

MENS:
een indringende
en educatieve
visie op het
leefmilieu

Dossiers en rubrieken
didactisch gewikt
en gewogen door
eminente specialisten

60

MENS

Afgiftedatum 15 mei 2006
Afgiftekantoor Antwerpen X

België - Belgique

PB/PP

2099 Antwerpen

BC 6563

P409029

Driemaandelijks populair-wetenschappelijk tijdschrift

Beter geen vuiltje aan de hand
dan tien in de lucht

Milieu-
Educatie,
Natuur &
Samenleving





Inhoud

Beter geen vuiltje aan de hand dan tien in de lucht	3
Als de hemel op je hoofd dreigt te vallen	4
Wat blazen we allemaal de lucht in?	6
Zure regen	8
Fijn stof	9
Kijk eens wat ik inadem	11
Hoe krijgen we een zuivere lucht?	12
Zucht	15

Voorwoord

Ga, en maak de mortel, bouw stenen voor je huis.

Zo zingt een van Vlaanderens grootste troubadours, Wim De Craene. Een motto dat vele wetenschappers wellicht het hunne willen beschouwen. Wetenschappers zijn immers bouwers, is het niet aan een theorie, dan eerder toegepast, dus aan een installatie, aan een fabriek, een toestel, ... Wetenschappers breken ook af - foute ideeën, verouderde theorieën, en inefficiënte of vervuilende installaties - en vervangen ze waar mogelijk door betere versies. Een inspirerende gedachte. Of niet?

Wetenschap is namelijk geen evidente zaak. Wetenschap is hard, oogt moeilijk, vergt een bijzondere inspanning bij het leren kennen van de puzzelstukjes, voor ze in mekaar vallen. Wetenschap heeft vaak ook een slechte naam. Frankenvoedsel, de stank van de chemie, de atoombom. Dat die slechte naam onterecht is, vergeet men er al te vaak bij te vertellen.

Er bestaan ook al te hoge verwachtingen rond de betekenis van wetenschap in de samenleving. Net zoals de wetenschap niet zo maar problemen creëerde, kan ze binnen een tijdspanne van maanden scheve situaties recht trekken. Met alle respect voor de stripauteurs in ons land, maar er werken geen Gobelijns of Barabassen in onze universiteiten. Voor wie zit te wachten op een teletijdmachine, jammer ; voor wie niet graag een slurf of een boom op z'n hoofd heeft, wellicht een hele opluchting.

Wetenschap is langs de andere kant een steeds belangrijker component van onze samenleving, en een fundamentele kennis van wetenschap is even belangrijk aan het worden als kunnen lezen en rekenen. En net zoals kunstenaars broodnodig zijn om ons leven kleur te geven, zo zijn gedreven wetenschappers nodig, als zout der aarde. Mensen die zich niet laten afschrikken door een moeilijk begin, maar integendeel op zoek zijn naar een coherent beeld van de wereld rondom hen, en die een bijdrage willen leveren aan het verbeteren van die wereld.

Dit nummer van MENS mag dan ook dienen als prikkel voor jonge mensen die een carrière in de wetenschap nog niet volledig terzijde hebben geschoven. De weg is lang, de gids weet het allemaal niet echt meer, en we hebben verkenners nodig om het juiste pad te vinden. Neem dus de uitdaging mee aan, en bouw mee aan dat betere huis om in te wonen.

Ten slotte is zelf de handen uit de mouwen steken, de koe bij de horens vatten, de tocht durven ondernemen ongeacht of je ooit aankomt of niet, toch wel dat wat ons het meest menselijk maakt.

*Maybe God wanted to make
Something ugly but in great shape
Like the complexity of the human psyche*

Geert Potters
MENS



MENS is een uitgave van de VVB vzw, de Vlaamse Vereniging voor Biologie. In het licht van het huidige maatschappijmodel ziet zij objectieve wetenschappelijke voorlichting als één van de basisdoelstellingen.

www.2mens.com

Onder de auspiciën van:

- Federale diensten voor Wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (DWTC)
- Belgisch Werk tegen Kanker en Vlaamse Kankerliga
- Koninklijke Vlaamse Chemische Vereniging (K.V.C.V.)
- Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging (KVIV)
- Vereniging Leraars Wetenschappen (VeLeWe)
- Vereniging voor het Onderwijs in de Biologie (V.O.B.)
- Vereniging Leraars Aardrijkskunde (V.L.A.)
- Vlaamse Ingenieurskamer (V.I.K.)
- Water - Energie - Leefmilieu (WEL)
- Centrum voor Milieusanering, U. Gent
- Verbond der Vlaamse Academics (V.V.A.)
- Nederlands Instituut voor Biologen (NIBI)
- Natuur & Wetenschap
- Provinciaal Instituut voor Milieu-Educatie (PIME)
- Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen (KMDA)
- Zoo Antwerpen en dierenpark Planckendael
- Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN)
- Koninklijk Instituut voor het duurzaam beheer van de Natuurlijke rijkdommen en de bevordering van de schone Technologie (K.I.N.T.)
- Em. Prof. Dr. Rudi Baron Verheyen, Ere Rector-Voorzitter UA

Coördinatie:
Prof. Dr. R. Caubergs
roland.caubergs@ua.ac.be

Hoofd- en eindredactie:
Dr. G. Potters
mens@ua.ac.be

Kernredactie:
K. Bruggemans
R. Caubergs
G. François
L. Hens
L. Maesele
C. Thoen

Info en abonnementen:
C. De Buyscher
Te Boelaarlei 23, 2140 Antwerpen
Tel.: 03 312 56 56 - Fax: 03 309 95 59
corry.mens@telenet.be

Abonnement: 18 € op nr. 777-5921345-56

Educatief abonnement: 10 €
of losse nummers: 3,15 €
(mits vermelding instellingsnummer)

Promotie en externe relaties:
I. Van Herck
GSM: 0475 97 35 27
Fax: 051 22 65 21
inge.vanherck@ua.ac.be

Topic and fund raising:
Dr. S. De Nollin
Tel.: 03 609 52 36 - Fax 03 609 52 37
e-mail: sonja.denollin@ua.ac.be

Verantwoordelijke uitgever:
Prof. Dr. R. Valcke
roland.valcke@uhasselt.be

Met dank voor de illustraties aan:
VITO
Hilde Van Craen

© Alle rechten voorbehouden MENS 2006

Beter geen vuiltje aan de hand dan tien in de lucht



SAMENLEVING · MILIEU
DOSSIER

De tijd verslindt de steden? De stenen alvast wel. Antieke monumenten mogen de eeuwen getrotseerd hebben, in de twintigste eeuw loopt het fout. De klassieke Griekse beelden op het Parthenon kunnen ervan meespreken. De originele Karyatiden staan opgesloten in een ruimte waar enkel gezuiverde lucht binnen kan. Kopieën houden het verleden in stand.

Zomerweer, dus tijd om te sporten? Liever niet, de weerman kondigt een ozonalarm af. Kinderen, ouderen, astma- en hartpatiënten én overijverige joggers worden geacht zich niet te veel in te spannen.

In São Paulo moeten autobezitters zich houden aan een beurtrol. Afhankelijk van het eerste cijfer op je nummer-

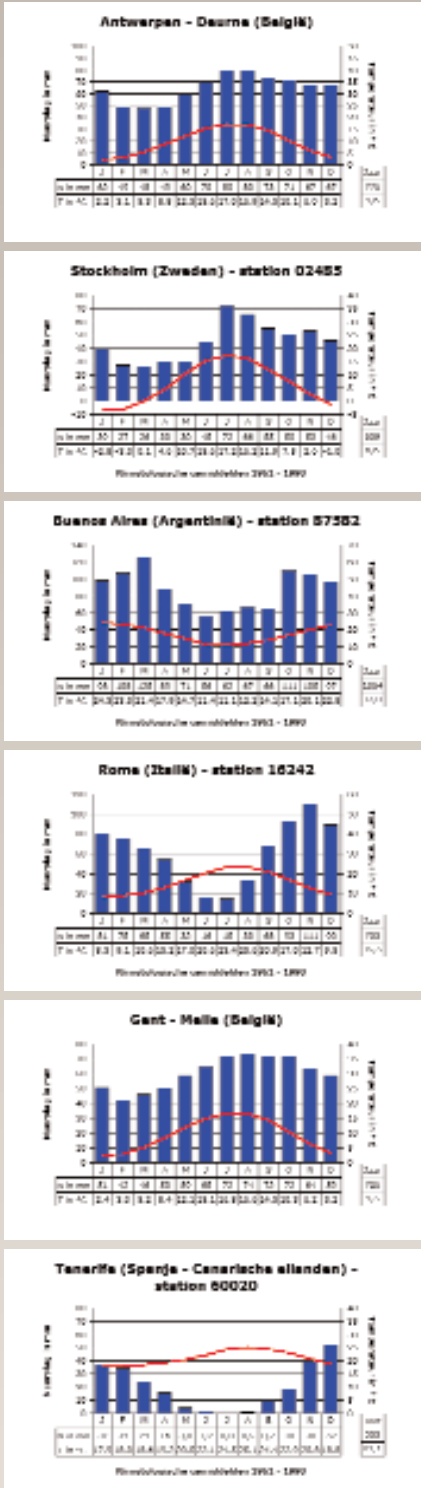
Dit dossier werd samengesteld door Geert Potters
Met medewerking van:
Silvia Lenaerts (Universiteit Antwerpen)
Jan Kretschmar (VITO)
Dirk Fransaer (VITO)
Raf Dewil (Universiteit Antwerpen)

plaat mag je op een bepaalde dag in de week niet rijden. Niet te ver, alleszins. Zo tracht de stedelijke overheid in een stad van 12 miljoen inwoners de files onder controle te houden... en tegelijk ook de uitstoot van uitlaatgassen.

En soms stinkt het in de haven van Antwerpen. En ver daarbuiten.

In dit dossier krijg je heel wat viezigheid te verwerken. Viezigheid die je inademt, met name. We hebben het over luchtvervuiling. Wat komt er uit een fabrieksschoorsteen, wat uit een uitlaat van een auto, wat hangt er in de lucht rondom ons, en vooral, hoe krijgen we onze lucht weer wat properder? Poets je scheikunde maar op, start je deltalvlieger en vlieg met ons mee.

In België regent het veel te veel! Juist of fout?



Bron: www.kmi.be

Als de hemel op je hoofd dreigt te vallen...

