moeten programma's opgesteld worden om de aanwezigheid van verdachte stoffen te verminderen en moeten we vooral op een minder milieubelastende manier gaan produceren...

Na deze tragedie werden wereldwijd regelgevingen ter bescherming van de menselijke gezondheid goedgekeurd. De Dienst Eetwareninspectie van het Ministerie van Volksgezondheid controleert in België de kwaliteit van producten afkomstig uit de zee - wat ook de herkomst van de producten is. Zo mag men geen vissen, week- en schaaldieren verkopen waarvan het gehalte aan polluenten hoger ligt dan de vastgestelde normen. Dit is bijvoorbeeld het geval voor vis gevangen in bepaalde Noorse fjorden en voor bot en paling afkomstig uit het estuarium van de Elbe.

Desondanks vermoeden veel wetenschappers dat de toxicologische opsporingstesten die vandaag bestaan, niet in staat zijn om de werkelijke risico's voor onze gezondheid te bepalen. Hun argumentatie: deze methoden evalueren de acute toxiciteit van elke pollutant afzonderlijk, terwijl wij doorlopend blootgesteld worden aan een hele cocktail van vervuilende stoffen. En jammer genoeg kan dit mengsel actief blijken te zijn, terwijl de afzonderlijke dosis van elk van de samenstellende stoffen dit niet is.

Petroleum enzovoorts

Op de beklagdenbank

De schepen die de Noordzee doorkruisen torsen de zwaarste verantwoordelijkheid voor vervuiling door petroleum en andere koolwaterstoffen. De spectaculaire olievlekken die veroorzaakt worden door ongevallen met tankers, vertegenwoordigen maar een klein percentage van alle



PATROUILLEVLEGTUIGEN UITGERUST MET OPSPORINGS-APPARATUUR (RADAR, INFRAROOD- EN ULTRAVIOLET-SENSOREN...) HOUDEN ZOWEL OVERDAG ALS 'S NACHTS DE VERVUILING VEROORZAAKT DOOR DE ZEEVAART IN HET OOG.

lozingen te wijten aan de scheepvaart. In werkelijkheid komt het grootste deel voort van operaties die op het eerste gezicht vrij onschuldig zijn en die dagelijks door de schepen uitgevoerd worden: verversing van motorolie, reinigen van de stookolietanks, schoonspoelen van de tanks van tankschepen, enz. Deze lozingen van koolwaterstoffen zijn strikt gereguleerd: ze mogen slechts buiten de territoriale wateren gebeuren, d.w.z. op twaalfduizend zee-mijlen (ongeveer 24 km) van de kust, en ze moeten zeer sterk verdund worden (concentratie van 15 ppm, zijnde een inhoud van 15 deeltjes op een miljoen deeltjes). Vaak handelen de zeelui echter illegaal, vooral 's nachts. Hiervan getuigen de donkere olievlekken die overdag op het zeeoppervlak zichtbaar worden.

De rivieren, met hun lading benzine, afvaloliën, koolwaterstoffen van industriële oorsprong, enz. vormen de tweede belangrijke vervuiliingsbron van de Noordzee.

De onderzeese petroleum- en gaswinnin- gen komen op de derde plaats. Het aan- deel van accidentele lozingen is eerder gering, het grootste deel van de vervui- ling komt voort uit 'normale' lekken die optreden bij alle fasen in deze exploitatie. Het opslaan van boorgruis op de zeebo- dem, en het verbranden van de gassen via toortsen zijn ook belangrijke koolwater- stofbronnen. Ten slotte is er ook verlies aan koolwaterstoffen bij de petroleumter- minals en de kustraffinaderijen (ventielen, naden, enz.)

Goed nieuws: Er is momenteel sprake van dat de Noordzee op wereldniveau de sta- tus van 'speciale zone' zou krijgen waarin elke lozing van koolwaterstoffen zou ver- boden zijn...

De eisen

De olieplekken (koolwaterstoffen) die door de schepen op het wateroppervlak achtergelaten worden, doden elk jaar tien- duizenden vogels die permanent of sei- zoensgebonden in de Noordzee aanwezig zijn: jan-van-gent, papegaaiduike- ren, alken, zeekoeten, verschillende soorten grote en kleine meeuwen, zee-eenden, enz. Doortrekkende vogels, zoals de stern- en, betalen ook een hoge prijs aan die

MAATREGELEN DIE KUNNEN LEIDEN TOT EEN BETERE LUCHTKWALITEIT

BRONNEN	TON	% VAN HET TOTAAL
Schepen	100.000	39
Rivieren	80.000	31
Petroleum- en gasplatforms	29.000	11
Atmosferische neerslag (vervuiling door autoverkeer, enz.)	20.000	8
Kustriolering	14.000	5
Lozingen van kustindustrieën	9.000	3
Petroleumraffinaderijen aan de kust	6.000	2
Petroleumterminals	800	1
Natuurlijke lekken (vanuit de onderzeese petroleumlagen)	800	1
Totaal	259.600	100

BRON | EUROPESE COMMISSIE, 'DE TOESTAND VAN HET LEEFMILIEU IN DE EUROPESE GEMEENSCHAP', 1992

betalen ook een hoge prijs aan die vervuiling. Andere slachtoffers zijn vogels die normaliter in zoet water overwinteren, maar die naar zee trekken wanneer de vijvers en andere wateroppervlakken bevroren zijn: futen, aalschelvers, meer- koeten, enz.

DE JAN-VAN-GENT IS ÉÉN VAN DE VELE STOOKOLIESLACHTOFFERS.



TEER EN VEREN!

Wanneer de veren van een vogel met koolwaterstoffen (petroleum, stookolie, olie, teer,...) worden doordrenkt, verliezen ze hun thermische isolerende eigenschappen. Het lichaam van het dier komt dan in direct contact met het koude water. Om het enorme verlies aan calorieën te compenseren, is de vogel gedwongen veel meer te eten dan normaal - doet hij dit niet, dan sterft hij op korte of lange termijn van koude of van honger. Maar in zijn zoektocht

naar eten wordt hij gehinderd door zijn doorweekte, zware verenkleed dat hem belet goed te vliegen, te zwemmen of te duiken... De meeste doden vallen van november tot maart, met een piek van januari tot februari. Op dat ogenblik is het weer erg streng en is er gewoonlijk voedselschaarste. In water van 4°C sterft een vogel die volledig bedekt is met olie op enkele uren. Zelfs een relatief kleine olieplek met een diameter van 3 centimeter kan op termijn fataal zijn. Een andere probleem is dat

de vogel olie inslikt wanneer hij zijn veren schoonmaakt en glad strijkt. Deze olie legt een film op het gastro-intestinale slijmvlies waardoor de opname van voedingsstoffen en water belemmerd wordt. De diarree die daarop volgt verergert de verzwakking nog... Ten slotte kan de vogel ook vergiftigd raken door de inademing van toxische vluchtige stoffen die door de koolwaterstoffen uitgewasemd worden. Dit leidt tot bloedophoping in de longen of dodelijke longontsteking...

In de onmiddellijke omgeving van de natuurlijke gas- en petroleumwinningen zorgt de sterke waterverontreiniging door koolwaterstoffen voor een achteruitgang van het plankton en tast het de vitaliteit van de eieren en larven van bepaalde vissoorten aan. Op de zeebodem verstikt het boorgruis de algen, wormen, zeesterren, garnalen, schelpdieren, enz. Deze zones worden echte onderzeese woestijnen. De koolwaterstoffen die uit het slib loskomen, tasten de bodemorganismen aan en dit in een straal van 200 tot 5 000 meter. Op dit ogenblik zijn in de Noordzee zo'n 1.900 à 4.500 km² sediment (misschien zelfs 8.000 km²) aangetast!

Nitraten, fosfaten en aanverwanten

De kern van het probleem

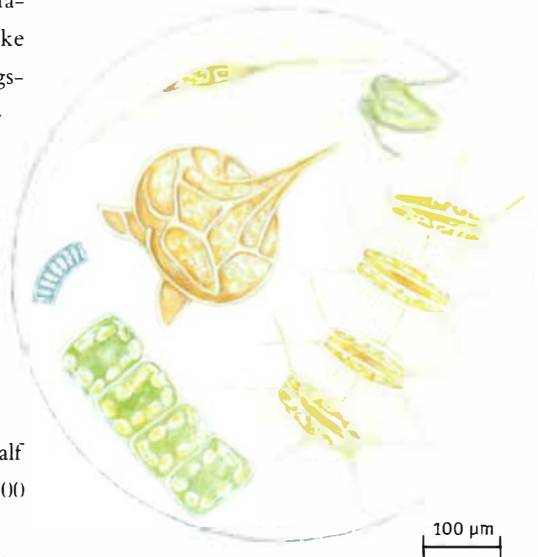
Sinds meer dan dertig jaar lozen de intensieve landbouw en veeteelt, de industrieën, de woongebieden en de transportmiddelen in de lucht en in de rivieren allerlei substanties op basis van stikstof en/of fosfor: nitraten en fosfaten... maar ook menselijke en dierlijke uitwerpselen, voedingsafval, ontkalkingsproducten uit wasmiddelen, stikstofoxiden (uitlaatgassen, schouwen van woningen en fabrieken, enz.).

Deze afvalstoffen komen in zee terecht via de rivieren en de atmosferische neerslag of worden rechtstreeks vanop de kust in zee geloosd. Om een idee te krijgen van de omvang van die lozingen: in 1990 ontving de Noordzee meer dan anderhalf miljoen ton stikstof en ongeveer 55.000 ton fosfor...

Stikstof en fosfor spelen een belangrijke rol bij de voeding van zeealgen (en van planten in het algemeen). Maar door de

menselijke activiteiten wordt de Noordzee overbemest. Die verrijking van het zeemilieu wordt aangeduid door de term 'eutrofiëring' (van het Griekse 'trophé' 'voeding'). De hoeveelheid stikstof en fosfor die de kustzones bereikt (via de rivieren of door rechtstreekse lozingen in de kuststreken) is veel hoger dan wat de hele Noordzee treft via atmosferische neerslag (zie tabel blz. 111). Daarom is eutrofiëring voornamelijk een kustprobleem.

Wie profiteert er nu van dat teveel aan voedsel? Vooral de microalgen uit het plankton (fytoplankton) - eencellige organismen die soms kleine kolonies vormen en die zich aan het wateroppervlak ontwikkelen, als een speelbal van de golven. Waarom? Omdat dit de voornaamste vertegenwoordigers zijn van het plantenrijk in het mariene milieu en niet de grote algen die vastgeworteld staan in de zeebodem, al lijkt het vaak anders.



DEZE MINUSCULE ALGEN MAKEN DEEL UIT VAN HET MARIENE PLANKTON.

EEN SUBTIEL VOEDINGSEVENWICHT VERSTOORD

Om zich te kunnen ontwikkelen heeft de planktongemeenschap behoefte aan stikstof en fosfor en sommige onder hen (de diatomeeën) hebben bovendien ook silicium nodig.

Om de groei van de planktongemeenschap te bevorderen, moeten deze drie voedende elementen in het water aanwezig zijn in bepaalde hoeveelheden. De vervuiling ontregelt dit delicate evenwicht. Enerzijds levert zij praktisch geen silicium, terwijl de inbreng van stikstof te groot is in verhouding tot die van fosfor. De samenstelling van het fytoplankton wordt dus grondig in de war gebracht. Bepaalde algen kunnen zich nu immers ontwikkelen ten koste van andere. De diatomeeën bijvoorbeeld, behoren tot het kamp van de 'verliezers'.

Normaal kenmerkt de ontwikkeling van het fytoplankton zich door een 'boom' in de lente, stabiliseert het zich in de zomer en stopt in de herfst. Maar omdat het water zo voedselrijk is geworden, verhoogt de intensiteit, de duur en de frequentie van de woekering van die algen. Men zou kunnen denken dat de overvloed aan plantaardig plankton, dat de eerste etage in de voedselketen vormt, zou leiden tot een snelle uitbreiding van het dierlijke plankton (of zoöplankton: microscopische schaaldiertjes, enz.), van de schelp- en schaaldieren, van de vissen... en dus alleen maar voordelig zou zijn voor de visvangst. Maar in werkelijkheid gaat de toename van deze microalgen gepaard met een aantal nadelige effecten voor het mariene ecosysteem en voor de mens. De oorzaak van een heleboel van deze problemen is de ontwikkeling van algen die giftig of oneetbaar zijn voor het zoöplankton.

Minuscuul maar niettemin geducht!

Het door de vervuiling verstoorde voedingsevenwicht, bevordert vaak een wildgroei van giftige microalgen. De giftige bestanddelen (of toxines) die zij produceren, worden doorgegeven aan organismen uit de voedselpiranide. Hoe meer giftige prooien geconsumeerd worden, hoe meer gif opgehoopt wordt. Sommige organismen bezwijken er weliswaar niet aan, maar veroorzaken wel ernstige problemen bij hun predatoren.

Close-up : *Dinophysis*, waarvan het gif diarree en braken veroorzaakt, evenals hoofdpijn en koorts bij mensen; *Alexandrium*, waarvan het gif verantwoordelijk is voor spierverlamming die de dood kunnen veroorzaken bij vissen, zeevogels en de mens.

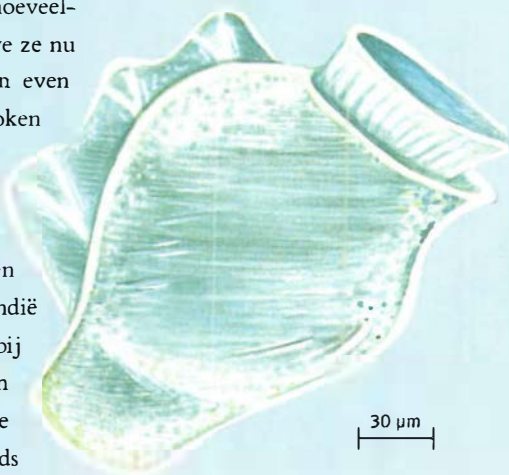
De besmette vissen, inktvissen, kreeften en krabben vormen slechts een gering risico voor onze gezondheid omdat het gif zich ophoopt in hun ingewanden die wij meestal niet opeten. Het grootste risico van voedselvergiftiging lopen wij bij de tweekleppigen (mosselen, oesters, Sint-Jakobsschelpen, venusschelpen,...) die, aangezien ze weinig gevoelig zijn voor het gif van de algen, dit in grote hoeveelheden in hun vlees opslaan. Of we ze nu rauw of gekookt eten, ze blijven even gevaarlijk omdat het gif door koken niet geneutraliseerd wordt. Er hebben zich reeds grote problemen voorgedaan. In Frankrijk bijvoorbeeld hebben mosselen afkomstig uit Bretagne en Normandië darmstoornissen veroorzaakt bij enkele duizenden personen. In Noorwegen is de industriële kweek van mosselen door de steeds terugkerende aanwezigheid van *Dinophysis* sterk achteruitgegaan.

Onverteerbaar, neen. Maar wel oneetbaar...

In de Zuidelijke Bocht van de Noordzee bevordert de verstoring van de voedende eigenschappen van de kustwateren bepaalde bruinwieren, met de naam *Phaeocystis*. Het zijn bolvormige kolonies met een diameter van 1 à 2 mm (en dus met het blote oog zichtbaar), omgeven door een geleachtig slijm. Jammer genoeg bevoordeelt hun snelle vermenigvuldiging de microscopische schaaldieren en andere herbivore organismen uit het zoöplankton niet want ze zijn te groot voor de mondopening van die minuscule diertjes. *Phaeocystis* kan zich dus onbeperkt vermenigvuldigen totdat ze werkelijk allesoverheersend zijn...

En het is na hun dood dat deze algen voor ons storend worden. Hun ontbinding maakt de gelei die hen omgaf vrij. Deze stof, opgeklopt door de golven, vormt dan een luchtig en onwelriekend schuim dat, voortgejaagd door de wind, op de stranden geworpen wordt.

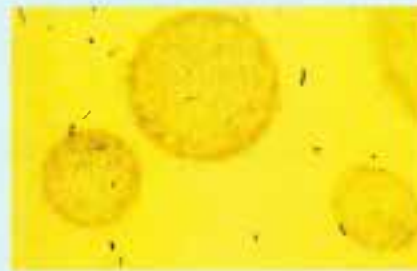
Tot nu toe is dit de enige manifestatie van eutrofiëring die wij aan de Belgische kust hebben moeten ondergaan...



DEZE TOXISCHE MICRO-ALGEN VERGIFTIGEN DE MARIENE VOEDSELKETEN.



DEZE GELEIACHTIGE ALGEN, VAN DE SOORT *PHAEOCYSTIS* ONTWIKKELEN ZICH OP WANORDELIJKE WIJZE DOOR DE VOEDSELAANRIJNING EN KOMEN UITEINDELIJK OP HET STRAND TERECHT ALS ENORME AFZETTINGEN WEERZINWEKKEND SCHUIM.



De zeebodem hapt vertwijfeld naar lucht...

Een groot deel van het plantaardige plankton dat niet door het zoöplankton wordt opgegeten. In het bijzonder *Phaeocystis*, wordt uiteindelijk afgezet op de zeebodem... waar de bacteriën die voor de ontbinding zorgen hun buikje rond eten. Maar het werk van deze 'goede' microben die de dode materialen opruimen, verbruikt zuurstof. Door hun overvloedige maaltijden ontstaat er een enorm zuurstofverbruik onder water! Op de kustbodems vermindert de hoeveelheid zuurstof erg snel, soms zelfs tot er een nijpend gebrek aan is. Dat betekent de dood voor de week- en schaaldieren en alle andere organismen die op of in de sedimentlaag leven, evenals voor de vissen die in de diepe wateren zwemmen...

De vermenging van het water door de mariene stromingen zorgt er meestal voor dat er een nieuwe voorraad zuurstof naar de kustbodem wordt gebracht, vanaf de oppervlakte, door contact met de atmosfeer. Bepaalde zones in de Noordzee worden evenwel gekenmerkt doordat er tijdelijk of permanent onvoldoende watervermenging optreedt door een te zwakke stroming: daar doen zich zuurstoftekorten (of anoxie) voor...



ZONES VAN DE NOORDZEE DIE ONDERHEVIG ZIJN AAN ZUURSTOFGEBREK.

De schatkist van de noordzee... leeggeroofd

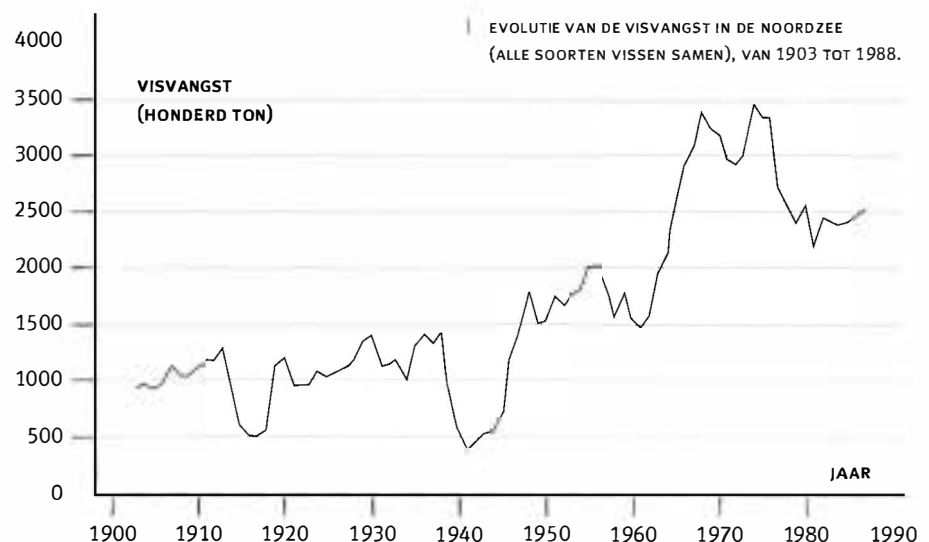
De Noordzee is één van de meest productieve visgronden ter wereld. Ze staat in voor 5% van de totale wereldaanvoer terwijl ze toch maar 0,2% van de totale wateroppervlakte van onze planeet beslaat. Door verbeterde vangstechnieken en de vergroting van de visserij-inspanning (aantal, grootte en capaciteit van de schepen...) is de jaarlijkse visvangst gestegen van 1 miljoen ton in het begin van deze eeuw tot meer dan 3 miljoen ton in de tweede helft van de jaren '60 - dat is ongeveer een derde van het totaalgewicht (of biomassa) van de vissen die in de Noordzee aanwezig zijn!

Vanaf het midden van de jaren '70 daalde de hoeveelheid vis die aan land gebracht werd geleidelijk. De laatste jaren bedraagt de aanvoer ongeveer 2,5 miljoen ton (de helft van deze vangsten wordt gerealiseerd door zogenaamd 'industriële' visvloten, die kleine vissen vangen - voornamelijk zandspiering, Noordse kever en sprat - om er vismeel of -olie van te maken.)

Deze terugval is te wijten aan het feit dat de meeste commerciële visbestanden zo'n kritiek exploitatieniveau bereikt hebben dat hun capaciteiten tot hernieuwing bedreigd worden. Haring en kabeljauw zijn er het ergst aan toe: hun populaties lijken in elkaar te zakken. (Van 1977 tot 1982 moest de haringvisserij reeds worden stopgezet om de uitgeputte visbestanden de kans te geven zich te herstellen). De populaties van de schelvis, koolvis, wijting, schol, makreel, tong en Europese heek hebben ook een alarmrend peil bereikt.

KLEIN VISJE... WORDT GROOT?

Er is overbevissing wanneer er veel meer vis wordt gevangen dan het regenererende vermogen van het visbestand kan dragen. Wanneer te veel vissen worden gevangen die op het punt staan zich voort te planten (de verwekkers). Maar ook wanneer de visvangst niet selectief gebeurt: netten met te kleine mazen vangen tegelijkertijd een overmatig grote hoeveelheid onvolgroeide vissen die nog niet geslachtsrijp zijn (de juvenielen).



De visvangst beïnvloedt ook op nefaste wijze de niet-commerciële vissoorten omdat ze per ongeluk gevangen worden door de niet-selectieve netten. Zo stelt men vast dat roggen en haaien zeldzamer worden in de Noordzee en dat de pieterman aan de Nederlandse kusten plaatselijk volledig verdwenen is. Ook vogels en zeezoogdieren (bruinvissen, zeehonden, dolfinen) behoren tot de toevallige slachtoffers: deze dieren raken verstrikt in de netten en verdrinken. De incidentele vangst van bruinvissen bijvoorbeeld, wordt verontrustend omdat deze soort in de Noordzee sterk achteruitgaat.

HET AANDEEL VAN DE BELGISCHE VERANTWOORDELIJKEN

Het grootste deel van de Noordzeevisvangst is in handen van drie landen: Denemarken (50% van de vangst), Noorwegen (20%) en Groot-Brittannië (15%). De Belgische vissers brengen daarentegen slechts 1% van alle Noordzeevisvangsten binnen. Maar zelfs al draagt onze vissersvloot geen zware verantwoordelijkheid voor de overexploitatie van de voedselbronnen in de Noordzee, veroorzaakt zij toch ook degradatie van het mariene milieu. Inderdaad, meer dan 80% van onze vissersschepen gebruikt boomkornetten. Welnu, deze techniek is verantwoordelijk voor de dood van een groot aantal week- en schaaldieren, zeesterren, wormen en andere bodemorganismen en voor een volledige omwoeling van de bovenste laag van het sediment. Het leefmilieu van de 'overlevenden' wordt dus sterk gedegradeerd.

