

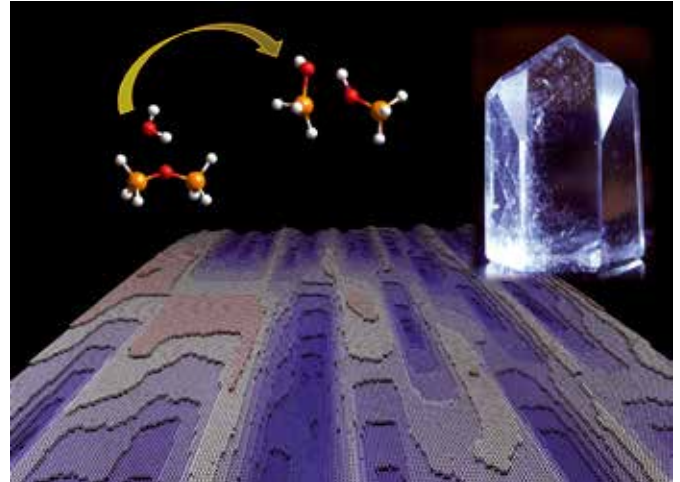
Water lost gesteente molecuul voor molecuul op

door A.J. (Tom) van Loon
Valle del Portet 17, 03726 Benitachell, Spanje
Geocom.VanLoon@gmail.com

Het laatste decembernummer van Gea - dat in samenwerking met de NGV tot stand is gekomen - was geheel gewijd aan natuursteen in gebouwen. In Nederland zijn we karig met zulke gebouwen bedeed, maar in bijna alle landen ter wereld is dat anders. Eeuwenlang hebben natuurstenen gebouwen de tand des tijds weerstaan, maar na de industriële revolutie kwamen er steeds meer stoffen in de lucht die daar reageerden en zwavelzuur vormden. Dat leidde tot de fameuze 'zure regen', die veel kalksteen (en vooral beelden) aantastte (afb.1). Dat zou volgens vooral de Europese overheden tot grote schade leiden: reden genoeg om tal van milieueffingen en emissiebeperkende maatregelen in te voeren. Nu horen we daar nauwelijks meer iets over. Maar hoe lost (vooral kalkhoudend) natuursteen in water eigenlijk op?

Erosie en chemische verwerking

Dat water gesteenten in de natuur aantast, is duidelijk zichtbaar. Erosie is een bekend proces dat rivierbodems en dalwanden uitschuurt. In koude gebieden dringt water in spleten in gesteenten door, zet bij vorst uit en versplintert zo langzaam zelfs hele gebergtekets. Het zijn deze mechanische processen die alle soorten gesteenten aantasten. Bij kalksteen en kalkhoudende gesteenten komt daar echter nog chemische verwerking in de vorm van het oplossen van mineralen in water bij. Zo kunnen verdwijngaten (dolines) en hele grotsystemen ontstaan. Geleidelijke verwerking door oplossing van vooral de kalkdeeltjes in bouwsteen blijkt voor gebouwen van natuursteen de grote boosdoener. Maar in een veel langzamer tempo worden ook andere mineralen (zelfs kwarts) op den duur door bijv. regenwater opgelost. Hoe verloopt dat proces?



Afb. 2. De oplossing van een kristallijne structuur in water vindt plaats als twee gebonden SiO_4 -moleculen (linksboven), van bijvoorbeeld een kwarts-kristal (rechtsboven) oplossen en het oppervlak van het kristal molecuul voor molecuul wordt 'weggeknaagd'. Illustratie: MARUM & Rice University.

