

ENKELE OPMERKINGEN OVER KALKZANDSTEENBANKEN

in het Pleistoceen van Midden-Nederland

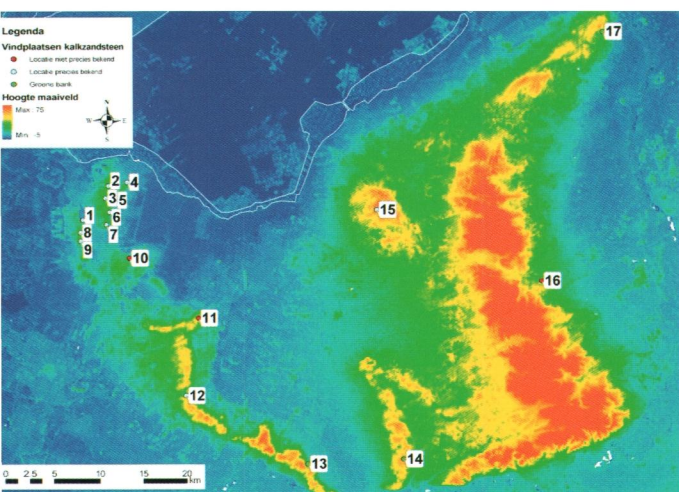
Op meerdere plaatsen in het Pleistoceen van Midden-Nederland wordt kalkzandsteen (ook wel 'plaatseigen zandsteen' genoemd) aangetroffen (Afb. 1). Zoals de naam plaatseigen zandsteen al aangeeft, is deze ter plaatse gevormd door verkitting van Pleistocene zand- en grindpakketten. Hoewel de kalkzandsteen bij velen verbazing heeft gewekt en tot wilde speculatie omtrent het ontstaan heeft geleid, duidt hun veelvuldige voorkomen er op dat het een normaal verschijnsel is in de gestuwde Pleistocene afzettingen. De titel van deze bijdrage is vrijwel dezelfde als die van Crommelin (1964) en is gekozen om aan te geven dat dit niet een artikel is waarin afgeronde resultaten worden gepresenteerd maar waarin het onderwerp van de kalkzandsteenbanken opnieuw voor het voetlicht wordt gebracht.

Vindplaatsen

De vindplaatsen zijn opgesomd in Tabel 1 samen met de verwijzingen naar de (literatuur)bronnen waaruit zij zijn afgeleid. In vrijwel alle gevallen kon de exacte locatie van de vindplaatsen uit de literatuur worden herleid. Het blijkt dat de kalkzandsteen vooral wordt aangetroffen in (de flanken van) de stuwwallen (Afb. 1). Wat opvalt is dat veel vindplaatsen bekend zijn in het Gooi. Maar dit kan het gevolg zijn van het grote aantal beschikbare publicaties over dit gebied. Ook in de omgeving van Hamburg in Duitsland zijn massieve kalkconcreties gevonden (Baermann et al., 1983). Het voorkomen daarvan lijkt gerelateerd te zijn aan de aanwezigheid van keileem, waarbij de kalkzandsteen gevormd is in de zanden onder de keileem (J. Ehlers, mond. med. 2005).

De kalkzandsteen komt doorgaans voor als brokken of banken met een dikte tot enkele meters en een lengte tot tientallen meters. De mate van verkitting met kalk varieert: sommige poriën zijn geheel met carbonaat opgevuld, andere nauwelijks (Afb. 2). De oorspronkelijke sedimentaire structuren van het zand zijn duidelijk in de kalkzandsteen te herkennen (Afb. 3) en ook zijn breukjes zichtbaar (Afb. 2).

De diepte waarop de banken voorkomen varieert van vlak onder maaiveld tot meer dan 20 meter in groeve Kwinteloijen (Zandstra, 1981). Het moeder materiaal waarin de kalkverkitting is opgetreden bestaat in deze groeve uit de zogenaamde 'Groene bank' die tot de formatie van Urk behoort. Ook op andere plaatsen waar de Groene bank is aangetroffen was sprake van verkitting, zoals bij Wageningen-Hoog (Zandstra, 1981) en Hattem



Afbeelding 1.

