

Botten in het witte bad: conserveren van fossiele zoogdierresten in het Natuurmuseum Rotterdam

ANDRÉ A. SLUPIK *

In het depot van het Natuurmuseum Rotterdam bevindt zich een verzameling van duizenden resten van Pleistocene zoogdieren. De collectie bestaat hoofdzakelijk uit overblijfselen van mammoeten (*Mammuthus primigenius*, *M. trogontherii*, *M. meridionalis*), oerrund, paarden, reuzenhert (*Megaloceros giganteus*), nijlpaarden, walvisachtigen, wolharige neushoorn (*Coelodonta antiquitatis*) en kleinere zoogdieren (knaagdieren, spitsmuizen en carnivoren). Deze verzameling bevat grotendeels botten en schedels van genoemde dieren maar ook hun tanden en kiezen zijn breed vertegenwoordigd. De stukken hebben een gemiddelde ouderdom van ongeveer 30.000 jaar. De collectie is bijeengebracht in de afgelopen 75 jaar door conservatoren, collectiebeheerders, amateurpaleontologen en het publiek. Het materiaal is afkomstig van de bodem van de Noordzee en de Zeeuwse stromen (opgevisht door vissersboten), van de Maasvlakte en het Noordzeestrand (oorspronkelijk dus ook van de Noordzee bodem), en uit de grote rivieren in het binnenland. Veel recente aanwinsten komen uit bouwzand, dat ook weer uit de Noordzee of de grote rivieren afkomstig is. Slechts enkele stukken hebben een buitenlandse herkomst. Hoe deze verzameling geconserveerd wordt, is het onderwerp van dit artikel.

De verzameling fossiele zoogdierresten is geen dode collectie. Dit klinkt als een paradox omdat het (uit)gestorven dieren betreft. Maar hiermee wil ik zeggen dat de verzameling groeit, dat nieuwe stukken worden gedetermineerd, geconserveerd en in het depot worden ondergebracht. De collectie wordt gebruikt voor onderzoek, en soms wordt daarover gepubliceerd. De verzameling die als een museale collectie wordt beheerd, leeft met volle kracht.

Bewaren

Het verzamelen van fossiele botten heeft twee kanten. De ene kant is het vinden en op naam brengen en de andere kant is het bewaren. De problematiek van 'het bewaren' is het onderwerp van dit artikel. De botten vormden ooit het skelet van een dier. Chemisch zijn ze opgebouwd uit minerale verbindingen van de reeks calciumfosfaat (apatiet) en calcium-



FOSSIELE BOTTEN
KRIJGEN EEN WIT BAD:
EEN STERK VERDUNDE
HOURLIJM OPLOSSING.
[FOTO: ANDRÉ SLUPIK]

carbonaat. Ruimtelijk zijn deze minerale stoffen georganiseerd in vorm van een netwerk van vezels. Dit netwerk heeft een tweevoudige opbouw. Het binnenste van het bot bestaat uit een zeer los netwerk met grote poriën en heet *spongiosa*. De buitenkant van het bot vertoont een zeer compacte structuur met minuscule poriën en wordt *compacta* genoemd. Behalve deze niet organische, minerale bestanddelen bevat bot ook organische stoffen: verscheidene eiwitten van de reeks collageen. Dankzij deze minerale en organische verbindingen zijn de botten zeer stevig en bestand tegen mechanische krachten.

Minerale materie

Na de dood van een dier worden alle organische elementen van zijn lichaam snel afgebroken door biotische en abiotische processen. Dat betekent dat ook

*[ir A.A. Slupik is collectiemedewerker van het Natuurmuseum Rotterdam; e-mail: slupik@nmr.nl]

de organische elementen in botten worden afgebroken. Wat overblijft, is slechts de minerale materie. Als het bot daarna heel lang in de bodem zou blijven dan zou het waarschijnlijk op natuurlijke wijze geïmpregneerd worden door minerale stoffen die in de bodem (in de vorm van verschillende vloeistoffen) circuleren. Dit proces heet fossilisatie en de snelheid van dit proces is afhankelijk onder andere van de geochemische en geologische omstandigheden in de bodem en duurt meestal zeer lang (miljoenen jaren op de geologische tijdschaal). In het geval van fossielen uit het Pleistoceen is de periode na hun dood veel te kort om volledig te fossiliseren. De afbraak van de organische substantie heeft al plaats gevonden maar de natuurlijke impregnatie nog niet. In dit geval is er sprake van zogenaamde subfossielen. Tot deze groep behoren bijna alle resten uit het Pleistoceen. Gevolg van deze situatie is dat deze objecten mechanisch zeer kwetsbaar zijn.

