

# Stake a claim - the rush is on:

## een nieuwe opaalrush in Australië!

door Theo Kloprogge

Sinds ik vorig jaar naar Australië verhuisd ben, volg ik het Australische geologische nieuws met meer interesse dan vroeger. Half juli kwam het volgende bericht in de nationale Australische pers. Er zouden opalen zo groot als de vuist van een baby zijn gevonden in de afgelopen maanden! Het gevolg laat zich natuurlijk raden. Grote aantallen avonturiers hebben alles achter zich gelaten en zijn met de caravan vol met gereedschap op weg gegaan naar een ver weg gelegen veestation in het centrum van Australië. Wat op dit moment wel de laatste grote opaalrush van deze eeuw wordt genoemd, vindt plaats bij Seven Water Holes bij Lambina Station, 1150 km ten noordwesten van Adelaide op de grens van de Perdirka woestijn. Het is de eerste grote vondst sinds de vondst bij Mintabie, 100 km meer naar het westen, in het midden van de jaren '70. Opeens zijn de paar mijnwerkers die er al waren omringd door zo'n 200 collega's uit voornamelijk Mintabie en Coober Peby met al hun apparatuur en worden overal nieuwe claims uitgezet.

De grote rush kwam op gang nadat de minister voor primaire industrie en energie voor de staat Zuid-Australië een overeenkomst had gesloten tussen de opaalzoekers en de oorspronkelijke bewoners, de aboriginals, waardoor de weg vrij kwam voor het nieuwe opaalveld. Dit was een zeer belangrijke stap, aangezien de landrechten voor de aboriginals hier op het ogenblik nogal gevoelig liggen. De uiteindelijke overeenkomst is tot tevredenheid van beide partijen en de aboriginals hebben zich bij de opaalzoekers gevoegd op zoek naar het grote geld. En er zullen maar weinig gelukkigen zijn. Zo'n 90% gaat binnen het jaar failliet en druipt teleurgesteld af. Van de resterende 10% zullen er maar enkelen rijk worden, de rest vindt net genoeg om van te kunnen leven.

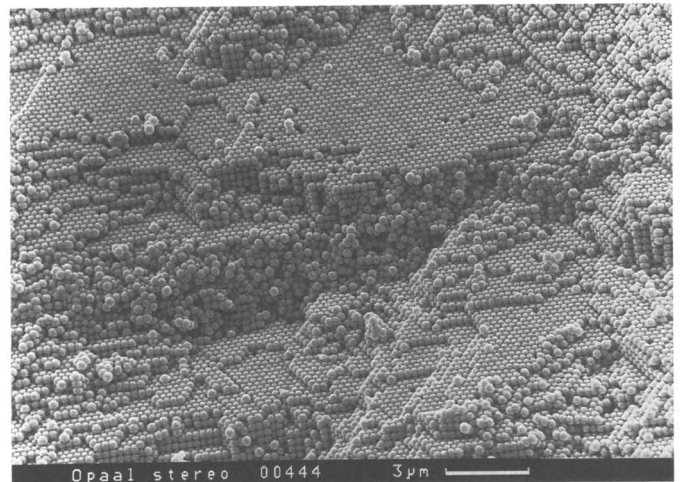
Ook zijn afspraken gemaakt ten aanzien van het milieu. Waterputten zullen worden beschermd en het land zal na afloop door de opaalzoekers weer in zijn oorspronkelijke staat worden teruggebracht. Op dit moment weet nog niemand hoeveel opaal er precies zit en wat de waarde zal zijn, maar volgens de South Australian Opal Miners Association ziet het er zeer veelbelovend uit. Na de sterke teruggang in de opaalvondsten bij Coober Peby in de laatste paar jaar is men voorzichtiger geworden in het doen van uitspraken over de mogelijke opbrengst van het nieuwe gebied.

De opaal bevindt zich in een soort van gravelachtig roodbruin materiaal. Met graafmachines worden de stukken losgemaakt en daarna met de hand stuk voor stuk bekeken of er opaal in zit. Een karwei dat niet gemakkelijk is bij de extreme warmte en de grote hoeveelheden vliegen. Sommigen houden het er niet langer dan een paar dagen uit. Opaal is berucht om zijn grote verscheidenheid in kwaliteit. In het algemeen zijn stukken met een goede helderheid, kleur en stevigheid zonder breuken al gauw 5000 Australische dollar per ounce (ongeveer 28,35 gram) waard en de bijzonder gewaardeerde zwarte opaal kan nog aanzienlijk meer opleveren. Maar een algemene wijsheid hier in Australië zegt, dat hoe lager de kwaliteit van de opaal is des te meer ervan wordt gevonden.