Hoogtekaart van Midden-Nederland met de vindplaatsen van de kalkzandsteen. De locaties zijn afgeleid uit vermeldingen in de literatuur (zie Tabel 1). Niet in alle gevallen zijn de locaties van de vindplaatsen precies beschreven en afwijkingen van enkele kilometers zijn daarom niet uitgesloten. Deze vindplaatsen zijn op de kaart aangegeven met een rode stip.

Nr	Geografische benaming	Bron
1	Trompenberg, Hilversum	De Vrankrijker (1981), Addink-Samplonius (1984),
2	Bikbergerbos, Huizen	Bout (1954), Ruegg (1975)
3	Ziekenhuis Gooi-Noord, Blaricum	Kluiving en Soonius (1994)
4	Warrandebergen, Huizen	De Vrankrijker (1981), Ruegg (1975)
5	Zanderij De koppel, Laren	De Vrankrijker (1981)
6	Laren I	mond. med. Sander Koopman (2005)
7	Laren II	mond. med. Sander Koopman (2005)
8	Heuvellaan, Hilversum	mond. med. Janny van Heusden (2005)
9	De Boomburg, Hilversum	mond. med. geologisch museum Hofland
10	Hooge Vuursche, Baarn	Crommelin (1964)
11	Amersfoorste berg, Amersfoort	Van der Lijn (1934)
12	Plattenberg, Maarn	Van der Lijn (1934)
13	Groeve Kwintelooijen, Rhenen	Ruegg (1981), Zandstra (1981)
14	Groeve Fransche Kamp, Wageningen	Ruegg (1991)
15	Speuldersbosch (Solse gat), Putten	Starling (1860)
16	Uchgelen	Crommelin (1964)
17	Molenweggroeve, Hattem	Zandstra (1971)
-	Hooglaren, Blaricum	collectie geologisch museum Hofland
-	Zuidbarge (bij Emmen)	Kok (1973)

Tabel 1.

Overzicht van vindplaatsen en bijbehorende bronvermeldingen. De nummers in de linkerkolom refereren naar de nummers in afbeelding 1.

(Zandstra, 1971). Het is opvallend dat ook het moedermateriaal van de kalkzandstenen in het Bikbergerbos en in de Warrandebergen in Huizen gevormd wordt door de zanden van de formatie van Urk (Ruegg, 1975). Alleen in groeve Fransche Kamp te Wageningen wordt de formatie van Kedichem (formatie van Waalre in de nieuwe lithostratigrafische indeling) genoemd (Ruegg, 1991), bij de overige beschrijvingen van vindplaatsen wordt het moedermateriaal niet bij naam genoemd.

Stabiele isotopen

De vraag is wat er voor gezorgd heeft dat er in deze mate kalk is neergeslagen. Om antwoord te geven op deze vraag is van een aantal handstukken uit het Bikbergerbos, bij ziekenhuis Gooi-Noord en bij sanatorium Hooglaren in Blaricum (met dank aan geologisch museum Hofland) de isotopenverhoudingen van de elementen C en O uit de carbonaatfractie bepaald in het stabiele isotopenlaboratorium van de Vrije Universiteit.