Krimpgedrag

De minerale bestanddelen van de botten behoren, chemisch gezien, tot zouten (carbonaten en fosfaten). Deze verbindingen zijn zeer hygroscopisch (trekken vocht aan). Zolang de botten op een bepaalde (vaste) plek in de bodem blijven, zijn de omstandigheden in hun naaste omgeving zeer stabiel. Zodra de botten echter zijn opgegraven of blootgelegd, komen ze in aanraking met de buitenlucht (met een instabiel milieu) en zijn ze aan veranderingen onderhevig. De belangrijkste factoren zijn hier de temperatuur en luchtvochtigheid. Deze veranderende milieu factoren veroorzaken dat de minerale botbestanddelen mechanische werking vertonen. Het krimp gedrag van het bot is niet uniform: compacta krimpt op andere wijze dan sponsiosa. Als de wisselingen van temperatuur en luchtvochtigheid snel en regelmatig gebeuren dan ontstaan scheuren en breuken in het bot. Zo kan een object in de loop der tijd ernstig beschadigd raken. In het geval van kiezen en stootanden van mammoeten is dit probleem nog erger. De stootanden zijn opgebouwd uit ivoor dat afgezet is in de vorm van ringen. Deze



ZUURVRIJE KARTONNEN
DOZEN VOOR DE OPSLAG
VAN FOSSIELE
SKELETDELEN IN HET
'BOTTENDEPOT' VAN HET
NATUURMUSEUM
ROTTERDAM.
[FOTO: ANDRÉ SLUPIK]

ringen krimpen onafhankelijk van elkaar en kunnen losraken: het ivoor verbreekt. De kiezen van mammoeten hebben een lamellaire opbouw. Door dezelfde oorzaken als hierboven genoemd, vallen de afzonderlijke lamellen los uit elkaar.

Een ander probleem vormen mechanische factoren. De fossiele botten zijn zeer poreus en daardoor uitermate gevoelig voor trillingen. Mechanische schade zoals scheuren, breuken en krassen kan ontstaan tijdens transport en door trillingen in de bewaarruimte. Om de collectie in goede staat te houden moet een aantal maatregelen genomen worden. Zoals in veel natuurhistorische musea, staat in het Natuurmuseum Rotterdam de collectie centraal en vormt de basis van vele activiteiten. Het creëren van optimale bewaaromstandigheden voor de collectie verdient daarom absolute prioriteit.

De beheerswerkzaamheden aan de collectie subfossiele zoogdieren omvatten twee groepen activiteiten: passieve en actieve conservering.

Passieve conservering

Bij passieve conservering gaat het om het creëren van optimale bewaaromstandigheden. Objecten moeten in ruimten waarin bepaalde (empirisch vastgestelde) omstandigheden heersen, geplaatst worden. In de bottendepots van het Natuurmuseum Rotterdam concentreert men zich op het constant houden van de temperatuur en luchtvochtigheid. Er vindt continue monitoring van deze twee parameters plaats. De luchtvochtigheid moet constant blijven om de mechanische werking van de botten tegen te gaan. Om dit te bereiken zijn in de (vochtige) kelders luchtontvochtigers geplaatst. Deze apparaten hebben een automatisch, zeer gevoelig systeem en schakelen - indien nodig - in. De recente en subfossiele skeletdelen bevinden zich in dezelfde ruimte en dat brengt een belangrijk probleem met zich mee. Voor de fossiele botten kunnen al te droge omstandigheden desastreus zijn. Het krimpen verloopt dan zeer snel en intensief. Dus voor deze groep objecten is een hogere (en constante) luchtvochtigheid zeer aanbevolen. Aan andere kant lopen

de botten van recente dieren bij hoge luchtvochtigheid het risico van beschimmelen. Deze botten bevatten nog veel organische stoffen (o.a. vetten) wat een zeer goede voedingsbodem voor allerlei schimmels vormt. Om hier een middenweg in te bewandelen, houden wij het Rotterdamse bottendepot op een luchtvochtigheid tussen 55 en 60%. Niet meer en absoluut niet minder.

Een andere activiteit met betrekking tot passieve conservering is het creëren van goede opslagsystemen. De subfossiele botten worden bewaard in zuurvrije kartonnen dozen. Voor de meest kostbare en kwetsbare stukken zijn in deze dozen speciale bodems en vakken aangebracht. Het materiaal dat hiervoor wordt gebruikt, is 'kunstschuim' (cross linked polyethyleen) dat al toegepast is als bodems voor de insectenladen in onze entomologische afdeling. Dankzij deze toepassing is het risico van trillingen (tijdens verplaatsen van het object) en dus beschadiging geminimaliseerd. Het bouwen van dit opslagsysteem is zeer arbeidsintensief maar wordt geleidelijk generaliseerd voor alle (sub)fossiele objecten.

