

Resten van jonge mosasauriërs uit het Luiks-Limburgse Krijt en aanwijzingen voor predatie op deze dieren



Lars P.J. Barten, Hoogeindestraat 6, 5447 PD Rijkevoort, email: bartenlars@live.nl
Math van Es, Steeg 17, 6171 EA Stein, email: math.van.es62@gmail.com

In deze bijdrage wordt een aantal wervels en tandjes van mosasauriërs besproken uit het Luiks-Limburgse Krijt die niet alleen bijzonder klein van stuk zijn, maar in sommige gevallen ook sporen vertonen van corrosie die mogelijk veroorzaakt is door spijsverterings-sappen. Potentieel onderbouwen deze fossielen de hypothese dat jonge maas-hagedissen in de Krijtzee soms door andere roofdieren werden opgevreten. Dit artikel is bedoeld als een eerste aanzet voor toekomstig onderzoek naar fossiele resten van juveniele mosasauriërs uit Maastricht en omgeving.

KWETSBAIRE BABY-MOSASAURIËRS?

Hoewel paleontologen zich dikwijls richten op het beschrijven van fossielen, bijvoorbeeld voor het defi-

niëren van nieuwe soorten, is het soms ook mogelijk om iets over de oorspronkelijke interacties tussen gefossiliseerde organismen af te leiden door simpelweg goed naar overblijfselen zoals beenderen te kijken. In de uitgebreide Krijtcollectie van het Natuurhistorisch Museum Maastricht (NHMM) bevindt zich een flink aantal botten van mosasauriërs dat uit de ondergrondse gangenstelsels en kalksteengroeven in Maastricht en omgeving tevoorschijn is gekomen [figuur 1]. Zoals bekend bij de meeste (amateur)paleontologen zijn (en blijven) gearticuleerde (samenhangende) resten van deze perfect aan het leven in zee aangepaste reptielen in het Luiks-Limburgse Krijt een zeldzaamheid (DORTANGS *et al.*, 2002). Veel vaker worden er bijvoorbeeld geïsoleerde tanden, tandkronen of losse wervels en ribben aangetroffen in de kalksteenlagen van het type Maastrichtien (KUYPERS *et al.*, 1998; JAGT *et al.*, 2020). Alhoewel volwassen individuen van de grotere soorten zoals *Mosasaurus hoffmanni* en *Prognathodon saturator* in de Krijtzee aan de top van de voedselketen stonden, ging er aan deze dominantie waarschijnlijk een lange periode vooraf waarin jongere dieren nog relatief geringe afmetingen hadden en daardoor een

FIGUUR 1
CBR Romontbos, een actieve dagbouw groeve in Eben Emael, provincie Luik (België), waar kalksteen uit het bovenste deel van de Formatie van Maastricht wordt gewonnen (foto: Lars P.J. Barten).

Registratienummer	Stratigrafische herkomst	Vindplaats (groeve)
L. Barten collectie, LB 180 Zie: (Barten, 2022)	Emael Member, Formatie van Maastricht	ENCI, Maastricht
NHMM K 2477	basis Gronsveld Member, Horizont van St Pieter, Formatie van Maastricht	ENCI, Maastricht
NHMM K 2063	Lanaye Member, Formatie van Gulpen	CBR-Romontbos, Eben Emael
NHMM K 3215	basis Gronsveld Member, Horizont van ENCI, Formatie van Maastricht	ENCI, Maastricht
NHMM K 4969	top Emael Member, Formatie van Maastricht	onbekend
NHMM K 5041	Lanaye Member, Formatie van Gulpen	CBR-Romontbos, Eben Emael
NHMM K 4998	Lanaye Member, Formatie van Gulpen	CBR-Romontbos, Eben Emael
NHMM K 4151 (8)	onbekend	onbekend
NHMM K 895 20.01 (ex collectie De Heer)	Emael/Nekum members, Formatie van Maastricht	't Rooth, Bemelen
Escoll 44	basis Valkenburg Member, Lichtenberg Horizont, Formatie van Maastricht	ENCI, Maastricht
Escoll 25	Emael Member, Lava Horizont, Formatie van Maastricht	Marnebel, Eben Emael
Escoll 05	basis Valkenburg Member, Lichtenberg Horizont, Formatie van Maastricht	ENCI, Maastricht
Escoll 89	basis Valkenburg Member, Lichtenberg Horizont, Formatie van Maastricht	ENCI, Maastricht

TABEL 1
Voorbeelden van diverse kleine mosasauriërwervels uit de omgeving van Maastricht, waarvan sommige sporen lijken te vertonen van corrosie door zure spijsverteringssappen.

