

De duurzaamheid van duinzand

door Bert Boekschoten

VU Amsterdam

g.j.boekschoten@vu.nl

► Afb. 1. A. Duinzand, Bergen aan Zee, opgestoven. B. Kunstduinzand, opgebaggerd, Petten. Beeldbreedte 5,5 mm. Collectie van de auteur.
Foto's: Ap Bernhart.

Volksliederen worden geacht definitief te zijn. Vóór 1932 (instelling van het Wilhelmus) weerklonk ook vaak 'Waar de blanke top der duinen' als vaderlandse lofzang. Eigenlijk een redelijk geologisch lied, uit ongeveer 1870, door P. Louwerse.

Inderdaad, de Nederlandse kust kenmerkt zich door duinen, met zeegaten ertussen. Dat geldt trouwens ook voor Vlaanderen en voor grote delen van de Noord-Duitse en Poolse kusten; maar Nederland is wel het kernstuk daarvan. Als aardkundige karakteristiek is de duinenrij niet slecht gekozen. De aanpalende Noordzee, van Calais tot kaap Skagen, is ook al een zandbak, zij het gevuld met zeewater. Al dat zand danken we vooral aan de ijstijden. Dat waren ware zandfabrieken. Natte gesteenten die bevroren en dan weer ontdooiden en vergruisden. Gletsjers en smeltwaterstromen voerden het gesteentepuin zuidwaarts vanuit Fennoscandië. Aldus ontstond het immense zandlichaam, de Noord-Duitse laagvlakte, inclusief noordelijk Polen en Nederland.

Op heel andere wijze kwam het tropisch kalkzand tot stand. Op de bodem van heldere kustzeeën, tot 150 meter diepte, woerden kalkvormende zeeieren en krioelden zeedieren. Hun harde restanten vergruisden tot kalkstenen korrels. Uit beide zandtypes stoven duinen op, met name tijdens lage zeespiegelstanden.

Herkomst Nederlands duinzand

Ons duinzand bestaat overwegend uit kwartzand, met in Noord-Nederland wat veldspaat erbij afkomstig van de granietische gesteenten van Scandinavië. De duinen benoorden de Hondsbossche Zeewering zijn opgebouwd uit gerecycled stuifzand, afgezet vanaf circa 20.000 jaar geleden tijdens zandstormen vanuit de droog liggende Noordzeebodem.

Zulke dekzanden liggen in de Waddenzee nog vlak onder de wadplaten. Toen de zeespiegel ging stijgen, konden stromingen en golfslag het aangewaaid zanddek omwerken tot zandbanken. En tijdens gunstige etmalen van laag tij en droogte kon daarvan duin opstuiven. In onze jaren hebben we aldus Rottumerplaat als eiland zien ontstaan. Het

aangestoven, daarna verspoelde en ten slotte weer opgestoven zand, is nogal fijnkorrelig. De duinen aan de noordkust blijven wat lager dan aan de Hollandse; ze zijn ook niet zo zeer blond maar eerder vaalwit.



Voorlangs de Hondsbossche Zeewering, te IJmuiden en aan de tweede Maasvlakte zien we sedert een paar jaar ook duinen. Dat zijn geen kustduinen, maar kunstduinen, gemoeddeerd uit zand dat diep uit de Noordzeebodem werd opgezogen uit oude afzettingen van Rijn en Maas, die uit het latere Pleistoceen dateren. Het zand van deze nieuwe geologische natuur is hoekig ("scherp") zand en de korrels verschillen ook sterk in grootte. Windzandduinen kennen rondere korrels, van gelijkmatiger doorsnee. Tijdens het stuiven, ketsen de korrels, en ronden elkaar af. Echt duinzand is door de ronde vorm meer geschikt als vulzand (pazzand), het hoekige rivierzand leent zich meer voor metselspecie

en voor het boetseren van sculpturen uit nat samengedrukt zand (afb. 1). Het eerste is mul, het laatste knarst meer onder de voeten omdat het zich compacter stapelt; kleine korreltjes vullen de poriënruimte tussen de grotere op. Het zal enkele eeuwen duren voordat de kunstduinen exact zo aanvoelen als de natuurlijke...

