Hoge druk, fronten en depressies

Niks is zo veranderlijk

Hoe komt het nou dat het nu mooi weer is en morgen rotweer? Het KNMI gebruikt de volgende definitie voor het weer: Het weer is het samenspel van zon, bewolking, temperatuur, luchtdruk, luchtvochtigheid en neerslag in de atmosfeer. Blijkbaar is dat samenspel niet altijd hetzelfde, de samenstelling en eigenschappen van de lucht veranderen dus continue. Soms is het weer rustig en zijn de veranderingen klein, soms verandert het weer met het uur, er gebeurt dan blijkbaar veel in de lucht. Het weer boven ons land is erg veranderlijk, dat wordt veroorzaakt door de vele verschillende luchtsoorten die afwisselend over ons land trekken. Om dat beter te kunnen begrijpen moeten we eerst kijken hoe de eigenschappen van die luchtsoorten ontstaan.

Oorsprong van luchtsoorten

We spreken van een luchtsoort als een grote massa lucht dezelfde eigenschappen bezit, bijvoorbeeld warm en droog, zie figuur 1. De lucht moet dan langere tijd boven een groot gebied hangen met dezelfde eigenschappen. Denk hierbij aan een woestijn, toendra, ijskap of een oceaan. Je kunt je voorstellen dat de lucht langzaam de eigenschappen van het 'brongebied' over neemt.

Luchtsoort	Afkorting	Brongebied	Kenmerken
arctische lucht	AL	Poolstreken (Groenland)	koud en droog, warmt onderweg iets op en neemt onderweg wat vocht op
polaire lucht	PL	Gematigde breedten (40°-80°)	c: droog en koud in de winter en warm in de zomer m: vochtig en normaal of zacht
tropische lucht	TL	Subtropen	c: warm en droog m: warm en vochtig
equatoriale lucht	EL	Equatoriale lagedrukzone	warm en vochtig

Fig. 1

Zo'n luchtmassa vormt een hogedrukgebied, en sluit aan de randen aan bij gebieden met een andere luchtsoort. Verschillende luchtsoorten met verschillende vochtigheid en temperatuur willen slecht mengen en houden daardoor lang hun eigenschappen vast, lucht is dus een slechte geleider. Daar wordt handig gebruik van gemaakt in isolatiemateriaal purschuim, steenwol enz. Dit materiaal bevat veel lucht. Figuur 2 laat in verschillende kleuren zien hoe groot de gebieden zijn met dezelfde temperatuur.

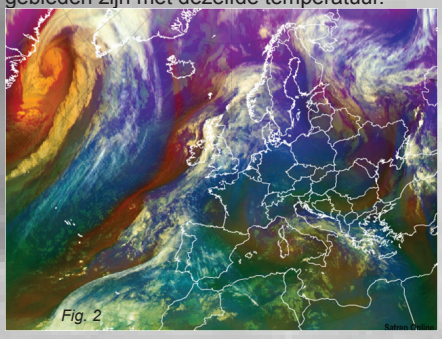


Fig. 2

De satellietfoto geeft een idee van de luchtsoort. De groenige kleur (in het zuiden) duidt op subtropische lucht, dit is warme en vaak vochtige lucht. De blauwe kleur duidt op polaire lucht, dit is koude en droge lucht. De rode kleur geeft aan dat er droge, koude lucht vanuit de troposfeer omlaag komt. Dit veroorzaakt vergroot de kans op dynamisch weer met neerslag. De foto is van woensdag 22 september 2010, 06.00 UTC.

In figuur 3 worden de luchtsoorten en hun oorsprong aangegeven die boven ons land voorkomen. Wm is warme massa, km is koude massa, de andere afkortingen staan in het schema hiernaast.

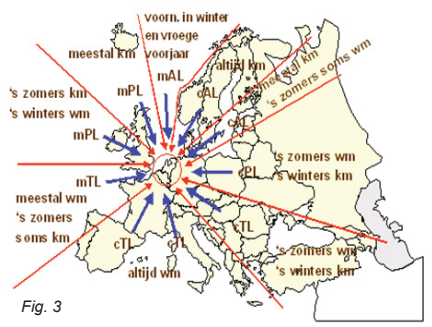


Fig. 3

Bewegende luchtmassa's

We gaan weer even terug naar de stabiele luchtmassa met een gelijke tempreatuur en vochtigheid. De lucht van ons brongebied grenst aan een andere luchtsoort waar de aanwezige lucht niet dezelfde eigenschappen heeft. In figuur 4 zie je schematisch hoe die luchtsoorten moeite hebben om met elkaar te mengen en wat er dan gebeurt. Bij nummer 8 zie je het ontstaan van een frontaal weersysteem. Het lijkt al bijna een weerkaart.

