

Algemene meteorologie

Inhoudsopgave

Inleiding	4
Algemene meteorologie	6
Weerkaarten	14
Wolken: ontstaan en oplossen	18
Wolkensoorten	24
Neerslag	26
Fronten	28
Frontale bewolking	30
Straalstroom	32
Buien	36
Onweer	42
Windhoos	46
Modellen en waarnemingen	48
Weersverwachtingen	52
Diverse weersituaties met betrekking to duivenwedvluchten	56

Inleiding

Het maken van een weersverwachting is in de loop van de jaren een echte wetenschap geworden. Moesten onze voorouders het nog doen met een blik op de lucht en de spreuken die van generatie op generatie werden doorgegeven, tegenwoordig staan de modernste computers dag in dag uit te rekenen om een zo betrouwbaar mogelijke verwachting te maken. De inzichten in de processen die een rol spelen bij de weersontwikkelingen van alledag zijn steeds groter geworden. Van een bijzondere gave van molenaars en boeren, heeft de weersverwachting zich ontwikkeld tot het domein van wis- en natuurkundigen.

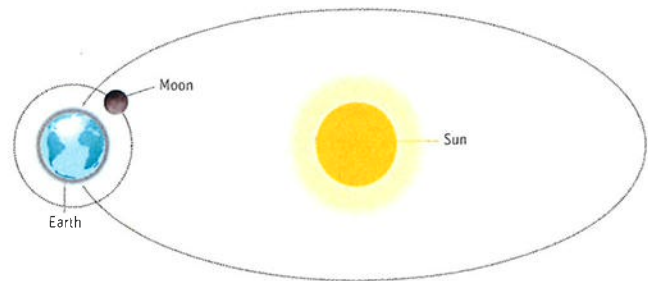
Indrukwekkende formules worden tegenwoordig gebruikt om de diverse stromingen, die de aardatmosfeer in hun greep hebben, te beschrijven. En al die processen samen leiden uiteindelijk tot de paar zinnestjes die wij als het weerbericht kennen. Dat o zo gewone en vertrouwde weerbericht, dat door de jaren heen nauwelijks is veranderd.

Algemene meteorologie

Aarde, zon en maan

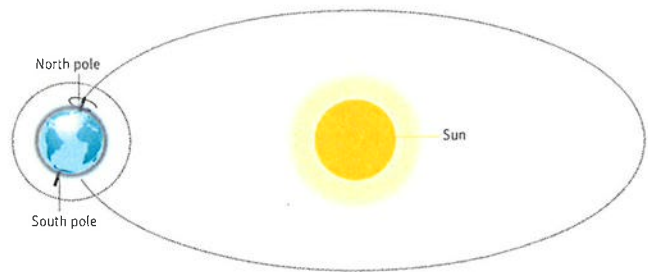
De eerste vraag die we ons tijdens deze cursus stellen, is: hoe ontstaat het weer op aarde? We nemen daarvoor eerst een kijkje in het zonnestelsel, het systeem waarin de belangrijkste energiebron voor de aarde, tevens de motor achter het weer op onze planeet, zich bevindt. Een gevolg van de temperatuurverschillen, die de zon op aarde creëert, is dat er wind gaat waaien. Wind is een belangrijk onderdeel van het weer en daarom staan we er uitgebreid bij stil. Een ander belangrijk fenomeen van het weer is bewolking. Wolken zouden niet kunnen ontstaan als zich in de aardatmosfeer geen waterdamp zou bevinden. Maar de dampkring bestaat uit meer stoffen dan waterdamp alleen. En ze hebben allen zo hun gevolgen voor het weer. Afsluiting van dit onderdeel van het cursusprogramma is een diaserie over wolken. Hoe zien ze er uit, hoe ontstaan ze en wat vertellen ze over het weer dat er nu is en dat mogelijk gaat komen?

De aarde is één van de 9 planeten die in een baan om de zon draaien. De afstand tussen zon en aarde bedraagt ongeveer 150 miljoen kilometer, ofwel 8 lichtminuten. De aarde is na Mercurius en Venus de planeet die het dichtst bij de zon staat. De aarde doet er iets meer dan 365 dagen over om een complete baan rond de zon te volbrengen. De temperaturen op aarde schommelen grofweg tussen min 90 en plus 60 graden. Dat is redelijk gematigd, want een planeet als Mercurius koelt midden in z'n lange nacht af tot -180 graden, terwijl het er midden op de dag +430 graden wordt. Dat de temperatuurverschillen op aarde minder groot zijn, is een gevolg van de matigende invloed van de atmosfeer. Rondom de aarde draait weer de maan. Om z'n baan om de aarde te volbrengen, heeft de maan ruim 27 dagen nodig. Van invloed op het weer op aarde is de maan niet. Wel veroorzaakt de maan in de zeeën de getijdenbewegingen.



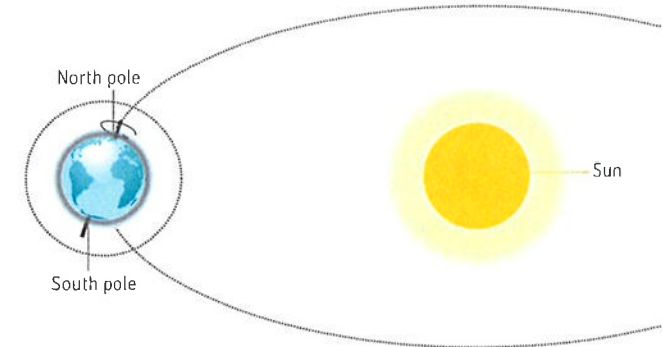
Zonnestelsel in het klein

In z'n baan om de zon, draait de aarde ook zelf. Zo'n omwenteling duurt een dag en brengt ons het ritme van dag en nacht. De aarde staat in die draaiing echter niet helemaal recht overeind. De as van de draaiing maakt een hoek van 23,5 graad met die van de draaiing van de zon. Een gevolg van die hoek is dat op aarde seizoenen zijn aan te wijzen.



Het deel van de aarde dat naar de zon toewijst, ontvangt meer zonnestraling dan het deel van de aarde dat van de zon afstaat. Beide situaties komen voor en duren grofweg een halfjaar. En zo hebben vooral de gematigde breedten op aarde en nog duidelijker de poolgebieden met een zomer en winterhalfjaar te maken. De overgangen tussen winter en zomer en tussen zomer en winter worden op gematigde breedten lente en herfst genoemd.

Als we de stand van de aarde ten opzichte van de zon van wat dichterbij bekijken, dan zien we dat de poolgebieden op aarde een bijzondere positie hebben. Het zijn de delen van de planeet die de instraling van de zon het meest indirect ontvangen. De zon staat er 'laag'. Daarentegen komen de zonnestralen op de gebieden rond de evenaar, met de zon hoog aan de hemel, het makkelijkst aan. De temperatuurverschillen die hierdoor ontstaan tussen de gebieden bij de evenaar (die een warm klimaat hebben) en de erg koude polen vormen een belangrijke motor voor het weer op aarde. Daarnaast doen de seizoenen hun werk. Die wekken allen hun eigen lokale verschillen in temperaturen op en dus de mechanismen die nodig zijn om het weer soms over maar hele korte afstand sterk te laten verschillen.



Stand van de aarde ten opzichte van de zon

Zo komt het in de winter ook in Nederland wel voor dat het in het noorden vriest met sneeuw, terwijl er een paar honderd kilometer verderop in het zuiden van het land regen valt bij temperaturen ver boven het vriespunt. In de zomer kunnen grote verschillen optreden tussen de temperaturen aan de kust en die in het binnenland.

De aarde van dichtbij. De diameter (ofwel de doorsnede) van onze planeet beslaat 12.756 kilometer. Vergeleken daarmee is de dampkring, met z'n dikte van misschien 1000 kilometer maar een schilletje. Voor het weer zijn eigenlijk alleen de onderste 20 kilometer van de atmosfeer van belang. Daar drijven de wolken rond, die neerslag brengen en ontstaan de weersystemen die het klimaat in Nederland z'n grillige verloop geven. In de luchtlagen boven 20 kilometer hoogte gebeurt niet veel meer. In die delen van de atmosfeer treffen we verschijnselen als parelmoerwolken, lichtende nachtwolken en het noorderlicht aan. Verder bevindt zich er de ozonlaag die tegenwoordig steeds meer een object van studie is geworden, vooral vanwege het grote gat dat er elk najaar boven de Zuidpool ontstaat.

Net als alle andere materie, wordt ook lucht door de zwaartekracht naar het middelpunt van de aarde togetrokken en heeft daarmee een gewicht. Dat gewicht (de luchtdruk) kunnen we meten met barometers en wordt uitgedrukt in hPa's (hectoPascal). De hPa is in de plaats gekomen van de vroegere millibar (mb), maar geeft hetzelfde aan. De gemiddelde luchtdruk op aarde bedraagt ongeveer 1013 hPa. De extremen op het noordelijk halfrond lopen uiteen van 915 hPa, ooit gemeten in de buurt van IJsland tot ruim 1080 hPa in Siberië. In Nederland liggen de uitersten tussen ruim 950 en bijna 1050 hPa.

Toch zijn er plaatsen waar de luchtdruk nog lager kan worden, bijvoorbeeld in de kern van een tropische cycloon of in de surf van een tornado. Echt betrouwbare metingen zijn daarvan echter niet voor handen. Het zijn plaatsen waar mensen liever niet komen.

Samenstelling atmosfeer

Tot nu toe hebben we alleen naar grootschalige processen gekeken die bij het ontstaan van het weer een rol spelen. Wat later in de cursus gaan we naar kleinschaligere fenomenen kijken, zoals bewolking, neerslag en temperatuur. Maar voordat we daar aan toekomen, moeten we eerst wat meer te weten zien te komen over de atmosfeer en dan vooral over de samenstelling daarvan. Welke gassen komen we zoal in de atmosfeer tegen en wat is hun invloed op het weer?

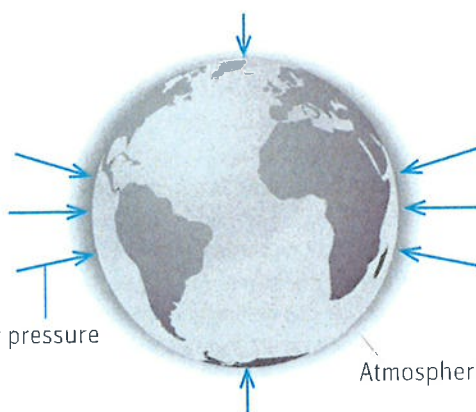
Daarna kijken we naar de temperatuur op aarde en naar het ontstaan en oplossen van wolken.

Belangrijkste bestanddeel van de aardse atmosfeer is stikstof. Ongeveer 78 procent van de lucht die we inademen bestaat uit stikstof. Behalve stikstof vinden we nog een veelheid aan andere gassen in de atmosfeer terug, die allemaal echter maar een heel klein deel uit van die atmosfeer uitmaken. Om het plaatje niet te ingewikkeld te maken, noemen we zuurstof (omdat het aan de basis van al het leven op aarde staat) en waterdamp (want die is onmisbaar in het weer). Opvallend is natuurlijk het verschil tussen het vochtgehalte van de lucht bij de evenaar en dat van de lucht in de poolstreken. Dat heeft te maken met de grote temperatuurverschillen. Koude lucht kan minder waterdamp bevatten dan warme lucht. Vandaar



Atmosphere

Doorsnede van de aarde



Air pressure

Atmosphere

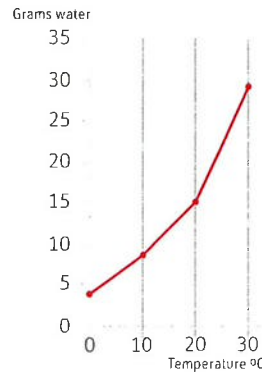
Ontstaan van luchtdruk door de zwaartekracht

Earth	
0,1% polar region	
3,0% tropical sea	
Atmosphere	
78,0% nitrogen	
21,0% oxygen	
0,1-3,0% water vapor	



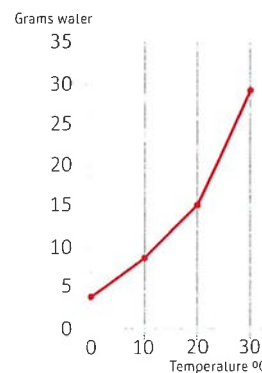
ook dat de (koude) lucht bij de polen veel droger is dan de (warme) lucht bij de evenaar. Een belangrijk bestanddeel van de lucht, dat niet genoemd is, is het broeikasgas CO₂. Het komt maar in hele kleine concentraties voor. Maar die kleine concentraties zijn niettemin zoveel hoger dan vroeger dat ze toch gevolgen voor het weer op aarde hebben.

Het plaatje hiernaast laat het verband tussen de temperatuur van de lucht en de hoeveelheid vocht die de lucht bij een dergelijke temperatuur kan bevatten, duidelijker zien. Als de temperatuur van een kubieke meter lucht oploopt van 0 graden tot 30 graden, stijgt de hoeveelheid water die de lucht in dampvorm kan bevatten van 5 tot 30 gram per liter. De vochtinhoud van die lucht wordt in potentie dus 6 keer zo groot. Dat betekent overigens niet dat die waterdamp er per definitie ook in terecht komt. Het vocht moet wel voor handen zijn. Hete lucht in een woestijngebied is bijvoorbeeld superdroog. Tegelijkertijd zal warme lucht boven zee door verdamping van het zeewater juist vochtig zijn. Het heeft al met al veel met de plaatselijke omstandigheden te maken.



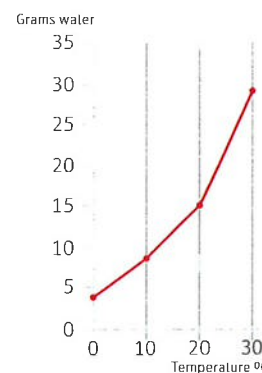
Grams of water 1m³ air in vapor form may contain, as a function of the temperature.

Luchttemperaturen zijn natuurlijk nooit lange tijd gelijk. Alleen al het verschil tussen dag en nacht ('de dagelijkse gang') maakt dat temperaturen variëren. Wat gebeurt er als een luchtkolom van 20 graden afkoelt naar 10 graden met het vochtgehalte van die lucht? Volgens de tabel hiernaast neemt de hoeveelheid waterdamp die de lucht kan bevatten terug van 17 gram per kubieke meter tot 9 gram per kubieke meter. Als de lucht in de uitgangspositie die hoeveelheid vocht inderdaad bevat, moet er tijdens de afkoeling dus vocht condenseren. Er ontstaat op die manier dus mist of bewolking. En dat zien we natuurlijk vaak gebeuren.



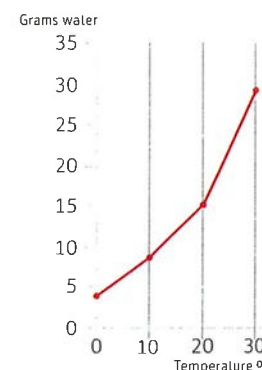
20°C → **10°C**
cool down
1m³, 17 gram water vapor 1m³, 9 gram water vapor + ...

Dergelijke processen spelen zich ook in lagedrukgebieden af. Daar stijgt de lucht namelijk, wordt daardoor kouder en moet daarom op een bepaald moment het vocht dat erin zit laten condenseren. Dan ontstaan wolken en kan het uiteindelijk zelfs tot neerslag komen. De wolk die tijdens die afkoeling ontstaat, bevat de waterdamp die overschiet, maar dan in gecondenseerde vorm. Op die manier is eveneens te berekenen (maar dan wordt het ingewikkelder) hoeveel regen een bepaalde wolkenzone kan opleveren als hij Nederland passeert. Omdat het hierbij om complexe berekeningen gaat, worden ze door computers uitgevoerd. Ze geven vaak wel een aardig beeld van de te verwachten regenval.



20°C → **10°C**
cool down
1m³, 17 gram water vapor 1m³, 9 gram water vapor + ☁

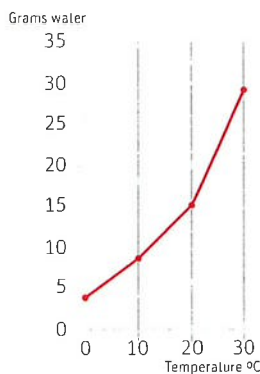
We kunnen koude lucht met daarin bewolking natuurlijk ook laten opwarmen. Dan krijgen we precies het tegenovergestelde. Warme lucht kan meer waterdamp bevatten. In dit geval loopt de potentiële dampinhoud van een luchtsoort, die eerst 10 graden warm is en maar 9 gram per kubieke meter waterdamp kan bevatten, op tot die van een luchtsoort die bij een temperatuur van 20 graden 17 gram per kubieke meter waterdamp kan bevatten. De mist of de wolken lossen dus op. Dit is een proces dat we vaak in hogedrukgebieden tegenkomen. Daar spelen zich daalbewegingen af. Als lucht daalt, wordt hij langzaam warmer. De erin aanwezige wolkenvelden lossen daardoor op. In een hogedrukgebied is de lucht dan ook vaak helder. Maar er zijn ook uitzonderingen, zowel in de zomer als in de winter. Want vochtige lucht, laag in de atmosfeer, kan het daar bewolkt houden (bijvoorbeeld boven of dichtbij grote wateroppervlakten) terwijl op wat grotere hoogte (soms maar een paar honderd meter) de lucht droog en helder is. Ook al wijst de barometer dan mooi weer aan, in werkelijkheid kan het soms dagenlang behoorlijk tegenvallen.



20°C ← **10°C**
warm up
evaporate ☁

Nog even samenvatten

Afkoelende lucht leidt tot condensatie van waterdamp waarmee de vorming van mist of bewolking op gang komt. Als dit proces maar lang genoeg doorgaat, kan het uiteindelijk op neerslag uitdraaien. Opwarmende lucht leidt tot verdamping van het in de lucht aanwezige, gecondenseerde vocht. De neerslag stopt, wolken en mist lossen op en uiteindelijk breekt de zon door en wordt het helder.



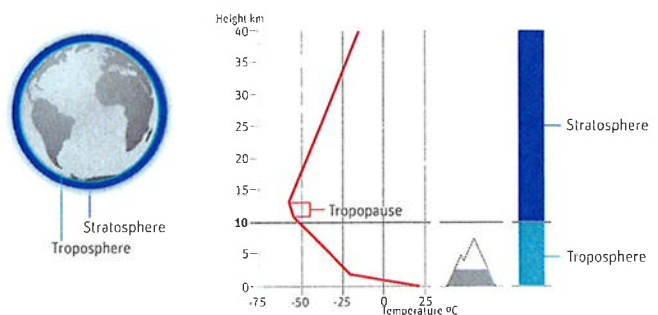
Cool air:
condensation, cloud formation

Warm air:
evaporation, cloud solution

Aarde en temperatuur

We concentreren ons nu even op het verticale verloop van de temperatuur in de atmosfeer, dat wil zeggen het verloop van de temperatuur met de hoogte. De dampkring kunnen we in verschillende lagen onderverdelen, afhankelijk van hun samenstelling en temperatuursverloop. Het weer speelt zich af in de onderste laag; de troposfeer geheten en daar gaan we het over hebben.

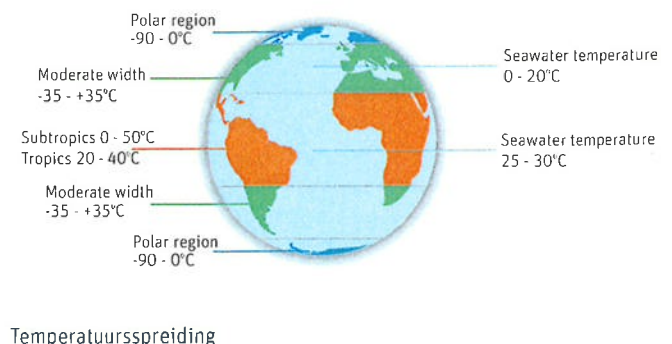
De troposfeer is de luchtlaag waarin we leven, wonen en werken. Deze laag strekt zich gemiddeld uit tot rond 14 kilometer hoogte. Boven de evenaar is dit met 18 kilometer iets hoger, op de polen met 10 kilometer wat lager.



Boven de troposfeer komen we in de stratosfeer. Dit is een luchtlaag waarin in principe geen weer voorkomt maar waarin wel degelijk een soort uitwisseling van lucht plaatsvindt. Deze interactie vindt net boven de straalstroom plaats (deze loopt aan de bovenkant van de troposfeer op hoogten tussen 5 en 12 kilometer).

In de troposfeer daalt de temperatuur met de hoogte. Dit is een patroon waar we allemaal wel mee bekend zijn. Hoe hoger je komt, hoe kouder het wordt. Gemiddeld gesproken is de temperatuur aan het aardoppervlak zo'n 15 graden en op 10 kilometer -55 graden. In de overgang naar de stratosfeer zien we eerst een stuk waarin de temperatuur constant blijft met de hoogte, overgaand in een stuk waar de temperatuur met de hoogte stijgt in plaats van daalt. Het grensvlak tussen de troposfeer en de stratosfeer wordt ook wel de tropopauze genoemd.

Als we eens kijken naar de verschillende gebieden op aarde met betrekking tot hun temperatuurspreiding (het verschil tussen de absoluut hoogste en de absoluut laagste temperatuur) dan komen we grote verschillen tegen. Beginnen we precies op de noordpool, dan zien we daar boven de ijs- of sneeuwvlakten een jaarlijkse temperatuursamplitude van 90 graden. De temperatuur loopt in de zomer, als de zon niet ondergaat, soms tot rond het vriespunt op. Midden in de donkere winter vriest het wel eens meer dan 80 graden. Springen we direct door naar de evenaar dan zien we daar een spreiding tussen 20 en 40 graden. Iets verder van de evenaar komen we in de subtropen en daar valt op dat de amplitude in temperatuur veel groter is.



Temperatuurspreiding

Dat heeft te maken met de veelal zeer droge lucht. Lucht is daar vrijwel altijd in een daalbeweging met hogedrukgebieden aan de grond. De zon schijnt er veel meer dan rondom de vochtige evenaar. Overdag wordt het soms 50 graden, maar in de nachtelijke uren koelt het in die droge lucht juist veel sterker af dan op de evenaar. De gematigde breedten hebben een temperatuurbereik er net tussenin. Kijken we naar water, met een veel grotere warmtecapaciteit, dan zien we een veel kleinere spreiding.

Luchtstromingen

In dit deel van de cursus behandelen we de luchtstromingen, ofwel de wind die eigenlijk overal op aarde is terug te vinden. Wind (eigenlijk niet meer dan lucht in beweging) is de belangrijkste transporteur van warmte en kou (ofwel van energie). Wind zorgt ervoor dat het in warme gebieden tijdelijk kouder wordt, of andersom dat het juist in koude gebieden tijdelijk warmer wordt. Wind ontstaat als gevolg van de temperatuurverschillen op aarde. Daarmee is de wind een direct gevolg van de energie die de zon aan de aarde toevoert. Zou de zon z'n invloed op aarde verliezen, dan zou het op onze planeet vrijwel windstil worden en dan zouden we eigenlijk geen weer meer hebben. En omdat de wind één van de belangrijkste mechanismen is bij het ontstaan van het weer op aarde, staan we er in dit deel van de cursus even wat meer in detail bij stil.

We hebben al gezien dat de basis voor alle luchtstromingen ligt in de temperatuurverschillen die zich op aarde voordoen. Omdat de zonnestrallen de aarde bij de evenaar directer bereiken dan bijvoorbeeld op de Noord- en de Zuidpool, is het rond de evenaar ook stukken warmer. Lucht aan de evenaar stijgt dan ook op. Daar waar lucht opstijgt, ontstaat aan het aardoppervlak een tekort aan lucht dat met lucht van elders moet worden aangevuld. Zo ontstaat aan het aardoppervlak een stroming (of transport) van lucht. Of beter gezegd: er begint wind te waaien.

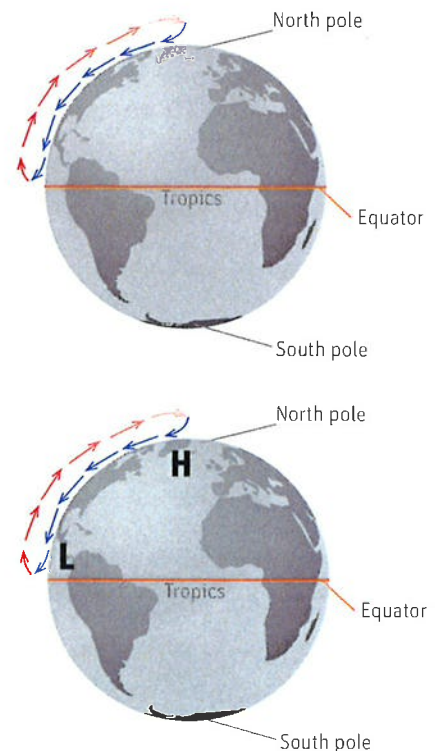
In de bovenlucht gebeurt precies hetzelfde. Zo ontstaat een simpele vorm van een circulatie. Behalve langs het aardoppervlak en in de bovenlucht, heeft ook transport van het aardoppervlak omhoog en transport van de bovenlucht omlaag plaats. Er zijn plaatsen waar de lucht opstijgt en er zijn plaatsen waar de lucht weer daalt. De plaatsen waar de lucht stijgt, zijn (zo zullen we later zien) op weerkaarten als lagedrukgebieden terug te vinden. De plaatsen waar de lucht daalt, zien we als hogedrukgebieden terug.

Op de kaart hiernaast is nog wat duidelijker aangegeven waar de lagedrukgebieden en de hogedrukgebieden liggen. Zoals al aangegeven, vinden we hogedrukgebieden op de plaats waar de lucht daalt. Daar is aan de grond de druk van de lucht ook het grootst. Een voor Nederland belangrijk hogedrukgebied ligt bij de Azoren. Bij die eilandengroep is, gemiddeld over het jaar, dus vrijwel steeds sprake van dalende lucht. En bij dalende lucht hoort in veel maar niet alle gevallen mooi weer! Op plaatsen waar de lucht opstijgt, is sprake van een lagedrukgebied. Ook dat is aan de hand van de luchtdruk wel te begrijpen. Daar waar de lucht stijgt, zal hij minder op de aarde drukken. Dus is de luchtdruk er ook lager en kunnen we van een lagedrukgebied spreken. Bovendien veroorzaakt stijgende lucht vaak wolken en neerslag.

