

Theoriebundel

Lucht & Klimaat

Milieuonderzoeker
Milieu-inspecteur MO41

Inhoud

1	De lucht waarin wij leven.....	3
1.1	Lucht en atmosfeer.....	3
1.2	De energiehuishouding in de lucht	7
1.3.	Aspecten van luchtverontreiniging.....	12
2.	Weer en klimaat.....	21
2.1	Klimaten	21
2.2	Aspecten van het weer	23
2.3	Klimaatverandering.....	28

1 De lucht waarin wij leven

Oriëntatie

Lucht is voor elk levend wezen een noodzakelijk element. Planten nemen kooldioxide uit de lucht op waarvan ze suikers, eiwitten, vetten en andere stoffen maken. Ook wij ademen lucht in. Iedere dag filteren onze longen 15 kg lucht, terwijl we maar 2 liter water en ruim 1 kg voedsel verbruiken. Behalve dat lucht zuurstof bevat dat we nodig hebben, bevat het ook stoffen die we niet gebruiken of zelfs stoffen waar we last van hebben. Tegen die laatste stoffen kan het lichaam zich soms beschermen. Trilharen en slijm houden in onze neus en longen fijne stofdeeltjes zoals stuifmeel en zaagsel tegen en werken die naar buiten.

Ons reukvermogen beschermt ons tegen het inademen van gevaarlijke gassen. Sommige gassen zorgen er voor dat onze luchtpijp automatisch vernauwt bij inademing, zoals bij ammoniak. Maar koolmonoxide bijvoorbeeld is een gas dat we niet kunnen ruiken, giftig is en ongehinderd onze longen kan binnen stromen. En van asbest zijn de deeltjes zo klein dat ze gemakkelijk met de luchtstroom diep in de longen kunnen komen.

1.1 Lucht en atmosfeer

De atmosfeer of dampkring wordt gevormd door een mengsel van gassen dat we lucht noemen en onze planeet omhult. Het geheel vormt een betrekkelijk dunne schil om de aardbol.

In dit dunne laagje, dat onderverdeeld is in een viertal sub-lagen spelen zich de atmosferische processen af. Ook vliegen we er met onze vliegtuigen rond. In de top van de onderste laag, de troposfeer, waaien zeer krachtige winden met snelheden tot 300 km/uur. Op lange vluchten kan een straalvliegtuig wel een uur en 10 ton brandstof besparen als hij een route neemt met de sterke wind in de rug. Ook het weer verplaatst zich met deze zogenaamde straalstroom en brengt bijvoorbeeld depressies van de oceaan naar ons toe.

De samenstelling van lucht

Niet-verontreinigde lucht is een onzichtbaar, reukloos en smaakloos mengsel van gassen. Droge lucht in een niet-verontreinigde omgeving bestaat hoofdzakelijk uit stikstof en zuurstof. Als nevenbestanddelen zijn aanwezig: argon, kooldioxide; als zeldzame bestanddelen komen geringe hoeveelheden van andere gassen voor. De gemiddelde samenstelling van de lucht is tot op een hoogte van 80 km vrijwel constant met uitzondering van de concentraties van twee stoffen te weten: waterdamp en ozon.

De hoeveelheid waterdamp die de lucht kan bevatten is afhankelijk van de temperatuur en plaatselijke omstandigheden. In een verzadigde atmosfeer van 20 °C bedraagt het waterdampgehalte ongeveer 2 vol. %. De gemiddelde hoeveelheid waterdamp kan variëren van 0,02 - 6 vol. %. De concentratie van ozon vertoont een duidelijke piek op een hoogte van 25 km. De daar aanwezige ozonlaag speelt een belangrijke rol in de absorptie van ultraviolet straling.

Behalve gassen bevat de lucht ook water in de vorm van druppels en in vaste vorm zoals ijskristallen. Verder zweven in de lucht allerlei stoffen van biotische aard zoals stuifmeel, schimmelsporen en micro-organismen. Ook bevat de lucht nog allerlei zeer kleine stofdeeltjes en druppeltjes die onder de term aërosolen worden samengevat. Een voorbeeld hiervan is salt-spray, dat ontstaat als opgewaaide druppels zeewater verdampen, waarna de zoutkristallen in de lucht blijven zweven.

Gas	Formule	Concentratie Vol%	Concentratie ppm
stikstof	N ₂	78,1 %	
zuurstof	O ₂	20,9 %	
argon	Ar	0,9 %	9300
kooldioxide	CO ₂	0,03 %	335
neon	Ne		18
krypton	Kr		5,2
xenon	Xe		0,08
waterstof	H ₂		0,5
methaan	CH ₄		1,0 - 1,5
ethaan	C ₂ H ₆		0,003
etheen	C ₂ H ₄		0,005
acetyleen	C ₂ H ₂		0,003
terpenen (bossen)			14
koolmonoxide	CO		0,1 - 0,9
ozon	O ₃		0,01 - 0,04
zwaveldioxide	SO ₂		0,0002
ammoniak	NH ₃		0,006 - 0,01
lachgas	N ₂ O		0,25 - 0,5
stikstofmonoxide	NO		0,002
stikstofdioxide	NO ₂		0,005 - 0,004

Figuur 1.1.: De samenstelling van niet-verontreinigde lucht

De luchtdruk, die vanaf het aardoppervlak ongeveer exponentieel afneemt, is aan de buitenkant van de atmosfeer ongeveer 0,001 bar. Op zeeniveau is die druk nog 1 bar.

Functies van de atmosfeer

De atmosfeer heeft verschillende functies:

Beschermende functie

Gassen in de verschillende lagen of sferen van de atmosfeer beschermen ons tegen ultra-violet en kosmische straling

Voorraadfunctie

Enorme hoeveelheden van gassen die organismen voor hun stofwisseling gebruiken (kooldioxide, zuurstof) vormen een voorraad voor het leven op onze planeet.

Zuurstof is daarnaast nog voldoende voorhanden om verbrandingsprocessen mogelijk te maken. De hoeveelheid stikstofgas in de atmosfeer is tot slot vrijwel eindeloos zodat we voor de nitraat- en ammoniumvorming in de toekomst ook niet bang hoeven te zijn.

Transportfunctie

De atmosfeer verplaatst door weerkundige processen energie in de vorm van warmte, micro-organismen, aërosolen en gassen.

Regelende functie

Doordat warmte via wolken naar de aarde wordt teruggekaatst heeft de atmosfeer ook een regelende functie voor de energieuishouding.

Opbouw atmosfeer

Overal om de aarde zit lucht: boven land, boven zee en ook hoog boven de bergen. Maar er zit niet overal evenveel. Als mensen bergen gaan beklimmen merken ze dat het ademen steeds moeilijker gaat. De lucht wordt ijler, de druk neemt af, de dichtheid wordt steeds minder. Er zitten gewoon minder luchtmoleculen. Op 3000 meter hoogte is de massa aan lucht met een derde afgenomen.

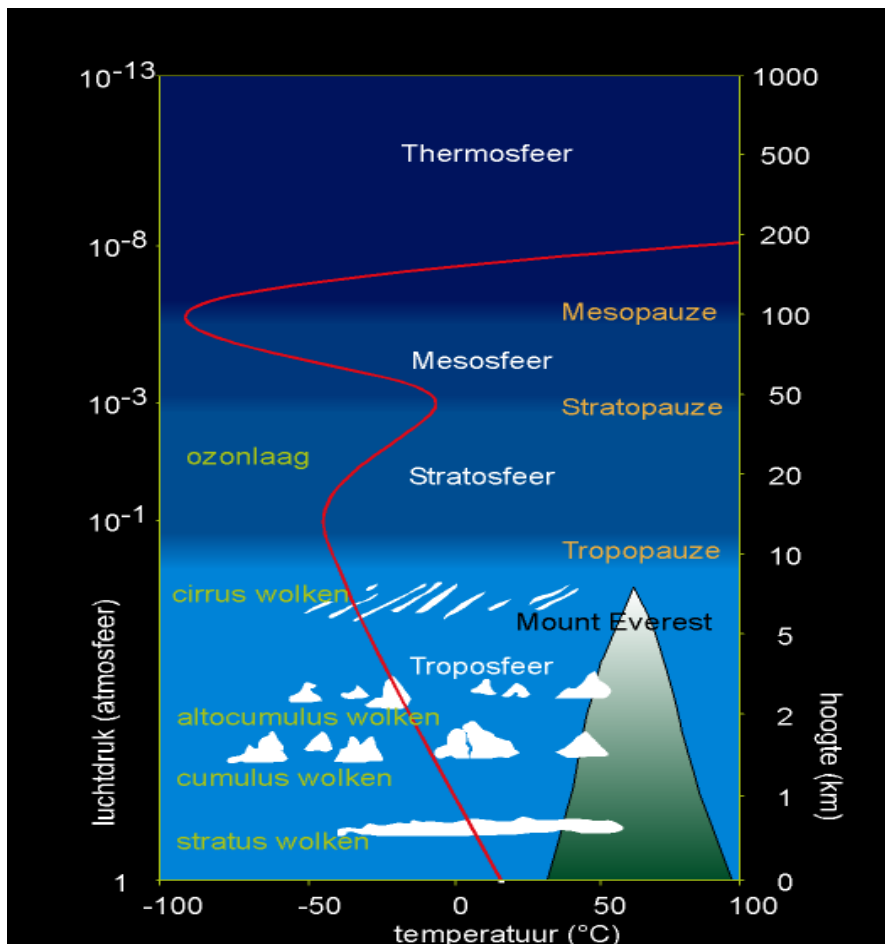
De lucht rondom de aarde is opgedeeld in een aantal schillen. De onderste schil die op de grond begint en reikt tot ongeveer tien kilometer hoogte heet de troposfeer. Hierin spelen de voornaamste weerprocessen zich af als wolkenvorming, wind en neerslag. De troposfeer heeft voor mens, plant en dier precies de goede samenstelling. De hoogte waartoe hij zich uitstrekt is afhankelijk van het jaargetijde en de plaats op aarde, gemiddeld daalt de temperatuur er bij toenemende hoogte met 6,5 ° C per km.

De schil daarboven, van 10 tot 50 km, heet de stratosfeer. Ondanks dat deze laag veel dikker en groter is, is de massa kleiner dan die van de troposfeer. Er zijn dus minder luchtmoleculen aanwezig. De temperatuur van deze luchtlaag neemt door ozonvorming en ozonafbraak, naar boven geleidelijk toe tot een maximum van -7 ° Celsius.

De grens tussen de troposfeer en de stratosfeer vormt een barrière waarin het transport van gassen maar langzaam verloopt.

