

De vele onbekende kanten van KLEI

I. Een algemene inleiding

door Theo Kloprogge en Jaap Kloprogge ¹⁾

Klei kennen we in Nederland allemaal, al is het maar van het zware spitten bij velen van ons in onze tuin. Klei vormt een belangrijke component in de Nederlandse bodem. Denk hierbij bijvoorbeeld maar aan de zeekleien en rivierklei die Nederland rijk is. Bij het gebruik van het woord klei moet er rekening mee worden gehouden dat er in veel gevallen in de sedimentologie en bodemkunde sprake is van een *korrelgroottefractie* die met deze naam wordt aangeduid (Tabel I). Het woord bestaat echter ook in de betekenis van een bepaalde groep van mineralen. In de Nederlandse literatuur voor amateurgeologen zijn zeer veel artikelen gepubliceerd over de geschiedenis van Nederland en de hier voorkomende sedimenten. Daarentegen wordt er echter maar zeer zelden aandacht besteed aan de mineralen die deze sedimenten vormen. Dit is ook wel logisch, want het determineren van deze mineralen is een uiterst ingewikkelde, zo niet onmogelijke taak zonder het gebruik van allerlei geavanceerde analyse-instrumenten zoals bijvoorbeeld röntgen-diffractie (zie voor uitleg van deze techniek: Burke, 1984).

Kleimineralen komen over het algemeen voor als zeer kleine deeltjes (de *kleifracie* in korrelgrootte-terminologie) en maken daarom determinatie volgens de gangbare karakteristieken zoals hardheid, kleur, streep, etc. onmogelijk. Mede hierdoor vormen kleimineralen eigenlijk geen verzamelobject onder amateurmineralogen. Toch vormen deze mineralen een enorm interessante groep met vele verrassende eigenschappen en toepassingen. Een aantal aardige inleidingen op het gebied van de kleimineralogie en de toepassingen van klei zijn geschreven door Van Heuveln (1990), Van Wijck (1993) en recentelijk Prof. Van der Plas (1994). Interessante voorbeelden van kleiwinning in Limburg en de toepassing van deze kleien zijn ook te vinden in de speciale uitgave van Grondboor en Hamer: Delfstoffen in Limburg (1989). Bouwkeramiek, cement en beton vormen de belangrijkste toepassingen, gevolgd door onder andere toepassing in afnemende belangrijkheid in de papierindustrie (vulmiddel, coating, witmaker),

vuurvaste materialen, absorbentia (bijvoorbeeld katebakkorrels), kunst, fijnkeramiek (+ porselein, sanitair), olieindustrie (zware boorvloeistoffen tezamen met mineralen als bariet), landbouw (bijvoorbeeld als coating van veevoeder), metaalindustrie (smeltvormen), farmaceutische industrie (toepassing als vulmiddel en glijmiddel in o.a. pillen en zalven, maar ook bijvoorbeeld tandpasta) en in de chemische industrie (bijvoorbeeld voor beïnvloeding smeergedrag van verf, vulmiddel in plastics, als katalysatoren vergelijkbaar met zeolieten voor reacties zoals het kraken van ruwe olie).

In dit verhaal willen we proberen enige uitleg te geven over hoe kleimineralen eruit zien en in het kort hoe ze worden gevormd. Het zal blijken dat er een duidelijk systeem zit in de manier waarop deze mineraalgroep is ingedeeld. We hopen u met dit verhaal wat meer basiskennis te verschaffen van de opbouw van kleimineralen, zodat ook u mogelijk enthousiaster maar in ieder geval genuanceerder over deze interessante mineralen gaat denken.

