

Rijp en grondhalo's, ruige rijp en onderkoelde mistbogen



Figuur 1: een halo in rijp op een met sneeuw bedekte ijsvloer van een meertje. De halo ligt op de grond, net als de ijskristallen die de halo veroorzaken. (Foto: G.P. Können, Baarn, 3 januari 2010).

G.P. Können

G.P. Können is van origine fysicus en jarenlang werkzaam geweest op het KNMI. Hij houdt zich al decennia bezig met optische verschijnselen aan de hemel. Zie zijn website: www.guntherkonnen.com.

Met de winter in zicht beschrijf ik een paar interessante verschijnselen waar we in de komende maanden op kunnen letten. Wie een van deze verschijnselen waarneemt, moet beslist eens proberen dit op de gevoelige plaat of chip vast te leggen.

Rijp ontstaat bij rustig vriezende weer, als de temperatuur van een voorwerp zo ver is gedaald dat de waterdamp uit de lucht begint neer te slaan. Omdat de temperatuur beneden nul is, vormt zich geen dauw maar rijp – ijs, dus. Als de ijsvorming onder deze omstandigheden erg kalm verloopt vormen er zich soms zeshoekige kristalletjes, zoals die ook in hoge cirruswolken voorkomen. Bij verder aangroeien behouden zij hun vorm en de afmeting kan tot een paar millimeter oplopen.

De koude heldere nacht van 2 op 3 januari 2010 zorgde voor de aangroei van kleine ijskristalletjes op een sneeuwdek. De zeshoekige vorm was zó perfect dat ze halo's veroorzaakte: niet in de lucht, maar op de grond (figuur

1). Naast de halo van 22° , zichtbaar op de foto, was ook de halo van 46° te zien. Het feit dat de halo's rond waren betekent dat de kristalletjes willekeurig georiënteerd op het sneeuwdek lagen, alsof ze daar slordig zijn neergegoot.

Het uitvergrootte beeld van de 22° -halo laat lichtvlekjes van individuele kristallen zien die het halolicht naar de camera toesturen. De foto toont dat de vlekjes langwerpige zijn en naar de zon wijzen (figuur 2). Dit verraadt dat de kristallen zijn gevormd als dunne zeshoekige plaatjes, en niet als langwerpige zeshoekige staafjes. Helaas had ik mijn zakmicroscopje niet bij me, dus ik kan niet precies zeggen hoe groot die kristallen waren – uit de lengte van de vlekjes en grootte van



Figuur 2: inzoomen op het rechterdeel van de halo toont lichtvlekjes van de individuele ijskristallen. Dit zijn de kristallen die toevallig op de juiste manier georiënteerd zijn om het halolicht naar de fotograaf te sturen. De vlekjes zijn langwerpig en wijzen naar de zon. Dit betekent dat de ijskristallen de vorm hebben van dunne zeshoekige plaatjes. (Foto: G.P. Können, Baarn, 3 januari 2010).



Figuur 3: deze mistboog verraadt dat de mistbank uit waterdruppeltjes bestaat. De druppels zijn zwaar onderkoeld: ondanks een temperatuur van $-39,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ weigeren ze gewoonweg te bevriezen. Maar zodra ze een voorwerp raken gaan ze over in ijs/ijzel. (Foto: G.P. Können, Amundsen-Scott South Pole Station, 4 februari 1990, 04:00 LT (= 3 feb 1600 UT)).

het takje volgt dat ze waarschijnlijk een paar millimeter in diameter waren.

Ook rijp op auto's – de grote ergernis van de automobilist – bestaat soms uit halo-makende kristallen. Omdat ze zich met één bepaald kristalvlak aan bijvoorbeeld het autodak plegen te hechten, zijn de halo's die ze veroorzaken niet altijd rond.

Ruige rijp

De naam is vrijwel hetzelfde als van gewone rijp, maar uiterlijk en ontstaanswijze zijn geheel verschillend. Ruige rijp ontstaat niet door het rustig sublimeren van waterdamp, maar door een geforceerd proces: het instantaan bevriezen van onderkoelde mistdruppels als die met de wind meegevoerd worden en tegen een voorwerp botsen. De vorming is dus analoog aan die van de beruchtste vorm van ijzel, namelijk ijzel door onderkoelde neerslag. Onderkoelde druppels – dat wil zeggen waterdruppels met een temperatuur beneden nul – kunnen bij verbazend lage temperatuur nog voorkomen, mits de lucht maar schoon genoeg is. Figuur 3 toont een mistboog¹ op de geografische zuidpool bij een



Figuur 4: ruige rijp in een bos: de wind kwam van rechts en onderkoelde mistdruppeltjes die tegen de takken botsten bevroren. Het ijs groeide tegen de wind in en vormt een soort kammen die tegen de wind in steeds verder groeien. Op de van de wind af gekeerde kant van de takken heeft zich nauwelijks ruige rijp gevormd. (Foto: Gilbert Peeters, Sussteren (L), 22 december 2007)

temperatuur van bijna $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, hetgeen betekent dat de deeltjes in de mistbank ondanks de lage temperatuur nog steeds uit druppels bestaan. Deze foto (en andere waarnemingen op Antarctica) lijkt aan te geven dat onderkoelde druppels zich in de vrije natuur

bij lagere temperaturen kunnen handhaven dan laboratoriumproeven suggereren, maar dat even ter zijde.