WERELDVISSERIJ:

DUURZAAM BEHEER IS EEN AUST!

De opbrengsten uit de zee vormen een hernieuwbare bron waaruit de mens eeuwig kan putten indien hij het mariene ecosysteem op een verstandige manier beheert en exploiteert. Nochtans wordt de toestand van de gecommercialiseerde visbestanden niet alleen beïnvloed door de vervuiling en de algemene degradatie van het mariene milieu, maar ook door de intensieve visvangst. Op planetaire schaal zijn de visvangsten tussen 1950 en 1989 meer dan verviervoudigd. Dit kan verklaard worden door een verhoging van de visserij-inspanningen, maar ook door de exploitatie van nieuwe zeeën en vissoorten die tot dan toe veronachtzaamd werden. Tegenwoordig hebben de vissen niet veel kans meer om nog aan de netten te ontsnappen: hun scholen worden via radar, vliegtuig of zelfs satelliet opgespoord; er wordt vaak gebruik gemaakt van drijfnetten die verschillende kilometers lang zijn, ofwel van immense sleepnetten met kleine mazen, enz.. Sinds het begin van de jaren '90 is de stijgende tendens in de visvangst vervangen door stagnatie en zelfs terugval. Volgens de Wereldlandbouw- en Voedselraad van de Verenigde Naties (FAO - Food and Agricultural Organisation) worden de meeste zeevisbestanden, over heel de wereld, tot het uiterste geëxploiteerd. Ze zullen onherstelbaar uitgeput raken indien de vangstmogelijkheden niet verminderd worden. Maar een verbeterd visbeheer zal niet volstaan om de behoeften te dekken van een nog steeds toenemende wereldbevolking. Het zal ook nodig zijn zich te richten op soorten die momenteel commercieel niet in trek zijn of die uitsluitend voor veevoeder gevangen worden, en de kweek van vissen te stimuleren. De aquacultuur is zich nu al sterk aan het ontwikkelen. Binnen enkele jaren zal de productiviteit ervan die van de visvangst overtreffen...

I Eendracht maakt macht

Tegen de vervuiling

De Noordzee is ziek door vervuiling! Deze vaststelling is des te pijnlijker omdat sinds de jaren '70 reeds internationale pogingen ondernomen werden om deze situatie terug recht te trekken. Om slechts drie voorbeelden te noemen:

- De Conventie van Oslo die van kracht werd in 1974, behandelde de preventie van vervuiling veroorzaakt door het in zee dumpen van industrieel afval, bagger- en rioolslib, en het op zee verbranden van afval;
- De Conventie van Parijs, toegepast sinds 1978 stelde zich tot doel de aanvoer van pollutanten via rivieren, rioleringen, atmosferische neerslag en onderzeese gas- en petroleumexploitaties te verminderen. Deze twee eerste conventies werden 'afgestoft' en vervangen door de Conventie OSPAR, die op 25 maart 1998 van kracht werd.
- De MARPOL Conventie (1973-1978) is een internationaal verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen.

Wat nu volgt is, in vier bedrijven, de geschiedenis van een bewustwordingsproces afgewisseld met concrete maatregelen. Eerste bedrijf: in 1984, ter gelegenheid van een internationale conferentie erkennen de ministers van acht Noordzeekuststaten en het lid van de Commissie van de Europese Gemeenschappen verantwoordelijk voor milieubescherming dat de bereikte resultaten maar pover zijn, en dat het nodig is meer energieke maatregelen te nemen. Ze besluiten om de drie à vijf jaar bijeen te komen om de balans op te maken.

Tweede bedrijf: in 1987 creëren ze een speciale internationale groep met als taak een beter wetenschappelijk inzicht te krijgen in de invloed van de mens op het mariene ecosysteem - zowel wat pollutie, maar ook wat overbevissing en vernietiging van mariene en kusthabitats betreft. De 'North Sea Task Force' zal met haar werk beginnen eind 1988... Algemeen doel: een volledige gezondheidsbalans opstellen van de Noordzee om strategische beschermingsmaatregelen te kunnen bepalen en de doeltreffendheid van de reeds genomen maatregelen te evalueren. Een van de facetten van de missie: de aan-

voer van pollutanten berekenen; de wijze van verspreiding en de invloed ervan op de mariene organismen. Het jaar 1987 is een mijlpaal. De Noordzeekuststaten aanvaarden dan het 'voorzorgsprincipe'. Met andere woorden, ze erkennen de noodzaak om de lozing van pollutanten die ervan verdacht worden schadelijk te zijn voor het mariene ecosysteem, zelfs zonder dat dit formeel bewezen is, te verminderen, of zelfs te verbieden. De voornaamste reden was dat veel vervuulende stoffen geleidelijk in de mariene voedselketen accumuleren zonder dat schade vastgesteld wordt.

EEN DRIJVEND LABO

Sinds 1984 beschikt ons land over een oceanografisch schip dat ons toelaat een bijdrage te leveren aan het internationale programma van studie en bewaking van de Noordzee. De Belgica - zo werd het schip gedoopt - is eigendom van het Ministerie van Wetenschapsbeleid en wordt beheerd door een departement van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen: de BMM (Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium). Honderdtachtig dagen per jaar werken zo'n twintigtal wetenschappers uit verschillende disciplines samen om stalen van het water, de lucht, de sedimentlagen en de mariene organismen (algen, vissen, dieren van de zeebodem, enz.) te analyseren. De Belgica beschikt over verschillende wetenschappelijke laboratoria en een visuitrusting.

Op het studieprogramma staan o.m.: de evolutie van de hoeveelheid chemische pollutanten in het zeemilieu, hun toxische effecten op de levende organismen, het volgen van de verspreiding van olieplekken, de eutrofiëring van de kustwateren, de evaluatie van de visbestanden, de verbetering van de vangstechnieken, enz.

Pas wanneer bepaalde concentraties bereikt worden, kunnen de gevolgen van de eventuele toxiciteit ervan beoordeeld worden, maar dan is het al te laat. Bovendien blijven stoffen die moeilijk biologisch afbreekbaar zijn nog heel wat jaren nawerken, zelfs nadat de lozing ervan werd verminderd of volledig stopgezet.

DE BELGICA, EEN ONDERZOEKSBOOT



Derde bedrijf: in 1990 legt de Noordzeeministersconferentie zich een zware taak op. Men wil verkrijgen dat in 1995 de aanvoer van stikstof en fosfor via de rivieren en de lozingen in zee van 36 toxische polluenten die zich, door hun persistentie, kunnen ophopen in levende organismen, tot minstens de helft is teruggebracht in vergelijking met 1985. Deze beslissing betreft vooral de zware metalen en de gesynthetiseerde organische verbindingen zoals gechlorideerde solventen en pesticiden.

CONCRETE MAATREGELEN

Wat de industriële sector betreft: de industrieën kregen strenge emissienormen opgelegd voor de emissies naar de lucht en naar het water. Hierdoor werden zij gestimuleerd tot het doen van belangrijke investeringen, vooral op het gebied van een verbeterde afvalstoffenbehandeling en afvalwaterzuivering, maar ook wat het op punt stellen betreft van minder milieubelastende fabricageprocessen en het onderzoek naar vervangende producten die minder schadelijk zijn voor het milieu.

De PCB's zijn hiervan een goed voorbeeld: de Europese wetgeving verbood de industriële productie ervan en besloot om, vanaf 2010, de besmette uitrustingen en producten (voornamelijk elektrische apparaten en huishoudapparaten, en ook lampen) te vernietigen.

Wat de landbouwsector betreft: richtlijnen van de Gemeenschap zijn gericht op de bestrijding van het misbruik van pesticiden en de vervuiling van waterlopen door meststoffen en uitwerpselen van vee. De controle op illegale lozingen door veehouders werd nog opgevoerd.

Wat het dagdagelijkse leven betreft: een richtlijn van de Gemeenschap voorziet in een ver-

Vierde bedrijf: in 1995: De vierde Noordzeeministersconferentie maakt de balans op van de verkregen resultaten:

- wat de vermindering van de aanvoer van toxische stoffen betreft, valt de balans tamelijk positief uit. België bijvoorbeeld slaagde erin om voor 28 van de 36 polluenten het gestelde streefdoel te bereiken;
- bijna alle Noordzeekuststaten waren erin geslaagd de aanvoer van fosfor via de rivieren te verminderen. Jammer genoeg kon geen enkel land verkrijgen

hoging van het aantal waterzuiveringsstations en de geleidelijke uitrusting ervan met een systeem waardoor stikstof en fosfor kunnen geëlimineerd worden (de zogenaamd 'tertiaire' zuivering). De hoeveelheid lood in brandstof werd verlaagd, evenals de hoeveelheid fosfaaten die aanwezig zijn als ontkalkingsmiddel in wasmiddelen.

Wat de rechtstreekse vervuiling van het mariene milieu betreft: de verbranding en het dumpen van industrieel afval in de Noordzee is verboden, respectievelijk sinds 1991 en 1992. Er werden strenge normen opgesteld voor de gas- en petroleumindustrie inzake de lozing van koolwaterstoffen en verschillende andere chemische stoffen waarvan zij gebruik maakt. Schepen krijgen te maken met strengere normen betreffende het laden en lossen van chemische producten en beperkingen aangaande het gebruik van vuilwerende verven op basis van TBT. Bovendien zal de luchtsurveillance op de illegale lozing van koolwaterstoffen nog uitgebreid en verbeterd worden. Tegelijkertijd worden nieuwe havenontvangstinstallaties gebouwd waar schepen onder andere hun afvalolie kunnen afgeven.

IEDER VAN ONS MOET ZICH ENGAGEREN

Elke burger kan bijdragen tot een vermindering van de zeevervuiling. We moeten ons dagelijks gedrag en vooral allerlei soorten verspillingen grondig herzien. Een uitputtende opsomming geven is hier onmogelijk. Maar enkele voorbeelden zullen ongetwijfeld volstaan:

- de motor van onze wagen laten draaien terwijl we gedurende langere tijd stilstaan, brengt nodeloos koolwaterstoffen, zware metalen en stikstofoxiden in de atmosfeer... waarvan een deel uiteindelijk in zee terecht komt.
- het overvloedig gebruik van pesticiden en meststoffen in de tuin, vervuult de grondwaterafvoer die een of meerdere waterlopen voedt die uiteindelijk weer in zee uitkomen...
- ons land beschikt niet over een voldoende aantal waterzuiveringsstations. Wanneer we een halfvolle wasmachine of vaatwasser laten werken komen er onnodige detergents in de rivieren terecht... rivieren die in zee uitmonden.

dat ook de stikstofaanvoer via de waterlopen daalde. Dit toont duidelijk aan dat resultaten verkregen door de landbouw onvoldoende zijn. Bovendien worden deze resultaten gedwarsboemd door een verhoogde atmosferische neerslag van stikstof. De ammoniakemissies door de intensieve veeteelt en de uitstoot van stikstofoxides door het wegverkeer zijn tussen 1985 en 1995 immers verhoogd.

- Ondanks de genomen maatregelen lijkt de mariene vervuiling door koolwaterstoffen niet gedaald te zijn. Ook het aantal stookolieslachtoffers dat op de kusten gevonden werd, verminderde niet.

Tot op zekere hoogte zijn deze resultaten bemoedigend, maar de inspanningen moeten verdergezet worden en in bepaalde gevallen nog opgevoerd. De nieuwe uitdaging voor het jaar 2000: de aanvoer van verschillende pollutanten terugbrengen naar een peil dat onschadelijk is voor het zeeleven en de menselijke gezondheid. Zelfs al slaagt men hierin dan nog zullen de moeilijk biologisch afbreekbare pollutanten die zich gedurende jaren in het water, de sedimenten en de levende organismen opgehoopt hebben, jammer genoeg verder ons leven en het mariene ecosysteem blijven vergiftigen...

Tegen de overbevissing

Een duurzame exploitatie garanderen van onze mariene bronnen... Dat is, sinds 1983, het doel van de Gemeenschappelijke Visserijpolitiek (GVP). Om dit te bereiken, moeten een reeks maatregelen opgesteld worden om enerzijds de omvang van de vangsten te beperken en anderzijds om de vangsttechnieken te reglementeren.

Minder vissen ...

Het 'TAC-systeem' is het belangrijkste instrument in de strijd tegen de overbevissing. Elk jaar bepaalt de Ministerraad een 'Total Allowable Catch' (TAC) voor elke gecommmercialiseerde vissoort. De TAC, die in ton wordt uitgedrukt, is een grens die niet overschreden mag worden indien men de voortplantingsmogelijkheden van de vissen voor het daaropvolgende jaar niet in gevaar wil brengen. Ze worden voornamelijk bepaald op wetenschappelijk advies van de Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee (ICEN - International Council for the Exploration of the Sea).

De TAC's worden tussen de lidstaten van de Europese Gemeenschap verdeeld via quota die bepaald worden in functie van de specifieke behoeften van de regio's die het meest afhankelijk zijn van de visvangst. Eenmaal dit quotum bereikt, wordt de vangst van die soort voor dat land gesloten tot het volgende jaar.

Dit systeem heeft echter ook een 'Achilleshiel': er wordt alleen controle uitgeoefend op de vissen die aan land gebracht worden. Voordat ze aanleggen, werpen de vissers een deel van hun vangst overboord, in het bijzonder jonge vissen die niet groot genoeg zijn en soorten waarvoor het quotum reeds bereikt is, maar die samen met de anderen gevangen werden. En jammer genoeg zijn de vissen die overboord geworpen worden meestal reeds gestikt door het gewicht van hun soortgenoten, of ze overleven niet lang door de kwetsuren die ze door de netten opgelopen hebben. Deze bijvangst kunnen tot 50% van de totale vangst uitmaken...

Sinds 1987 werden nog andere maatregelen genomen die tot doel hebben het voortbestaan van de visbestanden te verzekeren: het verminderen van het aantal, de tonnage en het motorvermogen van de Europese vissersschepen.

Beter vissen!

Wanneer men de langetermijnproductiviteit van de visserij wil garanderen, moeten ook een reeds voorschriften opgesteld worden met betrekking tot de visvangsttechnieken. In het bijzonder: het opleggen van een minimale mazengrootte van de netten, het verbod om te vissen op de paai- en opgroei- gronden van de jonge vissen, en beperkingen betreffende lengte van de drijfnetten. Minder vissen, maar beter vissen...

Het valt af te wachten of al deze maatregelen zullen volstaan om de afnemende visbestanden toe te laten zich te herstellen. Sommige deskundigen menen dat het nu reeds absoluut noodzakelijk is om de vangstquota te verlagen en strengere controles uit te voeren. De vissers zien al deze maatregelen, die zij broodroof noemen, met lede ogen aan. In België vooral blijkt het verzoeken van het behoud van de natuurlijke bronnen met de overleving van een belangrijke sector op het socio-economische lokale en culturele vlak een delicate operatie te zijn. Het is de taak van de overheid om de vissers ervan te overtuigen dat op lange termijn hun belangen op het spel staan...



Milieuproblematiek van het Schelde-estuarium

Het Schelde-estuarium is het 160 km lang gedeelte van de Schelde tussen Gent en Vlissingen. Zoals bij alle natuurlijke estuaria ontmoeten zee en rivier elkaar hier onbelemmerd in een erg afwisselend landschap. Het is een biologisch heel productief gebied waar jaarlijks meer dan 150.000 trekvogels van duizenden kilometers ver komen overwinteren. Per tij

zwellen tientallen miljoenen vissen het estuarium binnen om er voedsel te zoeken. Voor verschillende zeevissoorten is het een belangrijke kraamkamer. Het Schelde-estuarium is een heel dynamisch systeem. Het bestaat uit zandplaten, slikken en stroomgeulen die voortdurend veranderen door het spel van water en land. Het is een unieke brok natuur-

schoon met een vertakt en omvangrijk zout-, brak- en zoetwatergetijdengebied en waar over nagenoeg de gehele lengte nog schorren en slikken voorkomen. Het Verdrongen Land van Saeftinghe behoort tot de mooiste en grootste brakwaterschorren ter wereld! Maar er is meer....

HET SCHELDE-ESTUARIMUM IS EEN BROK NATUURSCHOON.



| **Waterkwaliteit: beter, maar nog niet goed**

Ondanks de aanwezigheid van uiterst waardevolle schorvegetaties langs de oevers moet de Schelde helaas gerangschikt worden bij de zwaar verontreinigde rivieren van Europa. Hoewel sinds de jaren '90 de kwaliteit van het Scheldewater duidelijk is verbeterd, is het water op sommige plaatsen nog bijna zuurstofloos en zorgen overmatige hoeveelheden fosfaat en nitraat voor een sterke eutrofiëring van het Scheldewater. Daarnaast worden ook veel te hoge concentraties aan zware metalen en organische microverontreinigingen aangetroffen in het water en is het rivierslib sterk verontreinigd.



| **SCHOREROSIE WORDT IN HET ALGEMEEN VOORKOMEN DOOR HET AANBRENGEN VAN STORTSTENEN, WAT LANDSCHAPPELIJK ZEKER NIET AANTREKKELIJK IS. WEL WORDT MOMENTEEL GEËXPERIMENTEERD MET MEER MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN.**

Een van de gevolgen hiervan is de dramatische afname van de visfauna. Vorige eeuw telde de Westerschelde nog zestien vissersdorpen en tot begin deze eeuw werd er nog volop vis gevangen. In de Middeleeuwen zou de riviervisserij zelfs belangrijker zijn geweest dan de kustvisserij! Vanaf de jaren '30 nam het visbestand sterk af. Tegenwoordig stelt de visserij niet veel meer voor, op enkele verwoede sportvissers en een eenzame paling- of tongvisser na. Hoewel we de laatste jaren meer en meer hoopvolle berichten horen (ter hoogte van de kerncentrale van Doel



werden begin jaren '90 meer dan 60 verschillende vissoorten aangetroffen), zijn we toch nog heel ver van een gezonde en zuivere Schelde. Desondanks zit de pleziervisserij op de Beneden-Zeeschelde, het gedeelte tussen de Belgisch-Nederlandse grens en de haven van Antwerpen, momenteel stevig in de lift. In de toekomst zal deze mogelijk aan banden moeten worden gelegd om het visbestand niet te bedreigen. (Voor meer details i.v.m. waterverontreiniging verwijzen we naar het hoofdstuk over de Noordzee. In grote lijnen is de problematiek gelijkaardig).

! Fysische verstoring

Minder bekend, maar daarom niet minder belangrijk, is de fysische verstoring van het Schelde-estuarium. Door de eeuwen heen is het menselijk gebruik van het Schelde-estuarium sterk toegenomen en werd de structuur en het karakter van het oorspronkelijke Scheldesysteem aan de menselijke behoeften aangepast. De ran-

den van het estuarium zijn volledig vastgelegd: voor de veiligheid werden dijken aangelegd en nadien verbreed en verhoogd; hoog opgeslibde gebieden langs de Schelde werden ingepolderd om als landbouw-, industrie- of recreatiegebied dienst te doen. In de laatste 100 jaar nam de oppervlakte van het estuarium af met zo'n 30%! De bevaarbaarheid werd bevorderd door de waterloop te verleggen en geulen uit te baggeren. Sluizen en stuwen werden dan weer gebouwd om de waterhuishouding te reguleren... De snelle economische ontwikkelingen hebben de laatste decennia het ecologisch uiterst waardevolle Schelde-estuarium nog verder aangetast. Het spreekt voor zich dat niet alleen het Schelde-estuarium, maar ook bijna alle andere Europese estuaria, lijden onder de steeds toenemende menselijke druk.

! OM DE BEVAARBAARHEID TE BEVORDEREN, IS DE WATERLOOP MEERMAALS VERLEGD EN ZIJN GEULEN UITGEBAGGERD.



Habitatverlies en baggerwerken

Bepaalde leefgebieden zijn in het Schelde-estuarium volledig verdwenen. Op andere plaatsen treedt sterke habitatdegradatie op, onder andere door het aanbrengen van een oeververdediging in stortsteen (ter bescherming van de schorren!) of bij het aanleggen van dijken. Ook de uitvoering van het Delta- en Sigmaphan heeft geleid tot de verdwijning van waardevolle biotopen langs het volledige estuarium.

De omvangrijke baggerwerken, die de laatste tientallen jaren sterk zijn toegenomen, zijn misschien wel de belangrijkste fysische ingreep in het gebied. De haven moet toegankelijk blijven voor steeds grotere schepen en dus dienen die geulen te worden uitgebaggerd. Jaarlijks wordt om die reden 10 miljoen m³ specie uit de Schelde gebaggerd. In de toekomst zal dit nog verder oplopen tot 15 miljoen m³. Aan dit baggerwerk hangt momenteel een prijskaartje van om en bij het anderhalf miljard Belgische frank!

Naast de onderhoudsbaggerwerken wordt ook werk gemaakt van de sanering van de Scheldebodem. Om die sanering uit te voeren, moet het opgebaggerde slib aan land worden geborgen. Het zoeken en vinden van geschikte stortplaatsen is een erg delicate aangelegenheid. Op dit ogenblik wordt het verontreinigde slib in 'overdieptes' in de Waaslandhaven geborgen (daar ligt al meer dan 2 miljoen ton opgeslagen), maar die raken stilaan vol. Men is van plan het op de polders te storten, het daar te laten opdrogen en dan af te voeren naar een definitieve opslagplaats zoals verlaten kleiputten.

In tegenstelling tot het slib is het opgebaggerde zand minder vervuild en kan dus in de Schelde worden teruggestort.



**HET BELANG VAN DE SCHELDE IS GENOEGZAAM
BEKEND.**

Dit leidt echter tot een versnelde onnatuurlijke afzetting van zand op de schorren en slikken in de omgeving van de stortplaatsen, wat zeker niet gunstig is voor de lokale fauna en flora.

Integrale aanpak

In het verleden werden economische belangen steeds boven ecologische belangen gesteld, met alle nefaste gevolgen van dien voor het unieke Schelde-estuarium. Uiteindelijk heeft deze te eenzijdige kijk op de dingen zich ook tegen de economische ontwikkeling gekeerd! De ecologische aantasting van het Scheldebekken vormt een bedreiging voor de economische ontwikkeling van het gebied. Zo dreigen de kosten van het reinigen van de Scheldebodem heel hoog op te lopen. Het besef dat het economisch en ecologisch goed functioneren van een watersysteem onverbrekkelijk met elkaar verbonden zijn, heeft geleid tot een nieuwe vorm van

beheer van een watersysteem: het integraal waterbeheer. Hierbij vormt duurzaamheid een topprioriteit en zijn economische en ecologische ontwikkeling nauw met elkaar verweven. Zowel het terugdringen van de watervervuiling, het herstel van de leefomgevingen en een ecologisch verantwoord vaarwegbeheer (o.a. een betere baggerstrategie) staan bovenaan de agenda. Alleen zo kan vooruitgang worden geboekt bij het herstel van een immens watersysteem zoals het Schelde-estuarium. Het moet immers mogelijk zijn het Schelde-estuarium al vaarweg, visserijgebied en recreatiezone op een verantwoorde wijze te gebruiken, zonder dat dit een bedreiging vormt voor de volksveiligheid (overstromingen of dijkdoorbraken) of voor het natuurschoon langs de oevers en in het valleigebied.



