

...En wat hebben we, vijftientig jaar later, over mosasauriërs bijgeleerd?

Anne S. Schulp, Natuurhistorisch Museum Maastricht, De Bosquetplein 6-7, 6211 KJ Maastricht,
e-mail: anne.schulp@maastricht.nl

Het is duidelijk dat we na de eerste vondsten van grote kaken van een 'Grand Animal' veel over mosasauriërs hebben geleerd. Maar ook nu, zowat tweeënhalve eeuw na de eerste vondst in de Sint-Pietersberg in 1766, worden er keer op keer weer nieuwe ontdekkingen gedaan, die stuk voor stuk weer nieuwe vragen opwerpen over deze uitgestorven zeereptielen uit het Krijt. Ging het debat over de identiteit van het 'Grand Animal' aanvankelijk over de overeenkomsten en de verschillen met walvissen en krokodillen, in 1808 werd Adriaan Camper's eerdere claim dat het om een hagedisachtige ging door niemand minder dan Georges Cuvier volmondig bevestigd (Cuvier, 1808). De observatie van Waage (1925) dat "...in de wetenschappelijke wereld [...] de plaats, die men de Mosasaurus in de systematiek toekende, dikwijls [is] veranderd" blijft echter ook nu nog onverminderd van toepassing. Zelfs vrij recentelijk werd in vaktijdschriften én op wetenschappelijke bijeenkomsten nog driftig gediscussieerd over de vraag of mosasauriërs nauwer aan de slangen of nauwer aan de hagedissen verwant waren, waarbij het scenario met een verwantschap die iets dichter bij de hagedissen uitkomt vooralsnog de beste kaarten heeft.

EVOLUTIE

Er kan in ieder geval worden aangenomen dat de evolutie van de mosasauriërs ruim 90 miljoen jaar geleden begint met een bonte verzameling hagedis-achtige wezens. Deze land-reptielen voelen zich gaandeweg steeds beter thuis in het zoute water, en in verrassend korte tijd, voor geologen stelt een paar miljoen jaar nu eenmaal niet zoveel voor, vestigen de mosasauriërs zich als de meest succesvolle carnivoren van de Krijtzee. Die 'vroege' mosasauriërs staan in 1925 voornamelijk bekend als de "Dolichosauria uit Triëst en Dalmatië" die Waage (1925) noemt; inmiddels zijn van tientallen vindplaatsen overblijfselen bekend



In verband met het honderdjarig bestaan van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg zal in het maandblad aandacht geschonken worden aan eerder verschenen artikelen. De onderwerpen van deze artikelen laten u de diversiteit zien van de activiteiten van het Genootschap gedurende de afgelopen 100 jaar waarover in het Maandblad gepubliceerd is. Dit jubileumartikel grijpt terug op een artikel uit het Natuurhistorisch Maandblad 14(12):164-166 en is hieronder afgebeeld.

WAT WETEN WE VAN DE MOSASAURUS EN HOE ZIJN WE AAN DEZE KENNIS GEKOMEN?

Bij 't lezen van 't vorige maandverslag, waarin voorkomt de mededeeling, dat een gipsafgietsel van de Mosasaurus-schedel overgebracht is van de Gem. H. B. S. te Maastricht naar ons Museum en naar aanleiding van de mooie vondsten in Valkenburg (zie dit Maandblad), zullen misschien eenigen zich afvragen wattoch die Mosasaurus is, anderen zullen zich voor oogen halen de uitgehouwen hagedis in den wand van de grot van den St. Pietersberg. De eersten hebben geen, de laatsten een verkeerde voorstelling van dit merkwaardige dier. In de wetenschappelijke wereld is trouwens de voorstelling van en de plaats, die men de Mosasaurus in de systematiek toekende, dikwijls veranderd. Oorspronkelijk beschouwd als een walvisachtig dier, kwam men later tot de conclusie, te doen te hebben met een reptiel en wel, niet verwant met de krokodillen, zooals eerst werd gedacht, maar met de hagedissen.

Een tweede vraag, die men zal stellen, is: „Hoe komt men aan de kennis omtrent den bouw en levensverrichtingen van een dergelijk uitgestorven dier?“

Laten we dus nagaan, wat we thans weten van de Mosasaurus en langs welke wegen we tot die kennis zijn gekomen.