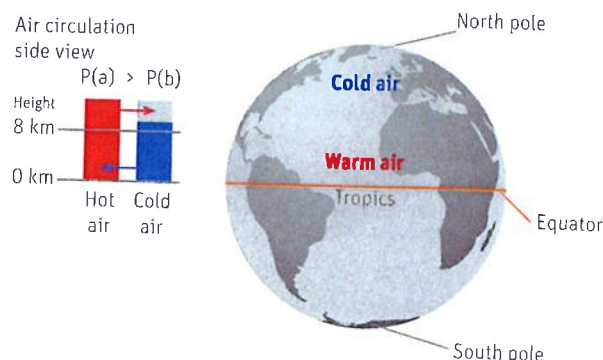
Een voor Nederland belangrijk lagedrukgebied is het IJslandlaag. Het is het lagedrukgebied dat vaak het bij ons zo regenachtige weer brengt. Samen zorgen de hoge- en de lagedrukgebieden ervoor dat er op aarde voortdurend wind waait. En die houdt het weer in beweging.

We hebben het al gezien: op aarde is er voortdurend sprake van temperatuurverschillen tussen de poolgebieden en de gebieden rond de evenaar. Als die twee luchtsoorten netjes tegen elkaar bleven liggen, was er weinig aan de hand. Maar dat gebeurt niet. We hebben al gezien dat temperatuurverschillen de veroorzakers zijn van het ontstaan van hoge- en lagedrukgebieden. En die zijn er op hun beurt weer de oorzaak van dat die warme en die koude lucht voortdurend in beweging zijn. Zo ontstaan de botsingen tussen verschillende luchtsoorten die het weer opleveren.

Het meest actieve weer doet zich op aarde voor in de zogenoemde gematigde zones. Dat zijn de gebieden halverwege het noordelijk en het zuidelijk halfrond. Daar zijn de temperatuurverschillen in het algemeen groot genoeg voor de vorming van een groot aantal hoge- en lagedrukgebieden, die er zeer wisselend weer brengen. Dichtbij de evenaar en ook rond de polen zijn de weersveranderingen kleiner.



Een aardig kenmerk van lucht is dat hij uitzet als de temperaturen stijgen. De luchtkolom boven de evenaar is dan ook een stuk dikker dan die boven de poolgebieden. In het plaatje staan de verschillen aangegeven. Hieruit zijn alvast een paar conclusies te trekken. Omdat de luchtdruk op aarde, gemiddeld gezien toch overal min of meer gelijk is, moet koude lucht wel zwaarder zijn dan warme lucht. Een afgeleide daarvan is verder dat dus ook de dichtheid van koude lucht groter moet zijn dan die van warme lucht. Verder is op aarde ook een verandering van de dikte van de luchtkolom per seizoen waar te nemen. Zo is de kolom boven Nederland gedurende het zomerhalfjaar duidelijk dikker dan gedurende het winterhalfjaar. Het betekent ook dat bijvoorbeeld de buien in de zomer verder kunnen groeien dan in de winter. Mede daarom kan het tijdens zomers onweer soms zo tekeer gaan.

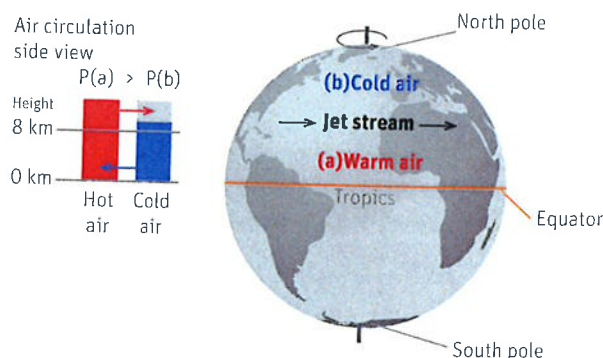


Als de luchtkolom bij warme lucht dikker is dan diezelfde luchtkolom bij koude lucht, dan is de luchtdruk op 8 kilometer hoogte in zo'n warme luchtkolom ook hoger dan de luchtdruk in een vergelijkbare koude luchtlaag. In het plaatje hiernaast is te zien waarom. Warme lucht op grote hoogte in de atmosfeer zorgt er dan ook altijd voor dat zich op die plaats en hoogte een hogedrukgebied vormt. En dat hogedrukgebied heeft weer gevolgen voor het weer aan het aardoppervlak, zo zullen we later deze cursus zien.

De verschillen, hoog in de atmosfeer, in de luchtdruk tussen de warme lucht in het zuiden en de koude lucht in het noorden, maken dat die warme lucht over de koude lucht heen wil stromen. De ongelijkheid in dikte tussen de twee luchtkolommen naast elkaar kan niet zomaar ongestraft blijven bestaan. En omdat in de atmosfeer geen tussenschotten staan om de luchtsoorten tegen te houden, gaat dus hoog in de atmosfeer een wind waaien. In eerste instantie lijkt die wind rechtstreeks van warm naar koud te gaan. Maar dan hebben we nog geen rekening gehouden met de draaiing van de aarde. Want die heeft invloed op de windrichting.

Het belangrijkste gevolg van de draaiing van de aarde is dat de wind, hoog in de atmosfeer, niet van warm naar koud maar meer tussen warm en koud door gaat waaien. Er komt een wind te staan, evenwijdig aan de warme en de koude luchtkolom. De kracht die voor die winddraaiing zorgt, wordt de Corioliskracht genoemd. De wind, hoog in de atmosfeer waait op het noordelijk halfrond zo dat, als de waarnemer de wind in de rug heeft, de koude lucht zich aan zijn linkerzijde en de warme lucht zich aan zijn rechterzijde ophoudt. Boven het noordelijk halfrond ontstaat zo de westelijke straalstroom, de band met hoge windsnelheden, hoog in de atmosfeer die de lagedrukgebieden en de bijbehorende storingen richting Europa blaast. En zo is die straalstroom ook voor het Nederlandse weer belangrijk.

In het plaatje hiernaast is de straalstroom op het Noordelijk halfrond ingetekend. De windsnelheden ervan kunnen oplopen tot soms wel 400 kilometer per uur, maar liggen veel vaker in de buurt van 100 kilometer per uur. Vliegtuigen, op weg naar Amerika, kunnen flinke vertragingen oplopen als ze tegen een sterke straalstroom in moeten vliegen. Daarom wordt vaak voor een noordelijkere route, over IJsland en Groenland gekozen. Het vliegtuig is dan eerder in Amerika. Op de terugweg is de wind in de rug natuurlijk alleen maar positief. Ook op het Zuidelijk halfrond waait op enige hoogte in de atmosfeer een westelijke straalstroom. Die beïnvloedt het weer op land echter minder dan op het Noordelijk halfrond. Dat komt omdat de gematigde breedten op het zuidelijk halfrond vooral met zee zijn bedekt.



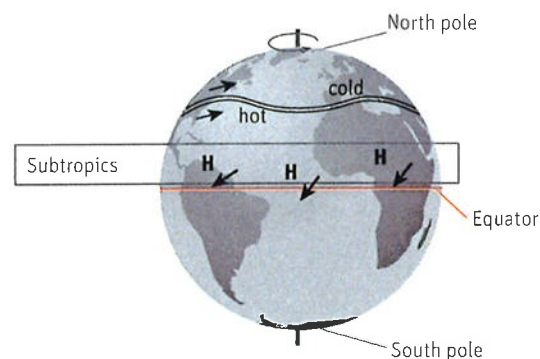
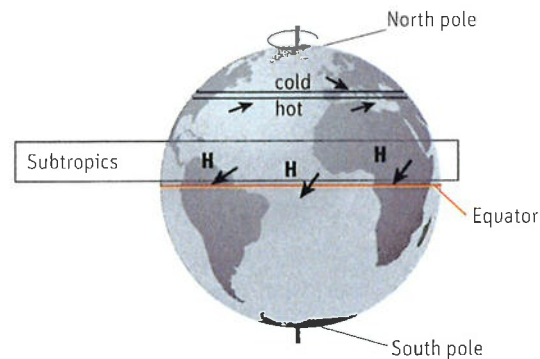
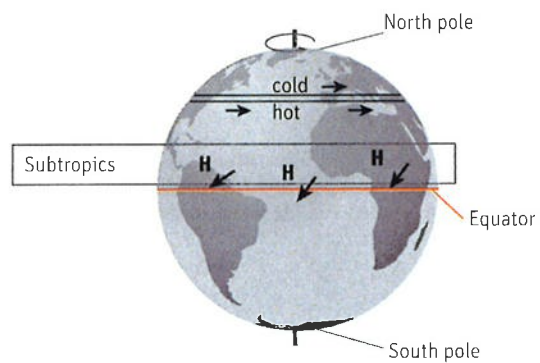
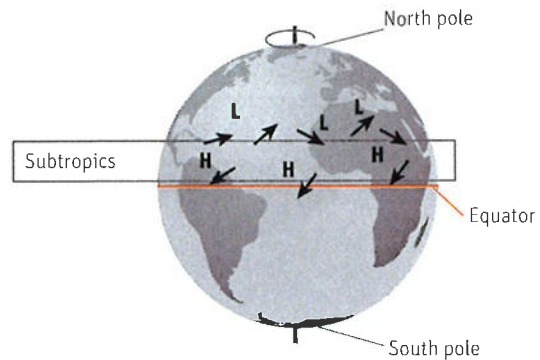
Als we wat verder richting aardoppervlak afdalen, dan zien we dat het windpatroon op het Noordelijk halfrond een wat grilliger verloop krijgt. We hebben eerder al gezien dat de temperatuurverschillen aan de basis staan van het ontstaan van hoge- en lagedrukgebieden. Elk hoge- en lagedrukgebied brengt z'n eigen windregime met zich mee. Maar gemiddeld genomen zijn er toch banden te onderscheiden. Zo bevindt zich op enige hoogte ten noorden van de evenaar een zone met hogedrukgebieden. Het is de plaats waar we eerder dalende lucht-bewegingen tegenkwamen. Ten zuiden van die zone heeft de wind een voorkeur voor oostelijke richtingen. Overigens stelt die wind in het algemeen niet veel voor. Het is bij de evenaar dan ook rustig. In de hogedrukgebieden zelf staat vrijwel geen wind. Op onze gematigde breedten

zorgen de lagedrukgebieden, in combinatie met de hogedrukgebieden net ten noorden van de evenaar ervoor dat er een brede zone is waarbinnen de wind een grote voorkeur voor westelijke richtingen heeft. Nederland hoort ook bij die zone. Ten noorden van de lagedrukgebieden waait vooral een oostelijke wind. Omdat de hoge- en lagedrukgebieden niet altijd op een vaste plaats liggen, variëren windrichting en windsterkte overigens wel. We hebben het hierboven vooral over gemiddelden.

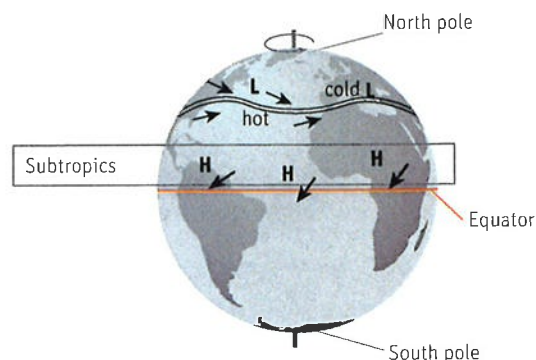
In de zone met westelijke winden aan het aardoppervlak bevindt zich tevens de grens waar de warme lucht uit het zuiden en de koude lucht uit het noorden op elkaar botsen. De meest ideale situatie zou natuurlijk zijn dat die grens altijd een rechte, langgerekte zone zou zijn. Dat zou het meest overzichtelijke weer opleveren. Zo'n situatie komt echter nooit voor. In de praktijk blijkt de scheidelingslijn tussen de warme en de koude lucht behoorlijk op en neer te bewegen. Er trekken voortdurend grote golven doorheen. En die golven zijn voor het weer van belang. Het zijn namelijk de plaatsen waar de lagedrukgebieden ontstaan. Overigens is het ook niet zo dat de lucht uit de poolgebieden en de lucht van de streken rond de evenaar direct op elkaar botsen. De overgang van het een naar het ander verloopt altijd in een aantal stappen. Er bestaan dus verschillende luchtsoorten naast elkaar, die allemaal weer aan elkaar grenzen. Daarom zou je eigenlijk ook verschillende scheidelingslijnen in de kaart moeten tekenen.

In dit plaatje is het begin van het golven van het polaire front, zoals de scheidelingslijn tussen de koude lucht in het noorden en de warme lucht in het zuiden wordt genoemd, te zien. De warme lucht in het zuiden en de koude in het noorden proberen, om wat voor reden dan ook, beide terrein te winnen. Van twee kanten beginnen ze tegen de scheidelingslijn aan te drukken, de kou vanuit het noorden, de warmte vanuit het zuiden. Het front kan daardoor nooit recht op z'n plaats blijven liggen, maar moet wel gaan golven.

De volgende stap laat zien dat van de overzichtelijke rechte lijn inmiddels niets meer over is. Tegelijkertijd zijn er verschillende golven ontstaan. Hier en daar is de grens tussen de koude en warme lucht flink naar het noorden opgeschoven, op andere plaatsen juist flink naar het zuiden. In de praktijk blijkt dat op de kop van de verschillende golven lagedrukgebieden ontstaan. De rondingen geven de plaatsen aan waar de warmte- en de koufronten zich bevinden. Tussen de verschillende lagedrukgebieden in bevinden zich gebieden van hoge luchtdruk, hetzij in de vorm van echte hogedrukgebieden, hetzij in de vorm van ruggen van hoge luchtdruk. Later zullen we daar meer over te weten komen. Nu volstaat het noemen ervan. De opsomming is compleet met het vermelden van de hogedrukgebieden die zich ten noorden en ten zuiden van lagedrukgebieden ophouden. We zien hier eigenlijk al het patroon ontstaan dat tot het vaak wisselvallige weer in Nederland leidt. De opeenvolging van lagedrukgebieden met hun fronten is al te zien. Als we hierbij bedenken dat boven die lagedrukgebieden de westelijke straalstroom waait, zoals we eerder hebben gezien, is het weer in Nederland al voor een groot deel verklaard.



We breiden het plaatje uit met de hoge- en de lagedrukgebieden. Steeds aan de voorzijde van de lagedrukgebieden probeert warme lucht vanuit het zuiden naar het noorden op te dringen. Aan de achterzijde ervan wint juist de koude lucht weer terrein. De luchts-oorten worden steeds voorafgegaan door scheidingslijnen, de fron-ten. De lijn die aan de warme lucht voorafgaat, wordt in de mete-orologie het warmtefront genoemd, de lijn die aan de koude lucht voorafgaat, heet het koufront. Belangrijk is het te weten dat zich op de overgangszones van de warme naar de koude lucht of andersom meestal bewolkingsgebieden ophouden. Het zijn tevens de plaatsen waar neerslag wordt gemeld en waar het vaak flink waait. Verder markeren fronten in de regel de plaatsen waar de wind van richting verandert.



Zoals al eerder aangegeven, bevinden zich tussen de lagedrukgebieden in, ook hogedrukgebieden of uitlopers daarvan. Ze vormen een belangrijke schakel in ook het wisselvallige Nederlandse weer. Weer is namelijk pas wisselvallig als er behalve momenten met bewolking, wind en regen ook perioden met zon zijn. En juist de hogedrukgebieden, of ze nu stilliggen of in de westelijke straalstroom boven het Noordelijk halfrond meetrekken, zorgen daarvoor.

Eén van de belangrijkste leveranciers van hogedrukgebieden of ruggen van hoge luchtdruk in het Nederlandse weer is het Azoren hoog. Daarmee is de grote invloed van dit hogedrukgebied op het Nederlandse weer voor een belangrijk deel verklaard.

Isobaren

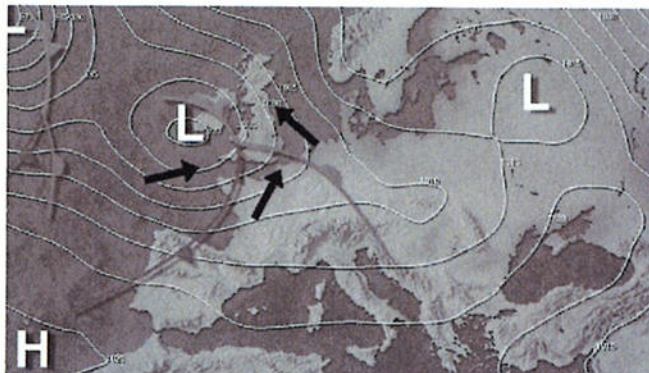
Weerkaarten kunnen zowel de actuele weersituatie als een verwachte weersituatie beschrijven. De weerkaarten die via 'Weerbeeld' kunnen worden opgehaald, bevatten verwachte weersituaties. Op de luchtdrukkaarten staan behalve de achtergrondkaart ook isobaren en fronten. De isobaren zijn berekend door de computer en als lijnen van gelijke luchtdruk geven ze een overzicht van de luchtdrukverdeling boven Europa. Met behulp van deze isobaren kan een uitspraak worden gedaan over onder andere windrichting en -snelheid. De fronten worden getekend door een meteoroloog en deze scheidingslijnen van luchtsoorten kenmerken een overgang van weertype en gaan over het algemeen gepaard met veel bewolking, neerslag en een draaiing van de wind.

Met 'L' en 'H' worden respectievelijk de lage- en de hogedrukgebieden aangegeven. De witte lijnen zijn de isobaren en deze worden in hPa (= hectoPascal of millibar) aangegeven.

Fronten worden aangegeven als:

- Warmtefronten: Rode lijnen met bolletjes
- Koufronten: Blauwe lijnen met driehoekjes
- Occlusiefronten: Paarse lijnen met bolletjes en driehoekjes

Occlusiefronten zijn samengestelde fronten. Ze markeren de plaats waar het koufront het warmtefront, dat in de omgeving van een lagedrukgebied altijd aan een koufront voorafgaat, heeft ingehaald. Ze gaan dan samen als een samengesteld front verder. Zo'n front wordt in de meteorologie een occlusiefront genoemd.



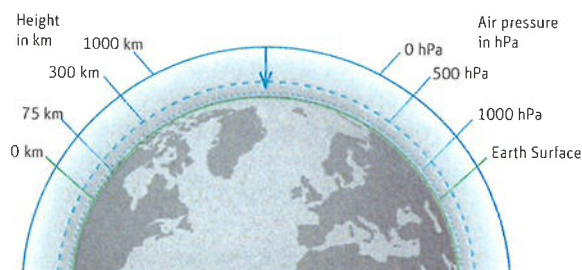
Temperatuurspreiding

Luchtdruk

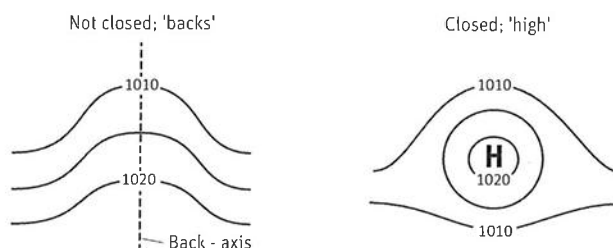
We hebben al gezien dat luchtdruk dus eigenlijk gelijk staat aan het gewicht van de luchtkolom boven ons. Hoe hoger in de atmosfeer, des te lager is de luchtdruk die wordt ondervonden. Vergelijk het met zwemmen. Hoe dieper je in het water komt, des te groter wordt de druk die je van het water ondervindt. Omdat de gaswet van toepassing is, wordt luchtdruk niet als zodanig ervaren, aangezien de druk van alle kanten even groot is. Luchtdruk wordt aangegeven in hectoPascal (hPa). Dit is hetzelfde als het vroeger gebruikte millibar (mb).

De gehele atmosfeer rond de aarde is ongeveer 1000 kilometer dik. Alleen de onderste 10 kilometer is echter van belang voor het weer. Deze laag wordt de troposfeer genoemd. Op 10 kilometer hoogte heerst een druk van circa 300hPa, aan het aardoppervlak een druk van circa 1013 hPa.

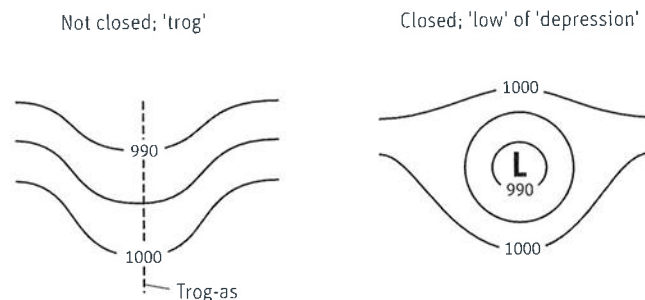
Lijnen van gelijke luchtdruk, de isobaren, laten het verloop van luchtdruk van plaats tot plaats zien. Verschillen in luchtdruk kunnen onder andere ontstaan door verschil in opwarming van het aardoppervlak door de zon. Warme lucht is immers lichter dan koude lucht. Een kolom koude lucht is dan ook zwaarder (hogere luchtdruk) dan een even hoge kolom warme lucht.



Een hogedrukgebied kent een gesloten kern waarbij de luchtdruk ten opzichte van de omgeving een maximum kent. Behalve hogedrukgebieden onderscheiden we ook een 'rug' van hoge druk. Hierbij is er geen sprake van een gesloten kern maar van een as waarlangs de druk hoger is dan de omgeving.



Bij een lagedrukgebied (of depressie) kent de gesloten kern juist een minimum aan luchtdruk ten opzichte van de omgeving. Indien er geen sprake is van een gesloten kern maar van een as waarlangs de luchtdruk lager is dan de omgeving, dan spreekt men van een 'trog'.



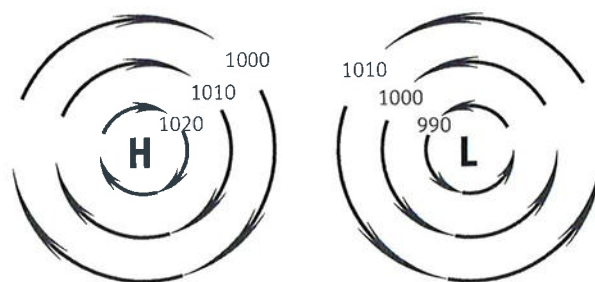
Windrichting

Omdat de aarde draait, zijn er meer krachten aanwezig die invloed hebben op de windrichting. Wind ontstaat doordat er een verschil in luchtdruk aanwezig is. Vanuit de hogedruksituatie zal het beginnen met een wind richting de lagedruk. Doordat de aarde draait, buigt de wind op het noordelijk halfrond echter naar rechts af. Resultaat daarvan is dat de wind uiteindelijk netjes evenwijdig aan de isobaren gaat waaien. Er is echter nog iets aan de hand. Terwijl de wind waait, ondervindt hij ook wrijving van het aardoppervlak. En dat remt hem weer een beetje af. Eindresultaat hiervan is dat de wind toch niet helemaal netjes parallel aan, maar onder een kleine hoek met de isobaren gaat waaien en wel zo dat de wind toch enigszins van de hoge druk naar lagedruk toe waait. Hoe ruwer het aardoppervlak is, des te groter is de hoek waaronder de wind ten opzichte van de isobaren waait. Het resultaat is een spiraalsgewijs stromingspatroon, het lagedrukgebied in en het hogedrukgebied uit.

Vuistregel

Een makkelijke vuistregel om te onthouden is dat de wind om een lagedrukgebied tegen de wijzers van de klok in en om een hogedrukgebied met de wijzers van de klok mee waait.

Op een weerkaart is dat vrij eenvoudig te beredeneren. De luchtdruksystemen zijn daar de raderen die de verschillende luchtstromingen op gang houden. Als je weet dat de wind rond een lagedrukgebied linksom draait (tegen de wijzers van de klok in), dan volgt vanzelf dat het rond het hogedrukgebied precies andersom gaat.



Uiteindelijk zal de wind volgens het kaartje hiernaast gaan waaien. Duidelijk zijn de hoeken te zien die de wind ten opzichte van de isobaren maakt. In het hogedrukgebied wijzen de pijlen iets naar buiten, in het lagedrukgebied juist iets naar binnen. Boven zee is de hoek kleiner dan boven land. Dat komt doordat de wrijving van lucht, die over zeewater stroomt, kleiner is dan de wrijving die lucht boven land ondervindt. Resultaat van dit alles is dat het verschil in luchtdruk tussen lage- en hogedrukgebieden uiteindelijk weer verdwijnt. Beide systemen ondergaan dus steeds een cyclus. Ze ontstaan, worden sterk, maar verdwijnen uiteindelijk ook weer. Over het algemeen zal bijvoorbeeld een lagedrukgebied, op het moment dat deze vanaf zee op het vasteland komt, snel in kracht afnemen.

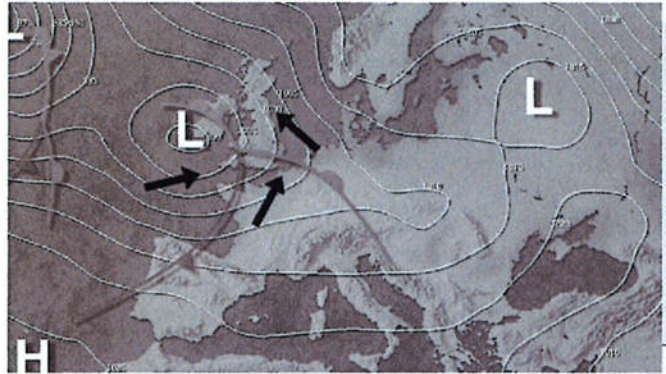
Met de wind in de rug heeft men, op het noordelijk halfrond, de lagedruk aan de linkerzijde

De wet van Buys-Ballot kan als gemakkelijke vuistregel worden toegepast in de praktijk.

Buys Ballot was een Nederlandse meteoroloog die in de 19e eeuw wereldwijd grote bekendheid genoot. Hij was de grondlegger en de eerste directeur van het huidige Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, het KNMI dus. Tegenwoordig valt het KNMI als instituut onder de verantwoordelijkheid van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Belangrijkste taken zijn onderzoek en dataleverantie. Verder verzorgt het KNMI in Nederland waarschuwingen voor gevaarlijk weer.

De commerciële activiteiten van het KNMI, zoals de dagelijkse weersverwachtingen, zijn in de loop van de tijd door diverse weerbureaus overgenomen, zoals MeteoGroup en weerbureau HWS.

