

Mineralogie en archeologie

door Ernst A.J. Burke
Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen
Vrije Universiteit Amsterdam

Inleiding

Archeologie is de wetenschap (leer, kennis) van de Oudheid. Het is een zeer brede wetenschap, want men kan de 'Oudheid' immers uit veel invalshoeken bekijken (biologie, landschap, levensbehoeften, ambachten, techniek, kunst, etc.). In de meest uitgebreide zin is archeologie de studie van de mensheid en haar ontwikkeling in de loop der tijden, en daarom is archeologie wel eens genoemd 'de verleden tijd van de culturele antropologie'. Maar er is een groot verschil tussen heden en verleden. Het heden kan men bestuderen aan de hand van levende gemeenschappen en hun onderlinge verschillen. Voor de studie van het verleden, en met name van de Oudheid, is men uitsluitend aangewezen op wat er van vroegere samenlevingen is overgebleven, de materiële resten van menselijke activiteiten. De interpretatie van die resten moet leiden tot het begrip van die vroegere culturen.

Die materiële resten zijn uiterst divers: artefacten als werktuigen, wapens, munten, keramiek, kunst- en religieuze voorwerpen; menselijke en dierlijke overblijfselen als botten, skeletten, asresten; infrastructurele zaken als gebouwen, wegen, dijken, wallen. Materiële resten kan men op twee manieren bestuderen: van hun cultuurhistorische of sociaal-wetenschappelijke kant, of van hun natuurwetenschappelijke kant. Dat zijn twee wetenschapstradities die elkaar vaak als tegengesteld, zelfs als uitersten beschouwen: enerzijds de 'traditionele archeologie' die zich in een alfa-faculteit (Letteren) bevindt, anderzijds de 'natuurwetenschappelijke archeologie' die zich vooral in een bèta-faculteit afspeelt. De samenwerking tussen beide disciplines is daarom helaas niet altijd evident, getuige uitspraken als 'de grote ontdekkingen in de archeologie zullen in de toekomst in het laboratorium gedaan worden, niet in het veld', met als tegenhanger 'archeologen willen niet lastiggevallen worden met archeometrie'.

Archeometrie is het toepassen van natuurwetenschappelijke analysemethoden en -technieken voor de bestudering, herkenning en karakterisering van archeologisch studiemateriaal en/of archeologische probleemstellingen. Archeometrie is vooral materiaalkunde, maar dan van materialen die in het verleden aan het aardoppervlak zijn gewonnen en gebruikt, en eventueel verwerkt tot andere materialen. Inzicht in oude technologieën, zoals de winning en verwerking van grondstoffen en de productietechnieken van voorwerpen, is een onmisbare eigenschap in de beoefening van archeometrie. Binnen de archeometrie wordt nog een aantal richtingen onderscheiden, uitingen van een breed onderzoeksveld met een uitgesproken multidisciplinair karakter:

- * (Absolute) dateringsmethoden: radiokoolstofmethode (^{14}C), dendrochronologie (tellen van groeiringen in bomen en daarvan gebruikt hout), optisch gestimuleerde luminescentie van zandkorrels, schommelingen van het aardmagneetveld.
- * Non-destructieve prospectie: luchtfoto's, geofysische exploratiemethoden (elektrische bodemweerstandsmetingen, grond-radar, ondiepe seismiek, magnetische methoden), geochemische methoden (verspreiding van hoofd-, neven- en sporenelementen).
- * Conservering/restauratie: (milieu)factoren die archeologische vindplaatsen bedreigen; herstel van beschadigde artefacten; authenticiteit van artefacten.
- * Ecologisch onderzoek: landschap, klimaat, voedselpatronen, DNA-onderzoek.

- * Natuurwetenschappelijk onderzoek naar voorwerpen en materialen (herkomst, technologisch onderzoek, gebruikssporen).

In deze laatste richting komen met name mineralogische en fysisch-chemische methoden aan bod voor de analyse van archeologische materialen. Zij dienen om de fysische eigenschappen en chemisch/mineralogische samenstelling te bepalen van afzonderlijke voorwerpen, zodat het mogelijk wordt de herkomst van grondstoffen op te sporen en inzicht te krijgen in productieprocessen. Aardewerk is een goed voorbeeld: dat wordt in bijna elke opgraving in grote hoeveelheden gevonden (Afb. 1). Met behulp van fysische methoden kan de porositeit, de breeksterkte en de baktemperatuur van het materiaal worden vastgesteld. Moderne instrumentele analysetechnieken geven de



Afb. 1. Het schoonmaken van aardewerk fragmenten bij een opgraving in Bamburgh Castle (80 km ten noorden van Newcastle).

chemische samenstelling en met mineralogisch-petrografisch onderzoek wordt informatie verkregen over de textuur en de mineralogische samenstelling. Hierdoor kan men keuze en herkomst van de grondstoffen (klei) achterhalen en technologische aspecten van het productieproces (ovens, temperatuur) ontrafelen. In samenwerking met archeologen kan dit archeometrisch onderzoek leiden tot beter begrip van de organisatie van het pottenbakkersambacht in een bepaalde site, en tot het afleiden van handelscontacten en afzetgebieden; kortom, men reconstrueert het verleden.

