

Geologie rond het vriespunt

A.J. van Loon*

*Julianaweg 5, 6862 ZN Oosterbeek

Elders in dit nummer worden kristallen beschreven die verdwijnen zodra ze boven water komen. Begin vorig jaar heeft een van onze leden al eens geschreven over kristallen op de bodem van een plas die verdwenen zodra je ze beroerde. Dat bleken afdrukken van ijskristallen te zijn. Midden in de winter is dit een mooi moment om daar nog eens op terug te komen. Informatie voor op de winterwandeling.

Veel afzettingen worden tijdens of na hun ontstaan vervormd.

Soms gebeurt dat door krachten die samenhangen met processen in het binnenste der Aarde. Vervormingen die ontstaan ten gevolge van deze z.g.n. endogene krachten worden in het algemeen 'tektonische deformaties' genoemd. Voorbeelden zijn breuken en plooiën.

Veel gevarieerder zijn de vervormingen in niet-verharde sedimenten, zoals zand en klei, ontstaan door exogene processen, d.w.z. processen die het gevolg zijn van krachten die niet direct samenhangen met processen in het inwendige der Aarde. Wanneer dergelijke vervormingen het gevolg zijn van processen die thuis horen in het afzettingsmilieu, dan spreekt men wel van 'sedimentaire deformaties'.

Oppervlaksstructuren

Een fraai voorbeeld van zo'n sedimentaire deformatie toonde Steur in de rubriek 'Hé...' van het vorige februari-nummer van dit tijdschrift. Op de modderbodem van een plas waren ijsbloemachtige structuren te zien. De gedachte aan afdrukken van primitieve organismen (planten?) is dan ook geen wonder.

Deze structuren hebben echter niets met organismen te maken, waarover dadelijk meer. De enige overeenkomst is dat ze een groeistadium doorlopen. Het zijn typische sedimentaire deformaties, zoals die veelvuldig en in grote verscheidenheid kunnen worden gevonden op het recente oppervlak van allerlei afzettingen (oppervlaksstructuren).

Diverse handboeken over sedimentologie en sedimentaire structuren noemen dergelijke oppervlaksstructuren. Een heel bekende structuur, die ook al vroeg als zodanig in inmiddels verharde sedimenten werd herkend (Lyell,



De 'inslagkraters' van regendruppels in onverharde afzettingen werden al in 1851 door Lyell herkend als deformatiestructuren.

1851), wordt gevormd door de 'inslagkraters' van regendruppels (zie foto). Niet al dergelijke 'kraters' zijn echter het gevolg van regendruppels.

Ontsnappingsstructuren van lucht of water of schuimbellen op een strand kunnen hierop sterk gelijkende structuren veroorzaken. Toch is het ontstaan van inslagkraters door regen onomstreden en ook experimenteel aangetoond. Teveel regen wist dergelijke structuren overigens weer snel uit. In langdurige perioden van droogte worden zulke structuren eveneens gemakkelijk weer afgebroken, vooral wanneer het gaat om sterk zandige afzettingen (weinig cohesie). In fijnere afzettingen, vooral bij een relatief hoog gehalte aan silt (2-64 micrometer) kunnen oppervlaksstructuren zoals regendruppelkraters door de materiaaleigenschappen van het sediment langer blijven bestaan en zelfs fossiliseren. De beste kans op fossilisatie bieden dus afzettingen in (semi)aride gebieden met een slibachtig karakter.

In gebieden waar het klimaat, al dan niet tijdelijk, ervoor zorgt dat geen re-

gen maar hagel valt, worden eveneens 'inslagkraters' gevormd. Ook dat had Lyell reeds in 1851 in de gaten. Ook sneeuw kristallen kunnen een afdruk in een slibachtige ondergrond achterlaten (zie foto). Maar wat gebeurt er daarna met de gevallen regen, sneeuw of hagel?

Ijslaagjes

In veel gevallen zal regen (of, na smelten, hagel of sneeuw) in de bodem wegzakken of over het sedimentoppervlak wegstromen. Kleine oneffenheden in het oppervlak zorgen dan altijd voor het ontstaan van grotere of kleinere plassen.

