

## Een vroeg-miocene fauna uit het Zand van Kiel (Formatie van Berchem) bij Post X in Berchem (Antwerpen)

Stijn Everaert<sup>1</sup>, Pieter De Schutter, Gino Mariën, Gunther Cleemput, Jeroen Van Boeckel, Djordy Rondelez, Taco Bor<sup>2</sup>

### Abstract

*An Early Miocene fauna from the Kiel Sand Member (Berchem Formation) at Post X in Berchem (Antwerp).*

During the summer of 2015, a section of the Berchem Formation (Early-Middle Miocene) could be studied at the temporary construction site of Post X in Berchem (Antwerp, Flemish Region, Belgium). The lithostratigraphy of this outcrop is described. A sharp lithological boundary between the greyish Kiel Sand Member and the overlying blackish, clayey Antwerpen Sand Member was observed. A horizon with vertebrate remains (layer 2 in the description) 50 cm below the top of the Kiel Member was intensively sampled for macro fossils. The horizon consisted of small accumulations of heavier material (e.g. pieces of sandstone, phosphatic concretions, fossils) and is the result of mechanical sorting, probably by storm related winnowing. A first inventory shows a rich elasmobranch fauna (at least 31 species) dominated by benthic species: Rajidae, Dasyatidae and *Squatina*. Less frequent benthopelagic taxa are present: *Squalus*, *Notorynchus*, *Carcharias*, *Carcharhinus* and *Physogaleus*. With the exception of the genus *Isurus*, teeth of pelagic taxa such as *Alopias* and *Keasius* are much less represented. Skeletal elements of bony fish (Teleostei) are abundant. In the otolith fauna, *Colliolus* is dominant. Some cetacean remains (Eurhinodelphinidae, Kentriodontidae, Physterioidea), bones of bird (Procellariiformes), decalcified molluscs (*Cordiopsis*, *Glycymeris*) and other invertebrate fossils are also reported. Remarkable is the discovery of a piece of driftwood (*Taxodioxylo* sp.). The purpose of this article is to characterize depositional environments and give a first overview of the faunas of the poorly known Kiel Sand Member in the area of its stratotype.

KEYWORDS: Kiel Sand Member, Berchem Formation, Burdigalian, Miocene, Elasmobranchii, Post X, Belgium

### Resumé

*Une faune du Miocène inférieur des Sables de Kiel (Formation de Berchem) à Post X à Berchem (Anvers).*

Au cours de l'été 2015, une partie de la Formation de Berchem (Miocène Inférieur-Moyen) pouvait être étudiée sur le chantier temporaire de la Post X à Berchem (Anvers, Région flamande, Belgique). La lithostratigraphie de cet affleurement est décrite. Une limite lithologique nette a été observée entre le membre grisâtre des Sables de Kiel et le membre sus-jacent noirâtre et argileux des Sables d'Antwerpen. Un "horizon avec des restes de vertébrés" (couche 2 dans la description) si-

tué à 50 cm sous le sommet des Sables de Kiel a fait l'objet d'un échantillonnage intensif pour les macro-fossiles. L'horizon est constitué de petites accumulations de matériaux plus lourds (morceaux de grès, concrétions phosphatées, fossiles) qui résulte d'un tri mécanique, probablement par des effets de vannage liés aux tempêtes. Un premier inventaire montre une faune d'élasmobranches riche (au moins 31 espèces), dominée par les taxons benthiques: Rajidae, Dasyatidae et *Squatina*. Moins fréquent sont les taxons benthopélagiques: *Squalus*, *Notorynchus*, *Carcharias*, *Carcharhinus* et *Physogaleus*. A l'exception du genre *Isurus*, des dents des taxons pélagiques, comme *Alopias* et *Keasius*, sont rares. Les restes de poissons osseux (Teleostei) sont très communs. Dans la faune des otolithes, *Colliolus* est dominant. Des restes de cétacés (Eurhinodelphinidae, Kentriodontidae, Physterioidea), d'oiseaux (Procellariiformes) de mollusques décalcifiés (*Cordiopsis*, *Glycymeris*) et d'autres fossiles invertébrés sont également signalés. Remarquable est la découverte d'un morceau de bois flotté (*Taxodioxylo* sp.). Le but de cet article est de caractériser les environnements sédimentaires et de donner une première vue d'ensemble de la faune du membre peu connu des Sables de Kiel dans la région de sa localité type.