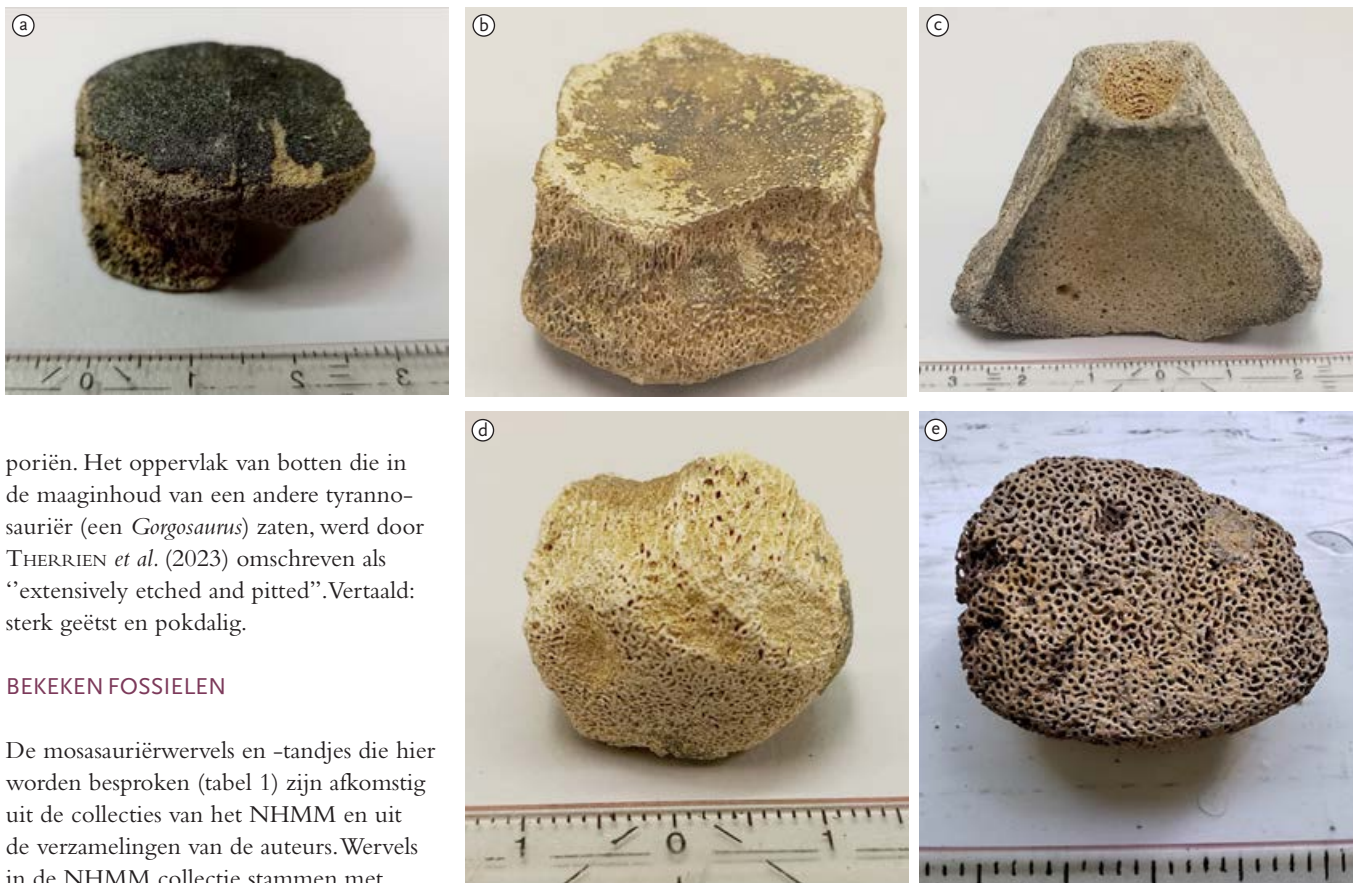
potentiële prooi vormden voor andere rovers. Het feit dat mosasauriërs levende jongen baarden (BELL *et al.*, 1996; BELL & SHELDON, 2004) en dat deze jonge dieren midden op de oceaan en ver van de kust opgroeiden, zoals vonden van baby-mosasauriërs in de Verenigde Staten aantonen, betekende dat ze gedurende geruime tijd behoorlijk kwetsbaar geweest moeten zijn. Want aan andere roofdieren was er geen gebrek in de Krijtze. Dit blijkt niet alleen uit het algemene voorkomen van tanden van diverse soorten haaien zoals *Squalicorax*, *Pseudocorax*, *Cretalamna* en *Archaeolamna*, maar daarnaast zwommen er ten minste vijf verschillende soorten mosasauriërs rond in onze contreien gedurende het Maastrichtien (SCHULP *et al.*, 2013). In een eerder artikel werd kort melding gemaakt van een kleine wervel van een mosasauriër uit de voormalige ENCI-groeve in Maastricht die waarschijnlijk was aangetast door de inwerking van zure spijsverteringssappen (BARTEN, 2022). Aanwijzingen voor predatie op mosasauriërs uit het type Maastrichtien hebben voor zover bekend tot dusver nog maar weinig aandacht gekregen. Datzelfde geldt voor resten van juveniele mosasauriërs. Vraatsporen die aaseters zoals haaien op botten van mosasauriërs achterlieten getuigen van aas eten, niet van predatie. Een aantal op het eerste gezicht nogal onogelijke mosasauriërwervels uit de collectie van het NHMM en uit die van de auteurs, aangevuld met een aantal uitzonderlijk kleine tandjes dat nader is bekeken, kunnen daar wellicht verandering in brengen.