Door kennis van de positie van lage- en hogedrukgebieden kan op betrekkelijk eenvoudige wijze worden beredeneerd uit welke hoek de wind waait. Een voorbeeld staat in het plaatje hiernaast. Het lagedrukgebied boven Ierland houdt in samenwerking met het hogedrukgebied bij Noord-Afrika boven de Golf van Biskaje, Frankrijk en Spanje een min of meer westelijke stroming op gang. Nederland ligt in de buurt van een warmtefront. Aan de noordzijde waait een zuidoostelijke wind, aan de zuidzijde een zuidwestelijke wind. Dit is een mooi voorbeeld van een windsprong die in de buurt van fronten optreedt. Duidelijk is ook te zien dat op het koufront, dat het westen van Frankrijk binnentrekt, opnieuw een windsprong optreedt. Nu draait de wind van zuidwest naar west.



Windsterkte

De mate van luchtdrukverschil is direct van invloed op de uiteindelijke sterkte van de wind. Het luchtdrukverschil over een bepaald gebied noemen we de luchtdrukgradiënt. Een twee keer zo grote gradiënt betekent een grofweg twee keer zo sterke wind. Doordat boven land een grotere wrijvingsweerstand aanwezig is, zal het boven land, bij gelijk luchtdrukverschil (gradiënt), minder hard waaien dan boven zee.

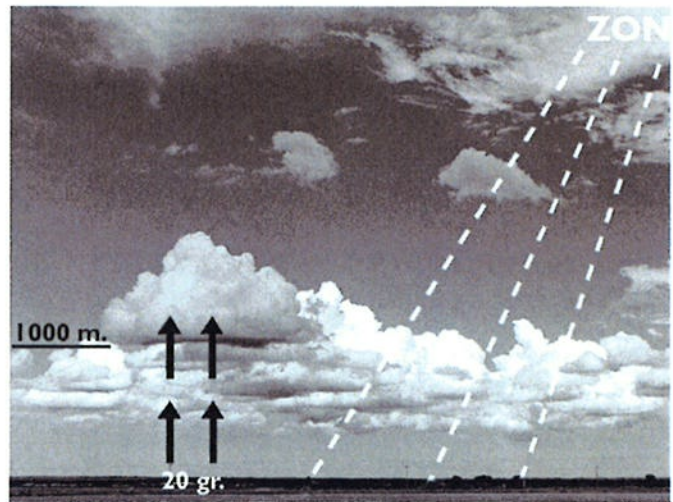
Net als bij de bepaling van de windrichting kan ook nu op betrekkelijk eenvoudige wijze worden beredeneerd waar het harder of minder hard waait. Op de plaatsen in het bovenstaande kaartje waar de isobaren, de lijnen van gelijke luchtdruk, het dichtst bij elkaar komen, waait het het hardst. Om die reden heeft het zeegebied ten oosten van Schotland een sterkere wind dan het Nederlandse Waddengebied. Boven land is de wind in Schotland en Nederland natuurlijk (nog) minder sterk. Probeer U zelf maar eens de andere gebieden in Europa te vinden waar het relatief hard waait of waar het juist rustig is.

Wolken: ontstaan en oplossen

Ontstaan van wolken

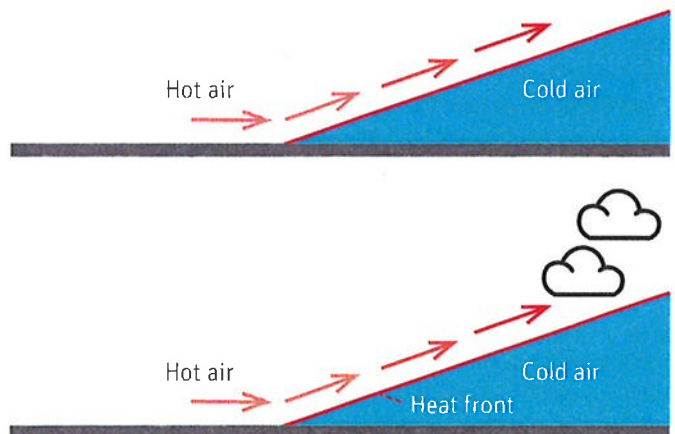
Een heel belangrijk en inzichtelijk onderdeel van de weerkunde is wolkenvorming. Immers de aanwezigheid van wolken vertelt ons heel veel over de diverse processen die in de atmosfeer werkzaam zijn. We zullen ontdekken dat er heel veel verschillende wolkensoorten zijn die ons steeds ook weer andere dingen vertellen. In dit blok is het van belang om de diverse processen, die aanleiding geven tot de vorming van wolken, goed te begrijpen en uit elkaar te houden. Essentieel is om in het achterhoofd te houden dat wolken ontstaan als lucht wordt afgekoeld. In dit blok worden processen beschreven die lucht doet afkoelen en dus voor wolkenvorming zorgen. Wolkenvorming zien we op verschillende ruimte- en tijdschalen terug. Zo kan zich boven de Veluwe in korte tijd een grote stapelwolk vormen. Maar het is ook mogelijk dat ten westen van Ierland in 24 uur tijd een 500 kilometer lang wolkengebied ontstaat.

De zon verwarmt overdag het aardoppervlak dat op zijn beurt de luchtlaag daarboven verwarmt. De opname hiernaast is een karakteristiek plaatje van een dag in het voorjaar of de zomer boven het vlakke land van Nederland. Na verloop van tijd komt de thermiek op gang. Thermiek wordt ook wel convectie genoemd en verloopt in enkele stappen. In de ochtend is het nog helder. Na een bepaalde tijd loopt de temperatuur van de lucht, grenzend aan het aardoppervlak zo ver op dat hij uitzet en daarmee lichter wordt dan de lucht daarboven. Gevolg is dat de lucht opstijgt. Dit gebeurt in bellen; ook wel thermiekbellen genaamd. Als er voldoende vocht in de atmosfeer voorhanden is, dan zien we vanaf een specifieke hoogte dat er condensatie plaatsvindt. Er vormen zich waterdruppeltjes en een wolk wordt geboren. Dit noemen we een stapelwolk, of in het Latijn een cumuluswolk.



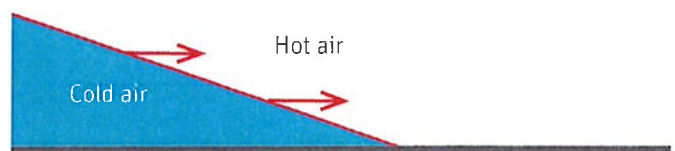
Wolken door thermiek

Het tweede belangrijke proces is dat van geforceerde optilling of stijgbewegingen die in de atmosfeer met name bij fronten voorkomen. In de figuur hiernaast zien we een dwarsdoorsnede van een warmtefront. Kort gezegd is een warmtefront de scheiding tussen warme en koude lucht, waarbij de warme lucht opdringt. In ons voorbeeld bevindt de koude lucht zich links en de warme lucht rechts. De warme lucht dringt op. Op de plaats waar de warme en de koude lucht elkaar ontmoeten, wordt de warme lucht (die lichter is dan de koude) gedwongen op te stijgen. Daarmee ontstaat een stijgbeweging die tot de vorming van wolken en het ontstaan van een neerslaggebied aanleiding kunnen geven. Tegelijkertijd dringt de warme lucht ook op. Dus per saldo wordt de koude lucht aan het aardoppervlak langzaam verdrongen.



Optilling of stijgbewegingen

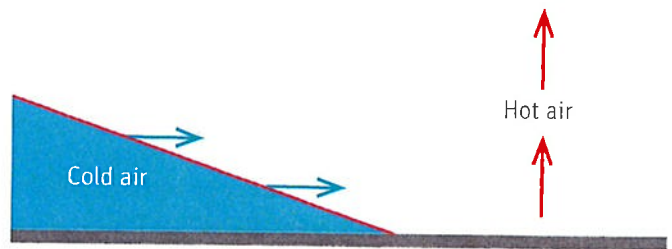
Als de koude lucht de warme verdringt, spreken we van een koufront. Ook bij een koufront ontstaan wolken en neerslag. Dat gaat over het algemeen wat bruter dan bij een warmtefront. Oorzaak hiervan is dat van nature relatief zware koude lucht geen enkele moeite heeft de warme lucht, die lichter is en dus graag omhoog wil, te verdringen. Langs het frontvlak van het koufront, de plaats waar de warme en koude lucht bij elkaar komen, ontstaan opnieuw stijgbewegingen. De warme lucht wordt met een hoog tempo omhoog gedwongen, koelt in de hogere delen van de atmosfeer snel af en zorgt zo weer voor de vorming van wolken. En opnieuw kan het gaan regenen.



Koufront

In de figuur zien we de koude lucht links en de warme lucht rechts. Het koufrontvlak wordt gevormd door de scheidslijn tussen warm en koud. Wat we ook zien is dat de helling van dit front veel steiler is dan die van het warmtefront. Dit heeft zoals gezegd gevolgen voor de kracht en de omvang van de stijgbewegingen.

Hiernaast is het proces dat bij koufronten tot stijgbewegingen in de atmosfeer leidt nog een keer te zien. De koudere lucht, die zwaarder is dan de warme lucht, beweegt naar rechts en probeert als een schep onder de warme lucht te komen. De warme lucht wordt zo vrij bruut gedwongen om op te stijgen. Vergelijk dit eens met het proces van thermiek dat we eerder hebben gezien. Toen was het de zon die door opwarming van het aardoppervlak en de lucht daarboven aan de basis stond van het opstijgen van bellen met warme lucht.



Stijgbewegingen in de atmosfeer

Bij fronten komen de luchtstijgingen dus ook voor, maar het proces dat er aan ten grondslag ligt is een heel ander. Bij fronten zijn het bewegende luchtmassa's die de stijgbewegingen in de atmosfeer als het ware forceren.

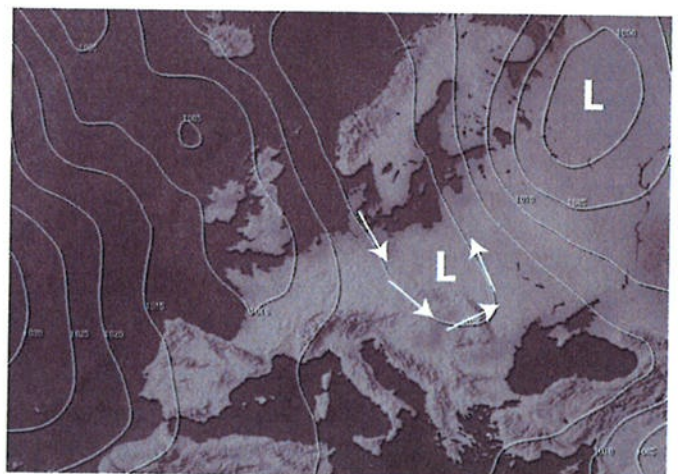


Ontstaan van wolken

Zoals we al hebben gezien, ontstaan na verloop van tijd in de opstijgende en afkoelende luchtmassa's wolken. Omdat de stijgbewegingen in de buurt van koufronten nogal sterk zijn, kunnen de luchtballen hoog komen. De wolken die ontstaan, hebben dan ook grote verticale afmetingen. Het zijn dus hele dikke wolken die op het front tot fikse buien aanleiding kunnen geven.

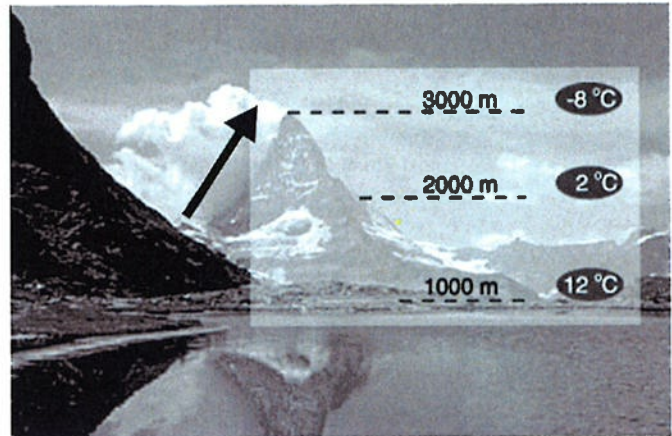
Vooral in de zomer ontstaan op koufronten op deze manier vaak zware onweerbuien met verschijnselen als bijvoorbeeld hagel en onweer. Hoe dat in z'n werk gaat, zullen we later deze cursus nog zien. In de winter zijn de weersverschijnselen op koufronten in de regel wat minder heftig, maar dat is geen gouden regel.

Een minder bekend proces dat aanleiding geeft tot het opstijgen van lucht, en daarmee de vorming van wolken, is convergentie. Convergentie is het samenkomen van verschillende luchtstromen. Die stromen botsen als het ware op elkaar, waarbij op het punt waar die botsing plaats heeft een teveel aan lucht ontstaat. Dat teveel moet op de een of andere manier worden opgeheven. In een dergelijke situatie kan lucht niet anders doen dan naar boven verdwijnen. Er ontstaan opnieuw stijgbewegingen die net als bij thermiek en fronten tot de vorming van wolken en neerslag aanleiding kunnen geven. In het plaatje hiernaast is een gebied te zien waar convergentie optreedt. Convergentie vinden we volop in de buurt van lagedrukgebieden. Het is dan ook niet voor niets dat rond depressies zoveel wolkengebieden zijn terug te vinden. De lucht is er een kolkende massa die op allerlei manieren stijgbewegingen op de rails zet met alle wolken- en neerslaggebieden en -gebiedjes die daarbij horen.



Convergentie

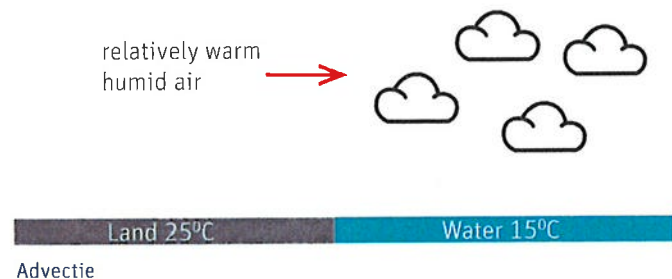
Bergen vormen een duidelijke barrière in de atmosfeer. Lucht, die komt aanstromen, botst op een gegeven moment tegen de bergkam aan. Vanaf dat moment wordt de lucht gedwongen op te stijgen totdat de top van de berg is bereikt en de lucht aan de andere kant de berg weer kan afdalen. Het zal duidelijk zijn: ook op deze manier ontstaan stijgbewegingen die de vorming van wolken in de hand werken. In de foto is te zien waar de lucht stijgt. De wolken die daarbij ontstaan worden stuwingswolken genoemd. Stuwingswolken ontstaan op grote schaal als lucht dwars op een groot bergencomplex komt aanstromen. Een goed voorbeeld daarvan speelt zich regelmatig in het Alpengebied af. In een noordelijke stroming ontstaat aan de noordkant van de bergen op uitgebreide schaal bewolking die in het zuiden van Duitsland, het noorden van Oostenrijk en ook het noorden van Zwitserland tot uitgestrekte neerslaggebieden kan leiden. In de winter is dat meestal sneeuw.



Stuwingswolken

Een bijzondere manier van wolkenvorming speelt zich af als lucht van onderaf wordt gedwongen af te koelen. Hierbij spelen stijgbewegingen dus geen rol. In het voorbeeld hiernaast zien we een warme en relatief vochtige luchtlaag boven land. Dit is een laag waarin nog geen wolken zijn ontstaan, maar waarin in potentie wel voldoende waterdamp aanwezig is om wolken te kunnen vormen.

De temperatuur van de lucht is 25 graden. Het enige dat nu moet gebeuren, is dat die lucht zover gaat afkoelen dat de wolkenvorming op gang komt. Rechts zien we een meer of een zee met een oppervlaktetemperatuur van 15 graden. Die wateroppervlakte kan de benodigde afkoeling leveren. Zodra de warme landlucht over het relatief veel koudere wateroppervlak stroomt, zien we de vorming van wolken of mist na verloop van tijd dan ook op gang komen. Het drijvende proces is hier het afkoelen van de lucht door het koude water.



Advectie

Een dagelijks terugkerend proces dat aanleiding geeft tot afkoeling van de lucht is het uitstralen van warmte door het aardoppervlak. Vooral in de avond en nacht zorgt die uitstraling voor dalende temperaturen. Overdag ontvangt het aardoppervlak warmte van de zon. Als de zon in de avond verdwijnt, wordt alle opgeslagen warmte middels infraroodstraling door het oppervlak weer uitgestraald. Met helder weer en weinig wind koelt met name de onderste luchtlaag in de avonden sterk af. Typisch gevolg van deze afkoeling is de vorming van mist. Een ander gevolg van de afkoeling gedurende de avond en nacht is dat het proces van thermiek stopt. Omdat de zon het aardoppervlak niet meer opwarmt, stijgen geen warme luchtballen meer op. De stapelwolken die overdag te zien zijn, lossen in de avonden dan ook snel op en maken in de nacht dus soms plaats voor mist. We zien twee processen van wolkenvorming elkaar dus afwisselen!

Hier een prachtige opname van de vorming van wolken (mist dus eigenlijk) vlak boven het aardoppervlak. Dit type grondmist is vaak aan het begin van een dag in mei of in september te zien. Meestal weet de opkomende zon de mist of wolk aan de grond snel weg te branden. Dit gebeurt niet rechtstreeks, maar via het aardoppervlak. Zonnestrallen prikken door de mistlaag heen en verwarmen de aarde. De aarde geeft die warmte af aan de onderkant van de mistlaag, waardoor de waterdruppeltjes daar beginnen te verdampen. Enige tijd later is de hele wolk verdwenen. De opwarming van het aardoppervlak gaat echter, zolang de zon boven de horizon staat, onverminderd verder. En daarmee is het wachten op het moment dat het volgende proces van wolkenvorming, de thermiek weer de kop opsteekt.



Grondmist



Wolken lossen op

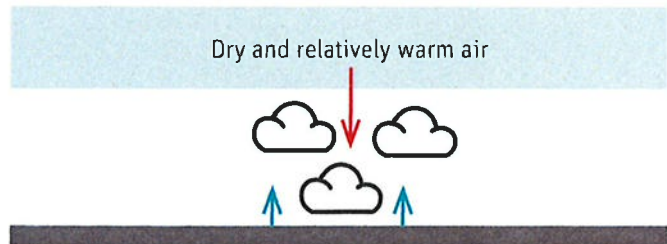
- Dalende lucht (warmt op)
 - in een hogedrukgebied
 - achter een bergketen
- Opwarmende lucht (warm oppervlak)
- Ontstaanreden stopt
 - einde van de dag, als verwarming aarde stopt

Voor het oplossen van wolken hebben we het omgekeerde proces nodig van dat waar we tot nu steeds naar hebben gekeken. Om wolken op te lossen, moet de lucht opwarmen in plaats van afkoelen. In de atmosfeer gebeurt dit op verschillende manieren. Een belangrijk proces waarbij lucht opwarmt is dat van dalende lucht. Dat gebeurt in de atmosfeer onder meer in hogedrukgebieden, maar ook bijvoorbeeld aan de achterkant van berggebieden. Als lucht daalt vindt er compressie plaats. Immers hoe lager je in de atmosfeer komt, des te hoger is de luchtdruk en des te meer wordt een luchtbel in elkaar gedrukt. Het gevolg is dat de gasdeeltjes in de luchtbel dichter op elkaar komen te staan. Ze gaan daardoor sneller trillen en het resultaat is dat de temperatuur van de luchtbel oploopt. Dit is enigszins te vergelijken met het oppompen van een fietsband. Doe je dit snel en krachtig dan hou je een warme fietsband over. Maar ook onderin de fietspomp loopt de temperatuur sterk op. Als koude en wolkenrijke lucht boven zee een aanzienlijk warmer landoppervlak opschuift, vindt er ook opwarming plaats waarbij de bewolking kan oplossen.

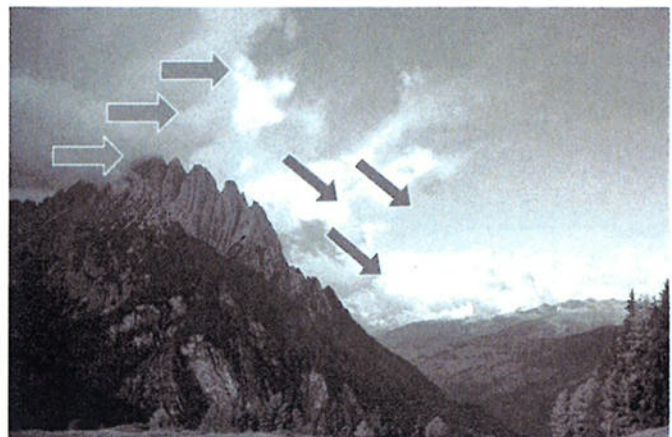
Tenslotte hebben we de dagelijkse gang. Als in de avond de zon ondergaat, koelt het oppervlak af, stopt de convectie en daarmee de vorming van stapelwolken.

Zoals eerder in deze cursus al even is aangestipt, zijn er op aarde verschillende gebieden aan te wijzen waar de lucht gemiddeld genomen stijgt en waar de lucht meestentijds daalt. Ter hoogte van de subtropen bevindt zich een belangrijk dalgebied. Dit gebied met dalende lucht is het hele jaar door aanwezig en maakt onderdeel uit van een grootschalige luchtcirculatie. Deze circulatie zien we hierboven afgebeeld. Warme lucht stijgt boven de evenaar op en stroomt op een hoogte van 10 kilometer naar het noorden (ook naar het zuiden maar we kijken alleen even naar het noordelijk halfrond). Vervolgens komt de lucht op ongeveer 30 graden noorderbreedte in een daalbeweging terecht. Daarbij wordt de lucht dus warmer en dat zorgt ervoor dat alle bewolking oplost. Het is dan ook niet voor niets dat alle grote woestijngebieden van onze planeet, zoals de Sahara, zich in de subtropen bevinden. De lucht is daar erg droog. Er is vrijwel geen bewolking aanwezig en er valt daarom ook nauwelijks tot geen neerslag.

In de illustratie hiernaast zien we in het bovenste blok de dalende lucht aangegeven waarin geen bewolking aanwezig is. Iets lager zien we enkele stapelwolken die door thermiek zijn ontstaan. Deze stapelwolken kunnen niet uitgroeien tot buien omdat ze met hun hoofd in de droge en relatief warme laag van dalende lucht prikken. Dit karakteristieke hogedrukweerbeeld zien we regelmatig in de maanden april tot en met oktober. In de winter hoeft dit aan de grond niet perse tot mooi weer te leiden. Dan staat de zon namelijk zo laag en is zo zwak dat de nachtelijk koude grondlaag met mist of laaghangende bewolking eenvoudigweg niet oplost. Op enige hoogte vinden we dan wel helder weer onder invloed van de dalende luchtbewegingen.



Dalende lucht treffen we ook aan de lijzijde van een bergketen aan. Aan de loefzijde (kant waar de wind tegenaan blaast) is er een stijgbeweging die tot de vorming van wolken leidt. De daalbeweging aan de lijzijde wordt ook wel föhn genoemd. De föhnwind is een warme en droge wind die als een dalende luchtstroom zich van de helling naar het dal voortbeweegt. De bewolking die zich door stuw heeft gevormd, hangt vaak tot net over de bergtop. Aan de föhnkant lost alle bewolking op, en klaart het dus sterk op. Een andere eigenschap van föhn is de hoge temperatuur van de lucht. De dalende lucht warmt namelijk 1 graad per 100 meter op. Aan de loefzijde waar de lucht opstijgt, koelt de dan nog vochtige lucht met 0.6 graad per 100 meter af. Dus netto arriveert de geföhnde lucht met een hogere temperatuur aan de grond, dan de temperatuur waarmee de lucht aan de andere kant van de berg aan z'n stijging begon.



Föhnwind

Een koude vochtige luchtlaag boven zee, met daarin wolken of mist, zal als hij het warme land opschuift aan de onderzijde opwarmen. Het gevolg is dat het vocht verdampt, immers de warme luchtbelletjes kunnen weer meer waterdampmoleculen bevatten. De wolken en de mist lossen dan ook geleidelijk op. In de praktijk zien we dit in het voorjaar en in het zomerseizoen regelmatig gebeuren.



Het oppervlaktewater van de Noordzee en de Golf van Biskaje is nog veel kouder dan het land. Met een westelijke wind wil het nog wel eens gebeuren dat een gebied met mist of laaghangende bewolking het land opschuift. Met name de kustgebieden hebben hier nog last van maar hoe verder je in het warme binnenland komt, hoe meer de bewolking oplost door opwarming van onderaf.

Samenvatting

Afkoeling: Indien lucht stijgt, koelt deze af. Dit wordt veroorzaakt doordat door luchtdrukdaling de lucht gaat uitzetten. Koudere lucht kan minder water(damp) bevatten en hierdoor stijgt de luchtvochtigheid (bij gelijkblijvende hoeveelheid waterdamp). Op zeker moment wordt 100% luchtvochtigheid bereikt en zal de aanwezige waterdamp beginnen te condenseren tot waterdruppeltjes: een wolk ontstaat. Afkoeling vindt ook zonder stijging van lucht plaats. Bijvoorbeeld 's avonds door uitstraling bij heldere hemel waarbij mist kan ontstaan.

Menging: Indien 2 luchtsoorten met verschillende temperatuur en luchtvochtigheid met elkaar gemengd worden kan ook bewolking ontstaan. (bijvoorbeeld: ademlucht in koude (vries)lucht, schoorsteenpluim).

Verder hebben we gezien dat grootschalige processen van stijging in de buurt van fronten en ook lagedrukgebieden tot wolkenvorming leiden.

Wolkensoorten

Stratiforme bewolking

Ontstaat vaak bij fronten maar ook mist is een vorm van stratiforme ofwel 'gelaagde' bewolking.

Stratus

Is laaghangende bewolking, vaak veroorzaakt door optrekkende mist of als er te veel wind staat om mist aan het aardoppervlak te laten voortbestaan.

Nimbostratus (de regenwolk)

Is een massieve wolk van kilometers dikte. De naam zegt al dat hieruit per definitie altijd neerslag valt. Deze wolk wordt gerapporteerd bij frontpassages.

Altostratus

Is vaak dunne gelaagde bewolking op enkele kilometers hoogte. Meestal valt uit dit type wolken geen neerslag.