MOTS CLÉS: Sables de Kiel, Formation de Berchem, Burdigalien, Miocène, Anvers, Elasmobranchii, Post X, Belgique

### Inleiding

In 2015 werden in Berchem (Antwerpen), op het 4,5 hectare grote terrein van het voormalige postsorteercentrum Berchem X, grote bouwputten uitgegraven voor de aanleg van het nieuwe kantorencomplex Post X. In het profiel van de bouwput waren twee leden van de vroeg- tot midden-miocene Formatie van Berchem ontsloten, de top van het Zand van Kiel en het bovenliggende Zand van Antwerpen.

Vergeleken met het Zand van Antwerpen is over het Zand van Kiel relatief weinig bekend. Dat komt omdat het Zand van Kiel weinig ontsloten wordt en het door de sterke ont-kalking ogenschijnlijk fossielloos is. De enige publicatie over macrofossielen uit het Zand van Kiel die wij kennen is De Ceuster (1987), waarin een negental soorten haaien- en roggentanden uit de bouwput voor de Antwerpse Hy-potheekkas worden vermeld.

In de zomer van 2015 was het gedurende een aantal maanden mogelijk om in de bouwput van Post X het ontsloten



Fig. 1. Locatie van de ontsluiting Post X. Zuidelijke grens Onder Mioceen gebaseerd op Louwye *et al.* (2010) — Location of the Post X outcrop. Southern limit of the Lower Miocene based on Louwye *et al.* (2010).

profiel te bestuderen en de verschillende afzettingen te bemonsteren voor fossielen. Daarbij hebben wij in het Zand van Kiel plaatselijk een dunne fossielhoudende horizont aangetroffen. Intensieve bemonstering van deze horizont heeft voor het eerst een grote hoeveelheid macrofossielen opgeleverd, hoofdzakelijk haaien- en roggentanden en andere resten van vertebraten. In dit artikel bespreken we

het in Post X ontsloten profiel, geven we een eerste overzicht van de in het Zand van Kiel aangetroffen fossielen en bediscussiëren we de implicaties voor de Mioceen stratigrafie van het Zuidelijk Noordzeebekken.

### Locatie

De bouwput voor het kantorencomplex Post X ligt in het Antwerpse district Berchem, vlakbij het station van Berchem, ingeklemd tussen de Binnensingel, Borsbeeksebrug en de Ring om Antwerpen (fig. 1). In de zomer van 2015 was de bouwput ten behoeve van funderingen en ondergrondse verdiepingen aan de zijde van de Ring om Antwerpen uitgegraven tot circa 8 meter beneden het maaiveld. WGS84 coördinaten: 51.198831, 4.435132.

Post X ligt ongeveer 500 meter ten noorden van de tijdelijke ontsluitingen bij de Posthofbrug, waarin vergelijkbare profielen ontsloten waren (Louwye *et al.*, 2010; Hoedemakers & Dufraing, 2018).

### Stratigrafie van het profiel bij Post X

#### INTRODUCTIE ZAND VAN KIEL

In de omgeving van Antwerpen is de Formatie van Berchem van onder naar boven onderverdeeld in het Zand van Edegem, Zand van Kiel en Zand van Antwerpen. Het stratotype zijn de tijdelijke ontsluitingen voor de 'E3 - Kleine Ring', dat is tegenwoordig de E19, tussen Antwerpen Zuidstation en Borgerhout Rivierenhof (De Meuter & Laga, 1976). Het Zand van Kiel is maximaal 10 meter dik en is gedefinieerd als grijsgroene, matig fijne tot grofkorrelige, glauconiethoudende, ontkalkte zanden zonder fossielen, waarin af en toe zandstenen of een kleihoudende lens voorkomen. Het pakket is vaak gebioturbeerd (De Meuter & Laga, 1976; De Meuter *et al.*, 1976). Op basis van dinoflagellaten cysten is het Zand van Kiel door Louwye *et al.* (2000) gedateerd als Burdigaliaan (Vroeg Mioceen). De Meuter & Laga (1976) merkten op dat het ontkalkte, steriel ogende Zand van Kiel in het zuiden en centrum van de stad Antwerpen naar het noorden en oosten toe fossielhoudend wordt en dan lithologisch nauwelijks nog te onderscheiden is van het Zand van Antwerpen. Dit werd bevestigd door Louwye *et al.* (2000) op basis van correlaties met dinoflagellaten cysten. Zij concludeerden dat de onderste meters van een pakket schelphoudende glauconietzanden in de Lange Kievitstraat, die op basis van lithologie bij het Zand van Antwerpen werden ingedeeld door De Meuter *et al.* (1976), tijdsequivalent zijn met delen van het Zand van Kiel in het zuiden van de stad. De bestudeerde secties in het noorden en zuiden verschilden alleen in glauconietgehalte en de aan- of afwezigheid van kalkhoudende fossielen.