Definities van klei en kleimineraal

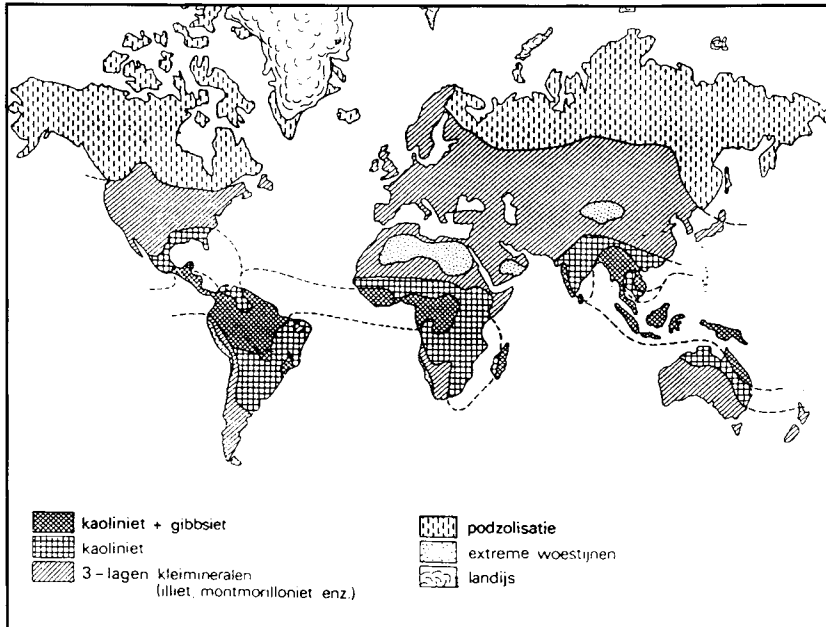
Over de definities van klei en kleimineralen heeft lange tijd onduidelijkheid bestaan onder sedimentologen, bodemkundigen en mineralogen. De eerste definitie van klei werd eigenlijk gegeven door Agricola in 1546. In de loop der geschiedenis is deze definitie vele malen gewijzigd, alhoewel de fundamentele eigenschappen zoals plasticiteit, deeltjesgrootte en verharding door bakken door de meeste onderzoekers in de definitie werden gehandhaafd. Eenzelfde onduidelijkheid bestond er ook ten aanzien van de definitie van kleimineralen zoals deze voorkomen in klei. Velen gebruikten de naam kleimineraal uitsluitend in de zin van fyllosilicaten (een nadere uitleg hiervan vindt u verderop in dit verhaal). Om aan al deze onduidelijkheid een einde te maken is er recentelijk een gezamenlijke internationale commissie (AIPEA en CMS) aan het werk gegaan om tot duidelijke definities van klei en kleimineralen te komen. In april 1995 is hierover door Guggenheim en Martin verslag gedaan. Hieronder volgen de vanaf heden te gebruiken definities zoals door deze commissie wordt aanbevolen. De discussie is echter hiermee nog niet ten einde, zoals blijkt uit diverse reacties die nu vanuit de wetenschappelijke wereld los komen.

De term "klei" refereert aan in de natuur voorkomende materialen welke voornamelijk bestaan uit fijnkorrelige mineralen, die in het algemeen plastisch gedrag vertonen bij bepaalde watergehaltes en die hard worden na drogen of bakken. Alhoewel klei meestal bestaat uit fyllosilicaten, kan het ook andere materialen bevatten die geen invloed hebben op het plastisch en verhardingsgedrag. Deze zogenaamde *geassocieerde fases* kunnen mineralen bevatten als kwarts, calciet, dolomiet, veldspaten, oxides, hydroxides, organische materialen en niet-kristallijne fases (bijvoorbeeld colloidaal silica, ijzerhydroxide gel).

Tabel I. Indeling in verschillende fracties van sedimenten naar korrelgrootte (1 μm = 1/1000 mm)

> 630 mm	blokken
200 - 630 mm	keien
63 - 200 mm	stenen
16 - 63 mm	zeer grof grind
5,6 - 16 mm	matig grof grind
2,0 - 5,6 mm	fijn grind
420 μm - 2,0 mm	uiterst grof zand
300 - 420 μm	zeer grof zand
210 - 300 μm	matig grof zand
150 - 210 μm	matig fijn zand
105 - 150 μm	zeer fijn zand
63 - 105 μm	uiterst fijn zand
2 - 63 μm	silt of leem
< 2 μm	klei of lutum

¹⁾ Theo Kloprogge is afgestudeerd en gepromoveerd geoloog/anorganisch chemicus met als specialisatie kleimineralogie. Jaap Kloprogge is amateur-geoloog.



Afb. 1. Globale verspreiding van enkele groepen kleimineralen op de continenten (naar Pannekoek en van Straaten, 1982)

Daarnaast kunnen kleimineralen zich ook vormen onder hydrothermale condities, waarbij grote hoeveelheden heet water meestal met allerlei opgeloste stoffen door bestaand gesteente circuleren. Dit soort condities zijn vaak gerelateerd aan regionale metamorfoses of staan in relatie tot restsmelten van magma's (bijvoorbeeld rond pegmatieten). Onder deze vooral hoge-temperatuur condities lopen vergelijkbare reacties, echter vaak in veel kortere tijd. Daarnaast gaat het transport van de benodigde elementen (zowel aan- als afvoer) veel gemakkelijker. Kenmerkend voor deze kleimineralen is vaak het hogere gehalte aan fluor.

