Het verschijnsel haarijs eindelijk begrepen

HET TWEEDE BIJNA-GELIJK VAN ALFRED WEGENER

HENK DE BRUIN EN HUUG VAN DEN DOOL

In 1931 publiceerde de toenmalige hoofddirecteur van het KNMI E. van Everdingen in het tijdschrift Hemel en Dampkring een in memoriam over Alfred Wegener (van Everdingen, 1931). Door een noodlottig ongeval kwam Wegener om het leven tijdens een meteorologische expeditie op het Groenlandse landijs. De meteorologische wetenschap verloor zo op tragische wijze een belangrijk en veelzijdig onderzoeker. Wellicht nog tragischer is dat Wegener pas vele jaren na zijn dood erkenning kreeg voor zijn wetenschappelijke werk. Dat geldt allereerst voor zijn continentendrifttheorie gepubliceerd in 1915 (Wegener, 1915), die pas na 1965 werd erkend. Dat geldt dus ook voor het boek dat hij met zijn schoonvader Kõppen schreef over klimaat en continentendrift (Köppen en Wegener, 1924). In 1918 verscheen zijn artikel "Haareis auf morschen Holz" (Haarijs op rottend hout), waarin het verschijnsel haarijs voor het eerst werd beschreven. Wegener suggereerde dat haarijs samenhangt met paddenstoelen en schimmels (Wegener, 1918). Ook deze theorie werd door zijn tijdgenoten verworpen. Pas in 2008 toonden twee Zwitserse onderzoekers, Gerhart Wagner en Christian Mätzler, aan dat haarijs ontstaat door schimmels (Wagner en Mätzler, 2008). In dit artikel beschrijven we kort de Wegener-Wagner en Mätzler theorie van haarijs.

Wat is haarijs?

Haarijs ontstaat bij windstil en vochtig weer bij temperaturen tussen ongeveer -4 en -1 ºC. Haarijs is niet verwant aan ijsverschijnselen als rijp en ruige rijp, die ontstaan door bevriezen van atmosferisch watersubstantie (waterdamp of waterdruppeltjes). Het verschijnsel wordt getoond in figuren 1, 2 en 3. Het betreft een gordijnachtige structuur van naast elkaar geplaatste 'haren' van ijs. Deze haren zijn slechts 0.01 tot 0.05 mm dik. De ijsstructuren zijn soms recht, maar ook gekruld en kunnen uitgroeien tot een lengte van meer dan 10 cm. Er kan een haarscheiding ontstaan en vaak heeft haarijs een zijdeachtige glans (figuur 2). Haarijs komt alleen voor op dood vochtig loofhout, althans dat is de aanname tot op heden. Het is waargenomen op dood hout van de berk, de haagbeuk, de hazelaar, de els, de eik, de beuk, de esdoorn, de wilde lijsterbes en de wilde kers. Op naaldbomenhout is haarijs (nog) niet officieel waargenomen. Wegener vond haarijs met een duidelijke gelaagdheid wat er op wijst dat het schoksgewijs aangroeit. Haarijs trekt insecten aan want het bevat blijkbaar voedingstoffen (figuur 3). Indien haarijs onder de boomschors van dood hout aangroeit is het in staat deze weg te drukken (figuur 4). Via een internet zoekopdracht kan de lezer zelf veel meer afbeeldingen van haarijs vinden. Ook in Nederland wordt haarijs waargenomen (de Bruin en van den Berg, 2006). In februari 2012 besteedde het VARA radioprogramma Vroege Vogels er aandacht aan, naar aanleiding van

Figuur 1. Haarijs voorbeeld (ontleend aan Wagner en Mätzler, 2008).

Figuur 2. Haarijs scheiding met zijdeglans (ontleend aan Wagner en Mätzler, 2008).

Figuur 3. Haarijs met insecten (ontleend aan Wagner en Mätzler, 2008).

Figuur 4. Haarijs dat schors wegdrukt (ontleend aan Wagner en Mätzler, 2008).

Figuur 5. Haarijs en schimmels (foto's van Wagner en Mätzler).

het onderzoek van Herman Stevens uit Vriezenveen. Figuur 5 toont haarijs naast schimmels. Zo komen we op de verklaring van Wegener-Wagner en Mätzler van het verschijnsel.