In 't Mesozoïcum hadden de reptielen hun bloeitijd en vinden we, zooals thans onder de Zoogdieren, vormen, die zich hadden geadapteerd aan 't leven in de lucht, (Rhamphorhynchus, Pterodactylus e.a.) of aan 't leven in 't water. Tot deze aan 't waterleven aangepaste

die de vroege evolutie van deze diergroep in veel meer detail documenteren. In essentie deden de mosasauriërs 90 miljoen jaar geleden niets anders dan wat de walvissen 50 miljoen jaar later ook voor elkaar kregen: ze maakten een volledige overstap van het leven op land naar het leven in het water. Die stap had dramatische consequenties. Kieuwen groeien niet op commando terug, dus mosasauriërs moesten, net als de walvissen, de zeeslangen, de zeeschildpadden en andere dieren die diezelfde stap gemaakt hebben, regelmatig boven water komen om adem te halen. Lastiger nog, als mosasauriërs 'reptielen volgens het schoolboekje' waren, zouden ze zich ook voor het eierleggen nog het land op hebben moeten slepen, net als de zeeschildpadden dat tegenwoordig nog doen. Echter, bij een aantal slangen en hagedisachtigen zijn verschillende vormen van (semi)levendbaarheid waarneembaar, en ook bij mosasauriërs werd al vermoed dat de latere vormen toch echt zodanig aan het leven in het water waren aangepast dat het strand oprabbelen om nesten te graven en eieren te leggen niet meer tot de mogelijkheden behoorde. De recente vondst van onder meer een moeder-mosasaurus met jonkies in de buik, jonkies die veel te groot waren om nog in een ei te passen, bevestigt dat vermoeden (BELL & SHELDON, 2004).

Een drietal belangrijke publicaties zet de stamboom van de mosasauriërs in veel nauwkeuriger detail in beeld: Dale Russell's publicatie uit 1967 (RUSSELL, 1967), die vooral op Noord-Amerikaanse mosasauriërs ingaat, gevolgd door de uitgebreide analyse van de mosasaurusstamboom door Gordon BELL (1997). BELL & POLCYN (2005) presenteren daarna een nog verder uitgebreide analyse. Opvallend detail is dat het erop lijkt dat de overstap van land naar water door de voorouders van de verschillende groepen mosasauriërs *apart* gemaakt werd. Er is dus niet sprake van één aanpassing aan het leven in zee, gevolgd door een radiatie; het verliep juist andersom: de voorouders van de mosasauriërs waren al druk aan het diversificeren vóórdat de poten echt aan het leven in het water aangepaste flippers werden.

UITMUNTENDEN WIJN

De verhalen rondom de ontdekking van de eerste mosasauriërs en de daaropvolgende lotgevallen van deze fossielen staan bol van fabeltjes en misverstanden. Archiefonderzoek door cultuurwetenschapper Peggy Rompen toont aan dat de hardnekkige mythe van de "600 flesschen uitmuntenden wijn" (FAUJAS DE SAINT-FOND, 1798; in Nederlandse vertaling) naar alle waarschijnlijkheid achteraf verzonnen is, om de 'roof' van de mosasaurus nog, iets fatsoenlijker, op een 'handelstransactie' te doen lijken (ROMPEN, 1995; PIETERS *et al.*, 2010). Van teruggave van het fossiel is ondanks diplomatieke inspanningen vooralsnog geen sprake. Wél kon het 'Grand Animal' in 2009 ter gelegenheid van het Darwinjaar een paar maanden in Maastricht in bruikleen verwelkomd worden.

De teleurstelling dat één van de mooiste Maastrichtse mosasauruschedels al ruim twee eeuwen in Parijs vertoeft werd in 1998 verzacht door de ontdekking van een nieuw mosasaurusfossiel. Ruud Dortangs ontdekte in de ENCI-groeve een paar staartwervels. Gaandeweg de opgraving werd duidelijk dat het niet alleen een paar staartwervels en een schedel betrof, maar dat het om een relatief compleet fossiel ging. Maar het was pas bij de pre-

vormen behorende o.m. de Ichthyosaurus en de Mosasaurus. Van de Mosasaurus nu werd in 1780 in den St. Pietersberg, 300 M. van den ingang van 't fort St. Pieter, 30 M. onder 't begane oppervlak een schedel gevonden, die een lengte had van ± 1.20 M. Jammer genoeg bleef deze waardevolle vondst niet voor ons land behouden. Bij de inname van Maastricht door de Franschen in 1794 deden de uitgeleefde 600 flesschen beste wijn hun plicht en de Fransche soldaten, door deze groote, en laat ons hopen smakelijke belooning, aangezet, wisten den zorgvuldig verborgen schedel op te sporen en over te leveren aan den legerbevelhebber, die dezen schat naar Parijs liet overbrengen, waar ze thans nog is opgesteld in 't Museum van Natuurlijke Historie in den Jardin des Plantes. Later zijn buiten onze grenzen meerdere resten gevonden, niet alleen van verwante vormen (Cladastes Platecarpus) maar ook van de Mosasaurus.