#### LITHOLOGIE EN INTERPRETATIE VAN HET PROFIEL

Het in de bouwput van Post X ontsloten profiel had een totale dikte van ongeveer 8 meter en is schematisch weergegeven in figuur 2 (situatie zomer 2015). Voor foto's van

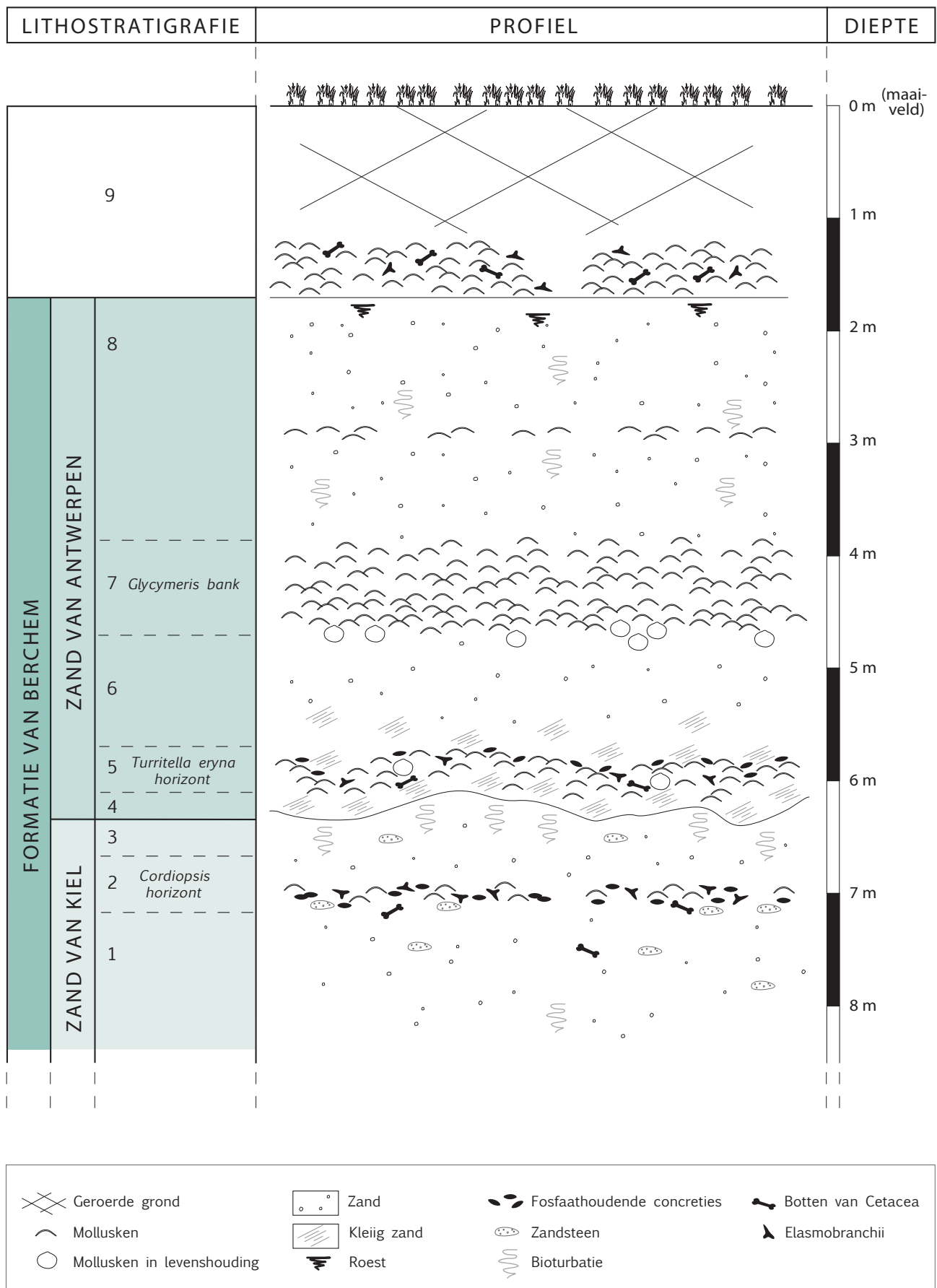


Fig. 2. Schematisch profiel van Post X. — Schematic profile of Post X (situation summer 2015).

het profiel verwijzen we naar figuur 3-7. Van onder naar boven onderscheiden we 9 lagen:

**Laag 1** (> 150 cm, Zand van Kiel)

De basis van het ontsloten profiel bestaat uit een meer dan 1,5 meter dik pakket lichtgrijs, matig fijn tot grof, glauconiet- en kwartshoudend, volledig ontkalkt zand. Het sediment is weinig kleihoudend, maar in verweerde profielen zijn verspreid kleihoudende lenzen zichtbaar. De sedimentaire gelaagdheid is door bioturbatie verstoord en intacte graafgangen komen veelvuldig voor. Ongeveer 50 cm onder de top komen plaatselijk zandsteen concreties voor, waartussen verspreid enkele botten van walvisachtigen zijn gevonden. Verder hebben wij in deze laag geen macrofossielen aangetroffen.