Karakteristieke eigenschappen

Een van de belangrijkste karakteristieken van kleimineralen is de zeer kleine deeltjesgrootte. Er wordt in de bodemkunde gesproken over de *kleifractie* als de deeltjes kleiner zijn dan 2 µm

(1 µm = 0.001 mm). Kleimineralen bestaan uit gestapelde dunne plaatjes. De volgorde van stapelen kan zich op allerlei regelmatige en onregelmatige manieren herhalen. De structuur van deze plaatjes zal verderop besproken worden. Door allerlei chemische veranderingen in de kleistruktuur, die eveneens verderop zullen worden uitgelegd, hebben de plaatjes in de meeste kleimineralen een netto negatieve lading. Deze lading wordt gecompenseerd door het aanbrengen van kationen (ofwel positief geladen ionen) tussen de plaatjes. Men kan zich dit een beetje voorstellen als een parkeergarage, waarbij de kleiplaatjes de vloeren/dak van de diverse etages vormen en de kationen de pilaren die de diverse etages van elkaar gescheiden houden (afb. 2).

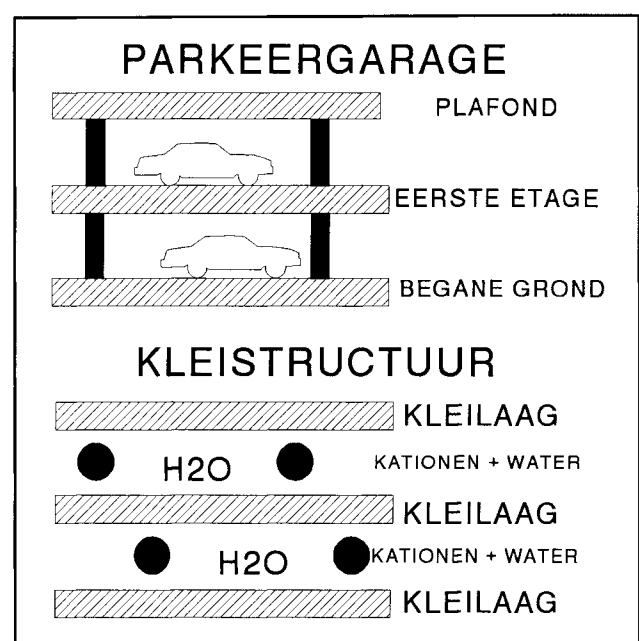
Een belangrijke groep van kleimineralen, de zogenaamde smectieten, zijn in staat om te zwellen wanneer er water (zowel als vloeistof als in de lucht) aanwezig is. Dit is een gevolg enerzijds door de kationen tussen de plaatjes, en anderzijds door absorptie

De term "kleimineraal" refereert aan fyllosilicaten en aan mineralen die geen invloed hebben op het plastisch en verhardingsgedrag van klei. Op dit moment is het zo, dat de mineralen die plastisch gedrag kunnen veroorzaken behoren tot de groep van de fyllosilicaten. Omdat mineralen echter niet worden gedefinieerd aan de hand van korrelgroottes, kunnen fyllosilicaten van alle afmetingen tot de kleimineralen worden gerekend. Volgens een vergelijkbare redenering behoeven kleimineralen niet per definitie tot de fyllosilicaten beperkt te blijven. Als in de toekomst door onderzoek zal blijken dat ook andere mineralen de bovengenoemde eigenschappen vertonen, dan horen ook zij tot de kleimineralen te worden gerekend. Mineralen die in klei voorkomen en die geen invloed hebben op het plastisch en verhardingsgedrag dienen in de toekomst te worden omschreven als geassocieerde mineralen of fasen. Deze nieuwe definities zijn dus breder dan de tot nu toe gangbare.