Zoals gezegd, sluit de Mosasaurus zich aan bij de Lacertilia, waaruit zich gedurende 't Mesozoïcum meerdere malen aan 't waterleven geadapteerde vormen hebben ontwikkeld. In 't Trias vinden we de Thallatosauria al bekend uit Californië, in 't onderkrijt treden op de Dolichosauria (bekend uit 't Neocom bij Triëst en Dalmatië en 't bovenkrijt van Engeland, en de Mosasauria, welke laatste groep in 't bovenkrijt haar grootste bloei had.

Hoe moeten we ons nu dit dier voorstellen?

Door vondsten van nagenoeg complete skeletten van nauwverwante vormen, vooral in Amerika, is men tot de volgende voorstelling gekomen. 't Dier zag er uit als een ± 7.50 M. lang aalachtig dier, 't beste te vergelijken, wat vorm aangaat, met de Olm (Proteus), een amphibie voorkomend o.a. in de Karstgrotten. De ronde dwarsdoorsnede van de borst is te beschouwen als een adaptatie aan 't waterleven, zooals we dat ook aantreffen bij de aan 't waterleven aangepaste Zoogdieren, de Walvissen en Zeekoeien. Zooals bij alle Zoogdieren, die meer of minder overgegaan zijn tot een waterleefwijze, de huidbedekking achteruitgaat, zoo ook vinden we een achteruitgang van de huidbedekking bij aan 't waterleven geadapteerde reptielen, hoewel de oorzaak van 't verdwijnen bij beide groepen een niet geheel gelijke is. 't Pantser bij de reptielen bood te veel weerstand bij 't zwemmen en ging dit bij vormen als de Ichthyosauria geheel verloren op den voorrand der vinnen na. Voor de Mosasauria moeten we een geringe schubbedekking aannemen.

De ledematen waren beide omgevormd tot vinnen, die meer gediend moeten hebben als stuur- dan als bewegingsapparaten. Door slangachtige kronkelingen van 't lichaam en vooral van de zijdelings samengedrukte staart bewoog dit dier zich voort. De hand en voet hebben bij de Mosasaurus veranderingen ondergaan. Verschuivingen en versmeltingen van sommige hand- en voetwortelbeenderen vonden plaats. De 1e vinger en teen was 't krachtigst ontwik-



◉ keld, terwijl de 5e teen tot op 't middenvoetsbeen gereduceerd was. Hyperphalangie, d.w.z. een vermeerdering van 't aantal vingerkootjes, zooals we dat aantreffen bij Walvisschen, komt bij eenige Mosasauria voor.

De achterste ledematen zijn in den loop der tijden naar achteren verschoven, zooals men kan afleiden uit 't aantal rompwervels.

Bij de Mosasauria uit 't onderkrijt waren er van deze wervels 20, bij die uit 't bovenkrijt 51, hoewel 't totaal aantal wervels (± 130) constant is gebleven. Ook is 't bekken van de jongere Mosasauria vrij en dus niet vergroeid met de wervelkolom, zooals bij de oudere vormen.

In den schedel vindt men groote, in tandkassen geplaatste, gelijkvormige tanden, wat er op wijst, dat deze dieren geweldige roovers zijn geweest. Met hun homodont gebit, dat natuurlijk meer functioneerde als grijp- dan als kauwapparaat, vingen zij hun prooi, die waarschijnlijk grootendeels uit visch zal hebben bestaan. Beenbreuken bij heftige gevechten schijnen vaak te zijn ontstaan en weer genezen. Ook bij Walvisschen vinden, vooral in den paartijd, heftige gevechten plaats. In 't Brusselsche Museum vinden we vele beenderen van Mosasauria, die geheele beenbreuken vertoonen. Bij eenige verwante vormen was 't gebit achteruitgegaan en we moeten voor deze dieren dus een andere voeding aannemen, bijvoorbeeld met stekelhuidigen, weekdieren e.d.

Aan den schedel valt verder op 't foramen parietale, een opening in 't schedeldak, waardoor 't parietaal orgaan, een soort 3e oog, licht ontving. Dit parietaal orgaan komt onder de recente reptielen nog voor bij Sphenodon (Brughagedis) en Lacertilia, maar was bij de fossiele reptielen zeer algemeen en sterk ontwikkeld. Vooral bij reptielen, die zich in diepere waterlagen bewogen (Plesiosauria), was dit foramen parietale zeer groot. Bij oppervlaktevormen, zooals de Mosasaurus, was deze opening niet groot. De vraag, of er een verband bestaan heeft tusschen de leefwijze en de meerdere of minder sterke ontwikkeling van 't parietaal orgaan, is nog niet opgelost.