De stratosfeer bevat relatief weinig water en veel ozon. Op 25 km bevindt zich het meeste ozon. Deze ozonlaag houdt de gevaarlijke U.V.-straling voor het grootste deel tegen. In het lagere gedeelte van de atmosfeer komt maar weinig ozon voor en

dat is maar goed ook want ozon is een giftig en agressief gas. In de schillen daarboven (mesosfeer en thermosfeer) bevindt zich nagenoeg geen lucht meer en op 400 km hoogte is de lucht helemaal verdwenen. In deze zeer ijle luchtlagen verliest het begrip temperatuur zijn betekenis. De schaarse moleculen en atomen staan voortdurend bloot aan hoog energetische straling van de zon. Deze lagen vormen de overgang naar het heelal. De zwaartekracht zorgt ervoor dat de lucht bij de aarde blijft en niet in het heelal verdwijnt.



Figuur 1.2.: Luchtlagen van de atmosfeer

Vragen 1.1

- De atmosfeer heeft vele functies. Planten nemen onder andere kooldioxide op. Welke functie heeft de atmosfeer in dit geval voor planten?
- De temperatuur neemt in het algemeen af als je verder van het aardoppervlak komt. In welke luchtlagen is dit niet het geval?
- Temperatuur verliest zijn betekenis in de hoogste luchtlagen. Leg uit waar dit door komt.
- Een viertal gassen kun je verzamelen onder de naam koolwaterstoffen. Welke vier?
- Straalvliegtuigen vliegen graag mee met zeer krachtige luchtstromen, de zogenaamde straalstromen. Weet jij op welke hoogte een straalvliegtuig vliegt? In welke luchtlagen bevindt het zich dan?

1.2 De energiehuishouding in de lucht

Energie komt voornamelijk als zonne-energie de luchtlaag waarin wij leven binnen. De hoeveelheid energie die deze biosfeer bereikt is echter maar een gedeelte van de zonne-energie die in de atmosfeer terecht komt. Een klein gedeelte van de energiehuishouding in de biosfeer wordt ook nog geleverd door de aarde zelf (aardwarmte).

Er is een voortdurende stroom van materie en energie in de atmosfeer en op het aardoppervlak. Al die energiestromen vinden plaats via lucht en waterbewegingen die nauw met elkaar verbonden zijn. De luchtbeweging laag aan het aardoppervlak (transport van energie en materie) voelen we als wind. Wind is echter maar een kleine transporteur in vergelijking met luchtbewegingen in hogere luchtlagen die we kennen als de straalstromen.

Energiestroom

De zonne-energie die de aarde op een bepaald punt ontvangt is niet het hele jaar door gelijk. Dit komt door de 'scheve' stand van de aardas die dus verantwoordelijk is voor het feit dat we seizoenen hebben. Zonnestraling wordt meestal aangeduid als elektromagnetische straling (o.a. zichtbaar licht, ultraviolet, infrarood) en vormt het begin van de energiestroom. Nadat zonnestraling de atmosfeer binnenkomt ondergaat het de volgende 3 processen:

Absorptie

Waterdamp en kooldioxide in de atmosfeer hebben de eigenschap dat ze straling van bepaalde golflengten opnemen en omzetten in warmte. Van het naar de aarde toe gestraalde licht wordt zo 19 % geabsorbeerd.

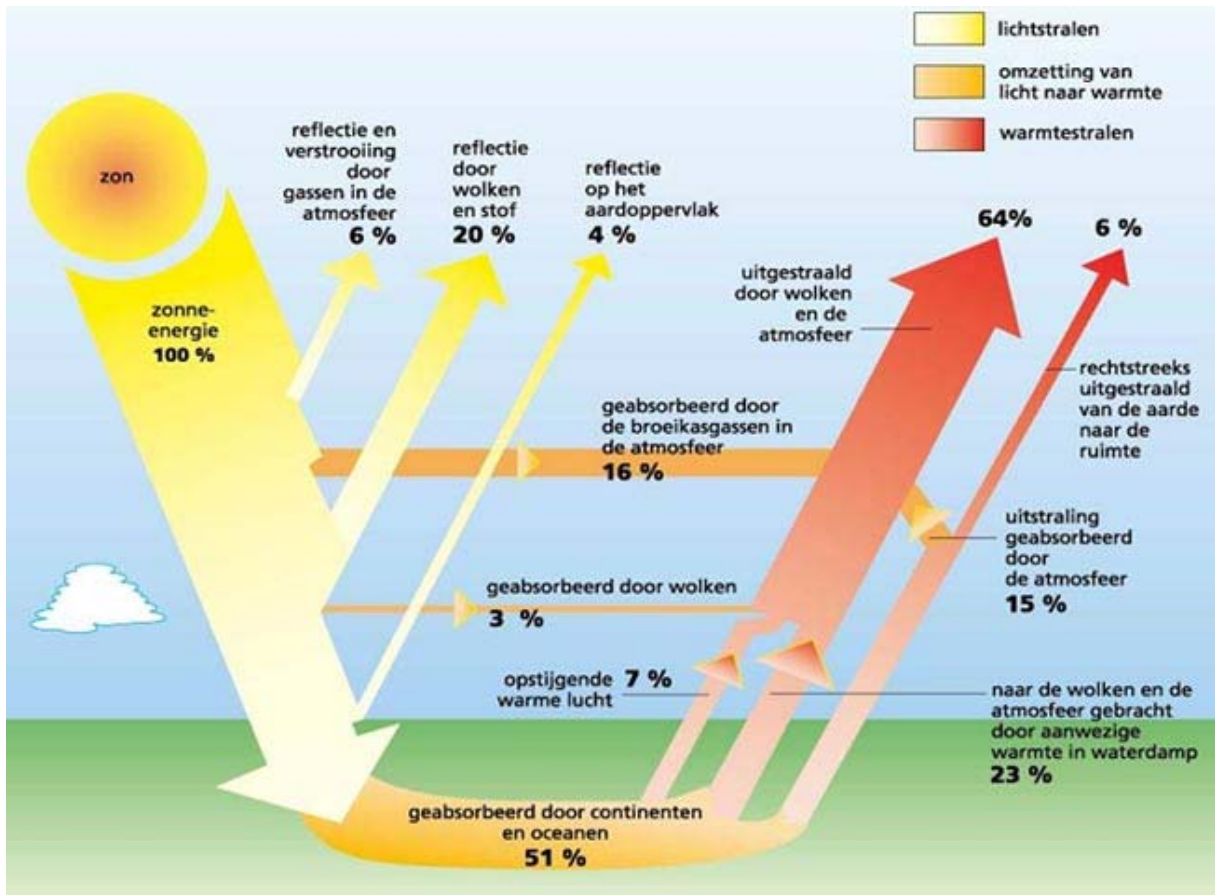
Verstrooiing

De straling wordt, door luchtdeeltjes, onveranderd in alle richtingen weerkaatst. Ongeveer de helft van de straling die dit proces ondergaat, gaat terug naar de ruimte. Kleuren met een kortere golflengte (blauw) worden sterker verstrooid dan kleuren met een langere golflengte (rood) zodat je bijvoorbeeld de ondergaande zon rood gekleurd waarneemt (in de avond moet het zonlicht de grootste afstand door de atmosfeer afleggen). Bij dit proces blijft geen energie in de atmosfeer achter.

Reflectie

Straling kan door verschillende stoffen of oppervlakken worden teruggekaatst. De reflectie wordt bepaald door de invalshoek van de zonnestraling en het reflectievermogen van het aardoppervlak. Wolken reflecteren ongeveer 20 %, het aardoppervlak reflecteert 6 %.

Met de energie die op het aardoppervlak terecht komt, energie kunnen biologische processen in gang gehouden worden. Uiteindelijk zal alle energie omgezet worden in warmte. Deze warmte zal aan de rand van de dampkring weer worden afgegeven aan de ruimte. Deze warmteafgifte is de energieoutput van het systeem aarde.



Figuur 1.3 Energiebalans tussen de aardbodem en de atmosfeer

De ingestraalde hoeveelheid zonne-energie is ongelijk over de aarde verdeeld. De grootste hoeveelheid komt rond de evenaar terecht, de kleinste rond de beide polen.

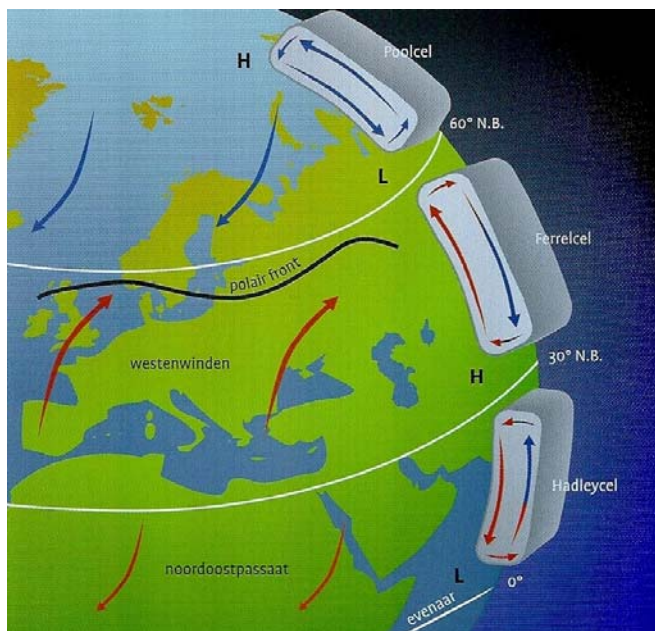
De 'transportbanden' van de biosfeer, de luchtbeweging en de watercyclus, vervoeren de energie van de warme naar de koude gebieden. Er is een energieoverschot in de tropische gebieden dat het tekort op hogere breedten moet aanvullen. Zo ontstaat er dus een water- en luchtbeweging die de energie vervoert van de tropen naar de polen.

Verspreiding van de lucht op mondiale schaal

De zon warmt de aarde niet gelijkmatig op. Bij de evenaar staat de zon vrijwel loodrecht boven het aardoppervlak. Inkomende zonnestraling verwarmt hier een kleiner gebied dan dichtbij de polen, waar het zonlicht veel schuiner invalt. Hoe verder verwijderd van de evenaar hoe groter het gebied waarover dezelfde hoeveelheid zonnestraling zich verspreidt. Verschillen in zonnestraling veroorzaken temperatuursverschillen tussen de tropen en de polen. Samen met de draaiing van de aarde en de wrijving aan het aardoppervlak, zorgen deze verschillen in temperatuur ervoor dat lucht in beweging komt. Per halffront bestaat deze zogenaamde "algemene luchtcirculatie" uit drie cellen – een opeenvolging van

opstijgen, verplaatsen en weer neerdalen. Bij de evenaar stijgt warme lucht op en koelt daardoor vervolgens af. Hierdoor gaat het regenen, dit is de tropische zone. De uitgeregende lucht stroomt op grote hoogte naar het noorden (of het zuiden) om verderop weer te dalen. De lucht warmt daarbij op en droogt nog verder uit. Door deze aanvoer van lucht ontstaan op 30° noorder- en zuiderbreedte hoge drukgebieden; vanwege het ontbreken van vocht is de lucht er vaak helder. In deze droge zone bevindt zich bijvoorbeeld de Sahara.