*Interpretatie*

De intacte graafgangen wijzen op een vrij hoge sedimentatie snelheid en het nagenoeg ontbreken van klei op een energiearm milieu met helder water.

**Laag 2** (0 – 15 cm, Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont)

Lichtgrijs, matig fijn tot grof, glauconiet- en kwartshoudend, weinig kleiig zand. Aan de basis komen verspreid kalkhoudende, brokkelige stukjes zandsteen voor, samen met botresten van walvisachtigen. Deze laag bevat fosfaat-houdende concreties, karakteristiek zijn tot 2 à 3 cm grote bruinigrijze afgeronde knolletjes (fig. 8). Goed bewaarde tanden van haaien, roggen en botresten van beenvissen

komen algemeen voor. Plaatselijk zijn kleine concentraties van sterk ontkalkte schelpen aanwezig (fig. 3), hoofdzakelijk bestaande uit losse kleppen van *Cordiopsis polytropa nysti* (d'Orbigny, 1852) en *Glycymeris baldii* Glibert & Van de Poel, 1965. De bolle kant van de kleppen is vrijwel altijd naar boven georiënteerd, doubletten komen zelden voor. Deze laag is niet overal aanwezig en kent een licht golvend verloop (fig. 3).

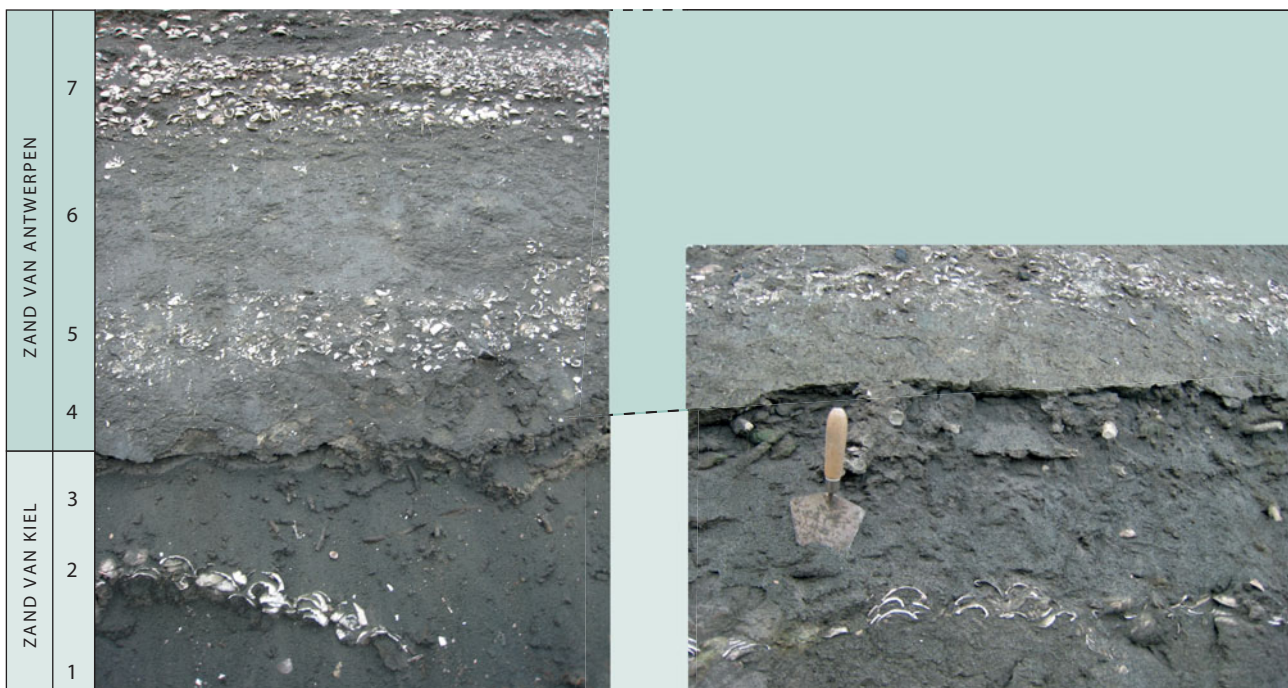
*Interpretatie*

Deze horizont is mogelijk ontstaan door selectieve erosie van fijn materiaal (winnowing), waarbij grover materiaal is achtergebleven. Als stroming het fijnere sediment sneller en vaker transporteert vindt een relatieve aanrijking van grover materiaal plaats. Mogelijk was dit het gevolg van een storm, gezien het feit dat de bolle kant van de kleppen van schelpen vrijwel altijd naar boven is georiënteerd. Boesenecker *et al.* (2014) beschrijft gelijkaardige fenomenen in het Neogeen van Californië.