Cirriforme bewolking

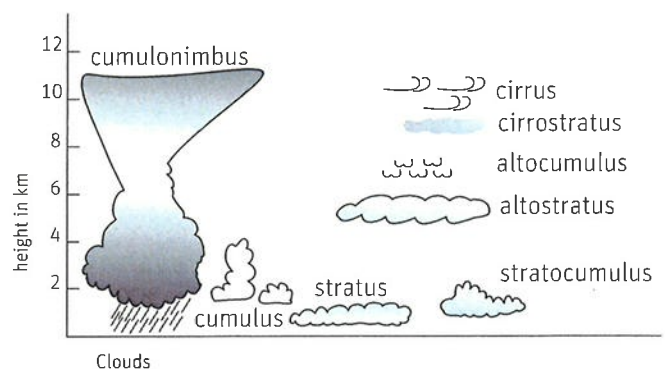
Is vaak voor een warmtefront uit zichtbaar. Deze bewolking bestaat geheel uit ijskristallen en bevindt zich op grotere hoogte in de atmosfeer, vanaf circa 5 kilometer hoogte.

Onderscheiden worden:

- Cirrus (de bekende windveren)
- Cirrostratus (de cirruswolken die de hemel een egaal witte kleur geven) en
- Cirrocumulus (cirruswolken die lijken op schapjeswolken, maar dan heel hoog in de atmosfeer)
- Cumuliforme bewolking ontstaat in onstabiele luchtmassa's. Soms is de instraling van de zon voldoende om immense buienwolken te laten ontstaan. Ook komt het voor dat de lucht van zichzelf zo onstabiel is dat zelfs 's nachts, zonder hulp van de zon, dergelijke wolken ontstaan.

De cumulonimbus is de meest indrukwekkende cumuliforme wolk. Een flink exemplaar kan wel 15 kilometer hoog worden en kan hagel/onweer en zware windstoten veroorzaken. Uit een cumulonimbus valt per definitie altijd neerslag. De cumulonimbus begint als een cumuluswolk. Vaak zijn dit tamelijk onschuldige bloemkoolwolkjes. Op wat grotere hoogte in de atmosfeer kunnen stratocumulus en altocumulus (de schapjeswolken) voorkomen.

We zien hier een verticale doorsnede met daarop aangegeven alle wolkensoorten. Merk op dat de cumulonimbuswolk de hele verticale afmeting van de troposfeer omspant.



Neerslag

Niet elke wolk levert neerslag op. De wolkelementen (hele kleine druppeltjes) moeten tot grotere druppels kunnen uitgroeien om:

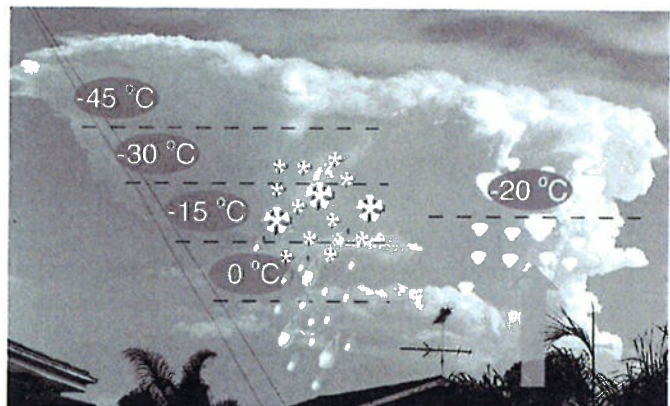
- Naar beneden te kunnen vallen (hoe sterk stijgt de lucht in de wolk?)
- De grond te kunnen bereiken. (niet onderweg verdampen)

Door botsingen kunnen wolkelementen de juiste grootte krijgen. Hiervoor moet een wolk wel voldoende dik zijn. Een wolk die als gevolg van thermiek ontstaat moet al gauw zo'n 3 kilometer dik zijn om daadwerkelijk neerslag te kunnen produceren. Voor gelaagde bewolking is soms 500 tot 1000 meter al voldoende.

Neerslagsoorten

Al naar gelang de temperatuursopbouw van de atmosfeer wordt ook de neerslagsoort bepaald. Indien de (stratiforme) wolk maar net voldoende dik is om neerslag te produceren, zal dit slechts motregen blijken te zijn. Bij een bui is vrijwel altijd sprake van grote(re) druppels of hagel. Indien de temperatuur tot (vrijwel) op het aardoppervlak onder het vriespunt is, valt de neerslag in de vorm van sneeuw. Onderkoelde regen ontstaat zodra vlak bij het aardoppervlak de luchttemperatuur onder het vriespunt is, terwijl hij op enige hoogte daarboven juist boven nul is. Het gebied met temperaturen boven nul zorgt ervoor dat neerslag in de vorm van regen valt. Maar meestal is de laag tot aan het aardoppervlak waarin het vriest niet meer dik genoeg om die druppels alsnog te laten bevriezen. Dat gebeurt pas zodra het dan onderkoelde water met het aardoppervlak in aanraking komt. Dan bevriest het water alsnog en ontstaat er ijsel.

Hier zien we de opbouw van een sterk uit de kluiten gewassen cumulonimbuswolk. Opvallend is het verschil in temperatuur tussen de top en de basis van de wolk. Duidelijk te zien is dat de wolkenvorming al begint bij een temperatuur die ruim boven het vriespunt ligt. De top van de wolk is helemaal tot de tropopauze doorgroeid. Daar kan het wel 60 graden vriezen. De temperatuursopbouw in de wolk maakt dat alle vormen van neerslag voorkomen. In de basis bevinden zich de regendruppels, afgewisseld door grote hagelstenen die ook het aardoppervlak proberen te bereiken. Vanaf halverwege de wolk zijn alleen nog sneeuwvlokken en hagelstenen te vinden. De meeste en zwaarste hagelstenen treffen we altijd in het deel van de wolk aan waar de lucht met de grootste snelheid stijgt. Eigenlijk is dat de plaats waar de warme lucht de bui in wordt gezogen.



Cumulonimbuswolk

Die warme lucht staat aan de basis van het proces van wolkenvorming. Omdat de lucht daar soms met een snelheid van 150 kilometer per uur of meer stijgt, kunnen hagelstenen telkens weer omhoog worden geblazen en zo verder doorgroeien.

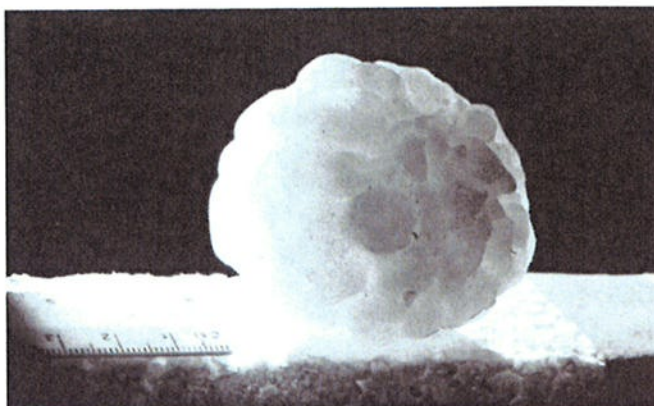
Dit houdt pas op als ze zo zwaar zijn geworden dat ze wel moeten vallen. Zelfs in Nederland zijn al wel eens hagelstenen met een diameter van 10 centimeter gevallen. Die richten hele grote schade aan. Feitelijk begint elke hagelsteen als een regendruppel die in eerste instantie naar beneden valt, om daarna door de stijgstroom van de bui te worden opgenomen. De druppel wordt weer omhoog geblazen, komt in het koude bovendeel van de bui terecht en bevriest daar. Er ontstaat een eerste ijsbolletje. Vervolgens valt de kleine hagelsteen omlaag. Echter, het gewicht van de steen is nog te klein om voldoende tegenwicht te bieden tegen de stijgstroom die de hagelkorrel opnieuw oppakt en naar boven voert. En daarbij zet zich een nieuw laagje ijs op de korrel af die dus weer een beetje groeit. Dit proces gaat net zo lang door totdat de hagelstenen zwaar genoeg zijn om de stijgstroom te overwinnen. Hak je een hagelsteen doormidden, dan kun je door het aantal ringen van de hagelsteen te tellen, te weten komen hoe vaak de steen door de bui heen op en neer is bewogen voordat hij op de grond viel.

- Motregen (-sneeuw)
- Regen
- (natte) Sneeuw
- (korrel) Hagel
- Ijsregen
- Ijsel (=onderkoelde regen)

Hiernaast zien we een voorbeeld van behoorlijk grote hagelstenen. Dergelijke stenen vallen 1 á 2 maal per jaar ergens in Nederland gedurende het zomerseizoen uit de lucht. Ze hebben een doorsnede van tussen de 5 en 10 centimeter. De meeste hagelstenen hebben een doorsnede van 0,5 tot 2 centimeter. In het winterseizoen en in het voorjaar valt er vrijwel altijd kleine hagel. De reden is dat de stijg- en dalstromen in winterse buien in de regel minder sterk zijn ontwikkeld in vergelijking met de zomerse buien. Veel lichtere hagelstenen kunnen dan op de grond vallen.

Het uitzicht onder een bui geeft veel informatie over het neerslagproces dat zich in de bui afspeelt. In het algemeen geldt: hoe dichter het scherm onder de bui, hoe zwaarder de neerslag. In de foto hiernaast is aangegeven waar de neerslag als regen valt en waar als hagel.

Hagel geeft een andere tint aan het neerslagscherm dan regen. Ook is hagel veel gepolijster dan regen. Het veroorzaakt rechtere valstrepen. Hoe ondoorzichtiger de strepen zijn, des te zwaarder is de neerslag. Als er nauwelijks tot geen regen uit de bui valt, dan is de onderkant vrij helder. We kunnen er gewoon onderdoor kijken.



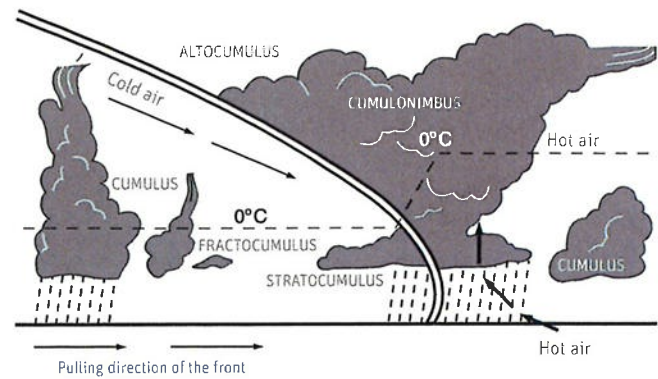
Regen/hagel

Fronten

We spreken van een luchtsoort bij een grote hoeveelheid lucht (minimaal 500 bij 500 kilometer aan oppervlakte en circa 2 tot 5 kilometer in dikte) met een vrijwel constante samenstelling en opbouw. Belangrijke eigenschappen daarbij zijn temperatuur en luchtvochtigheid. Een luchtsoort ontstaat in zogeheten brongebieden. En daarbij kun je denken aan oceanen, woestijnen, ijskappen, toendra's en dergelijke. Woestijnen kunnen bij voorbeeld hete en droge lucht leveren, oceanen een luchtsoort die veel vochtiger maar tegelijkertijd ook gematigder wat temperatuur betreft.

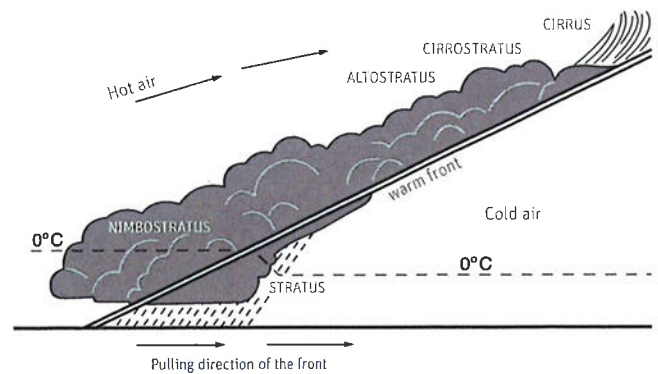
Daar waar twee luchtsoorten elkaar tegenkomen, ontstaan fronten. Bij fronten zie je scherpe tegenstellingen optreden op het gebied van temperatuur en luchtvochtigheid. Fronten in weerkaarten kunnen over het algemeen goed in de tijd gevolgd worden en markeren vaak overgangen in weerbeeld. Zoals we al eerder hebben gezien, zijn fronten plaatsen waar 'actief weer' optreedt, zoals bewolking, neerslag en wind. Fronten die we kennen zijn warmte- en koufronten en het occlusiefront.

Nog een keer een schematische voorstelling van een koufront en het weer dat er bij hoort. Bij een koufront dringt koelere lucht op. De zwaardere koude lucht kruipt als het ware onder de warmere lucht. Op het scheidingsvlak van koude en warme lucht ontstaan luchtstijgingen die tot de vorming van wolken en neerslag leiden. Eerder deze cursus hebben we al gezien dat het verdringen van warme door koude lucht vrij bruut gebeurt. De passage van een koufront duurt over het algemeen dan ook niet lang, maar gaat wel met redelijk heftige neerslag gepaard. In de zomer is er gevaar voor onweer, hagel en windstoten. De passage van een koufront gaat verder over het algemeen gepaard met een ruiming van de wind, dat wil zeggen een draaiing van de wind met de wijzers van de klok mee. Voor het front uit waait bijvoorbeeld een zuidoostelijke wind, erna komt de wind uit het zuidwesten.



Koufront

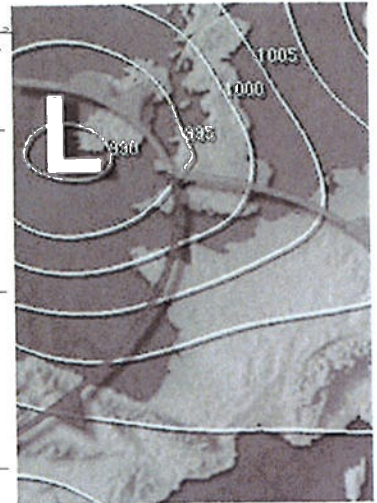
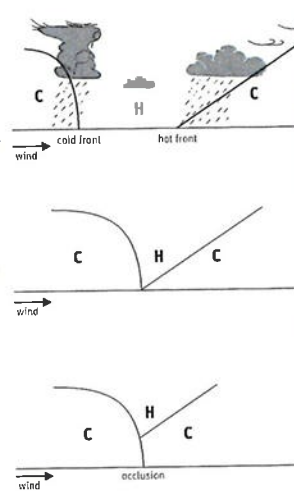
Bij een warmtefront dringt juist warmere lucht op. De warme lucht schuift daarbij gedeeltelijk over de koudere lucht heen en wordt daarbij gedwongen om op te stijgen. Zoals we al eerder hebben gezien, ontstaan daarbij wolken en neerslag. Meestal is het warmtefront, uren voordat de regen begint, al in de vorm van hoge bewolking zichtbaar. Die bewolking wordt langzaam dikker totdat de neerslag begint. Pas als laatste dringt de warme lucht ook aan het aardoppervlak door. Dan is het verdringen van de koude lucht voltooid. Omdat warme lucht veel meer moeite heeft om koude lucht te verdringen dan andersom en omdat de hellingshoek van het frontvlak veel kleiner is, is de passage van een warmtefront vaak een langdurige aangelegenheid. De wolkenzone die erbij hoort, is dan ook drie tot vijf keer zo breed als de zone die bij een koufront hoort. Wat de wind betreft, kunnen we zeggen dat die, voordat het warmtefront passeert, in het algemeen krimpt (een draaiing te zien geeft tegen de wijzers van de klok in) en na frontpassage weer ruimt. Voor het front uit draait de wind bijvoorbeeld van noordwest naar zuidoost om na de frontpassage weer naar zuidwest te draaien. Opvallend is ook dat de zichten in de warme lucht achter het warmtefront vaak stukken minder zijn dan in de (heldere) koude lucht er vooruit. De warme lucht bevat namelijk veel meer vocht.



Warmtefront

Indien een warmtefront wordt ingehaald door een koufront spreken we van een zogenoemd oclusiefront of een samengesteld front. Dit is dus eigenlijk een combinatie van fronten. Het punt waar het warmte- en het koufront bij elkaar komen om gezamenlijk als oclusiefront verder te gaan, wordt het oclusiepunt genoemd. Op en vlak voor dit punt valt over het algemeen de meest intensieve neerslag.

Van de zijkant ziet dat eruit zoals in de plaatjes is te zien. Aan de grond grenzen twee 'koude' luchtlagen aan elkaar, die overigens niet dezelfde temperatuur hoeven te hebben. De 'warmste' lucht, die voor die tijd door het warmtefront werd begrensd, is omhoog gedwongen.



Nog even om het geheugen op te frissen:

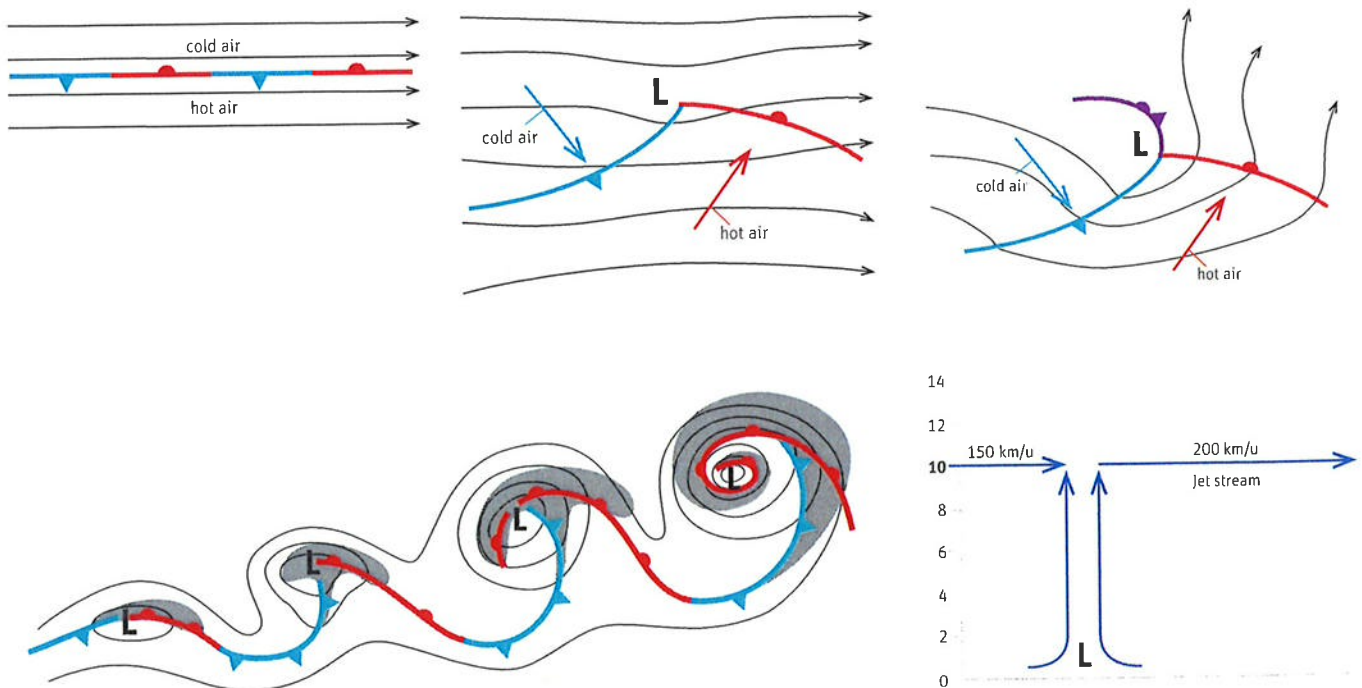
Fronten worden op de volgende manier aangegeven:

- Warmtefronten: Rode lijnen met bolletjes
- Koufronten: Blauwe lijnen met driehoekjes
- Oclusiefrenten: Paarse lijnen met bolletjes en driehoekjes

Evolutie van een depressie

Een depressie doorloopt een aantal stadia zoals in de figuur is te zien. In beginsel ontstaat er in een stationair front een knik, ook wel golf genoemd (ontstaat bij grote temperatuurverschillen). Dit is het begin van de geboorte van een depressie; stadium 1. Op het knikpunt begint de luchtdruk te dalen (straks zal blijken dat de straalstroom hierin een belangrijke rol speelt). Er vormt zich een centrum van lagedruk, waaromheen de lucht tegen de wijzers van de klok in gaat stromen. Warme lucht stroomt naar het noorden en koude lucht naar het zuiden. We komen in stadium 2; De luchtdruk daalt steeds verder en we zien steeds meer isobaren rondom de kern van lagedruk verschijnen. Tevens zien we dat het koufront het warmtefront begint in te halen; er ontstaat een oclusiefrent. We komen in het derde stadium. Het koufront haalt steeds meer het warmtefront in en om de depressiekern heen begint het oclusiefrent steeds meer om te krullen. Het laatste stadium is nu aangebroken. Het lagedrukgebied begint geleidelijk op te vullen.

De warme lucht is er als het ware 'uitgeknepen'. Dit betekent dat de temperatuurverschillen zijn afgenomen en dat de depressie hiermee zijn voedingsbodemp is kwijtgeraakt. Gemiddeld doorloopt een depressie alle stadia in 2 tot 4 dagen, maar het kan ook wel eens langer duren.



Frontale bewolking

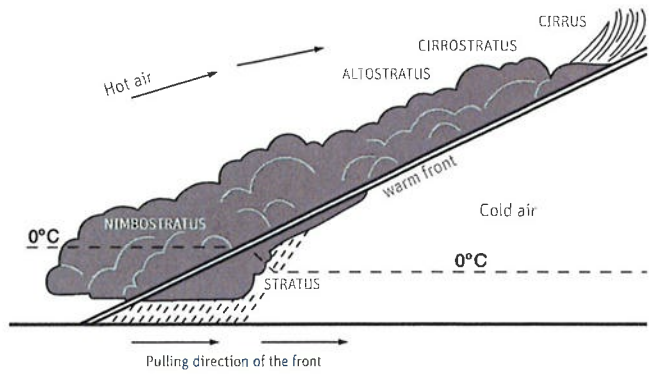
Warmtefront:

Bij een warmtefront dringt warmere lucht op. De warme lucht schuift daarbij gedeeltelijk over de koudere lucht heen en wordt gedwongen om op te stijgen. Zoals we al eerder hebben gezien, ontstaan wolken en neerslag. Meestal is het warmtefront, uren voordat de regen begint, al in de vorm van hoge bewolking zichtbaar. Die bewolking wordt langzaam dikker totdat de neerslag begint. Pas als laatste dringt de warme lucht ook aan het aardoppervlak door. Dan is het verdringen van de koude lucht voltooid.

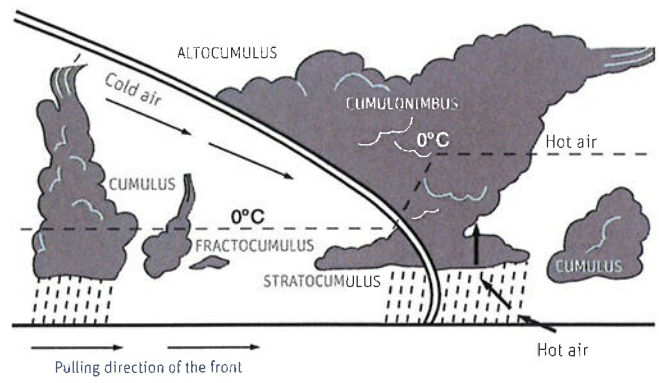
Omdat warme lucht veel meer moeite heeft om koude lucht te verdringen dan andersom en omdat de hellingshoek van het frontvlak veel kleiner is, is de passage van een warmtefront vaak een langdurige aangelegenheid. De wolkenzone die erbij hoort, is dan ook drie tot vijf keer zo breed als de zone die bij een koufront hoort. Wat de wind betreft, kunnen we zeggen dat die, voordat het warmtefront passeert, in het algemeen krimpt (een draaiing te zien geeft tegen de wijzers van de klok in) en na frontpassage weer ruimt. Voor het front uit draait de wind bijvoorbeeld van noordwest naar zuidoost om na de frontpassage weer naar zuidwest te draaien. Opvallend is ook dat de zichten in de warme lucht achter het warmtefront vaak stukken minder zijn dan in de (heldere) koude lucht er vooruit. De warme lucht bevat namelijk veel meer vocht.

De vorming van wolken bij het warmtefront gaat als volgt in z'n werk. De opstijgende warme lucht koelt af, omdat hij hoog in de atmosfeer in koudere luchtlagen terecht komt. Na verloop van tijd vormen zich wolken. Vanwege het geleidelijke karakter van de stijgbeweging zijn dit merendeels gelaagde wolken. Ze zien er van onder behoorlijk structuurloos uit. De lucht wordt grijs, egaal bewolkt. Dit gebeurt over een groot gebied van wel honderden kilometers.

Als de wolken maar dik genoeg worden, gaat het regenen. Er ontstaat een neerslaggebied. In Nederland gaat de overgang van koud naar warm weer dan ook vaak eerst met een regenachtige periode gepaard. Daarna wordt het vaak beter, vooral in de zomer natuurlijk. Als het front voorbij is, gaat de zon schijnen en wordt het warm. In de winter is het in van oorsprong warme lucht vaak minder mooi. Omdat de lucht vochtig is, zijn de zichten vaak slecht en blijft het bewolkt. Berucht zijn de situaties dat het front, dat de voorste begrenzing van vorstlucht markeert, ergens over Nederland ligt. Het kan dan zowel regenen en sneeuwen en lokaal wordt ijzel gevormd. De laatste keer dat zich een dergelijke strijd boven ons land afspeelde, was begin februari 2001 toen het dagenlang sneeuwde, ijzelde en regende met alle overlast die er bij hoorde.