In de poolstreken koelt lucht af. Omdat koude lucht relatief zwaar is ontstaan hier hogedruk gebieden. Als de koude lucht naar lagere breedten stroomt, ontmoet hij droge lucht uit de hogedrukzone rond 30°. Waar beide luchtstromen elkaar treffen ontstaan depressies: gebieden met voornamelijk stijgende lucht, vergezeld van neerslag en sterke winden. Dit gebeurt in de gematigde breedten tussen 40° en 65°. Op 52° noorderbreedte ligt Nederland daar middenin. Door deze luchtcirculatie en door de zeestromingen, vindt er warmtetransport plaats van de tropen naar de polen.



Figuur 1.4 Algemene luchtcirculatie

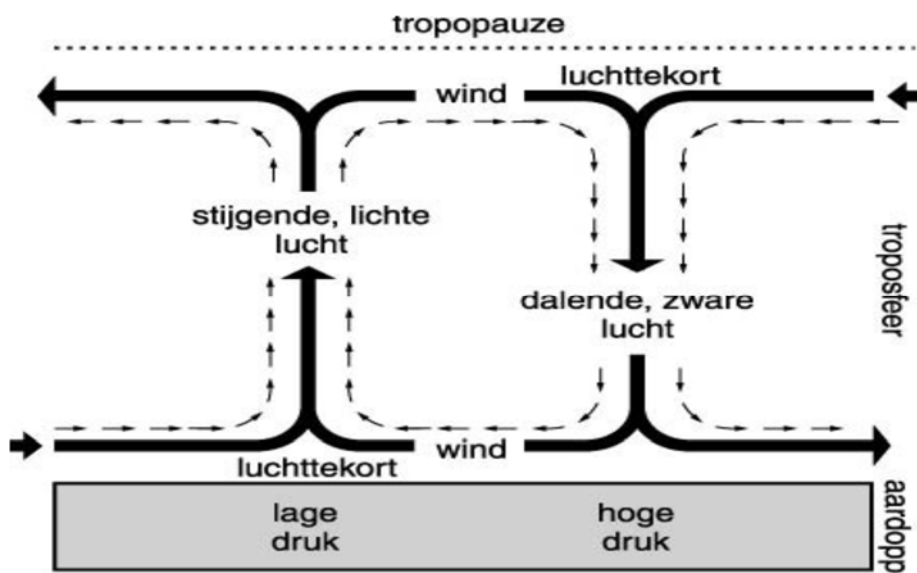
Tot aan de bovengrens van de stratosfeer vindt de menging en de verspreiding van gassen vooral plaats als gevolg van luchtbewegingen. Op macroschaal is de wind het belangrijkste. Wind ontstaat door drukverschillen die weer het gevolg zijn van verschillen in temperatuur en luchtmassa's. De effecten van wind zijn vooral merkbaar op grotere hoogte.

Door wind is in ongeveer twee jaar de lucht van het noordelijk en zuidelijk halfrond volledig uitgewisseld. Men spreekt in dit verband van horizontale circulatie. Er bestaan ook verticale circulaties: op elke breedtegraad vindt luchtuitwisseling van boven naar beneden binnen enkele maanden plaats. De verticale circulatie in de stratosfeer is veel geringer dan in de troposfeer, omdat in de stratosfeer de koude luchtlaag onder de warme ligt. De zware (= koude) lucht stijgt niet op.

;#

#

De grens tussen de troposfeer en de stratosfeer vormt een barrière waarin het transport van gassen maar langzaam verloopt. De wateroplosbare gassen zullen niet tot in de stratosfeer kunnen doordringen, maar opgelost in het regenwater op aarde terugvallen. Niet in water oplosbare stoffen zoals CFK's, hebben wel kans om in de stratosfeer door te dringen.



Figuur 1.5 Het ontstaan van wind

Lokale verspreiding van de lucht

Behalve door bovengenoemde verschijnselen zoals b.v. wind zijn op microschaal ook nog andere verschijnselen waar te nemen.

Op microschaal zorgen ook verticale luchtbewegingen (turbulenties) voor menging. Er is sprake van turbulenties als de richting en snelheid van luchtmassa's voortdurend veranderen. Turbulenties treden vooral op vlak bij het aardoppervlak, waar veel wrijving tussen lucht, land en zee voorkomt.

We onderscheiden twee vormen van turbulentie, die doorgaans gezamenlijk voorkomen:

-mechanische turbulentie:

Deze ontstaat doordat de windbeweging verstoord wordt door het aardoppervlak met zijn obstakels.

-thermische turbulentie:

Dit verschijnsel ontstaat doordat de lucht aan het aardoppervlak bij zonnig weer verwarmd wordt en op wil stijgen, wat allerlei wervelingen ten gevolge heeft; dit houdt verband met de stabiliteit van de troposfeer.

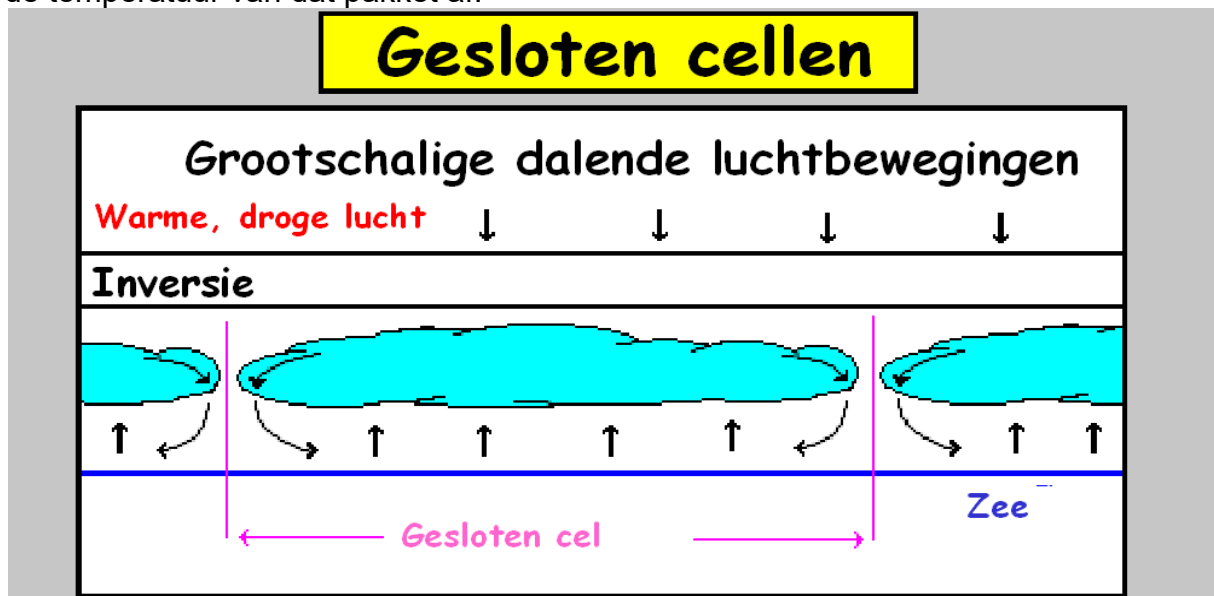
Als gevolg van de thermische turbulentie is de atmosfeer in de zomer iets turbulenter dan in de winter. 's Nachts is de atmosfeer doorgaans stabiel met weinig turbulentie. De menging van lucht wordt groter naarmate de turbulentie toeneemt. Turbulentie is daarom een belangrijke factor in de berekening van het transport van luchtverontreiniging.

Stabiliteit van de lucht

Afgezien van de ozonproblematiek en het broeikas effect spelen de luchtverontreinigingsproblemen zich bijna volledig af in de troposfeer. De temperatuurverandering in de onderste luchtlagen van de troposfeer is daarbij van grote invloed op de verticale bewegingen van lucht en luchtverontreiniging.

De lucht is stabiel indien de temperatuurdaling minder dan 1°C per 100 m is. Stabiel wil zeggen dat verticale luchtbewegingen afgeremd worden zodat de lucht zich in verticale richting slechts langzaam verspreidt.

Wanneer de temperatuurdaling groter dan 1°C per 100 m is, is de lucht instabiel en zien we dat sommige luchtmassa's opstijgen en andere neerdalen. Dit verschijnsel noemen we thermiek. De oorzaak van dit verschijnsel is dat een opstijgende luchtmassa door de afnemende atmosferische druk enigszins uitzet; daarbij neemt de temperatuur van dat pakket af.



Figuur 1.6 Het verschijnsel inversie: een warme laag in de bovenlucht waaronder koude lucht zich ophoopt, sluit de stijging en afvoer van vervuilde stadslucht af.

Soms zijn hogere luchtlagen zo stabiel dat er geen stijging plaatsvindt zodat lucht verontreinigende stoffen niet verticaal getransporteerd worden. Als dan ook nog sprake is van windstilte dan is het gevolg smog.

Vragen 1.2

a. Zoek de betekenis van de volgende termen in documentatiemateriaal op en geef aan welke invloed ze op ons leefmilieu hebben. De termen hebben zowel een weerkundige als een milieukundige achtergrond.

- inversie
- zure regen
- ozonlaag
- broeikas effect

b. Leg uit hoe het weer invloed heeft op de volgende processen in ons milieu:

- luchtdruk op het zuurstof opnemend vermogen van water
- temperatuur op biologische afbraakprocessen in de bodem

- windsnelheid op verspreiding van stof in de lucht
 - neerslag op de aanwezigheid van stankstoffen in de lucht
 - relatieve vochtigheid op het volume van natuurlijke materialen als hout
- c. Zet de gegevens uit figuur 1.3 in een vergelijking tegen elkaar uit. Hoeveel eenheden blijven er van de 100 over in de bodem van de aarde?
- d. Verklaar in figuur 1.6 waarom er geen stijging van de lucht optreedt.
- e. Smog is een samenvoeging van de woorden smoke en fog. Geef met deze oorspronkelijke begrippen een goede omschrijving van het begrip smog.
- f. Geef de definitie van de biosfeer.

1.3. Aspecten van luchtverontreiniging

In de Nederlandse Wet inzake Luchtverontreiniging wordt een definitie gegeven van het begrip luchtverontreiniging:

'Luchtverontreiniging is de aanwezigheid in de buitenlucht van verontreinigde stoffen; zijnde vaste, vloeibare en gasvormige stoffen in die lucht, die op zichzelf dan wel tezamen of in verbinding met andere stoffen, hetzij nadeel voor de gezondheid van de mens of aanzienlijke hinder voor de mens kunnen opleveren, hetzij schade kunnen toebrengen aan dieren, planten of goederen'.