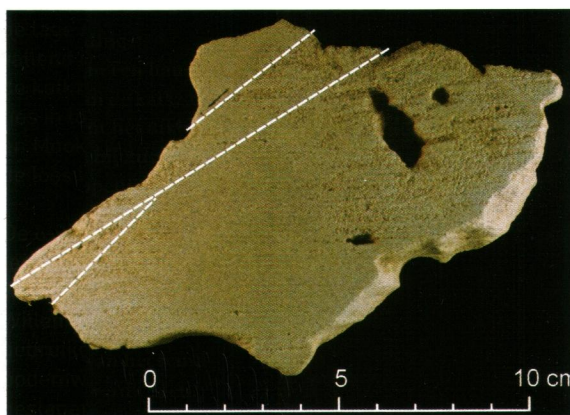
De ratio tussen de zware isotoop (^{13}C of ^{18}O) en de lichte isotoop (^{12}C of ^{16}O) wordt uitgedrukt in een verhoudingsgetal, de zogenaamde δ -waarde. De $\delta^{13}\text{C}$ -waarde van de carbonaatfractie van de 14 onderzochte monsters bedroeg $\delta^{13}\text{C} = -5,8\%$, met een standaarddeviatie (sd) van $0,8\%$. De gemiddelde $\delta^{18}\text{O}$ -waarde bedroeg $\delta^{18}\text{O} = -4,8\%$ met een standaarddeviatie (sd) van $0,3\%$. Opvallend is de lage standaarddeviatie, met name van $\delta^{18}\text{O}$. Ook opvallend is de overeenkomst van de $\delta^{18}\text{O}$ -waarde van de kalkzandstenen met de $\delta^{18}\text{O}$ -waarde van kalkconcreties in lössafzettingen in Limburg: $\delta^{18}\text{O} \approx -5\%$ (Salomons en Mook, 1976). De $\delta^{13}\text{C}$ -waarde van de kalkconcreties in de löss is lager dan van de kalkzandsteen: $\delta^{13}\text{C} \approx -10\%$.

De δ -waarde voor de kalkfractie worden uitgedrukt ten opzichte van de referentiestandaard V-PDB. Voor water wordt een andere standaard gebruikt: V-SMOW. Willen we de $\delta^{18}\text{O}$ -waarde van het carbonaat (in V-PDB) gebruiken om de bijbehorende $\delta^{18}\text{O}$ -waarde van het bodemwater (in V-SMOW) waaruit het carbonaat is neergeslagen te berekenen, dan moeten we dus een omre-

kening toepassen. Tegelijkertijd moeten we rekening houden met de temperatuursafhankelijke fractionering die optreedt tijdens de neerslag. Daarbij wordt er van uit gegaan dat er tijdens de neerslag isotopisch evenwicht heerst tussen de kalk en het water. Wanneer de huidige temperatuur van het grondwater van zo'n 10°C in de berekening gebruikt wordt, volgt uit een $\delta^{18}\text{O}$ -waarde voor het bodemwater van $\delta^{18}\text{O} = -6,19\%$ V-SMOW.

Voor ^{13}C geldt voor zowel het kalkmateriaal als het water dezelfde standaard (V-PDB). Bij het terugrekenen van de $\delta^{13}\text{C}$ van het bicarbonaat van het bodemwater waaruit de kalk neersloeg hoeft alleen de temperatuursafhankelijke fractionatie beschouwd te worden. Voor 10°C levert dat een waarde op van $\delta^{13}\text{C} = -5,5\%$.

Uit ongepubliceerde isotopenmetingen (met dank aan dr. P. Schot) van het huidige grondwater in de omgeving van de kalkzandstenen blijken gemiddelde waarden van $\delta^{13}\text{C} = -13\%$ (sd = 4%) en $\delta^{18}\text{O} = -7,3\%$ (sd = $0,4\%$). Deze waarde is vrijwel gelijk aan de gemiddelde $\delta^{18}\text{O}$ -waarde van regenwater in Midden-Nederland (station De Bilt, gegevens IAEA/WMO, 2001): $\delta^{18}\text{O} = -7\%$ (sd = 2%). Overigens lag de $\delta^{18}\text{O}$ -waarde van de neerslag nog 2 à 3% lager tijdens de koudste perioden van het Weichselien (Rozanski, 1985) en bedroeg dus circa $\delta^{18}\text{O} = -10\%$.



Afbeelding 2.

Foto van een handstuk van de kalkzandsteen uit het Bikbergerbos bij Bussum. De stippellijnen geven de breuken aan. De holtes zijn plekken die niet verkitt zijn en waar het zand na het doorzagen van het handstuk is verdwenen.