7

Een betere toekomst dankzij duurzame ontwikkeling

De wereldbevolking groeit, de welvaart in de rijke landen stijgt en de arme landen proberen de kloof met de rijke landen te dichten. Er worden steeds meer grondstoffen verbruikt, de uitstoot van afval en emissies neemt toe. Blijft er dan nog een leefbare planeet over voor de komende generaties? Als we blijven voortgaan op de ingeslagen weg zeker niet! We moeten een nieuw pad kiezen, het pad van de 'duurzame ontwikkeling'.





| WE GEBRUIKEN HET MILIEU ALS BRON

| WE GEBRUIKEN HET MILIEU ALS PUT

| Grenzen aan de groei

De mensen gebruiken het milieu als 'bron' en als 'put':

- als bron: we 'oogsten' steenkool, olie, gas, ertsen, hout, voedsel, water...
- als put: we lozen vervuilende stoffen in de lucht en het water en dumpen afval op het land.

Het milieugebruik (of de milieudruk) kan niet eindeloos toenemen. De aarde heeft slechts een beperkte omvang. De bronnen (de voorraad brandstoffen, ertsen en drinkbaar water, de opbrengsten van hout en voedsel...) zijn beperkt. Ook de putten zijn beperkt: het ecosysteem aarde kan slechts beperkte hoeveelheden emissies verwerken. We moeten dus met het milieugebruik binnen bepaalde grenzen blijven.

De milieudruk neemt toe omdat de wereldbevolking groeit en omdat de welvaart groeit (elke mens ontplooit steeds meer activiteiten om zijn behoeften te bevredigen).

Milieudruk = welvaart x bevolking



Groei van de wereldbevolking
 Momenteel groeit de wereldbevolking vooral in de ontwikkelingslanden. Volgens de laatste prognoses van de Verenigde Naties zal de bevolking zich volgende eeuw stabiliseren (wellicht in de buurt van tien miljard mensen).

GROEI VAN DE WERELDBEVOLKING

1850	1 miljard
1910	1,7 miljard
1950	2,5 miljard
1990	5,3 miljard
2015	7,6 miljard
2050	10,1 miljard

| WE ZITTEN AAN DE GRENZEN VAN DE PLANEET...



Groei van de welvaart

De welvaart kan men meten aan de hoeveelheid goederen en diensten die een persoon of een land jaarlijks produceren en verbruiken. In de internationale gegevensbanken wordt deze hoeveelheid goederen en diensten uitgedrukt in geldwaarde: het Bruto Nationaal Product (BNP).

Ook het gemiddeld verbruik van de wereldburger groeit snel.

PRODUCTIE (VERBRUIK) PER PERSOON (WERELDGEMIDDELDE) – PROGNOSE

1950	1.671 USdollar/jaar
1990	3.971 USdollar/jaar
2015	5.971 USdollar/jaar
2050	9.473 USdollar/jaar

BRON | UNEP

Let wel, in bovenstaande tabel staat het gemiddelde per persoon voor de hele wereld. In de 38 rijkste landen (waaronder België) verbruikt men vandaag per capita jaarlijks voor meer dan 6.000 US-dollar aan goederen en diensten. Overigens produceert en verbruikt de doorsnee Belg jaarlijks voor bijna 25.000 US-dollar aan goederen en diensten. Maar er zijn ook 53 landen waar men gemiddeld minder dan 650 US-dollar omzet. In 82 landen schommelt het jaarlijkse inkomen tussen 650 en 6.000 US-dollar.

Overigens is het Bruto Nationaal Product (BNP) geen perfecte indicator voor welvaart. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat in een land met een relatief hoog BNP per hoofd van de bevolking, nog heel wat tekortkomingen bestaan op het gebied van gezondheidszorg, onderwijs e.d. En ondanks een hoog gemiddelde kunnen binnen een land toch nog scherpe contrasten bestaan, waarbij veel inwoners het moeten stellen met een laag inkomen. Tachtig procent van de totale wereldproductie (goederen en diensten) wordt verdeeld onder de twintig procent rijkste mensen. De twintig procent armste mensen van de wereld beschikken over slechts enkele procenten van de wereldproductie. De kloof tussen arm en rijk is dus enorm groot.

Milieudruk

Achter deze welvaartscijfers schuilt een milieudruk. Produceren en consumeren gaat altijd gepaard met het gebruik van 'bronnen' en 'putten'. Een goede indicator voor het toenemende gebruik van het milieu (en dus ook de toenemende druk op het milieu) is het energiegebruik. Bij

praktisch alles wat we doen, gebruiken we namelijk energie. We zullen het energiegebruik eens onder de loep nemen, maar we willen er toch op wijzen dat achter dit energiegebruik een praktisch evenredige hoeveelheid materiaalgebruik schuilt. Om met de auto te rijden, gebruik je niet alleen energie (brandstof). Er is ook een auto geproduceerd en er zijn wegen en bruggen aangelegd. Het energiegebruik zelf leidt tot uitstoot van verzurende emissies, broeikasgassen en uitputting van brandstoffen. Het materiaalgebruik veroorzaakt eveneens uitputting van grondstoffen en emissies in het milieu. We

trialiseerde landen, waaronder België, is 213 gigajoule per capita (1990). We zouden dezelfde opmerkelijke verschillen tussen arm en rijk kunnen aantonen op basis van cijfers betreffende het gebruik van verschillende grondstoffen, zoals koper en hout. Men kan dezelfde enorme verschillen demonstreren met cijfers betreffende de hoeveelheid afval of giftige emissies die gekoppeld zijn aan rijkdom.

In landen waar het energieverbruik minder dan 40 gigajoule per persoon bedraagt, ziet men in het algemeen een ontoereikende gezondheidszorg (hoge

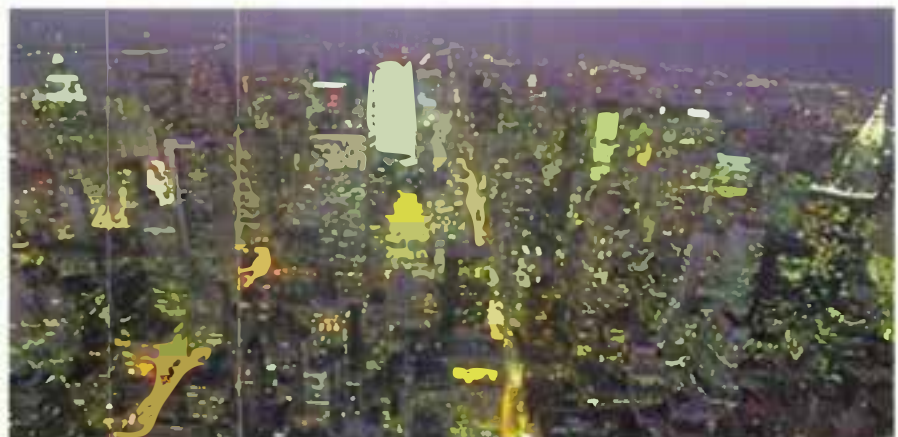
ENERGIEVERBRUIK IN DE WERELD (UNEP SCENARIO ALS DE ONTWIKKELINGEN VERLOPEN VOLGENS HET GANGBARE PATROON)

	TOTAAL	PER PERSOON (WERELDGEMIDDELDE)
1950	76.459 petajoule	30 gigajoule
1990	320.563 petajoule	61 gigajoule
2015	571.309 petajoule	76 gigajoule
2050	836.592 petajoule	83 gigajoule

1 GIGAJOULE = 1 MILJARD JOULE; 1 PETAJOULE = 1 MILJOEN GIGAJOULE; 1 KILOWATTUUR = 3.600.000 JOULE = 3,6 MEGAJOULE; 1 CALORIE = 4,18 JOULE; 1 TON OLIE = 11.630 KILOWATTUUR

stellen vast dat het gemiddelde energieverbruik van de wereldburgers stijgt. Ook hier zijn er enorme verschillen tussen rijk en arm. De Noord-Amerikaan gebruikte in 1990 niet minder dan 320 gigajoule per jaar; de Afrikaan gemiddeld 12 gigajoule per jaar. Het gemiddelde voor de geïndus-

kindersterfte, korte levensverwachting) en een gebrek aan onderwijs (veel analfabeten). Stijgt het energiegebruik boven 80 gigajoule per persoon dan daalt de kindersterfte en het analfabetisme tot op een niveau dat dat van de geïndustrialiseerde landen evenaart. De levens-



IN DE ONTWIKKELDE LANDEN GAAT DE LEVENSTIJL GEPAARD MET EEN ZEER HOOG ENERGIEGEBRUIK.

verwachting klimt tot boven de 60 jaar. Met 80 gigajoule per capita kan men dus de basisbehoeften en redelijke levensverwachtingen creëren. De Belg verbruikt evenwel bijna drie keer meer, terwijl de gemiddelde Afrikaan het met 12 gigajoule moet stellen.

Natuurlijk wordt men niet gezonder omdat men energie gebruikt. Men wordt gezonder omwille van beter onderwijs, betere gezondheidszorg en daaraan is een hoger energie- (en materiaal) gebruik gekoppeld.

Water

Alle levensvormen zijn afhankelijk van water. Hoewel ongeveer 9.000 kubieke kilometer zoetwater per jaar beschikbaar is voor de wereldbevolking, is dit niet gelijk verdeeld. Landen waar de inheemse watervoorziening gemiddeld minder dan 1.000 kubieke meter per persoon per jaar bedraagt, worden door hydrologen als gebieden met waterschaarste beschouwt. Op basis van deze parameter kan men sinds 1955 zeven landen met waterschaarste opsommen. Sinds 1990 zijn daar dertien landen bijgekomen. En men verwacht dat er in 2025 nog eens veertien landen mogen bijgeteld worden.

Met de toename van de wereldbevolking neemt ook het aantal mensen dat bedreigd wordt door waterschaarste sterk toe. In 1940 werd het jaarlijkse waterverbruik voor heel de wereld geschat op 1.000 kubieke kilometer. In 2000 zal dit ruim 5.000 kubieke kilometer zijn. Daarvan wordt 65 procent verbruikt in de landbouw. Waterschaarste betekent dan ook in veel gevallen een directe bedreiging voor de voedselvoorziening. Het probleem wordt verergerd door veront-



WERELDWIJD GROEIT DE CONSUMPTIE... ALSOOK DE AFVALBERG

WERELDWIJDE GROEI VAN ENKELE MENSELIJKE ACTIVITEITEN EN PRODUCTEN

	1970	1990
Wereldbevolking	3,6 miljard	5,2 miljard
Aantal auto's	250 miljoen	560 miljoen
Aantal verreden kilometers per jaar (alleen rijke OESO-landen)		
– van personenwagens	2 585 miljard	4 489 miljard
– van vrachtwagens	666 miljard	1 536 miljard
Olieverbruik per jaar	17 miljard vaten	24 miljard vaten
Aardgasverbruik per jaar	880 miljard m ³	1 980 miljard m ³
Kolenverbruik per jaar	2,3 miljard ton	5,2 miljard ton
Frisdrankenconsumptie per jaar	18 miljard liter	44 miljard liter
Bierconsumptie per jaar	15 miljard liter	23 miljard liter
Jaarlijks aluminiumverbruik (frisdrank- en bierblikjes)	72 700 ton	1 251 900 ton
Hoeveelheid huisvuil (alleen OESO-landen)	302 miljoen ton	420 miljoen ton

BRON | MEADOWS D.H., MEADOWS D.L. EN RANDERS J. (1992); DE GRENZEN VOORBIJ; SPECTRUM/AULA; UTRECHT

reiniging. Elk jaar wordt er gemiddeld 450 kubieke kilometer afvalwater geloosd in het oppervlaktewater: tweederde van al

het beschikbare regenwater in de wereld wordt gebruikt om dit te verdunnen en af te voeren.

BESCHIKBAARHEID WATER (KUBIEKE METER PER HOOFD)

	1950	2000
Afrika	20 600	5 100
Azië	9 600	3 300
Europa	5 900	4 100
Noord-Amerika	37 200	17 500
Latijns-Amerika	105 000	28 300

BRON | FAO

I Our common future

In 1987 verscheen het rapport *Our Common Future* van de World Commission on Environment and Development (ook bekend als de Brundtlandcommissie). Dit rapport, opgesteld in opdracht van de Verenigde Naties, werd samengesteld door deskundigen, zowel uit de rijke als de arme landen, zowel uit economische kringen als uit de milieubeweging. Zij formuleerden een gemeenschappelijk standpunt over de weg die de wereld moest bewandelen indien de mensheid niet verder wou wegzinken in het moeras van de milieuproblemen en tegelijkertijd een einde wou stellen aan de armoede in de Derde Wereld. Deze weg noemden zij: Duurzame Ontwikkeling.

E-9

DUURZAME ONTWIKKELING VOLGENS DE WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987)

Duurzame ontwikkeling is een vorm van ontwikkeling waarbij wordt tegemoet gekomen aan de behoeften van het heden zonder het vermogen van de komende generaties om aan hun behoeften te voldoen in het gedrang te brengen.

Duurzame ontwikkeling is een veranderingsproces waarin

- het gebruik van hulpbronnen;
- de bestemming van de investeringen;
- de gerichtheid van technologische ontwikkelingen;
- institutionele veranderingen onderling op elkaar worden afgestemd zodat ze zowel het huidige als het toekomstige potentieel vergroten om tegemoet te komen aan de menselijke behoeften en verwachtingen.

Armoedebestrijding is prioriteit

Er stond in het rapport natuurlijk veel meer dan de verklaringen die we hierboven citeren. Zo werd met nadruk gesteld dat men prioriteit moet geven aan de essentiële behoeften van de armen. Ze hebben aldus de Brundtlandcommissie niet alleen recht op de vervulling van hun basisbehoeften (voedsel, kledij, onderdak en werk), maar ook op een verbetering van de kwaliteit van hun leven. Voor heel wat ontwikkelingslanden betekent dit dat zij recht hebben op een toename van de materiële welvaart en dat veronderstelt economische groei, zo meende de Brundtlandcommissie. Daar kan men direct een aantal vraagtekens bij plaatsen. Als de ontwikkelingslanden dezelfde welvaart realiseren als de rijke landen, als ze hetzelfde economische pad bewandelen als het Westen de afgelopen honderd jaar heeft gedaan, eindigen we dan niet finaal met een ecologische ramp?

DUURZAME ONTWIKKELING BETEKENT OOK : EEN RECHTVAARDIGER VERDELING VAN DE WELVAART



Als men alles op zijn beloop laat, zal de wereldproductie stijgen van 21.000 miljard US-dollar in 1990 tot 96.000 miljard US-dollar in 2050; stijgt de mondiale energieconsumptie van 320.600 petajoules in 1990 naar 836.600 petajoules in 2050 (zelfs al gebruikt men zuiniger machines). De landbouwproductie moet minstens verdubbelen en men zal 50 % meer water verbruiken.

En dit zijn prognoses waarbij men veronderstelt dat er nog steeds een grote kloof blijft tussen rijk en arm: waar de gemiddelde Amerikaan in 2050 ongeveer 370 gigajoule energie per jaar verbruikt, tegenover een Afrikaans gemiddelde van 27 gigajoule per jaar.

De onderzoekers die deze ontwikkelingen berekenden, voorspellen dat men in dat geval op vele fronten milieuproblemen zal kennen (klimaatveranderingen, verzuring,...). Hoewel er op wereldni-

veau voldoende water en voedsel beschikbaar zijn, zullen er lokaal of regionaal toch tekorten optreden. De armsten zullen proberen zich staande te houden niet de opbrengsten van marginale landbouwgronden, waardoor de wildernis onder zware druk komt te staan met verlies aan planten en diersoorten tot gevolg. Afval en toxische emissies blijven zich in steeds grotere hoeveelheden opstapelen in het milieu. Hoe kan men rekening houdend met dergelijke vooruitzichten stellen dat de armsten ook een welvaartsniveau moeten bereiken dat hen evenveel levenskansen biedt als de rijke westerling? Neemt het energie en waterverbruik dan niet nog veel meer toe? Krijgen we dan niet nog meer afval en giftige stoffen in lucht en water?

Volgens de Brundtlandcommissie moet er een veranderingsproces op gang worden getrokken, een proces waaraan iedereen zijn bijdrage moet leveren: de wetenschappers en ingenieurs moeten al hun kennis gebruiken voor het ontwikkelen van milieuvriendelijker technologie; de bedrijven moeten investeren in milieuvriendelijker productiemethoden, de beleidsvoerders moeten alle mogelijke instrumenten inzetten (wetten en normen, subsidies en belastingen) om de weg naar milieuvriendelijker consumptie te vergemakkelijken. Kortom, de hele maatschappij moet participeren in de realisering van het project 'duurzame ontwikkeling'.

1 Rio 1992

In 1992 werden in Rio de Janeiro (Brazilië) op de United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) de algemene ideeën van de Brundtlandcommissie verder uitgewerkt. Op deze conferentie, waaraan de regeringen van 178 landen deelnamen, werden verschillende afspraken gemaakt. Zo was er de Verklaring van Rio over milieu en ontwikkeling, waarin 27 principes werden geformuleerd. Deze hadden onder meer tot doel een nieuwe en gelijkwaardige wereldwijde samenwerking tot stand te brengen tussen staten, maatschappelijke organisaties en volkeren.

Voorzorgsprincipe

In deze lijst werden de belangrijkste standpunten van de Brundtlandcommissie herbevestigd. Bovendien is er het voorzorgsprincipe in opgenomen (principe 15). Concreet wil dit zeggen dat we bijvoorbeeld niet moeten wachten tot onomstotelijk bewezen is dat het broeikas-effect versterkt wordt door de CO₂-emissies en dat daardoor klimaatveranderingen optreden. Aangezien ernstige en onomkeerbare schade aan het milieu kan worden aangericht, moet men ondanks de wetenschappelijke onzekerheden toch maatregelen treffen.

Internaliseren van kosten

Daarnaast noteren we nog een ander belangrijk principe: de vervuiler betaalt (principe 16). Concreet komt dit neer op het internaliseren van de milieukosten. Een voorbeeld. Vandaag zijn biologisch geteelde groenten in de winkel duurder dan groenten van de klassieke landbouw. De biologische boer gebruikt geen pesti-

ENKELE PRINCIPES UIT DE VERKLARING VAN RIO

Principe 1: In de zorg voor duurzame ontwikkeling staan mensen centraal. Zij hebben recht op een gezond en productief leven in harmonie met de natuur.

Principe 4: Om te komen tot duurzame ontwikkeling zal milieubescherming een integraal bestanddeel van het ontwikkelingsproces zijn en niet afzonderlijk beschouwd kunnen worden.

Principe 5: Alle staten zullen samenwerken bij de essentiële taak van het uitroeien van de armoede...

Principe 6: Staten zullen in een geest van wereldwijde deelgenootschap samenwerken aan het behouden, het beschermen en het herstellen van de gezondheid en de zuiverheid van het ecosysteem van de aarde...

Principe 8: Om duurzame ontwikkeling te bereiken en een hogere kwaliteit van het leven voor alle mensen, zouden staten niet-duurzame productiewijzen en consumptiepatronen moeten reduceren en elimineren...

Principe 10: Vraagstukken op milieugebied kunnen het best aangepakt worden met deelneming op het relevante niveau van alle betrokken burgers...

Principe 15: Om het milieu te beschermen zullen staten op zo groot mogelijke schaal voorzorgsmaatregelen moeten nemen. Daar waar ernstige of onomkeerbare schade dreigt, zal het ontbreken van onomstotelijke wetenschappelijke zekerheid niet gebruikt worden als argument voor het uitstellen van rendabele maatregelen om milieuschade te voorkomen.

Principe 16: ...De vervuiler behoort de kosten van de vervuiling te dragen...

cidien en kunstmest. In de gangbare landbouw gebeurt dat wel en dat brengt schade toe aan het milieu. Zo moet men steeds meer investeren in de zuivering van drinkwater om het gehalte aan stikstof en pesticiden op een aanvaardbaar niveau te

houden. Maar deze investeringen worden niet betaald door de boer en ook niet door de consument die gewone groenten koopt. Deze investeringen worden bekostigd door alle belastingbetalers, ook diegenen die biologische groenten eten en dus eigenlijk niet verantwoordelijk zijn voor de vervuiling. Feitelijk zou men de kosten voor het opruimen van de milieuschade bij de prijs van de gewone groenten moeten optellen. Een Nederlandse studie heeft overigens aangetoond dat biologische groenten op dat moment enkele procenten goedkoper zouden worden dan gewone groenten.

Participatie en integratie

Even belangrijk is het pleidooi voor de betrokkenheid (participatie) van alle burgers (principe 10). Feitelijk vertrekt men hier van de vaststelling dat men in het kader van duurzame ontwikkeling moet kunnen rekenen op de medewerking van iedereen. Maar dat is slechts mogelijk als het individu kan deelnemen aan het besluitvormingsproces en van de overheid toegang krijgt tot alle informatie die van belang is voor zijn leefomgeving.

Voorts zien we in principe 4 dat een standpunt ingenomen wordt betreffende geïntegreerd milieubeleid. Dit wil concreet zeggen dat de milieuproblemen niet alleen een zorg zijn van de milieuminister. Het kan niet langer dat de ministers van financiën, economie, verkeer, werkgelegenheid en onderwijs beslissingen nemen zonder daarbij rekening te houden met het milieu, in de hoop dat de milieuminister achteraf wel iets zal kunnen bedenken om de nadelige effecten van hun beleid ongedaan te maken. Neen, alle beleidsverantwoordelijken (duo ook de gemeentebesturen) moeten bij

elke beleidskeuze die ze maken milieucriteria laten doorwegen, met andere woorden: het milieubeleid moet geïntegreerd worden in andere beleidsterreinen.

Agenda 21

Tot zover de principes. Maar wat betekent dit voor de praktijk?

Het belangrijkste document dat in Rio op tafel kwam was de Agenda 21, een handboek met meer dan 100 programma's op het gebied van duurzame ontwikkeling die regeringen, VN-instellingen, bedrijven en maatschappelijke organisaties moeten uitvoeren.

In dit actieprogramma worden onder meer voorstellen gedaan voor de controle over en de vermindering van chemisch afval, de behandeling en verwijdering van radioactief afval, de bescherming van bossen, de ontwikkeling van duurzame landbouw en het tegengaan van bodemdegradatie. De agenda bevat ook voorstellen om de overdracht van schone technologie tussen landen te regelen. Verder wordt melding gemaakt van programma's op het gebied van oceanen, water en kustbeheer, armoedebestrijding, gezondheidszorg en over prijs en handelspolitiek gekoppeld aan milieudoelstellingen. Agenda 21 geeft aan hoe en door wie de programma's moeten uitgevoerd worden.