Gesteente oplossen in het lab

Die vraag is niet eenvoudig te beantwoorden omdat oplossing van gesteente gewoonlijk een geologisch lange tijd vergt. Laboratoriumonderzoek kan dit trage proces dus niet natuurgetrouw nabootsen, en aanpassing van de laboratoriumsituatie die het oplossen versnelt leidt niet per definitie tot uitkomsten die zich

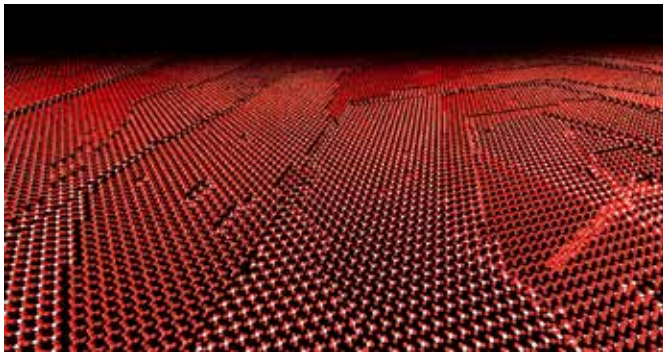
ook onder natuurlijke omstandigheden zouden voordoen. Door computersimulaties te combineren met experimenten kunnen onderzoekers nu echter voorspellen hoe water kristallijne structuren, zoals aanwezig in natuursteen, maar bijvoorbeeld ook in cement, zal oplossen. Hun methode blijkt veel betrouwbaarder dan eerdere voorspellingen omdat zij erin zijn geslaagd het oplossingsproces in de computersimulaties beter na te bootsen.

Oplossingsproces

Wanneer gesteente duidelijk is aangetast door bijvoorbeeld zure regen, vertoont het tal van putjes, soms microscopisch klein, maar soms ook met het blote oog goed zichtbaar. Die putten en putjes suggereren dat sommige delen in het gesteente gemakkelijker of sneller oplossen dan elders. Dat kan inderdaad het geval zijn bij een lokaal hoge concentratie kalk in een kalkzandsteen, maar vaker is dat waarschijnlijk het gevolg van een langere blootstelling aan water wanneer in een putje het regenwater langere tijd blijft staan. Hoe een en ander in z'n werk gaat, blijkt uit het onderzoek naar de processen die plaatsvinden in de dunne grenslaag tussen een vaste stof en een vloeistof. Zo'n grenslaag tussen water en gesteente bestaat op veel plaatsen, bijvoorbeeld waar regen op gesteente valt, waar grondwater zich via spleten door vast gesteente beweegt en op de bodem van de oceaan.



Afb. 1. Waterspuwer van het nieuwe stadhuis in München, sterk aangetast door zure regen. Foto Nino Barbieri.



Afb. 3. Computersimulatie van een detail van een door oplossing aangetast kristaloppervlak. Illustratie: MARUM & Rice University.

Grenslaag kwarts/water

In al die gevallen lost het gesteente langzaam maar zeker op, waarbij het van het type gesteente afhangt hoe snel dit gebeurt. Zo is gesteente dat uit zuiver kwarts bestaat (zandsteen, kwartsiet) zeer slecht oplosbaar. De grenslaag tussen water en deze gesteenten en andere materialen, zoals glas, keramiek en hoog-technische kunststoffen met een nanostructuur is daarom in detail onderzocht. In die grenslaag blijken talrijke chemische reacties plaats te vinden, deels gelijktijdig, deels na elkaar. Deze reacties werden in het computermodel gemodelleerd, waarbij vooral het moleculaire gedrag bij het oplossen werd gesimuleerd met een nauwkeurigheid die veel groter is dan tot nu toe met andere simulatiemodellen mogelijk was; de oudere modellen gingen namelijk uit van constante snelheden van de chemische reacties. In de nieuwe studie was het mogelijk met uiterst

verfijnde apparatuur de afzonderlijke snelheden van de diverse reacties zeer nauwkeurig te meten.

Met behulp van zogeheten 'verticale scanning interferometrie' maakten de onderzoekers scans van de oppervlakken van de aan oplossing onderworpen natuurlijke mineralen en kunstmatige stoffen. Zo kregen ze beelden van de oppervlakken die, doordat de moleculen één voor één werden opgelost, als het ware putjes vormden die van plaats tot plaats stapsgewijs steeds één molecuul dieper werden (afb. 2). Zo konden ze beelden produceren die de aan oplossing onderhevige oppervlakken vastleggen in de vorm van 'topografische kaarten' (afb. 3), waarbij hoogteverschillen van slechts enkele nanometers (een nanometer is een miljoenste millimeter) zichtbaar zijn. Daarbij bleek dat de snelheid van de chemische reacties die voor de 'aantasting' van de diverse stoffen verantwoordelijk zijn, in eerdere studies met soms wel een factor honderd verkeerd waren ingeschat.

