

STAGNERENDE ZONSONDERGANG

19:37:41 | ALT = -14'8

19:39:33 | ALT = -28'7

Op 23 mei 2018 was een opmerkelijke zonsondergang te zien. In Noordwijk fotografeerden Ingrid Spendel hem vanaf het strand (locatie 52° 14' 50" N.B., 4° 25' 44" O.L.) op een ooghoogte van 1,7 meter en Hans Betlem vanaf tien meter boven zee. De serie hierboven toont Ingrids foto's met de tijd (UTC) en de ware hoogte (ALT) van het zonsmiddelpunt op dat tijdstip. Onafhankelijk daarvan werd diezelfde avond op Ter schelling de zonsondergang gezien door Günther Können vanaf vijftien meter hoogte, afwisselend met een verrekijker en met het blote oog. Bijzondere aan deze zonsondergang is de bijna volkomen afplatting van de onderrand van de zon, niet op de horizon, maar duidelijk daarboven (foto's linkerpagina). Pas in een volgend stadium vult zich de ruimte tot aan de horizon met licht (foto's rechts). Ook viel het verdwijnen van het laatste zonlicht voor alle drie waarnemers merkbaar later dan voorspeld bij een standaard atmosfeer: het ondergaan van het laatste stukje zon stagneerde met een opmerkelijk aantal minuten. Dit alles suggereert dat we te maken hebben met lange-afstandluchtspiegeling tegen de onderkant van een inversielaag. De afplatting van de zon vindt plaats tegen de bovenkant van die laag. In de volgende fase, de *Nova Zembla-fase*, wordt het zonlicht gezien door de inversielaag heen. Dit verschijnsel zorgde ervoor dat bij Willem Barentsz' overwintering op Nova Zembla de zon zich aan het ein-

de van de poolnacht van 1596-1597 twee weken eerder vertoonde dan verwacht [1]. Simulaties van de stralengang in een inversie-atmosfeer en daarbij gebruikte methoden zijn onder andere te vinden in [1,2] en referenties daarin. Het hier aangenomen temperatuurprofiel is hetzelfde als in [2]. Luchtdruk op zeeniveau (1019,8 hPa) en relatieve luchtvochtigheid (67%) zijn ontleend aan de daggegevens van het KNMI. Figuur 1a toont berekende zonsbeelden voor ware zonshoogten van -16' tot -87', 1b geeft de stralengang (waarbij het aardoppervlak is 'rechtgetrokken') en 1c het temperatuurprofiel. De simulaties reproduceren de afplatting van het zonsbeeld al boven de horizon. De eerste beelden worden gevormd door de categorie stralen die in figuur 1b is aangegeven met de letter A. Later komt ook licht tevoorschijn tussen de hoogte waarop de afplatting plaatsvond en de horizon. De stralen die daarbij horen hebben een extra oscillatie gemaakt (categorie B in figuur 1b). Het eerste verschijnen van deze *Nova Zembla-fase* gaat gepaard met een rode straal aan de onderkant van het zonsbeeld – de tegenhanger van de meer bekende groene straal, die soms te zien is bij het verdwijnen van de zon. De berekening voor 1,7 meter ooghoogte plaats het laatste zonlicht bij een ware zonshoogte van ongeveer -87'. De tijd die daarbij hoort is 19:47:30 UTC. Onder normale atmosferische omstandigheden, zonder

de inversielaag, wordt het laatste licht gezien bij een ware zonshoogte van -51'9. Het ondergaan van de zon zou dan om 19:42:41 UTC zijn geweest. De vertraging bedroeg dus bijna vijf minuten! Dat komt overeen met een schijnbare optilling van het zonsbeeld van 0,6°. Door de spiegeling tegen de inversielaag heeft het zonlicht ruim vijftig kilometer verder dan normaal het aardoppervlak gevolgd (figuur 1b). Ter vergelijking: tijdens de fameuze waarneming op Nova Zembla, 24 januari 1597, was dat meer dan tienmaal zo veel. In onze situatie zou dat een vertraging van 36 minuten hebben opgeleverd. Ook de foto's van Hans (niet getoond) laten de afplattingsfase van de zonsondergang zien. Simulaties voor die beelden (ook niet getoond) geven een vertraging van zeven minuten voor de zonsondergang. Die ongeveer zeven minuten komen ook overeen met Günthers ervaring: eigenlijk op jacht naar de groene straal, merkte hij met enige ergernis dat het laatste stukje zon maar niet onder wilde gaan. Dat er sprake zou kunnen zijn van het *Nova Zembla-effect* kwam geen moment in hem op – dit ondanks zijn co-auteurschap van [1]! Andere vroege beschrijvingen van het *Nova Zembla-effect* danken we aan poolreizigers als Nansen, Shackleton en Liljequist, zie referenties in [1]. Ze stammen uit het hoge Noorden of het Zuiden. In al die gevallen heeft het zonlicht via meerdere reflecties tegen de inversielaag over honderden kilo-