AANGETASTE FOSSIELE WERVELS

In de Formatie van Maastricht worden geïsoleerde botten van zeereptielen zoals mosasauriërs en zeeschildpadden doorgaans in goede staat aangetroffen.

Wanneer ze in goede conditie verkeren, vertonen deze beenderen een compacte buitenste laag die naar het centrum toe wordt gevolgd door een sponsachtige interne botstructuur. In een aantal verharde kalksteenbanken of gruislagen, zoals de Horizont van Laumont of de gruislaag die volgt op de Horizont van Lichtenberg, zijn botten echter soms duidelijk afgerold (BARTEN, 2022). In enkele gevallen hebben botten zelfs zo lang op de zeebodem gelegen dat er zich andere organismen (epifauna) op hebben gevestigd, zoals enkele voorbeelden beschreven door JAGT *et al.* (2020) illustreren. Desalniettemin is de bewaringstoestand van het merendeel van de botten van zeereptielen uit het bovenste deel van de Formatie van Gulpen (Lanaye Member) en de Formatie van Maastricht over het algemeen behoorlijk goed. Wat opvalt aan een aantal kleine wervels in de collectie van het NHMM en

die van de auteurs is dat de buitenste laag van het compacte bot sterk lijkt te zijn aangetast. Bovendien is een aantal van deze wervels opvallend donker en min of meer zwart van kleur, terwijl botten van mosasauriërs normaliter juist licht tot donkerbruin van kleur zijn. Er is zelfs één wervel bij die duidelijk etssporen van maagzuur vertoont. Het sterk geërodeerde of gecorrodeerde uiterlijk van de wervels komt overeen met dat van door spijsverteringssappen aangetaste botten uit Noord-Amerika die door diverse auteurs zijn beschreven. EVERHART (2017) beeldt in 'Oceans of Kansas' bijvoorbeeld een premaxilla (snuitpunt) met bijbehorende bovenkaken van een jonge mosasauriër af die door maagzuur sterk is verweerd. De tanden zijn bij dit exemplaar uit de Fort Hays collecties (Kansas) opgelost tot in de tandkassen en de buitenste laag van het compacte bot is nagenoeg verdwenen. Daarnaast bespreekt Everhart een aantal deels verteerde elementen van een skelet van een juveniele zeeschildpad uit dezelfde collecties. Een ander voorbeeld betreft de maaginhoud van een groot individu van de mosasauriër *Tylosaurus proriger* (collectie United States National Museum) met daarin sterk verteerde overblijfselen van een kleine korthals plesiosauriër. Deze laatste maaltijd van *Tylosaurus* werd beschreven door EVERHART (2004a) en laat een door zure spijsverteringssappen sterk gecorrodeerd uiterlijk van de botten zien. De botten van een ongelukkige hadrosauriër, die tijdens het Krijt werd opgegeten door een tyrannosauriër, vertellen een vergelijkbaar verhaal (VARRICCHIO, 2001). Nadat het sterke maagzuur van de vleesetende dino de buitenkant van de beenderen van deze herbivoor had weggevreten, werd de sponsachtige interne botstructuur bereikt; het veroorzaakte daarin uitgediepte en vergrote



poriën. Het oppervlak van botten die in de maaginhoud van een andere tyrannosauriër (een *Gorgosaurus*) zaten, werd door THERRIEN *et al.* (2023) omschreven als “extensively etched and pitted”. Vertaald: sterk geëtt en pokdalig.

BEKEKEN FOSSIELEN

De mosasauriërwervels en -tandjes die hier worden besproken (tabel 1) zijn afkomstig uit de collecties van het NHMM en uit de verzamelingen van de auteurs. Wervels in de NHMM collectie stammen met name uit de collectie M.M.M. Kuypers/J. Kuypers en de historische collectie van Leendert de Heer die in hoofdzaak materiaal uit groeve ‘t Rooth (Bemelen) omvat. Hieronder volgt een korte beschrijving van enkele van deze stukken.