Je leest hier dus niet wie de veroorzaker van de luchtverontreiniging is. We zullen in deze paragraaf zien dat de natuur voor minstens zulke grote problemen kan zorgen als de mens.

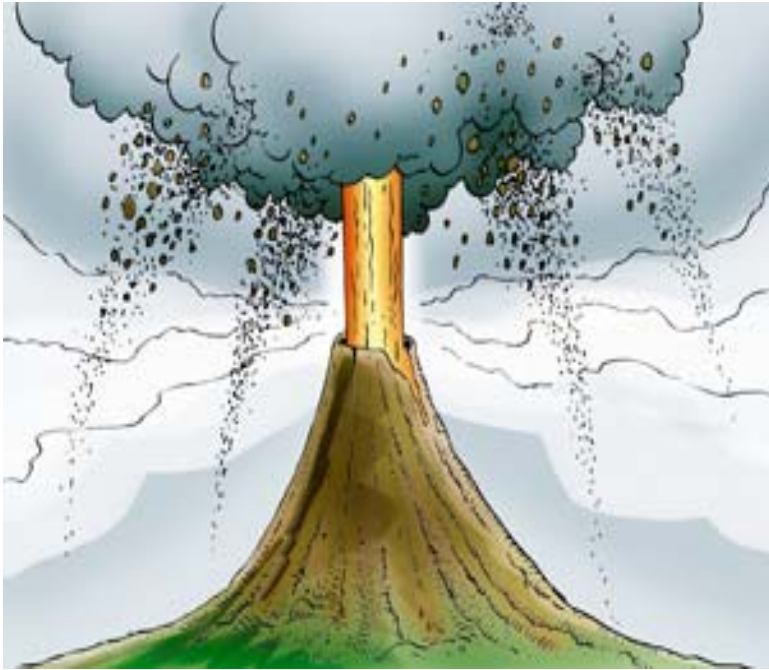
Natuurlijke verontreinigingsbronnen

Niet alle milieugevaarlijke stoffen komen voort uit menselijk handelen. De natuur kan er ook wat van. In sommige gevallen produceren natuurlijke bronnen zulke grote hoeveelheden schadelijke gassen en stof dat biologische processen er ernstige hinder van ondervinden. We zullen eens een paar voorbeelden op een rij zetten.

- Stofstormen in woestijnen brengen grote hoeveelheden zand van uiteenlopende deeltjesgrootte in de atmosfeer. Bekend zijn de zandstormen van de Sahara, die de sneeuwvelden van de Alpen soms rood kleuren. Fijn stof van de Sahara is zelfs nog teruggevonden in Midden - Amerika.
- Vulkanisch stof, dat nog veel fijner is, kan nog jaren na een eruptie in de stratosfeer worden aangetoond.
- Bosbranden brengen asbestanddelen in de lucht.
- Zeewater kan bij sterke wind als fijne nevel kilometers landinwaarts waaien en als zout neerslaan op gewassen en gebouwen, waar het aanleiding geeft tot beschadigingen.
- In de omgeving van vulkanen stinkt het vaak naar zwaveldioxide.
- De hoeveelheid methaan (moerasgas) die in moerasgebieden uit de anaërobe afbraak van plantenmateriaal ontstaat, wordt op 600 miljoen ton per jaar geraamd. Ook grotere dieren produceren overigens nogal wat methaan (koe: 200 gr / dag).

Naast natuurlijke chemische verontreinigingen kennen we ook kleine biologische objecten als 'luchtverontreinigers':

- stuifmeelkorrels (pollen)
- micro-organismen zoals bacteriën, gisten en algen
- kleine insecten en spinachtigen (bladluizen en mijten)



Figuur 1.7 Een vulkaanuitbarsting is een enorme bron van gevaarlijke gassen

Door de mens veroorzaakte of antropogene bronnen

De door menselijk handelen veroorzaakte bronnen van milieuvervuilende stoffen zijn op verschillende manieren te onderscheiden:

- naar aard (statisch of mobiel),
- naar productiesoort (b.v. elektriciteitscentrales, landbouw),
- naar locatie (stad, industriegebied).

Naast puntbronnen die vanuit één bepaald punt lozen, kennen we ook de zogenaamde diffuse bronnen die verspreid in groten getale voorkomen. Puntbronnen komen minder veelvuldig voor en lozen meestal specifieke stoffen. Diffuse bronnen veroorzaken in bewoonde, industriële gebieden een gelijkmatige achtergrondvervuiling; de andere kunnen in hun omgeving hoge piekconcentraties veroorzaken. De verspreiding verloopt in beide groepen anders.

Hoge schoorstenen veroorzaken puntlozingen, de uitgestoten stoffen komen kilometers verder neer.

Voorbeelden van diffuse bronnen zijn: ammoniakvervluchtiging boven een agrarisch gebied, lage schoorstenen voor huisverwarming en uitlaatgassen van auto's.

Voorbeelden van puntbronnen zijn: elektriciteitscentrales, vuilverbrandingsinstallaties, aluminium- en zinkfabricage.

De belangrijkste menselijke bronnen zijn:

a) *verbrandingsprocessen waaronder het verkeer:*

De verontreinigingen die in de lucht worden gebracht zijn: vluchtige organische stoffen, koolmonoxide, loodverbindingen, stikstofoxiden, zwaveloxiden en aërosolen (m.n. roetdeeltjes).

b) *energiewinning uit centrales:*

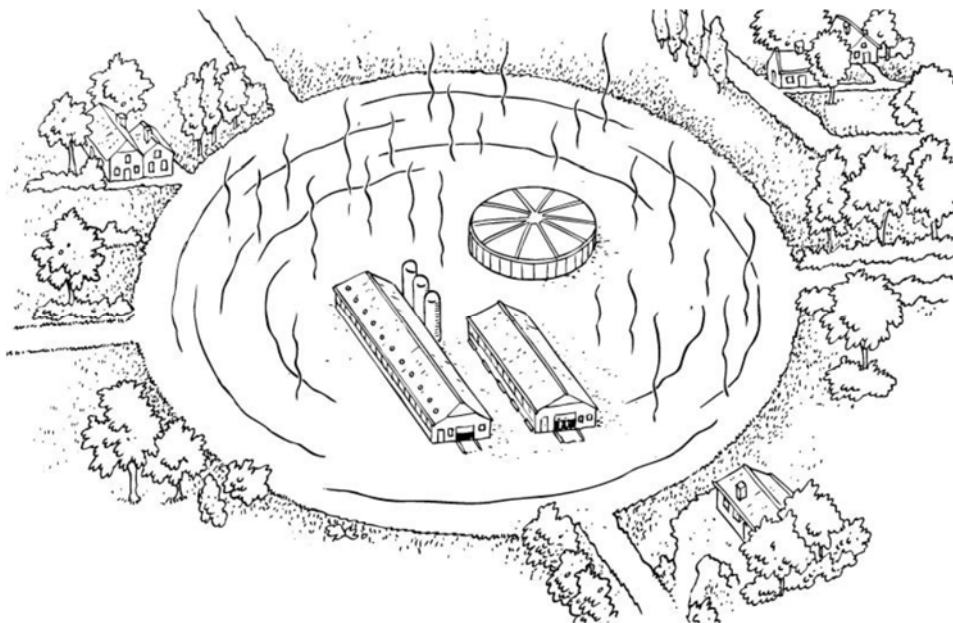
Behalve bovengenoemde stoffen produceren elektriciteitscentrales ook nog grote hoeveelheden vliegias en zwavelverbindingen.

c) *chemische en andere industrieën:*

Deze industrieën stoten een heel scala van chemische stoffen uit.

d) *emissies uit de agrarische sector:*

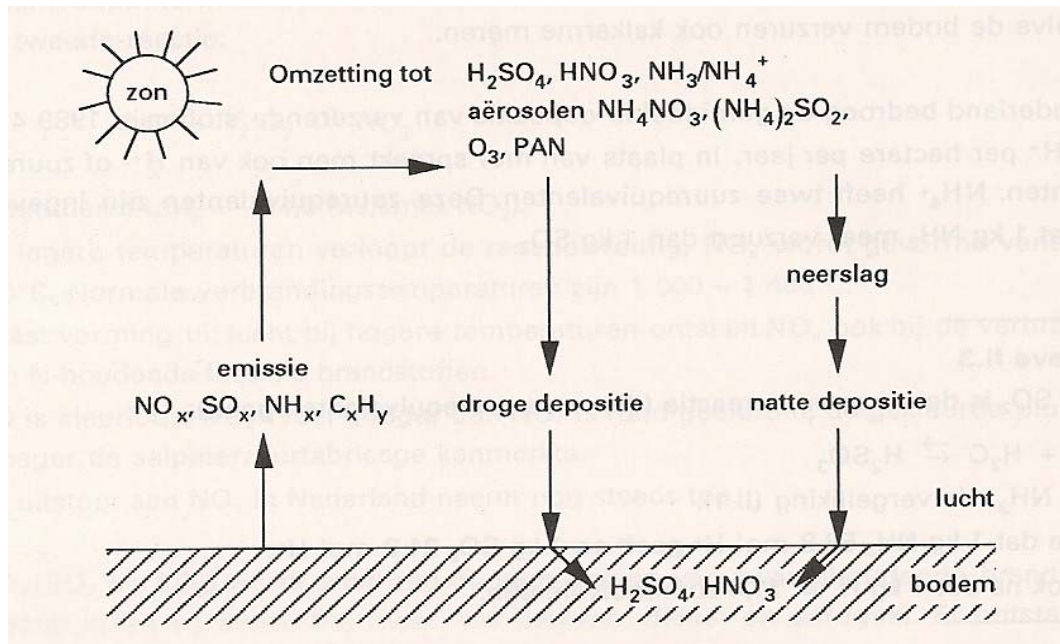
Uit mest ontwijkt ammoniak dat zowel een bemestende als een verzurende werking heeft voor het milieu.



Figuur 1.8 Een varkensstal heeft een stankcirkel waarbinnen het kwalijk riekt

Typen van verontreiniging

Binnen de luchtverontreiniging wordt een onderscheid gemaakt op basis van verschillen in fysisch-chemisch gedrag van de verschillende vormen van verontreiniging.



Figuur 1.9 Luchtverontreinigende stoffen

Gasvormige verontreiniging

Deze gedraagt zich in verdunde vorm net zoals lucht en verspreidt zich door wind en de turbulentie van de atmosfeer. Voorbeelden zijn HF, CO₂, NO_x, SO₂, etc. Deze stoffen kunnen allemaal door directe (primaire) lozing in de lucht komen en de luchtkwaliteit nadelig beïnvloeden.

Verbindingen die ontstaan door omzettingen van stoffen, geproduceerd bij primaire lozingen noemen we secundaire verontreinigers (Peroxyacetylnitrat P.A.N. bijvoorbeeld, ontstaat door reacties van stoffen in uitlaatgassen onder invloed van zonlicht).