Gebruik van mineralen en gesteenten in de Oudheid

Het is in het kader van dit artikel praktisch onmogelijk om een alomvattend overzicht te geven van het gebruik van mineralen en gesteenten, en hun toepassingen, in de Oudheid. Een dergelijk overzicht is welk beschikbaar in een recent boek (helaas nogal wat fouten, helaas nogal prijzig: ca. € 90) met de titel *Archaeomineralogy* van George R. Rapp (2002). Hier volgt eerst een opsomming van verschillende categorieën van het gebruik van mineralen en gesteenten in het (verre) verleden, en daarna een aantal geïllustreerde voorbeelden van archeometrisch onderzoek.



Afb. 2. Het megalithische monument Stonehenge ten westen van Amesbury in Wiltshire (Zuid-Engeland); de grote stenen zijn ca. 4 meter hoog.

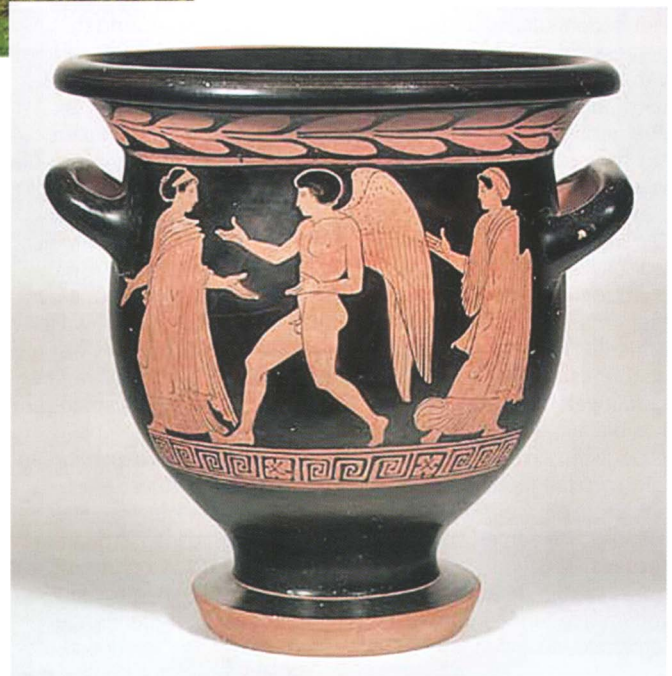
Constructiematerialen

Dit zijn materialen voor bouwwerken (huizen, tempels, piramiden, etc.), grote standbeelden, wegen, dammen. Deze materialen moeten stevig en duurzaam zijn. Het zijn de eerste materialen die gebruikt werden nadat mensen naar iets anders gingen uitkijken om in te wonen dan grotten, hollen en krochten, eerst als losse blokken, en na het uitvinden van metalen werktuigen gehouwen uit steengroeven. Al heel vroeg in de prehistorie kon men al moeilijke, harde gesteenten als graniet en dioriet bewerken en gebruiken in bouwwerken, bv. in de piramiden van Egypte. Ook daarin zijn kalksteenblokken tot 16 ton verwerkt. De grote stenen van het bekende megalithische bouwwerk Stonehenge (3000 tot 1600 voor Christus) bestaan uit zandsteen afkomstig van de Marlborough Downs, ca. 30 km ten noorden van het monument (Afb. 2). De 'blauwe stenen' van de binnenste cirkel en ovaal zijn doleriet, die met behulp van röntgenfluorescentie-analysen getraceerd is naar drie verschillende plaatsen in de Preseli Mountains in Wales. Zoals alle mineralen en gesteenten worden ook constructiematerialen vaak verkeerd geïdentificeerd door archeologen ('zwarte steen', 'rode steen'). Een juiste determinatie heeft grote gevolgen voor het bepalen van herkomst van het materiaal en de verdere geschiedenis; een verkeerde determinatie heeft nog grotere gevolgen ...

Mortel en cement worden al duizenden jaren gebruikt in de bouw; de basisgrondstof ervoor is calciumoxide, dat verkregen wordt door het branden (verwijderen van CO_2) van kalksteen, marmer, dolomiet, schelpen, koraal of beenderen. In streken waar geen harde gesteenten voorkomen gebruikte men als bouw materiaal aarde (klei), gemengd met water en verschillende toevoegingen. Ook nu nog leeft naar schatting een derde van de wereldbevolking in bouwsels van gedroogde (ongebakken) klei. De oude stad Niniveh (in Noord-Irak) was geheel opgebouwd uit structuren van gedroogde stenen uit klei. Dit materiaal is uiteraard niet erg goed bestand tegen vertering en afbraak, en van de stad is dan ook niet veel meer over dan een grote hoop aarde.