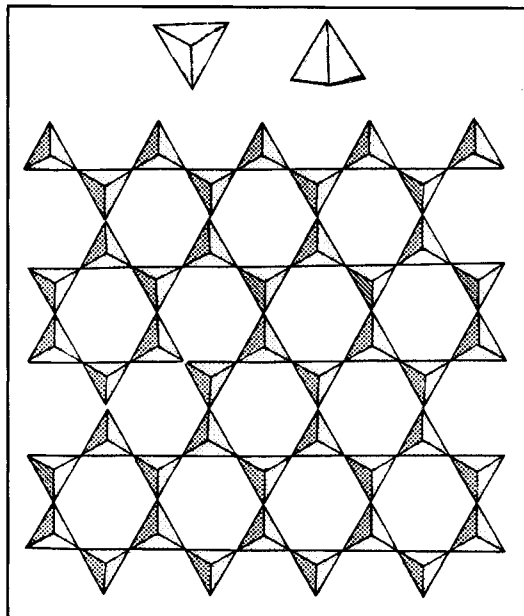
Herkomst van klei

Gesteenten en mineralen staan aan het aardoppervlak bloot aan invloeden van allerlei eroderende processen. Hierbij spelen factoren als verwerking onder invloed van temperatuurschommelingen, infiltratie van water, uitzetting van bevriezend water en erosie door wind en water een grote rol. Hierbij moet ook de werking van landijs niet worden vergeten (zie hiervoor o.a. De Vries, 1994). De globale verdeling van de verschillende kleimineralen laat duidelijk zien, dat het klimaat (en daaraan gekoppeld de vegetatie) een belangrijke rol speelt bij het ontstaan van deze mineralen door voornamelijk chemische verwerking. Binnen elke klimaatgordel kunnen echter allerlei variaties gevonden worden afhankelijk van lokale omstandigheden, zoals bijvoorbeeld het oorsprongsgesteente of de afwatering. Afb. 1 toont de ruwe globale verspreiding van enkele groepen kleimineralen op de continenten. De verspreiding in de oceanen is in grote lijnen vergelijkbaar met die op de continenten.

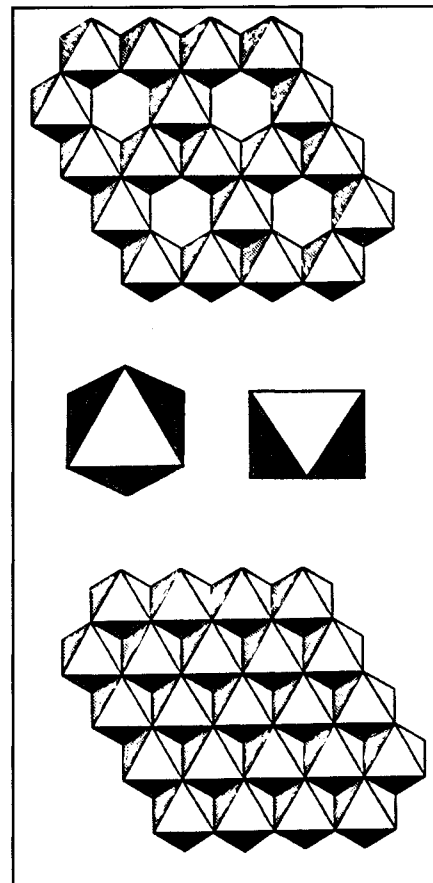
Aan het oppervlak van gesteenten en later ook in het door verwerking ontstane puin kunnen allerlei reacties gaan lopen, waardoor nieuwe mineralen zich kunnen gaan vormen. Deze reacties kunnen plaatsvinden op de plaats zelf zonder transport, maar net zo goed na transport en sedimentatie. De belangrijkste reagerende mineralen zijn te vinden onder de veldspaten, amfibolen, pyroxenen en mica's. Onder de nieuwgevormde mineralen bevinden zich diverse oxides, (oxy)hydroxides, carbonaten (vooral door biogene verrijking), maar ook kleimineralen. Grote afzettingen van het zogenaamde bentoniet, zoals die voorkomen in Wyoming (U.S.A.), in Canada maar ook in Spanje, zijn ontstaan door de omzetting van vulkanische as.



Afb. 2. Basisopbouw van kleimineralen in vergelijking met een parkeergarage.



Afb. 3. Links. Structuur van een enkele SiO_4 -tetraeder (boven) en de tetraedrische laag (onder), die duidelijk de vorming van 6-ringen met een centrale holte toont.



Afb. 4. Rechts. Structuur van een enkele octaeder (midden) bestaande uit een metaal atoom omringd door 6 zuurstofatomen en hydroxylgroepen op de hoekpunten. Verder de opbouw van de octaedrische laag voor zowel een dioctaedrische (boven) als een trioctaedrische klei (onder).

op het buitenoppervlak van de kleideeltjes. In deze zogenaamde *gehydrateerde fase* is het ook mogelijk om de aanwezige kationen uit te wisselen voor andere kationen of zelfs grotere organische en anorganische verbindingen (in de bodem kunnen dit bijvoorbeeld humuszuren zijn). Door dit kenmerkende zwelgedrag kunnen de kleien in vochtige toestand worden gekneed (plastisch gedrag).