De nu gevonden, veel nauwkeuriger, waarden van de oplosingssnelheid maken ook duidelijk dat de aantasting door water molecuul voor molecuul plaatsvindt. Dit inzicht kan in de praktijk helpen om materialen te ontwikkelen die minder gevoelig zijn voor oplossing in water. Te denken valt aan de ontwikkeling van vaten voor de opslag van radioactief materiaal; dit afval moet immers langdurig van de biosfeer worden afgeschermd. Ook kunnen de nieuwe inzichten helpen bij de materiaalkeuze voor nieuwe gebouwen en standbeelden van natuursteen.

Referentie

Kurganskaya, I. & Lutge, A., 2014. Kinetic Monte Carlo simulations of silicate dissolution: Model complexity and parametrization. *The Journal of Physical Chemistry C* 117, 24894-24906.

Maken fossiele en actuele schedels de mens?

door Bert Boekschoten, VU Amsterdam
g.j.boekschoten@vu.nl

'Wij zijn ons brein' - een bestseller is het geworden, dit boek van Swaab. Bewijs van die stevige titel ligt in het heden - iemand met een waarneembaar probleem aan de hersenen (te weinig, of ziek, of misvormd) valt meestal ook aan afwijkend gedrag te herkennen. In het onderzoek van Pietschnig c.s. (2015) is aan 8000 jonge mensen het hersenvolume niet-belastend gemeten en tevens het IQ. Geslacht en leeftijd maken niet uit: degenen met grotere hersens scoorden steevast gemiddeld wat beter. Kunnen we dan met een bepaling van het hersenvolume volstaan voor bijvoorbeeld schoolkeuze en bij sollicitaties? Niet, schrijft Pietschnig. De structuur en goedgevormdheid van hersenen zijn veel belangrijker, extra grootte kan wel enige compensatie bieden.

Vergelijkbare metingen aan schedels van fossiele aapachtigen en mensvormen zijn dus alleen maar een indicatie, geen kwantitatief bewijs, voor hun mogelijkheden tot menselijk leervermogen en inzicht. Neanderthalers, met hun grotere hersenvolume, overtroffen ons niet per se in kwaliteiten!

Al wel een eeuw vormen fossiele schedels het overweldigend bewijs van de werkelijkheid van evolutie. Maar - wanneer werd een aapachtige menselijk, en zijn er ook meerdere menstypen geëvolueerd? Belangrijke vragen voor wie rationeel het mens-zijn wil beschouwen. Het bederfelijke brein zelf kan dan niet

worden onderzocht - het vergaat snel. De schedelkap, die heel soms fossiel bewaard blijft, omhult het brein vrij nauwkeurig. Schedels zijn daarom het gegeven waarmee de anatoom probeert mensachtigen uit het verleden te herkennen. De schedelkap uit Java, ontdekt door onze landgenoot Dubois, borg een hersenvolume halfweg tussen mensaap en mens. Honderdwtintig jaar geleden werd hiermee de oorsprong van de mens feitelijk onderbouwd. Er zijn nu veel meer vondsten van deze erectus-mensen, en omdat daarbij meestal ook primitieve stenen werktuigen werden aangetroffen was het evident dat deze voormens het brein ook op menselijke wijze gebruikte.

Deze erectus-mens had uiteraard zijn voorouders. Onlangs is er met veel publiciteit zo'n allereerste mensvondst gemeld, uit een karstgrot diep in een kalksteenberg bij Johannesburg. Het was zonder meer een prachtige ontdekking: een groot aantal skeletrestanten van een rechtop lopend wezen, met een lengte van circa twee derde van de gemiddelde Nederlander en een gebit zonder grote hoektanden (dus daardoor meer mens- dan aapachtig), maar met een hersenpan als die van een chimpansee. De enthousiaste ontdekkers doopten dit wezen *Homo* (= mens) *naledi* en gaven ook een reconstructie: een vrijwel haarloze (dus menselijke) figuur met een zeer laag voorhoofd. De vindplaats zou een kerkhof zijn - ook al zo menselijk.