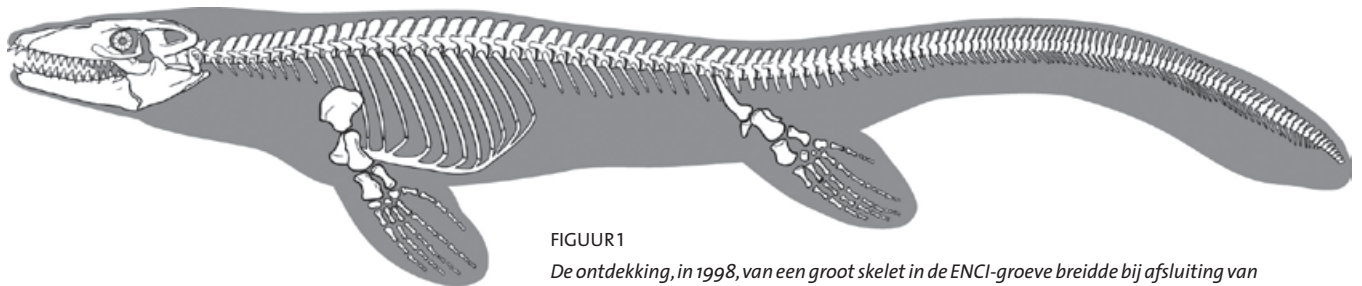
Waaruit leidt men nu af, dat de Mosasaurus een oppervlakte-dier was?

Bij duikende zoogdieren, dus bij Walvisschen, ondergaat de oorbouw een verandering, zoodat dit orgaan geschikt wordt voor 't hooren in 't water.

Bij Zeekoeien vindt men de oorrichting zoo gespecialiseerd, dat deze zoowel in 't water als in de lucht kunnen hooren. Bij een verwanten vorm van de Mosasaurus, de Plioplatecarpus is 't oorapparaat overeenkomstig de Walvisschen omgevormd tot een orgaan, geschikt om in 't water te hooren. Bij de Mosasaurus komt de bouw van 't oor geheel overeen met dat der Hagedissen, met dat van landdieren. Het Gehoororgaan heeft dus zijn oorspronkelijke bouw behouden, waaruit wel te concluderen valt, dat de Mosasaurus een in de lucht levende en aan de oppervlakte levend dier is geweest ¹⁾. Niet alleen 't gehoororgaan, ook de vorm van 't lichaam, speciaal de lange thorax, de zijdelingsche plaatsing van de oogen, de bloedvaatvoorziening van de hersenen ²⁾ e.a. punten wijzen op een oppervlakte-leven.

Bij dit laatste punt willen we even stilstaan. Bij 't leven onder water neemt de druk op 't lichaam voor elke 10 M., dat 't dier onder de oppervlakte komt, toe met 1 atmosfeer (d.i. ± 100 K.G. per dm^2). De druk op 't lichaam kan dus zeer groot worden. Sommige Walvisschen gaan tot 700 M. diepte. De halsslagaders, die de hersenen van bloed voorzien, zouden, daar ze oppervlakkig gelegen zijn, door zoo'n groote druk samengedrukt worden en de hersenen zouden geen voldoende bloedtoevoer hebben. Om dit te voorkomen worden bij de Walvisschen de hersenen voorzien door een slagader, die loopt door de wervels en dus tegen druk beschermd is. Iets overeenkomstigs vinden we, blijknes de wervels, ook bij de duikende fossiele reptielen, o.a. bij Plioplatecarpus, maar niet bij de Mosasaurus. Hieruit besluit men, dat dit dier geen duikende leefwijze er op na hield.

't Meest eigenaardige van den Mosasaurus-schedel is echter 't voorkomen van een gewricht midden in de beide onderkaakshelften. De onderkaak van een reptiel bestaat uit een groot aantal beenstukken. Twee beenderen (dentale en spleniale) vormen midden in de kaak met 3 andere beenderen (angulare, supra angulare en completare) een gewricht, dat alleen naar buiten kan uitwijken, waardoor een verbreding van den bek ontstaat. Uitwijken naar binnen, boven en beneden wordt voorkomen, doordat een been (praearticulare) in zijn geheele lengte aan den binnenkant van de kaak loopt en tevens er voor zorgt, dat de buiten-