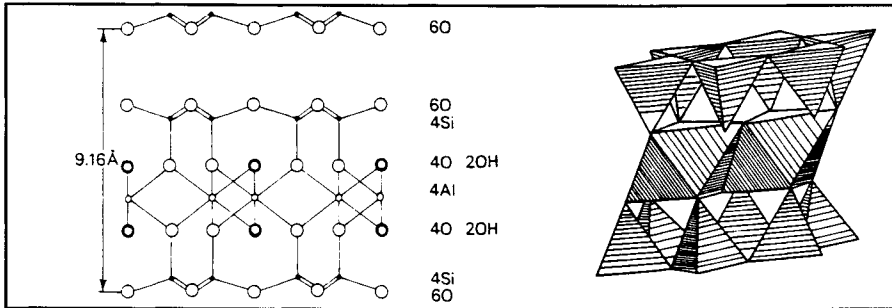
Mineralogische plaats en kristalstructuur

Zoals hierboven al is uiteengezet zijn kleimineralen opgebouwd uit dunne plaatjes. De structuur van deze plaatjes is vergelijkbaar met die gevonden in mica's. Kleimineralen behoren net als de mica's tot de silicaten. Hierbij bestaat een van de basiseenheden uit tetraeders van silicium, omringd door 4 zuurstofatomen op de hoekpunten. Deze tetraeders worden in de kleistructuur in een plaatvorm (in twee dimensies) aan elkaar gekoppeld, waarbij de tetraeders 3 zuurstofatomen met elkaar delen. De vierde zuurstofatoom van alle tetraeders steekt in dezelfde richting uit het vlak (afb. 3). In een chemische formule kan deze eenheid weergegeven worden door $[Si_2O_5]_x^-$. Op grond van deze basiseenheid in de kleistructuur behoren de kleimineralen tot de zogenaamde fyllosilicaten (zie voor een overzicht van de indeling van de silicaten het recente artikel van Lieftink, 1995). De tweede basiseenheid bestaat uit een zogenaamde octaederlaag waarvan de structuur vergelijkbaar is met die van $Mg(OH)_2$ (bruciet) dan wel $Al(OH)_3$, (gibbsiet/bayeriet). In deze octaederlaag zijn de metalen magnesium (Mg^{2+}), ijzer (Fe^{2+} en/of Fe^{3+}), of aluminium (Al^{3+}) omringd door zes hydroxide- (OH^-) groepen en zuurstofatomen op de hoekpunten van een octaeder (afb. 4). In het geval van de aanwezigheid van voornamelijk Mg op alle posities in de octaeder-basiseenheid in kleimineralen spreken we over **trioctaedrische** klei, terwijl in de aanwezigheid van voornamelijk Al, waarbij maar twee van de drie octaeder-posities gevuld worden en de derde leeg blijft (*vacature*), gesproken wordt over **dioctaedrische** klei.

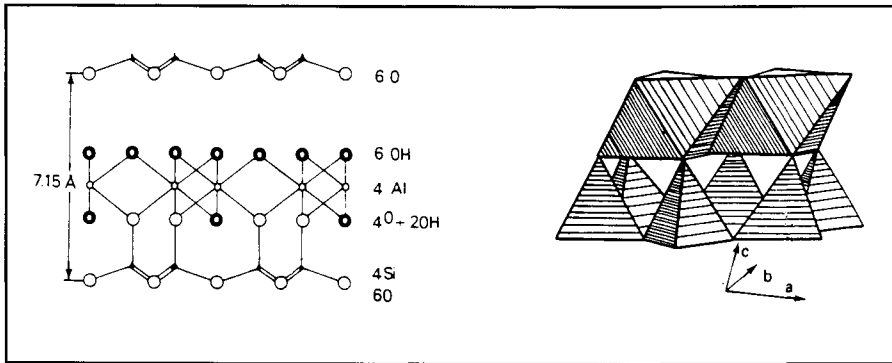
Op grond van deze basiseenheden zijn we nu in staat om de verschillende kleistructuren op te gaan bouwen. Een overzicht van deze verschillende groepen is weergegeven in Tabel II. In de eerste groep bestaan de plaatjes uit 1 octaeder laag en 1 tetraederlaag. De vrije zuurstofatomen van de tetraederlaag zijn in de richting van de octaederlaag gekeerd. Deze kleimineralen staan bekend als 1:1 kleien. De trioctaedrische vorm staat bekend onder de naam chrysotiel en de dioctaedrische vorm als kaoliniet (afb. 5) (of dickiet of nacriet). In de tweede groep bestaan de plaatjes uit een centrale octaederlaag, ingesloten tussen twee tetraederlagen als een soort van sandwich. Hierbij spreken we over 2:1 kleien. Ook hier geldt dat voor beide tetraederlagen de vrije zuurstofatomen naar de centrale octaederlaag wijzen. De simpelste voorbeelden hiervan zijn de mineralen talk (trioctaedrisch) en pyrophylliet