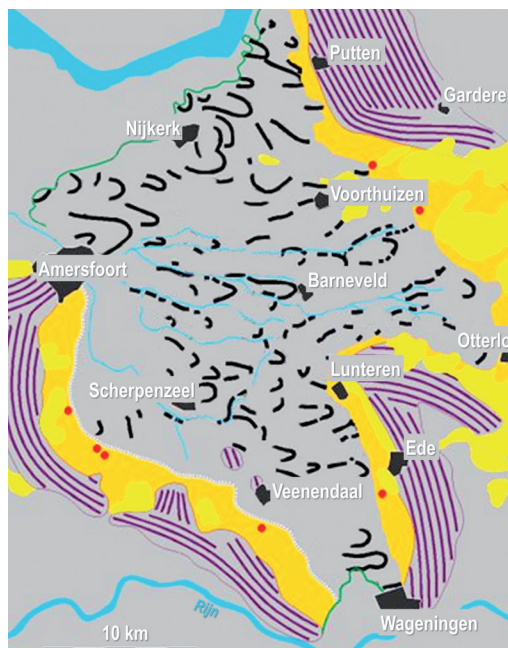
Zeeuws-Hollands duin

De duinenrij waar Louwerse in zijn loflied op doelde, is opgestoven sedert de stichting van de Hollands-Zeeuwse graafschappen, rond het jaar 1000. Erachter liggen de vlakere, ontcalciteerde oude duinen van een eerdere kustvormingsfase. Ze bestaan beide uit zand dat is aangevoerd door de grote rivieren; ongetwijfeld deels in België en Duitsland vrijgemaakt door de landbouwactiviteiten aan hun oevers. Dat zand werd schoongewassen in zee, en afgerond door onderlinge schuring tijdens het opstuiven tot stranden en duinen. Het opstuiven corrodeert achtergelaten flessen tot matglas, en dringt zich op in de picknicks van badgasten. Op het strand kunnen kinderen zandkastelen construeren, bijgehouden door het zout

van verdampend zeewater.

De grote rivieren voeren sedert de vorige eeuw geen zand meer tot aan de kust. Dat kunnen ze niet meer; de aanleg van stuwen heeft

hun stroomsnelheid verlaagd. Grootscheepse ingrepen werden in de Boven-Rijn vooreerst mogelijk, tussen 1871 en 1918, toen keizerlijk Duitsland zowel over het Zwarte Woud als over de Vogezes regeerde – beide oevers waren destijds in één hand. Die normalisatie betekende ook het einde van de Rheingoldwinning. In de stroomdraad van de rivier bleven de zwaarste mineralen, waaronder



◀ Afb. 4. Dekzandruggen Gelderse Vallei. Afb.: Jan Heutink, naar Geovorming/Berendsen.

goudflinters uit Zwitserland, liggen. Stond de rivier, vaak in augustus, vrijwel droog, dan gingen goudwassers aan de gang. Van het goud werden speciale munten (afb. 2) geslagen; Richard Wagner (1853) baseerde zijn opera *Das Rheingold* erop.

Goudkorrels echter, waren te zwaar om via rivierwater Nederland te halen. Kwartszand is veel lichter; in onze rivieren leidde de gestage aanvoer tot een beroep, al even uitgestorven als het Rijn-goud wassen: het zandvissen, nog door Voerman (afb. 3) uitgeschilderd. Een zware broodwinning voor armzalige lieden, die geen rechten hoefden te betalen voor het ontgraven van een perceel hoge zandgrond.

Oud stuifzand

Als oude formaties zijn stranden en duinen zeer schaars. Kwartszand zonder kitmiddel is kansloos tegen erosieve krachten. Een uitzondering is het versteende strand van Órzola, op Lanzarote (Canarische Eilanden). Bovenop een oude, vlakke lavastroom werd al stuwende een laag strandzand afgezet. Daarop vestigde zich

een zeevogelkolonie, landslakken deden zich tegoed aan opschietende vegetatie. De laag met eierschalen en slakkenhuizen werd nog tijdens het Mioceen overdekt, en behouden, door een volgende lavastroom – een uitzonderlijke situatie en een pale-

◀ Afb. 2. Thaler uit Rijn-goud, 'Zo stralen de oevers van de Rijn'. Foto: MaZ Thomas Pollandt (veilinghuis).

◀ Afb. 3. Zandhalers op de IJssel, geschilderd door Voerman sr. Voerman Museum Hattem. Foto van de auteur.



ontologische schatkamer. Deze is langs een kilometerlange breuk aan verticale wanden naderhand ontsloten.