FIGUUR 1

De ontdekking, in 1998, van een groot skelet in de ENCI-groef breidde bij afsluiting van het onderzoek in 2002 de Maastrichtse mosasaurusfaunalijs uit met een nieuwe soort: *Prognothodon saturator* (reconstructie: Rogier Trompert Medical Art).

paratie dat we er achter kwamen dat het om een voor Maastricht nieuw genus ging: de mosasauriër *Prognathodon*, een vertegenwoordiger van de groep doorgaans tamelijk fors gebouwde mosasauriërs met ietwat vooruitstekende tanden in de snuitpunt. Omdat het Maastrichtse exemplaar in een aantal details afweek van de reeds bekende vertegenwoordigers van het genus werd het dier in 2002 beschreven als een nieuwe soort: *Prognathodon saturator* (DORTANGS *et al.*, 2002).

BOUW EN LEVENSVERRICHTINGEN

“Hoe komt men aan de kennis omtrent den bouw en levensverrichtingen van een dergelijk uitgestorven dier?”, vraagt WAAGE (1925) zich af. De vorm van de tanden en de bouw van de schedel kunnen in ieder geval wat vertellen over de eetgewoonten: “Met hun homodont gebit, dat natuurlijk meer functioneerde als grijp- dan als kauwapparaat, vingen zij hun prooi, die waarschijnlijk grootendeels uit visch zal hebben bestaan”. Inmiddels kennen we een veel grotere diversiteit aan mosasauriërs, en het predikaat ‘homodont’ is niet zonder meer van toepassing. Niet alle tanden hebben precies dezelfde vorm; vooral binnen de groep van de Globidensine mosasauriërs is een opvallende specialisatie te zien van grijptanden vóóran, en kraak- en morzeltanden verder naar achteren (SCHULP *et al.*, 2009).

“[...] Voor de Mosasauria moeten we een geringe schubbedekking aannemen”. Inmiddels zijn meerdere voorbeelden van afdrukken van de huid van mosasauriërs bekend, tot in verrassend detail zelfs. Onderzoeker Johan Lindgren, verbonden aan de universiteit van Lund, Zweden, presenteerde in mei 2010 op een conferentie een schitterende serie foto’s van mosasaurusschubben (LINDGREN *et al.*, 2010). Vooral onder ultraviolet licht komen deze tere details die in een mosasauriër van de westkust van de Verenigde Staten bewaard gebleven waren, in prachtig detail naar voren. Op diezelfde conferentie presenteerde Takuya Konishi, als postdoc verbonden aan het Royal Tyrrell Museum in Drumheller, Canada, de resten van een bijzonder goed bewaard gebleven *Prognathodon* (KONISHI *et al.*, 2010), een exemplaar dat dus verwant is aan ‘onze’ Maastrichtse *Prognathodon saturator*. Bijzonder is dat bij dit exemplaar ook maaginhoud bewaard is gebleven. Er zitten stukken schildpad in de maag, wat het eerdere vermoeden dat *Prognathodon* zijn forse kaken en stevige tanden aanwendde om schildpadden te vermorzelen bevestigt.

Uit het Maastrichtse Krijt zijn nu een vijftal mosasauriërs in redelijk detail bekend: naast de reusachtige *Mosasaurus hoffmanni* en *Prognathodon saturator* [figuur 1] bestonden de wat kleinere *Plioplatecarpus marshi* en *Prognathodon sectorius*, en, met een lengte van een meter of drie, de ‘kleine’ knobbeltandmosasaurus *Carinodens belgicus* [figuur 2]. De vraag of *Mosasaurus lemmonieri* simpelweg een jonge *Mosasaurus hoffmanni* is, of een aparte (zesde) soort staat op dit moment nog open.

Vermoedelijk doelt WAAGE (1925) op *Carinodens* met de opmerking dat “Bij eenige verwante vormen [...] ‘t gebit [was] achteruitgegaan, [waarbij we] voor deze dieren dus een andere voeding [moeten] aannemen, bijvoorbeeld [...] stekelhuidigen, weekdieren en dergelijke.” ‘Achteruitgang’ is in deze context een wat merkwaardige woordkeus, want samen met *Globidens* geldt het gebit van *Carinodens* juist als opvallend gespecialiseerd (SCHULP, 2005).

waartsche uitwijking niet te groot wordt. Zoeken we naar een gelijksoortige inrichting, dan vinden we dit onder de recente reptielen bij *Varanus* ³⁾. Hiermede zijn de Mosasauria dan ook nauw verwant, zoals ook af te leiden valt uit den bouw van ‘t oor en de afsluiting van de temporaal groeve. Men beschouwt dan ook de Varaniden als de stamvorm, waaruit zich de *Mosasaurus* heeft ontwikkeld.