Vanzelfsprekend is ook in Agenda 21 de armoede een prioritaire bekommernis. Armoede, ondervoeding en gezondheidsproblemen kwellen wereldwijd meer dan een miljard mensen. In aansluiting op de internationale Agenda 21 formuleerden veel landen hun nationale Agenda 21 en dit voorbeeld werd weer overgenomen door gemeenten die hun lokale Agenda 21 op papier zetten.

Efficiënte technologie

Agenda 21 erkent dat niet-duurzame productie en consumptiepatronen, voornamelijk in de geïndustrialiseerde landen, een belangrijke oorzaak zijn van de achteruitgang van het wereldmilieu. Moeten de rijke wereldburgers dan afstand nemen van hun comfort? Moeten we onze televisie, koelkast, auto terug inleveren? Niet noodzakelijk.

Er zijn drie factoren die de milieudruk bepalen. Vanzelfsprekend speelt het aantal mensen een rol. Tweede bepalende factor voor de milieudruk is het gemiddelde welvaartsniveau van de wereldburgers. Maar er is een derde factor: de technologie waarmee men de welvaart creëert.

Een eenvoudig voorbeeld: Als een gloeilamp brandt, wordt er nog geen tien procent van de elektrische energie omgezet in nuttige energie: licht. De rest wordt verspild in de vorm van warmteenergie. Het rendement is dus hooguit tien procent. Om dezelfde hoeveelheid nuttige energie (licht) te produceren verbruikt een spaarlamp vijf keer minder energie. Niet alleen inzake verlichting, maar ook voor koeling, verwarming, mobiliteit en alle andere diensten wordt steeds efficiëntere technologie ontwikkeld.

Het Belgische Studiecentrum voor Technologie, Energie en Milieu (STEM) stelt vast dat een doorsnee huisgezin zowat de helft minder elektriciteit zou verbruiken indien men energiezuinige elektrische apparaten zou aanschaffen. En dan heeft men het niet over prototypes

DE RECYCLAGE VAN AFVAL KAN FORS VERHOOGD WORDEN.



die men alleen in de laboratoria van de ingenieurs kan vinden. Neen, men vergeleek het gemiddelde verbruik van de apparaten die vandaag in de gezinnen staan opgesteld met het verbruik van de zuinigste apparaten die vandaag op de markt worden aangeboden. Deze apparaten zijn misschien iets duurder, maar deze meerkost zal snel terugverdiend zijn vermits men een veel lagere elektriciteitsrekening in de bus krijgt. Dit is maar één voorbeeld om te demonstreren dat de druk op het milieu kan dalen, zonder meerkost en zonder verlies aan comfort.

De juiste prijs

Niet alleen in woningen, maar ook in winkels en kantoren en in de industrie kan met bestaande economische renda-

totale uitgaven die men maakt. De aandacht voor deze kosten is dan ook navenant. De consument rijdt onbekommerd met de wagen, laat onnodig het licht en de kachel branden, reist duizenden kilometers ver om een paar weken vakantie te nemen...

Men kan daar verandering in brengen met een energieheffing. De consumenten zouden dan meer belastingen betalen op hun energieverbruik. De overheid kan dan minder belastingen heffen op het inkomen. Voor de Belg zou het een financiële nuloperatie zijn.



ZONNE-ENERGIE IS NIET DE ENIGE OPLOSSING. ER MOET VOORAL MINDER ENERGIE VERSPILD WORDEN

BELANGRIJKSTE HUISHOUDELIJKE TOESTELLEN: VERBRUIK EN BESPARINGSMOGELIJKHEDEN

TOESTEL	GEMIDDELD VERBRUIK VAN TOESTEL IN GEZINNEN (KILOWATTUUR/JAAR)	VERBRUIK VAN EFFICIËNTE TOESTELLEN OP DE MARKT (KILOWATTUUR/JAAR)	BESPARING
Koelkast	352-360	140	60,7
Diepvriezer	511-635	205	64,3
Wasmachine	265-300	180	36,2
Verlichting	650-700	220	67,5
Pomp centrale verwarming	379-400	100	74,4
Totaal	2 276	845	62,9

BRON | STEM

bele technologie enorm bespaard worden op het energieverbruik. Waarom doet men het dan niet? Grotendeels uit onwetendheid en, zo stellen deskundigen, omdat energie eigenlijk te goedkoop is. Zowel in een doorsnee gezin als in een doorsnee fabriek vormt de elektriciteitsrekening slechts een kleine fractie van de

Warmtekrachtkoppeling

In elektriciteitscentrales gaat bij de omzetting van brandstofenergie in elektriciteit zowat de helft van de energie verloren in de vorm van warmte. Vandaag laat men in ons land die warmte grotendeels verloren gaan via koeltorens. Maar men kan ze ook gebruiken om wonin-

gen, ziekenhuizen, kantoren en zwembaden mee te verwarmen. In Nederland en Denemarken bijvoorbeeld gebeurt dat op zeer grote schaal. Met dit systeem – warmtekrachtkoppeling – wordt 15 tot 30 % bespaard op brandstoffen (en dus ook op emissies van broeikasgassen en verzurende stoffen).

Zon en wind

Naast warmtekraftkoppeling zijn er vanzelfsprekend ook nog de alternatieve energiebronnen. Kernenergie stuit evenwel op veel maatschappelijke weerstand. We kunnen energie aftappen van het zonlicht (warmte met zonneboilers en elektriciteit met fotovoltaïsche cellen). Ook wind- en waterturbines kunnen grote hoeveelheden elektriciteit opleveren. De doorbraak van zonne- en windenergie heeft echter ook veel te maken met de prijs. Zolang olie, steenkool en gas goedkoop blijven, zal men de elektriciteitsproducenten er moeilijk van kunnen overtuigen om nog meer windmolens te plaatsen (hoewel deze machines op windrijke plaatsen nu reeds economisch rendabel zijn).



Voedselvoorziening

De totale primaire voedselproductie bedraagt ongeveer 19 megajoule per persoon en per dag (19 miljoen joule; 1 calorie = 4,187 joule). Hiervan wordt 9 megajoule rechtstreeks verbruikt door mensen en 10 megajoule aan dieren gevoerd. Deze dieren brengen 1,7 megajoule aan dierlijk voedsel op. Met

VOEDSELPRODUCTIE STIJGT DOOR TOENEMEND GEBRUIK VAN ENERGIE, MESTSTOFFEN EN PESTICIDES.

andere woorden: het voedselrendement van dieren bedraagt slechts 17 %. Van de bruto-opbrengst van 19 megajoule blijft dus $9 + 1,7 = 10,7$ megajoule over als eindverbruik per persoon en per dag (wereldgemiddelde). Vandaag brengt de wereld genoeg voedsel voort om iedereen behoorlijk te voeden. Maar honger is een

economisch en institutioneel probleem. De armen hebben vaak geen toegang tot vruchtbaar land. Deze onteigening wordt in hoge mate veroorzaakt door verdrukkende koopkracht van de industriestaten waardoor ongeveer een kwart van de landbouwgronden (vaak de beste gronden) in de Derde Wereld op export gericht is.

ENERGIEVERBRUIK (MEGAJOULE PER HECTARE) EN OPBRENGST BIJ RIJSTPRODUCTIE IN DE JAREN '70

LANDBOUWSYSTEEM	MODERN	OVERGANG	TRADITIONEEL
Energieinput (MJ/ha)	64 885	6 386	173
Rijstopbrengst (kg/ha)	5 800	2 700	1 250
Energie/rijst (MJ/kg)	11,19	2,37	0,14

BRON | VERBRUGGEN A. (1990); HET GELUK VOORBIJ; STICHTING LEEFMILIEU VZW ANTWERPEN; UITGEVERIJ MARC VAN DE WIELE, BRUGGE

I Hetzelfde met minder

We kunnen op alle terreinen demonstreren dat men feitelijk hetzelfde kan realiseren met minder energie of grondstoffengebruik. Er zijn enorme mogelijkheden op het vlak van recyclage. Men zou de meeste producten kunnen herontwerpen zodat de milieudruk van deze producten tot de helft of een kwart wordt gereduceerd. Steeds zullen we tot de conclusie komen dat duurzame ontwikkeling niet zozeer een technisch probleem is.

Het is vooral een economisch en politiek probleem. Vervuilen is te goedkoop. Vandaag betaalt de vervuiler niet. Het is ook een politiek probleem omdat een land afzonderlijk weinig kan doen. België kan niet op zijn eentje forse milieunormen opleggen aan de bedrijven, want dan zouden onze bedrijven nog moeilijk kunnen concurreren met hun buitenlandse collega's.



I HET ECONOMISCH ASPECT VAN DE HERVORMINGEN IS ONOMKEERBAAR

I De actoren van het leefmilieu

Om een 'duurzame ontwikkeling' te kunnen realiseren, is samenwerking op alle niveaus van de maatschappij noodzakelijk. 'Agenda 21', het voornaamste actieprogramma voor duurzame ontwikkeling, benadrukt dan ook het belang van een deelname van alle maatschappelijke groepen aan dit project.

Elke groep kan haar eigen redenen hebben om duurzame ontwikkeling te willen bevorderen. Het bedrijfsleven zal vooral de klemtoon leggen op het ontwikkelen van methoden voor een doeltreffender gebruik van hulpbronnen; jongeren zullen vooral toekomstgerichte maatregelen willen; andere groepen zullen het belang van gelijkheid en participatie onderstrepen. Maar hoe dan ook, de ideeën en waarden die aan de basis liggen van duurzame ontwikkeling – zelfs indien het begrip zelf misschien niet zo bekend is – zijn momenteel wijd verbreid in de maatschappij.

Het bewijs hiervan: de laatste jaren is bij verschillende instanties het besef ontstaan dat participatie van zeer verscheidene 'actoren' aan het milieubeleid alleen maar positief kan zijn. Deze 'actoren' spelen meestal alleen maar een raadgevende rol en hebben geen beslissingsbevoegdheid. Op federaal niveau betreft het hier de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling (FRDO). Ook in de Gewesten bestaan er raadgevende comités voor het milieu die duurzame ontwikkeling als taak hebben.

De adviesraden bieden de verschillende groepen niet alleen de mogelijkheid hun verschillende gezichtspunten uiteen te zetten. Van misschien nog groter belang is het feit dat de discussies in deze raden geregeld op een consensus uitdraaien.

Op het gebied van de duurzame ontwikkeling gaat het er niet zozeer om de eisen van die of die zoveel mogelijk in te willigen, maar eerder om beslissingen te nemen waardoor de relatie tussen de ecologische, economische en sociale doelstellingen zoveel mogelijk geoptimaliseerd wordt.

In wat hierna volgt, zullen we ons vooral op het leefmilieu concentreren. Echter, het ontwikkelen van een beleid van duurzame ontwikkeling doet een beroep op alle sectoren van de maatschappij en men mag dus niet vermijden – integendeel zelfs – om de sociale en economische aspecten van de ontwikkeling samen met de eigenlijke milieuaspecten te behandelen. Vanzelfsprekend moet het begrip 'duurzame ontwikkeling' ook rekening houden met mondiale veranderingen. De hiernavolgende analyse zal evenwel vooral aandacht schenken aan de situatie in de ontwikkelde landen, en in het bijzonder in België.

Hoe en door wie wordt er op het gebied van het leefmilieu gewerkt in onze directe omgeving?

Naast de instellingen ad hoc, bestaan er in de praktijk een groot aantal attitudes en handelingen die door elk van de door ons beschouwde 'actoren' al dan niet toegepast kunnen worden om tot duurzame ontwikkeling te komen. Wanneer we het hebben over de 'actoren' van het leefmilieu kunnen we trachten voor elk van hen

mogelijke handelswijzen te onderscheiden. Daarom zegt men vaak dat om vooruitgang te boeken bij de realisatie van duurzame ontwikkeling men 'globaal moet denken en lokaal handelen' en sommigen voegen daar nog aan toe 'en persoonlijk veranderen'.

We zullen nu voor elk van de grote groepen actoren - de overheid, de burgers, de ondernemingen en de wetenschappers nagaan op welke manier ze tot duurzame ontwikkeling kunnen komen.

De overheid

Plannen voor een duurzame ontwikkeling

Plannen voor duurzame ontwikkeling zijn programma's waardoor de overheid de werking van de sociale en economische krachten omkadert en oriënteert.

Op internationaal niveau speelt het programma 'Agenda 21' die rol. Maar er worden ook plannen ontwikkeld op andere actieniveaus. In België zal een federaal plan voor duurzame ontwikkeling gerealiseerd worden voor het begin van het jaar 2000. Er worden in dit opzicht ook coördinerende acties voorzien tussen de Ministeries en de Gewesten.

Bovendien stelt men vast dat steeds meer gemeenten een 'lokale Agenda 21' trachten op te zetten waarbij ze de doelstellingen en middelen verbonden aan duurzame ontwikkeling op gemeentelijke schaal overbrengen. In 1997 telde men wereldwijd ongeveer 1800 van dergelijke plannen. Deze verschillende plannen oriënteren, soms met zeer grote precisie, het beleid. Ze zijn meestal niet dwingend van aard, wat wel het geval is voor de wetten en verordeningen.

Wetten en verordeningen

We hebben een hele weg afgelegd sinds het begin van de jaren '70 toen de milieuwetgeving op zijn minst summier kon worden genoemd. De eerste algemene afvalstoffenwetten bijvoorbeeld ontstonden in ons land pas in de jaren '80. Deze wetgeving is erg technisch van aard en kadert in het beleid van de Europese Unie. Door beslissingen op dergelijke schaal te nemen, kan men de kennis van de verschillende lidstaten groeperen en de milieubescherming en concurrentie binnen deze landen op een zelfde peil brengen. Sinds de jaren '70 werden meer dan 200 'richtlijnen' aangaande het leefmilieu door de Europese Unie aangenomen. Elke richtlijn is een tekst waarin een wetgevend kader vastgelegd wordt dat verplicht door alle lidstaten van de Unie moet worden toegepast. De nationale overheden moeten ervoor zorgen dat de van kracht zijnde wetten nageleefd worden. Weliswaar waren gedurende vele jaren de sancties bij overtreding onbeduidend en de vervolgingen eerder zwakjes. Geleidelijk werd men zich echter bewust

van het belang van deze wetgeving en daardoor namen de maatregelen ter controle en respectering van deze verordeningen toe.

We kunnen ook verwijzen naar de verschillende milieuadministraties die in ons land opgericht werden en die een grote deskundigheid in deze materie opgebouwd hebben. In het Vlaamse Gewest: de Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest (OVAM), de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en de Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL).

In het Brusselse Gewest treffen we aan het Brusselse Instituut voor Milieubeheer (BIM). En in het Waalse Gewest zijn de bevoegdheden gecentraliseerd in de 'Division Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE)', hoewel de SPAQUE (Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement) de problemen met afvalstoffen behandelt. Bovendien bestaat er ook een federaal ministerie dat bevoegd is voor het leefmilieu.

Economische instrumenten

Sinds een tiental jaar willen de overheden, naast de milieuwetgeving, ook wat men 'economische instrumenten' noemt, instellen. Men wil hiermee de vervuilende activiteiten terugbrengen door de kosten te beïnvloeden en niet zozeer door met sancties te dreigen zoals bij strafrechtelijke handhavinginstrumenten.

In feite kan de overheid verschillende beleidsinstrumenten (fiscaliteit, subsidies...) gebruiken om de meest vervuilende activiteiten en producten duurder te maken en het gebruik ervan dus te ontmoedigen. Activiteiten die minder



DE OVERHEID MOET DE SOCIAAL-ECONOMISCHE ONTWIKKELINGEN OMKADEREN EN OMBUIGEN IN DE JUISTE RICHTING.



HET PRIJSVERSCHIL TUSSEN LOODHOUDENDE EN LOODVRIJE BENZINE IS EEN GOED VOORBEELD VAN EEN GESLAAGD 'ECONOMISCH INSTRUMENT'.

milieubelastend zijn, kan ze juist promoten door ze goedkoper te maken. Een uitstekend voorbeeld van de goede werking van zo'n beleidsinstrument is de loodhoudende benzine die door de overheid duurder gemaakt werd in verhouding tot de loodvrije benzine. Dit prijsverschil heeft ervoor gezorgd dat de loodemissies in de atmosfeer sterk daalden.

De laatste jaren werden verschillende economische instrumenten ten voordele van het leefmilieu in praktijk gebracht.

- Retributies en belastingen: bijvoorbeeld op afvalwater of afvalstoffen. In principe wordt de financiële belasting hoger naarmate meer vervuild wordt. Toxische afvalstoffen worden bijvoorbeeld zwaarder belast dan huishoudelijk afval.
- Het systeem van innameplicht en statiegeld. In bepaalde landen (Duitsland, Scandinavië, Michigan (V.S.),...) moet men een toeslag betalen op potentieel vervuilende producten. Indien men het gebruikte product terug binnenbrengt zodat het op de juiste manier verwerkt kan worden, betaalt men deze toeslag terug. Deze methode is erg efficiënt: gemiddeld wordt 80 % van de producten teruggebracht.
- Subsidies. Door voordelige financiële voorwaarden aan te bieden, kan men de

verbetering van technologieën stimuleren om zo de vervuiling te verminderen.

- Verhandelbare emissierechten. Dit systeem wordt in de VS toegepast. Bedrijven die de normen voor emissies in de lucht overschrijden, kunnen bij andere bedrijven die onder die normen blijven, een bepaald emissiequotum aankopen. De resultaten van die techniek zijn omstreden en men bestudeert momenteel de toepassing ervan bij het beperken van de uitstoot van broeikasgassen.

Blijkbaar reageert het publiek erg positief op het in werking stellen van dergelijke instrumenten. Volgens opiniepeilingen uit 1997 zou 3/4 van alle Europeanen positief staan tegenover een zwaardere belasting van producten die schadelijk zijn voor het milieu en bijna 90 % was er voorstander van dat producten die minder schadelijk zijn, ook minder belast worden.

Sensibilisatie en educatie

Ten slotte kunnen duurzame en grote veranderingen niet gerealiseerd worden zonder informatie en sensibilisatie. De overheden kunnen hiervoor op verschillende manieren zorgen. Rechtstreekse campagnes kunnen beslissingen op milieugebied begeleiden.

Maar de meeste acties zullen indirect gebeuren. Bijvoorbeeld door organisaties te steunen die zich bezighouden met verschillende sensibiliseringsactiviteiten naar de burger toe. Daarbij mogen we de financiering van het onderwijs en allerlei educatieve programma's niet vergeten.

HET MOBILITEITSBELEID VRAAGT ZEER VEEL COMPLEMENTAIRE ACTIES.

EEN VOORBEELD VAN MEERVOUDIGE ACTIES

DOOR DE OVERHEID: HET TRANSPORT

De toename van het wegverkeer is een indrukwekkend maatschappelijk feit in alle landen van de wereld. Het is verantwoordelijk voor een steeds grotere emissie van broeikasgassen. Zelfs indien men de uitlaatgassen gedeeltelijk zuivert, dan nog dragen personenwagens, vrachtwagens en bussen sterk bij tot de luchtvervuiling. De opstoppingen op onze wegen lijken een onvermijdelijk gevolg van de constante toename van het aantal auto's, met allerlei neveneffecten, zoals tijdverlies.

Deze problemen zijn erg moeilijk op te lossen. Enerzijds biedt de auto heel wat voordelen, zoals autonomie en comfort, anderzijds is er de macht der gewoonte. Om die functiestoornissen te verhelpen, is de overheid verplicht op verschillende niveaus en met verschillende soorten beleidsinstrumenten te werken:

- Verkeersplannen: zij zijn onder andere gericht op het verzoenen van openbaar vervoer en privé-auto's, de verbetering van wegen, investeringen in infrastructuur, enz...
- Wetteksten: over de verkeersregels en de beperking ervan, gegroepeerde transporten voor bedrijven, het aantal parkeerplaatsen in verhouding tot het aantal kantoren, enz...
- Economische instrumenten: bijvoorbeeld duurdere brandstof en goedkoper openbaar vervoer (of zelfs gratis, zoals in bepaalde steden).
- Sensibiliseringscampagnes: de problemen uitleggen vanuit het standpunt van de gebruikers en privé-personen stimuleren om dienovereenkomstige keuzes te maken.



De burgers

Burgers: verschillende acties zijn mogelijk

Vaak vragen burgers zich af hoe zij kunnen meehelpen bij de bescherming van het leefmilieu of om tot duurzame ontwikkeling te komen. Deze Europese opiniepeiling geeft een reeks actieprogramma's weer die reeds opgestart werden of waarvan de burgers sterk voorstander zijn.



PERCENTAGE ONDERVRAAGDE PERSONEN 0 20 40 60 80 100
 ACTIVITEITEN OM HET LEEFMILIEU TE VERBETEREN BINNEN HET BEREIK VAN DE EUROPESE BURGER IN 1992
 BRON : EUROPEAN COMMUNITIES COMMISSION : 'CARING FOR OUR FUTURE' - LUXEMBOURG 1997.

Burgers-consumenten

Een duurzamere consumptie

Eén van de acties die sinds enkele tijd de gunst van het grote publiek geniet, is het zoeken naar een meer 'milieubewuste' consumptie, onder meer door het gebruik van

BIJ EEN AANKOOP ZIJN VAAK VELE ALTERNATIEVEN BESCHIKBAAR.



'groene' producten. Sommige consumenten houden bij het doen van hun inkopen inderdaad rekening met het milieu. Dit kan op twee manieren invloed uitoefenen. Het gebruik van schonere producten beperkt de invloed van de consumptie op het leefmilieu. Daarnaast zullen deze aankopen ook gevolgen hebben op het marktaanbod.

Inderdaad, indien meer consumenten milieuvriendelijker producten eisen, zullen de fabrikanten en distributeurs er alle belang bij hebben hun aanbod in die zin aan te passen en dus dit soort producten meer te produceren en te verkopen. Dit heeft men kunnen vaststellen bij het gebruik van gerecycleerd papier en sommige onderhouds- en schoonmaakproducten. Een 'groenere' con-

sumptie is uiteraard van minstens twee voorwaarden afhankelijk: er moeten vervangingsproducten bestaan die milieuvriendelijker zijn en de informatie over die producten moet betrouwbaar en gemakkelijk toegankelijk zijn.

Producten die het milieu respecteren: welke informatie?

De meeste informatie die we op de etiketten aantreffen, is vooral publicitair van aard. Indien een jury voor eerlijke praktijken inzake reclame leugenachtige publiciteit verbiedt, is dit meestal omdat die verzonnen of onvolledig is.

Er bestaat echter een Europees ecolabel (onder meer voor verven en lakken, en voor wasmachines). Dit label wordt toegekend aan producten die de ecologische criteria respecteren die in de voorschriften bepaald worden. Daarnaast bestaat in veel landen ook een nationaal label.



MEN MAG LABELS (MILIEUKEUREN) NIET VERWARREN MET REKLAME. EEN LABEL IS EEN OFFICIEEL CERTIFICAAT, WAARMEE GESTELD WORDT DAT HET PRODUKT AAN WELBEPAALE CRITERIA VOLDOET.