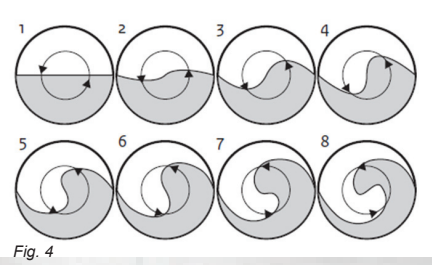


Fig. 4

In bovenstaand figuur ontmoeten twee luchtsoorten elkaar. De bovenste helft is de koude lucht en de onderste helft is de warme lucht. Op de lijn in het midden komen deze twee luchtsoorten elkaar tegen. Ze draaien geleidelijk in elkaar.

Eigenschappen veranderen

Waar twee luchtsoorten aan elkaar grenzen, veranderen de eigenschappen van de lucht, zoals temperatuur en vochtigheid, vaak sterk over korte afstand. De overgangszone tussen twee verschillende luchtsoorten is smal, enkele tientallen kilometers breed. Zo'n overgangszone heet een front.

Als twee verschillende luchtsoorten elkaar tegenkomen is het onvermijdelijk dat de ene luchtsoort de andere verdringt. De koudere luchtsoort is zwaarder en dringt dus onder de warme luchtsoort door. De warme luchtsoort wordt dus gedwongen om tegen de koude luchtsoort op te glijden en dus te stijgen. Dit is een langzaam proces en is het eerst waar te nemen in (sluier) Cirrostratus bewolking.

Overhellend front

De verschillen tussen twee luchtsoorten zijn dus niet alleen aan het aardoppervlak merkbaar; ook op grotere hoogte vind je ze terug. Een front staat niet loodrecht op het aardoppervlak, maar helt naar voren of naar achteren. Trekt er een front voorbij, dan komen we van de ene luchtsoort terecht in de andere. Met andere woorden: het weer slaat om.

Een front is dus de scheiding tussen twee luchtsoorten. Als koude lucht wordt verdrongen door warme lucht, dan glijdt de opdringende warme lucht tegen de koude lucht op. Dat is in de richting waarin de luchtsoorten bewegen. Het scheidingsvlak tussen de koude en de warme lucht is in dit geval een warmtefront, figuur 5.

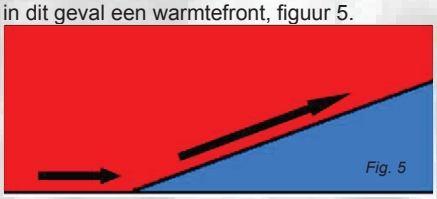


Fig. 5

Een warmtefront bestaat uit een rode lijn met halve bolletjes.

Als de warme lucht wordt verdrongen door koude lucht, dan wrikt de koude lucht zich onder de warme lucht. De warme lucht wordt weer gedwongen om tegen de koude lucht op te stijgen, maar nu tegen de bewegingsrichting in. Deze frontale zone is het koufront. Een koufront helt tegen de verplaatsingsrichting in.

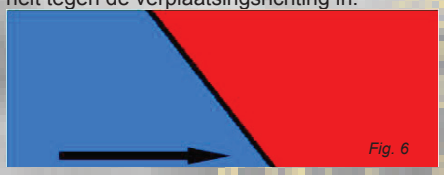


Fig. 6

Een koufront wordt op weerkaarten aangegeven met een blauwe lijn met driehoekjes.

Een occlusie is een combinatie van het koufront en het warmtefront. Hier is weergegeven hoe een occlusie ontstaat. De koude lucht verdringt de warme lucht sneller dan dat de warme lucht de koude lucht verdringt. Oftewel, het koufront beweegt sneller dan het warmtefront. Het koufront haalt het warmtefront dus in. Daar waar het koufront het warmtefront heeft ingehaald, noemen we het front een occlusie.

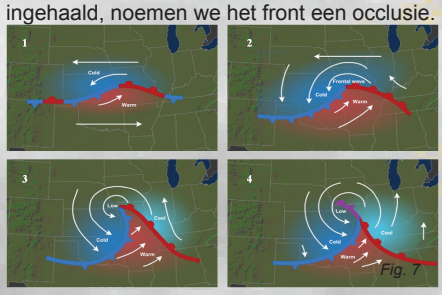


Fig. 7

Het symbool op de weerkaart is een paarse lijn met bolletjes en driehoeken.