Resumeerende kunnen we zeggen: de *Mosasaurus* was een hagedisachtig dier, aangepast aan ‘t oppervlakte-leven in ‘t water.

Tot deze conclusie is men gekomen: 1o. door bestudeering van fossiele resten (paleontologie), 2o. door vergelijking van deze resten met overeenkomstige deelen van verwante fossielen en recente vormen (vergelijkende anatomie); 3o. door bestudeering der levensgedragingen van recente dieren, die overeenkomstige adaptatie hebben als de gevonden fossiele vormen met betrekking tot hun milieu (ethologie) ⁴⁾.

Verrijkt met deze kennis is ‘t mogelijk een idee te vormen omtrent bouw, levensgedragingen en milieu van fossiele dieren.

Maastricht.

G. H. WAAGE.

- | | | |
|----|--------------|--|
| 1) | L. Dollo. | Les Mosasauriens de la Belgique. Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol. XVIII, 1904, p. 207—216. |
| ” | ” | Un nouvel Opercule tympanique de Plioplatecarpus Mosasaurien plongeur. Ibidem XIX, 1905, p. 125—131. |
| 2) | ” | Notes sur d’Ostéologie erpétologique Ann. Soc. scientifique de Bruxelles. 9e année, 1885, p. 320. |
| 3) | J. Versluys. | Tijdschrift Ned. Dierk. Ver. (2) deel X, p. XXXVIII. |
| | O. Abel. | Stämme der Wirbeltiere, p. 671. |
| 4) | ” | Palaeobiologie. |



INFECTIES EN WARM BLOED

De opmerking over het “[ontstaan van] beenbreuken bij heftige gevechten [...]” heeft aan actualiteit nog niets ingeboet. Verwijst WAAGE (1925) nog naar de “...vele beenderen van Mosasauria, die geheelde beenbreuken vertoonen [...] in ‘t Brusselsche Museum”, het Natuurhistorisch Museum in Maastricht bezit met de in 1953 bij Bemelen gevonden *Mosasaurus hoffmanni* [figuur 3] een wel heel angstaanjagend voorbeeld van een bot-infectie, die mogelijk het gevolg is van een gevecht. In het kaakscharnier is een holte van minstens een halve liter botweefsel door infectie weggevretten, zo bleek recentelijk uit een analyse van een 3D-röntgenscan [figuur 4]. Rondom de infectie zijn nieuwe lagen botweefsel afgezet, wat aantoont dat het dier ondanks de zeer zware infectie, die het vangen van prooi ongetwijfeld fors bemoeilijkte, toch nog geruime tijd heeft doorgeleefd (SCHULP *et al.*, 2006)



FIGUUR 2

Carinodens belgicus, de kleine knobbeltandmosasaurus uit het Maastrichtse Krijt, kon met zijn gespecialiseerde gebit vermoedelijk goed overweg met voedsel in harde schalen en schelpen (reconstructie: Wouter Verhesen).

drage aan dit onderzoek geleverd. Eén puntje in de grote grafiek met resultaten van vindplaatsen van over de hele wereld is afkomstig van een schilfertje tandglazuur uit onze Maastrichtse collectie.

In de zomer van 2010 verscheen in het wetenschappelijke vaktijdschrift *Science* een studie naar de temperatuurshuishouding bij mesozoïsche zeereptielen (BERNARD *et al.*, 2010). De onderzoekers keken naar de samenstelling van het tandglazuur; meer specifiek had de hoeveelheid 18-zuurstof in de fosfaatgroep in het tandglazuur hun volle aandacht. De verhouding 18-zuurstof ten opzichte van de 'normale' 16-zuurstof is een maat voor de lichaamstemperatuur van de maker; echter, ook de samenstelling van het zeewater is op de uiteindelijke 18-zuurstofwaarde in het tandglazuur van invloed. Omdat de onderzoekers tegelijkertijd ook de samenstelling van het glazuur van vissentanden van dezelfde vindplaatsen bepaalden, waarvan redelijkerwijs kan worden aangenomen dat ze koudbloedig waren, is ook de relatieve 18-zuurstofwaarde van mosasaurustanden bekend. De conclusie: mosasauriërs hadden een hogere lichaamstemperatuur dan vissen, en daarmee dus een zekere mate van warmbloedigheid. Overigens heeft ook het Maastrichtse museum een kleine bij-