Tabel II. Classificatie van de kleimineralen en bijbehorende voorbeelden (gemodificeerd naar Klopprogge, 1992)

stapeling	tussenlaag	lading	di-/trioctaedrisch	substitutie	naam
1:1	geen of alleen water	0	dioctaedrisch trioctaedrisch	geen geen	kaoliniet chrysotiel
2:1	geen	0	dioctaedrisch trioctaedrisch	geen geen	pyrophylliet talk
2:1	gehydrateerde uitwisselbare kationen	0.4-1.2	dioctaedrisch dioctaedrisch trioctaedrisch trioctaedrisch	tetraedrisch octaedrisch tetraedrisch octaedrisch	beidelliet, montmorilloniet saponiet hectoriet
		1.2-1.8	di/trioctaedrisch	tetraedrisch octaedrisch	vermiculiet
2:1	niet gehydrateerde kationen	2.0	dioctaedrisch trioctaedrisch	tetraedrisch octaedrische	paragoniet flogopiet



Afb. 5. Structuur van kaolinitiet. Links een zijaanzicht met daarin weergegeven de verschillende atomen. Rechts een driedimensionale weergave van een enkele eenheid, bestaande uit een octaederlaag en een tetraederlaag.



Afb. 6. Structuur van pyrophylliet. Links een zijaanzicht met daarin weergegeven de verschillende atomen en rechts een driedimensionale weergave van een enkele eenheid, bestaande uit een octaederlaag met aan weerszijden een tetraederlaag.

1.2 tot 1.8 per formule-eenheid. Het gemiddelde ladingstekort is intermediair tussen de hierboven beschreven mineralen als talk en pyrophylliet enerzijds en de mica's anderzijds. Het gevolg is dat de vermiculieten uitzonderlijke chemische en fysische eigenschappen bezitten zoals zwellbaarheid, thermische stabiliteit en kationen-wisseling.

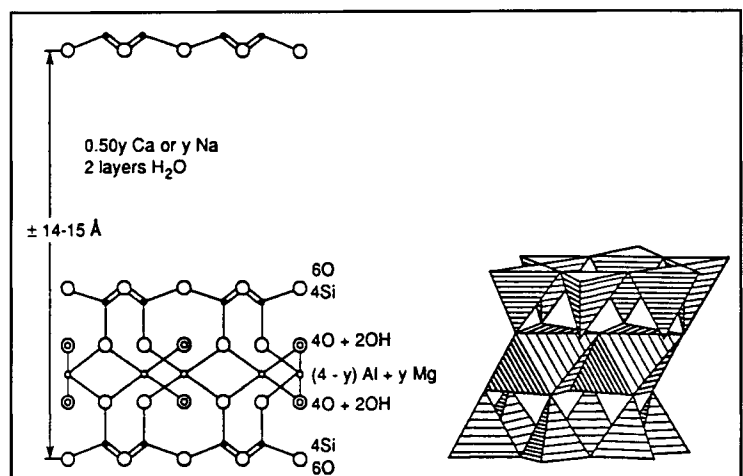
(dioctaëdrisch) (afb. 6). De kleiplaatjes worden hier bij elkaar gehouden door zeer zwakke krachten bekend in de chemie onder de namen *dipolaire interactie* en de *Van der Waals-kracht*.

In de volgende stap wordt het echter iets ingewikkelder. Tot nu toe hebben we gesproken over kleimineralen met ideale plaatjes, waarbij eigenlijk geen lading op de plaatjes aanwezig is, evenals geen ladingcompenserende kationen. Laten we nu eens kijken wat er gebeurt als we metaal-atomen uit de kleiplaatjes gaan vervangen door andere atomen met een andere lading. Dit staat bekend als *substitutie*. Dit is het geval in de kleimineralen behorende tot de smectietgroep (afb. 7) en de vermiculieten. In de tetraederlaag is het mogelijk om het 4+ geladen silicium atoom, Si^{4+} , te vervangen door bijvoorbeeld het 3+ geladen aluminium, Al^{3+} . Het gevolg is een negatieve lading van 1-, die elders gecompenseerd zal moeten worden. Dit gebeurt door het inbouwen van positief geladen kationen, zoals bijvoorbeeld natrium (Na^+), kalium (K^+) of calcium (Ca^{2+}) tussen de plaatjes. Dit gaat ruw gezegd bijvoorbeeld volgens de reactie: $Si^{4+} \rightarrow Al^{3+} + Na^+$. Doordat deze substituties zich voordoen aan zeg maar de buitenzijde van de plaatjes doet de lading zich duidelijk gelokaliseerd voor. Hierdoor ontstaan er ook duidelijke voorkeursposities voor de compenserende tussenlaag kationen in de directe nabijheid van de gesubstitueerde tetraeder. Voorbeelden van deze zogenaamde tetraëdrisch gesubstitueerde kleimineralen zijn saponiet (trioctaëdrisch) en beidelliet (dioctaëdrisch). Een speciaal geval vormt de nontroniet, waarbij de octaederlaag niet is gevuld met magnesium of aluminium maar met drie-waardig ijzer, Fe^{3+} .