Frontaal systeem

Voordat een frontaal systeem passeert, zitten we eerst in de koude lucht. Het warmtefront komt langzaam dichterbij. Het warmtefront helt voorover. De helling is klein, zodat de warme lucht langzaam en geleidelijk opglijdt tegen de koude lucht. De snelheid waarmee de warme lucht stijgt, is enkele cm/s. Ver voor het front uit, dus op honderden

kilometers afstand, nemen we de warme lucht al waar in de hogere luchtlagen, dat is op zo'n 8 tot 10 kilometer hoogte. De eerste hoge (cirrus) bewolking vormt zich. Naarmate het warmtefront dichterbij komt, neemt de bewolking toe en valt er neerslag uit. De wind draait tegen de wijzers van de klok in (krimpt) en trekt aan. De luchtdruk daalt, eerst langzaam en vlak bij het front sneller.

Na het passeren van het warmtefront zijn we terecht gekomen in het gebied tussen het warmtefront en het koufront, de zogenaamde warme sector. Meteen na het warmtefront stijgt de temperatuur. De wind draait met de wijzers van de klok mee (ruimt) en neemt nauwelijks in kracht af. De luchtdruk verandert niet. Soms klaart het in de warme sector op en blijft het droog. Vaak is het echter egaal bewolkt en valt er wat motregen.

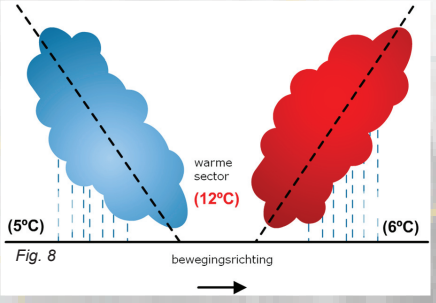


Fig. 8

Als het koufront nadert neemt de bewolking toe. De koude lucht dringt met geweld onder de warme lucht, waardoor de warme lucht snel stijgt. De stijgsnelheden zijn enkele m/s, Veel hogere snelheden dan bij de passage van het warmtefront. Hierdoor bereiken de wolken grote hoogtes. Vlak voor het koufront ontstaan hierdoor soms heftige regen- of onweersbuien, soms in de vorm van rolwolken. De wind draait tegen de wijzers van de klok in (krimpt) en het gaat veel harder waaien. De luchtdruk daalt.

Als het koufront passeert, draait de wind sterk met de wijzers van de klok mee (ruimt). Op dat moment waait het het hardst en is de luchtdruk het laagst. Na de koufrontpassage stijgt de luchtdruk weer en neemt de wind weer wat af. Na het koufront komen we weer in de koude lucht terecht. Meestal is deze lucht nog een stuk kouder dan de koude lucht aan de voorkant van het frontaal systeem.

Als het koufront het warmtefront al heeft ingehaald, dan passeert de occlusie. Een occlusiepassage vertoon de kenmerken van een koufront en een warmtefront. De warme sector ontbreekt.

Luchtdruk

Alles op aarde heeft een gewicht, doordat we door de aarde aangetrokken worden. Lucht wordt dus ook door de aarde aangetrokken. Daardoor heeft lucht ook een gewicht. Luchtdruk is het gewicht van een kolom lucht op het aardoppervlak. Die luchtkolom is enkele tientallen kilometers hoog en die drukt als het ware op het aardoppervlak en alles wat daar op aanwezig is. Hoe hoger je komt, des te kleiner de luchtkolom boven je is. De lucht wordt dus steeds minder zwaar. Daardoor neemt de luchtdruk af als je steeds hoger gaat.
Voor we dit alles in de weerkaart bekijken, moeten we eerst nog even dieper ingaan op luchtdruk en het corioliseffect.

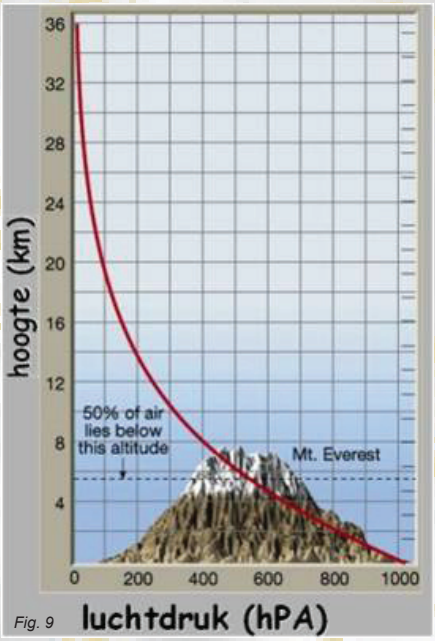


Fig. 9

Druk op de oren

Water heeft ook een gewicht en levert dus ook druk. Dat kun je goed merken als je gaat zwemmen, duik maar eens naar 2 meter diepte, dan kun je die druk duidelijk voelen. Hoe dieper je onder water zwemt, des te meer last je van je oren krijgt. Dat komt dus door het gewicht van het water dat tegen je trommelvliezen drukt.