Keramische materialen

Steviger bouwstenen dan gedroogde klei verkrijgt men door het bakken van de klei tot bakstenen. Zandige klei wordt verhit tussen 800 en 1200 °C waardoor water en CO_2 uitgedreven worden, en de kleimineralen omgezet worden naar meer duurzame verbindingen (diverse calciumsilicaten en kwarts). Verschillende bestanddelen van de klei, of toevoegingen daaraan, en verschillende omstandigheden tijdens de verhitting (oxiderend, reducerend) laten verschillende kleuren ontstaan (rood, bruin, geel, wit, zwart). Maar het bakken van klei is belangrijker voor het maken van aardewerk.



Afb. 3. Griekse klokvormige 'krater' (ca. 30 cm hoog) uit 420 voor Christus.

dewerk. Men zegt wel eens dat het pottenbakken het op één na oudste beroep ter wereld is. De oudste keramiek dateert van 6000 voor Christus, en van een proefondervindelijk ambacht is het maken ervan uitgegroeid tot een wetenschappelijk gebaseerde industrie die exact weet welke materialen men moet mengen om keramiek te fabriceren die bestand is tegen bv. de stevige ingrepen van een magnetron (keramiek van cordierietsamenstelling). Voor het maken van aardewerk zijn drie ingrediënten nodig: klei, toevoegingen (kwarts, calciet, gemalen gesteente, stro, mest) om de fysische eigenschappen van de keramiek te bepalen, en materialen om glazuur, kleur of een andere gewenste eigenschap aan het aardewerk te geven (Afb. 3).

Glas wordt gemaakt van kwartszand (SiO_2), gemengd met een flux (natrium-, kalium- en calciumverbindingen) om de kwarts bij lagere temperatuur te laten smelten, en diverse stoffen voor de gewenste kleuren (kleine hoeveelheden van oxiden van ijzer, koper, nikkel, kobalt, etc.), of colloïdale vloeistoffen van onoplosbare deeltjes).

Pigmenten en kleurstoffen

De oudste door de mens gebruikte pigmenten zijn oker, klei en houtskool, zoals gebruikt in de 15.000 jaar oude rotstekeningen van bv. Lascaux in Frankrijk en Altamira in Spanje (Afb. 4). Later kwamen daar allerlei gekleurde mineralen bij, bv. lapis lazuli,



Afb. 4. Met pigmenten getekende bison in de grot van Altamira (Spanje).

2500 voor Christus) (Engelen, 1989).

Obsidiaan is een natuurlijk vulkanisch glas, en het werd in de Oudheid zeer gezocht omdat er tot aan de komst van de metalen fijne en scherpe werktuigen van gemaakt werden (Afb. 5). In het gebied van de Middellandse Zee is obsidiaan in meer dan duizend opgravingen aangetroffen. De bekendste leverancier van obsidiaan was Lipari, een van de Eolische eilanden ten noorden van Sicilië. Aan de hand van sporenelementen in archeologische voorwerpen van obsidiaan kan men de herkomst ervan bepalen, en zo de oude handelsroutes.

Materialen voor beeldsnijden en -houwen

Hiervoor komen in eerste instantie zachte mineralen en gesteenten in aanmerking, die zijn immers gemakkelijk te bewerken. Van oudsher werden serpentijn, chloriet, steatiet, speksteen, albast (gips) en marmer gebruikt voor het snijden van beelden en bekken. Maar ook hardere materialen werden niet geschuwd voor dit doel: porfier, zandsteen, basalt, dioriet, zelfs bergkristal (Afb. 6).

Metalen en ertsen

Tot aan de 18e eeuw van onze jaartelling kende men slechts acht elementen als metaal (goud, koper, lood, ijzer, zilver, tin,

azuriet, malachiet, cinnaber (vermiljoen), auripigment, en talrijke andere mineralen van ijzer (hematiet, goethiet), mangaan (pyrolusiet), koper (chrysocolla), lood (litharge, minium). Ook kunstmatige kleurstoffen werden al vroeg gemaakt (Napels geel, loodwit, kopergroen, Egyptisch blauw). Sommige pigmenten werden ook als cosmetica gebruikt (bv. stibniet als ogenzwart in het oude Egypte).

Artefacten uit gesteenten en mineralen

Deze categorie bevat vooral werktuigen en wapens van de gesteenten en mineralen zelf. De gebruikte grondstoffen moeten heel wat eigenschappen hebben: hard, taai, schelpvormige breuk. Die komen met name voor in kwarts en kwartshoudende materialen (vuursteen, kwartsiet, versteend hout, chalcedoon), maar ook in vulkanisch glas (obsidiaan). Ook allerlei andere gesteenten werden gebruikt voor bijlen (zie verder) en hamers (graniet, basalt, jadeïet). Werktuigen van vuursteen gevonden bij Iserna in Midden-Italië zijn 700.000 jaar oud. In de Nijlvallei is een vuursteenmijn gevonden met een ouderdom van 33.000 jaar. Dergelijke winplaatsen van vuursteen zijn ook in Limburg gevonden, zij het van Neolithische ouderdom (4000 –



Afb. 6. Bergkristal, ovalen schaal met eendenkop als handvat. Mycene, 16e eeuw voor Christus.