Voor we het pad van de vervuiling opgaan, moeten we ons toch even oriënteren. Het gaat over lucht. Wat bedoelen we met 'de lucht'? Rondom de aarde ligt natuurlijk de volledige atmosfeer, een dik deken van gassen die onze planeet omvat. Zonder deze laag zou het leven op aarde onmogelijk zijn. De atmosfeer bevat niet alleen de gassen die levende wezens nodig hebben om te overleven (zoals zuurstof en koolstofdioxide), maar bepaalde lagen houden bijvoorbeeld ook de schadelijke straling van de zon tegen.

Troposfeer

Het grootste deel van de gasmassa zit onderaan, in de zogenaamde troposfeer. Deze laag is ongeveer 10 km dik (afhankelijk van waar je bent op aarde), en wordt aan de buitenkant begrensd door de tropopauze. Ze bevat 75% van alle gassen van de hele atmosfeer, tezamen met grote hoeveelheden waterdamp en stof. De troposferische gasmassa's zijn redelijk turbulent: de warmte van de zon veroorzaakt verschillende vormen van stroming. Deze bewegingen ervaren we dagelijks: ze zijn immers de oorzaak van het weer op aarde. Hoe hoger je gaat in de troposfeer, hoe kouder het wordt. Op 10 km hoog heeft de troposfeer een temperatuur van -60°C . Het grote temperatuurverschil met wat wij aan den lijve ondervinden, zorgt ervoor dat er heel wat lucht op en neer beweegt: koude lucht daalt immers, en warme lucht stijgt. Gelukkig maar voor ons: zo worden alle verontreinigingen die we aan het oppervlak uitstoten, over de hele atmosfeer verspreid. Anders zouden we onszelf allang compleet vergiftigd hebben. Bijna alle processen waar het in de rest van dit dossier over gaat, vinden plaats in de troposfeer.

Samenstelling van de atmosfeer

Stikstofgas	N ₂	78%
Zuurstofgas	O ₂	21%
Argon	Ar	0,93%
Koolstofdioxide	CO ₂	0,04%
Andere	-	0,03%

De atmosfeer is echter geen homogeen geheel. Ze bestaat uit verschillende lagen, alle met een bepaalde samenstelling, dichtheid en temperatuur.

Stratosfeer

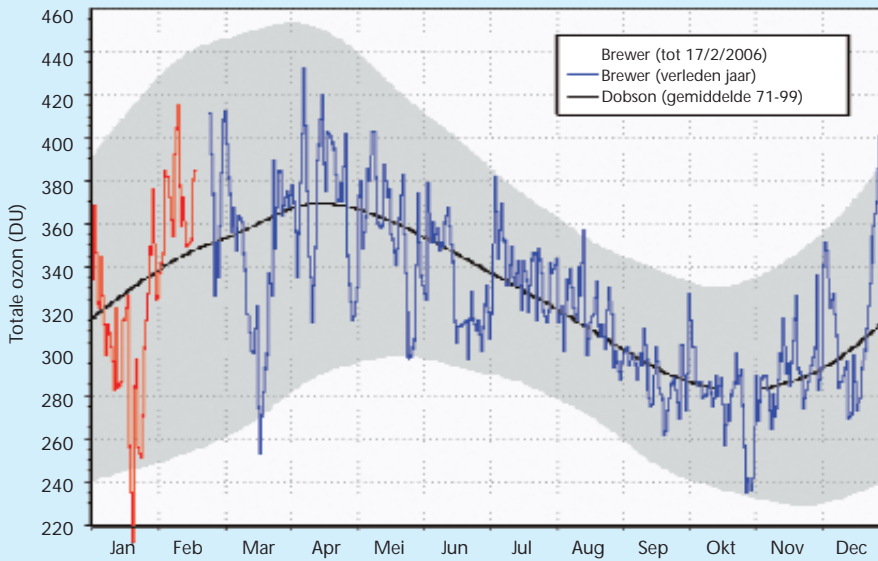
Tussen de tropopauze en de stratopauze (40 km boven het aardoppervlak) ligt de stratosfeer. Deze laag bevat 19% van alle gassen van de atmosfeer en heeft heel weinig waterdamp. In de stratosfeer ligt ook de bekende ozonlaag (tussen 16 en 32 km hoog), een zone met een hogere concentratie ozongas, die het schadelijk gedeelte van de ultraviolette stralen voor een belangrijk deel uit het zonlicht filtert. Naarmate je hoger komt in de stratosfeer wordt de lucht steeds warmer, namelijk van een -60°C ter hoogte van de tropopauze tot 10°C bij de stratopauze.

Mesosfeer

Tussen de stratopauze op 40 km en de mesopauze op 65 km boven het aardoppervlak ligt de mesosfeer. De lucht is hier al zeer ijl, maar gelukkig voor ons nog dicht genoeg om de meteorieten die in de dampkring terecht komen, door wrijving te laten opbranden. De temperatuur daalt in de mesosfeer verder tot zelfs -120°C ter hoogte van de mesopauze.

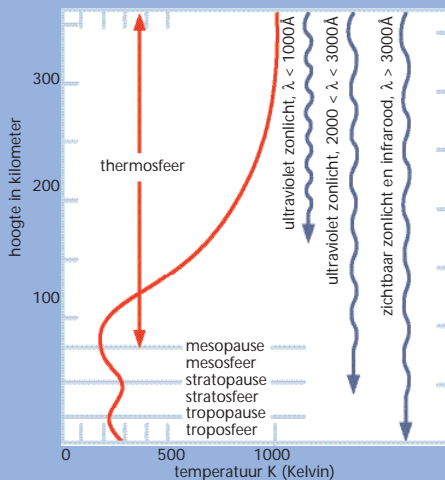
Beschermt de beschermer ?

Hoe stevig is de ozonlaag in de stratosfeer in België?



In het rood, de gegevens tot en met 17/2/2006. In het blauw, de gegevens van vorig jaar. De zwarte lijn geeft de gemiddelde dikte van de ozonlaag weer, zoals we kunnen berekenen uit alle gegevens, uitgemiddeld per dag, van 1971 tot nu. De grijze band geeft de grenzen aan waarbinnen 95% van alle daggemiddelden vallen. De dikte van de ozonlaag is uitgedrukt in Dobson-eenheden. 1 Dobson-eenheid is $2,686 \times 10^{20}$ ozonmoleculen per m^3 , en dit komt overeen met een laagje zuivere ozon van 0,01 mm dikte zoals het gas dat zou hebben, bij 1013 hPa en $0^\circ C$... Als we alle ozon aan het aardoppervlak zouden brengen, dan krijgen we, voor bv 350 DU, en laagje van 3,5 mm. Let ook op de scherpe daling van het ozongehalte halverwege januari: sommige media spraken die dag over een 'gat in de ozonlaag boven België'. Inderdaad, de wereldwijde definitie van een 'gat' is een zone waar de ozonlaag minder dan 220 DU dik is. De laagste ozonwaarden werden vastgesteld op 5 oktober 2004 boven Antarctica: NASA mat toen slechts 99 DU. Het grootste gat dat ooit werd waargenomen had een afmeting van bijna 30 miljoen vierkante kilometer. Ter vergelijking : Frankrijk heeft een oppervlakte van 543 000 km^2 , Turkije is 780 000 km^2 groot. Bron: www.meteo.be (de webstek van het KMI)

Thermosfeer

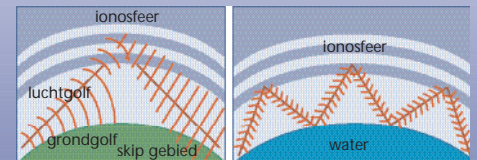


De thermosfeer is de op een na buitenste laag van de atmosfeer, en veruit de dikste: de bovengrens ligt op een goeie 480 km boven het aardoppervlak. Deze laag heeft zijn naam niet gestolen (thermos is Grieks voor warm): ondanks het feit dat er niet echt veel gasdeeltjes meer aanwezig zijn op zo'n grote hoogte, gaan de gassen in de thermosfeer de ultraviolette straling in het zonlicht absorberen. Hierdoor loopt de temperatuur op tot $2000^\circ C$.

Die ultraviolette straling zorgt trouwens voor het bestaan van nog een aparte laag middenin de thermosfeer (met name tussen 100 en 300 km boven het aardoppervlak): de ionosfeer. Zoals de naam het al aangeeft, bestaat deze laag uit gasdeeltjes met een elektrische lading. De ionosfeer kaatst korte radiogolven (met een frequentie van 3 tot 30 MHz) terug die we van op het aardoppervlak uitzenden. Dit zorgt ervoor dat de hele wereld per radio bereikbaar is.

Regionale uitzending

Hoge en lage frequenties over oceanen



Exosfeer

Ergens rond de 800 km boven het aardoppervlak eindigt de atmosfeer, met de exosfeer als buitenste laag. Een duidelijke buitenrand is er niet echt. De lichtste gassen (zoals waterstofgas en helium) ontsnappen immers geleidelijk aan de zwaartekracht van de aarde en verdwijnen in de ruimte.

Wat blazen we allemaal in de lucht?

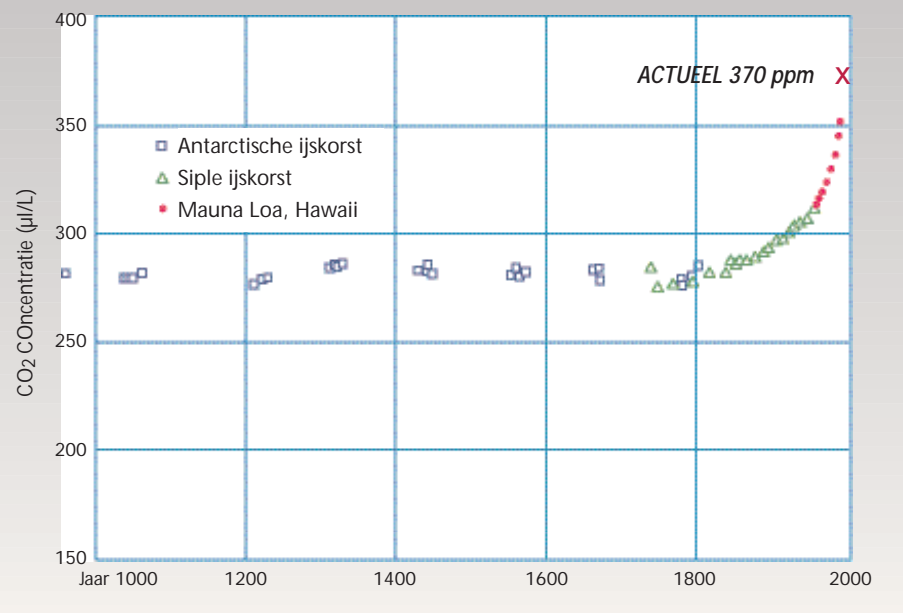
Stook eens een fossiel op

Strikt genomen is koolstofdioxide (CO₂) geen vervuילend gas. Integendeel, er zit al miljarden jaren (misschien sinds het ontstaan van de aarde) CO₂ in de atmosfeer van onze planeet. Planten maken er gebruik van in de fotosynthese, andere organismen breken biologisch materiaal af tot CO₂ (ja, ook de mens). Giftig is het dus in geen geval. CO₂ zorgt er overigens voor, samen met een aantal ander gassen zoals methaan, dat de aarde een deel van de zonne-energie bijhoudt, als warmte. Zonder die extra warmte zou het hier al gauw ettelijke graden kouder zijn op aarde. Vooral 's nachts dan. Om maar even een idee te geven - Mercurius, de planeet in ons zonnestelsel die het dichtst bij de zon staat en helemaal geen atmosfeer heeft, heeft overdag temperaturen van 400°C, en 's nachts... van -200°C!