Vermindering van druk kun je ook goed merken. Jaren geleden ging ik eens mee in de Piper-cup van de vriend van mijn vader op vliegveld Hilversum. We waren vroeg vertrokken en zouden naar Eelde vliegen. Voor vertrek had ik wat brood met hagelslag in een zakje in mijn tas gedaan. We hadden nogal haast en had niet de lucht uit het zakje gedrukt, maar er wel een stevige knoop in gelegd. Diep onder me zag ik de IJssel voorbij trekken. Opeens dacht ik weer aan mijn broodje en haalde het uit de tas. Hmm... wat een zooi, zakje open gebarsten en alles onder de chocola. Zoiets vergeet je nooit meer, zeker als je uitgelachen wordt door je oudere broer.

Relatieve hoge en lage druk

De eenheid van luchtdruk is millibar (mbar) of tegemwoordig hectopascal (hPa). Een gebied waar de druk relatief hoog is, wordt een hogedrukgebied genoemd, bijvoorbeeld 1030 hPa, aangegeven met de hoofdletter H. Een gebied waar de druk relatief laag is, wordt een lagedrukgebied genoemd, bijvoorbeeld 980 hPa, aangegeven met de hoofdletter L. Het luchtdrukpatroon wordt afgelezen van een weerkaart. De lijnen van gelijke druk heten isobaren.

In hogedrukgebieden treden dalende luchtbewegingen op. Hierdoor lost eventuele aanwezige bewolking op. Hogedrukgebieden geven in het algemeen aanleiding tot fraai weer. In een lagedrukgebied vinden stijgende luchtbewegingen plaats. Hierdoor ontstaat bewolking en vaak gaat dit gepaard met neerslag. De fronten komen dus voor bij lagedrukgebieden.

Depressie

Een depressie is een gebied met lage luchtdruk die ontstaat in het grensgebied tussen twee verschillende luchtsoorten. Bij een depressie hoort een frontaal systeem. Een depressie zou je voor kunnen stellen als een enorme atmosferische stofzuiger op zijn 8 tot 10 km hoogte, die de lucht naar boven zuigt. Zo'n depressie of lagedrukgebied, lijkt in vorm en gedrag op badwater dat kolkend naar het afvoergat toe stroomt. Ook een depressie kan zich, door het minder snel aanstromen van de lucht lange tijd in stand houden. Er heerst een soort vacuüm wat daarmee gelijk verklaart waarom de druk van de lucht sterk is verminderd.
(Dit is een satellietbeeld van de waterdamp in de atmosfeer.)

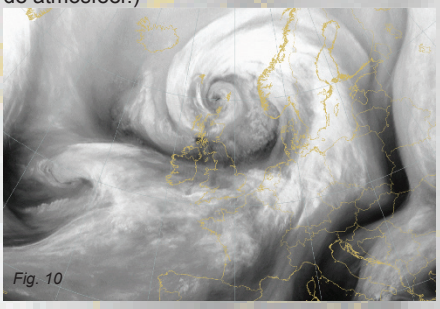


Fig. 10

Drang naar evenwicht

De natuur probeert altijd naar een evenwichtstoestand te komen. Dus de natuur probeert de luchtdrukverschillen in balans te brengen. Lucht stroomt van plaatsen met een hogere luchtdruk naar plaatsen met een lagere luchtdruk. En zie: de wind is geboren Hoe groter de luchtdrukverschillen, des te harder het waait. De wind neemt een bepaalde luchtsoort mee en zorgt dus voor transport van warmte en vocht in de atmosfeer.

Rechte Wind?

De wind waait niet rechtstreeks van hoog naar lage druk. Hieronder zie je schematisch hoe de wind waait. Als iemand roept: je weet nooit hoe de wind waait kan jij voortaan zeggen: jawel, dat weet weet ik wel!

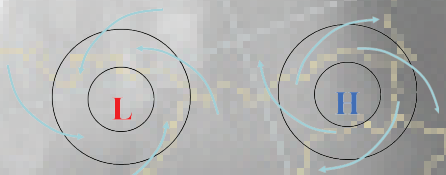


Fig. 11

De wind waait in de vorm van een draaikolk, bij een hogedrukgebied minder extreem dan bij een lagedrukgebied. Bij een lagedrukgebied is dat juist heel goed te zien, kijk maar naar de krul in figuur 9. De Hierboven in figuur 10 kun je heel goed zien dat de draairichting bij een hoge en lagedrukgebied tegengesteld is van elkaar. Buys Ballot, de beroemde nederlandse meteoroloog uit de negentiende eeuw, toonde aan dat als je met je rug in de wind staat, het lagedrukgebied aan de linker kant en het hogedrukgebied aan de rechterkant van je bevindt. Dus vanaf nu weet je altijd waar ongeveer een lagedrukgebied moet zijn.

