

Pyrocumulus kleurt rookpluim wit

KEES FLOOR

De zogenaamde rookpluimen van natuurbranden op satellietbeelden zijn meestal opvallend wit van tint. Waarom is die rook niet grijs of bruin? Waarnemingen van dichterbij helpen met het vinden van het antwoord.

Natuurbranden komen op talrijke plaatsen op aarde geregeld voor. Het weer speelt bij het ontstaan en het verloop van de branden een belangrijke rol. Zo breken de branden bij voorkeur uit in perioden met grote droogte en hoge temperaturen, worden ze soms aangestoken door de bliksem, zijn ze voor hun ontwikkeling mede afhankelijk van de wind, worden ze soms tegengewerkt door regen en volgen ze de dagelijkse gang van wind, temperatuur en opbouw van de atmosfeer (Coen 2003; Floor

2003, Roberts 1974).

De heviger branden zijn vanaf grote afstand zichtbaar door de ermee samenhangende rookpluimen. Deze pluimen zijn zelfs vanaf ruim 700 kilometer hoogte goed waar te nemen; we zien ze namelijk duidelijk op satellietbeelden van de Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) op de Europese satelliet Envisat (voorbeeld in Floor 2011) en van de Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) op de Amerikaanse satellieten Terra en Aqua

(figuren 1 en 2). Doordat de Aqua in de middag overkomt, levert de MODIS van deze satelliet meestal duidelijker beelden van de rookpluimen dan die van de Terra. In de middag is namelijk de temperatuur het hoogst, de wind het sterkst en de onstabieleit het grootst, waardoor de natuurbranden dan het felst zijn. Wel kunnen stapelwolken, gevormd door de in de loop van de dag op gang gekomen convectie, sommige brandhaarden aan het zicht onttrekken.

Vuurhaarden

De vuurhaarden liggen meestal aan het begin van de rookpluim; in sommige gevallen zijn er onder de pluim nog secundaire haarden. De locaties van de vuurhaarden kunnen ook afgeleid worden uit infraroodmetingen vanuit de satelliet. Als de temperatuur volgens de metingen in twee daarvoor uitgekozen MODIS-banden een vooraf bepaalde drempelwaarde overschrijft, is brand waarschijnlijk (Justice et al. 2006). De zo gevonden locaties kunnen desgewenst als rode vlekken worden 'ingetekend' in de bijbehorende satellietbeelden in natuurlijke kleuren.

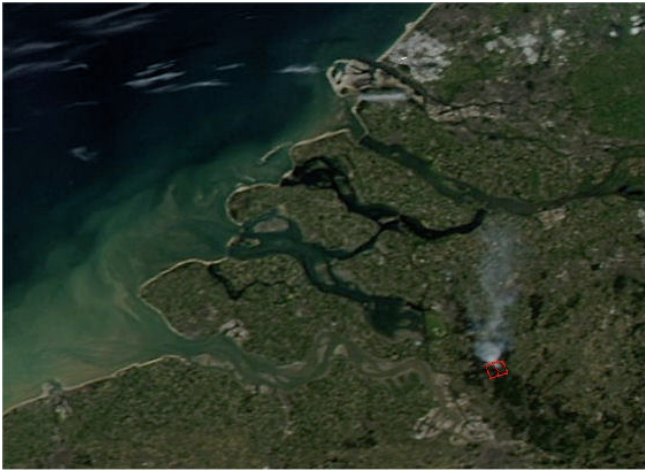
De resolutie van de bepaling van de brandhaarden is 1 kilometer. Deze resolutie is lager dan die van de zichtbaarlichtbeelden, waarvan de resolutie 250 meter bedraagt. De meeste branden worden dan ook gemist; naar schatting wordt slechts een kwart gedetecteerd. Dat zijn dan wel de grootste branden, die gezamenlijk goed zijn voor meer dan 80 procent van de door natuurbranden gegenereerde verbrandingsproducten. Ter illustratie kan de situatie dienen van 15 en 16 mei 2011 in de Canadese staat Alberta. Figuur 1 toont Alberta in de middag van 15 mei nagenoeg helemaal. Volgens officiële gegevens woedden er de ochtend daarna in Alberta 116 natuurbranden, waarvan er 34 nog niet onder controle waren. Die getallen zijn veel hoger dan uit het satellietbeeld kan worden afgeleid.