**Laag 3** (30 – 60 cm, Zand van Kiel)

Zelfde lithologie als laag 1. De dikte is ongeveer 50 cm, maar varieert sterk door de golvende basis van het bovenliggende Zand van Antwerpen. In het midden van deze laag zijn plaatselijk kalkhoudende zandsteentjes aanwezig. Geconcentreerd in de top van dit niveau komen veel grote, verkitte graafgangen van kreeftachtigen voor (fig. 3 en 4) vanaf het contact met het bovenliggende Zand van Antwerpen.

Fig. 3. Door regen en wind verweerd profiel van de Zanden van Kiel en Antwerpen. Laag 2 in het Zand van Kiel bevat plaatselijk ontkalkte kleppen van mollusken en heeft een licht golvend verloop. — *Weathered profile of the Kiel and Antwerpen Sand Members. Layer 2 in the Kiel Sand Member contains locally decalcified valves of molluscs and is slightly undulating* (13-7-2015).



**Laag 4** (15 – 20 cm, Zand van Antwerpen)

Donker groenzwart, fijn, sterk kleihoudend zand met zeer veel glauconiet. Weinig tot geen schelpen. Aan de basis komen soms platte zandsteentjes voor, die herwerkt zijn uit het Zand van Kiel. Deze zijn op Post X duidelijk minder aanwezig dan bij de Posthofbrug (Hoedemakers & Dufraing, 2018). De laag kent samen met laag 5 een zeer golvend verloop, met diepe instulpingen in het onderliggende Zand van Kiel (fig. 6). De lithologische grens met het onderliggende Zand van Kiel is scherp en in een droog profiel goed te zien (fig. 5). Het kleiige Zand van Antwerpen wordt minder snel door de wind geërodeerd, waardoor het in een verweerd profiel uitsteekt boven het uitgewaaid Zand van Kiel (fig. 3 en 4).

*Interpretatie*

Erg opvallend in het profiel van Post X is de extreem golvende basis van het Zand van Antwerpen, met grote U- en V-vormige instulpingen van laag 4 en 5 in het onderliggende Zand van Kiel (fig. 6 en 7). Deze instulpingsstructuren worden 'load casts' genoemd. Het Zand van Antwerpen werd afgezet op het dan nog waterrijke Zand van Kiel. Door onevenredige belasting is het Zand van Antwerpen op sommige plaatsen ingezakt in het Zand van Kiel, waardoor een golvende basis en zakvormige instulpingen zijn ontstaan. Nadat het Zand van Kiel door compactie voldoende is ontwaterd, stabiliseerde de situatie en werd de horizontale gelaagdheid hersteld (laag 6 en 7). De V-vorm van de 'load casts' duidt

erop dat de bovenliggende laag een groter dichtheid had dan de onderliggende laag (Anketell *et al.*, 1970).

**Laag 5** (15 – 20 cm, Zand van Antwerpen, *Turritella eryna* horizon)

Donker groenzwart, fijn, sterk kleiig zand met zeer veel glauconiet en schelpen. Deze schelfhorizont volgt de golfing van laag 4 en bestaat uit een grote concentratie kleppen van *Glycymeris baldii* Glibert & Van de Poel, 1965, soms nog in levenshouding. Daarnaast komen kleppen van *Cordiopsis polytropa nysti* (d'Orbigny, 1852), *Neopycnodonte navicularis* (Brocchy, 1814) en *Patinopecten brummeli* (Nyst, 1864) algemeen voor. Kenmerkend voor deze laag is het voorkomen van de gastropode *Turritella eryna* (d'Orbigny, 1852), die in hogere niveaus van het Zand van Antwerpen wordt vervangen door *Turritella subangulata* Brocchi, 1814. Haaien- en roggentanden (soms in fosforietmatrix), en botten van walvisachtigen komen regelmatig voor. Grillig gevormde fosforietknollen komen algemeen voor, vooral in het bovenste deel van deze schelpenlaag. Deze fosforietknollen hebben diverse stadia van ontwikkeling, wat wijst op nieuwe fosforietvorming. Daarnaast komen ook afgeronde, zwarte fosforietknollen voor. Deze laag is soms gesplitst in meerdere lagen, wat bij load casts regelmatig te zien is (fig. 7).