NHMM: collectie M.M.M. Kuypers/J. Kuypers

In deze verzameling bevindt zich een aantal (zeer) kleine mosasauriërwervels die naar de mening van de auteurs sporen vertonen van vertering door maagzuur. Alhoewel ze daardoor ernstig zijn beschadigd, kan door de typische holle en bolle zijde van de wervels worden vastgesteld dat het hier gaat om wervels van mosasauriërs [tabel 1; figuur 2]. Met één uitzondering gaat het hier om bijzonder kleine wervels. Dit geringe formaat kan op twee manieren worden verklaard. Enerzijds kan het hierbij gaan om wervels van juveniele mosasauriërs en anderzijds zou het ook kunnen gaan om de laatste wervels van de staart (terminale wervels) aangezien deze ook kleiner van stuk zijn. Het is echter onwaarschijnlijk dat er alleen staartwervels van mosasauriërs in het maag-darmkanaal van andere roofdieren terecht kwamen. Wat opvalt bij twee wervels, is dat het botoppervlak bezaaid is met onregelmatige putjes en gaatjes. Alhoewel wervels van mosasauriërs natuurlijk ook kleine openingen (foramina) bezitten voor de doorvoer van bloedvaten en dergelijke (KUYPERS *et al.*, 1998) is het botoppervlak met de vele onregelmatige putjes een aanwijzing voor het inwerken van spijsverteringssappen met een lage pH

(zie bijvoorbeeld VARRICCHIO, 2001; THERRIEN *et al.*, 2023). Ook de kleur van enkele wervels is opmerkelijk anders dan van het meeste bekende botmateriaal uit het Luiks-Limburgse Krijt. Zo zijn een wervel uit de collectie van de eerste auteur en twee wervels uit de collectie van het NHMM opvallend zwart. Misschien is deze kleur ontstaan door de chemische reactie van het bot met agressief maagzuur in het maag-darm stelsel van een roofdier? Het feit dat er spijsverteringssappen zijn met een verschillende samenstelling en functie zou kunnen verklaren dat niet alle voor deze studie bekeken wervels de eerdergenoemde donkere kleur vertonen. Anderzijds is ook het type sediment waarin het bot terecht komt en uiteindelijk fossiliseert van invloed op de kleur van een fossiel.

NHMM: collectie L. de Heer

Eén wervel uit de collectie De Heer heeft een enigszins gecorrodeerd uiterlijk, maar de buitenste laag van het bot is nog wel aanwezig [figuur 3]. Het gaat hier om een terminale wervel (staartwervel) van vermoedelijk *Mosasaurus hoffmanni*. Het stuk is met een lengte van ongeveer 6 cm groter dan de andere exemplaren die hier aan de orde komen. Het wervellichaam laat bovendien fraaie etssporen op beide laterale zijden zien [figuur 3]. Ook zijn de contactvlakken voor de hemale boog door het maagzuur afgerond en aangeast; het lijkt erop dat het zure spijsverteringssap een gat heeft gevreten in de bolle zijde van het wervel-

FIGUUR 2

Diverse voorbeelden van kleine en aangeaste mosasauriërwervels uit de NHMM collectie. (a) wervel met zwarte kleur; (b) wervel met onregelmatig oppervlak met putjes; (c) idem; (d) wervel met uitgediepte poriën; (e) idem (foto's: Lars P.J. Barten).



FIGUUR 3

Terminale mosasauriërwervel uit de voormalige collectie De Heer. (a) Ventraal aanzicht, met de gecorrodeerde articulatievlakken voor de hemale boog zichtbaar; (b) dorsaal aanzicht van de wervel, met recente beschadiging; (c) linker laterale zijde van de wervel. Er is een mogelijk door maagzuur veroorzaakt gat zichtbaar in het bolle articulatievlak van de wervel; (d, e) detailopnames van vermoedelijke etssporen door maagzuur. De wervel meet ongeveer 60 mm (foto's: Lars P.J. Barten).

lichaam. Omdat veel van de fossielen uit de collectie De Heer uit de voormalige groeve 't Rooth in Bemelen afkomstig zijn, en de groeewerkzaamheden zich daar in het verleden voornamelijk op de bovenste delen van de Formatie van Maastricht hebben gericht, is het aannemelijk dat dit exemplaar uit de Emael of Nekum Member afkomstig is.