DOOR NOVA ZEMBLA-EFFECT

19:41:59 | ALT = -46'.7

19:43:29 | ALT = -57'.8

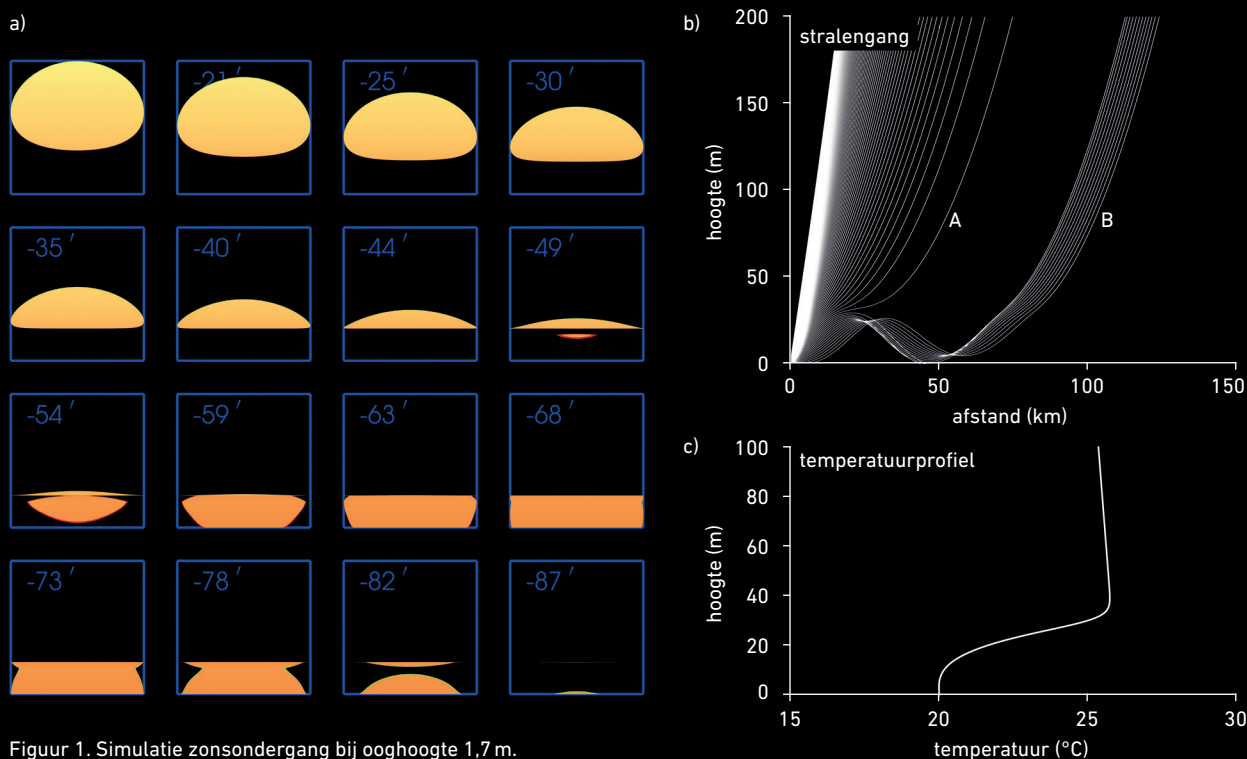
meters het aardoppervlak gevolgd, veel verder dus dan in ons geval. In de poolstreken heeft het Nova Zembla-verschijnsel, met dat van Willem Barentsz als spectaculairste voorbeeld, zich vooral gemanifesteerd als een tijdelijk verschijnen en ook weer verdwijnen van de zon rond het middaguur, het komen en gaan van een lange-afstandluchtspiegeling. De trage tijdvariatie van de (negatieve) ware middagzonshoogten speelde daarin maar een onderge-

schikte rol. Bij een zonsondergang op gematigde breedten is dat omgekeerd: de ware zonshoogte verandert hier snel. Het opvallendste kenmerk van onze waarneming is de aanvankelijke afplatting boven de horizon, daarna de stagnatie van de zonsondergang in de Nova Zembla-fase. Iets om op te letten – speciaal op warme voorjaarsdagen met aflandige wind! Tot slot: onze zonsondergang vond plaats tijdens een zomerse situatie, ver van zee- of landijs en ver buiten de

arctische gebieden. Voor zover ons bekend is dit de eerste maal dat in Nederland het Nova Zembla-effect als zodanig is herkend.

REFERENTIES EN NOTEN

1. S.Y. van der Werf et al., *Waerachtige Beschryvinghe van het Nova-Zembla-effect*, 24-27 januari 1597, *NTvN* 66-4 (2000) 120.
2. S.Y. van der Werf, *Hafgeroingar and giant waves*, *Applied Optics* 56 (2017) G51-G58.
3. Meer over atmosferische optica: <https://sites.google.com/site/siebrenvanderwerf/file-cabinet> en <http://www.guntherkonnen.com/>.



Figuur 1. Simulatie zonsondergang bij ooghoogte 1,7 m.