Omdat daarin het water tot stilstand komt, kunnen ook de fijnste meegevoerde klei- en slibdeeltjes bezinken. De bodem van zo'n plas voelt door het hoge klei- en slibgehalte dan ook vaak wat 'vettig' aan. Deze slibbodem is slecht doorlaatbaar voor water. Een gevolg is dat bij een volgende regenbui het water in de plas nog beter blijft staan en dat er nog meer slib bezinkt. Zo ontstaat een opeenvolging van gebeurtenissen die er uiteindelijk toe leidt dat de oorspronkelijke depressie (bijna) geheel met slib wordt opgevuld. In een dergelijke, bijna geheel dichtgeslibde, plas zal makkelijk en langdurig een uiterst dun waterlaagje blijven staan. Wanneer vorst optreedt, zal dat waterlaagje uiteraard in een ijslaagje veranderen. Daarmee zijn we gekomen aan de oorsprong van de structuren die beschreven zijn door Steur (1989).

Overigens is er nog een tweede manier waarop een zeer dun ijslaagje een sedimentoppervlak kan gaan bedekken. Dat is ijzel, het 'vorst-equivalent' van dauw. Uit met water verzadigde lucht hoeft bij een bevroren ondergrond niet perse een dikke ijzellaag te ontstaan; bij een gering surplus aan

vocht zal slechts een dunne ijsfilm worden gevormd. Vroeger was die bekend van slaapkamerramen die op winterochtenden prachtige ijsbloemen konden vertonen. Nu de temperatuur in de meeste slaapkamers boven het vriespunt blijft, zijn we voor dergelijke ijsbloemen vooral aangewezen op de ruiten van buiten geparkeerde auto's: mooi, maar niet erg gewaardeerd door degenen die met goed zicht willen rijden.

Ijskristallen

Dezelfde ijskristallen van onze slaapkamer- of autoruiten kunnen, onder gunstige omstandigheden, ook worden gevormd op het sliboppervlak van de hiervoor beschreven depressies. Uiteraard komen ze ook elders in de natuur voor, en wel vooral langs de oevers van meren, in riviervlaktes en op wadplaten. Kortom, overal waar sprake is van een goed ontwikkeld sliboppervlak in een gematigd of koud klimaat.

Onder gunstige omstandigheden kunnen groeiende ijskristallen in een modderlaagje deformaties veroorzaken. Een voorwaarde is dat er geen dikke ijslaag wordt gevormd. Bij dikke ijslagen is de groei van de kristallen namelijk onvoldoende subtiel om het onderliggende materiaal zodanig te deformeren dat precies de kristalvorm van het ijs wordt gevolgd. Het ijs mag feitelijk niet meer dan één kristallaag dik worden.

Wanneer aan al deze voorwaarden is voldaan, zal het sliboppervlak door de groeiende ijskristallen worden weggedrukt, zodat uiteindelijk een soort mal ontstaat die, na smelten van de kristallen, een duidelijke afdruk vormt. Een dergelijke afdruk is een prachtig voorbeeld van een sedimentaire deformatiestructuur.

Er kunnen ruwweg twee categorieën van ijskristal-afdrukken worden onderscheiden: losse naalden, die elkaar willekeurig snijden en die gewoonlijk enkele centimeters lang worden en patronen van vaak door rechte lijnen begrensde vlakken waarin zich ijsbloemen kunnen hebben ontwikkeld. De foto van Steur (1989) toont vooral de eerste categorie, maar bevat ook overgangen naar de tweede (die hij ook nadrukkelijk vermeldt in zijn beschrijving). De eerste categorie vertegenwoordigt een beginstadium. De willekeurige richting van de ijsnaalden is waarschijnlijk bepalend voor de, latere, rechte vlakken in het geheel opgevulde patroon dat ontstaat wanneer het proces van kristalgroei zich langer voortzet.

Voorkomen

Afdrukken van ijskristallen zijn bepaald geen zeldzaam verschijnsel. Naar aanleiding van de vraag van Steur heb ik nog eens goed opgelet. Ik vond ze vervolgens in de omgeving van Ginzling (Oostenrijk) op 11 maart 1989 (zie foto) en in de omgeving van Maarn op 19 maart 1989. In Ginzling trof ik de ijskristalafdrukken op veel plaatsen aan



Afdrukken van ijskristallen (enig ijs is nog zichtbaar) op een bergpad nabij Ginzling (Oostenrijk). Merk op dat de patronen worden bepaald door oriëntatie parallel aan ijsnaalden die zelf een min of meer willekeurige richting hebben.