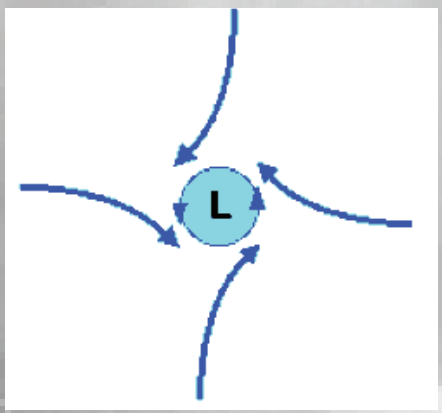
Corioliseffect

Stel je een basketbal voor. Geef hem een draai zodat hij op de zelfde plaats blijft liggen maar hard rond tolt. Door de strepen die op de bal zitten kun je zien dat bovenop de bal, bij de as van de draaiing (pool), de snelheid van het oppervlak klein is. Het midden van

de zijkant (evenaar) heeft juist een hoge oppervlaktesnelheid. Zo zie je met eigen ogen dat de omloopsnelheid bij de evenaar hoog is en bij de polen laag is.

Afwijking naar rechts

Op de rond zijn as draaiende aarde is de Coriolis-kracht verantwoordelijk voor de afbuiging van zo'n beetje alles dat beweegt. Zonder de Coriolis-kracht zou het weer zoals wij dat kennen ondenkbaar zijn. Zo gauw op een stilstaande aarde een systeem van hoge luchtdruk zou ontstaan, zou dat in alle richtingen naar gebieden met lagere luchtdruk wegstromen, en dat was alles. Nu echter wordt lucht die van de noordpool zuidwaarts beweegt naar het westen afgebogen – dichter bij de evenaar draait het aardoppervlak er steeds sneller onderdoor -en lucht die van de evenaar naar het noorden stroomt naar het oosten.



In beide gevallen is dus sprake van een zijwaartse afbuiging naar rechts, als we kijken in de richting van de wind mee. Hetzelfde geldt voor oostwaartse winden die naar het zuiden, en westwaartse winden die naar het noorden worden afgebogen. Op het zuidelijk halfrond is het precies andersom. Daar ontstaat overal een afbuiging naar links. Alleen op de evenaar zelf is geen sprake van een voorkeursrichting.

Zo zie je het effect van de verschillende snelheid van het oppervlak van een ronddraaiende bol en de atmosfeer die er omheen zit. Je kunt het bij een basketbal zelf voelen. Op een basketbal zitten kleine bobbeltjes. Als je de bal snel genoeg weet rond te draaien kun je met de achterkant van je hand de wind voelen boven de 'evenaar' van de bal. Bij de 'pool', de as van de bal, zal je waarschijnlijk niks voelen. Stel je voor dat je met een viltstift een streep op de bal zou trekken van de 'evenaar' naar de 'pool' van de bal terwijl die ronddraait. Dit kan nooit een rechte streep worden maar een streep met een afbuiging naar rechts, je hebt hiermee het Coriolis-effect zichtbaar gemaakt.
Zo kun je nu een voorstelling maken dat luchtstromen die van zuid naar noord of omgekeerd stromen, ook afgebogen worden.

Rechts draaiend

Nee, we hebben het hier niet over biologische yoghurt, maar over hogedrukgebieden op het noordelijk halfrond. Bij systemen van hoge luchtdruk is – op het noordelijk halfrond – sprake van een rechtsomgaande beweging. De lucht die van de kern met hoge luchtdruk wegstroomt krijgt een zijwaartse afbuiging naar rechts, en zal daardoor de neiging krijgen om langs de isobaren (lijnen van gelijke luchtdruk) rondom de kern te gaan bewegen. De lucht stroomt dus minder snel van de kern weg, en het hogedrukgebied kan zich langer in stand houden.

Links draaiend

Bij gebieden van lage luchtdruk uit de Coriolis-kracht zich daarentegen als een aanstromende lucht, die tegen de wijzers van de klok in langs de isobaren zal bewegen. Dat lijkt tegenstrijdig met wat we net gelezen hebben. Het is te verklaren door voor te stellen dat er meerdere hogedrukgebieden met verschillende temperaturen en vochtigheid elkaar proberen te verdringen. Ze draaien allemaal rechtsom, maar op de raakvlakke is de stroomrichting tegengestelt. Daar ontstaat dan een linksdraaiende werveling die een soort vacuüm veroorzaakt. Het lagedrukgebied is geboren.