De vorming van wolken bij het warmtefront

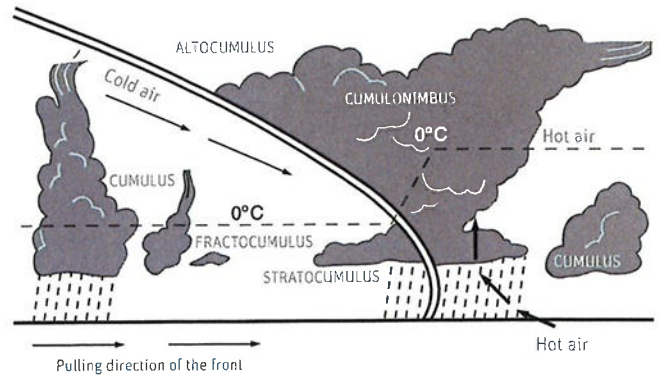


Koufront

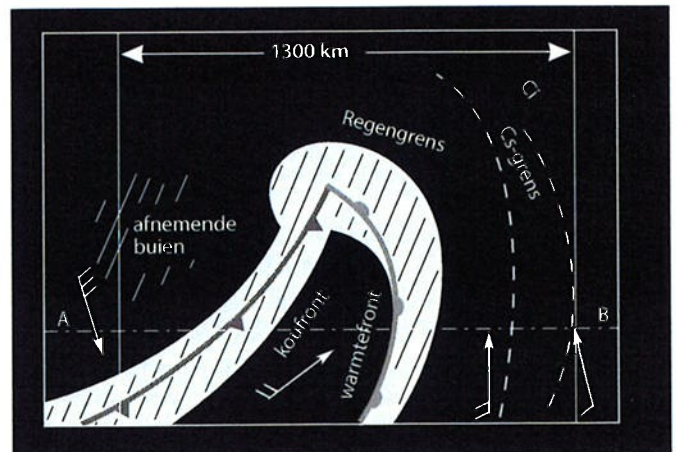
Koufront:

Als de koude lucht de warme verdringt, spreken we van een koufront. Ook bij een koufront ontstaan wolken en neerslag. Dat gaat, zoals we eerder ook al even hebben aangestipt, over het algemeen wat bruter dan bij een warmtefront. Oorzaak hiervan is dat de van nature relatief zware koude lucht geen enkele moeite heeft de warme, die lichter is en dus graag omhoog wil, te verdringen.

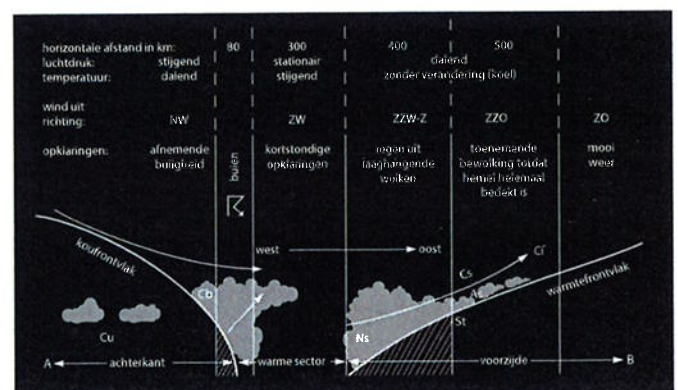
Langs het frontvlak van het koufront, de plaats waar de koude en de warme lucht bij elkaar komen, ontstaan opnieuw stijgbewegingen. De warme lucht wordt met een hoog tempo omhoog gedwongen, koelt in de hogere delen van de atmosfeer snel af en zorgt zo weer voor de vorming van wolken. En opnieuw kan het gaan regenen. In de figuur hiernaast zien we de koude lucht links en de warme lucht rechts. Het koufrontvlak wordt gevormd door de scheidslijn tussen warm en koud. Wat we ook zien is dat de helling van dit front veel steiler is dan die van het warmtefront. Dit heeft zoals gezegd gevolgen voor de kracht en de omvang van de stijgbewegingen.



Hier de wolken die bij de koupassage horen



Bovenaanzicht depressie, Ci = Cirrus en Cs = Cirrostratus



En vervolgens een dwarsdoorsnede langs de lijn A B

Straalstroom

Tijdens het ochtenddeel van deze cursus hebben we al even het belang van de straalstroom aangestipt. Deze bundeling van sterke winden op hoogtes van tussen de 5 en 10 kilometer, heeft veel invloed op het alledaagse weer. Je zou de straalstroom kunnen zien als een tunnel van wind. Stromende lucht begint te versnellen zodra het een dergelijke windtunnel ingaat. In de natuur is het zo dat er niet meer lucht kan wegstromen dan er wordt aangevoerd. Nu blijkt dat de versneld wegstromende lucht wordt aangevuld van onderaf. Er vindt dus een verticaal luchttransport plaats en wel omhoog. Het netto-effect is dat de luchtdruk aan de grond daalt; er vormt zich een lagedrukgebied. Hiermee is eigenlijk al een belangrijke koppeling tussen straalstroom in de bovenlucht en het weer aan de grond gelegd.

Bovenluchtkaarten

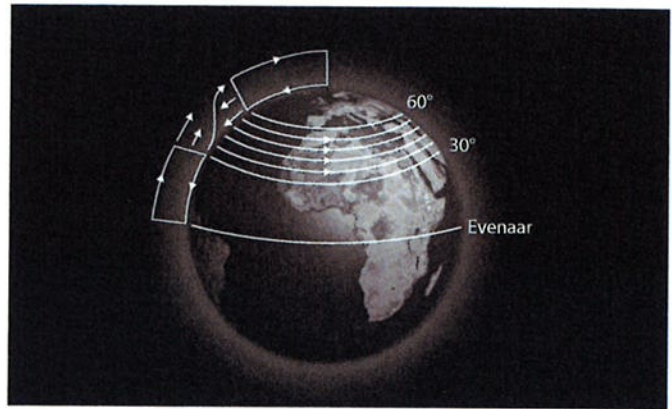
In de meteorologie maken we behalve van grondkaarten ook gebruik van zogenaamde 'hoogtekaarten'. Hierop wordt de hoogte van een drukvlak aangegeven. De straalstroom kun je zelf opsporen op een dergelijke kaart. Hij omvat namelijk die gebieden waar de isolijnen het dichtst op elkaar staan. Daar vind je de concentraties van de meeste wind.

Weeraspecten zijn sterk gekoppeld aan straalstromen.

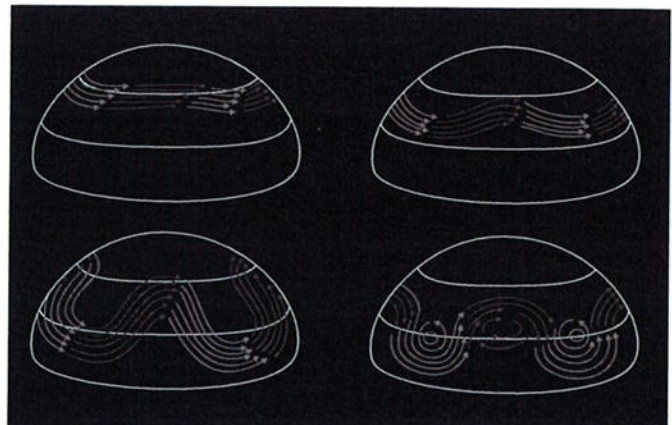
- snelle veranderingen in het weer (we spreken dan van sterk wisselvallig)
- soms intensieve neerslag bij passage van actieve storingen
- meestal zuidwestelijke winden aan de grond
- het hele jaar door brengt de straalstroom meestal vochtige en zachte lucht

Koudeput

In de atmosfeer boven Europa kennen we twee soorten depressies. Het meest voorkomende exemplaar trekt meestal vrij snel van west naar oost over ons gebied. Het weer is dan tijdelijk van slag en knapt daarna snel op. Het tweede type komt minder vaak voor maar heeft een veel langduriger invloed op het weer. Dit is de zogeheten 'koudeput', een afgesnoerde bel koude lucht, hoog in de atmosfeer. De depressiekern die erbij hoort, bouwt zich niet alleen aan de grond, maar tot hoog in de bovenlucht (zo'n 10 kilometer) uit en kan daardoor veel langer blijven bestaan. In het centrum staat er tot op grote hoogten weinig wind. Maar daar omheen waait het juist heel hard. Een nare eigenschap van deze lagedrukkern is dat ze traag beweegt. Hierdoor kunnen dikke regenwolken in de buurt van de kern dagenlang op één plaats blijven hangen. Een andere eigenschap van de koudeput is de zeer lage temperatuur in het centrum. Dit veroorzaakt een groot verschil in temperatuur tussen het aardoppervlak en de bovenlucht. Als dit verschil groot genoeg is, ontstaan er flinke onweersbuien die lokaal voor heel veel neerslag zorgen. Het lastige van koudeputten is dat ze zich erg grillig gedragen. Verwachtingen moeten meer dan eens worden bijgesteld, omdat ook computermodellen grote moeite met het gedrag van koudeputten hebben.



Ligging straalstroom op aarde



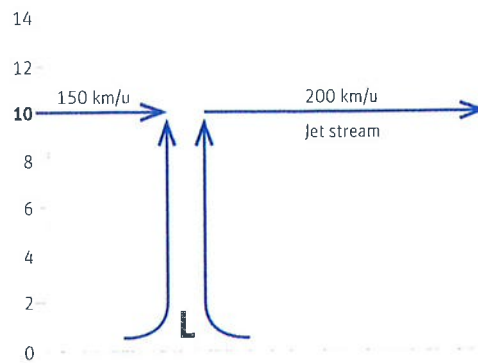
De vormen van de straalstroom kunnen uiteenlopen van zonaal via meridiaal naar een blokkade

Blokkaden

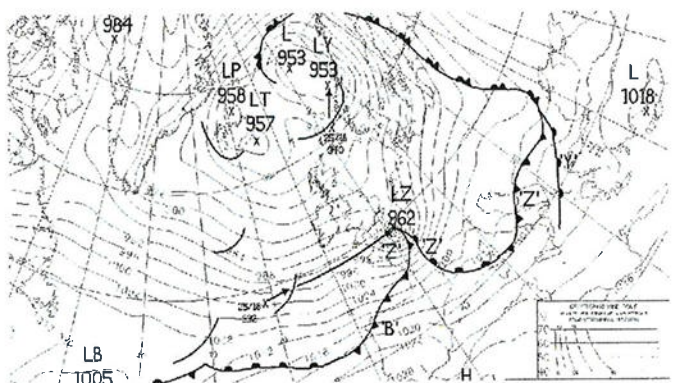
Een blokkade is eigenlijk het tegengestelde van een koudeput. Een blokkade ontstaat als zich ergens, hoog in de atmosfeer een bel met warme lucht nestelt. In plaats van een lagedrukgebied, dat zich tot hoog in de atmosfeer uitbouwt, ontstaat dan een hogedrukgebied dat zich sterk ontwikkelt. Soms worden dergelijke hogedrukgebieden zo krachtig dat ze de straalstroom op z'n weg naar Europa dwingen een andere positie te kiezen. Lagedrukgebieden kunnen dan niet meer tot het continent doordringen. De westcirculatie is geblokkeerd.

Een goed voorbeeld van een blokkade vinden we terug tijdens een vorstperiode in de winter. De westelijke bovenluchtwinden (bijna altijd gekoppeld aan een straalstroom) zijn geblokkeerd, bijvoorbeeld door een sterk hogedrukgebied dat boven Scandinavië ligt.

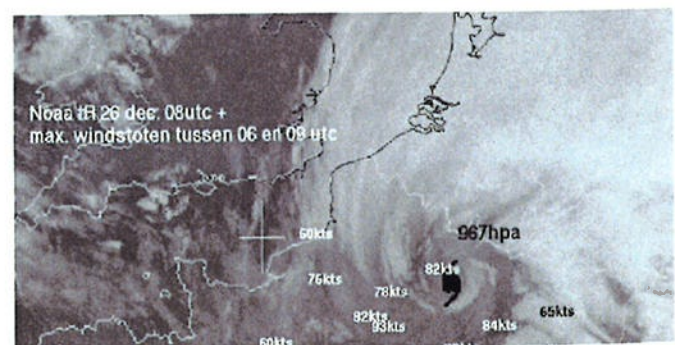
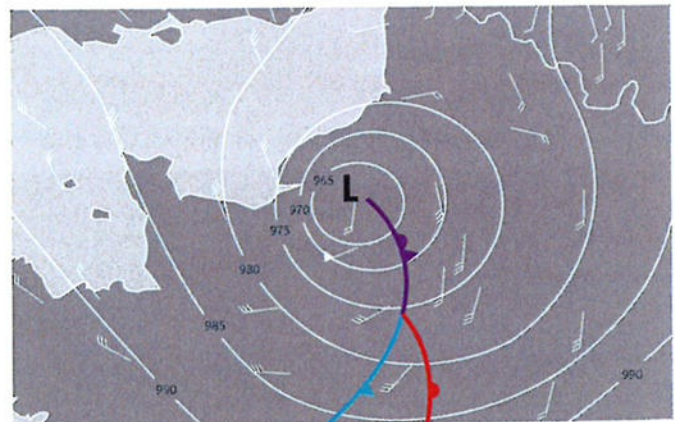
Boven ons land waaien er dan oostenwinden in de bovenlucht en aan de grond. De straalstroom zoekt zijn weg dan vaak via de Middellandse zee de bijbehorende storingen veroorzaken daar dan heel slecht weer in de winter. Soms kan een sterke straalstroom bijzonder heftige weersverschijnselen veroorzaken die zich ook zeer onverwacht kunnen voordoen.



Pompeffect van de straalstroom



Explosieve ontwikkeling

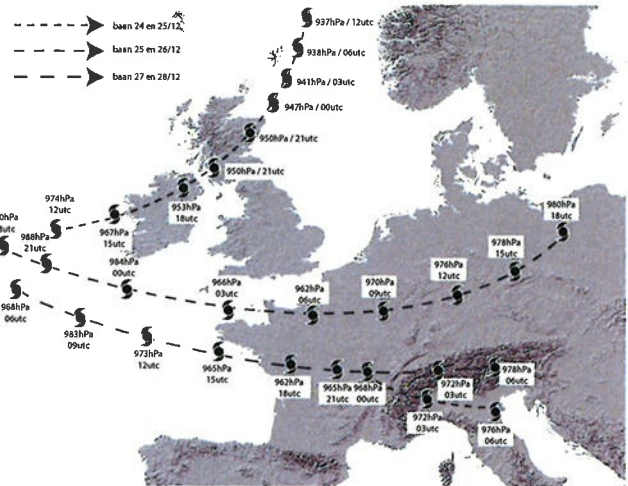


De kerststormen van 1999 bijvoorbeeld nemen historisch gezien een unieke plaats in. Het westen van Europa werd in de decembermaand van dat jaar geteisterd door enkele zeer zware stormen. Opvallend was de snelheid waarmee de lagedrukgebieden, die de stormen veroorzaakten, uitdiepten.

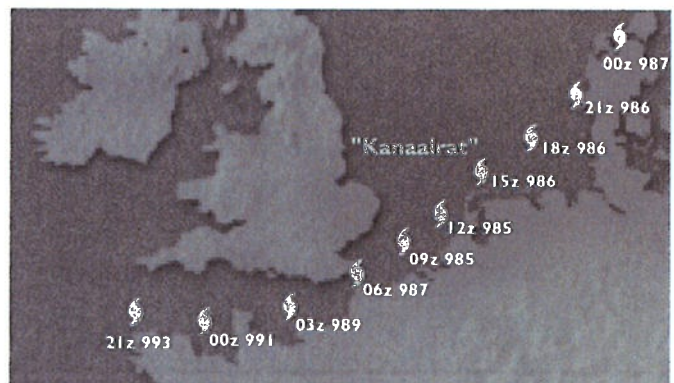
Dit was puur te wijten aan het feit dat er een sterke straalstroom aanwezig was. De wind hoog in de atmosfeer werd op sommige momenten zo sterk versneld, dat als gevolg daarvan aan het aardoppervlak een sterk verticaal (omhoog) gerichte luchtstroom ontstond. Deze zoog zoveel lucht van onderaf weg, dat de luchtdruk als direct gevolg sterk daalde. Op tweede kerstdag van dat jaar stroomde de lucht op 10 kilometer hoogte met een snelheid van 350 km/uur over West-Europa. Op de ochtend van de 26e trok er een depressiekern vanaf het noordelijk deel van de Golf van Biskaje het westen van Frankrijk binnen. Daar diepte het laag in 18 uur tijd uit van 992 naar 962 hPa waarbij de sterkste dalingen 25 hPa in 3 uur tijd bedroegen! Dit leidde tot een explosief windveld dat in de ruime omgeving van Parijs een van de zwaarste stormen uit de geschiedenis veroorzaakte. Onder meer een uit historisch oogpunt belangrijk bos in de omgeving van Versailles liep onherstelbare schade op. Een dag later diepte een ander stormlaag spectaculair uit op vrijwel dezelfde positie en volgde een iets zuidelijker koers. Zie figuur. Opnieuw was een zware storm het gevolg. Er vielen veel slachtoffers.

Zomerstormen: kanaalrat

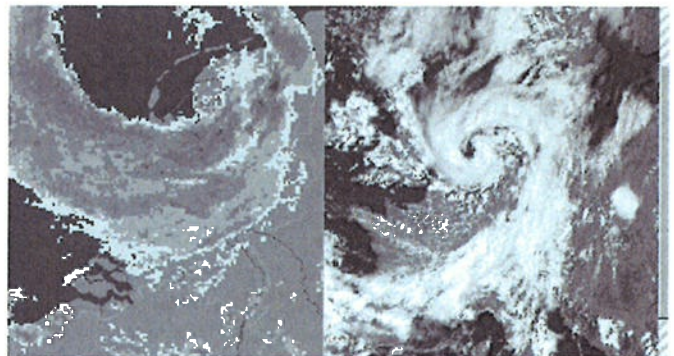
Een ander goed voorbeeld van lagedrukgebieden die in korte tijd heel sterk uitdiepen in de buurt van de straalstroom, zijn de depressies die soms in de voorzomer langs de kust naar het noordoosten bewegen. Op hemelvaartsdag van het jaar 1983 trok een dergelijk kleinschalig laagje sterk uitdiepend vlak langs Nederland. Dit werd een zwarte dag in de geschiedenis van de meteorologie. Er werd een enorme ravage aangericht en er vielen slachtoffers te betreuren. Op 28 mei van het jaar 2000 volgde bijna een herhaling; met dit verschil dat dit laagje goed van tevoren werd verwacht. Zie de figuren.



Kerststormen van 1999



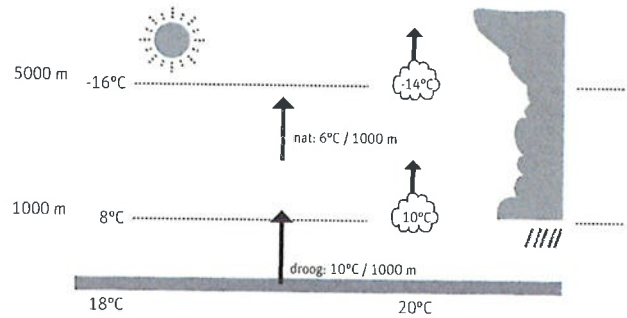
Kanaalrat



Buien

Lokale schaal

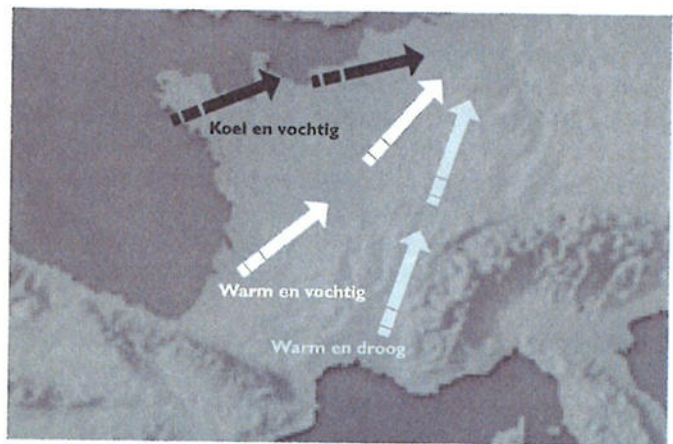
Het is zomer. De zon heeft het aardoppervlak tot 18 graden opgewarmd. Als gevolg van thermiek komt een luchtbel met een temperatuur van 20 graden los van de aarde. Omdat zich in die luchtbel nog geen gecondenseerde waterdruppeltjes bevinden, daalt de temperatuur in de luchtbel met 1 graad per 100 meter. Hetzelfde geldt voor de lucht in de omgeving. Op een hoogte van 1000 meter is de luchtbel zover afgekoeld dat waterdruppeltjes beginnen te condenseren. De wolkvorming begint. Vanaf dit moment daalt de temperatuur nog maar met 0,6 graden per 100 meter. Toch is de luchtbel nog steeds warmer dan z'n omgeving. Het stijgen gaat dan ook door. En zo wordt de wolk dikker en dikker. Op een bepaald moment is de wolk zo dik geworden dat het neerslagproces in gang wordt gezet. De eerste druppels bereiken de bodem en een bui is geboren. Het groeien van de wolk gaat door zolang de temperatuur van de lucht in de wolk hoger is dan de omgevingstemperatuur. In extreme gevallen gaat het dan hagelen, onweren of komen windstoten voor. Is de temperatuur van de lucht in de wolk niet meer hoger dan die in de omgeving van de wolk, dan stopt het groeiproces en zakt de bui langzaam weer in. Tijdens de groei van een bui kan de stijgende lucht in de wolk in bijzondere gevallen snelheden van 150 kilometer per uur bereiken. Omhoog!



Onstabieleit

Geen wonder dat vliegtuigen zware onweersbuien liever mijden. De turbulentie die in de wolken heerst, kan in zware buien zelfs gevaarlijk zijn. In 1981 verongelukte in de buurt van Moerdijk nog een vliegtuig dat in een zware bui terecht was gekomen. Het verloor door de turbulentie in de wolk beide vleugels en stortte daarna neer. Alle 21 passagiers verloren daarbij het leven.

De wind komt uit een overwegend zuidelijke richting. Hiermee wordt warme lucht aangevoerd. Belangrijk hierbij is dat ter hoogte van West-Frankrijk met een zuidwestenwind beduidend koelere lucht instroomt. Er vormt zich op het grensvlak met de veel warmere lucht uit het zuiden, een zogeheten convergentiezone (convergentie staat voor samenkomen). En juist langs dit soort gebieden vormen zich de regen- en onweersbuien die ons land zo vaak aandoen in het zomerseizoen.



Typische stromingspatroon bij buien in de zomer

Kustbuien in het najaar

Het najaar is bij uitstek voor deze zogeheten kustbuien. Buien in het algemeen ontstaan in een onstabiele atmosfeer waarin voldoende vocht aanwezig is. Hoe onstabiel de atmosfeer, des te zwaarder de buien zullen zijn. De mate van onstabieleit wordt mede bepaald door het verschil in temperatuur tussen het aardoppervlak (of zeeoppervlak) en de top van de bui. Normaal gesproken is dit verschil tijdens de middag het grootst, namelijk op het moment dat de maximumtemperatuur wordt bereikt. Door geforceerde optilling in een potentieel onstabiele atmosfeer kunnen eveneens buien ontstaan. Niet alleen de dagelijkse gang (verschil- dag- en nachttemperatuur) is dus de motor achter vorming van buien.

Naarmate de dagen korter worden, wordt het overdag steeds minder warm en neemt de onstabieleit af. Enige compensatie is nog mogelijk als de bovenlucht (5 kilometer hoogte) erg koud is. Boven de Noordzee is de dagelijkse gang minimaal. De Noordzee is in de deze tijd van het jaar vaak warmer dan het landoppervlak. De afkoeling van het zeewater verloopt een heel stuk trager vanwege de grote warmtecapaciteit.

De Noordzee is dus vanwege haar warmte en de grote hoeveelheid vocht een ideale voedingsbodem voor buien, zeker als er op enige hoogte koude lucht overheen strijkt. Soms kunnen zich dan buienstraten vormen die lang blijven bestaan en soms ook langdurig de kustregio weten te beïnvloeden.

Dit proces wordt 's nachts langs de kust versterkt, doordat de wind boven land door de temperatuursafname (inversie) dan extra krimpt (tegen wijzers van de klok in) ten opzichte van de wind boven zee. Hierdoor hoopt zich in een smalle strook langs de kust lucht op (conver-

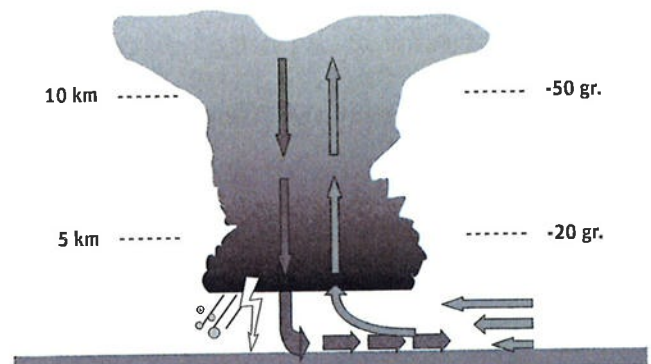
gentie) die verplicht wordt te gaan stijgen, waardoor de buienproductie extra impulsen krijgt. Overdag trekken ze met het oplopen van de temperaturen vaak het land op (de wrijving neemt af, de wind ruimt boven land en de convergentie neemt af), om zich vervolgens 's avonds weer terug te trekken. Een bijkomende randvoorwaarde is dat de luchtstroming in de atmosfeer redelijk constant moet zijn. Door de ligging van Nederland ten opzichte van de Noordzee is een zuidwestenwind de meest gunstige voor de vorming van een buienstraat. De precieze ligging van een buienstraat bezorgt menig meteoroloog soms hoofdbrekens. Minieme details kunnen uitmaken of de buienstraat net voor of net op de kust ligt. En dat kan het verschil zijn tussen een droge periode of een periode met zeer zware en langdurige buien met soms zelfs wateroverlast tot gevolg.

Typen buien

Er zijn in hoofdzaak twee typen buien te onderscheiden: buien bij weinig wind en buien bij veel wind, hoog in de atmosfeer. Het eerste type bui is meestal kort van duur en is zelden gevaarlijk. Meer aandacht moet aan het tweede type worden besteed. Dit zijn buien die zich in een atmosfeer met veel wind ontwikkelen. We krijgen dan buien die een in- en uitstroomschacht (een stijgende en een dalende luchtkolom) in zich hebben die elkaar niet direct 'uitdoven'.

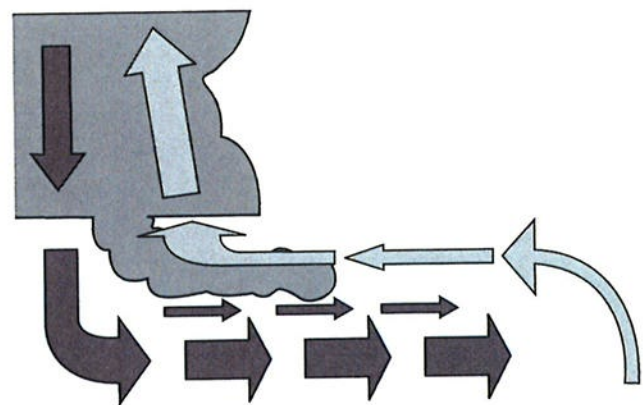
De (zware) bui kan zo lange tijd blijven bestaan. Een gevolg van de sterke wind in de atmosfeer is dat ze daarbij bovendien in een hoog tempo een grote afstand kunnen afleggen. In de figuur hiernaast zien we een krachtige onweersbui met hagel en windstoten.