Collectie M. van Es

In de uitgebreide verzameling van de tweede auteur bevindt zich een aantal wervels van klein formaat. Deze fossielen zijn afkomstig uit de basale Valkenburg Member (gruislaag op de Horizont van Lichtenberg) en uit de Emael Member, beide behorende tot de Formatie van Maastricht. Het kleinste werveltje [figuur 4], met duidelijk een holle en bolle zijde, meet 1 cm en is daarmee één van de kleinste mosasauriërwervels die de auteurs ooit onder ogen hebben gehad. Het lijkt aannemelijk dat het botje afkomstig is van een pasgeboren mosasauriër. Verder heeft de tweede auteur een aantal zeer kleine tandjes verzameld, vermoedelijk afkomstig van maashagedissen [figuur 5]. Belangrijk is om op te merken dat de tanden in de verhemeltekaak van mosasauriërs bestonden uit kleine, venijnige weerhaakjes. De tandjes die we hier bespreken hebben echter niet deze karakteristieke vorm; ze komen dus vermoedelijk uit de onder- of bovenkaak. Ondanks hun geringe grootte zijn deze tandjes waarschijnlijk wel degelijk afkomstig van mosasauriërs. Een

exemplaar is misschien toe te schrijven aan *Mosasaurus hoffmanni* want het vertoont duidelijk de typerende bolle linguale zijde en meer vlakke labiale zijde. Deze morfologie komt ook voor bij de grotere tanden van deze soort. Iets vergelijkbaars geldt ook voor een tandje van *Plioplatecarpus marshi*; dit tandje heeft dezelfde slanke, lichtgekromde kroon met glazuurrichels als de grotere tanden van volwassen individuen. De overige tandjes zijn wat meer afgeplat, maar de uitzonderlijk kleine afmetingen van deze tandjes doen vermoeden dat ze eveneens van pasgeboren mosasauriërs afkomstig

zijn. Nader onderzoek is in ieder geval nodig, zeker ook omdat er zich in de collectie van het NHMM een aantal vergelijkbare, extreem kleine tandjes van mosasauriërs (?) bevinden.

EEN LAGE PH

De in meerdere of mindere mate gecorrodeerde mosasauriërbotten die hier worden besproken, illustreren dat er in de Maastrichtse Krijtzees vermoedelijk sprake was van predatie op (jonge) mosasauriërs. Omdat het hier gaat om onooglijke fragmenten is het goed voor te stellen dat deze fossielen in het verleden weinig aandacht hebben gekregen terwijl ze wel degelijk een interessant verhaal kunnen vertellen. Het merendeel van de besproken wervels heeft opmerkelijk geringe afmetingen en het lijkt aannemelijk dat het hier gaat om wervels van jonge mosasauriërs en/of wervels afkomstig van het uiteinde van de staart. Ook voor de genoemde tandjes uit de collectie van Es geldt dat hun geringe grootte opvallend is.

Dat maagzuur in het spijsverteringskanaal van roofdieren (predatoren) etssporen kan achterlaten op bijvoorbeeld botten, is bekend. Haaien en vleesetende reptielen, zoals krokodillen en slangen, hebben namelijk maagsap met een pH-waarde van ongeveer 2 (WEBER *et al.*, 2022). Het zou dus kunnen dat de spijsverteringssappen van haaien en mosasauriërs in de Maastrichtse Krijtzees een

vergelijkbare lage waarde vertoonden. Natuurlijk speelt de factor tijd een grote rol in de mate waarin een bot in het maag-darmkanaal van een roofdier wordt verteerd. De wervel uit de collectie De Heer heeft de buitenste compacte laag bot behouden en is mogelijk in mindere mate aangetast door zuur maagsap dan enkele andere voorbeelden die voor deze studie werden bekeken. Bovendien is de plaats waar corrosie plaatsvindt op het skelet van een prooidier onder andere afhankelijk van het type spijsverteringssap, het gedrag en de verteringsfysiologie van het roofdier en de samenstelling van de harde delen en het zachte weefsel dat deze delen omgeeft (SMITH *et al.*, 2021).

JONGE MOSASAURIËRS OP HET MENU?

Welke dieren zouden het aandurven om een mosasauriër op te peuzelen? Het antwoord is, misschien niet geheel verrassend: andere mosasauriërs.

Alhoewel bewijs hiervoor niet echt ruim voorhanden is, is bekend dat deze dieren ‘kannibalistisch’ gedrag vertoonden. Recent is een individu van *Prognathodon kianda* beschreven uit het Maastrichtien van Angola waarbij de maaginhoud bewaard is gebleven (POLCYN *et al.*, 2023). Dit dier had maar liefst drie kleinere mosasauriërs verslonden, waaronder een voor de wetenschap nieuwe soort. Twee andere voorbeelden van predatie door mosasauriërs op andere mosasauriërs zijn bekend voor het genus *Tylosaurus*. MARTIN & BJORK (1987) beschreven een exemplaar van *Tylosaurus proriger* die een kleinere mosasauriër had verorberd, naast andere dieren zoals vissen en zeevogels. Een aanverwante mosasauriër, *Tylosaurus nepaeolicus*, werd eveneens ontdekt met de resten van een kleinere maashagedis in zijn maag (BELL & BARNES, 2007). Behalve voor hun grotere soortgenoten moesten jonge mosasauriërs ook uitkijken voor haaien. Tijdens het Laat-Krijt bijvoorbeeld zwom in de huidige Verenigde Staten een uit de kluiten gewassen haai rond die naar de naam *Cretoxyrhina* luistert. Op een aantal deels verteerde mosasauriërwervels uit Kansas die werden beschreven door EVERHART (1999) zijn duidelijke bijtsporen van haaien te zien en bovendien zitten er diverse afgebroken