Weerkaart lezen

Nu weten we eindelijk genoeg van de lucht om ons heen om de weerkaart te analyseren. Weerkaarten worden gemaakt als voorspelling door meteorologen na de analyse van een enorme hoeveelheid data. Die data komt van weerstations over de hele wereld en bestaat uit metingen van luchtdruk, luchtvochtigheid, temperatuur, neerslag, windsnelheid en windrichting. Verder worden nog satellietbeelden en radarwaarnemingen in de analyse verwerkt. Nu is de meteoroloog in staat om een weerkaart te maken van de huidige situatie. Om een weersvoorpelling te maken is het nodig om de data van de afgelopen dagen door computermodellen te laten analyseren waarbij trends worden doorberekend naar de komende uren en dagen.

Weerkaartsymbolen

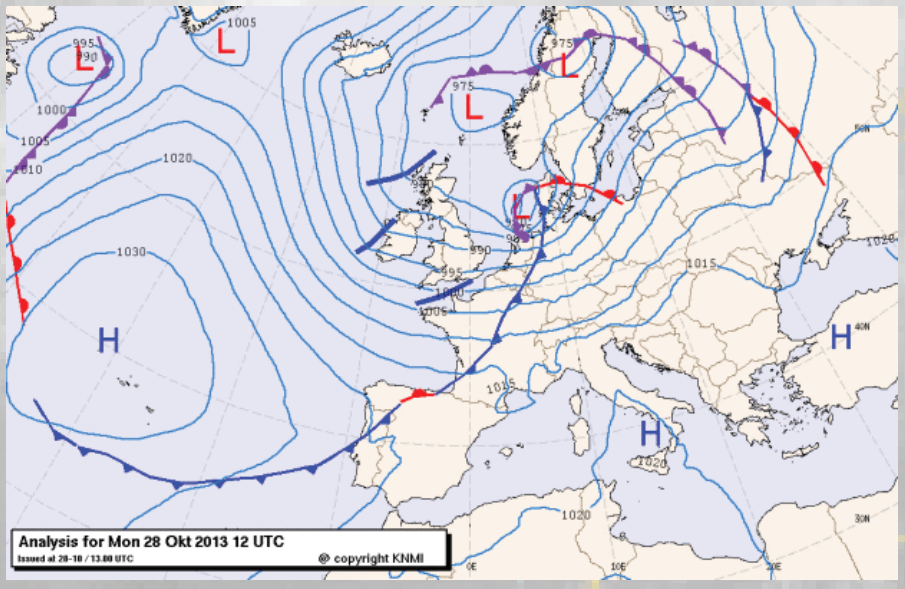
Hieronder staan de weerkaartsymbolen afgebeeld in het schema. Deze symbolen vindt je terug in de weerkaart daaronder. Dat is de weerkaart van 28 oktober 2013, de dag dat er een storm over Nederland trok. Je kunt duidelijk zien dat de lijnen van gelijke druk, de isobaren, boven het waddengebied dicht tegen elkaar liggen. Hoe minder ruimte tussen de isobaren, hoe harder het waait. Op Vlieland zijn die dag windsnelheden gemeten van meer dan 130 kilometer per uur. Hoe hard zou het in Spanje gewaaid hebben? Opvallend zijn de drie kernen van lagedruk die samen een enorm gebied beslaan.

Herkenbare fronten

Boven ons land zijn duidelijk alledrie de verschillende frontsoorten te herkennen. In de krul kun je mooi zien hoe het occlusiefront is ontstaan door de inhaalactie van het koufront op het warmtefront. Je zou nu aan kunnen wijzen waar het warmer en waar het kouder is. Kun je nu aanwijzen waar er neerslag is te verwachten?

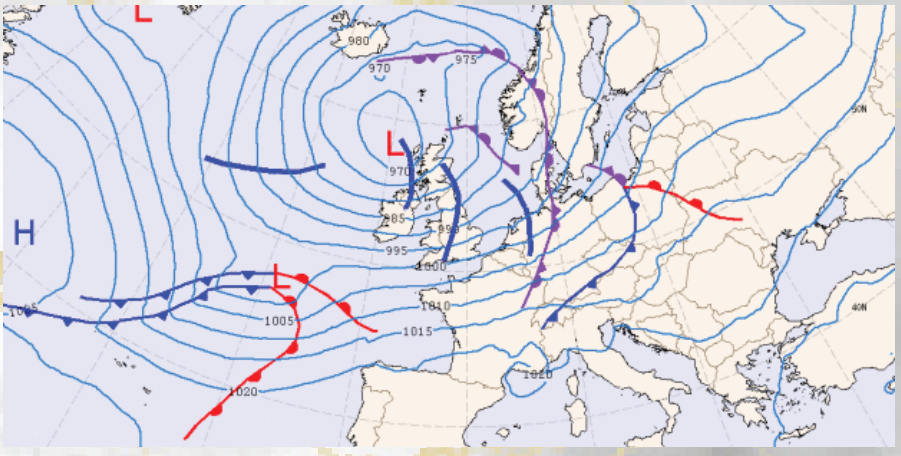
Wat deze weerkaart interessant maakt, is het feit dat dit een kaart was die 18 uur van tevoren gemaakt is aan de hand van de weermodellen. Het was dus een

