

Onweer en indices

Inleiding

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van de GFS vooruitzichten in mei 2009. Daags voor het noodweer in de nacht van 25 mei 2009, stond het weer op de kaarten. Discussies en misvattingen op weerwoord.be deden mij er toe besluiten een stuk te schrijven over de verschillende onweerindices en over het daadwerkelijke ontstaan van onweer.

Indices

Nu de periode van convectief interessant weer lijkt langzamerhand te beginnen, leek het me handig om wat verschillende onweer indices te bespreken. Allereerst de opmerking dat indices handig zijn, maar dat je er je zeker niet blind op moet staren. Alwin Haklander heeft ooit in een proefschrift onderzoek gedaan naar de effectiviteit van de indices in verschillende situaties, een zekere aanrader. Ik zal hier verder niet uit citeren, of enig waardeoordeel geven over de bruikbaarheid van de indices in een bepaalde situatie. Dit zal puur een bespreking van de verscheidene indices en de totstandkoming ervan zijn.

CAPE

Veruit het meest aangehaald hier op weerwoord, en dus ook de eerste index die ik wil bespreken. CAPE staat voor Convective Available Potential Energy, ofwel de potentieel aanwezige energie. Dit wordt niet zonder reden potentieel genoemd, het is zeker geen garantie voor onweer! In feite komt het neer op de hoeveelheid energie dat een pakketje lucht (van een bepaalde hoogte, vaak grondoppervlak) zou hebben wanneer dit pakket over een bepaalde hoogte opstijgt. Eigenlijk zou je het als 'drijfvermogen' van een pakketje lucht kunnen beschrijven, hoe hoger dat drijfvermogen, hoe groter de neiging tot stijgen. CAPE wordt berekend door een pakketje lucht met grondtemperatuur adiabatisch te laten stijgen tot het condensatieniveau (later meer), waarna het pakketje lucht natadiabatisch verder stijgt. Door de temperatuur van zo'n pakketje lucht te vergelijken met de daadwerkelijke gemeten (virtuele) temperatuur op een hoogte (terug te vinden in de ballonoplatingen) vind je de CAPE. In formulevorm komt dit neer op het volgende $(\text{gravitatieconstante} * \int (T_{\text{virtueelluchtpakketje}} - T_{\text{virtueelgemeten}}) / T_{\text{virtueelgemeten}})$ over de hoogte. In het gebied waarop de virtuele omgevingstemperatuur lager is dan het pakketje bevindt zich CAPE.

In het kort zou gesteld kunnen worden dat CAPE een mate is van de updraft binnen een wolk.

LI

LI, of Lifted Index is een goede graadmeter van de instabiliteit van de atmosfeer. LI wordt gevonden door wederom een pakketje adiabatisch te laten stijgen, en dit te vergelijken met de Temperatuur op een bepaalde hoogte (over het algemeen 500 hPa). Indien het pakketje warmer is dan de omgeving is de LI negatief ($LI = T_{\text{gemeten}} - T_{\text{pakketje}}$). Hoe negatiever de LI, hoe groter de instabiliteit van de atmosfeer. LI is gemakkelijk te berekenen, waar voor CAPE geïntegreerd moet worden. Toch wordt CAPE als waardevoller gezien, mede omdat met de gehele atmosfeer rekening gehouden wordt.

Bovenstaande indices zijn een goede graadmeter voor de hevigheid van al bestaande convectie (bedankt SuperPete!), niet noodzakelijkerwijs van te ontstaan onweer. Indien er geen trigger is voor convectie, kan CAPE en LI nog zo gunstig zijn, er zal niets gebeuren.

CINH

CINH, of Convective Inhibition, is in feite het gebied waar CAPE negatief is. Deze CINH is dus een rem op de ontwikkeling van onweer. CINH wordt ook wel een capping layer genoemd. Ondanks dat CINH dus in feite de ontwikkeling van onweer tegengaat is het bijna een voorwaarde voor zwaar onweer. Indien er een capping layer aanwezig is, zal er door het uitblijven van convectie meer gelegenheid zijn om op te warmen. Naarmate de grond warmer wordt zal een pakketje harder willen stijgen, op een gegeven moment zal er een situatie zijn waarin de capping layer doorbroken wordt, er is dan meer warmte om de buien te voeden. Een te hoge CINH kan dus een dag die volgens CAPE en LI op onweer uit moet lopen, veranderen in een warme zomerdag met aangename temperaturen. Gebrek aan CINH zorgt voor een te vroege initiatie van de buien. Terwijl een kleine CINH dus soms perfect kan zijn voor een mooi onweer.