De bui beweegt naar rechts. Met de donkere pijlen is de instroomschacht van warme en vochtige lucht aangegeven, de kolom met stijgende lucht in de wolk. Deze fungeert als de voedingsbron van de bui. Met lichte pijlen zien we de uitstroom van koude en zware lucht, de kolom met dalende lucht in de bui. Deze lucht beweegt gelijk met alle neerslag naar beneden. Als een wals probeert deze koude lucht onder de warme instroom door, voor de bui uit te bewegen.



Circulatie (onweersbui)

Hier zien we wat meer in detail wat er gebeurt op de plaats waar de warme lucht, die de bui in wordt gezogen en de koude lucht, die er uit wordt geblazen, elkaar ontmoeten. Zoals we al eerder hebben gezien, ontstaat op de plaats waar verschillende luchtsoorten elkaar ontmoeten in de regel bewolking. Ook hier gebeurt dat, maar dan wel onder heel bijzondere omstandigheden. De twee luchtsoorten bewegen zich in dit geval namelijk woest langs elkaar heen en dat in precies tegenovergestelde richting. De wolk die hierbij ontstaat, heeft dan ook een hele typische en onrustige vorm en wordt 'rolwolk' genoemd. Tijdens de passage van de rolwolk moet men rekening houden met zware windstoten. Het uitstromen van de koude en zware lucht gebeurt veelal voor de neerslag uit. Je krijgt dus eerst de zware windstoten en daarna pas de intensieve neerslag. Op het moment dat de windstoten van een zware bui je bereiken, kan het dus al vervaarlijk donker worden, zonder dat er meteen neerslag valt. Het komt zelfs voor dat het na het passeren van de rolwolk alweer lichter wordt. Er zijn dan mensen die het idee hebben dat het vervolgens met de bui wel los zal lopen. Meestal is het echter schijn. De echte bui komt nog. Het gaat hard regenen.



Rolwolk

Op deze opname zien we een naderende rolwolk. De term rolwolk wordt gebruikt omdat de naderende voorkant inderdaad de neiging heeft te roteren onder invloed van de verschillende windrichtingen die aan de onderkant en de bovenkant van de rol voorkomen. De neerslag zit nog ruim achter de rolwolk. Enkele minuten na dit opnamemoment, passeerde de wolk met zware windstoten. Daarna volgde pas de zware neerslag van het buiencomplex. Het uitstromen van de koude zware lucht gebeurt in een hoog tempo. Niet zelden wordt een snelheid van 75 tot 100 kilometer per uur gehaald. De windstoten aan het aardoppervlak kunnen oplopen tot ruim boven de 100 kilometer per uur. Verder is er gevaar voor windhozen. In het algemeen is het verstandig meteen dekking te zoeken als een rolwolk nadert. De windstoten kunnen grote schade aanrichten.



Naderende rolwolk

Buien en windstoten, nader bekeken

De meeste buien brengen windstoten voort, maar die blijven over het algemeen beperkt en veroorzaken weinig overlast. Gevaarlijke omstandigheden kunnen zich voordoen bij losse (zware) buien en bij sneltrekkende, zogenoemde buienlijnen (die meestal gepaard gaan met onweer). Een losse bui is relatief kleinschalig met een afmeting van slechts een paar kilometer tot hooguit twintig kilometer. Een buienlijn is een veel grootschaliger systeem dat vrijwel altijd samenhangt met het binnendringen van koudere lucht.

Donkere bloemkolen

Weerberichten geven vaak al voldoende informatie om tijdig maatregelen te nemen als het weer slechter wordt. Maar waaraan kun je zelf de tekenen aan de lucht herkennen die aangeven dat harde wind en zware windstoten op komst zijn?

Om te beginnen is de zwaarte van een bui van belang. De zwaarste windstoten zullen voorkomen bij grote buien, die niet zozeer aan hun onderkant maar vooral aan hun bovenkant te herkennen zijn; ze torenen namelijk heel hoog de atmosfeer in. Denk aan van die bloemkoolwolken die snel omhoogschieten. Bij de zwaarste buien vertekenen deze bloemkoollichten op een bepaald moment aan de bovenkant en worden ze in plaats van rond en scherp, afgeplat of rafelig. In feite geeft de afgeplatte en rafelige structuur aan dat de bui aan het verrijzen is (waterdruppeltjes beginnen te bevriezen) doordat ze zo hoog in de atmosfeer doorgedrongen zijn, waar het kouder is dan dichterbij het aardoppervlak. Deze verrijzing is een teken dat we met een zeer zware bui te maken hebben. En zware buien brengen de zwaarste windstoten mee.

Let dus vooral op de wolke toppen en blijf het proces volgen dat zich daar afspeelt! Als het dan donker wordt, weet je wat je kunt verwachten. Ten tweede is de trekrichting van een bui van belang.

Normaal gesproken zie je een zeer donkere lucht aankomen. Dit gebeurt uiteraard als de bui al dichterbij is gekomen. Als de donkere lucht langs lijkt te trekken, zal het met de windstoten meestal wel meevallen. Maar komt de lucht recht op je af, dan heb je een dikke kans op zware windstoten; de zwaarste windstoten komen namelijk aan de voorzijde voor, in de trekrichting van een bui of buienlijn. Ten derde is de snelheid waarmee een bui beweegt (of de snelheid waarmee de lucht donker wordt) tekenend voor de mate van gevaar. Hoe sneller het donkerder wordt, hoe groter de kans op zware of zeer zware windstoten. Het laatste waaraan je naderende windstoten kunt herkennen, zijn de rollende bewegingen in de wolken in snel voortgaande buien.

Richting van de wind rond een bui

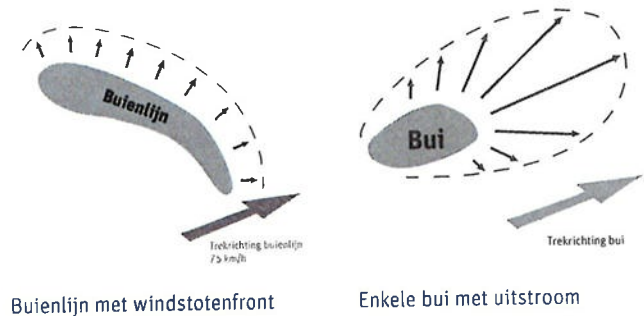
Voordat een bui bereikt, staat er een zwakke wind, die uit variabele richtingen kan waaien, maar over het algemeen naar de bui toe waait. Deze zwakke wind is erg verraderlijk omdat hij na ongeveer een kwartier ineens wordt gevolgd door een sterk aanwakkerende wind, precies uit de richting waar de donkere lucht vandaan komt. Als er bijvoorbeeld vanuit het zuidwesten een donkere lucht nadert, zullen de zwaarste windstoten ook uit het zuidwesten komen. De windstoten voor de bui komen dus uit tegenovergestelde richting dan de aanvallende (zwakke) wind!

Daalstromen en windstoten

Bij buienlijnen, maar ook bij buien, treden de zwaarste windstoten op vlak voordat het gaat regenen. Dat komt doordat de wind als het ware de bui uitwaait.

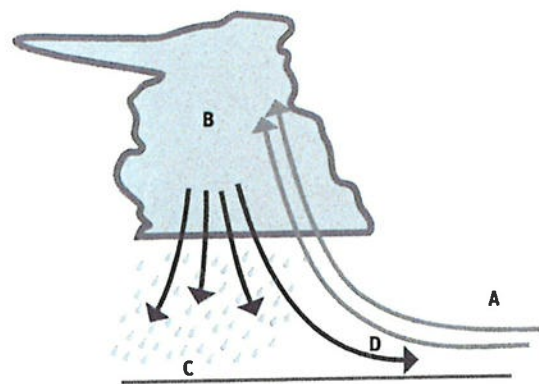
Aan de voorkant van de bui (punt A) wordt warme en vochtige lucht de bui ingezogen en voedt de bui met het nodige vocht. Op de plaatsen waar zich regen vormt (punt B) koelt de lucht af. Door het afkoelingsproces wordt de lucht zwaarder dan de omgeving en gaat vervolgens dalen. Bij de grond aangekomen (punt C) spreidt deze zogenaemde daalstroom zich weer uit in horizontale richting. Met name aan de voorkant van de bui of buienlijn (punt D) treden zware windstoten op.

Dit gaat met een hoge snelheid, omdat de wind in de daalstroom dan optelt bij de snelheid van de bui zelf. Het gaat zelfs zo snel dat de windstoten voor de bui uit snellen, soms wel tientallen kilometers, maar meestal slechts een kilometer. Daarom gaat het meestal eerst hard waaien, waarna de wind gevolgd wordt door striemende regen of zelfs hagel. Dus als een bui trekt met 75 kilometer per uur en de daalstroom waait met 50 kilometer per uur. Dan waait het aan de voorkant van de bui $75+50 = 125$ kilometer per uur en aan de achterkant $75-50 = 25$ kilometer per uur. Een groot verschil!



Buienlijn met windstotenfront

Enkele bui met uitstroom



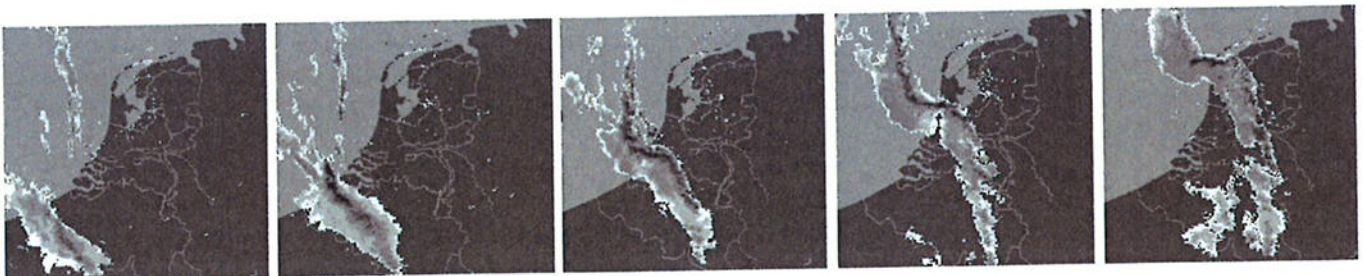
Rolwolk

Dit was duidelijk het geval bij de passage van de buienlijn op 7 juni 1997. Het gebied met zware windstoten strekte zich uit van Zeeland over Zuid-Holland via het IJsselmeer naar het westen van Friesland. Maar ook op veel plaatsen elders in het land waaide het hard. Dat komt natuurlijk omdat deze buienlijn vrijwel over heel Nederland trok. Heel anders is het bij een losse bui. Dan is er maar in een klein gebied sprake van windstoten. Soms beperkt het gebied zich tot een paar honderd meter of een kilometer. Dan kan de lucht er dus heel dreigend uitzien, maar kan het met de wind meevallen.

Kort samengevat:

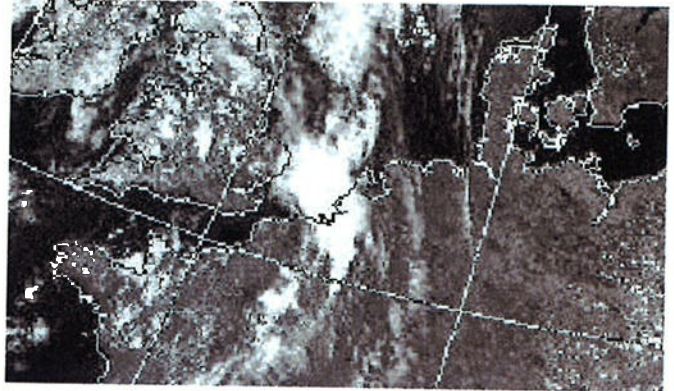
Windstoten komen voor bij (zware) zomerse (onweers)buien. Ze treden op grote schaal op aan de voorkant van buienlijnen en op kleinere schaal in de buurt van losse buien. In het algemeen zou je kunnen zeggen dat, als op een broeierige dag een gitzwarte lucht je snel nadert, bijna onvermijdelijk zware windstoten volgen, meestal binnen vijftien minuten. Dat geldt zeker als vlak daarvoor een wolk snel omhoog schoot en bloemkoolstructuren heeft, terwijl die aan de bovenkant ook enigszins afgeplat en rafelig is. Weerberichten geven over het algemeen een paar uur van tevoren de kans op zwaar weer door, maar met eenvoudige visuele waarnemingen is het goed mogelijk om zware windstoten te zien aankomen. Met name buienlijnen die snel trekken, kunnen veel wind geven. Houd ook de hoogte van de wolke toppen om je heen goed in de gaten en let op de structuur (rafelig of bloemkoolachtig).

Over het algemeen trekken buienlijnen via Zeeland het land binnen om vervolgens naar het noordoosten hun koers voort te zetten. Elk jaar komt er wel een buienlijn voor die met veel wind gepaard gaat. Een losse bui kan ook voor zware windstoten zorgen, maar dan in een veel kleiner gebied. Maar altijd geldt: hoe sneller de bui trekt, hoe harder het waait, en ook: hoe hoger de wolke top, hoe groter de kans op windstoten.



Zelf zware windstoten voorspellen:

- Bloemkoolwolken schieten snel de lucht in en de bovenkant van de wolk wordt rafelig en enigszins afgeplat: Dit is een zware bui, waarbij hoogstwaarschijnlijk zware windstoten voorkomen.
- De bui trekt recht op je af, dan kunnen er binnen dertig à zestig minuten zware windstoten voorkomen vanuit de bui.
- Een donkere lucht nadert snel: Dat is meestal een buienlijn, soms een losse bui.
- Binnen vijftien minuten gaat het hard waaien, uit de richting waar de donkere lucht vandaan komt. De wind zal waarschijnlijk al snel gevolgd worden door regen of hagel. Tijdens het begin van de neerslag kan het nog enige tijd flink waaien, maar de windvlagen houden meestal maar ongeveer vijftien minuten aan.
- Er nadert langzaam een donkere lucht: Dit is meestal een losse bui. Lokaal kan het hard gaan waaien, maar zeker niet overal in de buurt van de bui. Als de kern van de bui recht van voren lijkt te naderen is de kans op windstoten het grootst. De windstoten duren vijf tot tien minuten.

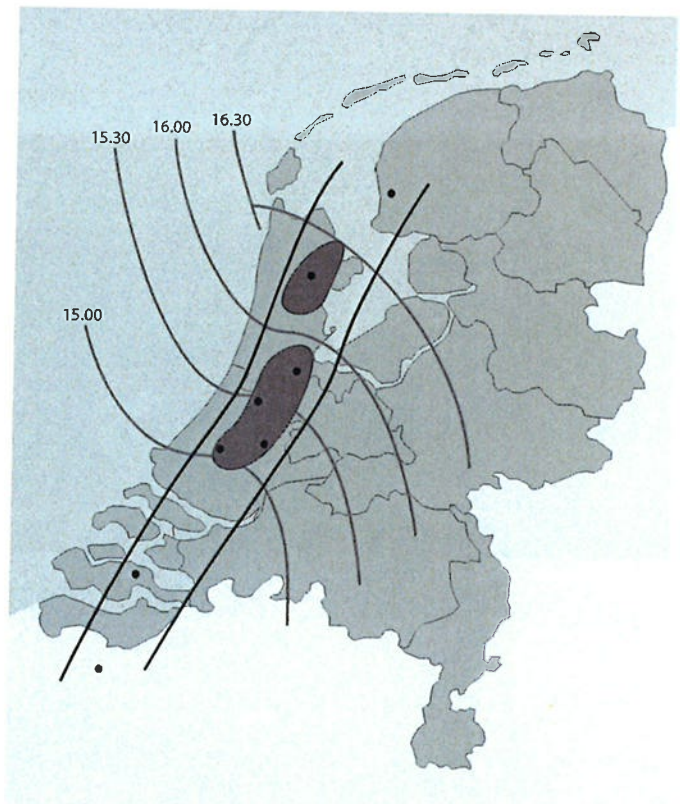


Zware, losse buien en buienlijnen doen zich vrijwel uitsluitend in de zomermaanden voor, pakweg vanaf halverwege mei tot halverwege september. Een goed voorbeeld van een buienlijn is die van 7 juni 1997, toen een rijtje zware onweersbuien van zuidwest naar noordoost over Nederland trok.

De buienlijn bereikte rond 14.30 uur Zeeland met fikse windstoten tot 90 km/h, maar in Zuid-Holland activeerden de buien: ze groeiden doordat ze zich voedden met de warmte van het land. Dit was aan de wolken goed te zien, die werden steeds hoger. En hoe hoger de wolken en hoe sneller ze zich bewegen, hoe heviger de regen en hoe zwaarder de windstoten.

Vooraf het IJsselmeer kreeg er vervolgens van langs. Er werden windstoten van bijna 130 km/h gerapporteerd en tijdelijk stond er een windkracht 10. Om 16.00 uur lag de lijn net over Pampus, over het zuiden van het IJsselmeer. Ook in Amsterdam waren de gevolgen van de buienlijnpassage groot. Schiphol moest enige tijd sluiten als gevolg van de wind en de zware regenval. In Amsterdam waaiden in het Amstelpark enkele honderden bomen om, mogelijk als gevolg van de passage van een windhoos. Eerder al werd in een kassengebied in Zuid-Holland melding gemaakt van een mogelijke windhoos.

Er was daar sprake van een flink schadespoor. Rond zeven uur 's avonds later verlieten de laatste buien Nederland via het Waddengebied. Toen waren ze ook alweer een stuk minder actief.



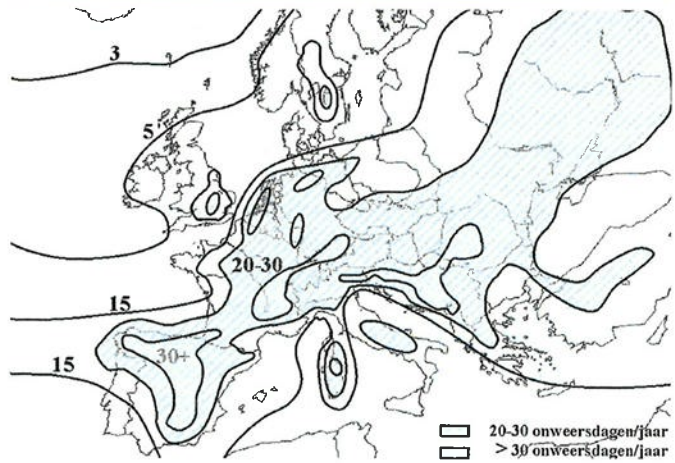
Onweer

Onweer is een verschijnsel dat bij mensen al sinds de oudheid veel respect en soms ook angst inboezemt. Niet onterecht als je bedenkt dat er ieder jaar slachtoffers vallen als gevolg van blikseminslag. In dit lesblok gaan we in op het ontstaansmechanisme en verder zullen we veel aandacht schenken aan de verschillende typen inslagen die er zijn. Belangrijk is het gedeelte over de maatregelen die je kunt nemen om de risico's van onweer zoveel mogelijk te beperken.

Het kaartje hiernaast laat voor een aantal gebieden in Europa zien op hoeveel dagen het er jaarlijks tot onweer komt. Opvallend is dat er boven zee veel minder onweer optreedt dan boven land. In iets meer detail bekeken, zien we boven het continent een aantal stroken met meer dan 30 onweersdagen per jaar. Bij een gemiddeld gesproken zuidwestelijke wind, zien we aan de loefzijde van het Duitse middelgebergte alsmede ook de Franse Alpen een duidelijk maximum. Deze maxima houden duidelijk verband met het stuwings-effect van de bergen. De zuidzuidwest-noordnoordoost lopende strook vanaf Antwerpen via Rotterdam naar Amsterdam heeft onder andere te maken met industrie en stedelijke bebouwing in die zone. Deze factoren zorgen voor een extra impuls van warmte en condensatiekernen (die nodig zijn voor de vorming van waterdruppeltjes). Buien gedijen er dan ook goed en groeien gemakkelijker uit tot onweersbuien. Hier zien we al een voorbeeld van de invloed van de mens op de ontwikkeling van het weer. Op IJsland komt nauwelijks onweer voor. Het is er gewoon te koud.

Onweer is gekoppeld aan buienwolken en die kunnen we herkennen aan de karakteristieke aambeelvorm. Op de plaatjes hiernaast staat een aantal buienwolken afgebeeld.

Een buienwolk begint als een stapelwolk die bij een voldoende grote onstabieleit doorgroeit. We herhalen nog even de kenmerken van een wolk die tot een buienwolk uitgroeit. In eerste instantie zien we de typische, scherp omlinjnde structuur van een bloemkoolwolk. De wolk bestaat dan nog uitsluitend uit waterdruppeltjes. Stijgt de wolk verder door, dan gaat de bovenkant bevroren. Er vormen zich ijskristallen en de bovenkant van de wolk krijgt de vorm van een aambeeld met vezelige randen. De afgeplatte bovenkant van het aambeeld wordt zichtbaar op het moment dat de bui zijn hoofd stoot tegen een warmere laag, boven hem in de atmosfeer, veelal op een hoogte van 12 tot 15 kilometer. Hier begint de tropopauze, het deel van de atmosfeer waarin de omgevingstemperatuur constant blijft met de hoogte.

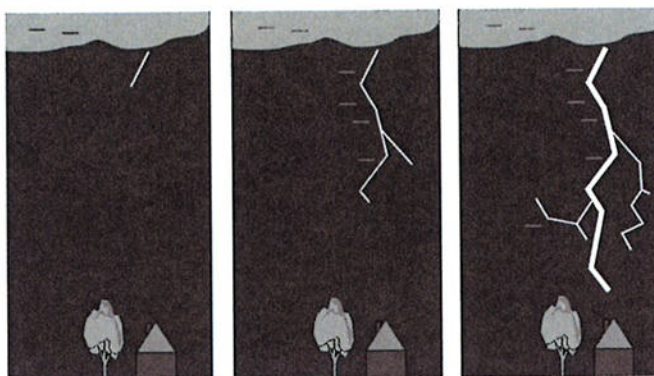


Rolwolk



Voor onweer hebben we in de atmosfeer een potentiaalverschil nodig, oftewel een ladingsverschil. Dit ladingsverschil ontstaat doordat regendruppeltjes een andere polariteit aannemen dan ijskristalletjes. De laatste zijn positief geladen en gaan bovenin de bui zitten en de regendruppels nemen een negatieve lading aan en verzamelen zich onderin de bui.

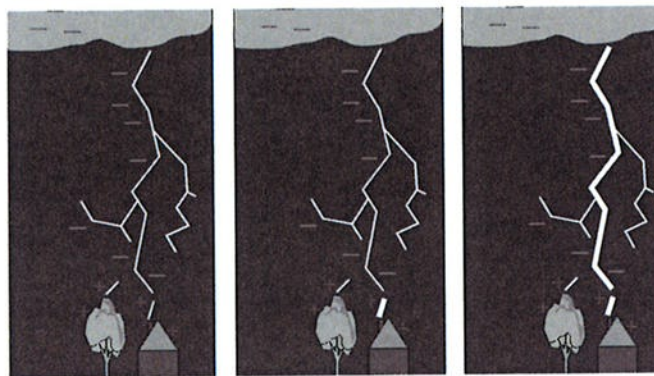
Door deze verdeling aan lading krijgt het aardoppervlak (als gevolg van inductie) een positieve lading. Op een gegeven moment is het ladingsverschil tussen wolk en aarde zo groot dat de wolk alvast een voorkanaal 'opent' tot bijna aan het aardoppervlak. Het potentiaalverschil is dan inmiddels tot enkele miljoenen volts opgelopen. Ter vergelijking: op een stopcontact vinden we een potentiaalverschil van 220 volt.



Bliksem

Een koperdraad fungeert als geleider die van + naar - een stroom laat lopen. In de atmosfeer wordt lucht als geleider gebruikt. Echter hier hebben we een potentiaalverschil van 3 miljoen volt nodig om een stroom te kunnen laten lopen. Het voorkanaal dient ter voorbereiding voor de hoofdontlading die de feitelijke bliksem vormt.

Zodra het voorkanaal een bepaald punt vlak boven het aardoppervlak heeft 'gekozen', wordt het tijd voor de hoofdontlading. Deze ontaardt zich van de grond naar de wolk! Dit gebeurt met een snelheid van 10.000 kilometer per seconde waarbij in 1 op 10.000ste van een seconde de temperatuur zo'n 30.000 graden oploopt. Er loopt dan ongeveer 20.000 Ampère aan stroom tussen aarde en wolk om een potentiaalverschil van miljoenen volts te vereffenen. Na de felle bliksemstraal, horen we vanaf enige afstand ook een donderslag. Het geluid van onweer wordt veroorzaakt door het feit dat de lucht zeer snel opwarmt. Als reactie zet de lucht uit en krimpt vlak daarna weer in. Er lopen vervolgens direct daarna geluidsgolven weg. Deze bewegen radieel met een snelheid van 330 meter per seconde.



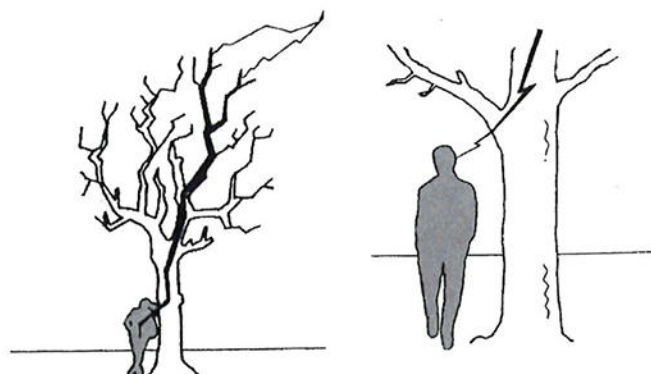
Een goede vuistregel is dat iedere 3 seconden tijdsverschil tussen bliksem en donder een afstand van 1 kilometer tot de inslag inhoudt. De reden dat het geluid van de donder vaak zo onregelmatig tot ons komt, is dat geluidsgolven reflecteren op allerlei oppervlakken en uiteindelijk als een complex patroon ons oor bereiken.