punten van haaiantanden vast in het bot van de mosasauriër. Hetzelfde was het geval voor een deels gearticuleerd skelet van een andere mosasauriër, waarbij er niet alleen vraatsporen van de haai *Squalicorax falcatus* op de botten zichtbaar waren maar bovendien ook bijtsporen en afgebroken tandpunten van de haai *Cretoxyrhina* (EVERHART, 2004b). Bij twee Amerikaanse skeletten van mosasauriërs die werden beschreven door ROTHSCILD *et al.* (2005) zijn eveneens bijtsporen van haaien te zien, dit keer op de staartwervels. Omdat er bij één van deze exemplaren nieuw botmateriaal rondom de ontstane beschadiging werd aangemaakt, en er bij het andere specimen een infectie lijkt te hebben plaatsgevonden als gevolg van de haaienbeet, is het waarschijnlijk dat deze mosasauriërs de aanval overleefden, in ieder geval voor enige tijd. Zo is er alleen al uit het Boven-Krijt van de Verenigde Staten een aantal voorbeelden bekend van predatie door haaien op mosasauriërs. Of het hier gaat om haaien die op levende mosasauriërs jaagden of dieren die simpelweg als aaseters aan de karkassen vraten, is niet eenduidig vast te stellen. Uit het Luiks-Limburgse Krijt zijn er ook veel meldingen gemaakt van bijtsporen op de beenderen van mosasauriërs (BARDET *et al.*, 1998; DORTANGS *et al.*,

FIGUUR 4
Verschillende aanzichten van een uitzonderlijk kleine mosasauriërwervel gevonden in de gruislaag direct boven de Horizont van Lichtenberg (basis Valkenburg Member, Formatie van Maastricht) (foto's: Math van Es).



FIGUUR 5

Macro-opnames van enkele zeer kleine tanden, vermoedelijk van pasgeboren Maashagedissen. (a) tandfragment, mogelijk afkomstig van *Mosasaurus hoffmanni*, lengte 4 mm; (b) tandje uit de Van Es collectie, 4 mm; (c) juveniel tandje van *Plioplatecarpus marshi*, lengte krap 6 mm; (d) aan twee zijden afgeplat tandje van vermoedelijk *Prognathodon sectorius*, lengte 3 mm (foto's: Math van Es).

2002; JAGT *et al.*, 2020; BARTEN *et al.*, 2023). Een bijtspoor dat relatief vaak voorkomt kan worden gedetermineerd als *Linichnus cf. serratus* Jacobsen & Bromley, 2009, veroorzaakt door de gekartelde tanden van de haai *Squalicorax* die door zijn beet rafelige en brede krassen op botten achterlaat. Vaak worden deze vraatsporen bij deels gearticuleerde mosasauriërskeletten aangetroffen en meestal worden er zelfs tanden van meerdere haaiensoorten teruggevonden. Omdat het hier gaat om nogal grote mosasauriërs, waarbij de botten geen sporen vertonen van afbraak door verteringssappen, gaat het hier zeer waarschijnlijk om sporen van aaseters die het karkas van een maashagedis na de dood van het dier uit elkaar trokken. Desalniettemin is het niet ondenkbaar dat de wat grotere haaiensoorten uit de Maastrichtse Krijtze, waaronder de eerdergenoemde *Squalicorax* en *Cretalamna*, zich ook af en toe te goed deden aan levende jonge maashagedissen.

Dat fossielen van pasgeboren of juveniele mosasauriërs in de omgeving van Maastricht zouden kunnen worden teruggevonden is op zich niet vreemd en, goed beschouwd, wel te verwachten. Hoewel resten van pasgeboren mosasauriërs uitermate zeldzaam zijn in het fossielenarchief, is er een aantal

vondsten bekend uit Noord-Amerika, bijvoorbeeld van het genus *Clidastes* (FIELD *et al.*, 2015). Het lijkt er op dat de jonge mosasauriërs min of meer kant en klaar ter wereld kwamen, als miniatuurversie van de volwassen dieren. Dat er mosasauriërs van verschillende leeftijden en ontwikkelingsstadia naast elkaar voorkwamen in het Luiks-Limburgse Krijt is duidelijk, alleen al door de enorme variatie in de lengte van tanden die van soorten als *Mosasaurus hoffmanni* en *Plioplatecarpus marshi* wordt teruggevonden in diverse museum- en privécollecties. De miniatuur-tandjes tonen aan dat de Maastrichtse Krijtze waarschijnlijk ook een kraamkamer was voor mosasauriërs.