Waarom heerst er dan toch de nodige bezorgdheid over de CO₂ -concentratie in de atmosfeer? Waarom proberen verschillende landen van de wereld akkoorden te sluiten (denk maar aan het Kyoto-akkoord) om de uitstoot van CO₂ door verkeer, huishoudens en grote bedrijven te laten dalen? Wel, omdat er de laatste decennia wel bijzonder veel CO₂ is bijgekomen in de atmosfeer. Kijk maar eens op de figuur... Sinds de start van de industriële revolutie, met name. Waar die vandaan komt? Uit het verbranden van fossiele brandstoffen. Steenkool, aardolie en aardgas. Onder normale omstandigheden zetten planten evenveel CO₂ om in biomassa (biologisch materiaal, zoals bladeren en hout, zie MENS 46) als er biomassa wordt verteerd tot CO₂ (vooral dan door bacteriën, schimmels en dieren). Van zodra we fossiele brandstoffen bovenop die cyclus gaan verbranden tot CO₂, dan kunnen de planten op onze planeet een fractie van die extra CO₂ meer terug omzetten tot biomassa. En dus neemt de concentratie in de atmosfeer toe. En hoe meer CO₂ in de atmosfeer, hoe meer zonnewarmte er achterblijft op de planeet, wat dan de opwarming van de aarde veroorzaakt... Meer hierover in MENS 40, Klimaat in de knoei.

Koolstofmonoxide (CO) is een ander paar mouwen. CO wordt gevormd wanneer bijvoorbeeld aardgas niet volledig verbrand wordt. Het best bekende voorbeeld is de CO die vrijkomt vanuit een

De CO₂-concentratie in de atmosfeer door de eeuwen heen

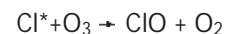


slecht verlucht gaskachtje. Jaarlijks gebeuren er verschillende ongelukken en overlijden er mensen aan een CO-vergiftiging. CO bindt zich immers op het hemoglobine, het eiwit in de rode bloedlichaampjes dat zuurstof bindt en transporteert naar alle cellen en weefsels van ons lichaam. Zit er CO gebonden aan het hemoglobine, dan kan dat die taak niet meer naar behoren vervullen (zie ook MENS 59). Gelukkig wordt CO in de atmosfeer snel geoxideerd tot CO₂. Als er ergens CO voorkomt, dan is dat een heel plaatselijk probleem.

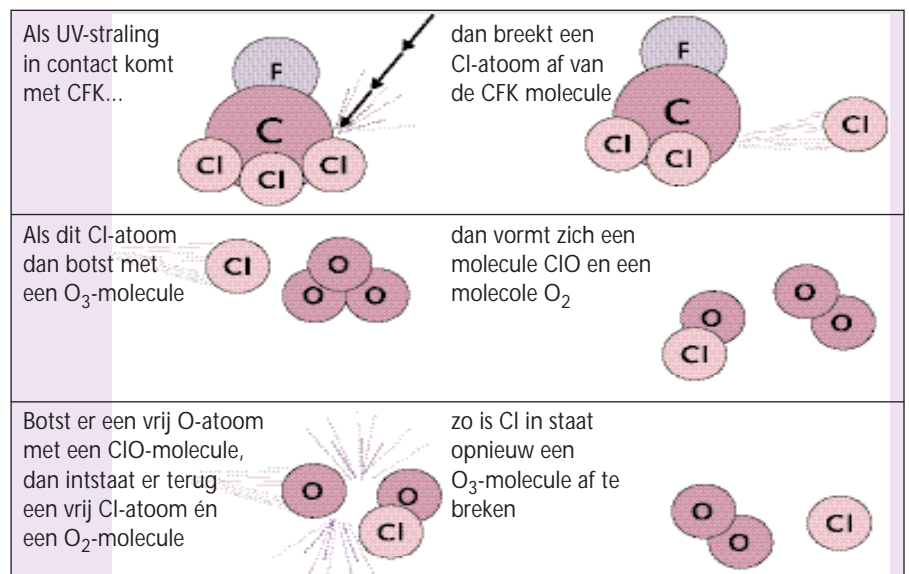
Een probleem in de koelkast stoppen...

Minder actueel zijn de chloorfluorkoolwaterstoffen, de zogenaamde CFK's. Tot een tien, vijftien jaar geleden werden dergelijke gassen overal gebruikt in

spuitbussen, en als koelmiddel in koelkasten. De gassen waren immers, zo geloofde de wetenschap, redelijk inert (ze gaan niet gemakkelijk scheikundige reacties aan met andere stoffen), en dus had niemand verwacht dat deze stoffen een schadelijke bijwerking hadden. Jammer genoeg blijken CFK's de ozonlaag in de stratosfeer aan te tasten. Door de interactie tussen de moleculen en het UV-licht in de zonnestraling, vallen de CFK's immers uiteen. Zo worden er radicalen van, bijvoorbeeld, chloor gevormd. Als zo een chloorradicaal reageert met een ozonmolecule, dan breekt deze laatste in stukken:



Botsing met een vrij zuurstofradicaal (O*) levert O₂ en terug een vrij Cl*-radicaal op.



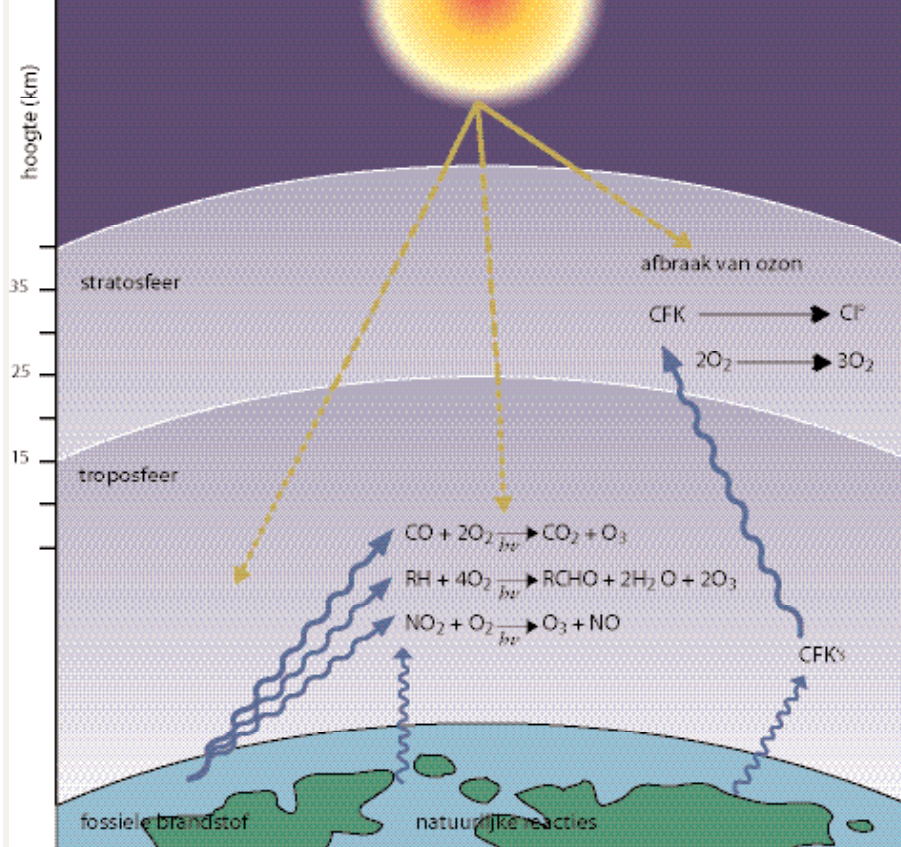
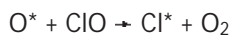


foto VITO

(stikstofdioxide), en het is het mengsel van NO en NO₂, vaak aangeduid met de algemene term NO_x.

Oh! Zon...!?

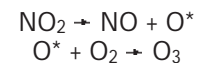
Nu, NO₂ zelf gaat onder invloed van UV-licht uiteenvallen in NO en zuurstof. Dit laatste is een behoorlijk reactief zuurstofatoom, en reageert snel met zuurstofgas. Het resultaat? De vorming van ozon, O₃.



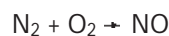
NO NO! NO NO!

Dit Cl*-radicaal is klaar om weer een andere ozonmolecule af te breken. Doordat een dergelijke kettingreactie zich keer op keer herhaalt, geraakt de ozonlaag op bepaalde plaatsen sterk uitgedund. Vooral boven Antarctica is de laag er zo dun, dat er over het algemeen gesproken wordt over een gat in de ozonlaag. Nu, zoals een paar pagina's eerder vermeld, houdt die laag een flink pak schadelijke UV-straling tegen. In bepaalde landen van de wereld (zoals in Australië en Nieuw-Zeeland) zijn er dan ook strikte regels van kracht om mensen tegen al te hoge dosissen UV te beschermen. Ondertussen zijn CFC's verboden... Nu hopen dat de ozonlaag zich snel herstelt.