Wel oud, maar niet zó oud, zijn rivierduinen bij Mainz, daterend uit de laatste ijstijd. In deze duinen, opgestoven uit tijdelijk droogstaande rivierbeddingen, ligt nog een laag vulkanische as, uitgeworpen tijdens de eruptie van de Laacher See, zo'n 13.000 jaar geleden. Nederlandse stuifduincomplexen uit de arctische woestijnfase, onder meer in de Gelderse Vallei (afb. 4), missen die speciale laag; de wind stond in oostzuidoostelijke richting tijdens de uitbarsting. Vooral in Westerwolde bij Ter Wupping, zijn rivierduinen nog fraai te zien. Jonger zijn de vele binnenlandse stuifzandgebieden zoals te Hulsthorst, Wekerom en Kootwijk op de Veluwe en bij Loon en Drunen in Noord-Brabant. Toen die ontstonden, was de levende natuur (aan het einde van het Pleistoceen) alweer zijn opmars naar het Noorden begonnen.

Menselijke ingrepen zoals ontbossing, ontwatering en overbeweiding, deden het stuifzand weer opwaaien. Veel van die duincomplexen zijn door egalisatie naderhand

► Afb. 6. Versteende zandduinen. Zion National Park, Utah, VS. Foto: Roy Luck via Wikimedia Commons CC-BY-2.0.



▲ Afb. 5. Duinzandprofiel Borgertange met podzol. Foto van de auteur.

verdwenen. Een voorbeeld is het duintje in een weiland bij Borgertange, ook in Westerwolde. Door zandgraven zien we dat het duin in twee (afb. 5) fasen opstoot, gescheiden door een podzolhorizont, gevormd toen er tijdelijk heide op groeide. Een nu zeldzame ontsluiting; kleinschalige zandwinning is taboe, egalisatie ook. We vinden Holocene binnenlandduinen nog vaak in bossen van grove dennen, ooit aangelegd bij gebrek aan een betere bestemming en om verstuuving tegen te gaan. Landerijen naast zulke waaiboomstroken zijn steevast geëgaliseerd. De Permische Slochterenformatie bestaat uit zeer oud, verspoeld stuifzand, waarin het aardgas zich verzamelde. Spectaculair

zijn de duinenformaties van de Navajo-zandsteen in de Rocky Mountains. Hier bleef een duingebied bewaard doordat het onder snel afgezette Jurassische sedimenten als het ware begraven werd. Die zandsteen is heel matig verkit, door ijzerroesthuidjes om de korrels – maar dit bindmiddel kleurt met prachtige vlamme tinten geel, oranje, rood en zwart. Diverse nationale parken in de Verenigde Staten beschermen deze formaties;



Zion, in Utah, is wel de bekendste. Het stevige dekterrein behoedt de fossiele Navajo-duinen tegen erosie; de losse zandsteen zelf kalft in verticale wanden af (afb. 6).

Kalkzand, versteende duinen

In de tropen is alles anders; ook het hagelwitte strandzand. Op wervende plaatjes contrasteert dat optimaal met onbekommerde badgasten. Niet voor niets toont museum Beelden aan Zee te Scheveningen bronzen sculpturen geplaatst in hagelwit zilverzand, van de Brunssummerheide. In etalages van luxe winkels wordt wit kwartzand eveneens als ondergrond gebruikt. Dat ziende, vraag je je af waarom het badstrandtoerisme in Nederland nog zo florissant is. Voor hetzelfde geld vlieg je naar een hagelwit tropenstrand dat azuren zeeën omzoomt...

In die blauwe, tropische zee valt, voor zover geen rif of mangrove present is, weinig te beleven. En dat witte zand gedraagt zich, wonderlijk genoeg, anders dan het blonde aan onze kusten. Na het baden aan de Noordzeekust blijft er een dun laagje zand aan je blote benen zitten. Droogt dat op, dan veeg je het zo weg, anders dan onder de palmbomen van een atol. Dat zand is nogal hardnekkig: het hecht zich in de huid in plaats van erop. Het bestaat namelijk uit kalkpartikels. De kiezelpartikels van onze kusten zijn lichaamsvreemd, wij bevatten niets kiezeligs en onze weefsels weren kiezelige indringers. Tegen kalkpartikels echter heeft het lichaam geen bezwaar; ons skelet en de tanden bestaan

daar immers grotendeels uit. Na strandbezoek op de Bahama's moet je stevig douchen, anders blijft er strandzand op je vastzitten. Op Nederlands strand merk je, dat stukjes schelp zich stevig hechten aan de huid. Dit komt niet alleen door hun scherpte, maar ook door hun kalkigheid.