Afb. 5. Romeinse obsidiaan werktuigen, gebruikt aan boord van schepen.

arseen, kwikzilver), en daarvan zijn er maar twee (goud en koper) die in voldoende hoeveelheden in gedegen vorm voorkomen om in de Oudheid direct toegepast te kunnen worden. De metallurgie van goud en koper ontstond meer dan 7000 jaar geleden in het Midden-Oosten. Geleidelijk is de mens erin geslaagd om via gecompliceerde processen proefondervindelijk ook uit andere mineralen (ertsen) metalen af te scheiden via ingewikkelde processen van roosten en reduceren. Voor ieder element waren aparte processen nodig; men is begonnen met de verweringsmineralen aan het oppervlak (oxiden, carbonaten), en later kon men ook de moeilijkere sulfidische ertsen aan. Gedegen goud werd gewassen uit rivierafzettingen. Zilver werd vooral uit looderts (galeniet) gewonnen door cupelleren. Malachiet, azuriet, chrysocolla en cupriet waren de voornaamste koperertsen in de Oudheid, later gevolgd door chalcopryiet. Na het gebruik van koper ontdekte men dat brons (een legering van koper en tin) veel betere eigenschappen heeft dan koper voor wapens en gebruiksvoorwerpen. Tin werd verkregen uit cassiteriet. IJzer heeft een heel aparte technologie, heeft veel hogere temperaturen nodig bij het smelten, en bovendien is gedegen ijzer minder goed dan brons voor allerlei voorwerpen. Pas de ontdekking van processen voor het maken van staal uit ijzer deed de succesvolle IJzertijd beginnen. De ijzerertsen waren limoniet, goethiet, hematiet en magnetiet. De productie van ijzer in Nederland in vroegere tijden is beschreven door Laban et al. (1988). Kwikzilver komt vrij bij de verwerking van cinnaber; de bekende mijn van Almaden in Spanje is al meer dan 2000 jaar in bedrijf. Kwik wordt gebruikt bij de extractie van edele metalen (goud en zilver) door amalgaamvorming.

Edelstenen, zegel- en ceremoniële stenen

Vanaf de vroegste geschiedenis zijn de mensen gefascineerd door kleurige en glimmende mineralen en gesteenten, die vervolgens gebruikt werden als edelsteen, als amulet, en voor het maken van zegels en van ceremoniële voorwerpen (Afb. 7).



Afb. 7. Halssieraad van Neferuptah, Egypte, 12e Dynastie. Goud met kralen van veldspaat (blauw-grijs) en carneool (roodbruin).

Omdat dergelijke materialen kostbaar waren wegens hun zeldzaamheid, werden ze vanaf het begin van hun gebruik 'verbeterd', nagemaakt en vervalst. De meest voorkomende edelstenen waren diverse kwartsvariëteiten (bergkristal, amethyst, citrien, rookkwarts, roze kwarts, diverse chalcedoenvormen), maar ook olivijn, beryl, topaas en granaat. Voor het maken van zegels (zowel stempels als rolzegels) werd eveneens bij voorkeur

kwarts gebruikt omwille van de duurzaamheid, maar ook talrijke andere mineralen (serpentin, chloriet, marmer, etc.). Jade is een term die voor twee mineralen gebruikt wordt: jadeiet (een pyroxeen) en nefriet (een amfibool). Jade werd gebruikt voor het maken van (sier)voorwerpen en (ceremoniële) bijlen en andere wapens.

Geneesmiddelen

Al in het oude Assyrië werden diverse mineralen als geneesmiddel gebruikt: zwavel, ijzersulfaat (melantheriet), arsenicum, auripigment, antimoon, ijzeroxiden en -sulfiden, kwikzilver, aluin. In de Romeinse tijd was de lijst nog veel langer. Oogziekten werden behandeld met stibniet, magnetiet, gepoederd marmer, markasiet, puimsteen en rode oker. Die oker werd ook gebruikt bij dysenterie en braken. As van biotiet werd toegepast tegen melaatsheid, bronchitis en tuberculose. Auripigment hielp ook bij bronchitis. Een mengsel van realgar en terpentijn was een middel tegen astma, en aluin tegen schurft.