Een tweede substitutie is mogelijk in de octaederlaag, waarbij bijvoorbeeld Al^{3+} vervangen wordt door Mg^{2+} of Mg^{2+} door Li^+ of een vacature. Ook hierbij ontstaat een negatieve lading op de plaatjes. Door de afscherming van de tetraederlagen aan weerszijden van de octaederlaag (afb. 7) manifesteert deze negatieve lading zich echter op een veel diffusere manier in de tussenlagen. Voorbeelden van deze octaëdrisch gesubstitueerde kleimineralen zijn montmorilloniet (dioctaëdrisch) en hectoriet en stevensiet (beide trioctaëdrisch). Bij alle hierboven besproken smectieten hebben we het over een gemiddelde lading van ongeveer 0.4 tot 1.2 per formule-eenheid klei. Voor vermiculieten gelden dezelfde substitutieregels (zowel tetraëdrisch als octaëdrisch) als hierboven beschreven. Bij vermiculieten is er echter sprake van een duidelijk hogere substitutiegraad resulterend in een lading van ongeveer

Tot slot

In dit verhaal hebben we geprobeerd om in het kort iets duidelijk te maken over de vorming en de structuur van kleimineralen. Ondanks het feit dat deze mineralen in het algemeen niet optisch (zowel met het blote oog alsook met de optische microscoop) zijn te herkennen, hopen we toch iets overgebracht te hebben van ons enthousiasme voor deze onder onze voeten veel voorkomende maar toch onbekende mineralen met hun bijzondere eigenschappen. Over kleimineralen valt nog heel veel te vertellen en te leren. Ook voor de wetenschappers die zich wereldwijd met kleimineralogie bezighouden valt er nog veel over deze mineralen te leren. Het is onze bedoeling dan ook om in de nabije toekomst in nog een aantal artikelen hierop terug te komen.



Afb. 7. Algemene structuur van smectieten (naar Klopogge, 1992). Links een zijaanzicht met daarin weergegeven de verschillende atomen in een enkele eenheid, bestaande uit een octaederlaag met aan weerszijden twee tetraederlagen en daarboven de tussenlaag met uitwisselbare kationen, die worden omringd door water. Rechts een driedimensionale weergave van een enkele eenheid.

Literatuur

- Bailey, S.W. (ed.) (1988) *Hydrous Phyllosilicates*. Reviews in Mineralogy 19.
- Burke, E.A.J. (1984) Mineralogen doen het met röntgenstralen. *Gea* 17 (3), 107-113.
- Guggenheim, S. en Martin, R.T. (1995) Definition of clay and clay mineral: joint report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees, *Clays & Clay Minerals* 43 (2), 255-256.
- Heuveln, B. van (1990) Klei. *Grondboor en Hamer* 44 (4/5), 99-104.
- Kloprogge, J.T. (1992) Pillared Clays. Preparation and characterization of clay minerals and aluminum-based pillaring agents.

- Geologica Ultraiectina* 91. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.
- Liefink, D.J. (1995) Mineralogie en Chemie: silicaten in formules gevangen. *Gea* 28 (2) 46-51.
- Pannekoek, A.J. en van Straaten, L.M.J.U. (1982) *Algemene Geologie* (3de herziene druk) Wolters-Noordhoff Groningen.
- Plas, L. van der (1994) Kleimineralogie, een "basis"wetenschap. *Gea* 27 (3), 77-83.
- Rademakers, P.C.M. (eindred.) (1989) *Delfstoffen in Limburg*, Grondboor en Hamer 43 (5-6).
- Vries, W.C.P. de (1994) Wat is zand?, *Gea* 27 (4), 125-128.
- Wijck, J.H. van (1993) Klei voor de Nederlandse grofkeramische industrie. *Grondboor en Hamer* 47 (1/2), 63-67.

Het catalogiseren van een mineralenverzameling

door A. M. Groenewegen

Naar aanleiding van het artikel "De registratie van micromounts" door A. Begeer in het *Gea*-nummer van september 1996, wil ik graag vertellen hoe ik mijn, voor het grootste deel uit micromounts bestaande, mineralenverzameling in catalogus heb gebracht. Sinds jaar en dag propageer ik het registreren, ik noem het catalogiseren, van een mineralen- en/of gesteenteverzameling. Het "hoe" is ieders eigen idee, maar misschien kan ik met mijn verhaal ideeën aanreiken.