- 1 / EUROPESE MILIEUKEUR
- 2 / BIOLOGISCHE LANDBOUW
- 3 / VERPAKKING MET STATIEGELD
- 4 / RECHTVAARDIGE HANDEL TEN VOORDELE VAN PRODUCTEN IN ONTWIKKELINGSLANDEN



Wat kunnen jongeren en kinderen doen?

Kinderen tonen zich over het algemeen erg bezorgd over de achteruitgang van het leefmilieu en zoeken manieren om op hun niveau hiertegen iets te kunnen doen.

In sommige scholen bestaan interne beheersprogramma's met het oog op een concrete vermindering van consumptie en afval, en een verbetering van het leefklimaat. Ze fungeren vaak als echte kleine ondernemingen waarin de leerlingen actief betrokken zijn. Er wordt geëxperimenteerd met milieueducatieve campagnes in samenwerking met wetenschappers en het WNF, zoals het bronnen- en waterlopenproject. Sommige programma's brengen de kinderen trouwens in contact met wetenschappers die gespecialiseerd zijn in leefmilieu.

De 'ecologische' boekentas

Concreter kan niet: enkele raadgevingen voor een 'ecologische' boekentas.

We kopen dingen die nuttig zijn, hersteld kunnen worden of die navulbaar zijn. We gebruiken gerecycleerd papier en als kladpapier gebruiken we bladeren die reeds aan één kant beschreven werden. Voor onze maaltijden en drankjes gebruiken we brooddozen en veldflessen zodat we wegwerpverpakkingen kunnen vermijden...

Milieu en het leven van alledag

Vandaag weet iedereen wel dat wanneer afval op een degelijke manier gesorteerd wordt bij de bron dit de recyclage ervan bevordert. Reeds bij de aankoop kunnen we de voorkeur geven aan duurzame, recycleerbare, zuinige producten. Bovendien kunnen we in het huishouden heel wat besparen op verlichting, verwarming, waterverbruik, enz... De overheid en



THUIS WORDT STEEDS MEER AFVAL SELECTIEF VERWIJDERD.

allerlei verenigingen verspreiden brochures waarin alle mogelijkheden die op dit gebied bestaan, worden uitgelegd. De milieutelefoon beantwoordt gratis alle vragen. Er bestaan zelfs vrijwilligersgroepen van gemotiveerde personen, de zogenaamde 'Ecoteams', die regelmatig samenkomen om hun ervaringen uit te wisselen over een zuinigere en 'schonere' consumptie. Ook financieel gezien worden ze er trouwens niet slechter van.

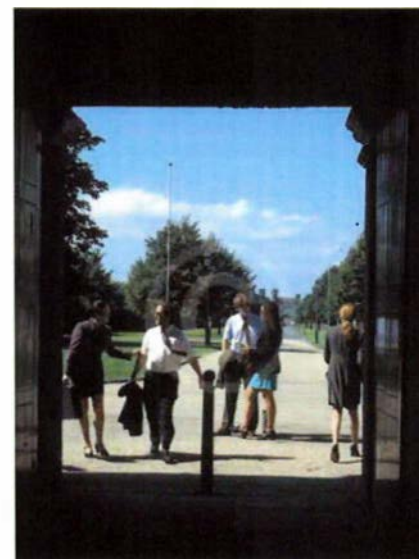
Zodra men gesensibiliseerd is voor de problemen van het leefmilieu gaat men de dagdagelijkse activiteiten met andere ogen bekijken. Wanneer men thuis wil schilderen bijvoorbeeld zal men trachten om synthetische verven te vermijden en de voorkeur geven aan natuurlijke verven. Door juist voldoende aan te kopen, vermijdt men de productie van klein gevaarlijk afval dat apart van het gewone huishoudelijke afval moet opgeruimd worden.

Of nog, men zal meer gebruik maken van de fiets. Het vroeger veelgebruikte 'stalen ros' was de laatste jaren sterk verdrongen door de auto, maar is geleidelijk weer in opmars in veel steden in Europa. Op trajecten van minstens 4 km is de fiets in de stad vaak het snelste vervoermiddel. Een fietser kan, afhankelijk van zijn conditie, met een gemiddelde snelheid van 10 à 20 km/uur rijden. En iedereen kent de energiebesparing per afgelegde kilometer van het openbaar vervoer en vooral de filewinst per passagier. Vergelijk de ruimte die 50 privé-auto's met hun bestuurder innemen maar eens met een tram die 50 passagiers vervoert.

Zijn mening geven bij openbare onderzoeken

De burgers kunnen ook hun mening te kennen geven tijdens de democratische procedures betreffende het leefmilieu. Dit geldt niet alleen voor lokale projecten, maar uiteraard ook wanneer een gewest een nieuw beheersplan lanceert, voor afvalstoffen of voor transport bijvoorbeeld.

IEDEREEN KAN DEELNEMEN AAN PUBLIEKE RAADPLEGINGEN.



Zelfs al trachten de initiatiefnemers een zo goed mogelijke communicatie tot stand te brengen, dan nog is het voor niet-specialisten niet altijd gemakkelijk goed te begrijpen wat het belang van dergelijke procedures nu juist is. Wel stelt men vast dat inwoners zich steeds meer voor dit soort adviesvragen interesseren. Verschillende raadplegingen, georganiseerd door de Belgische steden, brachten meer dan 50 % van de inwoners op de been en dit op een zondag en zonder stemplicht. Soms wilde een meerderheid van de inwoners hun verzet kenbaar maken tegenover installaties die ze als bedreigend voor hun leefomgeving beschouwden. Het is niet eenvoudig om de voor- en nadelen van bepaalde projecten (zoals op het gebied van afvalstoffen) tegenover de gemeenschap en tegenover de omwonenden af te wegen. In andere gevallen was het eerder een kwestie van voorkeuren uit te spreken tegenover een vernieuwingsproject.

Dynamisme van verenigingen

Zowel op gebied van milieu als op andere terreinen kan de burger zijn mening op een meer georganiseerde wijze tot uitdrukking brengen via politieke partijen of gespecialiseerde verenigingen.

Milieubeschermingsorganisaties bestaan reeds gedurende veel jaren, zowel op lokaal als op internationaal vlak. Sommige zijn gespecialiseerd in de bescherming van fauna en flora, andere houden zich eerder bezig met de technologische of economische keuzen die nodig zijn voor het op punt stellen van een duurzame ontwikkeling. De overgrote meerderheid van deze organisaties werkt dankzij vrijwilligers, terwijl andere, geholpen door de overheid of onderhouden door giften, professionele

milieumensen te werk stellen. Bijna elke week ontstaan er lokale groeperingen, en een aantal van hen zijn ook lid van regionale federaties (Inter-Environnement, Bond Beter Leefmilieu), die zelf weer op Europees niveau georganiseerd zijn. Bovendien zijn er grote organisaties die internationaal werken en die vertakkingen in België hebben. De drie belangrijkste in ons land zijn: Greenpeace, Wereld Natuur Fonds (WNF) en les Amis de la Terre.

Acties in het voordeel van het leefmilieu blijven zeker niet beperkt tot organisaties op dit gebied. Net zoals bij het overheidsbeleid zijn er organisaties die eigenlijk op andere terreinen werkzaam zijn, maar die zich ook voor dit soort problemen inzetten. Zo zullen gespecialiseerde organisaties zoals CRIOC-OIVO (Centre de Recherche et d'Information des Organisations de Consommateurs - Onderzoeks- en Informatie Centrum van de Verbruikersorganisaties) in hun raadgevingen aan de consumenten de ecologische kwaliteiten van producten vermelden. We kunnen nog andere interessante initiatieven in ons land opnoemen, zoals het recycleren van gebruikte voorwerpen waardoor jobs voor ongeschoolden gecreëerd worden.

Duurzame ontwikkeling zet inderdaad de deur open voor tal van initiatieven. Zo zullen NGO's die zich bezighouden met traditionele ontwikkelingshulp geleidelijk milieuzorg in hun ideeëngoed integreren. Om maar één voorbeeld te noemen: door hun doelstellingen van sociale en economische rechtvaardigheid en hun respect voor het milieu, horen de 'Wereldwinkels' (Oxfam) zeker thuis binnen het concept van duurzame ontwikkeling, zelfs al wordt dit begrip nooit expliciet genoemd.

Bedrijven

De rol van de bedrijven bij de bescherming van het milieu is essentieel. Enerzijds hebben zij door hun activiteiten (en men mag hierbij ook grote sectoren zoals de landbouw en het transportwezen niet vergeten) een enorme impact op het milieu. Anderzijds kunnen zij, dankzij hun beheersing van de techniek, een eersterangsbijdrage leveren aan het verminderen van milieu-effecten, hetzij door hun eigen productieprocedures te wijzigen en de consumptieproducten te herzien, hetzij door het uitdokteren van nieuwe technologieën die in andere sectoren kunnen gebruikt worden.

Werkgelegenheid en milieu

Soms hoort men beweren dat milieubescherming onvermijdelijk ten koste van de werkgelegenheid gaat, omdat ze de sluiting van de ergst vervuilende bedrijven noodzakelijk maakt.

Statistisch gezien bedragen de kosten voor een schonere productie vaak minder dan 1% van de totale productiekosten. Bijgevolg kan dit moeilijk beschouwd worden als een factor die delocalisatie of verlies van arbeidsplaatsen uitlokt.

Wel is het zo dat bedrijven die zich niet aanpassen aan de technologische evolutie op het vlak van milieu, zoals ze zich ook moeten aanpassen op andere gebieden, hiervan uiteindelijk nadelige gevolgen zullen ondervinden in de economische concurrentiestrijd. Milieubescherming wordt dan één van de vele factoren die de concurrentiepositie van het bedrijf op middellange termijn zal bepalen. Daarom zijn de vakbonden, die zich sterk bewust zijn van het belang van dit

aspect, voorstanders van een actieve houding van de bedrijven ten opzichte van de milieuproblemen.

Arbeidsplaatsen in de milieusector

De milieusector is wat betreft aantal arbeidsplaatsen een sector die sterk in opmars is. De Europese Commissie schatte (in 1994) het aantal arbeidsplaatsen in de sector op 1,5 miljoen, dat is 1% van het totale aantal (500 000 bij de afvalwaterzuivering en afvalstoffenverwerking, 250 000 in de waternijverheid, 90 000 bij de recyclenijverheid en 65 000 bij de fabricatie van gereedschappen).

Deze lage raming houdt geen rekening met een reeks 'milieugebonden' beroepen, zoals bij natuurbeheer en -bescherming en evenmin met administratieve en indirecte arbeidsplaatsen. Die zouden nog eens 50% boven op het genoemde cijfer kunnen vertegenwoordigen. In België zou het om 30 000 à 45 000 arbeidsplaatsen gaan.

Een evolutie naar duurzame ontwikkeling houdt natuurlijk niet alleen respect voor het milieu in, maar vereist ongetwijfeld ook een geleidelijke aanpassing van de economische en sociale rol van de bedrijven ten aanzien van de behoeftebevrediging van de armsten, en bijgevolg ook oplossingen voor de steeds groeiende problemen van werkloosheid en armoede.

Bedrijven en het milieu: een actieve houding

We hebben reeds opgemerkt dat, wat industriële technieken betreft, in de meeste gevallen men een gelijkaardig levenspeil kan behouden door de 'eco-efficiëntie' van de procédés te verhogen. D.w.z. door het verbruik van energie en grondstoffen evenals de emissie van vervuilende stoffen te verminderen. Maar

dergelijke veranderingen vinden niet van de ene dag op de andere plaats. Zelfs al bestaan er interessante en rendabele technieken, dan nog worden die niet automatisch in de maatschappij verspreid.

In de jaren '70 werd milieubescherming beschouwd als de tegenpool van goed werkende economie en bedrijven. Vervolgens voegden sommige bedrijven zuiveringsinstallaties (voor rook of afvalwater) toe aan hun procédés. Andere gingen zelfs nog verder en herzagen hun productieprocédés om bijvoorbeeld zo weinig mogelijk toxische producten te moeten gebruiken. Deze 'schone technologieën' brachten minder ongevalrisico's en ongemakken voor het personeel met zich mee, er was minder zuivering nodig en soms kon zelfs bespaard worden doordat bijvoorbeeld de kosten voor de behandeling van afvalstoffen verminderden.

Dit standpunt, waarbij men milieubescherming in de productieprocédés zelf integreert, maakt opgang in de industriële wereld sinds de jaren '90. Dynamische ondernemingen zijn van oordeel dat dit een belangrijk concept voor de markten van vandaag en voor de toekomst is.



ALLE WERKNEMERS IN EEN BEDRIJF MOETEN HELPEN BIJ DE REDUCTIE VAN DE VERVUILING.

ONDERNEMINGEN

VOOR DUURZAME ONTWIKKELING

De 'World Business Council for Sustainable Development', een groep multinationale ondernemingen die zich voor duurzame ontwikkeling interesseert, somt een reeks praktische redenen op die ondernemingen ertoe kunnen brengen milieubewust te handelen.

- Een strengere wetgeving, met inbegrip van sancties bij overtreding ervan
- 'Eco-efficiëntie', d.w.z. meer produceren met minder grondstoffen en vervuiling, kan economisch gerechtvaardigd worden
- De markt voor technologieën en diensten gericht op milieubescherming vertoont een duidelijke groei
- De overheid neemt steeds meer haar toevlucht tot economische beleidsinstrumenten hetgeen inhoudt dat vervuilende activiteiten zwaarder zullen worden belast
- Banken en verzekeringsmaatschappijen, verontrust door de kosten veroorzaakt door vervuiling, vragen meer garanties
- Sommige investeerders hebben aandacht voor het 'groene' profiel van een onderneming. Er bestaan zelfs 'Groene Fondsen' (beleggingen die ecologisch georiënteerd zijn), vooral in de Angelsaksische landen. Dit zijn aankopen op de beurs die door ecologische motieven gestuurd worden.
- Het positieve imago van 'verantwoordelijke' bedrijven, zowel naar hun personeel als naar hun klanten en de milieubeschermingsorganisaties toe. Maar opgelet: wanneer het imago en de concrete activiteiten van een onderneming niet meer overeenkomen, loopt men het risico het ganse proces in diskrediet te brengen.

Giftige en gevaarlijke stoffen: een uitdaging

Volgens een rapport van het Europese Milieuagentschap ('Dobris Assessment') produceerden de Europese industrieën (in ruime zin EU en EFTA) in het begin van de jaren '90, 250 miljoen ton chemische stoffen. De Europese inventaris van substanties gebruikt in de handel registreert meer dan 100000 verschillende stoffen; ongeveer 1000 daarvan maken 95 % van de Europese productie in tonnage uit. Deze producten vergemakkelijken en verbeteren ons dagelijkse leven. Toch mogen we de effecten ervan, zodra ze terug in de natuur terechtkomen, niet onderschatten. Elk jaar wordt bijvoorbeeld tussen 30 en 45 miljoen ton gevaarlijke afvalstoffen geproduceerd in de Europese landen van de OESO (1993). Dit is één derde van het equivalent van de totale hoeveelheid huishoudelijk afval.

Er ontbreken nog te veel gegevens om op gedetailleerde wijze de invloed van die producten op mens en natuur na te kunnen gaan. Dit is een moeilijke opdracht en ze vereist heel wat testen. Bovendien worden elke dag nieuwe ontdekkingen gedaan over de gevolgen van geringe dosissen, en hetzelfde is ook het geval voor gecombineerde substanties.

We moeten dus onze kennis over de impact van de producten verbeteren en die kennis, zodra ze er eenmaal is, zo goed mogelijk verspreiden. De industriële sector, die beter dan wie ook haar eigen producten kent, zou hierin een hoofdrol moeten spelen. Maar we moeten nog veel verder durven gaan en trachten het gebruik van gevaarlijke en giftige chemische producten te beperken, in het bijzonder door ze te vervangen door andere



VOORAL HET GIFTIG AFVAL VAN DE INDUSTRIE BAART ZORGEN. DIT AFVAL WORDT BEST BESTREDEN DOOR HET ONTWERPEN VAN BETERE PRODUCTEN DIE GEEN VERVUULENDE COMPONENTEN BEVATTEN.

producten. Dit is trouwens één van de aanbevelingen van 'Agenda 21'.

'Voor de toxische stoffen die momenteel in gebruik zijn, bestaan vaak alternatieven. Soms kunnen risico's dan ook verminderd worden door andere chemische stoffen te gebruiken of zelfs niet-chemische technologieën. De beste manier om risico's te verminderen, is schadelijke stoffen vervangen door onschadelijke of minder schadelijke stoffen.' (Agenda 21, (§19.44)

Natuurlijk vraagt die vervanging inspanningen en is ze niet altijd op korte termijn mogelijk. Maar het inzicht dat het moeilijk zal zijn om op lange termijn steeds grotere hoeveelheden en steeds meer in het milieu verspreide potentieel gevaarlijke stoffen onder controle te houden, zal het zoeken naar vervangingsproducten bevorderen. Gericht onderzoek in dat opzicht en een aangepast beleidskader, zouden deze overgang naar het gebruik van minder schadelijke stoffen kunnen bevorderen.

Milieubeleidsplannen binnen de onderneming

Wanneer een onderneming actief met de factor 'milieu' rekening wil houden, raadt men haar aan een interne aangepaste beleidslijn uit te werken. Dit kan erg vereenvoudigd zijn, zoals voor kleine en middelgrote ondernemingen, maar ook uitgebreid, bij voorkeur met toepassing van gevestigde methoden zoals EMAS (Environment Management and Audit System) of de norm ISO 14001.

Zelfs in een vereenvoudigde vorm, moet er minstens een analyse van de impact van de bedrijfsactiviteiten op het milieu gemaakt worden en moet een concreet en progressief verbeteringsprogramma opgesteld worden. Zo'n algemene analyse is trouwens steeds te verkiezen boven geïsoleerde maatregelen. Er moet ook voor gezorgd worden dat de boekhouding de uitgaven en inkomsten die met het milieu verbonden zijn, kan inventariseren, met inbegrip van de 'verborgen kosten'. Een

MILIEUBEWUST ZIJN OP KANTOOR IS MOGELIJK

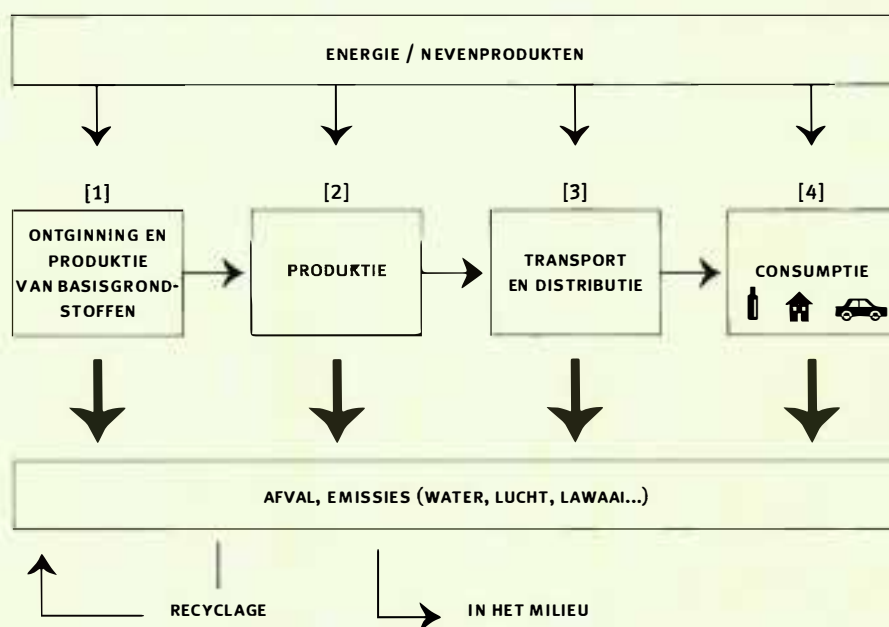
Indien we op kantoor tot een meer 'ecologisch' gerichte consumptie willen komen, betekent dit dat we sommige individuele gewoonten zullen moeten veranderen. In sommige gevallen zullen we binnen de werkomgeving veranderingen moeten organiseren. Enkele voorbeelden:

- bespaar papier door, indien mogelijk, recto-verso af te drukken en gerecycleerd papier te gebruiken. Zorg voor speciale vuilnisbakken om papier in te sorteren want bedrukt papier heeft een goede recyclagewaarde (meer dan krantenpapier bijvoorbeeld).
- bespaar elektriciteit door apparaten en verlichting die niet gebruikt worden, uit te schakelen en, indien mogelijk, minder 'energieverslindend' materiaal aan te schaffen (fotokopieermachine, airconditioning, spaarlampen,...)
- maak gebruik van de diensten van leveranciers die gebruikte materialen terugnemen (inktpatronen bijvoorbeeld) en koop bij voorkeur meer milieuvriendelijke voorwerpen (markeerstiften, computers, relatiegeschenken,...)
- kies voor een schoonmaakbedrijf dat minder vervuilende producten gebruikt (sommige bedrijven bieden dit soort diensten aan).

voorbeeld hiervan zijn de toekomstige kosten verbonden aan het saneren van een terrein ten gevolge van de activiteiten van de onderneming.

Een bredere visie, een meer verantwoordelijke houding

Naast het uitwerken van een interne bedrijfslijn moeten de bedrijven, om tot duurzame ontwikkeling te komen, hun activiteiten in een ruimer kader bekijken dan in het verleden. Wat de producten zelf betreft, volstaat het niet meer alleen de verkoops- en productiefase in overweging



DE MILIEU-EFFECTEN VAN EEN PRODUKT TREDEN OP TIJDENS DE HELE LEVENSCYCLUS, VANAF DE FABRICATIE TOT DE ELIMINATIE. MEN MOET DUS INGRIJPEN IN DE VERSCHILLENDE STAPPEN. DE LEVENSCYCLUS-ANALYSE (LCA, ECOBALANS) HELPT INZICHT TE VERSCHAFFEN IN DEZE PROBLEMEN.

te nemen. Men moet ook rekening houden met de milieu-impact die de consumptie ervan zal hebben en hoe ze later zullen worden verwijderd of gerecycleerd. Hiervoor heeft men het begrip 'Levenscyclusanalyse' (LCA) of 'ecobalans' in het leven geroepen.

Alle milieugevolgen tijdens het 'leven' van een product moeten in kaart gebracht worden en dat is geen eenvoudige zaak. Wel kan men zo de totale impact op het milieu minimaliseren. Deze 'eco-balans' of 'levenscyclusanalyse' wordt trouwens ook gebruikt om aan sommige producten een 'eco-label' toe te kennen waarop de consumenten hun aankopen kunnen oriënteren (zie blz. 140).

De ondernemingen kunnen er actief toe bijdragen om producten 'een gesloten levenscyclus' te bezorgen. Daartoe moeten ze de gebruikte producten of het afval terugnemen zodat zij voor de recyclage kunnen instaan. Zo zullen de verwerkings-

kosten van het consumptieafval niet langer meer ten laste vallen van de gemeenschap, maar geleidelijk in de producten geïntegreerd worden. In sommige sectoren, zoals de auto-industrie of bij elektrische huishoudapparaten, vindt deze houding stilaan ingang. Op dezelfde wijze hebben bedrijven zich vrijwillig geëngageerd ('Fost +') om een steeds groter deel van het verpakingsafval en gebruikte batterijen terug te nemen zodat meer kan gerecycleerd worden dan vroeger, al wordt veel ervan nog steeds gestort of verbrand. De beste manier is nog altijd ervoor te zorgen dat afval en emissies zoveel mogelijk worden voorkomen, want alle recyclage houdt verliezen en risico's in.