En er is nóg een effect. Kiezelzand reflecteert ultraviolette straling. Daardoor verbruin je over alle blote delen van het lichaam tijdens een wandeling langs de blanke top der duinen, zelfs als de zon achter de wolken schijnt, zoals ook op een min of meer afgeschermd terras. Kalkzand daarentegen neemt uv-straling op, het wordt er heel heet van; dat witte zand brandt onder je voeten. Onder een parasol echter vang je weinig weerkaatsing van straling op, je krijgt geen bruine teint maar wordt roze van de warmte...



Kalkzand heeft ook deugden. Een van de leukste typen kalkzand bestaat uit de skeletjes van de foraminifeer *Baculogypsina* (afb. 7), dat stukken strand in oostelijk Indonesië en de Filipijnen vormt.

Het eencellige diertje leeft in ondiep water, vlak voor de kust, op stevige zeebodems, van alges in de tropenzone. Wanneer het wezen zich voortplant, organiseren alle levende delen uit het peperkorrel-grote lichaam zich tot vrij zwevende kiemen, op zoek naar een partner. Het kalkskeletje blijft verlaten achter. Zo ontstaat er een overvloed van lege hulsjes, die door de golfslag strandwaarts worden gevoerd. Een bijzondere gewaarwording, zo'n foraminiferenstrand uit grote ronde korrels – alsof je over fijne hagel loopt, in de warmte en op blote voeten...

Mineralen van kalkmaterie

Het witte tropenstrand bestaat voor het leeuwendeel uit restanten zeeplant en zeedier, vergruizeld door allerlei knagende zeeorganismen, vermalen door de branding. De aangroei van skeletdragende zeeorganismen (waaronder roodwier, groenwier, koralen en schelpdieren) gaat snel, per jaar tot wel een halve cm gruis.

Maar niet alle kalk is eender. Er bestaan mineralogisch twee variëteiten van: aragoniet en calciet. Sommige kalkvormende organismen produceren één type kalk-

mineraal; zo zijn mosselschelpen in hoofdzaak aragonitisch en oesterschelpen juist calcitisch. Niet zelden zijn zeedierskeletten uit beide kalktypen opgebouwd. En dat maakt veel uit voor de verstening van het zand.

Dat fenomeen zien we ook aan de Nederlandse stranden. Mosselbanken zijn een regulier verschijnsel in het Waddengebied, kokkels ook. Maar bij graafwerken in onze Lage Landen, deels ooit wadden, zie je regelmatig kokkelschelpen tevoorschijn komen – mosselschelpen nooit. Toch horen mosselschelpen hier vanouds thuis. We vinden ze in onze bodem niet terug omdat het parelmoer van mossels uit aragoniet bestaat en aragoniet gemakkelijk oplost in zeewater met een beetje koolzuur. Daarom wordt de schelp van de levende mossel aan de buitenzijde beschermd tegen oplossen door een zwartige, organische huid (het *periostracum*). Kokkelschelpen daarentegen bestaan uit het veel minder gemakkelijk oplosende calciet, die vind je dus wel in de bodem terug.

En oesters? Die leven uitsluitend daar waar harde ondergrond voorkomt; bijvoorbeeld waar kokkelschelpen blootspoelen in zeegaten, op palen en harde zeeeringen. Oesters komen en kwamen dus lang niet overal voor. Op het strand van de Wadden vinden we regelmatig oude, zwartige oesterschelpen – tot honderd jaar geleden waren oesters nog inheems in de Waddenzee. Aan de binnenkant van verse oesterschelpen zien we een afdruk van de spier die beide schelphelften samen trekt (afb. 8). Maar bij fossiele oesterschelpen blijkt die indruk ineens veel dieper; er vond daar namelijk oplossing plaats, omdat precies onder die spieraanhechting de schelp uit aragoniet bestaat, terwijl de rest van de schelp calciet is. De oester doet dat met reden; aragoniet is sterker en elastischer dan het brosse calciet! Een mosselschelp kun je buigen; een oesterschelp niet.

Mineralen, ze doen er toe, in schelpen en ... in duinen!



◀ Afb. 7. Foraminiferenzand, Sanur, Bali. Foto: dr. S.R. Troelstra.

◀ Afb. 8. Jurassische oesterschelp, spieraanhechting opgelost. Foto: Lithothèque de Normandie, Ac. Caen.



▲ Afb. 9. Versteend duin, Bermuda. Mark Rowe PhD.