Hoe ontstaat haarijs?

Wagner en Mätzler (2008) toonden aan dat het om een biologisch verschijnsel gaat. Schimmels (fungi) blijken in staat om organisch dood hout af te breken tot anorganische verbindingen. Dit gaat via aerobe dissimilatieprocessen waarbij, naast organisch materiaal, CO_2 en H_2O wordt gevormd. Door de CO_2 -gasdruk wordt het geproduceerde water via de radiale mergstralen in het hout (figuur 6) naar het houtoppervlak geperst. Bij lichte vorst bevriest dit water en bij aanhoudende vorst kan het vrijgekomen water als haarijs aangroeien.Dit kan in verschillende perioden plaatsvinden. Dit verklaart de soms waargenomen gelaagdheid. De groei van haarijs is hoorbaar indien het aangroeiend haarijs het nog aanwezige boomschors wegduwt (figuur 4). Dit gaat gepaard met een knisperend geluid. Organisch materiaal opgelost in het vrijgekomen water is een voedselbron voor insecten en verlaagt ook het vriespunt. Verder moet het koud genoeg zijn om de stollingswarmte af te kunnen voeren die bij bevriezing vrijkomt. Dit verklaart waarom haarijs pas ontstaat bij een temperatuur onder de -1 ^{0}C. Vriest het te hard dan wordt het proces van aërobe dissimilatie afgeremd. Dit verklaart waarom haarijs in een beperkt temperatuurtraject voorkomt (tussen -1 en -4 ^{o}C). Deze verklaring kwam tot stand via systematisch onderzoek uitgevoerd in de garage van Christian Mätzler en op het balkon van Gerhart Wagner (beiden zijn pensionado's). Zij deden bijvoorbeeld proeven met onbewerkt (met een schimmel) en gesteriliseerd (geen schimmel) hout van dezelfde boomsoort. Op het onbewerkte hout vormde zich haarijs, op het schimmelvrije hout niet (Wagner en Mätzler, 2008). In samenwerking met biologe Gisela Preuss werden de verschillende schimmelsoorten geïdentificeerd die verantwoordelijk zijn voor haarijsvorming. In tabel 1 zijn de resultaten weergegeven.

Te zien is dat verschillende schimmels verantwoordelijk kunnen zijn voor haar-ijs gevormd op dood hout van bepaalde boomsoorten, maar Exidiopsis effusa blijkt in staat is te zijn dat op alle beschouwde bomensoorten te kunnen doen. Deze schimmel speelt dus een sleutelrol bij haarijs. De Nederlands naam voor Exidiopsis effusa is rozeblauwig waskorstje en het blijkt dat deze schimmel algemeen in Nederland voorkomt. Ook op de Veluwe en in Twente waar haarijs is waargenomen.

Onderzoek uitgevoerd met massaspectrometrie door Diana Hofmann (persoonlijke mededeling Christian Mätzler) toonde aan dat in haarijs het zogenaamde lignine aanwezig is. Dit is een chemische stof, die voorkomt in de celwand van houtcellen. Het was bekend dat alleen schimmels deze stof kunnen afbreken.

Conclusie

De suggestie van Alfred Wegener dat het verschijnsel haarijs samenhangt met schimmels blijkt correct te zijn, maar in zijn artikel uit 1918 gaf hij geen volledige verklaring. We moesten bijna 90 jaar wachten op het baanbrekende werk van Gerhart Wagner en Christian Mätzler om tot een volledig beeld te komen. Het blijkt te gaan om aerobe dissimilatieprocessen waarmee schimmels in staat zijn bij temperaturen vlak onder het vriespunt dood houtmateriaal om te zetten in organische materiaal met CO_2 en H_2O als bijproduct. Deze watersubstantie wordt door de CO_2 gasdruk door radiale houtvaten naar het houtoppervlak geperst waar het in de atmosfeer bevriest. Haarijs wordt gevormd bij windstil weer in een beperkt temperatuurtraject tussen -1 en -4 ^{o}C. Het blijkt dat de schimmel Exidiopsis effusa haarijs op alle bestudeerde boomsoorten haarijs kan doen ontstaan. Deze komt ook in Nederland voor. Haarijs is daarom een verschijnsel dat geregeld in Nederland voor moet komen.