op een bergpad op 1000-1100 m hoogte. Het was ochtend, het vroege nog en het pad lag nog in de schaduw. Omdat het pad enkele uren later in de Zon zou komen te liggen, nam ik slechts enkele foto's. Met een strijklucht van de Zon zouden deze fijne structuren immers veel beter uitkomen en zou ook de kleur van de dia's meer met de werkelijkheid overeenstemmen. Toen ik twee uur later terugkwam was er geen enkele afdruk van een ijskristal meer te vinden... In Maarn waren de omstandigheden vrijwel identiek: een bospad op de stuwwallen, in de vroege ochtend na een nacht met duidelijke vorst. Gelegenheid tot fotograferen had ik echter niet. Uit deze twee recente waarnemingen moge overigens duidelijk zijn dat het om een betrekkelijk frequent voorkomende structuur gaat. Er zijn in de literatuur dan ook diverse beschrijvingen te vinden. Gefossiliseerde exemplaren ken ik alleen uit een beschrijving van Hantzschel (1935). Het gaat daarbij overigens om 'contactafdrukken' en niet om 'kaartenhuizen van slibdeeltjes'; Steur vermeldt laatstgenoemde verklaring (in het aprilnummer 1989 van dit tijdschrift) geïnspireerd op de door de heer

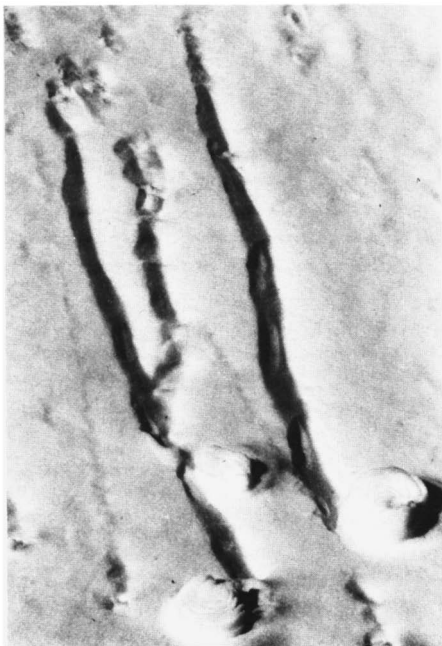
Bosch gegeven mededeling dat ijsbloemen de oorzaak waren. Deze 'kaartenhuizen' lijken overigens, niet alleen op grond van een analyse van de structuren maar ook vanwege de fysische eigenschappen van slib, geen aannemelijke verklaring voor de aangetroffen structuren. Het relatieve gebrek aan beschrijvingen van fossiele exemplaren wijst erop dat deze deformatiestructuren weinig kans van

overleven hebben. Dat komt volledig overeen met mijn ervaring in Ginzling. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk dat er voor fossilisatie een bedekking met nieuw sediment nodig is (bijv. door zand dat door de wind wordt aangevoerd) voordat de ijskristallen smelten. Wanneer het ijs bij het smelten nog aan het oppervlak ligt, leidt de verzadiging met water van het onderliggende slib tot vervloeijing, waarbij de afdrukken, die immers ook niet dieper zijn dan de kristallaagje ijs, verdwijnen. Steur heeft de structuren dus op een gelukkig moment aangetroffen (waarschijnlijk bij een temperatuur rond het vriespunt). Deze 'gelukkige' omstandigheid doet overigens niets af aan de schoonheid van deze sedimentaire deformatiestructuur. Zo is er voor even oplettende onderzoekers trouwens nog veel meer moois aan deformatiestructuren te vinden!

Andere 'winterstructuren'

Er bestaan nog tal van andere deformatiestructuren die we, in ons klimaat, als 'winterstructuren' zouden kunnen aanduiden. Een deel van die deformaties is vooral zichtbaar in een verticale doorsnede, omdat ze zich vanaf het se-

dimentoppervlak naar onderen toe uitstrekken (bijv. vorstspleten). Deze categorie wil ik hier verder buiten beschouwing laten. De 'winterstructuren' die vooral of uitsluitend aan het sedimentoppervlak zichtbaar zijn, hebben, evenals de afdrucken van ijskristallen, nauwelijks kans om te fossiliseren of zelfs maar enige tijd te blijven bestaan. Dat komt doordat tal van processen (erosie, vervloeiing, sneeuwsmelt, etc.) deze structuren aantasten. Een fraai voorbeeld van structuren die geen enkele kans op fossilisatie maken, zijn natuurlijke sneeuwballen. Zoals we het lichaam van een sneeuwpop maken door een sneeuwbal steeds verder te rollen over 'plakkerige' sneeuw, zo kan ook een sneeuwbal die door natuurlijke oorzaken van een helling afrolt, steeds groter worden. Een dergelijke sneeuwbal zal in doorsnede een spiraalvormige struc-