Fijnstof en aërosolen

Fijnstof is een vorm van luchtvervuiling. Tot fijnstof worden in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend. Fijnstof bestaat uit deeltjes van verschillende grootte, herkomst en chemische samenstelling. Uit epidemiologische en toxicologische gegevens blijkt dat fijnstof bij inademing schadelijk is voor de gezondheid. In Nederland en België sterven enkele duizenden mensen enige dagen tot maanden eerder door acute blootstelling aan fijnstof. Bij mensen met luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten verergert chronische blootstelling aan fijnstof hun symptomen en het belemmert de ontwikkeling van de longen bij kinderen. De normen voor fijnstof worden in Europa op veel plaatsen overschreden, vooral langs drukke wegen.

Bij indeleing van fijnstof in soorten wordt er onderscheid gemaakt in grootte van de deeltjes:

- PM₁₀: deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer. PM is hierbij de afkorting voor *particulate matter*;
- PM_{2,5}: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 micrometer;
- PM_{0,1}: deeltjes kleiner dan 0,1 micrometer (ultra-fijnstof).

Daarnaast wordt er onderscheid gemaakt in primaire en secundaire deeltjes:

- Primair fijnstof ontstaat door verbranding, wrijving, of verdamping. Voorbeelden zijn de verbranding van fossiele brandstoffen (aardolie, aardgas en steenkool) en het malen van stoffen in de industrie (zoals de mengvoeder-, metaal- of chemiebedrijven). Fijnstof ontstaat niet alleen door menselijke activiteiten; het kan het ook natuurlijk ontstaan: door de wind (die deeltjes van gebouwen of rotsen afschuurt) en de verdamping van zeewaterdruppels;
- Secundair fijnstof; ontstaat als moleculen van verzurende stoffen als (NO_x) stikstofoxiden, (SO₂) zwaveloxiden, (NH₃) ammoniak, ozon (O₃) en vluchtige organische verbindingen zich verbinden tot vaste deeltjes. Deze kunnen zich ook aan primaire deeltjes hechten.

Bij een nader onderscheid in bronnen, komen de volgende categorieën aan bod:

- Uitstoot door het verkeer, bijvoorbeeld roet uit dieselmotoren. Daarbij tellen ook dieselmotoren in (zee)schepen en locomotieven mee. Daarnaast ontstaat fijnstof door wrijving van remmen, afschuren van rubber banden en het wegdek;
- Uitstoot door de industrie, bijvoorbeeld de metaalindustrie. Ook bij het storten en overslaan van bulkgoederen komt stof vrij;
- Uitstoot door veebedrijven, door stro en gedroogde mest in stallen;
- Uitstoot door elektriciteitscentrales;
- Uitstoot uit woningen, bijvoorbeeld door een open haard, een houtkache de barbeque alsmede door sigarettenrook;
- Afkomstig van natuurlijke bronnen, bijvoorbeeld zeezout, of stof vanuit de bodem.

Figuur 1.10 Bronnen van fijnstof



Stankstoffen

Deze stoffen vormen een bijzonder groep van gasvormige verontreinigingen. Soms bestaat een stank uit één type moleculen maar het kan ook een mengsel van gassen zijn dat je ruikt. Het aantonen van stankstoffen gebeurt doorgaans met een reukpaneel. Een complicatie hierbij kan zijn dat de waarde waarbij je nog veilig kun werken (MAC-waarde) onder de reukgrens ligt.

Fysische verontreiniging

Hiertoe behoren geluid, radioactieve straling, hittestraling en trillingen. Met geluid door wegverkeer en industrie veroorzaakt alsmede met radioactieve straling heeft een ieder te maken. Met hittestraling en trillingen hebben vooral werknemers in industriële bedrijven te maken.

Andere problemen met onze atmosfeer

Afbraak van de ozonlaag

Ozon komt van nature in de atmosfeer voor. Op een hoogte tussen de vijftien en vijftig kilometer bevindt zich de ozonlaag. Deze laag biedt bescherming tegen invallende ultraviolette stralen, de schadelijke stralen in het zonlicht.

De concentratie ozon verandert de laatste jaren: laag bij de grond nemen de ozonconcentraties toe, terwijl in de hogere luchtlagen (in de stratosfeer) de concentratie afneemt.

De afname van de ozon in de stratosfeer is het gevolg van een aantal broom-, chloor-, en chloorfluorkoolwaterstoffen, oftewel halogeenkoolwaterstoffen, waarvan vooral de CFK's 11 en 12 van belang zijn. Door de afname van ozon in de hogere luchtlagen kunnen meer zonnestrallen de aarde bereiken. Zo treft vooral in de streken rond de zuidpool (Australië en Nieuw Zeeland) meer schadelijk ultraviolet straling het aardoppervlak. Deze straling is niet alleen zeer schadelijk voor onze huid maar tast ook planten aan.

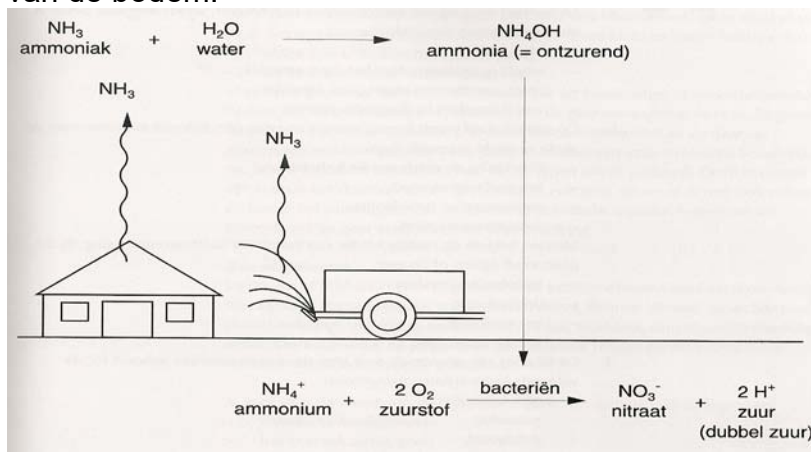
Een ander effect is dat de temperatuur in de onderste lagen van de atmosfeer toeneemt. De toenemende concentratie van ozon in de lagere luchtlagen leidt voornamelijk ook tot opwarming van de onderste lagen van de atmosfeer, omdat de warmte-uitstraling van de aarde wordt gehinderd. De hogere ozonconcentratie hier draagt dus eveneens bij aan het broeikas effect.

Fotochemische smog

De toename van de ozonconcentratie in de lagere luchtlagen wordt veroorzaakt door de uitworp van koolwaterstoffen en stikstofoxiden. Onder invloed van zonlicht wordt hieruit ozon gevormd (fotochemisch proces). De gevormde ozon kan in de lucht een hele reeks van reacties veroorzaken. Hierdoor ontstaan allerlei stoffen die zich verzamelen tot stofdeeltjes en die je kunt zien als een nevel. Die nevel is heel wat meer dan een sluier voor de zon. We noemen dit verschijnsel fotochemische smog. Fotochemisch wil zeggen dat de reacties waardoor deze smog ontstaat, zonlicht nodig hebben. De smog verdwijnt pas weer als het gaat waaien.

Zure regen

De oxiden van zwavel en stikstof hebben ieder op hun eigen manier te maken met zure regen. Ze kunnen namelijk met water in de lucht zuren vormen. Je krijgt dan zwavelzuur en salpeterzuur. Zure regen veroorzaakt directe schade aan planten. Bladeren raken beschadigd en vallen vervroegd af. Ook gebouwen en monumenten worden door zure regen aangetast. Luchtvervuiling met pH gevoelige stoffen heeft ook grote gevolgen voor de bodem. Naast de directe verzuring door de zure stoffen in het regenwater draagt ook ammoniak bij aan de bodemverzuring. Ammoniak wordt namelijk in de bodem door bacteriën omgezet in salpeterzuur. Je ziet hier hoe een basische stof in de atmosfeer als zuur een schadelijke werking heeft op het milieu van de bodem.



Figuur 1.11 Effecten van ammoniak

Het verdwijnen van luchtverontreiniging uit de atmosfeer

De meeste stoffen, die in de atmosfeer worden gebracht, verdwijnen daar na verloop van tijd weer uit. Echter de snelheid, waarmee zij uit de atmosfeer verdwijnen, is voor de verschillende componenten zeer verschillend. Dit betekent dat sommige stoffen zich in de atmosfeer ophopen, zoals koolzuurgas en bepaalde freonen.

Het verwijderen van stoffen uit de atmosfeer vindt plaats volgens een aantal fysische of chemische processen:

- droge depositie of neerslag van gasvormige verbindingen. Hierbij worden de gassen opgenomen door het aardoppervlak of organismen b.v. CO₂
- droge depositie of neerslag van aërosolen Door de massa van de deeltjes zijn ze onderhevig aan de zwaartekracht en hebben dus een bepaalde valsnelheid.
- natte depositie of neerslag van gassen en aërosolen Bij regenbuien worden gasvormige deeltjes en aërosolen door de waterdruppels meegenomen. Regendruppels kunnen gevormd worden door condensatie van waterdamp moleculen rond condensatiekernen als nitraat- en sulfaataërosolen.

natuurlijke opname	proces	opname van
groene planten	fotosynthese	CO ₂
bacteriën	opname	CO, H ₂ S, koolwaterstoffen
zee	oplossen	SO ₂ , NO _x , CO ₂
licht	afbraak	CO en O ₃

Figuur 1.12 Natuurlijke processen die luchtvervuiling door menselijke activiteit wegnemen

Vragen 1.3

Beantwoord de onderstaande MC vragen

a. Als zonnestraling op het aardoppervlak terechtkomt wordt niet alles direct in warmte omgezet. Een gedeelte.....

- blijft licht
- wordt opgenomen door het aardoppervlak
- zorgt voor de verdamping van zeewater
- wordt omgezet in chemische energie.

b. Op wereldschaal wordt (zonne)energie op twee verschillende manieren over de aarde verdeeld, namelijk door

- thermische en mechanische turbulenties
- fotosynthese en wind
- zeestromen en turbulenties
- zeestromen en wind

c. Mensen hebben het meeste hinder van industriële luchtverontreiniging als die plaatsvindt tijdens/op een

- turbulente atmosfeer
- donkere dag
- het weekend
- stabiele atmosfeer

d. De uitstoot van ammoniak door intensieve veehouderijen behoort tot de volgende luchtverontreinigingsbron:

- puntbronnen
- natuurlijke bronnen
- diffuse bronnen
- geen van bovenstaande bronnen

e. De volgende deeltjes hopen zich op in de atmosfeer

- aërosolen in druppelvorm
- fijn stof
- kooldioxide en CFK's
- ammoniak en zwaveldioxide

f. Zure regen vindt plaats door

- natte depositie
- droge depositie
- natte en droge depositie
- door geen van beiden

2. Weer en klimaat

Orientatie

Weer en klimaat zijn niet hetzelfde. Het “weer” is de toestand van het klimaat op een bepaald moment. Het “klimaat” geeft de kenmerken van het weer over een bepaalde periode, meestal 30 jaar. Klimatologen noemen dat een normaalperiode. De beschrijving van een klimaat bestaat niet alleen uit gemiddelden, maar ook uit afwijkingen van die gemiddelden en de kans dat deze afwijkingen voorkomen. Een klimaat is niet stabiel. Het kan door natuurlijke en menselijke invloeden veranderen. Het weer is de tijdelijke toestand van de atmosfeer Deze luchtlaag verdeelt de ongelijkmatig ingestraalde zonnewarmte over onze planeet. Zo brengen luchtstromen warmteoverschotten van de evenaar naar de polen. Dat de aarde ook nog eens om zijn eigen as draait en de luchtstromingen onderweg bergketens en landmassa's tegenkomen, draagt bij aan de klimaatverdeling: nat in de tropen, droog in de savannen en koud op de polen.