MEER ISOTOPEN

Niet alleen de analyse van zuurstofisotopen kan meer vertellen over de biologie van uitgestorven dieren, ook onderzoek naar de verhouding tussen de hoeveelheid 'gewone' 12-koolstof en de stabiele isotoop 13-koolstof biedt interessante inzichten. Het stabiele isotoop 13-koolstof moet overigens niet verward worden met het radioactieve isotoop 14-koolstof dat voor radiometrische dateringen gebruikt wordt. De in het voedsel aanwezige hoeveelheid 13-koolstof verschilt in verschillende biotopen, maar ook de mechanismen die verantwoordelijk zijn voor de opname van 12- en 13-koolstof in het organisme spelen een rol in de hoeveelheid 13-koolstof die uiteindelijk in het tandglazuur wordt ingebouwd. Een voorlopig onderzoek door John Robbins en collega's (ROBBINS *et al.*, 2008), suggereert dat de grotere mosasauriërs in Texas zich verder uit de kust begaven, en vaker en/of dieper doken dan hun kleine soortgenoten. Een vergelijkbaar onderzoek naar de 13-koolstof-waarden bij de vijf Maastrichtse mosasaurussoorten wordt op dit moment uitgevoerd.

De toepassing van (relatief) nieuwe onderzoekstechnieken, zoals cladistische analyse, CT-scanning (3D-röntgen) en isotopenonderzoek hebben, samen met een forse uitbreiding van het aantal vondsten, de kennis over mosasauriërs in de afgelopen 85 jaar enorm vooruit geholpen. Er is geen enkele reden om aan te nemen dat het tempo waarin nieuwe vondsten

wordt op dit moment uitgevoerd. De toepassing van (relatief) nieuwe onderzoekstechnieken, zoals cladistische analyse, CT-scanning (3D-röntgen) en isotopenonderzoek hebben, samen met een forse uitbreiding van het aantal vondsten, de kennis over mosasauriërs in de afgelopen 85 jaar enorm vooruit geholpen. Er is geen enkele reden om aan te nemen dat het tempo waarin nieuwe vondsten



FIGUUR 3

Mosasaurus hoffmanni, hier in een reconstructie gemaakt door Hans Brinkerink (Vista Natura, Baarn) was naast Prognathodon saturator de andere grote rover uit de Krijtzee (foto: Anne Schulp).

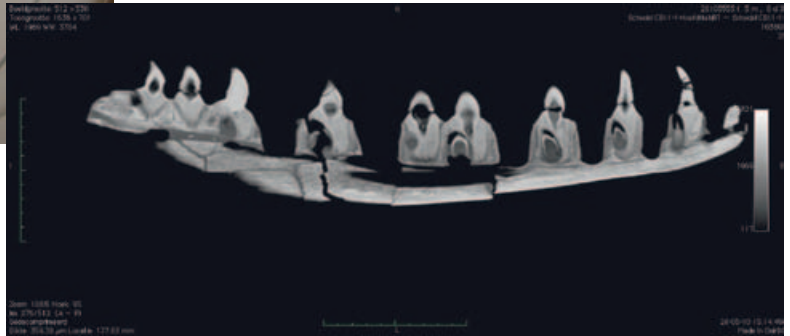


◀ FIGUUR 4

Onderzoekstechnieken zoals CT-scanning bieden nieuwe mogelijkheden voor paleontologisch onderzoek. Hier gaat een kaak van de 'Bemelse mosasaurus' in een CT-scanner van het Academisch ziekenhuis Maastricht (foto: Anne Schulp).

▼ FIGUUR 5

CT-scans bieden ongekennde mogelijkheden om fossielen van binnen te bekijken, zonder het fossiel te beschadigen. In deze doorsnede van een kaak van een mosasauriër zijn de zich ontwikkelende wisseltanden prachtig zichtbaar.



gedaan worden zal afnemen, laat staan dat de ontwikkelingen op het gebied van nieuwe onderzoekstechnieken stil komen te vallen. Een aandachtspunt dus voor de redactie: zet alvast een vergelijkbaar artikel in de planning voor 2105.

Summary

...SO WHAT HAVE WE LEARNED ABOUT MOSASAURS IN THE LAST 85 YEARS?

The discovery of new materials and major developments in research techniques have both contributed to substantial advances in our knowledge about mosasaurs. This contribution compares the 1925 state of mosasaur research, as it was summarized in a contribution to this journal, with the current state of knowledge.