Afbeelding 3.
Foto van de brokken kalkzandsteen in het Bikbergerbos. De sedimentaire structuren van het moedergesteente zijn door verwerking duidelijk zichtbaar.



Herkomst en ouderdom

De gangbare verklaring voor de vorming is dat de kalk die het zand verkit, is neergeslagen uit infiltrerend regenwater waarin in de bodem kalk is opgelost. Volgens Crommelin (1964) zou deze kalk afkomstig zijn van de keileem die het hele gebied waar de kalkzandsteen voorkomt heeft bedekt. Zandstra (1981) bestrijdt de opvatting van Crommelin en stelt dat de kalk uit de fluviatiele afzettingen (formatie van Urk) afkomstig is. De formatie van Urk is op veel plaatsen kalkrijk. Het is dus inderdaad niet noodzakelijk om de keileem als enige bron van herkomst van de kalk te zien. Met behulp van bijvoorbeeld strontium-isotopen is het misschien mogelijk om hierover uitsluitsel te geven. Hiertoe is nader onderzoek nodig.

Het is dus geen probleem om een bron voor de kalk te vinden. Lastiger is het om de ouderdom van de kalkbanken vast te stellen. Absolute ouderdomsbepalingen (^{14}C , U/Th) zijn (nog) niet op de stenen uitgevoerd. Voor een relatieve ouderdomsbepaling kunnen we grofweg een onderscheid maken tussen twee tijdvakken: voor en na de Saale ijstijd. Verschillende waarnemingen bieden tegenstrijdige aanwijzingen. Enerzijds is het feit dat de kalkbanken veelal zijn scheefgesteld een aanwijzing dat ze zijn meegestuwd met de fluviatiele pakketten en dus ouder zijn dan de ijsbedekking. Anderzijds duidt het voorkomen in Nederland en in Duitsland van de kalkzandsteen samen met keileem op een ouderdom jonger dan de Saale ijstijd. Overigens komt volgens Zandstra (1981) de kalkverkitting in de formatie van Urk ook voor buiten het gebied dat door het ijs werd bedekt. Hij geeft daarvan echter geen verdere gegevens. Tenslotte vormen de verkitte breukvlakken een aanwijzing dat de stuwing heeft plaatsgevonden voor de vorming van de kalkbanken.

Het verschil tussen de isotopensamenstelling van het bodemwater waaruit de kalk is neergeslagen en het

huidige grondwater is een aanwijzing dat de kalkzandstenen niet onder de huidige hydrologische omstandigheden zijn gevormd. Ook het voorkomen van de kalkbanken in de ontkalkte zone en aantasting door oplossing (Crommelin, 1964) wijzen hier op. De hydrologische omstandigheden (neerslag, verdamping, grondwaterstroming) gedurende het Holoceen waren vergelijkbaar met de huidige, zodat de vorming van de kalkbanken in ieder geval van voor het begin van het Holoceen moet dateren.

Ontstaanswijze

Het valt niet mee om op basis van de beschikbare gegevens conclusies te trekken over de ontstaanswijze van de kalkzandsteenbanken. Kalkneerslag wordt veroorzaakt door verlaging van de CO_2 -spanning (door ontgassing of opname door bacteriën) of het onttrekken van water (door wortels of verdamping). Het treedt zowel op in de onverzadigde zone als onder de grondwaterspiegel en op plaatsen waar grondwater uittreedt (Wright en Tucker, 1991).

Uit de isotopensamenstelling van de carbonaatfractie valt een aantal zaken af te leiden. Het huidige grondwater in het Gooi en van kalkconcreties in löss-afzettingen in Limburg hebben een lagere $\delta^{13}\text{C}$ -waarde dan het water waaruit de kalkzandsteen is neergeslagen. Dit duidt er mogelijk op dat er minder organische koolstof in de bodem aanwezig was ten tijde van de vorming en dat er minder vegetatie groeide (koude perioden). Het kan ook een aanwijzing zijn voor het ontwijken van CO_2 , wat geassocieerd zou kunnen worden met het uittreden van grondwater. De licht verhoogde $\delta^{18}\text{O}$ -waarde vergeleken met het huidige grondwater kan worden opgevat als aanwijzing voor een sterkere verdamping, wat ook gekoppeld kan zijn aan uittredend grondwater of aan een droger klimaat.