Natuurlijk is er tegenwoordig de computer, en velen van ons zullen er één hebben. Maar ik gebruik geen computer omdat ik het werken met een computer ten behoeve van mijn verzameling niet praktisch vind. De belangrijkste redenen waarom niet zijn heel in het kort:

- het invoeren van alle gegevens die nu op kaart staan zou ruim een jaar vergen;
 - onze computer en mijn verzameling staan niet in dezelfde ruimte;
 - het gelijktijdig, naast elkaar, vergelijken van bijzonderheden van verschillende specimens van één of meer mineralen is niet mogelijk.
- Mijn verhaal is dus eigenlijk bestemd voor diegenen die geen gebruik maken van een computer.

Inleiding

Naast een systematiek-deel omvat mijn collectie ook verschillende vindplaats-verzamelingen. De collectie bestaat grotendeels uit micromounts en grotere stukjes in doosjes van verschillend formaat. Ik breid mijn verzameling uit met eigen vondsten, door ruilen en kopen.

Het systeem van catalogiseren dat ik nu hanteer is ontstaan na veel experimenteren en tweemaal totaal veranderen. Met de huidige catalogus is goed en vlot te werken.

In de uit te voeren werkzaamheden zit een duidelijke volgorde:

- determineren/controleren van verkregen mineralen;
- gegevens en bijzonderheden noteren in een werkschrift;
- ieder mineraal een nummer geven;
- etiketteren en monteren in doosjes;
- in catalogus brengen;
- opbergen in verzameling.

De werkzaamheden kosten relatief vrij veel tijd. Maar het is leuk werk en het scheidt veel voldoening als het klaar is. Mineralen die met dit systeem in mijn collectie zijn opgenomen zijn zo nauwkeurig mogelijk en kort en bondig in de catalogus aangetekend en omschreven en zijn snel terug te vinden.

1. Determinatie

Hierover kan ik kort zijn omdat dit onderwerp in feite buiten het kader van dit artikel valt. Één aspect moet ik echter wel behandelen omdat hiermee de basis van de catalogus wordt gelegd. In een werkschrift noteer ik namelijk de naam van het gedetermineerde of gecontroleerde mineraal met daarachter de bijzonderheden, zoals habitus (wel/niet XX, kristalvorm, kleur, glans), wel/niet matrix, paragenese, voorkomen. **Dus in het kort de uiterlijke kenmerken van het mineraal dat in de verzameling komt.** Eventueel vul ik dit aan met gegevens als oplosbaarheid in water, oplichten in UV-licht, typelokaliteit, zeldzaamheid en dergelijke. Tevens vermeld ik de door mij geraadpleegde literatuur met betreffende bladzijdennummers. Met de zo in het werkschrift genoteerde gegevens kan ik straks vlot de nummerkaart invullen. Dan volgt de nummering.

2. De nummering

De manier van nummeren van mijn mineralen is volledig gebaseerd op de systeemnummering zoals opgenomen in "Das große Lapis Mineralienverzeichnis", stand september 1994, dus volgens hun chemische samenstelling in één van de negen klassen. Wat ik nu nog moet doen is een volgnummer toevoegen aan het bij een mineraal behorende systeemnummer. Als voorbeeld neem ik **Malachiet**. Volgens de "Lapisverzeichnis" heeft **Malachiet** als systeemnummer **V/C.1-20**. Het eerste specimen in mijn verzameling krijgt dan als nummer **V/C.1-20/1**, het tweede **V/C.1-20/2**, enzovoort. Ieder mineraal krijgt zo zijn eigen, unieke nummer. Een ander voorbeeld. Ik verwerf door ruiling het 16^e stukje **Calciet** en dat krijgt als nummer **V/B.2-20/16**. De op deze wijze genummerde mineralen kunnen in oplopende klasse en volgnummer ordelijk in de verzameling worden opgeborgen.

Er wordt per mineraal, ongeacht vindplaats, voor wat betreft het volgnummer consequent doorgenummerd. De scheiding naar vindplaats gebeurt pas bij het opbergen.

Het komt vaak voor dat er twee of meer verschillende mineralen in een stukje zitten. Ik bepaal aan de hand van de belangrijkheid (zeldzaamheid) en het uiterlijk welk(e) minera(a)l(en) ik wil opnemen. Zijn het er bijvoorbeeld twee, dan bepaal ik welke als eerste wordt genoemd en als eerste op het etiket wordt vermeld.

Voorbeeld van de Nickenicher Sattel (Eifel): als eerste mineraal

Pseudobrookiet en als tweede **Hematiet**, dus:

Pseudobrookiet IV/C.24-20/1

Hematiet IV/C.4-20/3