Bij een verbranding bij hoge temperaturen (zoals in benzinemotoren) gaat niet alleen de brandstof reageren met het zuurstofgas in de lucht. Ook het stikstofgas kan onder die omstandigheden deelnemen aan de reactie. Verwonderlijk? Ja en nee. Uiteindelijk is er zoveel stikstofgas aanwezig in de lucht (78%!), dat het op basis daarvan eigenlijk wel bij heel wat meer reacties had kunnen tussenkomen. Langs de andere kant is de N₂-molecule bijzonder inert. De twee stikstofatomen zijn via een drievoudige binding aan mekaar gekoppeld, en zo'n binding breken vereist nu eenmaal veel energie. Bij de temperaturen waarbij benzine wordt verbrand, is dit mogelijk:



Voor de vorming van ozon zijn er vier randvoorwaarden te vervullen: er moet genoeg NO_x in de atmosfeer terecht gekomen zijn, én er moeten voldoende hoeveelheden vluchtige organische stoffen (zie verder) in de atmosfeer aanwezig zijn. Daarnaast is er ook intense zonnestraling nodig, en een voldoende hoge omgevingstemperatuur. Ironisch genoeg vinden er in de atmosfeer dus reacties plaats waardoor pollutanten (vervuilende stoffen) zoals CFC's ozon afbreken (in de ozonlaag in de stratosfeer), en waardoor andere pollutanten zoals NO_x en weer ozon gaan vormen (in de troposfeer). Beide reacties houden directe gevaren in voor de gezondheid van het leven op aarde. Let wel op: in de stratosfeer is er dus een tekort aan ozon, in de troposfeer een teveel!



Het product, NO, noemen we stikstofmonoxide. Geleidelijk aan gaat dit NO verder reageren met zuurstofgas tot NO₂



De gele kleur van lucht, vervuild met smog, is voor het overgrote gedeelte te wijten aan NO₂.



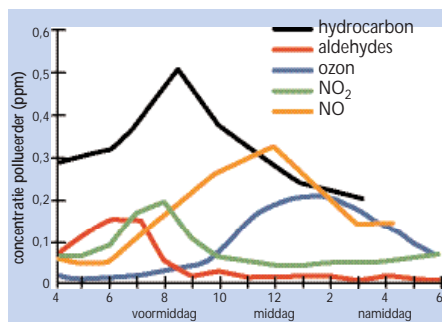
VOS populi

En dan zijn er nog verschillende soorten organische moleculen in de atmosfeer. Verdamppte koolwaterstoffen uit benzine, vervluchtigde oplosmiddelen van verf (bijvoorbeeld), onvolledig afgebroken organische moleculen na verbranding van fossiele brandstoffen,... Al deze stoffen horen thuis in de categorie van de Vluchtige Organische Stoffen, afgekort VOS.

Sommige van deze componenten zijn overigens radicaalvormen. Radicalen zijn atomen of moleculen die in hun elektronenstructuur een vrij, ongepaard elektron hebben zitten. Een dergelijke onstabiele molecule is bijzonder reactief. De wetten van de atomaire fysica dwingen dat vrije elektron immers om een partner-elektron te zoeken en er een stabiele binding mee te vormen. Dit is immers een meer stabiele toestand. Door die reactiviteit zijn de radicalen in de atmosfeer... vaak de componenten die mee de lont in het kruitvat werpen.

Dat smogt naar meer

En bij deze kennen we de belangrijkste spelers op het atmosferisch schouwtooneel. Nu nog het eerste bedrijf - de vorming van smog. Het woord smog zelf is een combinatie van de Engelse woorden smoke en fog. Letterlijk vertaald betekent smog dus 'een mengsel van rook en mist'. De term is ontstaan in het begin van de jaren vijftig in Londen, waar de mist in de winter werd vermengd met zwarte rook en zwaveldioxide, afkomstig van het verbranden van kolen. Steenkool was toentertijd immers vrijwel de enige brandstof, ook voor huisverwarming. Deze vorm van smog komt ook nu soms nog voor, en wordt aangeduid met win-



tersmog.

Volgens de richtlijnen van de EU mag de hoogste ozonconcentratie, gemeten over de laatste 8 uur, de grens van 120 µg/m³ niet meer dan 25 maal per kalenderjaar overschrijden.

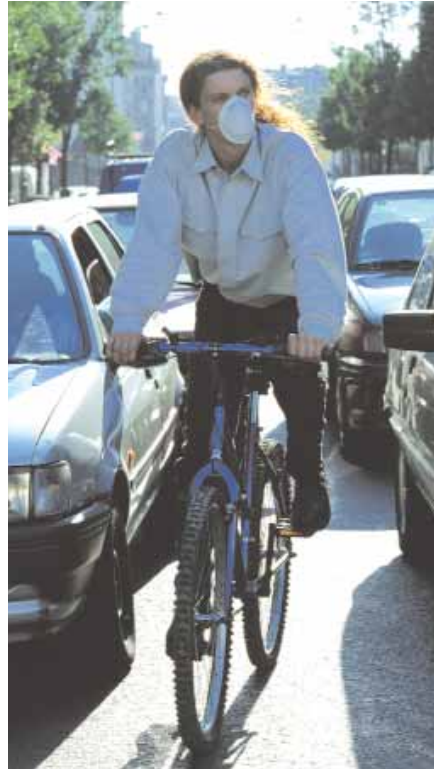


foto VITO

Daarnaast bestaat er ook nog zomer-smog. Laat ons eens bekijken wat er zoal nodig is voor een stevig pakketje zomer-smog. Om te beginnen - verkeer. Liefst nog duchtig NO en VOS uitbrakend. Verder is er nog zonlicht nodig. De warmte en het licht van de zon zorgen ervoor dat de smogvorming sneller kan doorgaan. En zoals tevoren al vermeld, zorgt UV-licht voor de splitsing van NO₂ in NO en O. En ten derde: niet al te veel turbulentie in de lucht (of wind): zo blijven de gaspakketten op hun plaats en kunnen de reacties doorgaan in een klein stukje van de atmosfeer.

Bijgaande figuur geeft de dagelijkse variatie weer in VOS, NO, NO_x en ozon. Tijdens de spitsuren 's ochtends stijgt de concentratie NO en VOS. NO wordt langzaam volledig geoxideerd tot NO₂. De ozonconcentratie neemt pas toe wanneer al het NO is weggereageerd - NO gebruikt immers zelf het ozon in een reactie waarbij O₂ en NO₂ gevormd worden. NO₂ zelf valt uiteen in NO en O, dat dan ozon vormt (O+O₂).

Vooraf dichtbevolkte steden die in een geografische kom liggen, omringd door bergen (zoals Tokyo, Mexico City, Athene of São Paulo), voldoen bijzonder goed aan deze voorwaarden. Het verwondert ons dan ook niet dat elk van deze steden geregeld onder een dikke laag smog zucht.

Zure regen

Geloof het of niet - het begrip zure regen is al eeuwen bekend. Seneca verwees in 61 n.C. al naar het fenomeen, en in 1661 werd het beschreven in het boek *Fumifugium or The Inconvenience of the Air and Smoke or London Dissipated* van de Britse auteur John Evelyn. De term zure regen zelf, ten slotte, werd eigenlijk in de 19de eeuw naar voren geschoven door opnieuw een Brit, genaamd Angus Smith, in diens boek *Air and rain: The beginning of a chemical climatology*. En vervolgens werd het weer voor een goeie eeuw vergeten.

In de jaren '50 en '60 van de twintigste eeuw zagen Noorse en Zweedse onderzoekers echter dat de vispopulaties in enkele van hun meren dramatisch begonnen terug te lopen. Deze terugval was sterker in kleinere meren dan in grotere, en het leek alsof de vissen verdrongen in zuur water. Ze verloren lichaamszouten en moesten teveel water opnemen om de tekorten aan te vullen. Bovendien bekleden zoetwatervissen in dergelijke meertjes de top van de voedselpiramide, en gooide het massale sterven van deze dieren alle ecologische evenwichten in de Scandinavische meertjes overhoop. Trouwens, ook slakken, kreeften en mosselen (die gevoeliger zijn voor zuren dan vissen) begonnen uit te sterven. Plots werd zure regen opnieuw een aandachtspunt voor de wetenschappelijke wereld. Pas in 1982 kreeg het grote publiek lucht van de problematiek. Miljoenen hectaren van de Europese naaldbossen begonnen immers af te sterven, en dit Waldsterben was blijkaar gekoppeld aan een duidelijke verzuring van de bodem. De dramatische beelden van stervende bossen schudden de publieke opinie, en dus ook de politiek, wakker.

Vinaigrette in de wolken

Regenwater is vanzelf al een beetje zuur, met een pH van 5,6. Het koolstofdioxide in de lucht lost immers ook lichtjes op in de waterdruppels in de troposfeer:

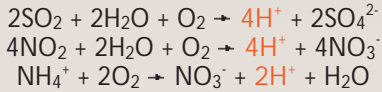


Vermits koolzuur een zwak zuur is, zal het voor een deel dissociëren:



Nu is een pH van 5,6 nog niet om over naar huis te schrijven. Maar wat dan te

zeggen van regen met een pH die veel lager ligt? Wel, dat is dan echt zure regen. Aan de bron van zure regen liggen verschillende gassen die via fabrieken, onze schoorstenen thuis en de uitlaat van onze wagen de lucht in gestuurd worden: zwaveldioxide, NO_x en ammoniak. In de lucht zelf reageren deze gassen met waterdamp en zuurstofgas, en vormen zo...