VOORLOPIGE CONCLUSIE

Alhoewel verschillende soorten mosasauriërs wereldwijd gedurende het Laat-Krijt in mariene ecosystemen de rol van toppredator vervulden, zijn er ook bewijzen gevonden voor predatie op deze dieren. Het gaat dan niet alleen om voorbeelden van predatie door mosasauriërs op mosasauriërs maar ook van predatie door haaien op mosasauriërs. Een aantal vermoedelijk door maagzuur en spijsverteringssappen sterk gecorrodeerde en niet nader te identificeren wervels van klein formaat uit de omgeving van Maastricht lijkt de stelling dat er predatie op (jonge) mosasauriërs in de Maastrichtse Krijtze voorkwam, te staven. Op één exemplaar zijn zelfs duidelijk etsporen van zure sappen uit het maag-darmkanaal van de predator zichtbaar. Het kleine formaat van de wervels houdt mogelijk in dat ze afkomstig zijn van jonge mosasauriërs die misschien een gemakkelijke prooi vormden voor andere, grotere maashagedissen en haaien. Het kan ook zijn dat ze afkomstig zijn van het uiteinde van de staart van (grotere) dieren. Enkele uitzonderlijk kleine tanden, mogelijk van pasgeboren mosasauriërs, zijn het vermelden waard en verdienen het om nader onderzocht te worden.

Al met al zouden deze fossielen namelijk het bewijs kunnen leveren dat voorplanting van maashagedissen ook in de ondiepe Maastrichtse Krijtze plaatsvond.

DANKWOORD

Graag bedanken wij Dr. John Jagt, Lei Nelissen en John Stroucken voor hun hulp bij het toegankelijk maken van de NHMM collectie, en Jos Barten en John Jagt voor het kritisch doorlezen van dit artikel. Tot slot speciale dank aan John Stroucken voor zijn hulp bij de totstandkoming van dit artikel.

Literatuur

BARDET, N., J.W.M. JAGT, M.M.M. KUYPERS & R.W. DORTANGS, 1998. Shark tooth marks on a vertebra of the mosasaur *Plioplatecarpus marshi* from the Late Maastrichtian of Belgium. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg XLI-1: 52-55.

BARTEN, L., 2022. Een paleontologische cold-case: Maastrichtse mosasauriërs op het menu? *Spreekende Bodem* 66(2): 56-60.

BARTEN, L.P.J., J.W.M. JAGT, J.H.M. BARTEN & E.A.P.M. NIEUWENHUIS, 2023. 'Lars', de nieuwste mosasaurier uit Maastricht. Deel 4: Onderzoek & conclusies. *Gea* 56(2): 18-25.

BELL JR., G.L. & M.A. SHELDON, 2004. A gravid mosasaur (*Plioplatecarpus*) from South Dakota. In: A.S. Schulp & J.W.M. Jagt (red.), *Abstract Book and Field Guide of the First Mosasaur Meeting*. Natuurhistorisch Museum Maastricht, the Netherlands: 16.

BELL JR., G.L., M.A. SHELDON, J.P. LAMB & J.E. MARTIN, 1996. The first direct evidence of live birth in Mosasauridae (Squamata): exceptional preservation in Cretaceous Pierre Shale of South Dakota. *Journal of Vertebrate Paleontology* 16(Supplement to 3): 21A.

BELL JR., G.L. & K.R. BARNES, 2007. First record of stomach contents in *Tylosaurus nepaeolicus* and comments on predation among mosasauridae. *Second Mosasaur Meeting, Abstract Booklet and Field Guide*, Sternberg Museum of Natural History, Hays Kansas: 9-10.

DORTANGS, R.W., A.S. SCHULP, E.W.A. MULDER, J.W.M. JAGT, H. PEETERS & D.T. DE GRAAF, 2002. A large new mosasaur from the Upper Cretaceous of the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences* 81(1), 1-8.