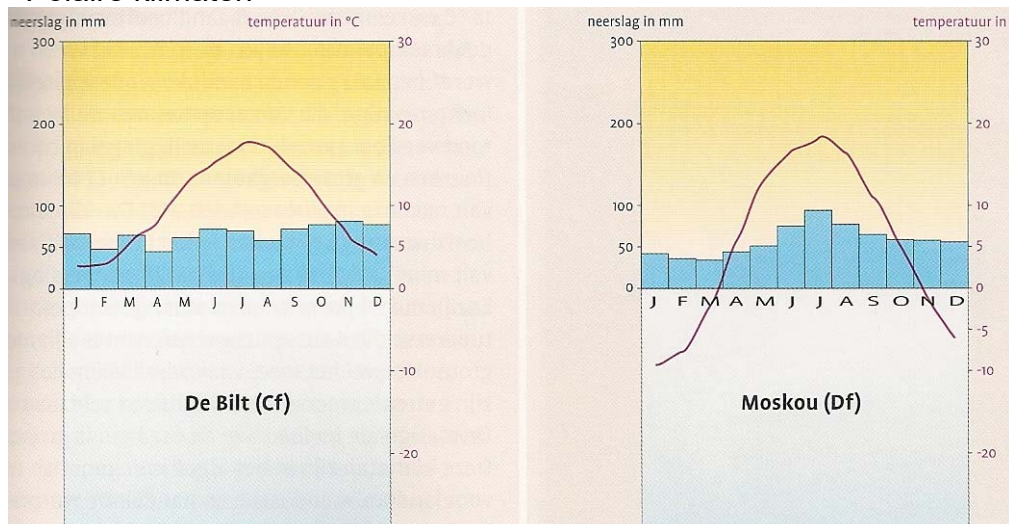
2.1 Klimaten

Temperatuurverschillen verklaren maar een deel van de klimaatverschillen op aarde. Ook andere factoren spelen een rol:

- de verdeling over de aardbol van land en water
- de watertemperatuur van de grote zeestromen
- de ligging van gebergten zoals de Alpen en de Himalaya.

Een veel gebruikte klimaatindeling beschrijft vijf hoofdklimaattypen

- * Tropisch klimaten
- * Droge of aride klimaten
- * Gematigde (zee) klimaten
- * Koude (land) klimaten
- * Polaire klimaten



Figuur 2.1 Temperatuurverloop bij een gematigd en een koud klimaat

Het onderscheid wordt gemaakt op basis van de relatie tussen de plantengroei, de gemiddelde maandtemperatuur en de hoeveelheid neerslag. Op basis van de jaarverdeling van de temperatuur en de neerslag kun je het klimaatschema nog verder verdelen.

Laten we de klimaten van de landen rondom ons in Europa eens nader bekijken.

Koud landklimaat

Dit klimaat vinden we vanaf Polen en zo verder oostelijk tot ver in Siberië. Het klimaat kent grote temperatuurverschillen tussen zomer en winter. Het komt voor op het noordelijk halfrond, waar de matigende invloed van de zee ver weg is. Land warmt eerder op en koelt sneller af dan water, waardoor de temperatuur in de zomer hoog en in de winter laag kan worden. De gemiddelde temperatuur van de koudste maand is lager dan -5 C en van de warmste maand hoger dan 15 C. In de gebieden met een koud landklimaat liggen de grootste bosgebieden van de wereld, voornamelijk bestaand uit naaldhout.

Mediterraan klimaat

In dit klimaat valt het op dat de zomers meestal warm en droog zijn en dat de meeste neerslag in het zachte winter halfjaar valt. In de winter wordt het weer bepaald door een westelijke stroming vanuit zee en in de zomer door subtropische hogedrukgebieden uit het zuiden. De overgang van zomer naar winter gaat vrij abrupt. De verandering van winter naar zomer gaat geleidelijker en vanaf einde mei is er stabiel zomerweer. Menselijke activiteiten hebben een belangrijk stempel gedrukt op de ontwikkeling van het landschap. Het land ziet er landinwaarts vaak onherbergzaam en dor uit. Dat is het gevolg van natuurlijke factoren als hitte, droogte en kou maar ook door de mens veroorzaakte bodemerosie door ontbossing.

Klimaat van Nederland

Gematigd zee klimaat

Gematigde klimaten zoals in Nederland hebben een duidelijk winter- en zomerseizoen. De gemiddelde temperatuur van de koudste maand is hoger dan 0 C en in de warmste maand blijft het gemiddeld onder de 20 C. Neerslag komt in alle jaargetijden voor. De nabijheid van de Atlantische Oceaan en de Noordzee heeft een grote invloed op ons klimaat. Zeewater warmt in de zomer namelijk langzamer op en koelt in de winter trager af dan de landmassa van het continent. Als westenwinden lucht over zee meenemen naar het land, heeft dat hier een matigende invloed op de temperatuur. Op onze breedte komt westenwind het vaakst voor. De invloed van de zee is in de kustgebieden groter dan landinwaarts. De stroming uit het westen voert ook depressies aan. Daardoor is het weer in onze omgeving wisselvallig met in alle seizoenen geregeld neerslag. Afwijkend weer kan optreden als een hogedrukgebied de aanvoer van lucht uit het westen blokkeert. Dat kan bijvoorbeeld aanleiding geven tot een langere periode met stabiel weer en abnormale hoge of lage temperaturen.

Vragen 2.1

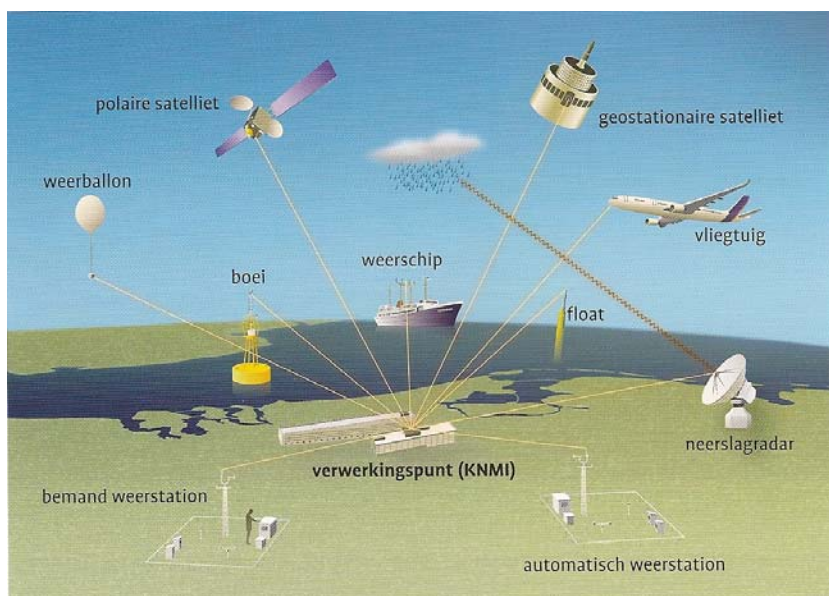
- Geef aan wat de invloed van een gebergte op het klimaat kan zijn.
- Welke twee belangrijke verschillen in de temperatuur merk je op in de klimaten van figuur 2.1?
- Kijk eens op een wereldkaart op welke breedtegraad ons land ligt. Vergelijk ons klimaat met gebieden die oostelijk ervan liggen (Centraal Europa) en westelijk (Noord-America). Trek eens wat conclusies en geef een verklaring.
- Verklaar waarom een hoge drukgebied op het land stroming van lucht uit het westen verhindert.

2.2 Aspecten van het weer

Metten van het weer

Om het klimaat te monitoren en een weersverwachting te kunnen opstellen, verzamelen meteorologen over de hele wereld waarnemingen en metingen. Dat doen ze op allerlei manieren. Het bekendst zijn de meteorologische stations die metingen uitvoeren op land zowel als boven zee. Steeds vaker zijn die stations volledig geautomatiseerd. Weerballonnen verrichten van onder naar boven metingen in de atmosfeer in het zogenaamde verticale profiel. Met de neerslagradar is te volgen waar en hoe hard het regent. Steeds vaker wordt ook apparatuur in vliegtuigen gebruikt. Daarnaast neemt het belang van satellietmetingen steeds verder toe.

Het KNMI beheert in Nederland enkele honderden meteorologische stations. Ruim 30 stations meten continu de windrichting en windsterkte, de temperatuur, de relatieve vochtigheid, de neerslag, de globale straling en de luchtdruk, evenals neerslagsoort, zicht en weertype. Sinds het begin van de eeuw zijn de stations onbemand en geautomatiseerd. Op 325 stations tapt het KNMI eenmaal per etmaal de hoeveelheid neerslag af en bepaalt er bij sneeuw de sneeuwhoogte.



Figuur 2.2 Meetmethoden voor onderzoek naar het weer

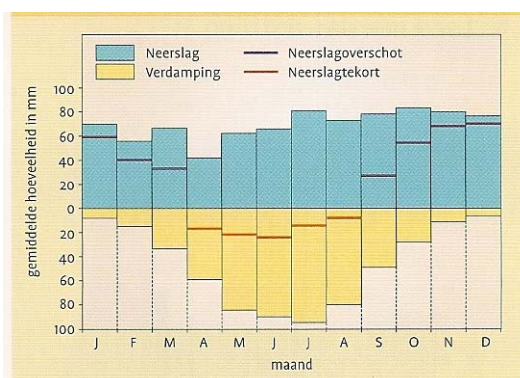
Temperatuur

De temperatuur van onze omgeving wordt gemeten met een platina meetelement waarvan de elektrische weerstand daalt met de temperatuur. Een hut beschermt dit meetapparaat tegen straling en neerslag. Lucht kan wel ongehinderd naar binnen en buiten stromen. Ook worden er temperaturen gemeten op 10 cm hoogte en in de bodem. Op 10, 20, 50 en 100 cm diepte wordt de temperatuur gemeten voor de boeren die gewassen telen en voor de gladheidbestrijding.