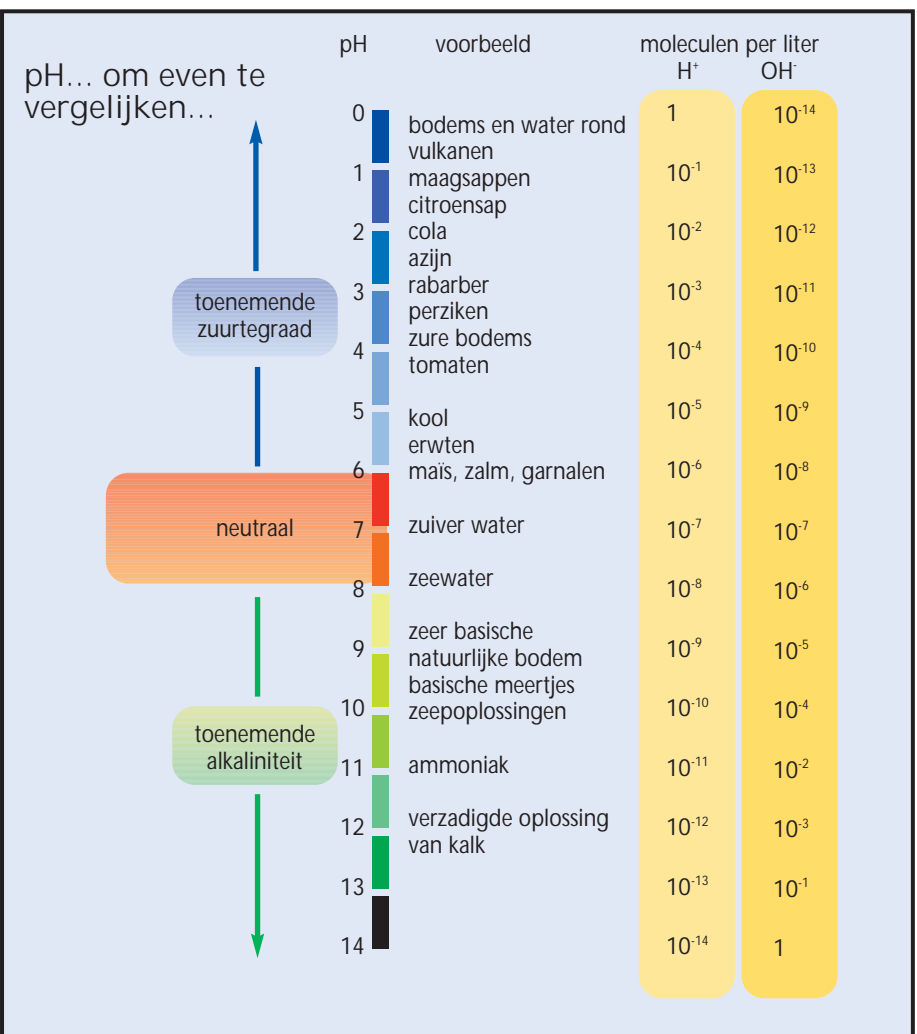
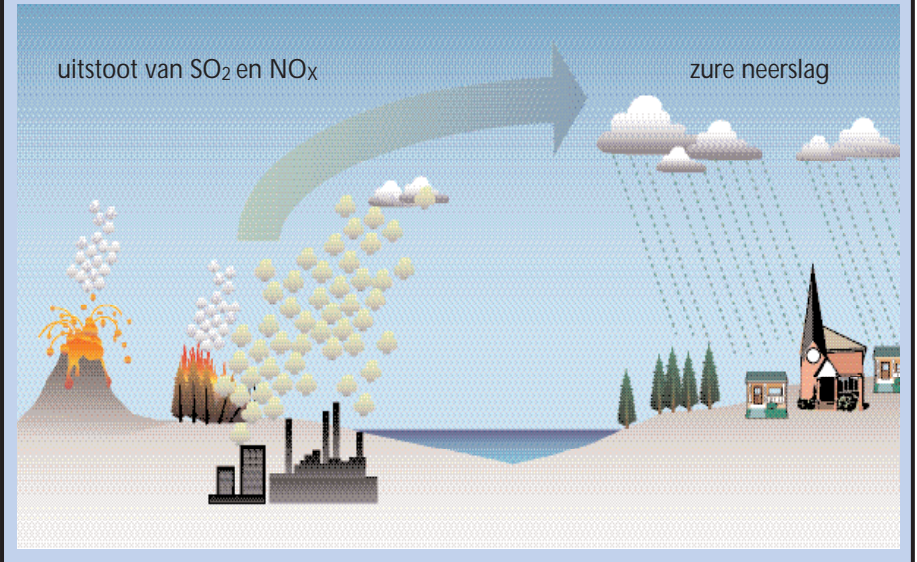
...inderdaad, zwavelzuur en salpeterzuur, twee bijzonder sterke zuren. En dat heeft duidelijke gevolgen op ons leefmilieu.

Het zuur kan immers terechtkomen in het grondwater of in vijvers, meren en rivieren, en deze gaan aanzuren. Als dit regenwater met zwavelzuur op de bodem valt, dan wijzigt hierdoor de pH van deze bodem. Planten en dieren die op deze plaatsen leven, hebben het dan hard te verduren. Immers, elk levend organisme heeft zo zijn eigen voorkeuren wat betreft de pH van zijn leefmilieu. Bepaalde mineralen gaan minder gemakkelijk worden opgenomen door planten, en andere, zoals aluminium, weer des te gemakkelijker. De H⁺-ionen zullen immers in de bodem de plaats innemen waar tevoren andere ionen gebonden zaten, en deze laatste zo vrijstellen voor opname door de plant, of voor afvoer naar het grondwater. Zo ontstaat er in de bodem een duidelijk tekort aan bepaalde belangrijke ionen, en een overmaat aan onnodige en zelfs giftige ionen.

Zuren kunnen ook de plantengroei aantasten: de beschermende lagen op een plantenblad worden aangevreten, waardoor de plant langs de bladeren veel meer water verliest; de neerslag tast de takken of de stam van bomen aan waardoor deze scheuren en schimmels vrij spel krijgen, en het zuur in de bodem kan de wortels beschadigen, waardoor planten minder goed in staat zijn water en andere voedingsstoffen op te nemen.

Het regent zuur over de rechtvaardigen en de onrechtvaardigen (naar Mt 5, 45)

Wat vooral duidelijk werd door de zure regen, is dat milieuvuiling niet lokaal z'n tol eist. Zwaveldioxiden en NO_x kunnen op duizenden kilometers van hun plaats van productie pas als zwavelzuur en salpeterzuur neerslaan. De meeste zure regen in Scandinavië komt immers van elders in Europa. Luchtvervuiling kent inderdaad geen grenzen.





Fijn stof

Stoffig Vlaanderen

2006 was nog niet goed begonnen, of we hadden al een Europese norm doorbroken. EU-richtlijn 1999/30/EG stelt immers dat de daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM 10 - dit is fijn stof met een aërodynamische diameter kleiner dan een 10 micrometer - gedurende maximum 35 dagen per jaar overschreden mag worden. En op 20 maart 2006, 79 dagen na Nieuwjaar, had de gemeente Zwijndrecht in totaal al 36 dagen gezocht onder een verhoogde concentratie fijn stof in de lucht. Sindsdien is die grens ook al overschreden in Roeselare, en begin april was dat moment dichtbij voor Ruisbroek, Evergem, Oostrozebeke en Zelzate. Aan de andere kant van de taalgrens hadden Marchiennes-au-Pont en Jemeppe de trieste eer om die grens al lang te hebben overschreden.

Wat hangt er nu weer boven ons hoofd?

Wel, een heel pak stof. Grove stofdeeltjes, al zijn die niet zo hinderlijk voor onze gezondheid. Onze neus werkt immers prima als stoffilter. Maar er is ook nog het zogenaamde fijn stof. Dit is een mengsel van deeltjes van verschillende grootte en verschillende samenstelling. Ruwweg delen we fijn stof in drie categorieën in:

- deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 0,1 micrometer (EC, elementair koolstof);
- deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 2,5 micrometer (PM 2,5). Deze komen vooral uit de uitlaten van dieselmotoren (dieselroet);
- deeltjes met een aërodynamische diameter van 2,5 tot 10 micrometer. Dit zijn onder andere opwaaiend wegengestof en slijtage deeltjes uit motoren en remmen. Deze deeltjes duiden we aan met "PM 10" (particle < 10 μm).

Fijn stof is afkomstig van verschillende bronnen. Vooral het verkeer is een

belangrijke bron van fijn stof: roetdeeltjes in uitlaatgassen, stofresten van remschijven en koppelingsplaten, en rubberdeeltjes van banden. Nu, niet alleen je auto produceert fijn stof - telkens je gebruik maakt van fossiele brandstoffen ben je verantwoordelijk voor de uitstoot van een hoeveelheid fijn stof.

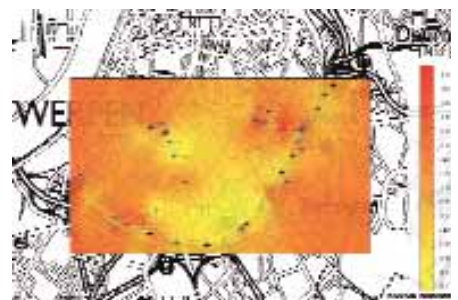
Nu, Vlaanderen is sterk verstedelijkt en dichtbevolkt en heeft een heel dicht wegennet waarop meer dieselwagens rondrijden dan in andere landen. Vlaanderen sluit met al haar industrie trouwens daarbovenop nog aan bij de haven van Rotterdam, het Ruhrgebied in Duitsland... geen wonder dus dat we net hier behoorlijk veel last hebben van fijn stof! En ook indirect dragen verkeer en industrie bij tot de vorming van fijn stof. Andere stoffen in hun uitstoot zoals NO_3 , SO_2 , stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen reageren met mekaar en vormen zo na verloop van tijd ook fijn stof.

Fijn...

"Als de milieutoestand blijft zoals hij is, verliest een inwoner van Vlaanderen gemiddeld vijf gezonde levensmaanden door onder andere fijn stof." Dat stelde de Vlaamse Milieumaatschappij onlangs in een persbericht. Fijn stof in de lucht veroorzaakt immers een hele rist gezondheidsklachten, zoals hart- en longziekten, acute en chronische bronchitis, en astma. Fijn stof draagt ook bij tot de verspreiding van allergene stoffen, zoals eiwitten van stuifmeelkorrels, en dus tot de ontwikkeling van allergieën (zie MENS 39).

- PM10 en PM2,5 deeltjes dringen tot op zekere diepte de luchtwegen binnen tijdens het ademen. Ze verstoren daar de normale werking van de longen. Bovendien reageert je immuunsysteem op de aanwezigheid van deze deeltjes... wat leidt tot een permanente (chronische) ontsteking van je luchtpijptakken of je longen. Hierdoor vernauwen de luchtwegen en krijg je last van allerlei longaandoeningen, zoals bronchiaal astma. Vooral kinderen zijn bijzonder gevoelig omdat ze vaak in open lucht inspanningen leveren en zo meer partikels inademen. De deeltjes kleiner dan 0,1 micrometer zouden de bloedklontering stimuleren.

Het is dan ook niet zonder reden dat de Europese Unie onlangs strenge normen opstelde voor de uitstoot van fijn stof.



Beelden VITO



Kijk eens wat ik inadem?

In één oogopslag zien wat er rond jou in de lucht hangt? Of je nu echt rotzooi inademt? In Antwerpen kan het! Sinds 23 juni 2005 staat in de etalage van ARGUS vzw, onderin de Boerentoren, een heus infoscherm, waar je kan zien hoe goed of hoe slecht het met de lucht rondom jou gesteld is.

De VMM kon voor de realisatie van dit initiatief rekenen op de bereidwillige medewerking van de stad Antwerpen en ARGUS vzw.

Deze norm bestaat uit twee delen: over het hele jaar gezien mag de concentratie PM10 niet hoger liggen dan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en per meetplaats mag het daggemiddelde niet meer dan 35 dagen per jaar hoger liggen dan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De norm voor het jaargemiddelde werd in 2004 maar op twee stations overschreden (de lage concentraties in bepaalde seizoenen compenseren voor de zware belasting van de atmosfeer met fijn stof op andere momenten). Maar de norm voor het daggemiddelde is op de meeste meetplaatsen nog lang geen haalbare kaart.