Virtuele Temperatuur

De virtuele temperatuur van een hoeveelheid vochtige lucht is die (theoretische) temperatuur waarbij volledig droge lucht van dezelfde totale druk, dezelfde dichtheid zou hebben als deze hoeveelheid vochtige lucht. (Bron: <http://home.planet.nl/~neeleo50/woordenboek/V.html>)

Disclaimer: het is vrij complexe materie, en ik wil niet claimen alles te weten (wie wel?) dus er kunnen fouten inzitten. Opmerkingen hoor ik graag (sjoerd@zomerweer.com).

Hoe ontstaat onweer? (Deel 1)

Het idee is om een korte inleiding te geven hoe onweer (of beter: hoe convectie werkt) ontstaat. Welke voorwaarden zijn er nodig voor onweer en op welke manieren kan aan deze voorwaarden voldaan worden.

Convectie

Thermodynamisch gezien is convectie een stroom in een medium. Deze stroom kan op gang gebracht worden door een verschil in temperatuur (van hoog naar laag), druk (wederom hoog naar laag) of dichtheid (zelfde verhaal).

Bij ons - in de meteorologie - is het voornamelijk het verschil in temperatuur dat voor convectie zorgt. Om ons hier een voorstelling van te kunnen maken, zullen we een aantal zaken sterk vereenvoudigen. Wat we vervolgens zullen krijgen is een handzaam model waaraan een aantal zaken goed te verklaren is, alhoewel het natuurlijk zijn valkuilen heeft.

We kiezen een locatie op aarde, en maken op dat punt een verticale doorsnede van de atmosfeer. We hebben nu een 1-dimensionale luchtkolom. Deze luchtkolom heeft een aantal eigenschappen, waaronder een temperatuur als functie van de hoogte (let op! Hier hoeft en zal geen lineair verband in zitten!).

Vervolgens stellen we ons een pakketje lucht voor, dat we een bepaalde dichtheid meegeven en een temperatuur. In ons geval kiezen we voor de temperatuur van dit pakketje lucht de grondtemperatuur.

In het kort: we hebben een luchtkolom met eigenschappen, waaronder $T(\text{hoogte})$. We maken een pakketje lucht en geven dat de grondtemperatuur mee.

Volgende stap: thermodynamica

Om de rest van het verhaal aannemelijk te maken, stoppen we een kort stukje thermodynamica in ons verhaal. Het begrip adiabaat blijkt bijzonder belangrijk in de meteorologie. We spreken van

adiabaat, als er zich een proces voltrekt waarbij het systeem geen warmte uitwisselt met de omgeving.

In het kort komt het erop neer dat $(\text{druk} \cdot \text{volume}) / \text{temperatuur}$ constant blijft.

Terug naar ons pakketje

We kiezen ervoor om ons pakket dus een temperatuur mee te geven, vervolgens laten we het pakketje lucht adiabaat stijgen. Tijdens het stijgen van dit pakketje zal de druk afnemen, als gevolg van de drukafname neemt het volume toe. Omdat de inwendige energie echter niet verandert, zal de temperatuur af moeten nemen.

Het pakketje lucht stijgt dus op, ondertussen neemt de temperatuur van ons pakketje af. Als gevolg van de daling van de temperatuur zal het pakketje op een gegeven moment condenseren, zie hier: de basis van een wolk. Wanneer het pakketje maar lang genoeg doorstijgt kan een grote wolk uitgroeien, uiteindelijk groot genoeg om onweer te produceren.

Waarom zal dit pakketje überhaupt stijgen, en hoe lang gaat dit door?

Stel je een luchtballon voor: een luchtballon wordt gevuld met warme lucht en stijgt vervolgens op. Zolang de lucht in de ballon warm genoeg is, zal de ballon blijven stijgen. Bij ons pakketje is precies hetzelfde aan de hand. Wanneer ons pakketje lucht zelf warmer is dan de omgeving, zal het pakketje de neiging hebben te stijgen. Omdat het pakketje adiabaat stijgt, wisselt het geen warmte uit met de omgeving, en zal de enige manier om het stijgen te stoppen, dus het vinden van een hoogte met een T die gelijk aan (of hoger dan) het pakketje is.

Hoe vertaalt ons pakketje zich naar de werkelijkheid?

In feite komt het erop neer, dat om convectie aan de gang te krijgen, we een instabiele atmosfeer nodig hebben. Op het moment dat een pakketje vrij kan stijgen (doordat ze warmer is dan de omgeving) is hier sprake van. Alvast een teaser: indien een pakketje lucht de convectieve temperatuur meekrijgt, zal er vanzelf sprake zijn van convectie.

Wederom een disclaimer: ik ben er me ervan bewust dat hier een aantal zaken sterk vereenvoudigd zijn. Zie je nou pertinente onwaarheden, dan hoor ik het graag. In het vervolg hierop wil ik aan de hand van soundings een aantal cases doornemen, laten zien waarom CAPE en LI lang niet alles is, welke triggers er zijn, en waarom er überhaupt een trigger nodig is.