Het is misschien het noodlot van een genie dat jong sterft dat anderen de details moeten uitwerken van de vele goeie invallen die een genie heeft. Voor Wegener geldt dat voor haarijs en de continentendrift, maar ook voor het neerslagproces dat nu Findeisen-Bergeron heet. Zoals Lablans (2013) laat zien komt het idee van waterdamptransport van vloeibare druppels naar sneeuwvlokken grotendeels uit het gezaghebbende boek dat Wegener in 1911 schreef (Wegener, 1911).

Is het raadsel haarijs nu volledig verklaard of beschreven? Nog niet helemaal. Tot nu toe werd gemeld dat haarijs niet voorkomt op naaldhout. Echter van Martien Jacobs kregen wij bijvoegde foto genomen in de Ardennen (figuur 7). Het gaat om het hout van een afrastering en daarvoor wordt meestal naaldhout gebruikt. Deze mogelijkheid houden we open. De auteurs houden zich aanbevolen voor bijdragen of opmerkingen van de lezers.

Literatuur

Bruin, H. de en B .van den Berg, 2006: IJsvezels, Meteorologica 15(2), 9-10.

East, R., 2013: Soil science comes to life, Nature 105, S18-19.

Everdingen E van,1931: In Memoriam Alfred Wegener, Hemel en Dampkring, 185-187.

Köppen, W. en A. Wegener 1924: Die Klimate der geologischen Vorzeit, Berlin : Borntreager, 256pp.

Lablans, W., 2013: De Findeisen-Bergeron theorie en de rol van het toeval in het meteorologisch onderzoek Meteorologica 22(3), 17-21.

Wagner, G. en C . Mätzler, 2008: Haareis auf morschem Laubholz als biophysikalisches Phänomen / Hair Ice on Rotten Wood of Broadleaf Trees – a biophysical Phenomenon, IAP Forschungsbericht Nr. 2008-05-MW, Institut für Angewandte Physik, Universität Bern.

Wegener, A., 1911: Thermodynamik der Atmosphäre. Bartsch, Leipzig.

Wegener, A., 1915: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig. Herdrukt door Dover Publications, 1966, 361 pp.

Wegener, A., 1918: Haareis auf morschen Holz, Die Naturwissenschaften 6/1, 598.

Figuur 6. Radiale haarvaten (ontleend aan Wagner en Mätzler, 2008).

Figuur 7. Bestaat er toch haarijs op dennenhout? (foto: Martien Jacobs).

Schimmels en Paddenstoelen

Dit artikel over haarijs werd in het najaar geschreven, dus in paddenstoelentijd. Hoewel schimmelsook voorkomen in grasland, heide en moerassen en in vochtige ruimtes, zijn ze het meest te vinden in bossen. Paddenstoelen zijn de 'vruchten' van schimmelorganismen. (Bron Jaarkrant 2013 Botanische Tuinen, Universiteit Utrecht). Ze vormen een essentieel onderdeel van de biosfeer. Biologen hebben de schimmelorganismen in drie hoofdgroepen ingedeeld. Eén daarvan noemt men de saprofyten. Dit zijn de afbrekers en opruimers. Zij ruimen bladafval en dood hout op en zetten deze om in voedingstoffen die in de toekomst weer kunnen worden gebruikt. Zonder saprofyten zou een bos stikken in zijn eigen afval. Zoals in het artikel wordt vermeld, zijn sommige saprofyten verbonden aan specifieke boomsoorten, maar er zijn er ook die op meerdere boomsoorten groeien. Blijkbaar zijn sommige saprofyten nog werkzaam bij temperaturen (net) onder het vriespunt (Mätzler, persoonlijke communicatie). Dit is bijzonder omdat de meeste biochemische processen stoppen bij lage temperatuur. Dit is het gevolg van de wet van Le Chatelier en van 't Hoff, dat wil zeggen dat de evenwichtsconstante van een chemische reactie temperatuurafhankelijk is. Aan deze saprofyten hebben wij het fascinerende verschijnsel van haarijs te danken.