Ironisch genoeg komt onze wens om fijn stof terug te dringen in de lucht in conflict met onze inspanningen voor een veiliger verkeer: verkeersdrempels, frequente inplanting van stoplichten, veelvuldig wijzigen van maxima voor snelheid, ... zorgen ervoor dat er meer fijne stofdeeltjes worden uitgestoten. Veranderingen in het draaien van een verbrandingsmotor zorgen immers voor extra onverbrande componenten in de uitlaatgassen.

Voor de iets oudere lezer van MENS de proef op de som: rijd met een dieselwa-

gen 10 km met horten en stoten een stad door, en vervolgens een lang stuk vrije baan aan een constant toerental van boven de 4000 toeren. Trek uw conclusies uit wat u in uw achteruitkijkspiegel ziet...

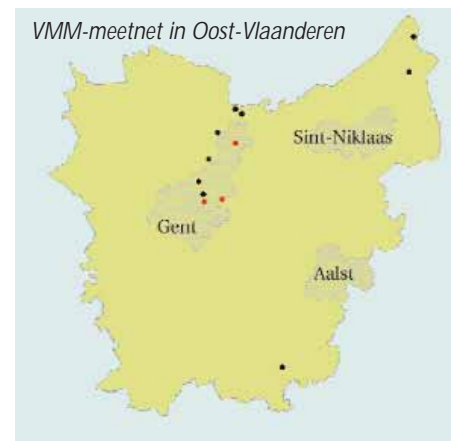
Wil dat zeggen dat we veilig zijn zolang deze normen niet gehaald worden? Niet echt. Fijn stof kan zich namelijk opstapelen in ons lichaam. Bovendien bevinden er zich mogelijk ook andere, minder vriendelijke stoffen, zoals zware metalen of dioxines, op die stofdeeltjes en op die manier komen die ook terecht in ons lichaam...

Stofdoek en Swiffer?

Alle beetjes helpen, zei de mug, en ze plaste in de zee. Een waarheid als een olifant, en een die ook geldt voor fijn stof. Hier en daar ontwikkelen zich dan ook initiatieven om te vermijden dat de stofdeeltjes in de lucht terechtkomen, of om ze desnoods maar weer uit de lucht te halen. Op het vlak van verkeer gaat het Vlaams Gewest de knelpunten rond de gewestwegen in kaart brengen, en vervolgens de nodige maatregelen voor-



stellen. Het wegverkeer beperken is één mogelijkheid, maar ook door structurele wijzigingen aan wegen en kruispunten kun je de uitstoot van fijn stof beperken. In dieselwagens kan je roetfilters inbouwen (en die reduceren de uitstoot met 90%!), en in het algemeen zijn er al lang allerlei maatregelen genomen op Europees vlak om de uitstoot van de voorlopers van fijn stof te verminderen.



Gemeten om te weten!

De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) houdt ons overal in de gaten. Of toch tenminste, wat er in onze longen terecht komt. Hiervoor heeft de VMM verscheidene netwerken van meetpunten uitgebouwd doorheen Vlaanderen.

Het telemetrisch meetnet volgt de algemene kwaliteit van de lucht op, en meet hiervoor de concentratie van de voornaamste luchtpolluenten (CO , O_3 , SO_2 en NO_x) en het fijn-stofgehalte (PM10 stof en PM2,5 stof). Dit netwerk bepaalt ook een aantal weersvariabelen, zoals, windrichting en -snelheid, temperatuur en relatieve vochtigheid. De VMM beheert ook meetinstallaties in heel Vlaanderen om de concentraties aan zwevend stof, zware metalen en dioxines in de atmosfeer te bepalen. Vooral zones met een hoge emissie (zoals industrieterreinen) worden scherp in het oog gehouden.

Meer info? www.vmm.be



Prof Dr Michael Bruse, Ruhr-Universität Bochum

Handen in mekaar

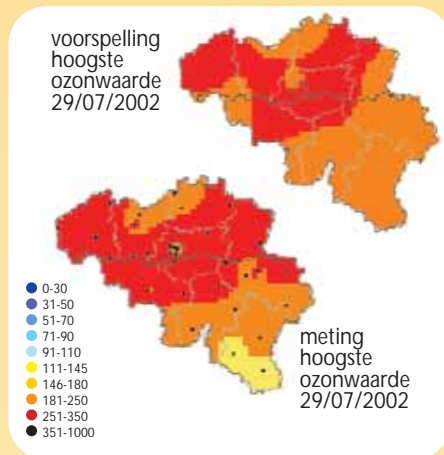
Scheikundigen, bio-ingenieurs en geneeskundigen van de Universiteit Antwerpen, het Universitair Ziekenhuis Antwerpen en de VITO werken op dit moment aan manieren om de concentratie van fijn stof in de lucht nauwkeurig te bepalen. De scheikundigen zoeken uit welke schadelijke stoffen zich aan kleine stofdeeltjes kunnen hechten. VITO zal technologie ontwikkelen om de concentratie van de ultrafijne deeltjes precies te meten, en op het UZA bestuderen de artsen wat fijn stof nu juist doet in onze longen. De bio-ingenieurs uit het team zullen al deze bevindingen bundelen in een model dat weergeeft hoe fijn stof zich verspreidt in de longen en zo duidelijk maken wat het daar precies aanricht. De volgende stap is de ontwikkeling van een technologie om fijn stof te neutraliseren. De onderzoekers zullen nagaan of het mogelijk is om het stof uit de lucht te 'plukken' door het te vangen op een adsorberende laag. Het sluitstuk van het onderzoek moet een sensor worden die voortdurend de luchtkwaliteit meet en bij voorkeur intelligent is zodat hij zelf de luchtverversing kan sturen...



Beheren is vooruitzien

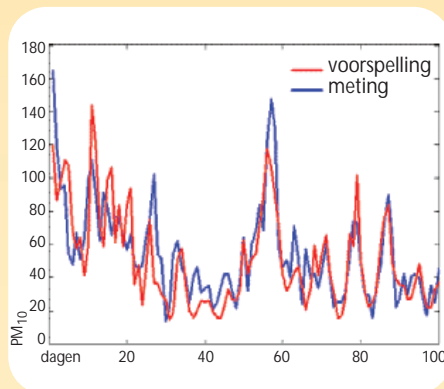
Als je wil begrijpen wat er juist gebeurt in dergelijke atmosferische processen, is het soms goed om een computermodel te maken, waarmee je kan proberen te voorspellen wat er gaat gebeuren. Hoe beter je voorspellingen uitkomen, hoe beter je begrijpt wat er juist aan de hand is. Klopt je model absoluut niet, dan ontbreken er nog een of meerdere puzzelstukjes.

SMOGSTOP is een simulatieprogramma van VITO en is de afkorting van "Statistical Model Of Groundlevel Short Term Ozone Pollution". SMOGSTOP voorspelt ozonconcentraties op 25 plaatsen in België tot 2 dagen op voorhand.



En klopt zo'n model nu? Oordeel zelf: boven zie je de voorspelling, onder de gemeten waarden.

VITO ontwikkelde ook zo'n model voor fijn stof: het OVL (Operationeel Voorspellingsmodel voor Luchtkwaliteit). OVL voorspelt PM₁₀ concentraties op 10 verschillende locaties in België tot 2 dagen vooraf, op basis van verschillende parameters. Met behulp van de grafiek kan je zelf oordelen hoe goed het programma zich kwijt van zijn taak...



Demonstratie van het OVL model voor een periode van 100 dagen op basis van de voorspelling voor de volgende dag.



foto VITO

Hoe krijgen we een zuivere lucht?

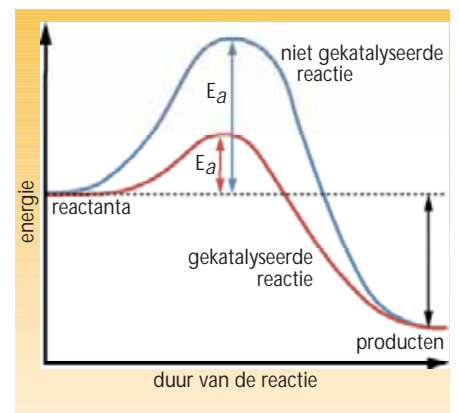
Zet een toeter op je uitlaat

Een van de belangrijkste bronnen van luchtvervuiling zijn de uitlaatgassen van het verkeer op onze wegen. Deze uitlaatgassen bevatten vooral N₂, CO₂ en waterdamp, maar ook in zekere mate roetdeeltjes (uit dieselmotoren), CO, VOS en NO_x. Je kan deze gassen natuurlijk verder omzetten in CO₂ en N₂. Alleen... dat vereist bijzonder hoge temperaturen, en het is zeer moeilijk, zoniet onmogelijk om die te bereiken in de motor van een auto.

Gelukkig bestaat er iets wat in de scheikunde een katalysator genoemd wordt. Katalysatoren zijn stoffen die ervoor zorgen dat een scheikundige reactie gemakkelijker of sneller kan plaatsvinden (bijvoorbeeld bij lagere temperaturen). Ze zorgen er immers voor dat de energie, nodig om de reactie te starten, een pak lager ligt dan in een niet-gekatalyseerde reactie. De katalysator draagt zelf trouwens bij aan het verloop van de reactie, maar wordt niet zelf omgezet tot een eindproduct.

In je auto bestaat de katalysator uit een blok keramisch materiaal, bekleed met een laagje platina en palladium. De uitlaatgassen van de wagen stromen over deze laagjes en daar worden de onverbrande koolwaterstoffen, de NO_x en de CO verder omgezet tot respectievelijk N₂ en CO₂. Bij een temperatuur tussen de 300 en de 850°C, nog niet bepaald koud, dus.

Om de puntjes op de i te zetten: NO_x wordt gereduceerd met behulp van wat er nog overblijft aan koolwaterstoffen in de uitlaatgassen. CO en VOS worden



geoxideerd met behulp van de O₂ die vrijkomt uit de reductie van de NO_x. In andere gevallen worden de uitlaatgassen trouwens teruggestuurd naar de verbrandingskamer van de motor, zodat de temperatuur in deze kamer daalt, en er alvast minder NO_x gevormd wordt.

Dergelijke katalysatoren bestaan niet alleen voor de uitlaat van een auto, maar ook voor het zuiveren van de uitstoot van verbrandingsovens, om maar een voorbeeld te noemen. Enkele jaren geleden kwam de deDInOx-katalysator op de markt. Deze reduceert NO_x en combineert dit met de oxidatie van dioxines. Hoe ging dat spreekwoord ook weer van die vliegen en die klap?