Sneeuwballen vertonen in doorsnede een spiraalvormige structuur. Dat komt doordat het oorspronkelijk vlakke sediment tijdens de beweging van een sneeuwbal steeds verder om de kern wordt gedraaid.

tuur vertonen (zie foto). Het oorspronkelijk min of meer vlakke sneeuw pakket is dus door een deformatieproces verstoord. Na smelten van de sneeuw blijft er van deze fraaie deformatiestructuur echter helaas niets meer over: het sediment (want zo moet sneeuw geologisch worden beschouwd) is zelf verdwenen! Voor degenen die dergelijke spiraalvormige deformatiestructuren geologisch niet erg relevant vinden: precies dezelfde structuren zijn nog onlangs beschreven door André (1989), zij het voor ballen van een licht geconsolideerde kalk-



Spiraalvormig deformatiestructuur in een paleozoïsche kalkmodderbal die over een onderzeese helling van kalkmodder omlaagrolde. De structuur is voor de duidelijkheid met een inktlijn geaccentueerd. Naar Andr (1989).

modder (zie foto), die in het Paleozoïcum van een onderzeese helling afrolde (in het huidige Marokko). De kans om dergelijke structuren in het veld aan te treffen, is uiterst gering; de kans om het proces in werking te zien, is zelfs verwaarloosbaar klein. Daarom vormen de hiervoor genoemde sneeuwballen in feite uiterst interessant studiemateriaal. Winterstructuren die wel enige kans van overleven hebben, zijn bijv. de afdrucken die op een sedimentoppervlak (bijv. een wadplaat of de uiterwaarden van een rivier) of, liever nog, tegen de zijkant van een dalhelling of een dijk worden gemaakt door brokken ijs afkomstig van een kruierende massa. Zowel op de Nederlandse rivieren als op bijv. het IJsselmeer komt kruierend ijs regelmatig voor. Helaas, althans vanuit sedimentologisch oogpunt, zijn veel dijken waar ijs tegenop kruit tegenwoordig niet meer van klei of een ander onverhard sediment, maar van vormvast materiaal (bazalt, asfalt, beton), zodat er geen afdrucken in worden gevormd. Zelf heb ik dan ook nog nooit een dergelijke deformatiestructuur gezien (maar ik heb er ook nooit bewust naar gezocht). Wie van de lezers van dit tijdschrift kent dergelijke structuren en heeft ze wellicht zelfs gefotografeerd?

Summary

Ice crystals formed under favourable conditions at a sedimentary surface may cause imprints, particularly if the surface contains a relatively high portion of silt. The crystals (and their imprints) start growing as small needles, but continued growth may result in ice flowers. The imprints are optimally visible after complete melting of the ice, but their preservational potential is very small due to easy fluidisation of the water-saturated, silty substratum.

Literatuur

- ALLEN, J.R.L., 1982: Sedimentary structures - their character and physical basis, volume II. Developments in Sedimentology 30B. Elsevier, Amsterdam: 663 pp.
- ANDRÉ, J.-P., 1989: Snowball structures and their slide origin in the Jebel Tekzim Limestone (Palaeozoic of the Jebilet range, Morocco). *Sedimentology* 36: 363-369.
- HÄNTZCHEL, W., 1935: Rezenten Eiskristalle in meerischen Sedimenten und fossile Eiskristall Spuren. *Senckenbergiana* 17: 151-177.
- LYELL, C., 1851: On fossil rainmarks of the Recent, Triassic, and Carboniferous periods. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 7: 238-247.
- REINECK, H.-E., 1952: Abdrücke von Schneekristallen. *Natur und Volk* 82: 394-397.
- REINECK, H.-E., 1955: Eisblumen im Watt. *Natur und Volk* 85: 400-402.
- REINECK, H.-E., 1956: Abschmelzreste von Treibeis an den Ufersäumen des Gezeiten Meeres. *Senckenbergiana Lethaea* 37: 299-304.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B., 1980: Depositional sedimentary environments (2nd ed.). Springer Verlag, Berlin: 549 pp.
- STEUR, H., 1989: Slibkristallen. *Grondboor & Hamer* 43: 32.
- VAN LOON, A.J. & BRODZIKOWSKI, K., 1987: Deformaties in onverharde sedimenten: het bestuderen waard. *Afzettingen (Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie)* 8 (2): 31-34.
- WASMUND, E., 1930: Rieselfelder und Blattfächerabdrücke auf rezentem und fossiltem Süßwasser Flachstrand. *Senckenbergiana* 12: 139-151.