Actieve conservering

Actieve conservering omvat alle activiteiten die leiden tot het verbeteren van de toestand van het object door middel van het ingrijpen in het object zelf. Hiermee bedoel ik het toepassen van middelen die de fysieke conditie van de collectiestukken verbeteren, stabiliseren en in ieder geval verdere destructie voorkomen (of verminderen). In de praktijk betekent dit een zware ingreep. Een natuurlijk object, ooit deel van een levend wezen, wordt behandeld met iets 'onnatuurlijks'. Mogen wij zoiets doen? Verandert een natuurhistorisch object dan niet in een kunstvoorwerp? Mijn antwoord op deze ethische vraag is even kort als duidelijk. Wij moeten dit doen! Het is beter een object te behandelen, op te vullen en kunstmatig te impregneren, in plaats van het verloren te laten gaan. Ook fossielen en andere natuurhistorische voorwerpen behoren tot ons culturele erfgoed



MET FOAM BEKLEDE
DOZEN, TER BESCHERMING
VAN KWETSBARE
COLLECTIESTUKKEN.
BOVEN: FOSSIELE
NEUSHOORNBOVEN;
ONDER:
FOSSIELE
NEUSHOORNBOTTEN.
[FOTO: ANDRÉ SLUPIK]

en wij moeten er alles aan doen om deze collecties voor de toekomst in goede staat te bewaren.

In het geval van subfossiele botten gaat het om verschillende kleverige middelen die losse stukken bij elkaar houden en voorkomen dat er in de toekomst afbraak plaats zal vinden. Het gaat hierbij om synthetische harsen. Natuurlijke middelen zoals wassen, natuurlijke harsen en andere plantaardige en dierlijke middelen zijn *a-priori* niet geschikt vanwege hun instabiliteit. In de loop der jaren veranderen de chemische verbindingen in deze stoffen en bovendien is hun kleefkracht veel te klein om de gevolgen van het krimpgedrag van botten tegen te gaan.

Consolideringsmiddelen

De problematiek van consolideringsmiddelen is heel breed en ingewikkeld. Er bestaan talloze soorten chemische stoffen en verbindingen en het gaat om het vinden van de optimale oplossing

(voor uitgebreide overzichten zie: Brokerhof 1994; Rixon 1976; Slupik 2000, 2001). Het middel dat wordt toegepast moet aan bepaalde voorwaarden voldoen. Ten eerste moet het voldoende kleefkracht bieden om verdere destructie tegen gaan. Ter tweede moet het lange tijd stabiel blijven. Sommige stoffen veranderen in de loop der jaren. Ze worden brokkelig en hun kleur verandert. Het belangrijkste is dat het middel volledig 'tot in de kern' van het object moet kunnen doordringen. Middelen die alleen op de oppervlakte aangebracht worden, vormen slechts een coating en werken niet tegen het krimpen van het binnenste van het bot. Bovendien vergroten deze stoffen de verschillen tussen compacta en spongiosa, en kunnen daardoor de destructie juist versnellen. Het object moet dus volledig verzadigd worden met het middel zodat alle vrije ruimte in het bot (alle poriën) wordt opgevuld. Dat is lastig. Veel mid-

delen zijn gebaseerd op organische oplosmiddelen om hun kleverigheid (viscositeit) te verminderen. Bij deze formules (bijvoorbeeld de veel toegepaste velpon/aceton methode) is het middel (kunsthars, een polymeer) letterlijk opgelost in vloeibare organische stof (oplosmiddel). Na het verdampen van de oplosmiddelen blijft de hars *in situ* in het bot. Het is echter aangetoond dat tijdens het verdampen de harsmoleculen samen met het oplosmiddel in de richting van het botoppervlak terugvloeien.

Hierdoor ontstaat een verhoogde concentratie van de hars aan de oppervlakte (het zogenaamde korst-effect) en blijft er in de botkern geen (of zeer weinig) van het conserverende middel achter. Dit wetende, is in het Natuurmuseum Rotterdam onlangs voor een ander middel gekozen. Hierbij is het consolideringsmiddel (de hars) in vorm van dispersie aanwezig. Dat wil zeggen niet opgelost in een organische oplosmiddel maar in een vaste fase, vrij zwevend in water. Deze formule garandeert dat tijdens het verdampen van het water de harsdeeltjes overal in het bot blijven. Na het impregneren is het bot volledig en overal in dezelfde mate opgevuld. In Rotterdam noemen wij deze methode 'het witte bad'. Alvorens hiertoe (en welke andere conserverende behandeling dan ook) over te gaan, moet het bot eerst ontzilt worden.