Ondernemingen die hun industriële activiteiten in bredere zin en met meer verantwoordelijkheidsgevoel opvatten ten opzichte van de maatschappij en de klanten, zullen meer geneigd zijn tot het aangaan van een dialoog met de verte-

genwoordigers van consumenten- en milieubeschermingsorganisaties. De groepering 'European Partners for Environment' bijvoorbeeld organiseert dergelijke dialogen. Er ontstaan steeds meer partnerships tussen industrieën en verenigingen. Zo hebben de multinationale onderneming Unilever en het WNF een akkoord gesloten voor het eerbiedigen van het visbestand in bepaalde zones. Milieubeschermingsorganisaties promoten actief producten die zij als gunstig voor het milieu beschouwen.

Dergelijke dialogen kaderen in de geest van het huidige beleid voor duurzame ontwikkeling en kunnen, met de gepaste gesprekspartners, ook een invloed hebben op sociale en economische aspecten. Het betrekken van de werknemers van het bedrijf bij deze gang van zaken is een belangrijk element voor het slagen ervan.

Communicatie

Deze evolutie noodzaakt een betere communicatie door de bedrijven over hun milieu-impact en de middelen gebruikt om die te verminderen. Vooral in de chemische sector stellen sommige ondernemingen jaarlijks milieurapporten op.

Echte communicatie is evenwel tweerichtingsverkeer. Goede milieurapporten zijn natuurlijk een stap in de goede richting, maar kunnen toch de dialoog, die nodig is in sommige conflictsituaties, niet vervangen. Er bestaan bepaalde methoden om dergelijke dialogen te bevorderen. Zo hebben sommige grote ondernemingen een permanent 'begeleidingscomité' opgericht waarin zowel vertegenwoordigers van de bevolking en van de overheid als

van de industrie zetelen. In deze comités tracht men elkaars standpunt beter te leren begrijpen om zo het aantal conflicten dat te wijten is aan wederzijds onbegrip of miskenning te verminderen.

De ervaring leert dat een bedrijf dat ernaar streeft goed te communiceren met zijn omgeving ten minste moet zorgen voor een praktisch systeem om eventuele klachten te noteren en erop te reageren. Een andere mogelijkheid die de wederzijdse kennis en bijgevolg ook de communicatie bevordert, is het organiseren van bedrijfsbezoeken. Ten slotte wordt bedrijven aangeraden altijd zo objectief mogelijke informatie te geven om hun geloofwaardigheid niet te ondermijnen. De beginselen van deze milieuvriendelijke maatregelen worden vaak opgenomen in vrijwillig door de bedrijven ondertekende verbintenissen. In de chemische sector bestaat zo reeds gedurende verschillende jaren het programma 'Responsible Care'. In 1991 lanceerde de Internationale Kamer van Koophandel het 'Business Charter for Sustainable Development' waarin 16 beginselen opgenomen zijn. Het werd in 23 talen vertaald en ondertekend door meer dan 2500 ondernemingen over heel de wereld.

DE TOERISTISCHE SECTOR HEEFT ZELF BELANG BIJ EEN BETERE BESCHERMING VAN HET MILIEU.



Grenzen aan de actie

Vanzelfsprekend moeten bedrijven economisch levensvatbaar blijven, wat betekent dat ze beperkt zijn wat de initiatieven betreft die ze in dit opzicht kunnen nemen. De evolutie van bedrijfsactiviteiten naar duurzame ontwikkeling toe, wordt nog vaak gehypothekeerd door het streven naar rentabiliteit op korte termijn en door de macht der gewoonte. Bovendien moeten we nog meer vooruitgang boeken wat onze kennis van duurzame technologieën en beheersmethoden betreft, al was het maar voor de vorming van toekomstige werknemers en bedrijfsleiders. Het is ook helemaal niet realistisch om het proces van duurzame ontwikkeling volledig op de rug van de ondernemingen te schuiven. Net zoals bij de andere 'actoren' evolueren hun daden in dat opzicht in relatie met en gestimuleerd door de verwachtingen, eisen en opportuniteiten van de andere groepen. Zonder deze stimulansen zal dit proces niet aangemoedigd worden en zullen andere voorschriften de plaats innemen van milieubescherming en duurzame ontwikkeling.

Wetenschappers

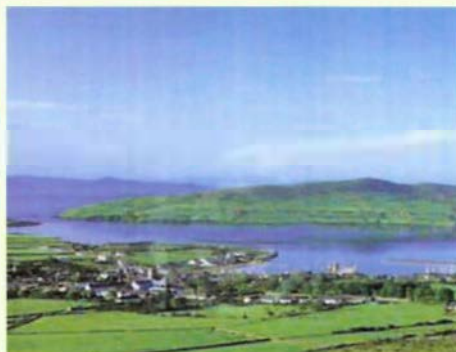
Men kan gerust stellen dat zonder wetenschappers de milieuproblematiek veel minder bekend zou zijn. Ongetwijfeld geldt dit ook voor alle andere soorten problemen want tenslotte is één van de taken van de wetenschap het verstrekken van informatie en verspreiden van kennis zodat hierop gefundeerde maatschappelijke beslissingen kunnen worden gebaseerd. Het werkerrein

van de milieuproblematiek heeft een aantal kenmerken dat de studie ervan tegelijkertijd complex, maar toch ook boeiend maakt.

Wetenschap en milieu

Milieu vraagt om een multidisciplinaire aanpak. Bij milieustudies komen elementen kijken die betrekking hebben op verschillende natuurwetenschappen. Indien men zich met duurzame ontwikkeling bezighoudt, mag men bij evaluaties ook de economische en sociale aspecten niet vergeten. Zo krijgt men milieustudies waarin aspecten inzake chemie, fauna, flora, geologie, biologie, toxicologie, maar ook economie, sociologie, recht, ... geïntegreerd zijn. Dergelijke milieustudies worden dan ook voortdurend complexer. Wanneer men milieuproblemen bestudeert, komen soms meervoudige relaties tussen verschillende elementen – soms nauw verwant, soms ver van elkaar verwijderd – aan het licht. Daardoor laat milieustudie ons toe onze maatschappij beter te leren kennen en geeft ze ons inzicht in de te nemen beslissingen. Evenwel lijken die minder eenduidig dan in het verleden. Zo kan men na wetenschappelijke evaluatie ontdekken dat een investering die op korte termijn en lokaal economisch rendabel leek, op lange termijn negatieve effecten zal hebben, op een andere plaats of vanuit een ander gezichtspunt (sociaal of milieu).

'Het milieu' is per definitie onbeperkt en bij de studie ervan kan men zover gaan als men zelf wil, zowel in tijd als in ruimte (tot zelfs de toekomstige generaties). Dit bemoeilijkt de taak van de wetenschappers nog.



EEN GOED BEHEER VAN HET MILIEU VEREIST EEN MULTIDISCIPLINAIRE ANALYSE VAN DE INGEPEN, ZODAT MEN MET ALLE MOGELIJKE EFFECTEN KAN REKENING HOUDEN.

MULTIDISCIPLINAIRE TOEPASSINGEN :

MILIEU-EFFECT RAPPORTAGE

De milieu-effectrapportage uitgevoerd bij de bouw van een weg illustreert duidelijk de karakteristieken ervan. Hieronder volgt een reeks effecten (van de bouw van de weg op het milieu) die in dit geval moeten bestudeerd worden.

- Studie van de menselijke aspecten: integratie van de weg in de economie van de streek. Menselijk kader, lawaai.
- Studie van de landschappen: bescherming van de landschappen, respect voor het esthetische en de regels voor de keuze van materialen.
- Studie van fauna en flora: eventuele wijzigingen door het wegtracé en de vervuiling door de voertuigen.
- Studie van de bodem: kenmerken van de bodem met betrekking tot de bouw, afwatering.
- Tracé van de weg: Wat wil men verbinden?

Onderzoek en onderwijs

Wetenschappers zijn actief in de drie grote groepen die wij beschreven hebben: zowel bij de overheden, de industrieën als bij de gespecialiseerde verenigingen.

Maar bepaalde vormen van wetenschappelijk onderzoek vinden vooral plaats in onderwijsinstellingen, in het bijzonder de universiteiten en onderzoekscentra die geen banden hebben met economische activiteiten. Zo financieren in België de Diensten voor Wetenschappelijke,

Gevolgen voor het verkeer.

- Daarnaast moet men ook gecombineerde effecten bestuderen. Voorbeeld: wegstromen van water vervuild door de voertuigen, met impact op de kwetsbare vissoorten van een nabijgelegen beek.

Een belangrijk onderdeel van de milieu-effectrapportage is het afwegen van alternatieven, zowel voor het tracé, het soort weg, de landschappelijke inrichting, de vermindering van geluidshinder, tot zelfs de mogelijke vervanging door een ander transportmiddel.

Ten slotte moet een algemeen advies gegeven worden inzake alle aspecten die met het wegenbouwproject te maken hebben. Op welke criteria moet men zich baseren om de verschillende effecten te combineren: bijvoorbeeld een geringe impact op de schoonheid van het landschap en weinig geluidshinder, maar de vernietiging van zeldzame planten en dieren die zich in de omgeving bevinden? Er zijn geen puur wetenschappelijke criteria om deze vraag te beantwoorden. Er moeten steeds keuzes gemaakt worden waarbij voorkeuren een rol spelen. Vandaar dat er, naast de wetenschappelijke criteria, ook democratische procedures bestaan, zoals we reeds eerder opgemerkt hebben, waardoor de bevolking kan worden geraadpleegd aangaande haar voorkeur voor bepaalde milieukeuzes.

Technische en Culturele Aangelegenheden (DWTC) reeds gedurende jaren belangrijke onderzoeksprogramma's over milieu en duurzame ontwikkeling. Andere openbare instanties zoals de Europese Unie of de Belgische Gewesten financieren ook dit soort onderzoek.

Dit boek is op zich een mooi voorbeeld van de bijdrage van wetenschappers aan het kenbaar maken van de milieuproblematiek en is de neerslag van verschillende onderzoeken die zowel in België als in

het buitenland gevoerd werden. Veel wetenschappelijk onderzoek draagt bij tot het verkrijgen van een zo goed mogelijk inzicht in ons leefmilieu en van de gevolgen van de belasting ervan door de mensheid. Andere werkzaamheden betreffen het zoeken naar middelen om die milieuaantasting te verminderen en trachten daarnaast de impact van het gebruik van deze middelen te beschrijven. Daarbij mag niet uit het oog verloren worden dat de keuzes in deze materie in de eerste plaats moeten gemaakt worden door de beleidsmensen, met inachtneming van de democratische spelregels.

Om onze kennis over de steeds complexere en soms wereldwijde problemen uit te breiden, worden internationale groeperingen van wetenschappers steeds belangrijker. Een hiervan, en erg belangrijk op gebied van milieubescherming, is het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake Klimaatverandering (IPCC), die permanent duizenden wetenschappers over de hele wereld met elkaar verbindt en rapporten publiceert die als gezaghebbende basis gebruikt worden voor beslissingen in deze materie.

De universiteiten zijn niet alleen plaatsen waar onderzoek wordt uitgevoerd, maar ook en vooral centra voor vorming en verspreiding van kennis. Voor milieustudie werden een aantal gespecialiseerde studierichtingen gecreëerd die veel succes kennen bij de studenten.

De belangrijkste uitdaging blijft echter om in alle opleidingen het milieuaspect te



DE BESCHERMING VAN HET LEEFMILIEU IS EEN GROTE UITDAGING VOOR DE WETENSCHAPPERS.

integreren: economen, ingenieurs, artsen,.... Hetgeen nu reeds gevraagd wordt op het niveau van politieke beslissingen inzake duurzame ontwikkeling, namelijk de integratie van het milieu in de verschillende sectoren, zou dan ook op gebied van opleidingen gerealiseerd worden. Wanneer dergelijke gezichtspunten in elke vorming meegegeven werden, zou dit de uitoefening van beroepen in sterke mate beïnvloeden en bijgevolg ook de impact van beroepsactiviteiten op het milieu.

Wetenschappers roepen op tot bewustwording van milieuproblemen

Naast hun rol van 'geleerden' gebeurt het wel eens dat wetenschappers trachten de publieke opinie en de beleidsmensen te sensibiliseren betreffende de ernst van de problemen die zij behandelen of waarvan zij kennis hebben. Het meest indrukwekkende voorbeeld hiervan inzake milieubescherming is de 'World's Scientists Warning to Humanity' (Waarschuwing van Wetenschappers aan de Mensheid) die in november 1992 gepubliceerd werd

door de Union of Concerned Scientists, een vereniging van bijna 1600 wetenschappers waarvan 102 de Nobelprijs ontvangen hadden. Deze tekst beschrijft levendig de ernstige milieuproblemen verbonden aan de toenemende menselijke activiteiten en de bevolkingsexplosie. Dit verslag werd geïnspireerd door dezelfde bekommernissen als de Conferentie van Rio en het

Brundtland-rapport dat aan deze conferentie voorafging. Het is een duidelijke waarschuwing.

Ziehier enkele uittreksels uit deze waarschuwing.

'Wij ondergetekenden, erkende leden van de mondiale gemeenschap van wetenschappers willen de gehele mensheid waarschuwen voor wat de toekomst zal brengen. Indien wij groot menselijk leed en een onherstelbare aantasting van ons habitat op deze planeet willen voorkomen, is een vergaande wijziging van het beheer van de planeet aarde en van het leven dat zij herbergt, noodzakelijk.'

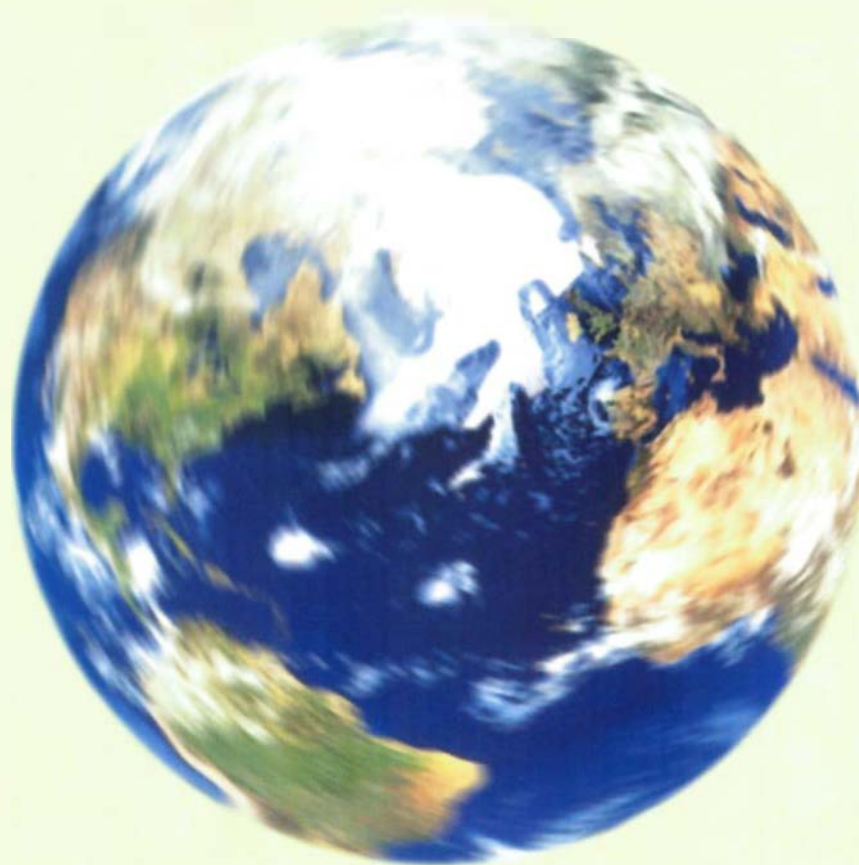
'De ontwikkelde landen zijn de grootste vervuilers van onze huidige wereld. Ze moeten hun overconsumptie aanzienlijk terugschroeven om zo de druk op de grondstoffen en het wereldmilieu te verminderen.'

'Geen enkele natie zal kunnen ontsnappen aan schade veroorzaakt door een aantasting van de aardse biosystemen.'

'Het grootste gevaar schuilt erin dat de mensheid gevangen zou kunnen raken in een spiraal van ecologisch achteruitgang, armoede en oorlog die uiteindelijk zullen leiden tot de ondergang op sociaal, economisch en milieugebied.'

'Het slagen van deze poging tot algemene verandering noodzaakt een sterk terugdringen van geweld en oorlog. De bedragen die momenteel aan het voorbereiden en voeren van oorlog besteed worden - meer dan 30 duizend miljard Belgische franken (1000 miljard \$) per jaar - zullen voor deze nieuwe taken hard nodig zijn en moeten dan ook aan die nieuwe uitdagingen gewijd worden.'

'Wij, wetenschappers, publiceren deze waarschuwing en hopen dat ze mensen overal ter wereld zal bereiken en raken. Wij hebben de steun van allen nodig.'



'Wij roepen de hele mensheid op om ons bij deze taak te helpen.'

Inhoud



Brussel : leven in een grootstad schaadt de gezondheid

Luchtvervuiling	8
Inleiding	8
Wat is vervuilde lucht?	8
Wie emitteert wat?	10
Een cocktail van pollutanten	12
Zomersmog	13
Vorming van ozon	13
Temperatuurinversie en smog	14
Weekendozon	16
De autokatalysator: de oplossing voor het ozonprobleem?	17
Schade aan de volksgezondheid	18
Wintersmog	19
Wintersmog	19
Schade aan de volksgezondheid	19
Zure regen	20
De aftakeling van ons cultureel patrimonium	22
Maatregelen tegen luchtvervuiling	23
Afvalproblematiek	24
Afvalproductie	24
Afvalverwerking: voor- en nadelen	25



Het zieke Ardense bos

Bij het ziekbed van de Ardense bossen	29
Op zoek naar de schuldigen...	30
De daders	30
De medeplichtigen	31
De profiteurs	31
Close-up van de gevolgen van de vervuiling	32
Verstoring van de bodem en van de voeding van de bomen	32
Schade aan de bladeren	33

Een ziekte onder strenge bewaking	33
Oplossingen	35
De luchtvervuiling verminderen	35
Het voedende karakter van de bosbodems herstellen	36
Naast elkaar planten van elkaar aanvullende soorten	36
Minder dicht planten	37
Bomen planten die goed aangepast zijn aan hun omgeving	37



De alpiene gletsjers : het versterkte broeikas-effect

Leven op een koortsige aarde	38
Het klimaat	39
Weer en klimaat	39
De zon als motor van het klimaat	39
Het broeikas-effect	40
Het atmosferische broeikas-effect	40
Het klimaatsysteem	40
De alpiene gletsjers trekken zich terug	42
Natuurlijke variaties van het klimaat	44
Het klimaat van het verleden	44
Terugkoppelingsmechanismen	52
Natuurlijke klimaatsveranderingen: conclusie	52
De mens en het klimaat	53
Wijziging van de atmosferische samenstelling sinds 1750	53
Oorzaak en gevolg: het IPCC	56
So what?	57
Voorkomen is beter dan genezen	60
De toekomst	60
Impact van een klimaatsverandering	63
Maatregelen nemen: Kyoto Protocol	68



De kanker van het Amazonewoud

Identiteitskaart	71
De grote verdwijning	73
Ontbossing : een kwestie van overleven voor de ene winst voor de andere	74
Veeteelt en plantages	74
Houtexploitatie	76
Mijnbouw	76
Energie van de rivieren	76
Elders in de tropen	76
Tropische ontbossing: van kwaad tot erger	77
Uitsterven aan de lopende band	77
Bodemdegradatie	78
De verstoring van de neerslag	79
Een handje toesteken bij de opwarming van de planeet	79
Bedreigde volkeren?	80
Hoe de tropenbossen redden?	81
De landbouwbevolking in de tropen een redelijk bestaansniveau garanderen	81
Reservaten creëren	81
Verbeterde landbouwtechnieken	82
Exploitatie van tropisch hout: akkoord, maar anders!	83
Voorrang geven aan de exploitatie van niet-houtachtige producten	83
Verwoestijning	84
Oorzaken van verwoestijning	85



Antarctica het gat in de ozonlaag

De ozonlaag	89
De atmosfeer	89
Ozon: wat, waar en waarom?	90
Variaties in stratosferisch ozon	90
Weg ozon	92
De CFK hysterie	92
Het ozongat boven de zuidpool	95
En de noordpool?	99
Ozon wereldwijd	99
'Zachte' cfk's?	100
UV-straling	101
Verhoogde UV-straling?	101
Gevolgen van een verhoogde UV-straling	102
Maatregelen	105
Handen uit de mouwen: het Montreal Protocol	105
De toekomst	106



De Noordzee: vuilnisbak en provisiekast in één

De zee als vuilnisbak	109
Polluenten: gevaarlijke transporten...	109
Zware metalen, pesticiden, PCB's en soortgenoten: een onverteerbare cocktail	111
Petroleum enzovoorts	115
Nitraten, fosfaten en aanverwanten	117
De schatkist van de Noordzee... leeggeroofd	119
Eendracht maakt macht	120
Tegen de vervuiling	120
Tegen de overbevissing	123

Milieuproblematiek van het schelde-estuarium

Waterkwaliteit:	
beter, maar nog niet goed	125
Fysische verstoring	126
Habitatverlies en baggerwerken	126
Integrale aanpak	127



Een betere toekomst dankbij duurzame ontwikkeling

Grenzen aan de groei	129
Groei van de wereldbevolking	129
Groei van de welvaart	129
Milieudruk	130
Water	131
Our common future	132
Armoedebestrijding is prioriteit	132
Rio 1992	133
Voorzorgsprincipe	133
Internaliseren van kosten	133
Participatie en integratie	134
Agenda 21	134
Efficiënte technologie	134
De juiste prijs	135
Warmtekrachtkoppeling	135
Zon en wind	136
Voedselvoorziening	136
Hetzelfde met minder	137
De actoren van het leefmilieu	137
De overheid	138
Plannen voor een duurzame ontwikkeling	138
Wetten en verordeningen	138
Economische instrumenten	138
Sensibilisatie en educatie	139

Burgers	140
Burgers: verschillende acties zijn mogelijk	140
Burgers-consumenten	140
Producten die het milieu respecteren: welke informatie?	140
Wat kunnen jongeren en kinderen doen?	141
Milieu en het leven van alledag	141
Zijn mening geven bij openbare onderzoeken	141
Dynamisme van verenigingen	142
Bedrijven	142
Werkgelegenheid en milieu	142
Bedrijven en het milieu: een actieve houding	143
Giftige en gevaarlijke stoffen: een uitdaging	144
Milieubeleidsplannen binnen de onderneming	144
Een bredere visie, een meer verantwoordelijke houding	145
Communicatie	146
Grenzen aan de actie	146
Wetenschappers	146
Wetenschap en milieu	147
Onderzoek en onderwijs	147
Wetenschappers roepen op tot bewustwording van milieuproblemen	148

Verklarende Woordenlijst 152

Verklarende woordenlijst

Actoren van het leefmilieu

'Actoren' zijn groepen zoals bedrijven, natuurbeschermingsorganisaties of wetenschappers bijvoorbeeld die worden opgeroepen om samen te werken, elk volgens hun eigen mogelijkheden en verantwoordelijkheden, voor het tot stand brengen van een duurzame ontwikkeling.