*Interpretatie*

Het voorkomen van fosforietvorming bovenin laag 5 duidt op helder, warm en voedselrijk water.

Fig. 4. Het in Post X ontsloten profiel van de Formatie van Berchem. — Profile of the Berchem Formation at Post X (August 2015).

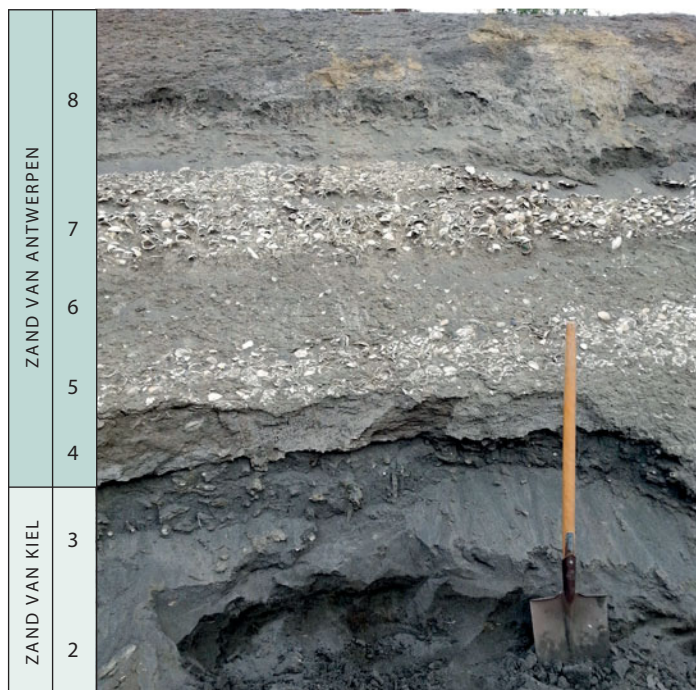


Fig. 5. Detail van de scherpe lithologische grens tussen de Zanden van Kiel en Antwerpen in een droog profiel. — Detail of the sharp lithological boundary between the Kiel and Antwerpen Sand Members in a dry profile (August 2015).



**Laag 6** (60 – 80 cm, Zand van Antwerpen)

Donker groenzwart, fijn, glauconiethoudend, kleilig zand. Naar de top toe geleidelijk minder kleihoudend. Deze laag bevat relatief weinig macrofossielen. In de bovenste 15 cm komen mollusken voor en kleppen van *Panopea kazakovae* Glibert & Van de Poel, 1965 in levenshouding, die mogelijk ingegraven zijn tijdens of voor de afzetting van de bovenliggende laag.

**Laag 7** (60 – 75 cm, Zand van Antwerpen, *Glycymeris* bank)

Compacte schelpenbank met extreem veel kleppen van *Glycymeris baldii* Glibert & Van de Poel, 1965 in een matrix van donker groenzwart, matig fijn, glauconiethoudend zand. De bolle kant van de merendeels losse kleppen is vrijwel steeds naar boven georiënteerd. Aan de basis van de schelpenbank komen ook regelmatig doubletten voor. Deze laag is plaatselijk opgesplitst in drie schelp horizonten met 5 tot 10 cm zand ertussen.

**Laag 8** (circa 200 cm, Zand van Antwerpen)

Donker groenzwart, glauconiethoudend zand. Plaatselijk komt ongeveer 1 meter boven de basis een 5 cm dik laagje met *Glycymeris* kleppen voor. Het bovenste deel is door oxidatie meestal roestbruin gekleurd.

**Laag 9** (circa 200 cm, Kwartair)

Oranjegeel, lemig zand met aan de basis een dikke, compacte laag met verspoelde miocene en pliocene schelpen, haaientanden en botten van walvisachtigen. Het bovenste deel van deze laag is geroerd.

**Materialen en methode**

Het materiaal dat voor dit artikel is gebruikt bevindt zich in de collecties van (in alfabetische volgorde) Taco Bor (TB), Gunther Cleemput (GC), Geert De Borger (GDB), Pieter De Schutter (PDS), Stijn Everaert (SE), Theo Lambrechts (TL), Djordy Rondelez (DR), Jeroen Van Boeckel (JVB), Guy Van Den Eeckhaut (GVDE), Walter Van Remoortel (WVR) en Gerard Verwey (GV).

Naar schatting 15 m<sup>3</sup> sediment van de *Cordiopsis* horizont onder de top van het Zand van Kiel, laag 2 in dit artikel,

Fig. 6. Overzicht van het profiel in Post X. Lagen 4 en 5 (basis Zand van Antwerpen) zijn zeer sterk golvend als gevolg van load casting. – Overview of the Post X section. Layers 4 and 5 (base Antwerpen Sand Member) are very wavy due to load casting (13-7-2015).