### Wat is opaal?

In het algemeen wordt opaal vaak gezien als een melkachtig witte edelsteen met wisselende kleuren als de lichtinval verandert. Opaal is een gehydrateerde vorm van silica met als chemische formule  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  en is als zodanig nauw verwant aan agaat, jaspis en de kwartsvariëteiten die uit silica bestaan maar dan zonder water. Opaal heeft gemiddeld genomen een hardheid van  $5\frac{1}{2}$  tot  $6\frac{1}{2}$  op

de hardheidsschaal van Mohs. Het watergehalte kan variëren van 1 tot wel 20%, afhankelijk onder andere van de porositeit. De meeste edelsteenkwaliteit-opaal bevat tussen de 6 en 10% water. De oorsprong van het kleurspel in opaal is lang een raadsel geweest. De oplossing kwam pas in de jaren '60 met de bestudering van opaal met de scanning elektronen microscoop.



Afb. 1. Opname met de scanning elektronenmicroscoop van opaal. Het maatstreepje is 3  $\mu\text{m}$ . Met dank aan de fotograaf, ing. J. Pieters van het Lab. voor Moleculaire Celbiologie, Universiteit Utrecht.

Toen bleek dat opaal bestaat uit een enorm aantal kleine bolletjes van uniforme grootte met een diameter tussen de 1500 en 3500 nanometer. Zie afb. 1. In edelsteenkwaliteit-opaal waren de bolletjes niet alleen uniform in diameter, maar ze lagen ook samengepakt in een regelmatige ordening. Als gevolg van de bolvorm blijven er kleine openingen tussen de bolletjes over. Ook deze openingen komen dus voor in een regelmatige, driedimensionale ordening en deze vormen de oorzaak van de breking van het zichtbare licht in opaal. De afstand tussen de opeenvolgende holtes is precies groot genoeg om het licht te laten breken en omdat ze in driedimensionale gebieden voorkomen met kleine verschillen in grootte van de holtes, kan het licht bij verschillende golflengtes gebroken worden afhankelijk van de richting waarin het licht op de opaal valt, met als gevolg het welbekende kleurspel.

Hoewel deze ontdekking het optreden van het kleurspel verklaart, geeft zij nog geen oplossing voor het ontstaan van opaal. Laboratoriumonderzoek heeft aangetoond dat als in een oplossing silicadeeltjes ontstaan, deze de neiging hebben om een bolvorm aan te nemen en dat bij verdere groei andere gelijksoortige bolletjes zich als een schil om het eerste bolletje heen zullen rangschikken. Het vormen van regelmatige aggregaten van silicabolletjes heeft te maken met het verminderen van het oppervlak tussen de silica en het water. Verdere aggregatie resulteert in precipitatie vanuit de oplossing en vormt een soort van gel op de bodem. Het mengsel van kleine, submicroscopische bolletjes in water staat in de chemie bekend als een sol of een colloïdale oplossing. De viscositeit van de sol bepaalt bij welke grootte van de bolletjes een neerslag ontstaat. Door dit mechanisme slaan alleen bolletjes met een enkele typische grootte neer en verzamelen zich vervolgens in een regelmatige rangschikking. In de natuur vindt een vergelijkbaar proces plaats. Opaal wordt hier gevormd uit silica-aggregatie

uit grondwater, dat is opgesloten in het gastgesteente. Dit is waarschijnlijk een genetisch proces. Als gevolg van een hoge grondwaterstand vormden zich in Australië laterieten, die uitloging van ijzerrijke mineralen uit het sediment veroorzaakten. Dit eindigde toen als gevolg van wereldwijde klimaatveranderingen zeer droge omstandigheden gingen optreden. Het gevolg was een verlaging van de grondwaterstand.