Acuut

Plots optredend en snel evoluerend (tegenovergestelde van chronisch).

Aëroob

Het gebruik van zuurstof voor levensprocessen, zuurstofverbruikend.

Aërosol

Zeer fijne vaste of vloeibare in de lucht rondzwevende deeltjes.

Afbraakorganismen

Het betreft hier voornamelijk bacteriën en zwammen (vooral schimmels), die in en op de bodem leven en die zich voeden met plantaardig en dierlijk afval (dode bladeren en takken, verwelkte bloemen, rottend fruit, uitwerpselen, kadavers,...). Door de ontbinding van deze afvalstoffen komen de voedende bestanddelen die erin opgeslagen waren, vrij waardoor ze opnieuw beschikbaar komen voor de bomen en planten van het ecosysteem. Deze micro-organismen zorgen dus voor de recyclage van organische materie in mineralen die nodig zijn voor de voeding van de planten.

Agenda 21

Programma op middellange termijn, goedgekeurd tijdens de Conferentie van Rio. Het bestaat uit een groot aantal principes en acties gericht op duurzame ontwikkeling.

Agrobosbouw

Landbouwmethode gebaseerd op het behoud of het herstel van een bladerdak waardoor de bebouwde bodem beschermd wordt tegen de nadelige invloeden van de regen (uitspoeling en erosie).

Albedo

Maat voor het weerkaatsingsvermogen van een oppervlak of lichaam. De verhouding van de hoeveelheid weerkaatst t.o.v. de hoeveelheid invallend licht.

Anaëroob

In staat te leven in afwezigheid van zuurstof.

Anoxie

Zuurstofgebrek.

Antropoogeen

Ontstaan door menselijke activiteiten.

Aquacultuur

Teelt van vissen, schaal- en schelpdieren, in zoet water of in zee.

Aromatische koolwaterstoffen

Koolwaterstoffen met minstens één benzeenring.

Atmosfeer

De luchtlaag die de aarde omhult. De atmosfeer strekt zich uit tot enkele honderden km boven het aardoppervlak. Ongeveer 85% van de totale massa van de atmosfeer bevindt zich in de troposfeer.

Baggerspecie

Bodemmateriaal dat vrijkomt bij het onderhoud van bevaarbare waterlopen.

Biodiversiteit (of biologische diversiteit)

Benaming voor de natuurlijke verscheidenheid en variabiliteit van levende organismen en hun ecosystemen. Biodiversiteit bestaat op verschillende niveaus:

- genetische diversiteit van de individuen,
- soortendiversiteit,
- ecosystemendiversiteit.

Biodiversiteitsverdrag

heeft als doelstellingen:

- het behoud van de biologische diversiteit,
- het duurzaam gebruik van de bestanddelen daarvan,
- een eerlijk en billijk delen van de opbrengsten van het gebruik van het genetisch materiaal. Deze Conventie werd tijdens de 'Wereldmilieutop' die in 1992 in Rio de Janeiro gehouden werd aan 150 landen ter ondertekening voorgelegd. Ze werd door ons land geratificeerd in november 1995 en ze werd van kracht op 20/02/97.

Biogeen

Door levende organismen gevormd.

Bio-indicator

Planten en dieren die, omwille van hun ecologische eigenaardigheden, fungeren als een soort 'schildwachter' omdat ze vroegtijdig aantonen dat er een verstoring in het milieu is opgetreden door menselijke activiteiten (vervuiling, enz.).

Biomassa

Totaal gewicht van levend materiaal. Men spreekt bijvoorbeeld over de biomassa van een bepaalde dieren- of plantenpopulatie.

Biosfeer

Het totaal aan levende organismen op aarde.

Boomkornet

Trechtervormig sleepnet dat achter aan een vissersboot (treiler of trawler) vastgemaakt is en waarmee de zeebodem afgeschraapt wordt of waarmee men tussen twee wateren kan vissen.

Brakwater

Zoet water in rivieren en plassen dat vermengd wordt met zout zeewater.

Broeikasewfect

Opwarming van de atmosfeer (en het aardoppervlak) doordat sommige gasen (broeikasgasen) de uitgaande infrarode warmtestraling van de aarde absorberen (en gedeeltelijk terugsturen naar het aardoppervlak). Het broeikasewfect is een natuurlijk fenomeen, maar wordt versterkt door de uitstoot van CO₂ en andere broeikasgasen door de mens.

Broeikasgas

Een gas met zeer goede absorptie-eigenschappen in het infrarode gebied en dat bijdraagt tot het broeikasewfect. Enkele voorbeelden zijn koolstofdioxide, waterdamp, methaan, ozon, lachgas en CFK's.

'Business-as-usual'

Een scenario (meestal gebruikt in modellen) waarbij wordt verondersteld dat de huidige omstandigheden zich in de toekomst zullen voortzetten.

Carcinogeen

Kankerverwekkend.

Carcinoom

Kwaadaardig (kanker)gezwel.

CFK

Chloorfluorkoolwaterstoffen. 'Harde' CFK's zijn verbindingen die zijn opgebouwd uit koolstof, chloor en fluor. Ze werden veelvuldig gebruikt als drijfgas in spuitbussen, blaasgas voor schuimrubber en koelvloeistof voor koelapparaten en airconditioners. Ze zijn chemisch zeer stabiel en worden pas in de stratosfeer door harde UV-straling vernietigd. Hierbij ontstaan actieve chloorradicalen die ozon zeer snel afbreken. 'Zachte' CFK's (HCFC's en HFC's) bevatten ook één of meerdere waterstofatomen en worden in de lagere luchtlagen reeds afgebroken. Ze bereiken zelden de stratosfeer en vormen geen echte bedreiging voor de ozonlaag. Het zijn echter wel, net zoals de 'harde' CFK's, zeer belangrijke broeikasgasen. Het gebruik van CFK's is door het Montreal Protocol aan banden gelegd.

Chlorofyl

Groene kleurstof die een essentiële rol speelt bij de fotosynthese van groene planten (of bepaalde soorten bacteriën).

Chloroplast

Bladgroenkorrel, bouwelement van de plantencellen. De chloroplasten zorgen voor de fotosynthese dankzij het chlorofyl dat ze bevatten.

Chlorose

Vergeling bij planten die veroorzaakt wordt door de afbraak van of een gebrek aan chlorofyl.

Chronisch

Wat zich langzaam ontwikkelt, langdurig is (tegenovergesteld van acuut).

Compostering

Proces waarbij organisch materiaal door bacteriën, schimmels en kleine bodemorganismen wordt omgezet in een humusrijk aardachtig product.

Conferentie van Rio

De Conferentie van de Verenigde Naties inzake Milieu en Ontwikkeling die in Rio de Janeiro in 1992 gehouden werd, is het belangrijkste referentiepunt voor het internationale milieubeleid. De staten keurden er het programma 'Agenda 21' goed.

Conventie ter bestrijding van de Woestijnvorming

Internationaal bindend verdrag van de Verenigde Naties, goedgekeurd in Parijs in 1994, ter bestrijding van de verwoestijning.

Convectie

Verticale circulatie in een vloeistof of gas veroorzaakt door temperatuurverschillen. Warmere (lichtere) water of luchtmassa's stijgen en koude(re) (zwaardere) dalen. De convectieve opwaartse beweging van luchtmassa's is één van de hoofdprocessen die leiden tot condensatie en wolkenvorming.

Cryosfeer

Het bevroren gedeelte van het aardoppervlak. Cryosfeer gebieden situeren zich voornamelijk rond de polen, maar komen ook op continentale bergtoppen voor.

Dendroklimatologie

De studie van de relatie tussen de jaarlijkse groeiingen van een boom en het klimaat.

Diatomeeën

Ééncellige algen waarvan het omhulsel uit kiezelzuur is opgebouwd. Dit omhulsel of pantser bestaat uit een bodem en een deksel zodat de diatomeeën er uit zien als kleine glazen doosjes.

Diffuus

Wanneer men van vervuiling zegt dat ze diffuus is, betekent dit dat de pollutanten verspreid (en niet geconcentreerd) voorkomen.

Dioxines

Verzameling van 210 chemisch verwante stoffen die gevormd worden bij de onvolledige verbranding van organisch materiaal in aanwezigheid van chloorhoudende stoffen. Dioxines kunnen zeer schadelijk zijn voor de volksgezondheid (kanker-verwekkend, leverbeschadiging...).

Dobson-eenheid

Één Dobson-eenheid (DE) komt overeen met een laagje van 0,01 mm zuivere ozon bij standaarddruk en -temperatuur (1 atmosfeer en 0°C). Eén DE is dus gelijk aan één 'milli-atmosfeer centimeter' en komt overeen met een gemiddelde atmosferische concentratie van ongeveer 1 deeltje ozon per miljard luchtdeeltjes (1 ppb). Typische hoeveelheden ozon in de atmosfeer variëren tussen 230 en 500 DE met een wereldgemiddelde van 300 DE.

Duurzame ontwikkeling

'Duurzame ontwikkeling is een vorm van ontwikkeling waarbij wordt tegemoet gekomen aan de behoeften van het heden zonder het vermogen van de komende generaties om aan hun behoeften te voldoen in het gedrang te brengen.' Dit is de definitie van 'duurzame ontwikkeling' uit het rapport van de Wereldcommissie over Milieu en Ontwikkeling, het zogenaamde Brundtland-rapport (1987), dat het sein op groen zette voor de Conferentie van de Verenigde Naties in Rio de Janeiro (1992). De term 'duurzame ontwikkeling' is een vertaling van de Engelse term 'sustainable development'.

Eco-efficiëntie

Technologisch efficiëntere manier van produceren waarbij minder grondstoffen gebruikt worden en minder milieuschade veroorzaakt wordt.

Eco-label

Merkteken op producten dat aangeeft of het product beantwoordt aan specifieke ecologische criteria. De echte eco-labels worden streng gecontroleerd. Bepaalde labels houden ook rekening met sociale factoren.

Economisch instrument

De wijziging van de prijs van een product naar gelang van zijn impact – duurder indien het erg vervuילend is, minder duur indien het minder vervuילend is – vormt het belangrijkste economische instrument op milieugebied. Een ander voorbeeld zijn de 'emissiequota' die kunnen gekocht of verkocht worden ('verhandelbare emissierechten').

Ecosysteem

Benaming van het geheel van fysisch-chemische eigenschappen van een bepaald milieu (de biotoop) en haar levensgemeenschap (de biocenose). Biotoop en biocenose staan in voortdurende wisselwerking met elkaar. Het begrip ecosysteem kan op verschillende schalen toegepast worden: een bos, maar ook een rottende boomstam; een oceaan, maar ook een kleine plas zeewater; enz.

El Niño Southern Oscillation (ENSO)

Een periodieke verstoring van het klimaatstelsel van de Stille Oceaan (tussen Indonesië en Zuid-Amerika) die windsystemen, oceaanstromingen en weerpatronen (regenval, storm,...) over heel de aarde beïnvloedt.

Emissie

Uitstoot of lozing van stoffen door een bron. Endemisch: men zegt van een soort dat ze endemisch is wanneer ze gebonden is aan een bepaald geografisch verspreidingsgebied (over het algemeen erg beperkt).

Epifyt

Een plant die een andere plant (meestal een boom) als steun gebruikt, maar die er niet van afhankelijk is voor haar voedsel (zowel voor wat betreft water en voedende mineralen, als voor suikers afkomstig uit de fotosynthese).

Erosie

De verwerking van het aardoppervlak door voornamelijk water en wind. Bij bodemerosie worden bodemdeeltjes van het ene gebied naar het andere verplaatst.

Estuarium

Kustgebied waar rivier en oceaan of zee elkaar ontmoeten en waar een menging plaatsvindt van zoet en zout water. Estuaria zijn meestal zeer productieve gebieden met een hoge biodiversiteit, maar zeer gevoelig voor vervuiling.

Eutrofiëring

Overdadige verrijking van water (zowel zoet als zout) met voedingsstoffen voor de algen (nitraat en fosfor onder verschillende chemische vormen, zoals nitraten, ureum, fosfaten...). Hierdoor kan algenbloei veroorzaakt worden.

Fauna

Het geheel aan dieren die in een bepaald gebied leven.

Feedback of terugkoppelingsmechanisme

Proces waarbij een systeem de opgedrongen verandering versterkt (positieve feedback) of afzwakt (negatieve feedback).

Flora

Het geheel aan plantensoorten dat de vegetatie uitmaakt van een bepaald gebied.

Fossiele brandstof

Energiebron in de vorm van organisch materiaal dat in de loop der tijden fysische en chemische veranderingen heeft ondergaan en zich nu in geologische sedimenten bevindt. Onder de gebruikelijke fossiele brandstoffen vinden we steenkool, aardolie, aardgas, enz...

Fotochemische luchtvervuiling

Secundaire verontreiniging die ontstaat wanneer koolwaterstoffen met stikstofoxiden reageren onder invloed van zonlicht. Hierdoor worden ozon en andere fotochemische producten (vb PAN) gevormd. (zie ook zomersmog)

Fotosfeer

Ondoorzichtige grenslaag van een ster (zon) die slechts een paar honderd kilometer dik is en waarin het zichtbare sterrenlicht ontstaat.

Fotosynthese

Bij planten (en ook bij bepaalde bacteriën) de productie van suikers uitgaande van water en koolstofdioxide (CO₂) uit de lucht, met behulp van chlorofyl en zonne-energie. Tijdens dit proces wordt zuurstof (O₂) geproduceerd. Fotosynthese is van cruciaal ecologisch belang aangezien dit het enige merkbare proces is waardoor mineralen (hier: water en koolstofdioxide) omgezet worden in organische materie (hier: suikers). Uiteindelijk hangen alle dieren, zowel de herbivoren als de carnivoren, voor hun voeding af van de fotosynthese.

Fytoplankton

Plantaardig plankton.

General Circulation Model (GCM)

Een computermodel gebaseerd op fysische wetten, uitgedrukt in wiskundige vergelijkingen, die de atmosferische en oceanische dynamica beschrijven. In veel gevallen worden de atmosferische en oceanische GCM's aan elkaar gekoppeld en spreekt men over gekoppelde atmosfeer-oceaan modellen. Deze modellen houden ook rekening met allerlei processen die het complexe klimaatstelsel beïnvloeden zoals land-oceaan en zeeijs-atmosfeer processen. GCM's worden gebruikt om de impact van de toegenomen CO₂-concentratie in de atmosfeer (door menselijke activiteiten) op het toekomstige klimaat te bepalen.

Geosfeer

De vaste materie aan het aardoppervlak (rotsen, gebergten, continenten, ...)

Gesynthetiseerde organische verbindingen

Een door mensen gemaakt product op basis van koolstof, zoals PCB's, pesticiden en solventen. Deze verbindingen bevatten vaak chloor, zoals PCB's.

Giga

Miljardvoud (10⁹). Eén gigaton is een miljard ton of 10¹⁵ gram.

Gigajoule

10⁹ joule (een miljard joules). Eenheid van energie. Bijvoorbeeld: een ton stookolie heeft een calorische waarde van 36 gigajoules.

Glaciaal

Een tijdperiode waarin koelere klimaatcondities voldoende lang aanhouden en wereldwijd continentale en polaire ijskappen en gletsjers aangroeien. Een glaciaal of ijstijd duurt gemiddeld 50.000 – 100.000 jaar en wordt voorafgegaan door een interglaciaal of tussenijstijd.

Habitat

Leefgebied, onmiddellijk milieu voor een bepaald levend organisme.

Hadley Cell

Celvormige luchtcirculatie waarbij hete vochtige lucht boven de tropen tot 20 km hoogte opstijgt en op een breedte van 30° (op beide halfronden) opnieuw daalt. Vandaar vloeit de afgekoelde lucht opnieuw over het aardoppervlak naar de evenaar.

Holoceen

De huidige tussenijstijd of interglaciaal die ongeveer 12.000 jaar geleden begon.

Hydrosfeer

Het totaal aan vloeibaar water op aarde (oceanen, rivieren, meren,...).

Ijskern

Een lange ijskolom afkomstig van boringen in de ijskap.

Immuunsysteem

Natuurlijk afweersysteem van het lichaam tegen lichaamsvreemde stoffen.

Infrarode straling

Langgolvige warmtestraling met een golflengte van 700 nm. Een deel van deze straling wordt door de broeikasgassen in de atmosfeer opgeslorpt.

Integraal waterbeheer

Een visie op waterbeheer waarbij oppervlaktewater, grondwater, beekstructuur en oevers met de bijbehorende levensgemeenschappen als één samenhangend watersysteem beschouwd en beheerd worden. De centrale doelstellingen zijn onder meer het duurzaam gebruik van oppervlakte- en grondwater en het beschermen en herstellen van waterkwaliteit van watersystemen.

Ion

Een elektrisch geladen atoom of atoomgroep. Vb. K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺...

Katalysator

Een stof die een chemische reactie versnelt, maar schijnbaar niet aan de reactie deelneemt. Een voorbeeld hiervan zijn bv. De platina- en paladiumdeeltjes die zorgen voor de versnelde omzetting van koolwaterstoffen en CO (in CO₂ en H₂O) in de 'autokatalysator'. Dit is een toestel dat zich tussen de motor en de uitlaat op een voertuig bevindt en waarin de zuivering plaatsvindt van koolwaterstoffen, CO en stikstofoxiden.

Kleine IJstijd

Periode tussen ongeveer 1400 en 1850 waarbij koude klimaatcondities overheersten, gekenmerkt door lange, strenge winters en korte, vochtige zomers. De gemiddelde temperatuur was ongeveer 1,5°C kouder dan nu.

Klimaat

De gemiddelde temperatuur, vochtigheid, neerslag, wind en andere meteorologische parameters, karakteristiek voor een bepaald gebied, over een periode van minstens 30 jaar.

Klimaatverdrag

Internationaal Raamverdrag van de Verenigde Naties voor de bescherming van het klimaat.

Koolwaterstof

Organische stof die uitsluitend koolstof en waterstof bevat. Petroleum en de afgeleide stoffen ervan (brandstof, benzine, kerosen, diesel, stookolie, bitumen, smeeriën, paraffine, enz.) bevatten koolwaterstoffen.

Kronendak of kroonlaag

In een bos, het gewelf van bladeren en takken gevormd door de toppen van hoge bomen.

Levenscyclusanalyse

Een analysemethode waarbij alle milieubelastingen van een product van 'de wieg tot het graf' in kaart gebracht worden. Men kan de impact van verschillende producten vergelijken aan de hand van hun 'eco-balans'.

Melanoom

Een uit pigmentcellen bestaand gezwel.

Methylbromide

Product dat voornamelijk wordt aangewend als bodemontsmettingsmiddel. Methylbromide (CH_3Br) tast de stratosferische ozonlaag aan.

Milankovich theorie

Astronomische theorie, opgesteld door Milutin Milankovitch in de jaren '20, die een verband legt tussen de relatieve positie van de aarde ten opzichte van de zon en de natuurlijke globale langetermijnklimaatveranderingen die zich op aarde voordoen (zoals glacialen en interglacialen).

Milieubeleidsplannen

binnen een onderneming

Beleid dat het milieu respecteert, in het kader van alle activiteiten van de onderneming. Dit beleid voorziet meestal in een milieu-audit.

Milieu-effectrapportage

Multidisciplinaire studiemethode waarbij alle invloeden van een bepaald project (industrie, weg...) op het milieu worden bestudeerd. In principe wordt ze uitgevoerd vóór het project van start gaat en heeft ze als bedoeling mogelijke schadelijke gevolgen te voorkomen.

Mineralen

Benaming voor de samenstelling van de levenloze wereld. Dit zijn chemische verbindingen waarin meestal geen koolstof voorkomt (zoals zuurstof in de lucht en minerale zouten in de bodem), met uitzondering dan van enkele eenvoudige verbindingen zoals koolstofdioxide (CO_2) en koolstofmonoxide (CO) (tegenovergestelde van organische materie). Veel verbindingen met mineralen zijn noodzakelijk voor de voeding van de planten.

Mycorrhiza

Samenwerkingsverband tot wederzijds voordeel (of symbiose) tussen een zwam en de wortels van een boom. Het mycelium, het ondergrondse gedeelte van de zwam bestaande uit microscopische draden, verbindt zich met de wortels van de boom. Het zo gevormde netwerk vergemakkelijkt de opname van water en voedingsstoffen door de boom. Als tegenprestatie levert de boom aan de zwam suikers die gevormd worden door fotosynthese.

Necrose

Aantasting van een orgaan of weefsel door het geheel of gedeeltelijk afsterven van de cellen ervan.

Nitrificatie

Proces waardoor micro-organismen van de bodem of van het water (waaronder bacteriën) atmosferisch stikstof (N_2) en stikstof uit ammoniak (NH_3 , NH_4^+) omvormen tot nitraten (NO_3^-).

NO_x

de som van de gassen NO en NO_2 .

Organische materie

Benaming voor koolstofverbindingen die bijdragen tot de opbouw van levende organismen (planten, dieren, zwammen, bacteriën) en die teruggevonden worden in hun afval, kadavers, uitwerpselen, enz. Het betreft hier voornamelijk proteïnen, suikers (of gluciden), vetten (of lipiden), DNA, enz. (tegenovergestelde van mineralen).

Overbevising

Situatie waarin de visbestanden door de mens te intensief geëxploiteerd worden. Overbevising is het gevolg van overdreven en vaak niet selectieve visvangst.

Ozon

Een vorm van zuurstof waarbij drie zuurstofatomen een molecule vormen (O_3). In de stratosfeer houdt ozon de schadelijke UV-B-straling van de zon tegen. Aan de grond is ozon een pollutant en wordt gevormd uit diverse vervuilende gassen (NO_x en koolwaterstoffen) in aanwezigheid van sterk zonlicht.

Ozonlaag

Luchtlaag in de stratosfeer tussen grofweg 15 en 40 km hoogte waar de ozonconcentratie hoog is. De ozonlaag beschermt het leven op aarde door de schadelijke UV-B-straling van de zon te absorberen.

Paleoklimaat

Klimaat uit het verleden.

PAN

Peroxyacetylnitrat, een bestanddeel van de (fotochemische) zomersmog.

PCB's (polychloorbifenylen)

Groep van meer dan 200 gesynthetiseerde organische verbindingen. Dit zijn de cyclische koolwaterstoffen van de familie van de aromatische chloorverbindingen. Dank zij hun interessante eigenschappen (thermische stabiliteit, onbrandbaarheid, niet geleiden van elektriciteit, smerende eigenschappen), worden PCB's gebruikt in tal van elektrische apparaten (transformatoren, condensatoren, weerstanden, enz.). We treffen ze onder meer aan in lampen, huishoudapparaten, maar ook in bepaalde soorten verf, vernis, inkt en mastiek. In het begin van de jaren '90 besloten de landen van de OESO de productie van PCB's stop te zetten omwille van hun toxische aard. Sindsdien lopen ook programma's die gericht zijn op het vernietigen van apparaten waarin PCB's gebruikt werden.