Enige voorbeelden van archeometrisch onderzoek

De bovenstaande lijst van toepassingen van natuurlijke mineralen en gesteenten is indrukwekkend, de mens was al zeer vroeg in staat om de eigenschappen van die materialen in zijn voordeel te gebruiken of om te zetten door het maken van nieuwe materialen. Het archeometrisch onderzoek over de hele wereld is navenant uitgebreid en omvattend. Binnen een enkel laboratorium kan men slechts in beperkte mate onderzoek doen aan archeologische voorwerpen. Hierna volgen drie voorbeelden van natuurwetenschappelijk onderzoek aan archeologische materialen (jade bijlen, rolzegels, brons) zoals dat uitgevoerd is aan de Vrije Universiteit Amsterdam, waar sinds kort ook een Instituut voor Geo- en Bioarcheologie in oprichting is, en waar een opleiding tot geoarcheoloog mogelijk is (zie daarvoor de website: <http://www.geo.vu.nl/onderwijs/arc/index-nl.html>).

Jade bijlen in Nederland

Na de laatste continentale ijstijd begon in Europa het Neolithicum (vanaf ca. 6000 voor Christus), een tijdperk dat gekarakteriseerd wordt door een revolutie in de menselijke activiteiten. Stammen vestigden zich in nederzettingen, de landbouw begon voldoende hoeveelheden voedsel te verschaffen, het pottenbakken werd ontdekt. Voor de ontbossing en voor het werk in de landbouw waren andere stenen werktuigen nodig dan daarvoor gebruikelijk. Tijdens het Paleolithicum (tot 8000 voor Christus) had men meestal obsidiaan, vuursteen en kwartsvariëteiten in afgesplinterde vorm gebruikt voor de jacht en ander werk. Handige personen maakten nu geleidelijk uit een verscheidenheid van mineralen en gesteenten gepolijste werktuigen en andere producten voor dagelijks gebruik. De gesteenten voor het maken van gepolijste bijlen moesten zowel hard als taai zijn. Die eigenschappen vindt men in fijnkorrelige en compacte gesteenten als basalt en andere vulkanische gesteenten, maar vooral in laag- tot middelgradige metamorfe gesteenten. Uiterst geschikt daarvoor, omwille van goed ontwikkelde intergranulaire textuur en de in elkaar grijpende massa van vezelige, plaatvormige en korrelige mineralen, zijn de 'groenstenen', metamorfe basische gesteenten. De term 'groensteen' is bijna een synoniem voor neolithische gepolijste stenen als bijlen. Daarnaast werden ook bijlen gemaakt van hooggradige metamorfe gesteenten, namelijk eklogiet en 'jade'. Eklogiet bestaat uit de groene pyroxeen omphaciet en uit rode granaat. De term 'jade' wordt bij siersteen gebruikt voor zowel de natriumpyroxeen jadeiet als voor de amfibool nefriet. Om de verwar-



Afb. 8. Gepolijste jade bijlen uit het Groothertogdom Luxemburg (D'Amico et al., 1998). De grootste bijl (rechts) is 26 cm lang.

ring nog wat groter te maken gebruiken archeologen de term 'jade' in verband met gepolijste bijlen voor zowel eklogiet als voor natriumpyroxeniet (= jadeietiet), maar niet voor nefriet. De gepolijste 'jade' bijlen (Afb. 8) komen overal in Europa voor, maar er zijn grote verschillen in aantallen en percentage van het totaal aantal gevonden bijlen. In Noord-Italië en Zuid-Frankrijk vormen de jade bijlen meer dan de helft (tot 70%) van alle gevonden bijlen. Verder naar het noorden neemt dat percentage geleidelijk af, om tenslotte zeer klein (tot 1% of minder) te worden in landen als België, Luxemburg, Nederland, Noord-Duitsland en de Britse eilanden (Campbell Smith, 1965; Compagnoni et al., 1995; D'Amico et al., 1995, 1998; Hovorka, 2000). In Nederland zijn slechts ongeveer 100 neolithische jade bijlen gevonden (Schut et al., 1987). De hamvraag over deze bijlen is uiteraard hun herkomst: in Nederland komen eklogiet en jadeiet immers niet voor, dus hoe zijn die bijlen uiteindelijk hier geraakt, en waarvandaan? De 'verdunding' van het percentage jade bijlen vanuit Noord-Italië en Zuid-Frankrijk naar het noorden toe is vanzelfsprekend een sterke aanwijzing, maar er zijn veel meer voorkomens van eklogiet en jadeiet in Europa, bv. in Galicië, Massif Central, Bretagne, Vogezen, Zwarte Woud, Bohemen en Noorwegen. Onderzoek aan de Nederlandse jade bijlen bleek niet overtuigend; Overweel (1983) kwam tot de conclusie dat de samenstelling van die Nederlandse bijlen niet overeenkwam met welk Europees gesteente dan ook, en Schut et al. (1987) kwamen tot de voorlopige conclusie dat de Nederlandse bijlen van verschillende plaatsen in Europa afkomstig waren. De oplossing van het probleem moet komen van archeometrisch onderzoek, in dit geval petrologie en mineralogie. Van alle voorkomens van eklogiet en jadeiet in Europa hebben met name Italiaanse onderzoekers (Compagnoni et al., 1995; D'Amico, 1999; D'Amico et al., 1995, 1998) recentelijk monsters bestudeerd op hun mineralogische en chemische samenstelling, en die vergeleken met monsters genomen van jade bijlen uit diverse vindplaatsen. Dat onderzoek heeft zeer interessante gegevens opgeleverd over de herkomst van de Europese jade bijlen. Al deze bijlen blijken van één enkel gebied te komen, namelijk uit Piemonte in de westelijke Italiaanse Alpen, waar ofiolieten gemetamorfoseerd zijn tot eklogiet en jadeiet. De typische kenmerken van deze Piemonte-gesteenten zijn teruggevonden in de monsters van de jade bijlen. Het exclusieve gebruik van deze gesteenten voor bijlen berust op hun fysische eigenschappen, andere Europese eklogieten en jadeieten zijn niet geschikt voor verwerking tot bijlen, ze zijn eenvoudigweg te bros. Het is zelfs zo dat de in Bretagne gevonden jade bijlen ook uit Piemonte stammen, alhoewel in Bretagne zelf eklogiet en jadeiet in grote hoeveelheden voorkomen. Sterker nog, er zijn aanvankelijk in Engelse bijlen gesteentesamenstellingen aangetroffen die afweken van die uit Piemonte; nauwkeuriger veldwerk in Piemonte heeft echter zowaar geleid tot het ontdekken van ontsluitingen van die afwijkende gesteenten