De sedimenten zijn voornamelijk impermeabele (ondoordringbare) klei en poreuze zandsteen. Als de grondwaterstand nu verlaagd werd tot een kleihorizon, dan kwam het water opgesloten te zitten. Dit water moet het opgeloste silica hebben bevat als gevolg van de uitloging uit het omringende gesteente. Aangenomen kan worden dat er enige laterale beweging in het water is geweest, wat kan hebben geresulteerd in de aanvoer van nieuwe silica in het systeem. Het water is uiteindelijk verloren gegaan als gevolg van verdamping door de permeabele lagen en met de tijd zal de silica zich hebben ontwikkeld van een sol naar een colloïdale gel. Er zijn veel factoren van invloed op deze processen, zoals de pH (zuurgraad) van het water, de temperatuurgradiënt en de permeabiliteit van het bovenliggende gesteente. De schatting is, dat de natuurlijke snelheid van afzetting van opaal ligt in de orde van grootte van ongeveer enkele centimeters in vijf miljoen jaar op een diepte van zo'n veertig meter.

De volgende stap is de solidificatie van de gel. Het wordt aangenomen dat dit in de een à twee miljoen jaar heeft plaatsgevonden. De opaal bleef lang zacht en onsamenvast, zoals blijkt uit allerlei insluitsels die in de nog zachte gel zijn gevallen. Uiteindelijk vond gedeeltelijke uitdroging en cementatie plaats. Dit is niet geheel zonder haken en ogen voor de vorming van edelsteenkwaliteit-opaal. Als er teveel cementatie plaats vindt kan dit opvulling van de holtes tussen de silicabooltjes tot gevolg hebben, waardoor de brekende werking verloren gaat en daarmee het kleurspel van de opaal. Een ander effect kan zijn dat de uitdroging van de gel gepaard gaat met een vervorming van de bolletjes en dus ook van de tussenliggende holtes, met hetzelfde resultaat: verlies van het kleurspel. Al met al is opaal dus een zeer bijzonder materiaal, dat door veel mensen over de gehele wereld bijzonder wordt gewaardeerd: door de een als geologisch interessant materiaal en door de ander als schitterende edelsteen.

#### Enkele interessante boeken over opaal:

R.G. Hail (1995) Opals of the Never Never. Kangaroo Press Pty. Ltd. Kenthurst, NSW, Australië, 127 pp.

B. O'Leary (1992) A field guide to Australian opals. Gemcraft Books, Melbourne, Australië, 159 pp.



#### Stikstof in de oceaan bepaalde de ontwikkeling van ecosystemen en droeg bij aan klimaatveranderingen

De concentratie stikstof in de oceanen is van enorm belang, omdat uit de oceanen vrijkomende stikstof op significante wijze de samenstelling van de atmosfeer beïnvloedt en daarmee ook de ecosystemen op het land en in het water. Deze nieuwe visie lijkt een eind te maken aan de rol die tot nu toe vooral werd toegedicht aan fosfor. Tot nu toe werd immers algemeen aangenomen dat de hoeveelheid aanwezig fosfor, samen met licht en koolzuurgas, de hoeveelheid plantaardig leven bepaalt die in zee kan ontstaan, en daarmee - direct en indirect - ook de hoeveelheid dierlijk leven. Deze veronderstelling leek in de afgelopen jaren bevestigd te worden door het teruglopen van onder meer bepaalde vissoorten in de Noordzee: de schuld werd gelegd bij de nieuwe, fosfaatvrije wasmiddelen, en door sommigen ook bij de verbeterde afvalwaterzuivering. Er zou daardoor via de rivieren minder fosfor in zee terecht komen dan vroeger.

De overheersende rol van fosfor als voedingsstof wordt echter betwifteld door Paul Falkowski, een oceanograaf van het Brookhaven

National Laboratory in Upton (Verenigde Staten) in Nature 387, 1997. Stikstof is volgens hem veel belangrijker. Hij kwam tot die conclusie nadat hij had vastgesteld dat geologisch lange perioden waarin stikstof werd vastgelegd, afwisselden met perioden waarin juist weer stikstof door de zee werd afgegeven (denitrificatie). De oceaan blijkt dus als een enorm reservoir voor stikstof te fungeren. Falkowski stelde vast dat in de geologische perioden met denitrificatie steeds nieuwe soorten microben en enzymen een hoofdrol speelden. Daarentegen speelden alle keren dat stikstof werd vastgelegd, onderling zeer sterk verwante cyano- en eubacteriën een hoofdrol. Die bacteriën bleken over een gezamenlijke voorouder te beschikken, waardoor ze alle een bepaalde eigenschap gemeen hadden: een enzym (nitrogenase) dat stikstof bindt.