Als de wind onderkoelde druppels langs bomen voert, vormt zich ruige rijp op de stammen en takken. De ijsslaag groeit tegen de wind in. Zoals figuur 4 en 5 laten zien vormen zich aan de windzijde kamachtige ijsstructuren. Deze bestaan – net als ijzel – niet uit mooi ge-

¹ Een mistboog is een regenboog in zeer kleine druppels, zoals die voorkomen in een mistbank. In tegenstelling tot een gewone regenboog, is de mistboog kleurloos.



Figuur 5: ook op dunne takjes kan ruige rijp spectaculair groeien. (Foto Gilbert Peeters, Susteren (L), 22 december 2007)

vormde zeshoekige kristalletjes, maar eerder uit een soort amorfe ijsmassa. Halo's zul je dus nooit in ruige rijp zien. Aan de lizijde van de takken treedt niet of nauwelijks ruige rijpvorming op; de ruige rijp in figuur 5 toont fraai deze sterk asymmetrische groei.

Druppelvangst door takjes

Om ruige rijp te krijgen moeten de met de luchtstroming meedrijvende mistdruppeltjes de takken raken. Dit gaat minder makkelijk dan soms gedacht. Immers, de luchtstroming buigt zich om een object, en de (lichte) deeltjes die daarin meegevoerd worden, doen hetzelfde. Ze krullen dus gewoon om het object heen.

Wat er gebeurt is het volgende: als de luchtstroming begint af te buigen door de nabijheid van een object – een boomstam bijvoorbeeld – dan zullen de deeltjes door hun traagheid nog even rechtdoor vliegen, richting boomstam dus. Maar dat betekent dat ze (zij)

wind gaan ondervinden van de hen omringende lucht. Deze dwingt de deeltjes weer terug in de luchtstroom. Bij kleine druppels gebeurt dat eerder dan bij grote druppels: de kleintjes missen de stam², de grotere kunnen eventueel wél tegen de boomstam botsen. Hoe dikker de stam des te eerder en des te sterker buigt de luchtstroom af, en des te groter moeten de druppels zijn om de stam toch te kunnen raken. Omgekeerd: hoe dunner de takjes, des te effectiever kunnen ze kleine druppels vangen. Het verschil in effectiviteit kan spectaculaire vormen aannemen. In mistsituaties (boven nul) met een beetje wind ondervinden we dat aan den lijve: dunne takjes aan een boom druipen letterlijk van het vocht, terwijl de stammen vrijwel droog blijven.

Bij temperaturen onder nul zorgt de buitenproportionele efficiency voor druppelvangst er voor dat ruige rijp op dunne takjes het snelst

groeit. De kleinste takjes krijgen dus de 'zwaarste rijp-lasten te dragen' – wat de twee foto's van Gilbert Peeters fraai demonstreren.

Literatuur

Grondhalo's en halo's op auto's:

1. Website Ice Crystal Halos, <http://www.ursa.fi/blogit/haloreports/>

Rijp en ruige rijp

1. Minnaert, M. (1970), *De natuurkunde van 't vrije veld, deel 2: 'Geluid, warmte en elektriciteit'*, Thieme, Zutphen, paragraaf 188.

Druppelvangst

1. Langmuir, I. (1948) 'The production of rain by a chain reaction in cumulus clouds at temperature above freezing', *Journal of Meteorology* 5, blz. 175– 192.
2. Mason, B.J. (1971), *The Physics of Clouds*, Clarendon, Oxford, UK, blz. 567–580.
3. Können, G.P., Wessels H.R.A. en Tinbergen, J. (2003), 'Halo Polarization Profiles and Sampled Ice Crystals: Observations and Interpretation', *Applied Optics* 42, blz. 309-317

¹ Dit effect zien wij ook gebeuren bij bladeren die in de herfst door de lucht dwarrelen: omdat deze door hun grote luchtweerstand en hun geringe gewicht de luchtstroom zeer precies volgen, botsen ze vrijwel nooit tegen een dikke boomstam – wel soms tegen een dun twijgje.