aldaar. Ook de Belgische en Luxemburgse bijlen komen uit Piemonte (D'Amico et al., 1998), en het is dan ook meer dan waarschijnlijk dat de Nederlandse bijlen dezelfde Italiaanse oorsprong hebben. Een definitieve publicatie erover is in voorbereiding.

Mesopotamische rolzegels

De naam Mesopotamië is afkomstig van Griekse woorden, en betekent 'het land tussen de rivieren'; die rivieren zijn de Tigris en de Eufraat, het land is het huidige Irak en een deel van Syrië. Vanaf ca. 3500 voor Christus werden daar rolzegels gebruikt ter vervanging van de nog oudere stempelzegels. Rolzegels zijn meestal kleine (2 tot 6 cm) cilindervormige stenen waarin als *intaglio* een beeldende voorstelling (figuren, schrifttekens) is gegraveerd (Afb. 9 en 10). De positieve

afbeelding verkreeg men door het rolzegel over natte klei te rollen, een soort administratief gebruik om goederen (kleitabletten,



Afb. 9. 'Mesopotamische' rolzegels, lengte ca. 5 cm. Van boven naar beneden: carneool, versteend hout, kalksteen. Alle zegels vertonen sporen van moderne slijpmiddelen.

keramiek, bakstenen, omslagen) te markeren met een label of handtekening, of om zaken te verzegelen. Met een rolzegel kan je een zo groot oppervlak markeren als gewenst, een duidelijk voordeel vergeleken met stempelzegels. Na ca. 300 voor Christus kwamen de stempelzegels weer in zwang. Het gebruik van rolzegels is nauw verbonden met de uitvinding van het spijkerschrift, dat gebruikt werd voor het schrijven van teksten op kleitabletten; die tabletten werden bewaard in een omslag van klei die met rolzegels gesigneerd werden. Voor rolzegels werden allerlei materialen gebruikt: diverse



Afb. 10. Boven: 'Mesopotamisch' rolzegel, lengte ca. 5 cm. Lapis lazuli. Onder: detail, sporen van moderne slijpmiddelen.

kwartsvariëteiten, serpentijn, chloriet, lapis lazuli, marmer, etc. Voor het dagelijks gebruik zijn de hardere mineralen het best, dan slijten de zegels niet zo snel. Omdat in de loop der tijden rolzegels ook als juweel of amulet gebruikt werden, zijn ook zachtere mineralen toegepast waaraan bepaalde mythische eigenschappen werden toegeschreven. Rolzegels zijn in de lengte helemaal doorboord om ze aan een touw of een pin bij zich te kunnen dragen.

De heer J. Kist (Velp en Amsterdam) heeft een prachtige verzameling van meer dan 400 Mesopotamische rolzegels, waarvan thans (vanaf mei 2003) een deel te zien is in een tentoonstelling in het Amsterdamse Allard Pierson museum. Bij de voorbereiding daarvan zijn aan de Vrije Universiteit een aantal van die rolzegels nader bestudeerd op samenstelling en authenticiteit. De kleine voorwerpen mogen uiteraard niet beschadigd worden, en de identificatie van de mineralen moet dus onder de microscoop gebeuren aan materiaal van de binnenkant van het geboorde gat, of met volledig afgedekte zegels (op een kleine opening na die niet-destructief geanalyseerd wordt) in een elektronenmicrosonde. Zo kon uiteindelijk aan alle rolzegels de juiste mineraal- of gesteentesamenstelling toegekend worden. Bij het microscopisch onderzoek kwam aan het licht dat diverse rolzegels wel zeer precies gegraveerd waren (Afb. 10), zo precies dat het gebruik van een moderne slijptol heel erg evident was. Graveringen als in Afb. 10 (details in onderste foto) kan men niet aanbrengen met de werktuigen die in de Mesopotamische tijd beschikbaar waren. Ook de prachtig ronde gaten in de rolzegels van Afb. 9 zijn duidelijk het resultaat van het werken met een moderne slijptol. De in Afb. 9 en 10 getoonde rolzegels waren uitzonderingen in de collectie, de overgrote meerderheid van de zegels is wel degelijk authentiek!