Verstening van kalkzand

Wat gebeurt er, als een duingebied uit tropisch wit kalkzand opstuift, en het regent er genoeg om veel water op te slaan? Zoals in onze duinen blijft er veel regenwater onder het duinoppervlak 'hangen' en dat water lost de aragonietcomponenten in het duinzand op. Het resultaat van dit proces is goed te zien op Bermuda (afb. 9), een Caribisch eiland dat vol staat met versteende duinen; meer nauwkeurig met de kern van die duinen. Wat droog bleef, onderging geen oplossing van aragonietkorrels en kon gemakkelijk wegstuiven. Het oorspronkelijk oppervlak blijft dus zelden bewaard, behalve dat van natte duinpannen. Wel komt het voor dat vegetatiehorizonten van tijdelijke duinvegetatie behouden blijven.

Het zo gevormde gesteente van kalkige verstarde duinen wordt sinds 1931 eolianite genoemd, naar de Griekse god Aeolus. Het was al veel eerder opgemerkt. Darwin nam het

► Afb. 10. 'Stenen duin', Majorca. Foto van de auteur.



verschijnsel al waar tijdens zijn wereldreis met de Beagle. Langs Australische kusten zijn versteende duinen van kalkzand wijdverbreid, daar waar de kust vlak genoeg is om duinvorming mogelijk te maken. Een bijzonderheid is de Phoenicische haven van Dor, zuidelijk van Haifa. Die raakte na de klassieke eeuwen met kalkzand dichtgestoven, vervolgens heeft een kustwaartse grondwaterstroming zijn werk gedaan. Die antieke haven is nu gevuld met harde eolianiet kalksteen.

Versteende duinpannen

In Zuid-Afrika zijn in totaal drie voorkomens

van menselijke voetstappen ontdekt, allemaal van moderne mensenvoeten, maar toch tussen 126.000 en 90.000 jaar geleden gezet. Het is niet waarschijnlijk dat ook maar één enkele voetstap ooit in onze kwartszandkust zou kunnen fossiliseren. Daarom vermoeden we dat de Afrikaanse stappen in een natte duinpan met kalkzand ondergrond werden gezet, waar verkitting snel kon plaatsvinden. Zover weg hoeven we voor deze boeiende afzetting echter niet te gaan. Op de Mediterrane kust van Spanje, bij Murcia, liggen langs de kust gordels van eolianiet. Fraaie formaties van deze bijzondere kalksteen liggen op de binnenbochten van de kust van Majorca en Menorca. Aan de noordoostzijde van het eiland, in de baai van Alcúdia, ligt de necropolis Punta des Fenicis, even oostelijk van Son Bauló. Op een in zee uitstekende landtong zien we talrijke sarcofaaggaten in de stenige ondergrond (afb. 10), de laatste rustplaatsen van overledenen welke tussen 650 en 350 B.C. voor hen werden uitgehakt in eolianiet. In duinen overheersen zeer schuine gelaagdheden. Niet voor niets was de Blinkert bij Haarlem al eeuwen een attractie – eerst het duin beklimmen, dan van de steile flank af sullen. Deze steile wand wordt tegenwoordig in stand gehouden door er zand te storten. Een dergelijke steile gelaagdheid zien we ook in de zijden van de necropool op kaap Punta

des Fenicis. Abrupt lopen de lagen dood tegen het gladde oppervlak van de kaap. Verkitting van de eolianiet vond alleen plaats zo hoog als het grondwater reikte; van de "blanke top" dezer duinen vind je dus nooit wat terug. Omdat de verkitting vaak maar zeer gedeeltelijk, en laagsgewijs plaatsvindt, is deze kustformatie trouwens

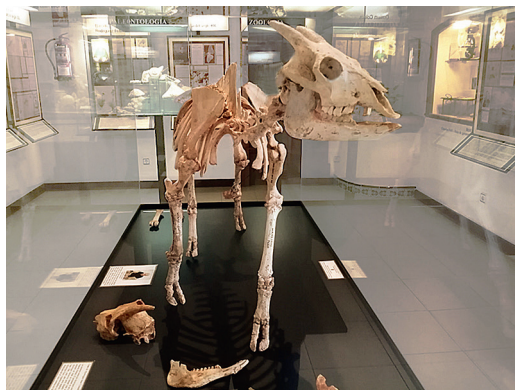
heel gevoelig voor erosie door branding en zeestroom. Latere afslag heeft dus ook een deel van de eolianiet weggenomen.