Petroleumterminal

het geheel van installaties die gebruikt worden voor het lossen en laden van petroleumtankers, en voor de opslag van petroleumproducten, en die zich aan het einde van een pijpleiding bevindt.

pH

Eenheid waarin de zuurgraad (concentratie van waterstofionen) van een oplossing wordt uitgedrukt. Een neutrale oplossing heeft een pH van 7. De pH van een zure en basische oplossing is respectievelijk lager en hoger dan 7.

Plankton

Algemene benaming voor de plantaardige en dierlijke organismen die vrij in het open water (zowel zoet als zout water) zweven en die zich niet of nauwelijks op eigen kracht kunnen voortbewegen, maar voor hun voortbeweging afhankelijk zijn van verticale en horizontale stromingen. Het betreft hier bacteriën, diatomeeën en andere microscopische algen, microscopische schaaldieren en larven van vissen of ongewervelden (schaaldieren, weekdieren, zeeanemonen, zeespinnen, zee-egels, kwalen,...)

Polluent

Vervuilende stof. Een bijproduct van antropogene activiteiten dat in het milieu terecht komt en schade kan veroorzaken aan mens, plant en dier.

Polyaromatische koolwaterstoffen

groep van organische verbindingen die meerdere benzeenringen als basisstructuur hebben. De meest toxische is benzo(a)pyreen.

Ppb

Engels 'parts per billion'. Eenheid van concentratie die overeenkomt met één deeltje per miljard. (Bijvoorbeeld: één molecule per miljard moleculen).

Ppm

Engels 'parts per million'. Eenheid van concentratie die overeenkomt met één deeltje per miljoen. (Bijvoorbeeld: één molecule per miljoen moleculen).

Precursor

Voorloperstof.

Protocol van Kyoto

Protocol, goedgekeurd in Kyoto (Japan) in december 1997, dat de uitstoot van enkele belangrijke broeikasgassen, zoals CO₂, CH₄ en N₂O limiteert.

Protocol van Montreal

Protocol ter bescherming van de stratosferische ozonlaag, afgesloten in Montreal in 1987. Het Protocol werd gewijzigd en aangepast te Londen (1990), Kopenhagen (1992) en Wenen (1995). Het Protocol verbiedt het gebruik en de productie van ozonafbrekende stoffen zoals CFK's, HBFK's, halonen.

Radicaal

Een atoom of atoomgroep met een ongepaard elektron. Vrije radicalen worden in de atmosfeer gevormd door de absorptie van zonlicht door een molecule waarbij een chemische binding wordt verbroken. Radicalen zijn uiterst reactief. Ze worden conventioneel voorgesteld door een zwart puntje na het atoom of de atoomgroep. Bv. Cl•

Schor

Buitendijkse aanwas die alleen bij zeer hoog water (storm of springvloed) onderloopt en dus begroeid is.

Sediment

Modder, zand of ander materiaal dat afgezet wordt op de bodem van de zee, in zones van stilstaand water, op de oevers van een waterloop, enz.

Seringueiro

Benaming in het Amazonegebied voor iemand die de latex uit de rubberbomen oogst. Fotosynthese.

Slik

Slijkplaten, aanslibbingen die bij elke vloed overstroomd worden. Achter de slikken liggen de schorren.

Smog

Samentrekking van de woorden 'smoke' en 'fog'. Zie wintersmog en zomersmog.

Stomata

Huidmondjes. Dit zijn de kleine natuurlijke openingen in de epidermis (buitenste laag van cellen) van de bladeren. Door de stomata te openen of te sluiten, regelt de plant de uitwisseling van zuurstof (O₂), koolstofdioxide (CO₂) en waterdamp met de buitenwereld tijdens ademhaling en fotosynthese.

Stratosfeer

Deel van de atmosfeer tussen 15 en 50 km hoogte waarin zich de ozonlaag bevindt.

Symbiose

Samenwerking met wederzijds voordeel tussen organismen.

TBT

Tributyl-tin is een pesticide dat gebruikt wordt op de romp van schepen om te vermijden dat algen, weekdieren en andere zeelevers er zich op vasthechten.

Temperatuursinversie

Atmosferische toestand waarbij de temperatuur toeneemt met de hoogte. Inversies functioneren als een plafond waardoor convectie wordt belet. Hierdoor kunnen eventueel aanwezige pollutanten niet uit de onderste luchtlagen ontsnappen. In de troposfeer creëert een inversie gewoonlijk stabiele atmosferische condities.

Terrestrisch

Van het land.

Thermohaliene oceaancirculatie

Verticale oceaanstroming waarbij oceaanwater zinkt als gevolg van dichtheidsverschillen in het water te wijten aan verschillen in temperatuur (thermo) en zoutgehalte (halien).

Toxine

Biologische stof met giftige eigenschappen.

Toxisch

Giftig.

Trawlvisserij of sleepvisserij

Visvangst waarbij gebruik gemaakt wordt van één of meerdere sleepnetten (ze ook boomkornet).

Tropopauze

De grenslaag tussen de troposfeer en de stratosfeer, gekenmerkt als het punt waar de temperatuur niet meer afneemt met de hoogte.

Troposfeer

Laagste luchtlaag van de atmosfeer die zich uitsprekt van de grond tot ongeveer 15 km hoogte, de basis van de stratosfeer. De meeste weersverschijnselen spelen zich af in de troposfeer. In de troposfeer neemt de temperatuur geleidelijk af met de hoogte.

Ultraviolette (UV) straling

Deel van het kortgolfige zonlicht met een golflengte tussen 100 nm en 400 nm. Conventioneel wordt de UV-golflengteband ingedeeld in 3 groepen: UV-C (100-280 nm), UV-B (280-320 nm) en UV-A (320-400 nm). Verhoogde blootstelling aan UV-B-straling is biologisch schadelijk.

Verval van een boom

Een geleidelijke en algehele verzwakking van de boom veroorzaakt door een aantasting van de vitale functies. Men spreekt over verval wanneer men een langdurige achteruitgang opmerkt in het uitzicht en de groei van de boom.

Vliegas

Zeer fijne verbrandingsresten die door de rookgassen worden meegevoerd. Vliegas kan zware metalen, dioxines of PAK's bevatten.

Voedselketen

benaming voor de voedselrelaties tussen organismen van een ecosysteem. Elke voedselketen volgt dit basisschema: planten – herbivoren of planteneters – carnivoren of vleeseters 1 – carnivoren 2, enz.

Voorzorgsprincipe

Principe dat inhoudt dat men, bij grote risico's, niet kan wachten met het nemen van maatregelen tot het sluitende wetenschappelijke bewijs van de schadelijkheid van bepaalde stoffen op het milieu is geleverd.

Waldsterben

Duitse benaming om het afsterven van bossen (door o.a. zure regen) aan te duiden.

Wintersmog

Wintersmog komt vooral voor op koude, vochtige dagen waarbij grote hoeveelheden SO₂, CO en zwevende deeltjes in de lucht aanwezig zijn en zwavelzure druppeltjes kunnen worden gevormd. Hierdoor ontstaat een (zwavelzure) mist die het zicht sterk belemmert.

Zoöplankton

Dierlijk plankton.

Zomersmog of fotochemische smog

Zomersmog wordt gevormd op warme, zonnige dagen waarbij de fotochemische vorming van ozon wordt bevorderd. Hierbij ontstaat een mengsel van ozon, NO₂ en tal van andere fotochemische producten (aldehyden, PAN) die samen met de vele stofdeeltjes in de lucht een blauwachtige bruingele mist vormen.

Zure regen

Regen, sneeuw of mistdruppeltjes waarvan de pH lager is dan 5,6. Normale regen heeft reeds van nature een pH van ongeveer 5,6 en is dus al een beetje zuur.

Zware metalen

Metalen met een dichtheid van meer dan 5g/cm³. Enkele voorbeelden zijn arseen, lood, kwik, koper, zink, cadmium, chroom en nikkel. Zware metalen zijn biologisch niet afbreekbaar en kunnen bij te hoge concentraties toxisch zijn voor mens en milieu.

Afkortingen

BIM

Brussels Instituut voor Milieubeheer.

BMM

Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium. Departement van het KBIN.

FAO

Food and Agriculture Organisation, de voedsel- en landbouworganisatie van de Verenigde Naties.

ICEN

International Council for the Exploration of the Sea.

IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change.

IRCEL

Interregionale Cel voor het Leefmilieu.

IUCN

International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (Internationale Unie voor Natuurbescherming)

KBIN

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

KMI

Koninklijk Meteorologisch Instituut.

MVP

Mondiale Verwarmingspotentie.

NASA

National Aeronautics and Space Administration.

OESO

Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling.

PAK

Polyaromatische koolwaterstoffen.

PSC

Polar Stratospheric Clouds.

UNEP

United Nation Environment Programme.

UNESCO

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, organisatie van internationale samenwerking inzake opvoeding, wetenschap en cultuur.

VN

Verenigde Naties.

VITO

Vlaamse instelling voor Technologisch Onderzoek.

VMM

Vlaamse Milieumaatschappij.

WMO

World Meteorological Organisation.

WWF/WNF

World Wide Fund for Nature/Wereldnatuurfonds.

Scheikundige symbolen

CO	koolstofdioxide
SO ₂	zwaveldioxide
NO	stikstofoxide
NO ₂	stikstofdioxide
CH ₄	methaan
N ₂ O	distikstofoxide
O ₂	zuurstof
O ₃	ozon
CO	koolstofmonoxide
N ₂	stikstof
H ₂ SO ₄	zwavelzuur
HNO ₃	salpeterzuur
H ₂ CO ₃	koozuur
NH ₃	ammoniak
CaCO ₃	calciumcarbonaat
CaSO ₄	calciumsulfaat
HCl	zoutzuur (waterstofchloride)
Ca	calcium
Mg	magnesium
K	kaliüm
H	waterstof
Pb	lood
Cd	cadmium
Hg	kwik
Cr	broom
Cu	koper
Zn	zink
PVC	polyvinylchloride
PET	polyethyleentereftalaat
H ₂ O	water
µg/m ³	microgram (1/1000ste milligram) van een stof per kubieke meter lucht.

Bronvermelding illustraties

Thematische illustraties

Yannart G., KBIN.

- p. 8 Meunier, C.: 'Het zwarte Land – Borinage'. Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België, Brussel. Speltdoorn.
- p. 9 Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures.
- p. 10 BIM.
- p. 11 PhotoDisc. Vol 31 (boven); Hubin T., KBIN (onder).
- p. 12 Cobut G., KBIN.
- p. 13 Naar Vandecasteele C., KULeuven, Milieu-problemen (boven); Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures (onder).
- p. 15 Wildlife Pictures, Etchart/Still Pictures.
- p. 16 IMAGES model, Müller J.-F., BIRA (boven); BIM (onder).
- p. 17 Goodshoot, N° 34 (boven); BIM (onder).
- p. 18 Op de Beeck L., KBIN (boven); Hubin T., KBIN (onder).
- p. 19 The Independent / Tom Pilston.
- p. 20 Op de Beeck L., KBIN (naar Paul D. Stolly en Tamar Lasky, Epidemiologie, Speuren naar patronen van ziekte en gezondheid, Natuur en Techniek, Segment Uitgeverij, 1997) (boven); Op de Beeck L., KBIN (midden en onder).
- p. 21 Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures.
- p. 22 De Witte E., Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium.
- p. 25 Op de Beeck L., KBIN (naar BIM, Samenvatting van het planontwerp betreffende de preventie en het beheer van afvalstoffen) (boven); Hubin T., KBIN (onder).
- p. 28 Devestele M.
- p. 29 Unité des Eaux et Forêts, UCL (rechts- en linksboven); Hubin T., KBIN (links- en rechtsonder).
- p. 30 Lowie V., KBIN.
- p. 31 Golinvaux P., KBIN.
- p. 32 Golinvaux P., KBIN (boven); Cnops N. (onder).
- p. 33 Unité des Eaux et Forêts, UCL (linksboven); Krause G., Landesanstalt für Immissionsschutz, Essen (rechtsboven); Dulière J.-F., Université de Mons-Hainaut (onder).
- p. 34 Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, Commission européenne, 'Etat des forêts en Europe; Syntheserapport 1997'.
- p. 37 Hubin T., KBIN.
- p. 38 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 39 Op de Beeck L., KBIN (naar IPCC, Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Houghton J.T. et al. (Eds), Cambridge University Press).
- p. 41 Op de Beeck L., KBIN (boven); Dekeyzer C., KBIN (onder).
- p. 42 Op de Beeck L., KBIN (naar IPCC, Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Houghton J.T. et al. (Eds), Cambridge University Press).
- p. 43 Courtesy H. Zumbühl, van U. Schotterer en P. Aemmer: Climate our future.
- p. 44 IPCC, Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Houghton J.T. et al. (Eds), Cambridge University Press (boven); Op de Beeck L., KBIN (naar IPCC, Climate Change 1995) (onder).
- p. 45 Naar Imbrie J. et al., in Climate and Geosciences, A. Berger, S. Schneider en J.C.I. Duplessy (eds), p 12-164, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Holland), 1989 (boven); Op de Beeck L., KBIN (naar Bjorn G. Andersen en Harold W. Borns, The Ice Age World, Scandinavian University Press) (onder).
- p. 46 Op de Beeck L., KBIN (naar Egbert K. Duursma, Natuur en Techniek, 62, 11, 1994).
- p. 47 Dubois F., Amateursternenwacht ADONIS (boven); naar James B. Kaler, Sterren, Sleutels tot begrip van ons heelal, Natuur en Techniek, Maastricht/Brussel, 1994 (onder).
- p. 48 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 49 Dekeyzer C., KBIN (naar 'Winterland-schap' van Pieter Breughel de Jongere) (links); Lonnie G. Thompson, Byrd Polar Research Center, Ohio State University (rechts).
- p. 50-51 Twickler M., Institute for the Study of Earth, Oceans and Space, University of New Hampshire.
- p. 52 Wildlife Pictures, Maier J./ Still Pictures.
- p. 53 PhotoDisc. Vol 31 (boven en onder).
- p. 54 IPCC, Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Houghton J.T. et al. (Eds), Cambridge University Press (boven); T.E. Graedel en Paul J. Crutzen, Atmospheric Change, An Earth System Perspective. W.H. Freeman and Company, New York (midden); IPCC, Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, Houghton J.T. et al. (eds.), Cambridge University Press, 1990 (onder).
- p. 55 Lorius C. et al., Nature, 347, 139, 1990 (boven); Wildlife Pictures, R. Henno (onder).
- p. 56 Hubin T., KBIN.
- p. 58 Hadley Center for Climate Prediction and Research, Meteorological Office, Bracknell, UK.
- p. 61 IPCC, Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Houghton J.T. et al. (Eds), Cambridge University Press (boven en onder).
- p. 62 Jenkins G., Hadley Center for Climate Prediction and Research, Meteorological Office, Bracknell, UK.
- p. 63 IPCC, Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Houghton J.T. et al. (Eds) Cambridge University Press.
- p. 64 IPCC, Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Watson R.T. et al. (Eds), Cambridge University Press.
- p. 65 Wildlife Pictures, Guarita C./Still Pictures (boven); Wildlife Pictures, Bloch H./Still Pictures (onder).
- p. 66 Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures.
- p. 67 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 69 Wildlife Pictures, Sheng/Still Pictures.
- p. 70 Golinvaux P., KBIN.
- p. 71 Billiet F., Nationale Plantentuin van België (rechtsboven); Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures (linksonder); Wildlife Pictures, Montford/Bios (rechtsonder).

- p. 72 Billiet F., Nationale Plantentuin van België (1ste en 2de links); Wildlife Pictures, Fogden M./OSF (3de links, 2de en 3de rechts); Wildlife Pictures, Rey-Millet/Bios (4de links); Wildlife Pictures, Dufresne/Bios (1ste rechts).
- p. 73 Golinvaux P., KBIN (naar Fearnside P.M., 'Amazonie: la déforestation repart de plus belle', La Recherche, n°294, pp.44-46, 1997) (boven); Billiet F., Nationale Plantentuin van België (onder).
- p. 74 Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures.
- p. 75 Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures (boven); Neut J., KBIN (naar Withmore T.C., An introduction to tropical rain forests, Clarendon Press, Oxford, 1990) (onder).
- p. 76 Wildlife Pictures, Heuclin/Bios (boven); Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures (onder).
- p. 78 Hubin T., KBIN.
- p. 79 Golinvaux P., KBIN.
- p. 80 Wildlife Pictures, Giradet H./Still Pictures.
- p. 81 Wildlife Pictures, Giradet H./Still Pictures.
- p. 84-87 Poesen J., Instituut voor Aardwetenschappen, K. U. Leuven.
- p. 88 Chapelle G., KBIN.
- p. 89 Op de Beeck L., KBIN.
- p. 90 Op de Beeck L., KBIN.
- p. 91 De Backer H., KMI (links); NASA, Goddard Space Flight Center (R. Wooldridge) (rechts).
- p. 92 NASA, Goddard Space Flight Center (R. Wooldridge).
- p. 93 KMI (boven); Wildlife Pictures, Maslennikov A./Still Pictures (onder).
- p. 94 Bojkov R.D. The Changing Ozone Layer, WMO/UNEP, 1995.
- p. 95 Hofmann et al., Geophysical Research Letters, 22(18), 2493, 1995 (boven); NASA, Goddard Space Flight Center (R. Wooldridge) (onder).
- p. 96 British Antarctic Survey (boven); Op de Beeck L., KBIN (naar Alan Wellburn, Air Pollution and Climate Change, The Biological Impact, J. Wiley & Sons, NY, 1994) (onder).
- p. 97 Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (boven); Op de Beeck L., KBIN (naar Chemistry in the Atmosphere. Commission of the European Communities, DG XII, 1993.) (onder).
- p. 98 NASA, Goddard Space Flight Center (R. Wooldridge) (boven en onder).
- p. 99 Bojkov R.D., The Changing Ozone Layer, WMO/UNEP, 1995.
- p. 101 De Backer H., KMI.
- p. 103 De Dobbeleer. Erasmus Ziekenhuis.
- p. 104 Dekeyzer C., KBIN (boven en onder).
- p. 105 Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS) Program Office, Washington DC, USA. (RIVM).
- p. 106 Bojkov R.D., The Changing Ozone Layer, WMO/UNEP, 1995.
- p. 107 ALE/GAGE/AGAGE global network program. (RIVM). (boven); Chapelle G., KBIN (onder).
- p. 108 Neut J., KBIN (naar Water Research Centre, 1995).
- p. 109 North Sea Quality Status Report 1993 (boven); Hubin T., KBIN (midden en onder).
- p. 110 Hubin T., KBIN (boven); Donnay E., BMM, KBIN (onder).
- p. 111 Op de Beeck L., KBIN (naar Ramade F., Sci. Prog., La Nature, Dunod éd., 1968).
- p. 112 Declerck D., Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek - Gent, Departement Zeevisserij.
- p. 113 Hubin T., KBIN (boven); Sheridan R. (onder).
- p. 114 Donnay E., BMM, KBIN.
- p. 115 BMM, KBIN.
- p. 116 Wildlife Pictures, Brochier A.
- p. 117 Op de Beeck L., KBIN (naar Braunwarth A. et Bertrand P., Au menu: le plancton, Archimède, L'école des loisirs, Paris, 1993).
- p. 118 Hubin T., KBIN (boven); Op de Beeck L., KBIN (naar Braunwarth A. et Bertrand P., Au menu: le plancton, Archimède, L'école des loisirs, Paris, 1993) (linksonder); Rousseau V., GMMA, ULB (rechtsonder).
- p. 119 Defossez L., KBIN (naar OSPARCOM, 1992) (links); North Sea Quality Status Report 1993 (rechts).
- p. 121 Hubin T., KBIN.
- p. 124 Hubin T., KBIN.
- p. 125 Meire P., Instituut voor Natuurbehoud (boven en onder).
- p. 126 Meire P., Instituut voor Natuurbehoud.
- p. 127 Vandamme B., Instituut voor Natuurbehoud.
- p. 128 Wildlife Pictures, Henno R.
- p. 129 PhotoDisc. Vol 31 (boven en midden); Goodshoot N° 22 (onder).
- p. 130 Goodshoot N° 27.
- p. 131 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 132 Wildlife Pictures, Edwards M./Still Pictures.
- p. 134 Goodshoot N° 29.
- p. 135 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 136 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 137 Stockbyte CD 11.
- p. 138 Goodshoot N° 38.
- p. 139 Hubin T., KBIN (boven); Goodshoot N° 33 (onder).
- p. 140 Naar European Commission DG XI, Caring for our future (boven); Stockbyte CD 9 (linksonder); CRIOC en Max Havelaar (rechtsonder).
- p. 141 PhotoDisc. Vol 31 (boven); Stockbyte CD 6 (onder).
- p. 143 Goodshoot N° 29.
- p. 144 PhotoDisc. Vol 31.
- p. 145 Zaccari E., ULB.
- p. 146 Goodshoot N° 26.
- p. 147 Stockbyte CD 21.
- p. 148 Stockbyte CD 3.

© Uitgeverij Lannoo nv, Tiel – 1998

TEKSTEN

Pascale Corten-Gualtieri
Walter De Jonge
Philippe Van Haver
en Edwin Zaccari

EINDREDACTIE EN VERTALING

Greta Crauwels

FOTO'S EN TEKENINGEN

Zie bronvermelding foto's,
pagina 158 en 159

ONTWERP COVER

Damien Bihl, NAos Design

VORMGEVING

Aplanos

GEDRUKT EN GEBONDEN BIJ

Drukkerij Antilope, Lier
Printed in Belgium

Dit boek werd gedrukt op een milieuvriendelijk papier (50% ontinkte recycling + 50% TCF).

ISBN 90 209 3426 0

Wettelijk depot D/1998/45/210

De uitgever heeft ernaar gestreefd de rechten op de illustraties te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Wie echter meent nog rechten te kunnen doen gelden, kan zich alsnog tot de uitgever wenden.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatisch gegevensbestand en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch of op enige andere manier zonder voorgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

PASCALE CORTEN-GUALTIERI is doctor in de biologie van de Université Catholique de Louvain. In 1995 verdedigde zij haar doctoraat, dat gewijd was aan het onderwijs en de vulgarisatie van de wetenschappen. Haar ervaring als assistente aan de universiteit, haar persopleiding en tenslotte haar functie als wetenschappelijk commissaris aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, dragen bij tot een globaal project rond de communicatie van wetenschappelijke kennis.

PHILIPPE VAN HAVER is doctor in de scheikunde en volgde een opleiding Milieukunde. Als wetenschappelijk medewerker verrichtte hij enkele jaren onderzoek in het kader van de ozonproblematiek op het Koninklijk Meteorologisch Instituut. Daarna was hij als wetenschappelijk commissaris verbonden aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

De experts EDWIN ZACCAÏ en WALTER DE JONGE zijn verbonden aan de studiecentra voor Duurzame Ontwikkeling van respectievelijk de ULB en de RUG.