Neerslag en verdamping

Wolken bestaan uit (onderkoelde) waterdruppeltjes, ijskristallen of combinaties van die twee (gemengde wolken). Als grotere druppels in hun trage val kleinere zwevende druppeltjes invangen, groeien ze uit en neemt hun gewicht toe. Uiteindelijk vallen ze uit de wolk: dit noemen we neerslag. Neerslag kent verschillende vormen: regen, sneeuw, hagel en ijzel (wanneer de regen bij aanraking van voorwerpen of de grond bevriest). Neerslag kan ook anders ontstaan: niet door invangen maar door aanvriezen. In gemengde wolken verdampen de druppeltjes. Daardoor kunnen de ijskristallen aangroeien totdat ze zo zwaar zijn dat ze uit de wolk vallen. In Nederland is dit vaak de oorzaak van neerslag.

Een waterbalans geeft het verschil weer tussen de hoeveelheid neerslag en de hoeveelheid verdamping. In de winter is er sprake van een neerslagoverschot: er valt meer neerslag dan er verdampt. In de zomer is de gemiddelde verdamping groter zodat er een tekort op de waterbalans ontstaat. Gemiddeld over een jaar heeft Nederland een neerslagoverschot. De jaarlijkse hoeveelheid neerslag is namelijk groter dan de verdamping. Zonnestraling veroorzaakt een groot deel van de verdamping. Omdat de zon aan de kust het vaakst schijnt, verdampt daar ook het meeste vocht. In de winter bedraagt de verdamping enkele millimeters per maand. In het voorjaar neemt de verdamping toe en kan er soms sprake zijn van droogte, die kan bijdragen aan het vochttekort in de daarop volgende zomer. 's Zomers is de verdamping veel groter dan in de winter: gemiddeld verdampt er 100 millimeter in de maand juli. Bij een vochttekort van meer dan 200 mm is er sprake van serieuze droogte. Een zeer groot neerslagtekort (meer dan 300 mm) ontstaat pas na een lange droge periode. Daarom kan dit pas optreden tussen half augustus en half september.



Figuur 2.3 De waterbalans in de Bilt

Vroeger stelden waarnemers op KNMI-meetstations door gewoon goed te kijken vast wat voor type neerslag er viel: regen, sneeuw, ijzel of hagel. Ook verzamelden ze visuele gegevens over de intensiteit van de neerslag (veel neerslag in korte tijd) of aanhoudend (langdurig neerslag). Tegenwoordig meet een "present weather sensor" of PW sensor, automatisch het type en de intensiteit van de neerslag. Deze sensor gebruikt onder meer het principe van lichtverstrooiing. Regen, motregen en sneeuw verstrooien het licht namelijk elk verschillend. Zo verstrooit sneeuw licht veel meer dan regen en is de mate van verstrooiing ook afhankelijk van de grootte van de druppels of vlokken. De dikte van de sneeuwlaag wordt door medewerkers nog steeds gewoon gemeten met een liniaal.

Zon, vocht en mist

Het aantal uren zoneschijn berekent het KNMI uit metingen van de globale straling, dit is de optelsom van rechtstreekse en verstrooide straling. Het meten gebeurt met een "pyranometer". Twee rijen temperatuursensoren zetten een temperatuurverschil om in een elektrische spanning. De zon beschijnt de bovenste rij sensoren en de andere kant wordt op luchttemperatuur gehouden. Hierdoor ontstaat de elektrische spanning. De hoogte van het spanningsverschil is een maat voor de ontvangen straling.

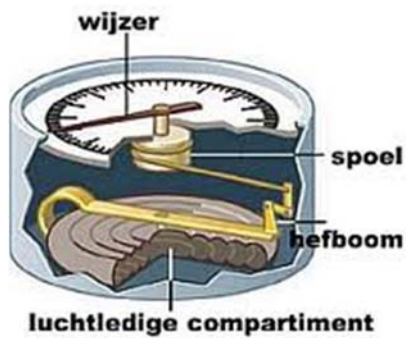
De relatieve luchtvochtigheid geeft het percentage waterdamp in de lucht aan, in verhouding tot de maximaal mogelijke hoeveelheid bij een bepaalde temperatuur. Bij mist is de relatieve vochtigheid hoog, ca 98 %. Meestal zit er minder waterdamp in de atmosfeer. Naarmate het warmer is kan lucht meer waterdamp opnemen. We meten de relatieve vochtigheid met een elektrisch element, de condensator. Deze kan elektrische lading opnemen afhankelijk van de luchtvochtigheid.

Bij helder weer kun je kilometers ver kijken, bij zicht van minder dan 200 m spreken we van dichte mist. Automatische zichtmetingen maken gebruik van een lichtbron en een ontvanger. De bron zendt in één richting een lichtpuls uit. Hoe sterker de door de ontvanger opgevangen lichtpuls is, hoe groter het zicht.

Luchtdruk en wind

Door de zwaartekracht trekt de aarde alles aan, ook de atmosfeer. De kracht die het gewicht van de atmosfeer daardoor uitoefent op een oppervlak noemen we de luchtdruk. Lucht in beweging ervaren we als wind. Wind is niet veel meer dan een luchtstroom van hoge naar lage druk. In Nederland waait hij meestal uit het zuidwesten, over zee naar het land. Daar vlakt hij de temperatuurverschillen af. In het binnenland werken bomen, gebouwen en reliëf als een rem op de wind. Veel windmolens kom je daar dus niet tegen.

Luchtdruk meten we met een barometer. Die kan werken op een luchtledig doosje waaraan een veer is bevestigd. Wordt het doosje sterk samen gedrukt, dan wordt de veer uitgerekt en kunnen we de barometerstand aflezen. Luchtdruk neemt met de hoogte af zodat je voor vergelijkbare waarden altijd tot zeeniveau moet terugrekenen. We meten luchtdruk in bars of zoals we druk meestal aangeven in N/m² of hectoPascal. De gemiddelde **atmosferische druk** is 1013 hPa = 1,013 bar = 1 atmosfeer. De druk varieert in ons land globaal tussen 950 en 1050 hPa.



Figuur 2.4 Een atmosferische drukmeter of barometer

Beaufort	Windsnelheid in m/s	opmerkingen
2	1,5 – 3,3	Zwakke wind, ritselende bladeren
5	8,0 – 10,7	Vrij krachtige wind, vormt flinke golven
7	13,9 - 17,1	Harde wind, moeilijk tegenop te fietsen
9	20,8 – 24,4	Storm, verplaats dakpannen en takken breken af
12	> 32,7	Orkaan, grote schade

Wind geven we aan in Beaufort en wordt gemeten met een anemometer. Hierbij blaast de wind in drie halve bollen die om een as draaien. De draaisnelheid is een maat voor de windsterkte.

Wolken

Wolken worden op basis van onderscheid in vier families ingedeeld:

1. hoge wolken op ca 6 tot 10 km, vrijwel geheel bestaand uit ijskristallen;
2. middelhoge wolken op ca 2 tot 6 km hoogte, veelal bestaand uit onderkoelde waterdruppels (druppels die bij deze temperatuur eigenlijk ijs hadden moeten zijn);
3. lage wolken onder ca 2 km, vooral bestaand uit waterdruppels
4. verticaal ontwikkelde wolken, die vaak op lage hoogte ontstaan en kunnen uitgroeien tot in de hoogste laag.

Naast de hoogte is ook de vorm een belangrijk verschil tussen wolken. Voor iedere vorm is er een apart “geslacht”, 10 in totaal. De tien wolkengeslachten maken elk deel uit van een van de vier families.

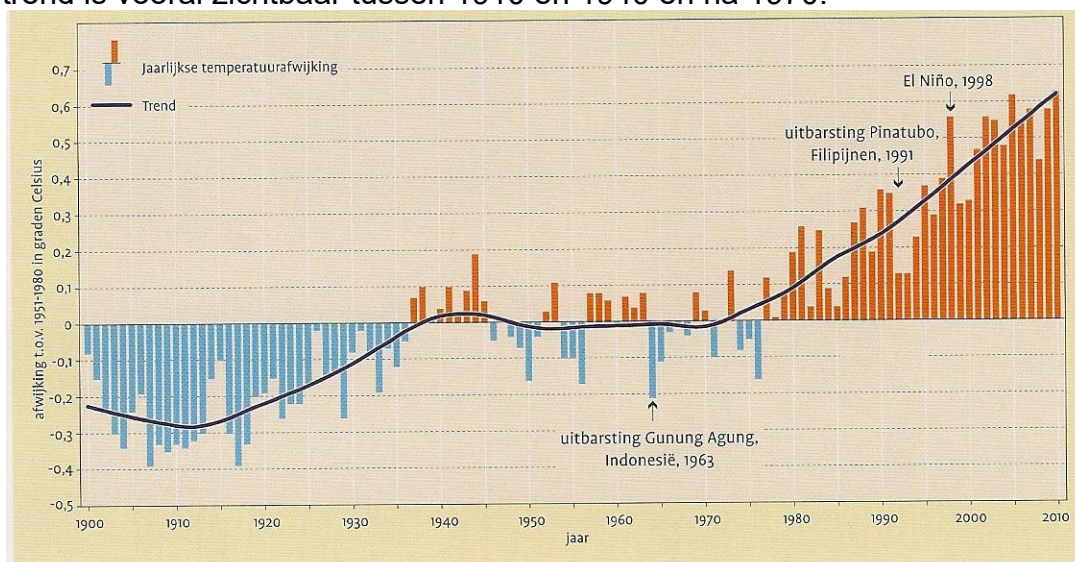
Extra opdracht: Het weer van vandaag

1. Probeer op internet de huidige luchtdruk te vinden. Is deze laag of hoog?
2. Zoek een kaart met de luchtdrukverdeling over West Europa. Waar liggen de hoge en lage drukgebieden. Geef ze weer met een aanduiding van de windroos (Z-N-O-W)
3. Zoek op Wikipedia naar de Wet van Buys Ballot. Probeer de windrichting in Nederland nu te voorspellen.
4. Controleer uit welke richting de wind waait? Komt dit overeen met je voorspelling? Indien niet zoek naar een verklaring.

2.3 Klimaatverandering

Trends en schommelingen

Weer en klimaat zijn grillig. Meteorologen beschrijven klimaatveranderingen in “trends en schommelingen”. Trends zijn geleidelijke veranderingen in één richting, schommelingen zijn de variaties daaromheen. Zo vertoont de wereldtemperatuur in de afgelopen eeuw een stijgende trend, met schommelingen van jaar tot jaar. Deze trend is vooral zichtbaar tussen 1910 en 1940 en na 1970.