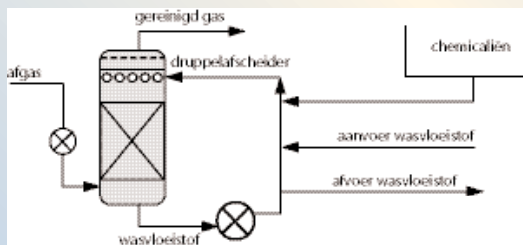
Gas wassen? Lucht dweilen? Of...

Soms is het natuurlijk niet te vermijden dat er allerlei gasvormige troep ontstaat bij een of ander proces. Gelukkig hebben ingenieurs over de jaren heen de nodige technologie ontwikkeld om gasmengsels te zuiveren van stoffen die daarin niet gewenst zijn. Welke technieken wanneer gebruikt worden, is voer voor specialisten. Maar wie weet, misschien bedenkt een van onze lezers wel zelf een vernieuwende methode...?

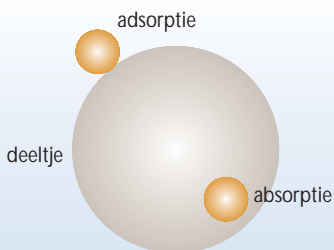
Gaswassing

Het basisgegeven bij deze techniek is het feit dat gassen kunnen oplossen in vloeistoffen. Bij een gaswassing vloeit het gas over of door een vloeistof. Die vloeistof is zodanig uitgekozen dat de component die we uit het gas willen wassen, gemakkelijk oplost in de vloeistof. Soms worden er speciale stoffen toegevoegd aan de vloeistof om het geabsorbeerde gas nog beter vast te houden. De fysica leert ons overigens dat de oplosbaarheid van een gas afneemt met stijgende temperatuur. Het is dan ook best dat de wasvloeistof zo koel mogelijk is. Je wil tot slot natuurlijk dat het gas zo goed mogelijk in contact komt met de vloeistof. Daarvoor kan je de vloeistof vernevelen (denk aan een plantenspuit !). De fijne druppeltjes vormen een groot contactoppervlak tussen het gas en de vloeistof, en zo kan er natuurlijk meer van het vervuילend gas worden opgenomen.

Deze druppeltjes moet je achteraf natuurlijk opnieuw kunnen verwijderen. Dit gebeurt met een druppelvanger of mist-eliminator (bijvoorbeeld een fijn gaas waar het gas doorheen kan en de druppeltjes tegen blijven hangen).



Het afgas komt in een tank terecht waar de wasvloeistof ook doorheen circuleert. In de wasvloeistof zitten een aantal chemicaliën die de zuivering efficiënter laten verlopen (en die apart in een tank opgeslagen zitten) ; daarnaast kan de gebruikte wasvloeistof worden vervangen via extra leidingen.



Even een paar termen

Absorptie: het gegeven dat een stof in een andere matrix opgaat (bv. een gas in een vloeistof)

Adsorptie: het gegeven dat een stof aan een andere blijft hangen (bv. een gas aan een vaste stof)

Afgas: gasstroom na een industrieel proces. Bevat bijvoorbeeld de afvalproducten waar je vanaf wil voor je de kleppen naar de buitenlucht opent.

Emissie: het lozen van je afvalgassen in de buitenlucht.

Adsorptie aan actieve kool

Je kan ook gebruik maken van vaste stoffen, in poedervorm weliswaar, waar gassen dan aan blijven 'kleven'. Of liever, waar ze aan adsorberen, want dat is de correcte technische term.

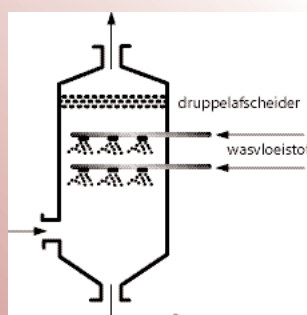
Een vaak gebruikt adsorptiemiddel is actieve kool. Dit is niet meer of minder dan pure koolstof, gemaakt van de houten buitenwand van kokosnoten. Als je die kokosnoten volledig laat verbranden, dan krijg je natuurlijk vooral CO₂. Maar laat je die verbranding niet volledig doorgaan, dan krijg je, wel, ja, houtskool. Wanneer je die verpulvert, dan dient het resultaat als actieve kool.

Net zoals bij het vernevelen van een vloeistof, biedt actieve kool een groot oppervlak waaraan stoffen kunnen blijven hangen. Dit is een gevolg van het feit dat actieve kool als poeder aan de man gebracht wordt, en op microscopische schaal nog heel wat poriën vertoont. Commercieel verkrijgbare actieve kool heeft een inwendig oppervlak van 500 tot 1500 m²/g. Natuurlijk is het na een zekere tijd gedaan met adsorberen: als alle plaatsjes waar iets kan blijven hangen, ook effectief bezet zijn. Nu, ook dat is geen probleem : actieve kool kan na gebruik opnieuw geactiveerd worden door hete stoom door het geheel te blazen.

Van alle methoden die we hier aanhalen, is het gebruik van actieve kool wel het best bekend. Gasmaskers werken bijvoorbeeld op basis van actieve kool. Ook kalkpoeder kan dienen als adsorbens, voor zure gassen zoals SO₂.

Zuurverwijdering

Dit is een variant op het vorige, specifiek gericht op het verwijderen van de zure componenten uit afgas. Hier worden de gassen gewassen met een alkalische oplossing, van natriumhydroxide of kalk. De kalk kan ook als suspensie worden ingebracht in de gasstroom. De zure componenten lossen op in de waterdruppels, en reageren met de kalkpartikels in het water. Het water laat men daarna verdampen, en de kalkdeeltjes komen terecht in een filter.



Kalk gaat bijvoorbeeld worden gebruikt bij het verwijderen van SO₂ uit afvalgassen. Hierbij wordt CaSO₄ gevormd, beter bekend als gips. Dit gips kan verder worden verwerkt, tot bijvoorbeeld giproclaten.

Biowassing

Stel dat de stof die je uit je gasmengsel wil halen beter biologisch afbreekbaar is dan de andere componenten van je mengsel. Stel dat die stof daarenboven goed wateroplosbaar is, en in vrij hoge concentraties voorkomt. Wel, dan kan je gebruik maken van een biowasser. Op zich verschilt dit systeem niet echt van een chemische gaswasser zoals we hierboven hebben uitgelegd, alleen bestaat de vloeistof uit een bacteriesuspensie. De ongewenste component lost zoals tevoren weer op van de gasfase in het water, en nu gaan de bacteriën deze component meteen beginnen afbreken.



Thiomonas, een bacterie die leeft van zwavelverbindingen, is een geschikte soort om SO₂ uit afgassen te halen.



Hyphomicrobium zorgt voor de afbraak van vluchtige zwavelhoudende stoffen in biofilters (Bron: RU Nijmegen).

Biofiltratie

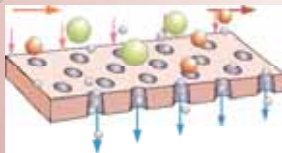
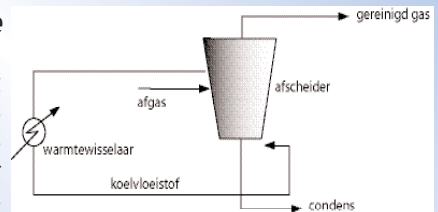
Een andere manier om bacteriën in te schakelen voor het zuiveren van gassen is een biofilter. Hierbij worden de gassen door een dikke laag materiaal (de pakking) gejaagd. Deze pakking kan bestaan uit organisch materiaal (compost, houtschors) of uit synthetisch materiaal (een of andere kunststof). Van belang is dat op het oppervlak van deze pakking welgekozen microben aanwezig zijn. De vervuilde gassen worden door de biofilter gestuurd en de bacteriën zullen de vervuiling in het gasmengsel afbreken. Natuurlijk moet je dan wel je bacteriën in topconditie houden. De filter moet vochtig genoeg zijn, de zuurtegraad en de temperatuur moeten onder controle gehouden worden, en misschien moet je af en toe speciale voedingsstoffen toevoegen aan de pakking, zodat je microben in leven blijven en beginnen delen.

En waarom niet gewoon verbranden?

Je kan restgas gewoon verbranden natuurlijk. Als het gasmengsel hoofdzakelijk bestaat uit verbindingen van koolstof en waterstof, zet je de componenten voor het grootste gedeelte om in waterdamp en CO₂, en dat zijn twee onschadelijke stoffen. Wat wel belangrijk is - je moet goed weten wat er verbrand wordt. Wanneer er chloorhoudende verbindingen in het gas zitten, dan kan het zijn dat je dioxines begint te vormen. Overigens... je vormt al dioxines met een simpel houtvuurtje! Deze technologie ligt de laatste jaren onder vuur vanwege de potentiële uitstoot van dioxines en andere potentieel kankerverwekkende stoffen, maar kan voor welomschreven emissies toch vaak een ecologisch en economisch interessante zuiveringstechnologie zijn. Gasstromen met een hoog gehalte aan koolwaterstoffen, (denk bijvoorbeeld aan spuitcabines) kunnen vaak enkel via deze techniek behoorlijk gezuiverd worden. Soms zit er ook in deze installatie een katalysator ingebouwd. Die verhoogt, net zoals hierboven besproken voor de uitlaatgassen van een auto, de efficiëntie van de verbranding. De warme gassen na verbranding kunnen ten slotte dienen om de instromende gassen al voor te verwarmen. Zo spaar je immers weer wat energie uit, en daarmee is iedereen voordeliger af - ook het milieu!

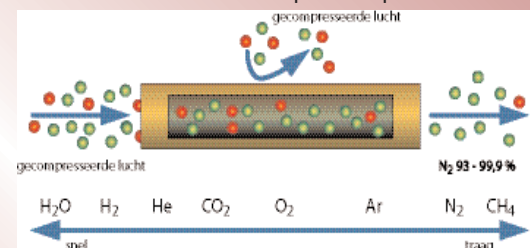
Condensatie

Hierbij wordt het gasmengsel sterk afgekoeld, tot onder het condensatiepunt van bepaalde componenten uit het gasmengsel. Hierdoor wordt er in essentie een mist gecreëerd, die dan verder kan verwijderd worden met een mist-eliminator.