Hoe ontstaat onweer? (Deel 2)

Tijd voor een vervolg op het verhaal van gisteren. Allereerst wil ik nog even kwijt dat de bijdragen op het forum de laatste dagen geweldig leerzaam zijn. Heerlijk die virtuele voorpret, en zeker als het om zo'n onwijs complexe situatie als morgen gaat.

Vrije convectie

Zoals in het vorige deel reeds was aangehaald, zal een pakketje lucht opstijgen, indien dit warmer is dan de omgeving. Toch komt het eigenlijk zelden voor dat een pakket de gehele tijd warmer is dan de omgeving. Meestal is het zo dat het pakketje pas vanaf een bepaald niveau de kans krijgt om vrij te stijgen. Het niveau waarop een pakketje uit zichzelf stijgt noemen we het niveau van vrije convectie (LFC: Level of Free Convection). Vanaf dit niveau zal een pakketje lucht doorstijgen tot het evenwichtspunt (EL: Equilibrium Level), de top van een wolk. Wanneer de afstand LFC - EL groot genoeg is, kunnen we spreken van de vorming van een (onweers)bui.

CAPE, LFC en een overshooting top

Eenmaal vanaf het LFC zal het pakketje dus stijgen, de snelheid waarmee dit gebeurt is afhankelijk van de hoeveelheid CAPE (of drijfvermogen) die er is. Je kunt je voorstellen dat wanneer een pakketje lucht een grote opwaartse snelheid heeft, het even zal duren om af te remmen. Probeer maar eens een (bowling)bal te stoppen als die eenmaal een flinke snelheid heeft. Als gevolg van deze 'traagheid' in het afremmen van een pakketje, zie je vaak bij hevige buien dat een pakketje tot boven het EL doorschiet. Voila, een overshooting top is geboren.

Terug naar LFC

Een pakketje zal dus vanaf LFC stijgen, maar hoe komt dat pakketje daar? Hiervoor zal een of andere trigger nodig zijn. Er zal een proces moeten zijn dat het pakketje forceert te stijgen, ondanks dat het geen drijfvermogen heeft.

Deze forcering kan op een aantal manieren plaatsvinden. Thermische of mechanische forcering.

Thermische forcering

Eigenlijk de meest eenvoudige manier om een pakketje te laten stijgen. Een pakketje krijgt een temperatuur mee, die dermate hoog is dat het pakketje vanaf de grond automatisch zal stijgen. Vrije convectie, in feite is het 'forcering' misschien niet de juiste term. De temperatuur waarbij dit plaatsvindt is te vinden op een soundingdiagram, dit is zelf uit te rekenen, maar eenvoudiger is om het gewoon af te lezen (voorbeeld: <http://62.202.7.134/hpbo/app/hpbo/sndanalyse/images/95000.gif>, in de rechterkolom "Convective temperature: 28.1").

Mechanische forcering

Hier wordt het allemaal een stuk lastiger, in ieder geval bij het voorspellen. Waar je bij de convectieve temperatuur eenvoudig een kaartje met de verwachte T_x kunt pakken, om een uitspraak te doen over al dan niet voorkomen van vrije convectie, is het bij mechanische forcering vaak lastiger.

Er zijn meerdere typen mechanische forcering, ik zal ze niet allemaal bespreken, simpelweg omdat ik geen flauw idee heb hoe het eenvoudig uit te leggen (gebrek aan eigen kennis wellicht?, aanvullingen dan ok welkom).

Orografische forcering

Een relatief eenvoudige start. We gaan het hebben over een verschijnsel dat we in NL en vooral BE geregeld zien. Wanneer een luchtmassa over een reliëf heen geblazen wordt, zal deze lucht meestijgen of meedalen. In het geval van dalende lucht zal je opklaringen meemaken, waarbij stijgende lucht buien zal initiëren. Als het reliëf maar groot genoeg is, zal de lucht ook gedwongen worden een stuk te stijgen. Wanneer deze stijging groot genoeg is, zullen buien beginnen te vormen. Een trigger die in NL/BE dus wel aanwezig kan zijn, maar vaak moeten we ons heil elders zoeken.

Convergentielijn

Wanneer de wind zo waait, dat op een bepaald punt (of beter: een lijn) twee tegenovergestelde winden elkaar tegenkomen, spreken we van een convergentielijn. Er wordt van twee kanten lucht tegen elkaar geblazen, met als gevolg dat de lucht wederom gedwongen wordt te stijgen. Is deze stijging groot genoeg, dan zullen er zich buien ontwikkelen.

Ik denk dat ik hier weer aardig wat heb neergezet, zeker ook het een en ander waarvan ik niet helemaal zeker weet of ik het goed beschrijf. Ik zal dus wederom willen uitnodigen tot het geven van commentaar en verbeteringen waar nodig. Indien mogelijk maak ik het verhaal vanavond of morgen af, met de beloofde voorbeelden aan de hand van soundings.