Chinees brons

Als men het al de moeite waard vindt om relatief kleine en niet zo erg dure voorwerpen als rolzegels na te maken of te vervalsen, dan is het niet verbazingwekkend dat ook wel zeer dure antieke zaken niet altijd authentiek blijken te zijn na gedetailleerd

onderzoek. Antieke Chinese bronzen voorwerpen gaan al heel snel voor vijf- en zescijferige bedragen in euro's van hand tot hand. Brons is een legering van koper en tin met iets lood. Nieuwe voorwerpen hebben de mooie glanzende 'bronskleur'. In de loop der tijd verweert brons, in de grond of aan de lucht, en wordt het groen door de vorming van kopercarbonaat (bv. malachiet). Moderne gegoten bronzen voorwerpen kan men 'oud' maken door ze kunstmatig te laten ververen (bewerken met zuren, begraven in mesthopen, etc.), om ze aldus voor antiek te laten doorgaan. Met het blote oog zijn de verschillen tussen echte antieke voorwerpen en 'verouderde' moderne nagemaakte replica's vaak niet of nauwelijks te onderscheiden. Maar met microscoop en elektronenmicrosonde zijn er fundamentele ver-

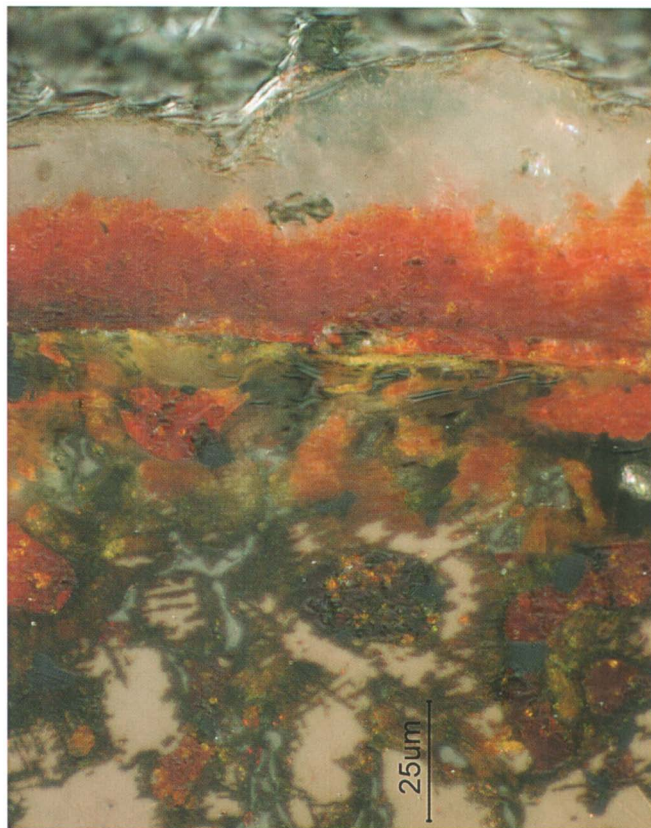
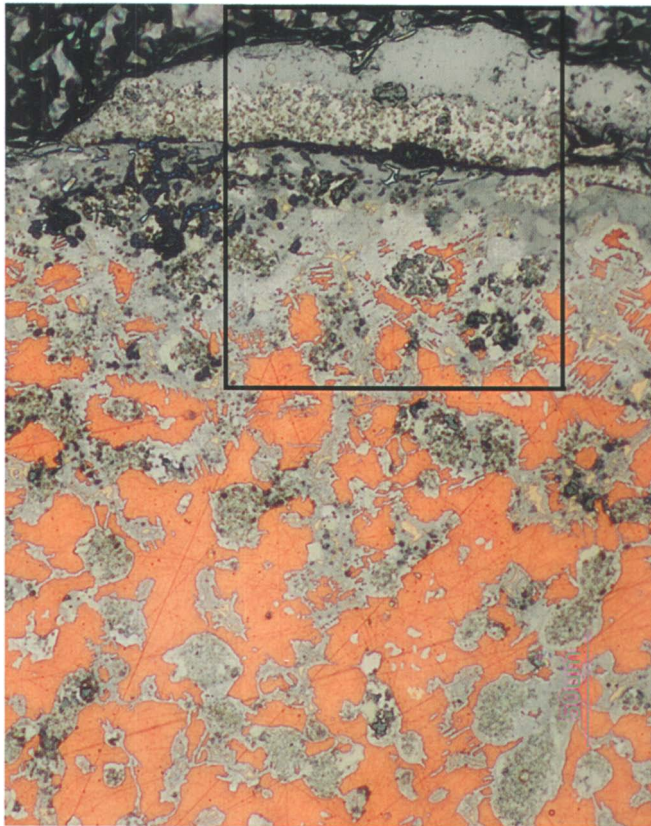