Witte rook

Rook van natuurbranden associëren we niet alleen met vuur en stank, maar ook met een bruin of grijzig waas. Bij uit-



Figuur 1. Rookpluimen (en pyrocumulus) en vuurhaarden van natuurbranden in Saskatchewan (rechtsonder) en Alberta (overige), Canada, 15 mei 2011. De vuurhaard van de brand in Saskatchewan ligt even ten oosten van het op het satellietbeeld zichtbare Cold Lake. De twee kleinere rookpluimen boven Alberta waaiëren onder ander uit over Lesser Slave Lake. Instrument: MODIS. Satelliet: Aqua. Bron: NASA/GSFC MODIS Rapid Response.



Figuur 2. Rookpluim (en pyrocumulus) en vuurhaard van een natuurbrand op de Kalmthoutse Heide, 25 mei 2011, waarbij 600 hectare natuurgebied verloren ging. Instrument: MODIS. Satelliet: Aqua. Bron: NASA/GSFC MODIS Rapid Response.



Figuur 3. Rookpluimen (en pyrocumulus) van een op 20 juli 2010 door de bliksem aangestoken natuurbrand in Twitchell Canyon, Utah, 21 september 2010, waargenomen vanaf een hoogte van 352 kilometer vanuit het internationaal ruimtestation ISS. De branden hadden op dat moment al meer dan 13000 hectare natuurgebied verwoest. Bron: NASA/ISS024-E-15121.

waaiende rook op grotere afstand van de vuurhaarden zijn deze tinten meestal goed terug te vinden. De bij de brandhaarden ontspringende rookpluimen hebben op de satellietbeelden in natuurlijke kleuren doorgaans echter een opvallend witte tint. Van witte rook weten we dat die kleur vaak wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van chemicaliën, bij bosbranden is hier natuurlijk geen sprake van. Hoe komt die rook dan zo wit?

Een mogelijke verklaring van de lichte tinten zou kunnen zijn dat het grijs van de rook op satellietbeelden helder afsteekt tegen de donkere tinten van het landoppervlak of van de oceaan op diezelfde beelden en daardoor geïnterpreteerd wordt als wit.

Als we de branden van dichterbij met meer detail kunnen bekijken, blijkt er

echter meer aan de hand. Dat dichterbij komen kan bijvoorbeeld middels foto's vanuit het op ongeveer 350 kilometer hoogte overkomende internationaal ruimtestation ISS (figuur 3), vanuit vliegtuigen of vanaf de grond ergens in de buurt van de brand. Door de grote natuurbranden in het extreem droge voorjaar van 2011, op 1 mei in de Schoorlse Duinen en op 25 mei op de Kalmthoutse Heide, was het ook voor een waarnemer in Nederland of België mogelijk wat dichterbij een grote brand met 'rookpluim' te komen. Dat het om grote branden ging, blijkt wel uit de schadde die optrad: bij Schoorl werd 250 hectare heidegebied verwoest; bij Kalmthout ging zelfs 600 hectare natuurgebied in vlammen op. Naar Amerikaanse maatstaven waren deze branden overigens nog zeer bescheiden. Zo was er op 21 september 2010, tijdens een door de blik-

sem op 20 juli aangestoken natuurbrand in Twitchell Canyon, Utah (figuur 3) na twee maanden brand al meer dan 13000 hectare natuurgebied verloren gegaan.

De rookpluimen in Nederland en België konden worden gefotografeerd vanuit de duinen bij Bergen aan Zee (figuur 4) respectievelijk vanaf de oever van de Schelde in Antwerpen (figuur 5). Van de brand in het Belgisch-Nederlands grensgebied is tevens een MODIS-beeld beschikbaar van vrijwel hetzelfde tijdstip (figuur 2). Toen de brand bij Schoorl uitbrak, was de Aqua, die de middagbaan van de MODIS voor haar rekening neemt, al gepasseerd, zodat er geen satellietbeeld gevonden kon worden dat overeenkomt met de situatie van figuur 4. Op het Terra-beeld van de volgende ochtend (niet afgebeeld) zijn nog wel, in dit geval bruinige, sporen van een rookpluim terug te vinden.