Ook kan niet worden uitgesloten dat de kalkzandsteen-vorming te maken heeft met de aanwezigheid van ijs. Verscheidene publicaties in de literatuur maken melding van carbonaatafzettingen die gevormd zijn onder gletsjers of ijskappen en permafrostgebieden (o.a. Hanshaw en Hallet, 1978; Aharon, 1988; Killawee *et al.*, 1998), bijvoorbeeld als kalkpoeder, calciëtkristallen of lagen op rotsen. De hoeveelheden die worden afgezet kunnen aanzienlijk zijn. Het verantwoordelijke mechanisme is cryogene concentratie: tijdens bevroering worden in het water opgeloste ionen uit het ijs verdreven. De concentraties in het niet bevroren water nemen daardoor toe, waardoor mineralen kunnen gaan neerslaan. Ook andere waarnemingen kunnen wellicht met deze theorie worden verklaard. In keileem van de Noordoostpolder worden kalkconcreties aangetroffen die een ronde vorm hebben en hol van binnen zijn (Van Balen, mondelinge mededeling). Deze zouden gevormd kunnen zijn rondom vloeistofinsluitels die ontstonden tijdens bevroering.

TENSLLOTTE

Hoewel het bestaan van de kalkzandsteen al minstens 150 jaar bekend is, is de vorming er van nog steeds niet opgehelderd. Het overzicht van de vindplaatsen die in dit artikel gepresenteerd is geeft aan dat het een algemeen verschijnsel is dat op veel plaatsen in Nederland en daar buiten voorkomt. De bron van de kalk hoeft niet beperkt te zijn tot de keileem, zoals Crommelin (1964) suggereerde. Kalkhoudende fluviatiele pakketten zoals de Formatie van Urk komen hiervoor ook in aanmerking.

Tabel 2.

Gemiddelde isotopsamenstelling van kalkafzettingen en water. De $\delta^{18}\text{O}$ -waarden van water worden uitgedrukt ten opzichte van de V-SMOW standaard, $\delta^{18}\text{O}$ van kalk en $\delta^{13}\text{C}$ van kalk en water worden uitgedrukt ten opzichte van de V-PDB standaard. Gegevens over grondwater uit het Gooi afkomstig van P. Schot (niet gepubliceerde data) gegevens van kalkconcreties in löss afkomstig van Salomons en Mook, 1976.

Materiaal	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
kalkzandsteen omgeving Gooi-Noord	-5.6	-4.8
water in evenwicht met kalkzandsteen	-5.5	-6.2
grondwater omgeving Gooi-Noord	-13	-7.3
kalkconcreties löss (Limburg)	-10	-5

De belangrijkste vragen die beantwoord moeten worden hebben betrekking op de ouderdom en de ontstaanswijze van de kalkzandsteen. De isotoopsamenstelling van de carbonaatfractie van enkele handstukken duidt mogelijk op vorming in koudere en drogere omstandigheden. Vorming van kalkzandsteen in een dergelijk klimaat is beschreven door Dijkmans et al. (1986) en Koster (1992). Deze interpretatie is echter nog speculatief en moet nog nader onderbouwd worden.

Ik wil de komende tijd aanvullende gegevens verzamelen om tot een beter onderbouwde theorie over het ontstaan van de kalkzandstenen te komen. In eerste instantie zal getracht worden om alle vindplaatsen goed in beeld te krijgen en om meer monsters te analyseren op isotopen. Als er lezers zijn die aanvullende informatie, referenties of handstukken hebben: ik houd me van harte aanbevolen.