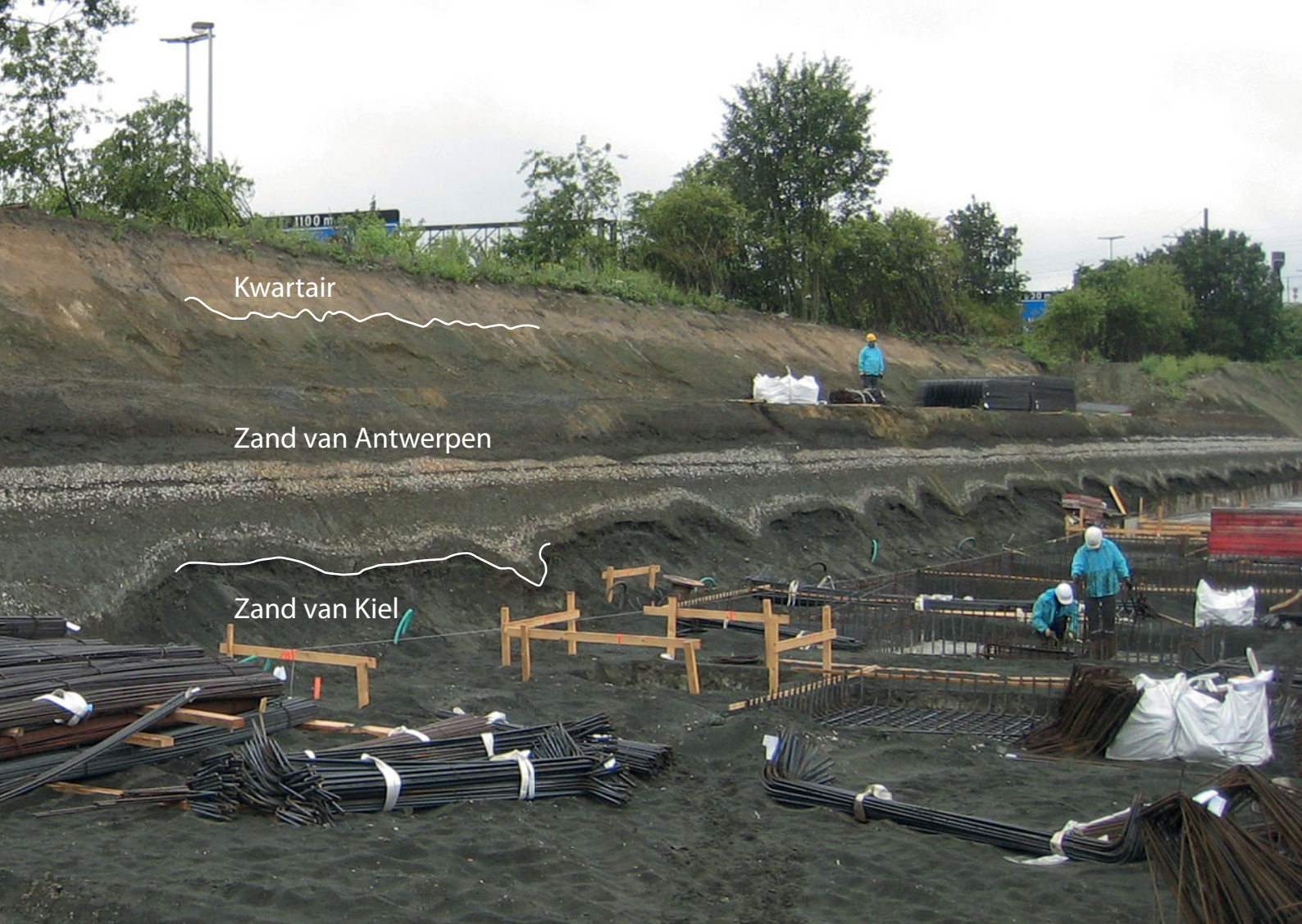




Fig. 7. Detail van de extreem golvende basis van het Zand van Antwerpen (load casts, lagen 4 en 5). – *Detail of the extremely wavy base of the Antwerpen Sand Member (load casts, layers 4 and 5) (13-7-2015).*

werd ter plaatse droog gezeefd met maaswijdte 5 mm. Door het ontbreken van water op de locatie was het niet mogelijk om met een fijnere maaswijdte te zeven. Enkele tientallen liters van het door de 5 mm zeef gevallen sediment werden thuis met water gezeefd met maaswijdte 1 mm. Daarnaast werd door een van ons (TB) 1500 liter sediment van laag 2 integraal mee naar huis genomen en met water gezeefd met maaswijdte 0,5 mm. In het sediment aanwezige resten van mollusken verkruiden volledig zodra ze in aanraking kwamen met het water. De zeeffractie < 2,0 mm is met azijnzuur bewerkt om resterende kalkfragmenten van mollusken uit de zeefresidus te verwijderen. Het 0,5-1,0 mm zeefresidu is later weggegooid, omdat steekproeven van die fractie nagenoeg geen resten van kraakbeenvissen opleverden.