Symbool	Naam	uitleg
1005 1000	Isobaren	De wind waait evenwijdig aan de isobaren. Hoe dichter ze op elkaar staan, des te meer wind er is.
H	Hogedrukgebied	Zorgt vaak voor rustig weer. Wind waait met de wijzers van de klok mee.
L	Lagedrukgebied of depressie	Zorgt vaak voor bewolking, neerslag en (veel) wind. Wind waait tegen de wijzers van de klok in.
	Warmtefront	Zorgt vaak voor bewolking en neerslag. De lucht er achter is warmer dan de lucht er voor.
	Koufront	Zorgt vaak voor bewolking en neerslag. De lucht er achter is kouder dan de lucht er voor.
	Occlusie	Zorgt vaak voor bewolking en neerslag. De lucht er achter kan zowel kouder als warmer zijn als de lucht er voor (maar meestal kouder).
	Buiengebied in de warme lucht	Zorgt voor buien.
	Buiengebied in de koude lucht	Zorgt voor buien.



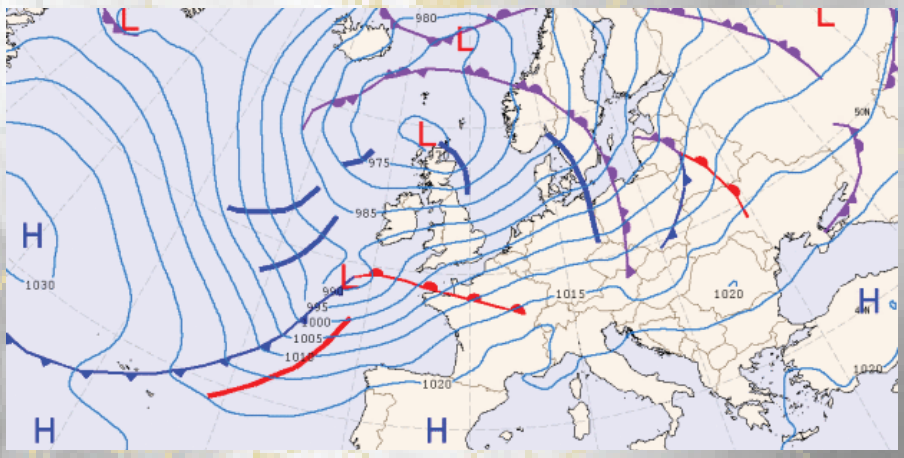
voorspelling van het weer voor 28 oktober rond het middaguur. De satellietfoto beneden is gemaakt om precies 12 uur UTC, 1 uur in de middag onze tijd. Het bewijs dat de voorspellingen van het KNMI behoorlijk accuraat zijn.

In de satellietbeelden zijn de fronten direct te herkennen. Vooral de aaneengesloten bewolking achter het warmtefront is herkenbaar. Achter het koufront zijn de typische scherpe buien te herkennen die in de 'opgefriste' lucht vaak voorkomen. Andere herkenbare fenomenen op de satellietfoto zijn de drie 'troggen' of koude buienlijnen. Op de weerkaart zijn die als blauwe strepen afgebeeld.