Blikseminslag

Er zijn drie manieren waarop de mens met een blikseminslag te maken kan krijgen.

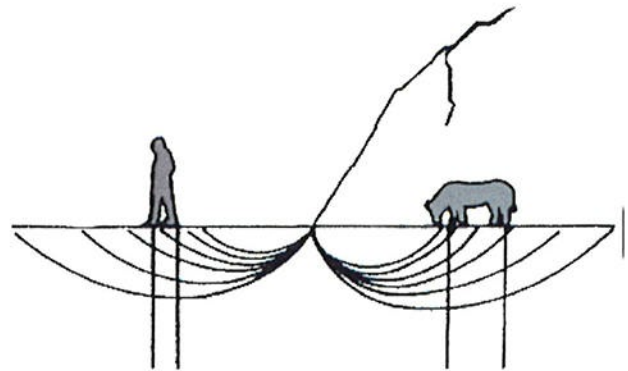
De persoon in het plaatje (1) schuilt onder een boom voor de regen en de wind. De bliksem slaat in de boom in, en raakt hiermee dus direct (via de boomschors) de persoon. Ga dus nooit tegen een boom of ander hoog uitsteksel zoals bijvoorbeeld een steile wand staan. Dat verhoogt het gevaar voor blikseminslagen. Beter is het dan het open veld of een greppel op te zoeken en je zo klein mogelijk te maken door gehurkt te gaan zitten, zoals daarnet al verteld, met de voeten dichtbij elkaar.

De persoon in het plaatje (2) schuilt wederom onder een boom voor de regen en de wind. De bliksem slaat in de boom in, maar er springt een zijtak van de bliksem over naar de persoon.



Dezelfde voorzorgsmaatregelen, zoals we die bij het vorige plaatje al hebben verteld, dienen in acht te worden genomen om het risico van verwondingen door blikseminslag zo klein mogelijk te maken.

Als de bliksem in de grond slaat, dan verplaatsen zich via de bodem direct na de inslag concentrische elektrische veldlijnen (vergelijk dit maar met de concentrische watergolven die ontstaan nadat een steen in het water wordt gegooid) in alle richtingen. De sterkte van de stroom neemt hierdoor wel sterk af met de afstand, maar als je bijvoorbeeld op enkele tientallen meters afstand staat, zal er toch nog een aanzienlijke stroom door de aarde lopen.



Concentrisch elektrische veldlijnen

Als een persoon met de benen wijd staat, dan gaat de stroom via het ene been omhoog om vervolgens via het andere weer naar beneden te gaan. De gevolgen laten zich raden. Een gemakkelijke oplossing is om met de voeten tegen elkaar aan te gaan staan. Met name voor vee is een dergelijk gevaar groot, de poten staan immers ver uit elkaar.

Overigens is het om dezelfde reden onverstandig om te gaan liggen; de stroom gaat dan immers door de hele lengte van het lichaam. De moraal van dit verhaal is dat je moet proberen zo min mogelijk contact met het aardoppervlak te hebben als je niet op een andere manier kunt schuilen tijdens een zware onweersbui.

Wegrennen voor bliksem heeft geen zin. De bliksem zoekt altijd het hoogste en het best geleidende punt op z'n weg naar het aardoppervlak. De mens komt daarvoor, als hij het enige hoge punt in z'n omgeving is, als een van de eersten in aanmerking. Zoals eerder al gezegd, het beste is in zo'n geval je zo klein mogelijk te maken door gehurkt op de grond te gaan zitten met de benen dichtbij elkaar. Ook het zoeken van een greppel kan zinvol zijn, mits daar geen water in staat, want water is juist weer een goede stroomgeleider.

In de bergen is het zaak spullen die goed geleiden, zoals pickels, ijsbijlen, skistokken en bergtouw af te leggen. Hoe minder je geleidt, des te kleiner is het gevaar.

- Schuilplaatsen
- In een auto (kooi van Faraday)
- In een berghut (bliksemafleider)
- Hol/grot, raak muren niet aan.

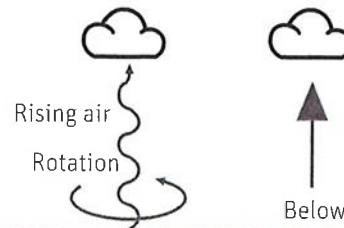
Windhoos

Hoe ontstaat een wind/waterhoos

De belangrijkste ingrediënten voor het verkrijgen van een wind/waterhoos zijn:

- voldoende "startrotatie"
- aanwezigheid van een sterke stijgschacht

Startrotatie is feitelijk niets anders dan een gelokaliseerd gebied waarin wervelingen optreden, ook wel vortex genoemd, (diameter varieert van enkele meters tot een paar kilometer).. Een goed voorbeeld van een vortex op kleine schaal is de wervel die zich in de hoek van een flatgebouw vormt en veel bladeren en stof doet opwervelen. De vortex met een grotere diameter blijft meestal onzichtbaar.



Een uitzondering wordt gemaakt als er een samenspel plaatsvindt tussen een vortex en een krachtige stijgstroom van een zich ontwikkelende stapelwolk en/of bui. Dan treedt het zogeheten "schaatsterseffect" (kunstschaatster die snel om haar as draait bij het naar het lichaam brengen van de armen) op.

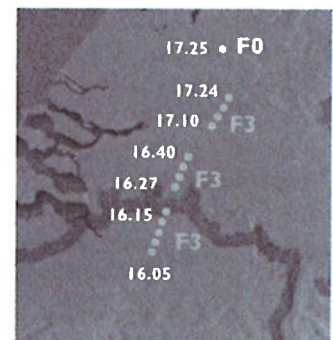
De cylinder langzaam draaiende lucht wordt uitgerekt waarbij de rotatie opspint. Ook de hozen op land (windhoos), ontstaan volgens dit principe. Het opspinnen van rotatie vindt buitengewoon snel plaats. Karakteristiek is een tijdsduur van hooguit enkele minuten waarbij nietzelden een aanzienlijk schadespoor aan de grond wordt achtergelaten. In een ogenschijnlijk rustige weersituatie kunnen windsnelheden van meer dan orkaankracht optreden.

Wie denkt dat tornado's vooral tot de Verenigde Staten beperkt blijven, heeft het mis. Zelfs Nederland heeft er in het verleden wel eens mee te maken gehad. Een bekend voorbeeld zijn de tornado's die op 25 juni 1967 de plaatsen Tricht en Chaam troffen. Het waren hele zware windhozen die grote schade aanrichtten en waarbij uiteindelijk 7 mensen het leven verloren.

Tornado's of zware windhozen zijn gekoppeld aan zware onweersbuien en dan ook nog van een bepaald type: de zogenoemde supercells. Eigenlijk zijn dat hele grote buien die hun eigen circulatie vormen, die zich min of meer als een lagedrukgebiedje gedragen. Het zijn buien waarvan de basis langzaam gaat draaien.



25 juni 1967, radarbeeld 16 UTC



Het pad van de tornado

Om dergelijke buien te krijgen, moet de opbouw van de atmosfeer aan een flink aantal voorwaarden voldoen. Zo is hele droge en warme lucht nodig, moet er warme en vochtige lucht in de buurt zijn, moet achter het front waaraan de buien ontstaan koude lucht opringen, is er in de bovenlucht heel veel wind nodig en moet de wind in de buurt van de bui waaraan de tornado ontstaat juist uit allerlei richtingen waaien. Pas als aan al die voorwaarden is voldaan, kan zich aan een onweersbui een tornado vormen. De opsomming hiervoor geeft al aan waarom tornado's in Nederland heel zeldzaam zijn. De atmosfeer die nodig is voor het ontstaan van tornadobuien, komt in Nederland bijna nooit voor.

Op 25 juni 1967 waren de omstandigheden echter wel geschikt voor het ontstaan van tornado's. Er lag die dag een lagedrukgebied in het zeegebied ten zuiden van Ierland. Aan de zuidflank van dat lagedrukgebied drong relatief koele lucht over Spanje naar het oosten en van daar via Frankrijk naar het noordoosten op. Daar vooruit stroomde over het grootste deel van Frankrijk warme en vochtige lucht naar het noorden, maar over het oosten van Frankrijk was dat een hoeveelheid even warme, maar juist hele droge lucht. Hoog in de atmosfeer stond een sterke wind uit het zuidwesten, die hier en daar windsnelheden van 110 kilometer per uur bereikte. Aan de grond waaide de wind voor de fronten uit het zuidoosten, er achteraan juist uit het zuidwesten.



F3 tornado bij knooppunt Deil in Nederland! (A15)

Kortom: aan alle voorwaarden voor het ontstaan van tornado's was in principe voldaan. Het hoefde in feite alleen nog maar te gebeuren. Lang duurde het wachten niet, want in de loop van de 24e juni kwamen in het noorden van Frankrijk, in de buurt van het naar het noordoosten oprukkende koufront, zware onweersbuien tot ontwikkeling die behalve hagel en zware windstoten ook enkele tornado's teweegbrachten. Tussen Lille en St. Quentin werden twee dorpen getroffen. Acht mensen verloren daarbij het leven en de schade aan gebouwen was in het spoor van de tornado's enorm.

De passage van het koufront stond in Nederland op 25 juni op het programma. Gealarmeerd door de gebeurtenissen in Frankrijk liet het KNMI bij de verwachtingen in de ochtend van 25 juni expliciet een waarschuwing voor windhozen horen, iets dat nog nooit eerder was gebeurd. Het was alleen nog afwachten of ze in Nederland ook echt zouden toeslaan.

De 25e juni begon in Nederland met vrij veel zon. Omdat een zuidoostelijke wind warme lucht aanvoerde, steeg de temperatuur gemakkelijk tot waarden tussen 25 en 27 graden. In de tweede helft van de middag drong vanuit het zuidwesten het koufront, dat de voorgaande dag boven Frankrijk zulk slecht weer had gebracht, Nederland binnen. Er vlak vooruit vormden zich een paar knapen van onweersbuien die onder meer over Tricht en Chaam trokken. En bij die buien kwamen inderdaad tornado's (de foto is van een van die tornado's) voor die op verschillende plaatsen kilometerslange schadesporen trokken. Alles wat zich in de buurt van de slurf van de tornado's bevond, werd opgezogen of zwaar beschadigd. Tot ver in de omgeving van de tornado's kwam allerlei puin zomaar uit de lucht vallen. Zeven mensen kwamen als gevolg van de tornado's uiteindelijk om het leven, de schade in de baan van de tornado's was enorm.



Schadebeeld Tricht

Behalve in Tricht en Chaam kwamen in de buurt van de buienlijn ook op andere plaatsen in Nederland windhozen voor. Die bleven echter minder lang aan de grond en richtten daardoor minder schade aan. Behalve door de windhozen, werd op verschillende plaatsen ook schade aangericht door zware hagel en zware windstoten. Vooral in het westen van het land nam de wind tijdens de passage van de sneltrekkende buien soms tot meer dan 100 kilometer per uur toe. Het duurde tot ongeveer 8 uur 's avonds voordat de laatste buien het noorden van het land hadden verlaten.



F3 schade in Tricht

Daarna was het weer overal weer rustig en koel. Een gedenkwaardige dag zat er op. Sinds 1967 zijn in Nederland nog verschillende zwaardere of minder zware windhozen voorgekomen, maar een uitbraak als op die dag heeft zich nooit meer voorgedaan.

Modellen en waarnemingen

Modelgegevens

- Bron: ECMWF
- Eénmaal daags beschikbaar
- Luchtdrukkaarten
- Neerslagkaarten
- Temperatuurkaarten

Bij het opstellen van weersverwachtingen worden computermodellen gebruikt. Computers maken op basis van actuele weerwaarnemingen een vereenvoudigde nabootsing van de toestand in de atmosfeer en proberen vervolgens te berekenen hoe die toestand in de atmosfeer zich in een bepaalde periode gaat ontwikkelen. De modelgegevens die door MeteoGroup worden gebruikt, zijn vooral afkomstig van het operationele model van het 'European Centre for Medium range Weather Forecasting' te Reading. Dit is het meest betrouwbare en complete model dat voor het weer in Europa en dus ook dat in Nederland beschikbaar is. Op basis van dit model worden onder meer luchtdrukkaarten, neerslagkaarten en temperatuurkaarten gemaakt voor een periode tot 10 dagen vooruit.

En die dienen weer als leidraad bij het maken van de dagelijkse weersverwachtingen. Teneinde een uitspraak te kunnen doen over de betrouwbaarheid van de verwachting, wordt in Reading het operationele model nog 50 keer nagedraaid, telkens met een kleine verstoring van de beginsituatie. Dit zogenoemde ensemble geeft de meteoroloog een indruk van de 'score' van het operationele model. De uitkomsten kunnen in een pluimverwachting worden getoond waarvan hierboven een voorbeeld staat afgedrukt. Hoe breder de pluim des te lastiger wordt het om een exacte uitspraak over het verwachte weer te doen.

Voor- en nadelen modelkaarten

Het gebruik van de modelkaarten brengt een aantal voor- en nadelen met zich mee. Voordelen zijn bijvoorbeeld dat weersystemen, die op enig moment voor het weer in Nederland van het belang kunnen worden, al vanaf grote afstand kunnen worden gevolgd. Daarbij is het mogelijk om de werkelijke gang van zaken aan de hand van satellietbeelden te volgen. Door de diverse kaarten naast elkaar te projecteren, kan de onderlinge samenhang van bijvoorbeeld fronten en neerslaggebieden met elkaar worden vergeleken. Als de kaarten in tijdsvolgorde worden afgespeeld, kan bovendien een idee van de treksnelheid worden verkregen.

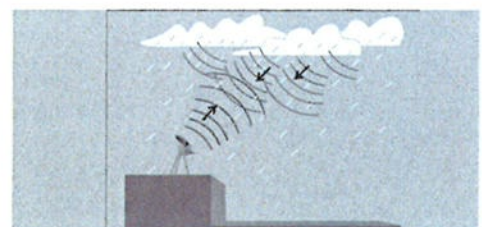
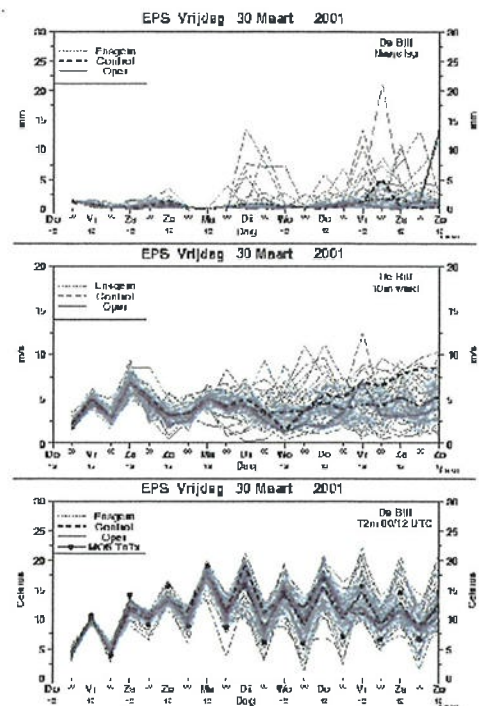
Toch zijn er ook duidelijke nadelen. Zo worden de modelgegevens maar 1 keer per dag ververs. De werkelijkheid haalt de verwachting daardoor nog wel eens in. Bovendien is het model niet al te gedetailleerd. Land/zee overgangen kunnen niet goed worden aangegeven en neerslag- of temperatuurverschillen worden 'uitgesmeerd' over een groter gebied. Daardoor is het moeilijk voor een duidelijk afgebakende plaats de precies verwachte temperatuur te bepalen.

Daarnaast kan de meteoroloog op grond van de overige voor hem beschikbare modellen of data een andere afweging hebben gemaakt waardoor de verwachting kan afwijken van de getoonde modelgegevens. De laatst beschikbare verwachtingen, zowel in tekst als in tabel- of grafiekvorm, zijn altijd de meest recente inzichten in het weer en dienen de voorkeur te genieten met betrekking tot de interpretatie.

Radar

- Soms over- of onderschatting
- Afscherming bij zware neerslag
- 'Valse' echo's
- Buien kunnen niet goed worden 'verwacht'

Zodra de meteoroloog op basis van de modellen een verwachting heeft gemaakt, is het

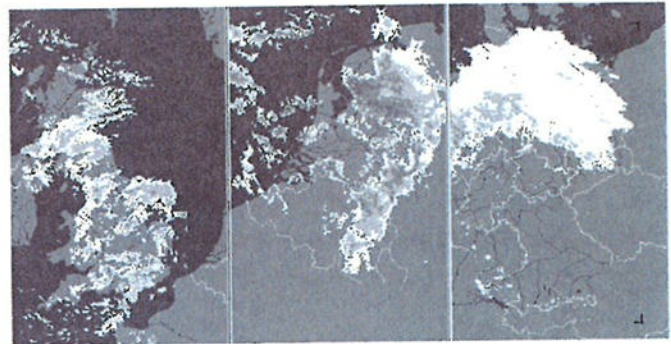


voor hem of haar zaak de actuele weersituatie in de gaten te houden om te kijken of de verwachting nog steeds juist is. Daarbij staan verschillende hulpmiddelen ter beschikking zoals satellieten en de radar. Radar wordt al gedurende langere tijd gebruikt om neerslagelementen te meten. Het Nederlandse radarbeeld is een mengbeeld, opgebouwd uit de beelden van 2 radars die in Den Helder en in De Bilt staan. Op de beelden is precies te zien waar neerslag valt en waar het nog droog is. In de dagelijkse meteorologie is de radar dan ook onmisbaar.

Het gebruik van radarbeelden kent naast grote voordelen echter ook enkele tekortkomingen. Zo 'ziet' een radar niet alle neerslag. Het kan dus voorkomen dat op een bepaalde plaats (lichte) neerslag valt terwijl de radarbeelden aangeven dat het er droog is. Andersom betekent niet iedere echo op het radarbeeld dat er ergens ook daadwerkelijk neerslag valt. Zo 'ziet' de radar soms neerslag die er wel is, maar die niet het aardoppervlak bereikt omdat de druppels op hun weg naar beneden al helemaal verdampen. Ook andere verstoringen in de atmosfeer kunnen soms echo's op het radarbeeld opleveren die onterecht de indruk wekken dat er ergens neerslag valt. Dergelijke echo's worden valse echo's genoemd. Het is als meteoroloog zaak voor dit soort zaken een gevoel te ontwikkelen.

Voorbeeld van de 3 verschillende neerslagbeelden die beschikbaar kunnen zijn binnen Weerbeeld. We zien radarbeelden voor Engeland, Nederland en Duitsland. Hoe donkerder de echo's zijn, des te zwaarder is de neerslag die de radar in het betreffende gebied ziet. Zo is boven het noorden van Duitsland een groot, egaal neerslaggebied zichtbaar.

Het noorden van Nederland heeft nog met een laatste uitloper van dat neerslaggebied te maken. Daarachter zijn op de Noordzee een paar buien te zien. Ook boven de Britse eilanden zijn neerslagplukken te zien met een verbrokkelde karakter. Ten zuiden van Schotland ligt een meer aaneengesloten gebied. Ook boven het noordwesten van Frankrijk valt wat neerslag.



Neerslagbeelden

Satelliet

- Meteosat
- Geostationair
- Uurlijks beschikbaar
- Infrarood en zichtbaar licht
- Animatie of stilstaand beeld
- Soms lastig te interpreteren



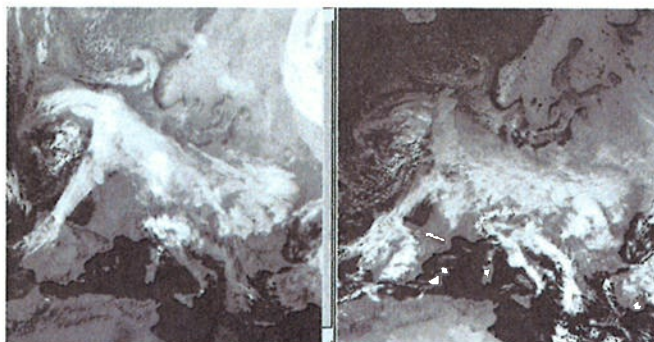
Een tweede hulpmiddel bij het bewaken van het actuele weer is de satelliet. Onder beheer van het Europese Eumetsat hangt boven de Golf van Guinee een weersatelliet (de Meteosat) in een geostationaire baan op circa 36.000km hoogte. Elk half uur maakt deze satelliet beelden in infrarood, zichtbaar licht en in waterdamp. Alleen infrarood en zichtbaar licht zijn in 'weerbeeld' beschikbaar.

Omdat de satelliet op een vast punt in een geostationaire baan hangt, zijn de uitsneden van de beelden altijd hetzelfde en kunnen deze in een animatie tot 'leven' komen.

Zichtbaar lichtbeelden geven vaak de meeste informatie maar deze zijn slechts op tijdens de daglichtperiode bruikbaar. IR-beelden zijn de gehele 24h-periode bruikbaar.

Met deze methode wordt de temperatuur van wolken (dan wel de aarde indien er geen bewolking aanwezig is) gemeten. Hoe hoger de top van een wolk in de atmosfeer aanwezig is des te kouder is deze. In IR-beelden vertaald worden de koudste wolken het meest wit aangegeven. Heldere witte vlekken zijn dan ook wolken waarvan de top vaak boven de 5km aanwezig is. Indien mogelijk dient het aan te bevelen om IR-beelden en zichtbaar lichtbeelden van hetzelfde tijdstip met elkaar te vergelijken.

Hiernaast zijn voorbeelden te zien van respectievelijk het IR- en zichtbaar lichtbeeld van zondag 4 februari 2001 12 UTC. Er viel in het noorden van Nederland sneeuw, terwijl het elders ijzelde en regende. Duidelijk zichtbaar is hoe het IR-beeld verder naar het noorden kan kijken dan het zichtbaar lichtbeeld. In het winterhalfjaar dringt het zonlicht nauwelijks tot het noorden van Europa door. Het frontensysteem boven Engeland en onze omgeving is op de IR-beelden makkelijk terug te vinden.



IR- en het zichtbaar lichtbeeld

Aanwezige bewolking boven Midden-Frankrijk, Italië en Griekenland is op de zichtbaar lichtbeelden duidelijk terug te vinden, op het IR-beeld slechts lichtjes als donkergrijs. Conclusie?

Het zijn hele lage wolkenvelden, want de temperatuur ervan is vrij hoog. Ook de structuur van de buitjes tussen Ierland en Portugal zijn op de zichtbaar lichtfoto duidelijk herkenbaar.

Waarnemingen

- Bemande en automatische weerstations
- Circa 20 over het hele uur beschikbaar
- Neerslagsommen elke 6 uur beschikbaar (06/12/18/00 UTC)
- In tabel / grafiek / kaart beschikbaar
- Betreffende 'weer' wordt in symbolen op de kaart aangegeven.

Behalve met satellieten en radars wordt het weer ook in de gaten gehouden op duizenden waarnemingsstations die de wereld rijk is. In het verleden waren alle waarnemingsstations bemand. Heden ten dage zijn er meer automatische waarnemingsstations dan bemande. Dit is een trend die zich de komende jaren verder doorzet. Voor veel soorten metingen levert dit geen enkel probleem op. Temperatuur, wind, luchtvochtigheid etc. kunnen gemakkelijk automatisch worden verwerkt.

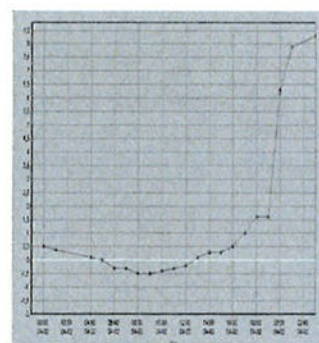
Andersoortige waarnemingen zoals het soort 'weer', soort neerslag, soort bewolking kunnen echter nog niet of nauwelijks goed door sensoren worden opgemerkt. Dit soort gegevens, indien al beschikbaar, dienen met grote argwaan te worden bekeken. Vooralsnog zijn de meetgegevens van de militaire- en burgerluchthavens nog compleet en betrouwbaar. Waarschijnlijk zal de komende jaren met name op de militaire velden de waarnemer 's nachts gaan verdwijnen.

Voorbeeld van een kaartje met weersymbolen van de weersituatie op 4 februari om 13u LT. In het noorden van het land sneeuwt het. Over Noord-Holland, Flevoland en Overijssel ijzelt het in een smalle zone en ten zuiden hiervan regent het op uitgebreide schaal.



Weersymbolen

Voorbeeld van het temperatuursverloop in grafische vorm van meetstation Soesterberg op zondag 4 februari. Opmerkelijk is de sterke stijging van temperatuur in de avond na passage van een warmtefront. Binnen korte tijd stijgt het kwik van 1,5 graad tot ruim 8 graden boven het vriespunt. Later in de avond zou ook de koude lucht in het noorden van Nederland voor de bijl gaan.



Temperatuursverloop in grafische vorm van meetstation Soesterberg

Weersverwachtingen

In dit blok kijken we naar de huidige stand van zaken betreffende de hedendaagse weersverwachtingen zoals die door MeteoGroup worden gemaakt. Welke rol spelen de computermodellen tegenwoordig? En wat doet de meteo-rolloog nog zelf? Duidelijk wordt dat er met name bij het maken van verwachtingen voor de langere termijn uitsluitend naar computermodellen wordt gekeken. Ook zien we dat de betrouwbaarheid van de weersverwachting afneemt, naarmate we verder in de tijd kijken. Op de korte termijn echter zijn het de actuele waarnemingen, die een beeld van het actuele weer geven, die van cruciaal belang zijn bij het maken van een weersverwachting. Heel wat klanten 'hangen' achter een weersverwachting. Dit gaat dag en nacht door en bij MeteoGroup is de operationele weerkamer dan ook 24 uur per dag bemand door meteorologen.

De weerkamer is het hart van het weerbedrijf. Het is de plaats waar alle gegevens samenkomen en waar ook alle verwachtingen worden gemaakt en verzonden. De weerkamer heeft wel iets weg van een krantenredactie. Overal zien we tafels met computer en mappen waar meteorologen aan het werk zijn. Iedere meteoroloog heeft in de weerkamer een werkplek. Op deze plaats hangt de serie weerkaarten die door het computermodel voor de komende 5 dagen is berekend. Verder beschikt de meteoroloog er over een werkstation waarmee hij alle werkzaamheden kan verrichten die bij het maken van de verschillende weersverwachtingen nodig zijn. Er draait 24 uur per dag een radar, satelliet- en bliksemregistratie programma mee, om een goed beeld te kunnen krijgen van het actuele weer in Nederland en omgeving. De weerkamer is al met al de plaats waar veel gebeurt, waar ook veel overlegd wordt voordat de weersverwachtingen hun gang naar de eindgebruikers zullen vinden.