Brandstapelwolken

De foto's vanuit het ISS en vanaf de grond laten zien dat het niet om pluimen van 100 procent rook gaat, al zien we wel wat bruinige tinten. De 'rookpluim' lijkt vooral te bestaan uit stapelwolken, die overigens op het oog door de aanwezigheid van verbrandingsproducten wel een wat bruinere tint hebben dan normaal. Dergelijke stapelwolken zijn bij grote branden heel gebruikelijk. Ze ontstaan door de intense hitte van het vuur met de bijbehorende stijgende luchtbewegingen. De verbrandingsproducten die bij de brand vrijkomen, fungeren als effectieve condensatiekernen. Deze leggen samen met vocht dat reeds in de atmosfeer aanwezig is of door verdamping tijdens de brand vrijkomt, de basis voor de ontwikkeling van pyrocumuli (letterlijk: brandstapelwolken), zoals deze door branden



Figuur 4. Rookpluim (en pyrocumulus) van een natuurbrand in de Schoorlse Duinen, 1 mei 2011, gezien vanuit het Noordhollands Duinreservaat ten zuiden van Bergen aan Zee. De door de zon belichte delen van de 'rookpluim' zijn helder wit; in de schaduwzijde zijn de tinten donkerder en soms wat bruinig (Foto: Kees Floor).



Figuur 5. Rookpluim (en pyrocumulus) van een natuurbrand op de Kalmthoutse Heide, 25 mei 2011, gezien vanaf de oever van de Schelde in Antwerpen. Een satellietbeeld van deze pluim is afgebeeld als figuur 2 (Foto: Kees Floor).

veroorzaakte bewolking in de vakkliteratuur wordt genoemd.

Pyrocumuli hebben een sterk uiteenlopende verticale ontwikkeling, van humilis tot congestus; soms bereiken ze boven immense vuurzeeën het buienstadium, en daarmee de status van pyrocumulonimbus (Fromm 2010, Floor 2011). Uit de kleinere pyrocumuli valt geen regen. Pyrocumulonimbi kunnen echter wel regen en af en toe zelfs hagel brengen. Bovendien gaan ze in uitzonderlijke gevallen vergezeld van onweer, windstoten en windhozen. Verder staat rond de vertikaal sterker ontwikkelde pyrocumuli en rond pyrocumulonimbi doorgaans een stevige, vlaggerige wind, die de manier waarop een natuurbrand zich uitbreidt, op een onvoorspelbare wijze kan

beïnvloeden. Daarmee vormen ze een extra gevaar voor brandweerlieden, wegvluchtende pyromanen, toegestroomde ramptoeristen en eventuele bewoners of recreanten.

Overall waar branden zijn, kunnen de pyrocumuli zich vormen. In gebieden met veel natuurbranden, zoals het Middellandse Zeegebied, Californië of het zuidoosten van Australië, zijn ze minder zeldzaam dan bij ons.

Pyrocumuli als witwatter

Pyrocumuli zijn kennelijk in grote mate verantwoordelijk voor de witte tinten van de zogenaamde rookpluimen op satellietbeelden. Het gebruik van het woord rookpluim in de bijschriften van satellietbeelden van natuurbranden, zoals zelfs

op de sites van NASA en ESA het geval is, zet de lezer op het verkeerde been. Doordat de resolutie van de beelden, 250 meter bij MODIS, 300 meter bij MERIS, vaak onvoldoende is om afzonderlijke pyrocumuli te onderscheiden, wordt een interpretatie als rook in plaats van stapelwolken verder in de hand gewerkt.