De luchtige structuur van eolianietformaties maakte het hakken van sarcofaaggaten voor de antieke bevolking van Majorca gemakkelijk. Eolianiet is om die reden dan ook vaak als goedkope natuursteen uitgehakt, voor tuinmuren bijvoorbeeld.

Fossiele zoogdiersporen

Op zuidelijk Majorca, bij Far de s'Estatella, is tegen een rots van Mioceen rif aan de kust kalkzand opgestoven. Omdat zo'n kaap de

wind zijwaarts dwingt en versnelt, ontstonden er kuilen in het duinencomplex tegen de kaap aan, waar vervolgens grondwater aan het oppervlak kwam. Het water trok kudden van het uitgestorven endemische Balearendier, de kleine geitachtige *Myotragus* aan (afb. 11). Hier trad eveneens eolianietvorming op.



In de poreuze kalksteen bleven duizenden hoefafdrukjes van deze herkauwer bewaard. Evenzo zijn er op Menorca de pootafdrukken van de lokale *Myotragus* aangetroffen en op Sardinië werden hoefafdrukken van het uitgestorven endemische Sardijnse hert *Praemegaceros cazioti* ontdekt. Op Cyprus, zag ik, bij Ayia Irini, aan de westkust, eolianiet met fossiele nijlpaardbeenderen, die uit een steilwand staken. Was die fossielenlaag vlak ontsloten geweest, dan waren daar ongetwijfeld ook voetsporen van de uitgestorven *Phanourios minimus* zichtbaar geweest. Skeletresten bevinden zich nu eenmaal vaker bij drinkplaatsen van grazende dieren...

Ijstijdsituaties

De opsomming van uitgestorven soorten geeft al aan dat deze verharde eolianietformaties niet in onze tijd versteenden. Het zijn veelal formaties uit het late Pleistoceen. Echt heel oude voorbeelden van eolianiet zijn mij echter niet bekend. De ijstijden veroorzaakten, naarmate ze korter geleden optraden,

steeds extremere schommelingen in de zeespiegelstand; de laatste ijstijd stelde die maximaal 130 m beneden de huidige. De eolianieten die wij nu zien, werden doorgaans minder dan 100.000 jaar geleden afgezet. De blootgelegde neritische zone (de zeebodem van het continentaal plat), gekoppeld aan storm en droogte, bood een groot reservoir aan vergruisd kalkskeletmateriaal. Waar het alsmat droog bleef, zoals op het eiland Sal (één van de Kaapverdische Eilanden), konden enorme hoeveelheden kalkzand opwaaien tot zeer hoge duinen – naar verluidt de hoogste ter wereld. Een tijdsgebonden record, omdat ook dit dorre zand steevast verwaait.

Spoorzoeken

Voor het vinden van fossiele voetstappen en pootafdrukken zijn uiteraard flinke laagoppervlakken nodig. Maar eolianieten zijn niet sterk verkit, dus afgesleten stranddazomen zijn de regel. Daarin zijn voetsporen slecht herkenbaar. Laagoppervlakken werden daarentegen vaak goed ontsloten wanneer de branding zeegrotten geslagen heeft uit kustformaties van eolianiet, wat nogal vaak voorkomt – alweer wegens de gevoeligheid van deze kalksteen voor erosie. De vlakke lagen die zichtbaar zijn in het daggewelf van de grot, dragen goed bewaarde afgietsels in epireliëf van voetsporen. In die situatie werden de menselijke stappen in Zuid-Afrika en de *Myotragus*-sporen op Majorca ontdekt, en ook het spoor van een Pleistoceen kameel op het Omaanse schiereiland Musandam, dat ontdekt werd door prof. Anne Schulp (afb.12A en B).

Wie fossiele sporen van Pleistocene zoogdieren vinden wil, neemt dus een aangename en sportieve uitdaging aan. Per motorboot langs eolianiet-steilwandjes varen op zoek naar zeegrotten, om bij lamplicht naar het grotplafond te turen: een paleontologisch avontuur, geschikt voor de mariniers onder ons!

◀ Afb. 11. Skelet *Myotragus*, opgesteld in Museu Balear de Ciències Naturals, Majorca. Foto van de auteur.

▼ Afb. 12. A. Brandingsnis in laat-glaciale eolianiet; B. Epireliëf van kamelenspoor aan het plafond. Musandan, Oman. Foto's: Anne S. Schulp.



12A



12B