Afb. 11. Chinese bronzen doos, type 'Fu'. Lengte: 30 cm.

schillen tussen wat we maar zullen betitelen als 'oude' en 'nieuwe' antieke bronzen voorwerpen. Afb. 11 toont een Chinese bronzen doos van het 'Fu' type uit de Han periode (200 voor Christus), waarvan de antiquair E. Spranger (Amsterdam) wilde weten of die antiek was of nagemaakt. Langzame verwerking van brons, die honderden of duizenden jaren in beslag neemt, geschiedt altijd via een eerste stadium van vorming van rood koperoxide (cupriet, Cu_2O), en daarna worden pas de carbonaten (malachiet) er overheen gevormd die tot de groene kleur leiden. Snelle verwerking leidt ook tot de carbonaten en de groene kleur, maar het onderliggende laagje van rood koperoxide ontbreekt. In Afb. 12 zijn microscopische beelden weergegeven van een fragment van die 'Fu'. De afbeelding boven toont het oranje brons en de grillige grijze verweringsproducten van koperoxiden en -carbonaten. In de detailfoto onderin ziet men het duidelijke, felrode, horizontale laagje van cupriet, en daarboven de groenachtige malachiet. Deze Chinese bronzen doos is dus wel degelijk antiek. De aanwezigheid van dit rode laagje is weliswaar niet het enige criterium om de authenticiteit van antieke bronzen voorwerpen te bepalen, maar het is in ieder geval een stevig begin van het onderzoek (Lustenhout & Kars, 2002).

Dankwoord

Wim Lustenhout en Saskia Kars, mijn vroegere medewerkers van het Laboratorium Microanalyse, hebben de analyses en foto's van de rolzegels en het brons uitgevoerd.



Afb. 12. Microscopische beelden van een fragment van de Chinese deurs in Afb. 11. Boven: brons (oranje) en door verwerking diverse koperoxiden en -carbonaten. Onder: detail van boven; de felrode horizontale laag is cupriet (Cu₂O), daarboven groenige laag van malachiet.

Literatuur

Een goede inleiding over alle aspecten van archeologie en archeometrie is:

Renfrew, C. & Bahn, P. (2000) *Archaeology: Theories, Methods and Practice*, 3rd Edition. Thames and Hudson Ltd., London, 640 p.

Een alomvattend overzicht van de rol van de mineralogie in de archeologie is:

Rapp, G.R. (2002) *Archaeomineralogy*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 326 p.

Geciteerde literatuur:

Campbell Smith, W. (1965) The distribution of jade axes in Europe. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 31, 25-33.

Compagnoni, R., Ricq-de-Bouard, M., Giustetto, R., Colombo, F. (1995) Eclogite and Na-pyroxenite stone axes of southwestern Europe: a preliminary petrologic survey. *Boll. Museo Regionale Scienze Naturali Torino*, 13, suppl. 2, 329-359.

D'Amico, C., Campana, R., Felice, G., Ghedini, M. (1995) Eclogites and jades as prehistoric implements in Europe. A case of petrology applied to Cultural Heritage. *European Journal of Mineralogy*, 7, 29-41.

D'Amico, C., Jacobs, R., Le Brun-Ricalens, F., Löhr, H., Schaffner, C. (1998) Steinbeilklingen aus "Jade" im Großherzogtum Luxemburg. *Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise*, 17, 157-212.

Engelen, F.H.G. (1989) Vuursteenwinning en toepassing. *Grondboor en Hamer*, 43, 207-210.

Hovorka, D. (2000) Interdisciplinary IGCP/UNESCO No. 442 Project "Raw materials of the Neolithic/Aeneolithic polished stone artefacts: their migration paths in Europe. *Krystallinikum*, 26, 174 p.

Laban, C., Kars, H., Heidinga, A. (1988) IJzer uit eigen bodem. *Grondboor en Hamer*, 42, 1-11.

Lustenhouwer, W.J. & Kars, S.M. (2002) Combined study of carbon-coated samples from archaeological metal objects by optical microscopy and SEM/EPMA imaging and analysis. *Program and Abstracts 33rd International Symposium on Archaeometry, Amsterdam, April 2002*, 197.

Overweel, C.J. (1983) A petrography of 'jade-axes' from the eastern and southern Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 62, 427-430.

Schut, P., Kars, H., Wevers, J.M.A.R. (1987) Jade axes in the Netherlands: a preliminary report. *Helinium*, 27, 71-87.