Dit blijkt onder andere uit vergelijking van figuur 2 en figuur 5. De witte, Kalmthoutse 'rookpluim' op het satellietbeeld bestond, zeker in de eerste tientallen kilometers na de vuurhaarden, uit stapelwolken, zoals in de middag te zien was vanuit Antwerpen (figuur 5) en in de avond vanuit de trein van Antwerpen naar Roosendaal. Als de branden in Schoorl eerder op de dag zouden zijn aangestoken, hadden we ongetwijfeld ook een langgerekte witte pluim van pyrocumuli op het MODIS-Aqua-beeld van 1 mei kunnen aantreffen.

Literatuur

- Coen, J., 2003: Wildfire Weather; in: Holton, J.R., Curry, J.A. & Pyle, J.A., Encyclopedia of Atmospheric Sciences, Vol 2, 509-520 Amsterdam, Academic Press.
- Floor, K., 2003: Bosbranden en Weer, Zenit 30 (10), 440-442.
- Floor, K., 2011: PyroCb's brengen rook naar stratosfeer, Meteorologica 20 (1), 12-15.
- Fromm, M. et al., 2010: The untold story of pyrocumulonimbus. Bull. Am. Met. Soc., 91, 1193-1209.
- Justice, C. et al., 2006: MODIS Fire products, version 2.3, EOS ID# 2741.
- Roberts, C.F., 1974: Weather and forest fires, Weatherwise 27 100-105, 115.

Robert Fitz Roy: zeeman en meteoroloog (deel 2)

WOUTER LABLANS EN GERARD VAN DER SCHRIER (KNMI)

In het eerste deel van dit artikel hebben we gezien hoe Robert Fitz Roy zijn visie omtrent de betekenis van de luchtsoorten voor de ontwikkeling van de depressies van de gematigde breedten toepaste in zijn weerdienst. In dit tweede deel zullen we zien dat na zijn dood gedurende lange tijd in het geheel geen gebruik gemaakt werd van het werk van Fitz Roy. We menen te kunnen aantonen dat zelfs de meteorologen van de Noorse School, toen zij omstreeks 1920 de luchtsoorten en de fronten in de operationele meteorologie introduceerden, het werk van Fitz Roy niet kenden, maar dat zij geïnspireerd werden door het werk van onderzoekers van de generatie van Max Margules en dat de waardering voor het werk van Fitz Roy bij de Noren dateert van omstreeks 1930.

Van Fitz Roy tot de Noorse school

Van den Dool merkte in Meteorologica van maart 2010 op dat de meteorologie twee takken kent, de empirische tak en de theoretische tak, die bij voorkeur in samenhang met elkaar beoefend dienen te worden. Ook Tor Bergeron (figuur 1), een van de belangrijkste leden van de Noorse School (figuur 2), was die mening toegedaan. In 1959 wees hij er op dat na Fitz Roy gedurende lange tijd die samenhang ontbrak waardoor weinig vorderingen gemaakt werden met de ontwikkeling van de operationele meteorologie. Over hoe in de tweede helft van de negentiende eeuw veel wetenschappers

over de operationele meteorologie dachten zegt hij: *Scientific brains were not specially attracted to such a monotonous and easy routine work, involving so little success scientifically and as a career. Thus, they mostly returned or stayed within related but 'superior' sciences such as physics and astronomy, to the great detriment of meteorology.* Hij voegt daar een wat zure opmerking aan toe: *The same tendency is still discernible today.*

Deze klacht was wel terecht, en zelfs in de eenentwintigste eeuw kennen we daarvan nog voorbeelden. Zo deelde Huug van den Dool ons mee dat in de Verenigde

Staten op de operationele weerdiensten in het algemeen geen medewerkers met een geavanceerde theoretische opleiding werkzaam zijn. De ontwikkeling van de operationele meteorologie wordt daardoor evenwel niet meer belemmerd, daar het nu juist de theoretici zijn die zich door verbeteringen van de numerieke verwachtingsmodellen met de ontwikkeling van de operationele meteorologie bezig houden (het kan verkeren!).

In de tweede helft van de negentiende eeuw introduceerden onderzoekers met belangstelling voor de natuurkunde van de atmosfeer de toen kort tevoren gevon-