Dit enzym zou door de betrokken bacteriën al zijn ontwikkeld toen de aardatmosfeer nog nauwelijks zuurstof bevatte, d.w.z. meer dan zo'n tweemiljard jaar geleden. Dat is goed verklaarbaar, want voor de vorming van dit enzym is niet alleen ijzer nodig, maar ook een reducerend milieu. De huidige diepzee vertoont in dat opzicht geen gunstige omstandigheden, de ondiepe zeeën nog minder. Daarom wordt momenteel nauwelijks stikstof door die bacteriën vastgelegd, maar in het geologische verleden lag dat vaak heel anders.

Voor denitrificatie is behalve stikstof (in de vorm van nitriet en nitraat) ook veel organische stof nodig. Deze omstandigheden komen zowel nu als in het geologische verleden slechts zeer lokaal in de diepzee voor, maar vaker in wateren van hooguit enkele honderden meters diep. Omdat het binden van stikstof (bij gunstige omstandigheden) vooral in de diepzee gebeurt, terwijl denitrificatie juist in relatief ondiepe wateren plaatsvindt, komen (en kwamen) deze processen veelal ruimtelijk gescheiden voor. Dat betekent overigens niet per definitie dat er geen balans tussen beide processen zou bestaan. Integendeel, tussen opname en afgifte van stikstof door de oceaan bestond voor het grootste deel van de aardgeschiedenis juist een goede balans. Men moet zich daarbij voorstellen dat jaarlijks (!) zo'n honderdmiljoen ton werd vastgelegd, terwijl er elders ongeveer evenveel vrijkwam. Volgens Falkowski kon een 'onbalans' van zo'n 3% echter al catastrofale gevolgen hebben: de afwisseling van ijstijden en interglacialen zouden er volgens hem aan toe te schrijven zijn, en wel doordat meer of minder stikstof in het water, via meer of minder plantaardig leven, invloed uitoefent op het koolzuurgasgehalte in de atmosfeer. Minder stikstof in de oceanen bevordert volgens hem dus het broeikas-effect.

De uitkomsten van Falkowski sporen goed met de bevindingen van een team van Amerikaanse en Canadese onderzoekers. Deze hebben in het (subtropische) noordelijke deel van de Stille Oceaan de rol van stikstof in de biochemische cyclus onderzocht. Ook zij komen tot de conclusie dat stikstof, via cyanobacteriën, een uiterst belangrijke rol speelt. Wat dat betreft wijkt de huidige situatie dus niet af van die in het geologische verleden. In oligotrofe wateren is vooral het geslacht *Trichodesmium* actief; deze soort haalt biologisch vrijwel inerte stikstof uit de atmosfeer en zet die om in 'bruikbare' verbindingen. Gebeurt dat in zeer sterke mate, dan gaan de bacteriën zelf een grotere voedselbron vormen. Op deze wijze kunnen ze de hoeveelheid biomassa sterk in omvang doen toenemen. Dit is een nieuwe aanwijzing dat de activiteiten van cyanobacteriën, op basis van de beschikbaarheid van stikstof en ijzer, in de loop van de afgelopen miljarden jaren een tot nu toe duidelijk onderschatte rol hebben gespeeld in de ontwikkeling en levensvatbaarheid van aquatische, terrestrische en atmosferische ecosystemen.

Falkowski, P.G., 1997. Evolution of the nitrogen cycle and its influence on the biological sequestration of CO<sub>2</sub> in the ocean. Nature 387, p. 272-275.

Falkowski, P.G., Barber, R.T. & Smetacek, V., 1998. Biochemical controls and feedbacks on ocean primary production. Science 281, p. 200-206.

Jickells, T.D., 1998. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. Science 281, p. 217-222.

Karl, D., Letelier, R., Tupas, L., Dore, J., Christian, J. & Hebel, D., 1997. The role of nitrogen fixation in the biochemical cycling in the subtropical North Pacific Ocean. Nature 388, p. 533-538.

A.J. van Loon