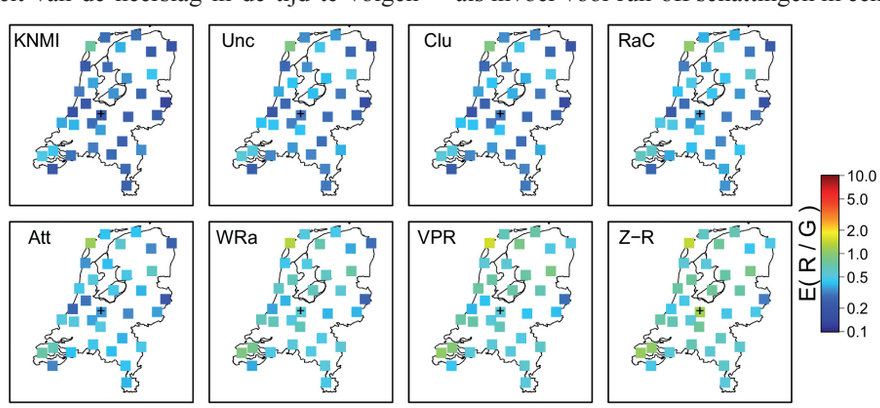
Naast de parasitische schimmelgroep, die de gezondheid van de boom waarop zij groeien bedreigen, zijn er ook schimmelorganismen die in symbiose met bomen samenleven. Hun schimmelvlok omgeeft de uiteinden van de boomwortels. Hierdoor kan het wortelstelsel van de boom zich beter ontwikkelen en kunnen bomen sneller groeien. Daarbij nemen ze atmosferisch CO_2 op. Hierdoor spelen schimmels een rol in ons klimaatsysteem. Het is niet onwaarschijnlijk dat in toekomstige klimaatmodellen de rol van schimmels in de CO_2-cyclus zal worden beschreven (East, 2013).

PROMOTIES

Wim van den Berg

In de zomer zijn er meestal niet zoveel promoties, daarom verviel deze rubriek in het septembernummer en heeft de bespreking van het onderzoek van **Pieter Hazenberg** even op zich laten wachten. Pieter promoveerde op 24 juni aan Wageningen Universiteit met als promotor prof. R. Uijlenhoet en co-promotors dr. H. Leijnse (KNMI) en dr. G. Delrieu (hydrologisch instituut van Grenoble).

Hoewel er al veel onderzoek naar gedaan is, blijft het nauwkeurig schatten van de hoeveelheid en intensiteit van regenval aan de hand van radarbeelden een uitdaging. Ook na zo goed mogelijke correctie van de radarbeelden zelf voor zaken als grondclutter en natte radarkoepel blijven we zitten met de onzekerheid in de "Z-R" (reflectiviteit-neerslagintensiteit) relatie. Oorzaak is de grote variatie in druppelgrootte, niet alleen bij buien maar ook in (winterse) stratiforme regen. Pieter heeft geprobeerd deze onzekerheid te kwantificeren door, gebruikmakend van eerder onderzoek, de soort en intensiteit van de neerslag in de tijd te volgen (patroonherkenning) en daarmee de Z-R relatie steeds aan te passen. Naarmate de regenval op basis van radarbeelden beter wordt, is deze ook beter geschikt als invoer voor run-off schattingen in een



Figuur 1. Fout in de gemiddelde regenval per uur E(R/G) uit radargegevens afgeleide hoeveelheid regen R en meting met regenmeter (Gauges, G) voor de zware regen van 25-27 augustus 2010. Geel/rood is overschatting, de blauwe blokjes tonen een onderschatting. Van links naar rechts: KNMI ruwe radardata en CAPPI product (Unc = niet gecorrigeerd), Clu (clutter identificatie), RaC (radar calibratie), Att (padlengte verzwakking), WRa (natte radarkoepel), VPR (reflectiviteitsprofiel) en Z-R (neerslagsoort gecorrigeerde Z-R relatie).