EVERHART, M.J., 2017. *Oceans of Kansas. A natural*

Summary

REMAINS OF JUVENILE MOSASAURS FROM THE UPPER CRETACEOUS OF LIÈGE-LIMBURG AND POTENTIAL CLUES FOR PREDATION ON THESE ANIMALS

The Maastrichtian limestone deposits of Liège-Limburg (Maastrichtian type area) are famous for their yield of mosasaur remains – large carnivorous marine reptiles that were at the top of the food chain. Bones and teeth of juvenile or neonatal mosasaurs, however, are extremely rare in the fossil record. This contribution discusses and depicts a selection of unusually small mosasaur vertebrae from the area, some of which show signs of corrosion by acidic gastric juices. These vertebrae might therefore be regarded as clues for predation on small mosasaurs by larger predators. Together with some extremely small mosasaur teeth, most likely originating from neonatal individuals, these specimens illustrate that partially digested juvenile mosasaur remains are represented in the fossil record of the Maastrichtian type area.

history of the Western Interior Sea (second edition). Bloomington, Indiana University Press.

EVERHART, M.J., 1999. Evidence of feeding on mosasaurs by the Late Cretaceous lamniform shark, *Cretoxyrhina mantelli*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 17 (Supplement to no. 3): 43A-44A.

EVERHART, M.J., 2004a. Plesiosaurs as the food of mosasaurs: new data on the stomach contents of a *Tylosaurus proriger* (Squamata; Mosasauridae) from the Niobrara Formation of Western Kansas. *The Mosasaur* 7: 41-46.

EVERHART, M.J., 2004b. Late Cretaceous interaction between predators and prey: evidence of feeding by two species of shark on a mosasaur. *PalArch Journal of Vertebrate Paleontology* 1(1): 1-7.

FIELD, D.J., A. LEBLANC, A. GAU & A.D. BEHLKE, 2015. Pelagic neonatal fossils support viviparity and precocial life history of Cretaceous mosasaurs. *Palaeontology* 58(3): 401-407.

JAGT, J.W.M., M. DECKERS, M. DE LEEBEECK, S.K. DONOVAN & E. NIEUWENHUIS, 2020. Episkeletozoans and bioerosional ichnotaxa on isolated bones of Late Cretaceous mosasaurs and chelonid turtles from the Maastricht area, the Netherlands. *Geologos* 26(1): 39-49.

KUYPERS, M.M.M., J.W.M. JAGT, H.H.G. PEETERS, D.T. DE GRAAF, R.W. DORTANGS, M.J.M. DECKERS, D. EYSELMANS, M.J. JANSSEN & L. ARPOT, 1998. Laat-kretaceische mosasauriërs uit Luik-Limburg: nieuwe vondsten leiden tot nieuwe inzichten. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg 41: 5-47.

MARTIN, J.E. & P.R. BJORK, 1987. Gastric residues associated with a mosasaur from the Late Cretaceous (Campanian) Pierre Shale in South Dakota. In: J.E. Martin & G.E. Ostrander (red.), *Papers in vertebrate paleontology in honor of Morton Green*.

Dakoterra 3: 68-72.

POLCYN, M.J., A.S. SCHULP & A.O. GONCALVES, 2023. Remarkably well-preserved *in-situ* gut-content in a specimen of *Prognathodon kianda* (Squamata: Mosasauridae) reveals multispecies intrafamilial predation, cannibalism, and a new mosasaurine taxon. In: Y. Lee (red.), *Windows into sauropsid and synapsid evolution. Essays in honor of Prof. Louis L. Jacobs*: 66-98.

ROTHSCHILD, B.M., L.D. MARTIN & A.S. SCHULP, 2005. Sharks eating mosasaurs, dead or alive? *Netherlands Journal of Geosciences* 84(3): 335-340.

SCHULP, A.S., H. VONHOF, J. VAN DER LUBBE, R. JANSSEN & R. VAN BAAL, 2013. On diving and diet: resource partitioning in type-Maastrichtian mosasaurs. *Netherlands Journal of Geosciences* 92(2-3): 165-170.

SMITH, K.T., O. COMAY, L.C. MAUL, F. WEGENMÜLLER, J.L. TENSORER & A. DAYAN, 2021. A model of digestive tooth corrosion in lizards: experimental tests and taphonomic implications. *Scientific Reports* 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92326-5>.

THERRIEN, F., D.K. ZELENIISKY, K. TANAKA, J.T. VORIS, G.M. ERICKSON, P.J. CURRIE, C.L. BEBUHR & Y. KOBAYASHI, 2023. Exceptionally preserved stomach contents of a young tyrannosaurid reveal an ontogenetic dietary shift in an iconic extinct predator. *Science Advances* 9(49): eadi0505.

VARRICCHIO, D.J., 2001. Gut contents from a Cretaceous tyrannosaurid; implications for theropod dinosaur digestive tracts. *Journal of Paleontology* 75(2): 401-406.

WEBER, K., D.E. WINKLER, E. SCHULZ-KORNAS, T.M. KAISER & T. TÜTKEN, 2022. Post-mortem enamel surface texture alteration during taphonomic processes – do experimental approaches reflect natural phenomena? *PeerJ* 10: e12635.