Verschillende soorten verwachtingen

- tijd korte termijn / lange termijn
- plaats specifieke locatie / continent
- doelgroep specifiek bedrijf / algemeen
- aard nautisch / luchtvaart / bouw

>> verschillen in werkwijze

In principe worden verwachtingen voor klanten in de hele wereld gemaakt. En daarbij gaat het om verwachtingen op zowel de korte als de lange termijn. Dat kunnen hele specifieke verwachtingen zijn, toegesneden op een bepaalde plaats of periode. Er zijn nogal wat typen klanten die door MeteoGroup als weerbedrijf worden bediend. De bouw en de media zijn twee vrij bekende klantgroepen. Maar ook de consumentenmarkt en de business-to-business markt zijn belangrijk. Minder bekend maar niet minder belangrijk is de nautische markt. Dit betreft de offshore-industrie. MeteoGroup levert speciale wind- en golfverwachtingen voor diverse platforms en schepen op de Noordzee en ver daarbuiten. Iedere klant vereist een andere werkwijze.

Algemene werkwijze

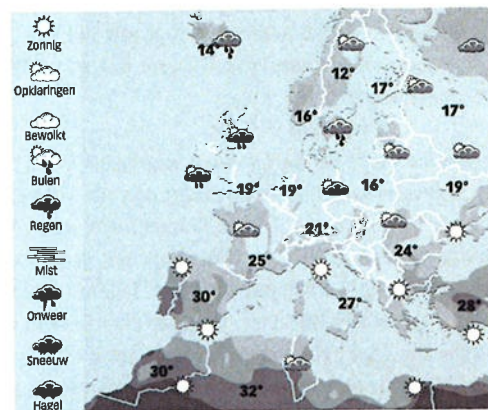
- bestuderen uitgangstoestand (analyse)
- bestuderen modellen (vergelijken met analyse)
- bestuderen objectieven (afgeleid van modellenberekening)

>> Weersverwachting

Bij het maken van een weersverwachting wordt door de meteoroloog globaal steeds bovenstaande werkwijze gevolgd. Het begint altijd met het verkrijgen van een beeld van de uitgangssituatie. Vragen als wat voor weer is het nu, door welke systemen en processen in de atmosfeer wordt dit weer veroorzaakt en welke nieuwe ontwikkelingen zijn van belang, spelen daarbij een belangrijke rol. Zodra de meteoroloog zich goed in het weer van dit moment heeft ingewerkt, kijkt hij of zij in hoeverre datgene wat hij of zij ziet past in het beeld dat de model-

len voor hetzelfde tijdstip schetsen. Daarvoor kan hij/zij onder meer gebruik maken van door de computer berekende verwachtingen die in het spraakgebruik ook wel de 'objectieven' worden genoemd. Die vergelijking leidt uiteindelijk tot de verwachting zoals de meteoroloog die opstelt. Het hier beschreven proces gaat in een 24-uurs bedrijf als MeteoGroup de hele dag door. Daar waar nodig wordt de verwachting bijgesteld. Zo blijft de weersverwachting de hele dag up-to-date en kunnen klanten steeds over de laatste informatie beschikken.

Een belangrijke groep klanten die van de weersverwachtingen van MeteoGroup gebruik maakt, is die van een groot aantal Nederlandse kranten. MeteoGroup levert weerkaarten, krantenverhalen en verwachtingstabellen. Vaak wordt het weerblok hier in huis compleet opgemaakt, alvorens het in z'n geheel naar de krantenredactie wordt doorgezonden. De weerpagina van de Volkskrant is een voor veel mensen bekend product. Deze pagina wordt door de meteoroloog aangeleverd aan de DTP-afdeling, de afdeling die verantwoordelijk is voor alle grafische producten van MeteoGroup, en deze maken de uiteindelijke pagina die vervolgens naar de Volkskrant wordt doorgezonden. Op deze manier is MeteoGroup voor veel bedrijven actief. Veel producten worden daarbij in eigen huis ontwikkeld en vervolgens dus compleet bij de klant aangeleverd.



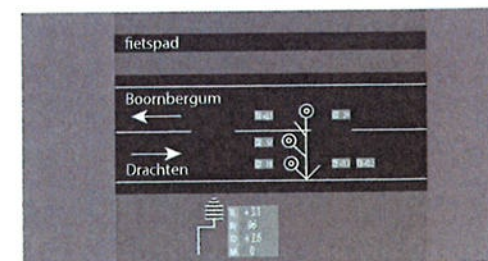
Daarnaast heeft MeteoGroup de beschikking over een eigen radiostudio. Dagelijks worden door een team van 7 verschillende meteorologen de radiopraatjes op Sky Radio, Business Nieuws Radio en Veronica gepresenteerd. Iedere dag om circa half 8, half 9, half 11 en 's middags om half 6 komt een meteoroloog van MeteoGroup in de uitzending van Sky Radio om z'n visie op het weer van die dag en de dagen daarna te geven. Bij Business Nieuws Radio zijn de verschillende praatjes in een veel hogere frequentie te horen. Als Jan Visser vrij heeft, zijn de radiometeorologen verder op Radio 10 FM te horen. Behalve de radiopraatjes, worden in de radiostudio ook de verschillende telefoonlijnen ingesproken die MeteoGroup in beheer heeft. De meteoroloog die radiodienst heeft, praat dan ook heel wat af.



Hier zien we Reinier van den Berg aan het werk in de RTL-studio in Hilversum. Van hieruit worden de meeste televisieweersverwachtingen gemaakt. MeteoGroup beschikt op dit moment over twee meteorologen die incidenteel via de camera's van RTL hun weerberichten over Nederland verspreiden. Peter Timofeeff en Helga van Leur verrichten hun werk in dienst van RTL, maar wel op basis van de gegevens zoals die voortdurend door MeteoGroup worden aangeleverd.



Een steeds belangrijker onderdeel van het werk van MeteoGroup bestaat uit het bewaken van die elementen van het weer die belangrijk kunnen zijn voor bepaalde klantengroepen. Zo is er de zogeheten 'Weer en Verkeer' poot die vooral in de wintermaanden actief is. In opdracht van tientallen gemeenten, dienstkringen van Rijkswaterstaat en ook in opdracht van een aantal provincies wordt dag en nacht in de gaten gehouden welke wegen glad worden. Doel van deze 24-uurs bewaking is strooiploegen te waarschuwen die dan tijdig maatregelen kunnen nemen om te voorkomen dat het ergens in Nederland glad wordt. MeteoGroup heeft op dat gebied een grote expertise opgebouwd. Het hele jaar door worden verder voor een steeds groter wordende groep klanten zaken in de gaten gehouden als onweer, dichte mist, zware windstoten, extreme regenval en andere weersverschijnselen die een verlamme uitwerking op de maatschappij kunnen hebben. Op het plaatje zijn de meetinstellingen te zien die door Rijkswaterstaat worden gebruikt bij het bewaken van de wegen in de winterperiode.



Weersverwachtingen voor de bouw

De tabel hiernaast is een voorbeeld van een verwachting zoals die door MeteoGroup aan verschillende aannemersbedrijven in Nederland worden verstuurd. Op basis van deze gespecialiseerde verwachting kan een aannemer bijvoorbeeld beslissen of en wanneer hij een betonvloer gaat storten. Varianten van dergelijke verwachtingen zijn beschikbaar voor mensen die bijvoorbeeld op een bepaalde plaats in Nederland een groot evenement willen organiseren, die een activiteit ontplooiën die erg windgevoelig is of wat al niet meer.

Waarschuwing

Deze verwachting is een voorbeeld van een waarschuwing die uitgaat naar een Waterschap of een Hoogheemraadschap als MeteoGroup in een korte periode zware regenval verwacht die in een laaggelegen gebied tot wateroverlast zou kunnen leiden. Met verschillende waterschappen in Nederland zijn dergelijke contracten afgesloten.

Dat een dergelijke samenwerking niet voor niets is, is de afgelopen jaren al meerdere malen gebleken. Diverse plaatsen in Nederland kregen met wateroverlast te maken als gevolg van hevige regenval.

Een bewaking van het weer kan dergelijke zaken helpen voorkomen.

Vlindereffect

Een vlinder in beeld tijdens een cursus meteorologie. Dat ligt niet voor de hand. Toch is de vlinder binnen de meteorologie een bekende metafoer die staat voor wat als het principe van de vlinder van Lorentz bekend is. Het zegt iets over de onzekerheid van verwachtingen. De Vlinder van Lorentz houdt in dat een kleine verstoring van het weer op de ene plaats, de ontwikkeling van een storm op een hele andere plaats teweeg kan brengen. Hiermee wordt aangegeven dat het weer een toevalsproces is dat door, soms op het oog onschuldige gebeurtenissen, een hele andere wending kan nemen. Het verklaart waarom het weer toch nog regelmatig z'n eigen gang gaat, ook al doet de toenevende precisie van de weersverwachtingen anders vermoeden.

Soms kunnen ook meteorologen, ondanks alle moderne hulpmiddelen die hen tegenwoordig ter beschikking staan, niets anders doen dan verbaasd hun ogen uitwrijven en zich afvragen waarom het weer zich zo anders heeft ontwikkeld dan zij verwacht hadden.

Betrouwbaarheid van weersverwachtingen dus. Hoe staat het daarmee, naarmate de verwachtingsperiode groter wordt? Kunnen we iets zeggen over het weer tien dagen vooruit, of heeft dat geen zin? De praktijk leert dat de verwachting voor morgen en overmorgen in 80 tot 90 procent van de gevallen juist is. Daarna neemt dit percentage af tot ongeveer 60 procent voor dag 5. Voor de dagen daarna kan ook tegenwoordig eigenlijk al niet meer dan over een trend worden gesproken. Daarvoor zijn de onzekerheden gewoon te groot.

Bedrijf : Cementtechniek B.V.
 T.a.v. : Dhr. C. Ement
 Telefax : 0123456789
 Van : Meteo Consult, Wageningen
 Betreft : Weerbericht voor de bouw
 Opgesteld : Dinsdag 23 november 1999 9.54 uur
 Lokatie : Rotterdam en Lopik
 Voor datum : 24 november

dag uur	temperatuur		wind		vochtig- heid %	neerslag		periode
	1.5 m gr.	maalveld (n.b.)	snelheid 10 m Bft	richting		kans %	som mm	
Wo 7u	7.5	7.5	4	zw	95	20	0	(1-7u)
Wo 13u	10.0	11.0	4	zw	90	20	<0.5	(7-13u)
Wo 19u	10.0	9.5	4-5	zzw	95	20	<0.5	(13-19u)
Do 1u	9.5	9.5	4-5	zzw	100	30	<0.5	(19-1u)

Aan: Hoogheemraadschap
 Fax: 0987654321

Van: Dienstdoende meteoroloog
 Tel: 0317-423300

Betreft: Waarschuwing grote neerslaghoeveelheid
 Datum: 23-02-2001, 10.30 uur
 Pagina's: 1

Geachte heer/mevrouw

In de periode van donderdag 18.00 u tot vrijdag 6.00 u verwachten wij dat er in de regio Delfland 20 mm neerslag kan vallen. De kans dat deze hoeveelheid wordt gerealiseerd is vrij groot.





Weersituaties mbt duivenwedvluchten

Een van de belangrijkste factoren voor het al of niet welslagen van een wedvlucht is de weersgesteldheid. Twee aspecten komen daarbij aan de orde: het begrijpen (interpreteren) van de weersverwachting en de mate van onzekerheid in die verwachting. Zo zal blijken dat sommige weertypes, die juist grote risico's inhouden voor de wedvluchten, ook moeilijk te voorspellen zijn. Gelukkig zijn er ook situaties met ongunstig weer die zich uitstekend laten verwachten, en dan is het eerste punt, een goed begrip van de situatie bij de lossingsverantwoordelijken van belang.

Hoge druk boven Scandinavië

Er waait een noordoosten- of oostenwind, die vooral in de middag vlagerig en sterk kan zijn. Er is dus altijd kans op 'afdrijven' langs de westlijn. Verder is in dit soort toestanden het weer stabiel en meestal helder en zonnig. Als tegenhanger van een dergelijk hoge drukgebied in het noorden vinden we een lagedrukgebied boven de Alpen of boven Zuidwest-Europa. De invloedssfeer van dit lagedrukgebied reikt vaak tot over een groot deel van Frankrijk, en vooral in de hoogzomer als het in de zonnige gebieden flink warm wordt kan daar in Frankrijk, onweer ontstaan. Restanten van zulke onweersbuien geven soms nog wat lichte regen in de ochtenduren, en als het na een bui opklaart kan nevel of mist ontstaan.

Dit weertype is dus, afgezien van de soms sterke afluende wind, geschikt voor vluchten vanuit België. Lange afstandsvluchten kunnen moeilijk verlopen als zich nabij de lossingsgebieden (oude) onweershaarden bevinden, ook al is het 'hogerop' schitterend weer.

Hoge druk boven de Britse Eilanden

De wind is nu noordwest tot noord boven de Benelux en noord boven Frankrijk. Ook dit weertype is stabiel in de zin dat het gemakkelijk enkele dagen kan aanhouden. Voor de duivensport ziet het er minder goed uit: vanaf de Noordzee drijven vaak hardnekkige wolkenvelden binnen, die meestal heel de Benelux en soms nog een deel van Noord-Frankrijk overdekken. Uit de wolkenvelden valt in ongunstige gevallen ook nog wat lichte regen of motregen en verder is er natuurlijk de tegenwind, die in de kuststrook en vooral in het noorden van de Benelux vaak matig tot vrij krachtig is. Nu is het in de zuidelijke lossingsgebieden perfect weer. Onderweg naar het noorden komen de duiven de bewolking tegen. Hangt de wolkenbasis hoog, en valt er geen (mot)regen van betekenis, dan zullen ze nog wel goed doorkomen. Anders wordt het, als de duiven minder ervaring hebben of als de wolkenvelden dikker en 'natter' zijn. Bovendien hebben we in deze toestand vaak te maken met een scherpe inversie aan de bovenkant van de wolkenlaag, welke de oriëntatie van de duiven kan hinderen. Zeeland wil nog wel eens ontsnappen aan de bewolking, voor Groningen is deze situatie het meest ongunstig en ook tegen de Zuid-Limburgse heuvels aan wil de bewolking nog wel eens extra dik worden.

Hoge druk boven midden Europa

In veel zomers en vaak ook in de herfst komen ze voor: de stabiele weerstoestanden met een 'brug' van hoge druk west-oost over West en Midden-Europa. Aan de noordelijke rand van de hoge druk, dus ook in de Nederlandse kustgebieden, is de wind westelijk met soms mistflarden van zee. Onder de hoge drukas is de wind veranderlijk, maar het is mooi en vrijwel onbewolkt en in de middag behoorlijk warm weer. Het kan wel heilig zijn. Verder naar het zuiden, vaak ook boven zuidelijk Frankrijk, waait een droge oostelijke wind; hier is het zondermeer goed met zon en warm zomerweer. Voor de duivensport is het grootste probleem de stabiliteit van deze weerssituatie: in de nacht en ochtend is er een flink ontwikkelde nachtelijke inversie met nevel of matig zicht, overdag ruimt deze inversie wel op maar op grotere hoogte zit ook een inversie en hieronder blijft stof en heiligheid dagenlang hangen waardoor het ondanks de zon toch heilig blijft. Soms is de zon merkbaar verzwakt en dan weten we zeker dat het ook voor de duiven geen prettig vliegen is; ook de oriëntatie kan hinder ondervinden van de inversie. Als de hoge druk wat verschuift naar Centraal-Europa, komt er een zuidoostelijke wind op gang, maar veel verbeterd er dan niet omdat allereerst nog steeds vuile lucht wordt aangevoerd. Pas als de wind sterker wordt en lucht wat onstabiel, kan het vuil over diepere lagen worden doorgemengd; ook de nachtelijke inversie geeft dan minder problemen.

Een westelijke stroming

Hierbij is van alles mogelijk, wat er gebeurt hangt eigenlijk af van de positie en activiteit van de straalstroom in de hogere lagen van de atmosfeer, die allerlei storingen over West-Europa aanvoert. In sommige zomers ligt de straalstroom dichtbij of over ons land. Het weer is dan uitermate wisselvallig en koel met bijna elke dag wel een regenperiode of enkele buien en de wind is vrij krachtig tot hard uit richtingen tussen west en zuidwest. Het zal met een dergelijk weertype moeilijk zijn om een 'breed' venster tussen de slechtweergebieden te ontdekken. Pas ver in Frankrijk is het wat beter, waardoor lange afstandsvluchten soms toch wel doorgang kunnen vinden, vooral als de wind even zuidwest is. In andere zomers is de straalstroom zwak of meer noordelijk gelegen. Tussen storingen door is er dan ruimte voor uitlo-

pers van het welbekende Azoren-hogedrukgebied die één of twee dagen goed weer geven. Wel kan, als het geregend heeft, tijdens heldere nachten gemakkelijk nevel of mist ontstaan, en onder de hoge druk is de wind vaak nogal variabel. De beste 'startvensters' zijn te vinden in het heldere weer direct achter een storing (koufront) bij noordwesten- of westenwind of iets later als de as van de hoogdrukkuitloper voorbij is en er een zuidenwind opsteekt die de komst van de volgende storing aankondigt. Bij dit weertype komt het vooral aan op een gelukkige 'timing' van de passage van de hoogdrukkuitloper. In Frankrijk profiteert men overigens langer en meer van de hoge druk dan in ons land; daar staat tegenover dat daar door de grotere warmte bij elke zwakke storing toch al snel onweer ontstaat.

De trog

Een van de moeilijkste weersituaties is de trog in de bovenlucht. Het weerbeeld is dan regionaal sterk uiteenlopend en ook de wind kan uit elke richting waaien. Soms vinden we in de bovenlucht een zogenoemde koude put, dit is een afgesnoerde bel koude lucht die dagenlang 'rondjes kan draaien' boven Europa en waarin telkens nieuwe buienstoringen ontstaan. Bij dit weertype gaan veel wedvluchten mis. Een lossing met helder en ogenschijnlijk goed weer (ook de nachtelijke inversie is vaak snel weg) in de ochtend kan immers in de middag of verder naar het noorden afgestraft worden met een vlucht dwars door zware regen heen. Hier is het van het grootste belang dat er goed samengewerkt wordt tussen de meteoroloog en de wedvluchtbegeleiding om de risico's nog zoveel mogelijk te beperken.

De zuidstroming.

Nog moeilijker, of liever verraderlijker, dan de trogsituatie is een weertype dat gekenmerkt wordt door een zuidelijke tot zuidwestelijke stroming. Op zich is de vaak voorkomende rugwind gunstig, maar is er meer aan de hand. Bij een ZZW-stroming komt de lucht over de Pyreneeën aanstromen en dit gebergte heeft nogal eens een onverwachte uitwerking op het weerbeeld in Frankrijk en later in de Benelux. Het maakt ook ontzettend veel uit of de lucht precies over de Pyreneeën stroomt en dus eigenlijk uit een warm (en meest droog) Spanje afkomstig is, of dat de lucht net west van de Pyreneeën over de koude en vochtige Golf van Biskaje aan komt zetten of dat de lucht net oost van de Pyreneeën over de warme en vochtige Middellandse Zee komt toestromen. Bovendien hoort bij een zuidelijke stroming altijd een storing boven de Britse Eilanden of de Golf van Biskaje, welke vroeg of laat het continent opkomt. Ten slotte is een zuidelijke stroming warm, waardoor er ook 'spontaan' onweershaarden kunnen ontstaan (zie hieronder).

Er zullen zeker vluchten zijn, die goed slagen door de rugwind en een goede start bij de lossing, maar het algemene devies bij zulke weertypes is: oppassen. De oostlijn kan gunstiger weer hebben dan de westlijn, die op de rand ligt van het koel weer op zee en in de Golf van Biskaje en warm weer op het continent. Als de zuidelijke stroming vooral bepaald wordt door een omvangrijk hogedrukgebied boven centraal Europa, ziet het er beter uit, vooral als de lucht deels over de westelijke Alpen wordt aangevoerd. Dan is het vaak zonnig met goed zicht. In het najaar neemt de kans op mist of een langer aanwezige nachtelijke inversie sterk toe.

Onweer

Zonder meer gevaarlijk voor wedvluchten is onweer. Zelfs onweer op afstand schijnt de oriëntatie van de duiven al te hinderen en natuurlijk is de wind in de nabijheid van grote onweerscomplexen altijd sterk variabel van richting en sterkte. Onweer in de namiddag en avond kan in de nacht samenklonteren tot een onweerschtig regengebied, dat nog tot ver in de ochtend wat regen kan geven voordat de 'onweersstoring' oplost en zich in de meer zonnige gebieden rondom de storing nieuwe buien gaan vormen.

We onderscheiden verschillende soorten onweer.

Ten eerste is er frontonweer, dit is onweer dat zich vooral voordoet in de onmiddellijke omgeving van (kou)fronten. Dit onweer laat zich goed verwachten en is ingebed in een slechtweergebied dat met een bepaald tempo oost- of noordoostwaarts beweegt. Frontonweer komt vooral voor bij fronten die hete vastelandlucht vervangen door veel koelere oceaanolucht. In de hoogzomer komt het op het continent bij bijna elk koufront wel tot onweer, vooral als het front in de middag of avond overtrekt. In de kustgebieden is regen en onweer minder waarschijnlijk. Behalve onweer zien we bij actieve fronten ook nog eens zware windstoten en slagregens optreden, en deze combinatie is natuurlijk voor de duiven ook gevaarlijk, al kunnen ze op de grond het ergste noodweer wel afwachten.

Verder is er luchtmassa onweer. Hiervan spreken we, als zich in onstabiele lucht her en der losse buien ontwikkelen. In de zomer zien we de meeste buien ontstaan in de loop van de ochtend en vooral in de middag. Bij een wind van zee blijft de westlijn meestal vrij van zulke buien, terwijl de oostlijn er beslist wel mee te maken krijgt. Bij onstabiele zuidwestenwind komen de buien ook in de kustprovincies voor. In augustus en september ontstaan zulke buien ook gemakkelijk in de nacht en ochtend boven zee en dan hebben dus ook de kustprovincies vaak onweer. Deze variant is niet altijd ongunstig voor wedvluchten. Het zicht is goed, er is geen inversie, en bij een vroege lossing komen de meeste duiven aan voordat de buien ontstaan. Lange afstandsvluchten eindigen vaker in de problemen.

Als laatste is er de mesoschaal onweersstoring. Het gaat hier om een speciaal soort onweer, dat meestal ontstaat uit een paar zware namiddag onweders. Deze buien klonteren als het ware samen tot één grote onweersbui, die soms wel een gebied ter grootte van de helft van de Benelux kan bedekken. Een voorkeursgebied voor het ontstaan van onweersstoringen is Zuidwest-Frankrijk. Bij een zuidwestelijke of zuidelijke stroming komen ze in 12-24 uur tijd naar het noorden. Als de onweersstoring in de middag ontstaat in de omgeving van Parijs, zal ze in de avond het meest actief zijn in de omgeving van België of Zuid-Nederland om daarna in de nacht uitdovend over Midden- en Noord-Nederland te trekken. Als de onweersstoring nabij Bordeaux ontstaat, duurt het meestal tot de volgende dag voordat Nederland er mee te maken krijgt. Soms trekken ze meer in de richting van Luxemburg en hebben we er bij de wedvluchten weinig hinder van. Voor een onweersstoring uit is het vaak zonnig, aanwezige stapelwolken kunnen zelfs oplossen en met een zuidoostelijke rugwind is het, als de duiven maar goed weg kunnen komen vanaf de losplaats, op zich helemaal geen slecht duivenweer. Wel kan het hoge vochtgehalte van de warme lucht vermoeidheid veroorzaken. De nadering van een dergelijk massieve onweershaard is vaak te 'horen' op de radio, waar de verre bliksemflitsen een krakende storing veroorzaken (sferics) en hoe dichterbij het onweer komt hoe meer de uitzending op vooral de lange warm zomerweer. Heel soms komen ze ook voor in een onstabiele warme zuidoostelijke of oostelijke luchtstroming; de volksmond spreekt bij de bijbehorende zware onweersbuien wel van 'ostgewitter' omdat de buien uit Duitsland komen aanzetten. Wat zijn nu echt, tot op het laatste, moeilijk nauwkeurig te verwachten weerssituaties?

Mist is heel moeilijk. Op satellietfoto's is lokaal (in een rivierdal) aanwezige mist niet zichtbaar, maar deze mist(bank) kan wel een lossing urenlang hinderen. Je kunt wel de kans op mist aangeven, maar zelden de precieze omvang en plaats van de mistgebieden (ook al heb je de beschikking over informatie van tientallen waarnemingsstations).

Motregen is ook zo iets. Uit zwakke fronten met ogenschijnlijk onschuldige wolkenlagen kan in een heuvelgebied of door een andere reden ineens motregen gaan vallen. Voert een vlucht hier, kort na de lossing, precies doorheen, dan raken de duiven soms uit koers. Op korte afstanden helpt de neerslagradar soms, maar niet altijd omdat de motregen niet altijd door de radarbundel 'gezien' wordt. De activiteit van fronten is trouwens veelal een probleem. Regen in de kuststrook verdampt vaak later op de dag landinwaarts, terwijl een 'droog' front op de westlijn in de middag ineens kan uitgroeien tot een smalle maar actieve buienlijn op de oostelijke routes. Fronten die vrijwel stationair zuid-noord over Frankrijk en de Benelux liggen, zijn ook berucht. Aan de oostzijde aanwezige warme lucht kan ineens westwaarts gaan opdringen, waardoor de regen activeert en het front tijdelijk meer naar het westen ook regen geeft. Langs of in de buurt van zulke fronten ontstaat op de zomermiddag soms ook 'ineens' onweer.

Altijd lastig zijn de lokale buien. In de ochtend zijn ze er niet, maar de toestand van de atmosfeer zegt de meteoroloog dat ze 'ergens' kunnen ontstaan. Vaak kun je nog wel zeggen dat ze 'in de middag' en 'vooral in het oosten' ontstaan, maar het gebeurt nog al eens dat de buien samenklonteren (een losse bui is zelden een probleem voor ervaren duiven). Op zulke dagen is het altijd het beste om zo vroeg mogelijk (misschien zelfs nog met een restant van de nachtelijke inversie) te lossen.