Ontzilt

Ontzilt is het verwijderen van zouten die zich in het binnenste van het bot bevinden. Het gaat daarbij om zout dat in zeewater opgelost is (botten die uit de Noordzee opgevisst zijn, bevatten verschillende soorten zout). Zout is zeer hygroscopisch en trekt dus vocht naar het binnenste van het bot. Bovendien vertonen sommige zouten zeer grote kristallisatie krachten (bij groei van sommige zoutkristallen kan hun volume met een factor acht toenemen) die kunnen leiden tot ernstige beschadigingen van botten. De botten moeten dus met water dat weinig zouten bevat gespoeld worden: zouten worden daarbij opgelost in water en 'spoelen' het bot uit. De volgorde van oplossen is als volgt:

eerst komen de chloriden (Cl^-) in oplossing, daarna de sulfaten (SO_4^{2-}) en als laatste de carbonaten (CO_3^{2-}). Het beste is gedemineraliseerd water maar ook gewoon leidingwater kan gebruikt worden. Gedestilleerd water is niet geschikt. In de praktijk duurt ontzilt en enkele dagen of weken (in het geval van zeer grote objecten). Het water moet tijdens het ontzilt regelmatig ververs worden. Een langzaam stromende kraan doet in dat verband wonderen.

Het witte bad

Na het ontzilt kunnen de botten geïmpregneerd worden. Voor de impregnatie passen wij in het Natuurmuseum Rotterdam waterdispersie van polyvinylacetaat (PVAc) toe. Dat is niets anders dan het middel waarop houtlijm gebaseerd is. Het is bij de bouwmarkt of doe-het-zelf-winkel als 'witte houtlijm' verkrijgbaar. Wij gebruiken Ponal Super 3 (D3) van de firma Henkel maar ook lijmen met symbool D3 (waterbestendig dus) van andere producenten zijn geschikt. De lijn is kant en klaar en voor gebruik gereed. Het is een vloeibare, maar zeer stroperige substantie (dus met een hoge viscositeit). Om het indringen via de minuscule poriën van het compacta mogelijk te maken, moet de witte houtlijm met water verdund worden. Het middel moet na verdunnen echt vloeibaar zijn (de volumeverhouding middel : water = 1 : 20 tot 1 : 30). Daarna dompelt men het te conserveren object onder in de melkwitte vloeistof. De botten krijgen dus letterlijk een wit bad. De snelheid van saturatie (verzadiging) is afhankelijk van de grootte van het object. Er zullen op het oppervlak van de vloeistof luchtbelletjes verschijnen die afkomstig zijn uit de poriën in het bot. Zodra er geen belletjes meer verschijnen, ook na beweging van de objecten, is de indringing voltooid. Zo duurt de impregnatie van een wervel van een wolharige neushoorn ongeveer drie tot vier uur. Na deze behandeling moeten de botten langzaam drogen in een koele ruimte. Snelle droging (in een warme ruimte) veroorzaakt een droge 'film' op het botoppervlak die het binnenste van het bot



IN ROTTERDAM
GEBRUIKEN WIJ PONAL
WITTE HOUTLIJM.
[FOTO: JAAP VAN LEEUWEN]

(spongiosa), waarin zich nog steeds een oplossing bevindt, afsluit. Na het verdampen van het water is PVAc vrijwel kleurloos. De botten zijn goed en volledig geïmpregneerd en dit middel biedt voldoende kleefkracht om verdere destructie tegen te gaan.

Ook thuis

Deze alternatieve techniek om fossiele botten voor verval te behouden is door iedereen (ook thuis) toe te passen. Bijkomende voordelen zijn de geringe kosten en de onschadelijkheid van witte houtlijm. De veel toegepaste velpon/aceton methode brengt brandgevaar met zich mee, en aceton is bij inademing schadelijk voor de gezondheid. In het Natuurmuseum Rotterdam geven wij fossiele botten daarom voortaan een wit bad.[]

Literatuur

- Brokerhof, A., 1994 - Opgezet en aangevretten: Inventarisatie van kennis en problemen bij conservering van natuurhistorische collecties - Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap. Informatie 21. Amsterdam
- Rixon, A.E., 1976 - Fossil animal remains: their preparation and conservation - Athlone Press, London
- Slupik, A.A., 2000 - Consolideren van subfossiel bot. Problemen en alternatieven - Cranium 17(2): 60-77
- Slupik, A.A., 2001- Passieve en actieve conservering van fossielen in het Natuurmuseum Rotterdam - Cranium 18(1): 25-28