Literatuur

- BELL, G.L., JR., 1997. A phylogenetic analysis of North American and Adriatic Mosasauroida. In: Callaway, J.M. & E.L. Nicholls (red.), *Ancient Marine Reptiles*. Academic Press, San Diego: 293-332.
- BELL, G.L., JR. & A.M. SHELDON, 2004. A gravid mosasaur (*Plioplatecarpus*) from South Dakota. In: Schulp, A.S. & J.W.M. Jagt (red.), *First Mosasaur Meeting*, Maastricht, 8-12 May 2004, Abstract book and field guide. Natuurhistorisch Museum Maastricht, Maastricht.
- BELL, G.L., JR. & M.J. POLCYN, 2005. *Dallasaurus turneri*, a new primitive mosasauroid from the Middle Turonian of Texas and comments on the phylogeny of Mosasauridae (Squamata). In: Schulp, A.S. & J.W.M. Jagt (red.), *Proceedings of the First Mosasaur Meeting*. Netherlands Journal of Geosciences 84(3): 177-194.
- BERNARD, A., C. LÉCUYER, P. VINCENT, R. AMIOT, N. BARDET, E. BUFFETAUT, G. CUNY, F. FOUREL, F. MARTINEAU, J.-M. MAZIN & A. PRIEUR, 2010. Regulation of Body Temperature by Some Mesozoic Marine Reptiles. *Science* 328 (5984): 1379-1382.
- CUVIER, G., 1808. Sur le Grand Animal fossile des carrières de Maestricht. *Annales du Muséum d'Histoire Naturelle* 12: 145-176.
- DORTANGS, R.W., A.S. SCHULP, E.W.A. MULDER, J.W.M. JAGT, H.H.G. PEETERS & D.TH. DE GRAAF, 2002. A large new mosasaur from the Upper Cretaceous of The Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences* 81(1): 1-8.
- FAUJAS DE SAINT-FOND, B., 1798/1799-1803. *Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre de Maestricht*. H.J.Jansen, Paris.
- KONISHI, T., D. BRINKMAN & M.W. CALDWELL, 2010. New morphological data on *Prognathodon* (Squamata: Mosasauridae) from the Campanian of North America, and its bearing on the systematics of the genus. In: Bardet, N. (red.), *Third mosasaur meeting*. Abstracts: 11. Musée National d'Histoire Naturelle, Paris.
- LINDGREN, J., M.W. CALDWELL, T. KONISHI & L.M. CHIAPPE, 2010. Exceptional soft tissue preservation in a *Platecarpus* specimen from the Niobrara chalk of Kansas, USA. In: Bardet, N. (red.), *Third mosasaur meeting*. Abstracts: 11. Musée National d'Histoire Naturelle, Paris.
- PIETERS, F.F.J.M., P.G.W. ROMPEN, J.W.M. JAGT & N. BARDET, 2010. A new look at Faujas de St-Fond's fantastic story on the provenance and acquisition of the type specimen of *Mosasaurus hoffmanni*. In: Bardet, N. (red.), *Third mosasaur meeting*. Abstracts: 16. Musée National d'Histoire Naturelle, Paris.
- ROBBINS, J.A., K.M. FERGUSON, M.J. POLCYN & L.L. JACOBS, 2008. Application of stable carbon isotope analysis to mosasaur ecology. In: Everhart, M.J. (red.), *Proceedings of the Second Mosasaur Meeting*. Fort Hays Studies Special Issue 3: 123-130.
- ROMPEN, P., 1995. *Mosasaurus hoffmanni*: de lotgevallen van een type-exemplaar. Ongepubliceerde masters' thesis, Faculteit der Cultuurwetenschappen, Cultuur-en Wetenschapsstudies. Rijksuniversiteit Limburg, Maastricht.
- RUSSELL, D.A., 1967. *Systematics and Morphology of American Mosasaurs (Reptilia, Sauria)*. Peabody Museum of Natural History / Yale University Bulletin 23: 1-241.
- SCHULP, A.S., 2005. Feeding the Mechanical Mosasaur: what did *Carinodens* eat? In: Schulp, A.S. & J.W.M. Jagt (red.), *Proceedings of the First Mosasaur Meeting*. Netherlands Journal of Geosciences 84(3): 345-357.
- SCHULP, A.S., N. BARDET & B. BOUYA, 2009 (verschenen 2010). A new species of the durophagous mosasaur *Carinodens* (Squamata, Mosasauridae) and additional material of *Carinodens belgicus* from the Maastrichtian phosphates of Morocco. *Netherlands Journal of Geosciences* 88(3): 161-167.
- SCHULP, A.S., G.H.I.M. WALenkAMP, P.A.M. HOFMAN, Y. STUIP & B.M. ROTHSCHILD, 2006. Chronic bone infection in the jaw of *Mosasaurus hoffmanni* (Squamata). *Oryctos* 6: 41-52.
- WAAGE, G.H., 1925. Wat weten we van de mosasaurus en hoe zijn we aan deze kennis gekomen? *Natuurhistorisch Maandblad* 14(12): 164-166.