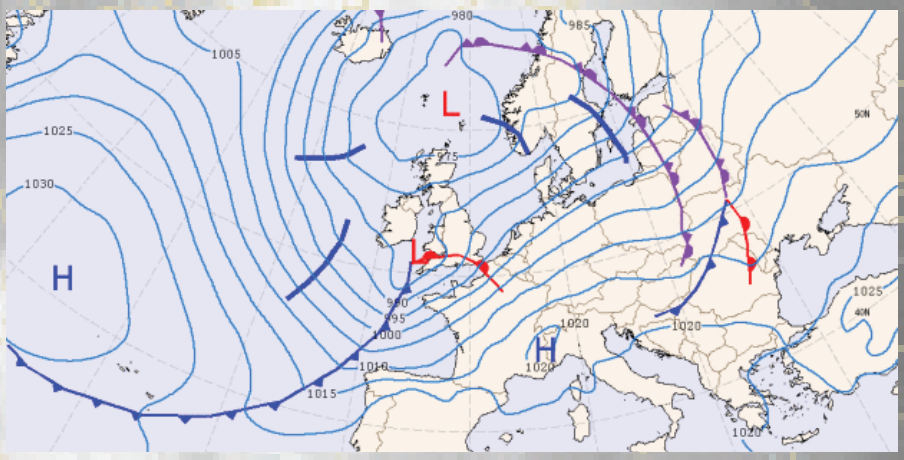
De geboorte van een storm

Hiernaast zie je de weerkaarten van 27-oktober 12:00 uur, 18:00 uur en 28 oktober 00:00 uur. Op de eerste kaart zie je een flinke depressie boven de Britse eilanden, inmiddels uitgediept tot 970 hPa. Ten westen van Frankrijk trekt een nieuw lagedruk gebied van 1000 hPa naar het oosten richting west Europa. Er worden twee warmtefronten en twee koufronten meegevoerd.



Op de volgende weerkaart zie je dat het Britse lagedrukgebied met een uitdieping tussen op zijn plaats is gebleven, en het westenlijke lagedrukgebied verder naar zich toe heeft getrokken. De twee koufronten zijn samengekomen. De luchtdruk is inmiddels gezakt naar 990 hPa.

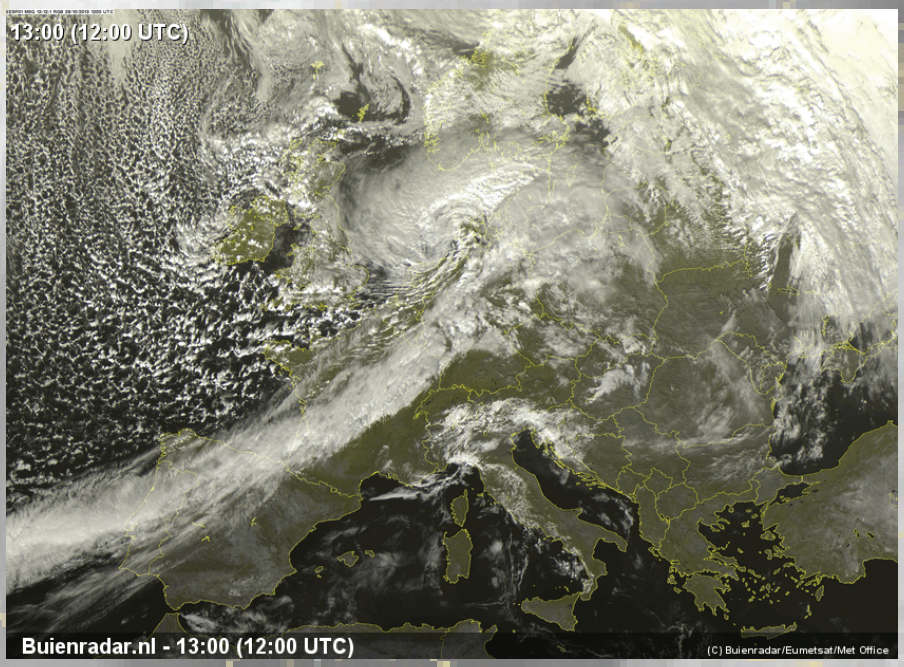
Op de derde weerkaart kun je zien dat ons westelijke lagedrukgebied inmiddels de Britse zuidwestkust heeft bereikt, de luchtdruk is verder gezakt naar 985 hPa. Heel duidelijk is te zien dat het langerekte koufront dichter bij het warmtefront komt. Hier wordt de kenmerkende krul van bewolking gevormd die op de satellietfoto te zien is. Vanaf nu zal er aan het bovenste eind van het koufront een occlusiefront onstaan. Uiteindelijk is het lagedrukgebied boven ons land aangekomen zoals te zien is op de weerkaart op de linker pagina. De depressie is inmiddels uitgediept tot 970 hPa.



Wat heb ik eraan?

Ik heb de weerkaarten van deze depressie gebruikt om duidelijke voorbeelden te kunnen geven. Door regelmatig naar weerkaarten te kijken ben ik beter in staat om de voorspellingen van Windfinder e.d. te begrijpen. KNMI geeft weerkaarten voor de komende 3 dagen op: http://www.knmi.nl/waarschuwingen_en_verwachtingen/weerkaarten.php. Je kunt nu aan de hand van de isobaren zien wat de windrichting wordt op een mooi stukje kust met een duin dat betreden mag worden.

Had je nu gedacht dat je kon soaren, maar uiteindelijk was de windrichting niet goed genoeg, kun je in het weerkaart archief zien hoe de weersystemen zijn getrokken: http://www.knmi.nl/kd/daggegevens/weerkaarten/index.cgi?year=2013&month=10&day=27&hour=18#hiero

Bronnen: www.KNMI.nl; www.keesfloor.nl; Www.meteoconsult.nl

Tekst: Frits van Dijk