LITERATUUR

- Addink-Samplonius, M., 1984.** Albertus Perk en de archeologie. Tijdschrift van de Stichting Tussen Vecht & Eem en van de Vereniging van Vrienden van het Gooi 2(4): 207-219.
- Aharon, P., 1988.** Oxygen, carbon and U-series isotopes of aragonites from Vestfold Hills, Antarctica: Clues to geochemical processes in subglacial environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52: 2321 - 2331.
- Baermann, A., Iwanoff, A. & Wilke, H., 1983.** The calcium carbonate content of North German tills. In: Ehlers, J. (ed.): *Glacial deposits in North-West Europe*: 259-262. A.A. Balkema.
- Bout, G., 1954.** Zandsteen-nieuwvorming in 't Bikbergerbos. Publ. XV van de Nederlandse Geologische Vereniging: 324-326.
- Crommelin, R.D., 1964.** Enkele opmerkingen over de kalkzandsteenbanken in het Preglaciaal van Nederland. *Geologie en Mijnbouw* 43: 201 - 202.
- De Vrankrijker, A.C.J., 1981.** Steengevaarten. Tijdschrift van de Stichting Tussen Vecht & Eem 11(3): 208-210.
- Dijkmans, J.W.A., Koster, E.A., Galloway, J.P. & Mook, W.G., 1986.** Characteristics and origin of calcretes in a subarctic environment, Great Kobuk sand dunes, northwestern Alaska, U.S.A.. *Arctic and Alpine Research* 18(4): 377-387.
- Hanshaw, B.B. & Hallet, B., 1978.** Oxygen isotope composition of subglacially precipitated calcite: possible paleoclimatic implications. *Science* 200: 1267 - 1270.
IAEA/WMO, 2001. Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database, toegankelijk via: <http://isohis.iaea.org/>.
- Killawee, J.A., Fairchild, I.J., Tison, J.L., Janssens, L. & Lorrain, R., 1998.** Segregation of solutes and gases in experimental freezing of dilute solutions: Implications for natural glacial systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62: 3637 - 3655.
- Kluiving, S.J. & Soonius, C.M., 1994.** Excursie C, Het Gooi. In: Rappol, M. & Soonius, C.M., In de bodem van Noord-Holland: 260-267, Terra Lingua.
- Kok, R.J., 1973.** Plaatseigen zandsteen. *Grondboor & Hamer* 27(4):116.
- Koster, E.A., 1992.** Duin- en dekzandvorming in 'koude woestijnen'. *Grondboor & Hamer* 46 (4/5/6): 81-92.
- Rozanski, K., 1985.** Deuterium and oxygen-18 in European groundwaters-links to atmospheric circulation in the past. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)* 52: 349-363.
- Ruegg, G.H.J., 1975.** De geologische ontwikkeling van het Gooi gedurende het Kwartair. *K.N.A.G. Geografisch tijdschrift* IX, 3: 202 - 213.
- Ruegg, G.H.J., 1981.** Ice pushed Lower and Middle Pleistocene deposits near Rhenen (Kwintelooijen): Sedimentary-structural and lithological/granulometrical investigations. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 46: 3-25.
- Ruegg, G.H.J., 1991.** Pleistocene and fluviale deposits in ice-pushed position, Wageningen, The Netherlands. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 35: 165-177.
- Salomons & Mook, 1976.** Isotope geochemistry of carbonate dissolution and reprecipitation in soils. *Soil Science* 122: 15-24.
- Staring, W.C.H., 1860.** Natuurlijke historie van Nederland, tweede deel - De bodem van Nederland. A.C. Kruseman, Haarlem.
- Wright, V.P. & Tucker, M.E., 1991.** Calcretes: An introduction. In: Wright, V.P. & Tucker, M.E. (eds.) *Calcretes*: 1-22. Blackwell Scientific Publications.
- Van der Lijn, P., 1934.** De afgraving bij Maarn. *De Wandelaar*: 430 - 435.
- Zandstra, J.G., 1971.** Geologisch onderzoek in de stuwval van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 22: 215-259.
- Zandstra, J.G., 1981.** Petrology and lithostratigraphy of ice-pushed Lower and Middle Pleistocene deposits at Rhenen (Kwintelooijen). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 35: 178-191.