Membraanscheiding

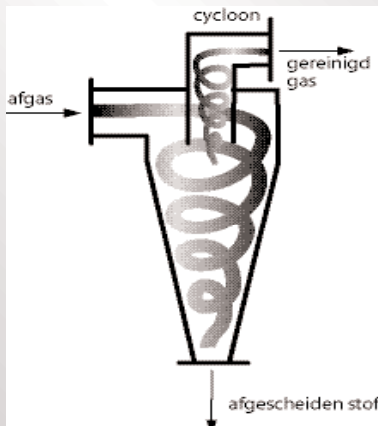
Membranen zijn dunne lagen van een bepaalde stof, die dient als scheiding tussen twee ruimten. Denk hier bijvoorbeeld aan de membranen van de cel! Wetenschappers hebben kunstmatige laagjes weten te creëren, die met zoals de celmembranen selectief bepaalde stoffen kunnen doorlaten (zie figuur). Sommige membraantypes laten heel specifiek bepaalde gassen door, en andere dan weer niet. Bepaalde polymeermembranen laten selectief bepaalde apolaire stoffen zoals alkanen en aromaten door. In bijgaande figuur zie je bij wijze van voorbeeld hoe je stikstofgas zuivert uit de lucht rondom ons. Je jaagt de lucht door een buis met een doorlaatbare wand. Doorlaatbaar, wel, vooral voor waterdamp, waterstofgas en helium, minder voor zuurstof en zeer weinig voor stikstofgas en methaan. Hoe langer de buis, hoe meer van de eerste groep gassen de buis via de doorlaatbare wand heeft verlaten, en hoe meer stikstof er overblijft aan het einde van de buis.



Stofafscheiding

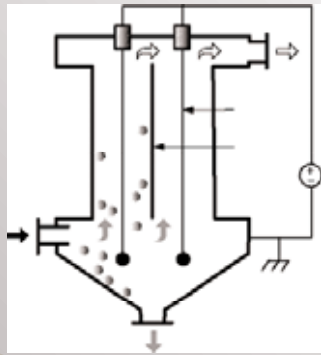
En natuurlijk willen we ook nog de vaste deeltjes (het stof) uit de gasstroom halen. Dit kan op drie verschillende manieren: via filtratie, via een cycloon of via elektrostatische krachten.

Bij filtratie wordt de luchtstroom door een medium gestuurd waarin de stofdeeltjes worden gevangen. Dit moet je bekend voorkomen: uiteindelijk werkt een stofzuiger op basis van dit principe, inclusief de stofzuigerzak als filter!



Cyclonen maken gebruik van de centrifugaalkracht ter afscheiding van stof (met een minimale partikelgrootte van 5 µm). Het gas stroomt tangentieel de cycloon in, daalt spiraalsgewijs naar beneden en beweegt vervolgens omhoog en naar buiten in een tweede spiraal met kleinere diameter. Het stof blijft onderaan liggen.

Een droge elektrofilter, tenslotte, dient om stofdeeltjes tussen 0,03 µm en 30 µm te verwijderen uit de gasstroom. Hiertoe krijgen de deeltjes via twee elektroden een lading mee. De geladen deeltjes worden vervolgens onder invloed van een spanningsverschil neergeslagen in een collectorcel, die op zich gemakkelijk schoon te maken is. In het geval van een *natte elektrofilter* worden de deeltjes in vochtige vorm gevangen en verder verwijderd met water.



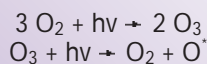
Zucht...

Tijd om uit te blazen. We zijn door heel wat pijpen gekropen, zijn gewassen, gefilterd, hebben af en toe onze adem moeten inhouden, en ja, wellicht kijk je nu wel anders naar al die rookpluimen op een industrieterrein. Niet al die pijpen die je daar ziet zijn smerig en vervuilen het milieu, heel wat installaties staan er juist om schade aan ons milieu te vermijden. Niet dat we er al zijn. Vlaanderen zal nog heel wat gas naar de troposfeer laten stromen voor we echt van propere lucht kunnen spreken. Dus, voor alle idealisten (v/m) onder ons MENS-publiek... scherp jullie potloden, stop een nieuwe batterij in jullie rekentoestellen en zet jullie hersencellen aan het werk.

Tot ergens onderweg...

Foto-oxidatie en ionisatie

Voor foto-oxidatie wordt UV-licht gebruikt, met een golflengte tussen 100 en 280 nm. Dit licht bevat veel energie, en kan bepaalde componenten in het gas direct afbreken. Dat heet dan fotolyse. Daarnaast zet het UV-licht zuurstof om tot ozon en verder tot zuurstofradicalen. Dit zijn zeer reactieve zuurstofatomen, die in de buitenste schil een ongepaard elektron bezitten:



Deze radicalen reageren met zo ongeveer alle moleculen waar ze tegen botsen, en breken deze zo verder af. Ionisatie is gebaseerd op dezelfde principes, alleen worden in dit geval de zuurstofradicalen gemaakt door O_2 -moleculen te ontbinden in een hoogspanningsveld.



Inschrijven aan de Universiteit Antwerpen

HUMANE EN ECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

Communicatiewetenschappen, Geschiedenis, Handelsingenieur, Handelsingenieur in de beleidsinformatica, Politieke wetenschappen, Rechten, Sociaal-economische wetenschappen, Sociologie, Taal- en letterkunde, TEW: bedrijfskunde, TEW: economisch beleid, Wijsbegeerte

De inschrijvingen vinden plaats op de **Stadscampus**
Prinsstraat 13
2000 Antwerpen
Tel. 03 220 49 99
e-mail: inschrijven@ua.ac.be

EXACTE EN MEDISCHE WETENSCHAPPEN

Biochemie en biotechnologie, Bio-ingenieurswetenschappen, Biologie, Biomedische wetenschappen, Chemie, Diergeneeskunde, Farmaceutische wetenschappen, Fysica, Geneeskunde, Informatica, Wiskunde

De inschrijvingen vinden plaats op de **Campus Groenenborger**
Groenenborgerlaan 171
2020 Antwerpen
Tel. 03 265 36 92
e-mail: inschrijven@ua.ac.be

Inschrijvingsperiode

Inschrijven kan vanaf 3 juli tot 22 september, alle werkdagen van 9 tot 12 uur. Er zijn geen inschrijvingen op 11 en 21 juli en tijdens de week van 7 t.e.m. 15 augustus.

www.virtuelecampus.be

 Universiteit Antwerpen



VITO

uw innovatiepartner

VITO voert in opdracht van kno's, grote bedrijven en overheid onderzoek uit in de domeinen leefmilieu, energie en materialen.

Als onafhankelijke en klantgerichte onderzoeksorganisatie verschaft VITO innoverende technologische oplossingen en geeft wetenschappelijk onderbouwde adviezen en ondersteuning om duurzame ontwikkeling te stimuleren.

Een greep uit de VITO-kennis en -ervaring:

- analyse
- modellering
- risico-evaluatie
- sanering
- hergebruik
- innovatieve producten en processen

Voor meer informatie, neem contact op met:
Katrijn Verheijen - Coördinator VITO, 2000 VLO
Tel. +32 1455 35 35 - Fax +32 1455 35 00
info@vito.be - www.vito.be



12de Vlaams Congres van Leraars wetenschappen

Zaterdag 18 november 2006
K.U.Leuven

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT
LEUVEN

Dit congres is een actie die wordt ondersteund binnen het actieplan Wetenschapsinformatie en Innovatie. Dit actieplan is een initiatief van de Vlaamse minister van Financiën en begroting, Ruimtelijke ordening, Wetenschappen en Technologische Innovatie.



met de medewerking van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (Afdeling wetenschappen en departement Onderwijs), de Vrije Universiteit Brussel en de IDLO (Interdepartementale Lerarenopleiding) en onder de auspiciën van de VIB en VeLeWe



**CST-
AWARDS
2007**



Wordt dé Ict-school van het jaar of dé Ict-inspirator van het jaar!
Wordt dé Ict-babe en Ict-bink van het jaar als je student bent aan een hogeschool of universiteit!

Voor meer info: surf naar www.cst.be/awards
Inschrijven vòòr 15 oktober 2006.

De CST-awards worden terug plechtig uitgereikt tijdens VLOD-dagen georganiseerd van 5 tot en met 8 maart 2007



Vogelpest op komst?

Dossiers nog verkrijgbaar
zolang de voorraad strekt:

- 1: "Wie is bang voor dioxinen?"
- 2: "Leven en sterven met chloorfenolen"
- 3: "Zware problemen met zware metalen?"
- 4: "De aardbol op hol"
- 5: "Over kruid en onkruid"
- 7: "Snijden in eigen vlees"
- 8: "In de schaduw van AIDS"
- 9: "Kat en hond in het leefmilieu"
- 10: "Water, bron van leven... en dood"
- 11: "Chloor: pro en contra"
- 12: "Verpakking: zegen voor het leefmilieu?"
- 13: "Kanker & Milieu"
- 15: "Wees goed jegens dieren"
- 16: "Hoe ontstaat een geneesmiddel?"
- 17: "Moet er nog mest zijn?"
- 19: "Milieubalansen"
- 21: "Afval inzamelen: een kunst"
- 22: "Wees goed jegens proefdieren"
- 23: "Risico's van kankerwekkende stoffen"
- 24: "Duurzaam bouwen met kunststoffen"
- 25: "Recycleren moet je leren"
- 27: "Chemie: basis van leven"
- 28: "Vlees, een probleem?"
- 29: "Beter voorkomen dan genezen"
- 31: "Het transgene tijdperk"
- 32: "Jacht op ziektegeenen"
- 33: "Eet en beweeg je fit"
- 34: "Genetisch volmaakt?"
- 35: "Pseudo-hormonen: vruchtbaarheid"
- 36: "Duurzame Ontwikkeling"
- 37: "Allergie in opmars!"
- 38: "Vrouwen in de wetenschap"
- 39: "Gelabeld vlees, veilig vlees!?"
- 40: "Een tweede leven voor kunststoffen"
- 41: "Stresssss"
- 42: "Voedselveiligheid, een complex verhaal"
- 43: "Het klimaat in de knoel"
- 44: "Voorbij de grenzen van het ZIEN"
- 45: "Biodiversiteit, de mens als onruststoker"
- 46: "Biomassa, de groene energie"
- 47: "Het voedsel van de goden: chocolade"
- 49: "Zuiver water, een mensenrecht?"
- 50: "Dierenwelzijn als werkwoord"
- 51: "De waarheid over varkensvlees"
- 52: "Het ontstaan van de mens" - deel 1
- 54: "Biologische oorlogsvoering in en om ons lichaam"
- 55: "Muizenissen en knaagzangen"
- 56: "Schoon verpakt, lekker gegeten"
- 57: "Brein"
- 58: "Illusies te koop"
- 59: "Je sigaret of je leven"