Figuur 2.6 Trend en schommelingen in de mondiale temperatuur

Natuurlijke oorzaken

In de afgelopen eeuw waren de drie belangrijkste natuurlijke oorzaken:

- hevige uitbarstingen van vulkanen in de tropen
- variaties in de hoeveelheid zonlicht;
- schommelingen in het klimaatsysteem zelf zoals El Nino.

Dit alles leidde tot schommelingen van de mondiale temperatuur van enkele tienden van graden gedurende enkele tot tientallen jaren. We lichten dit even toe.

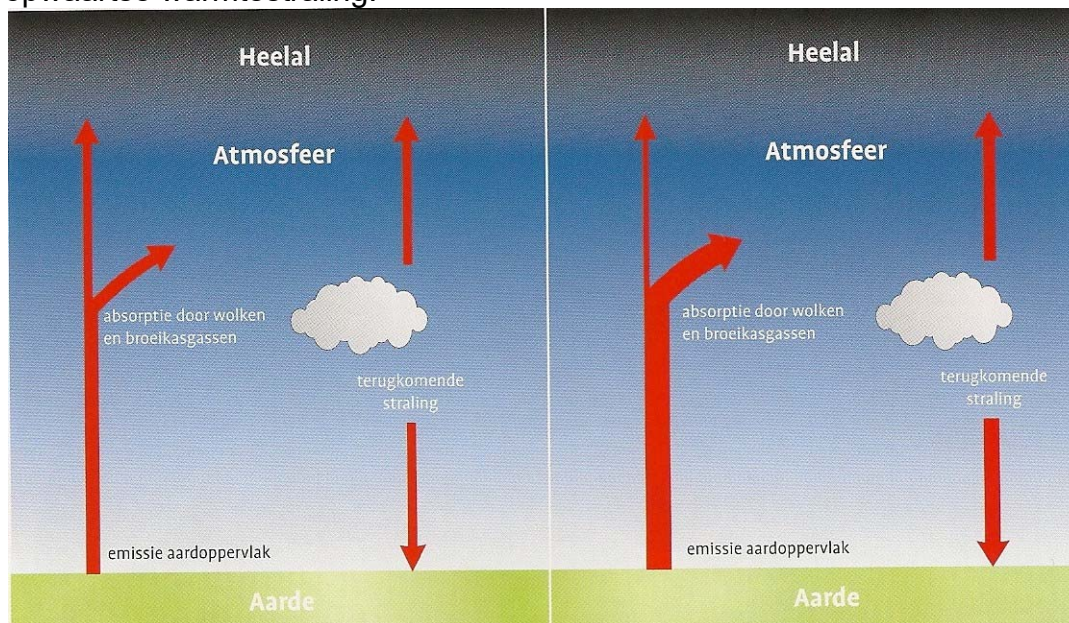
Zonnestraling kan wisselen door bijvoorbeeld de variaties in zonnevlekken. Deze straling varieert in een cyclus van ca 11 jaren.

El Nino is een klimaatschommeling in de tropische Stille Oceaan waarvan de invloed op vele plaatsen op de wereld is op te merken. Als zich aan de ene kant van de Stille Oceaan warm water ophoopt betekent dit dat aan de andere zijde kouder water verzamelt, dit is het normale verschijnsel. Tijdens El Nino verspreidt het warme water zich over de oceaan en komt tot de andere zijde. Dit geeft een temperatuurstijging van enkele tienden van graden en heeft grote effecten vooral in Zuid-Amerika.

Vulkanen stoten grote hoeveelheden as uit die het zonlicht weerkaatsen en zo het klimaat beïnvloeden. Soms komt vulkaanas in de stratosfeer (13 km) en beïnvloed het weer op wereldschaal. Dit kan tot jarenlange afkoeling leiden.

Natuurlijk broeikaseffect.

De atmosfeer bestaat uit 0,4% uit broeikasgassen. Deze zorgen ervoor dat de gemiddelde temperatuur op aarde ca 15 °C bedraagt. Zonder broeikasgassen zou het ca 18 °C onder nul zijn! Dit verschil in temperatuur staat bekend als het "natuurlijk broeikaseffect". Wolken en broeikasgassen als koolstofdioxide houden namelijk uitgaande warmtestraling tegen. Naarmate het gehalte aan broeikasgassen groter is, kan minder warmtestraling uit de atmosfeer ontsnappen. Om de energiebalans van de aarde te herstellen, stijgt de temperatuur aan het aardoppervlak en daarmee de opwaartse warmtestraling.

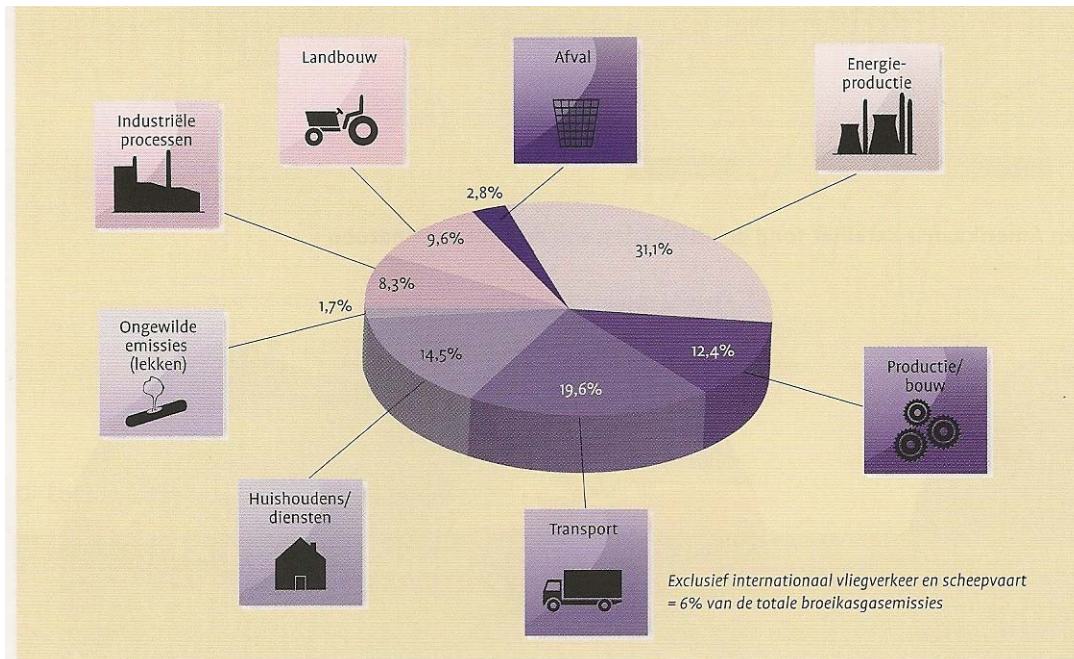


Figuur 2.7 Het natuurlijk (links) en het versterkt broeikaseffect (rechts)

Versterkt broeikaseffect

Sinds de industriële revolutie stijgt de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer. Het broeikaseffect neemt hierdoor toe, net als de gemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak. Energieproductie en industriële en agrarische activiteiten brengen vooral meer kooldioxide in de atmosfeer, maar ook methaan en lachgas. Als zijn dus ook nog nieuwe broeikasgassen in de atmosfeer bijgekomen. Tussen 1800

en 2000 steeg de concentratie CO₂ in de atmosfeer van 280 ppm tot 390 ppm (parts per miljoen delen lucht). Sinds 1900 steeg de gemiddelde temperatuur in de wereld met ca 0,8 C. Waarbij West-Europa twee maal zo snel opwarmt als gemiddeld in de hele wereld.



Figuur 2.8 Broeikasgasemissie in de EU in 2008

In Nederland zijn de oorzaken van deze snelle opwarming een toename van westenwinden in de late winter en het vroege voorjaar en meer zonnestraling in het late voorjaar en de zomer. Ook de temperatuur van het Noordzeewater lijkt sneller te stijgen dan in de rest van de wereld. Dit verklaart waarschijnlijk waarom het aan de kust in de zomer en vroege herfst steeds natter wordt, vergeleken met het binnenland.

Koude en warme seizoenen

Voor alle seizoenen sinds 1901 bekeek het KNMI of, en hoeveel, de gemiddelde temperatuur afwijkt van het gemiddelde in de periode 1961 – 1990. De laatste twee decennia waren bijna alle jaren warm. En in de laatste jaren ervan waren bijna alle seizoenen warmer dan het gemiddelde tussen genoemde jaren. In 2006 en 2007 had Nederland de hoogste jaartemperatuur sinds 1765. Beide jaargemiddelden waren vergelijkbaar met die in Midden-Frankrijk over 1961 – 1990. Niet alleen het gemiddelde klimaat verandert, maar ook de kans op extremen. Extremen kunnen bovendien op een andere manier veranderen dan gemiddelden. De kans op extreme neerslag kan bijvoorbeeld toenemen, terwijl de gemiddelde neerslag afneemt. Scenario's die het toekomstig klimaat beschrijven, moeten dus informatie geven over gemiddelden en extremen.

Onzekerheden

Hoeveel broeikasgassen we in de toekomst gaan uitstoten, is onduidelijk doordat we niet weten wat de omvang van de wereldbevolking zal worden, de hoeveelheid consumptie en het verbruik van fossiele brandstoffen. Wetenschappers vertalen zulke onzekerheden in scenario's voor de uitstoot of emissie van CO₂ en de concentratie van dit gas. Klimaatmodellen maken gebruik van deze emissiescenario's.

Ook bestaat er onzekerheid over het klimaatsysteem zelf. Zo is niet precies bekend hoeveel de temperatuur stijgt bij een toename van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer. Verschillende klimaatmodellen worden gebruikt om deze onzekerheden in kaart te brengen.

Gevolgen van klimaatverandering

In Nederland leidt de klimaatverandering ertoe dat warme zomers en zachte winters vaker voor zullen komen. De winters worden gemiddeld natter en ook extreme neerslaghoeveelheden nemen toe. In de zomer neemt de hevigheid van extreme regenbuien toe. De zeespiegel blijft stijgen. Veranderingen in het klimaat hebben ook invloed op het watermanagement, natuur, landbouw en gezondheid. Perioden met heftige neerslag kunnen zorgen voor overstromingen en gewasschade, terwijl extreme warmte en droogte kunnen leiden tot misoogsten en drinkwatertekorten. In West-Europa is het algemene beeld dat zuidelijke klimaatzones naar het noorden opschuiven. In berggebieden schuiven de klimaatzones omhoog en verdwijnen de koudste milieus. Dit heeft gevolgen voor onder andere de wintersport en de biodiversiteit in de Alpen.

Vragen 2.3

- a. Welk effect op de samenstelling van de atmosfeer heeft warmer zeewater?
- b. Wat moet er aan de hand zijn als de extreme neerslag toeneemt, terwijl de gemiddelde neerslag afneemt.
- c. Heb je een idee waarom de zeespiegel stijgt als het zeewater warmer wordt?