### Paleontologie Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont (laag 2)

#### KRAAKBEENVISSEN (ELASMOBRANCHII)

Het bemonsterde niveau bevat de grootst bekende concentratie kraakbeenisresten van de Formatie van Berchem. De fauna is divers met meer dan 31 haaien- en roggensoorten (tabel 1).

Het overgrote deel van de haaien- en roggentanden is zeer goed bewaard en vertoont nauwelijks tekenen van transport. De haaiantanden hebben een bruine wortel met een blauwgrijs gekleurde kroon en scherpe snijranden. Een gering aantal tanden vertoont bio-erosie op de wortel. Dit is de autochtone fauna. Op de wortel is soms bruingrijze, fosfaathoudende concretievorming te vinden (pl. 2, fig. 2).

Tussen het materiaal bevinden zich maar weinig tanden

Fig. 8. Fosfaathoudende concreties uit laag 2 van het Zand van Kiel. – *Phosphatic concretions from layer 2 in the Kiel Sand Member.*



(ongeveer 1-2 %) die in meer of mindere mate sporen van transport vertonen. Enkele tanden zijn donkergrijs tot zwart gekleurd en afgesleten, en zijn duidelijk herwerkt uit oudere afzettingen. Een tand van *Isurolamna gracilis* (Le Hon, 1871) (pl. 3, fig. 12) is vermoedelijk geremanieerd uit de oligocene Formatie van Boom.

#### BEENVISSEN (TELEOSTEI)

De fijne zeeffractie bevat een massa skeletelementen van beenvissen (pl. 5, fig. 16). Daarnaast zijn in de zeefresidus (TB) een 150-tal door ontkalking slecht geconserveerde otolieten aangetroffen. Voor 90 procent betreft het otolieten van de kabeljauw *Colliolus sculptus* (Koken, 1891), voor de overige 10 procent veelal op soortniveau onbepaalde otolieten van kabeljauwachtigen (*Merluccius*, *Gadiculus*, *Merlangius*, *Coelorinchus*), naaldvisachtigen (*Hoplobrotula*), palingachtigen (*Gnathophis*) en baarsachtigen (*Umbrina*, *Dentex*, *Trachinus*) (pl. 5, fig. 7-14). Een opmerkelijke vondst is een grote tand van een wahoo, *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832), een op een barracuda gelijkende pelagische soort die recent een lengte van 2,5 meter kan bereiken en wereldwijd voorkomt in tropische en subtropische wateren (pl. 5, fig. 3).

#### REPTIELEN

Een enkel fragment van het schild van een zeeschildpad (*Cheloniidae*) werd aangetroffen (pl. 5, fig. 1).

#### VOGELS

Een klein werveltje en verschillende holle botjes van vogels werden verzameld, waaronder een tarsometatarsus die toebehoort aan de buisnaveligen (*Procellariiformes*), ook wel stormvogelachtigen genoemd (pl. 5, fig. 2).

#### WALVISACHTIGEN (CETACEA)

Het meest frequent zijn tanden van de uitgestorven tandwalvis families Eurhinodelphinidae (pl. 4, fig. 7) en Kentriodontidae aangetroffen (pl. 4, fig. 8). Opmerkelijk is de vondst van meerdere tanden van *Physeteroidea* (pl. 4, fig. 9), potvisachtigen, die gelijkenissen vertonen met *Orycterocetus crocodilinus* Cope, 1868, een soort bekend uit het Zand van Antwerpen (Lambert, 2008). Daarnaast kwamen tal van perfect bewaarde walvis- en dolfinwervels voor, soms met bijtsporen van haaien. Resten van walvisachtigen zijn echter moeilijk te determineren, slechts twee exemplaren van de hiervoor noodzakelijke gehoorbotten (*bulla tympanica* en *os perioticum*), werden aangetroffen. Één *bulla* behoort tot de Kentriodontidae (pl. 4, fig. 10).

#### MOLLUSKEN

De kleine concentraties van bijeen gespoelde, sterk ontcalcite schelpen bestaan voornamelijk uit kleppen van de bivalven *Cordiopsis polytropa nysti* (d'Orbigny, 1852) en *Glycymeris baldii* Glibert & Van der Poel, 1965. Sommige van dezen kleppen zijn opgevuld met een glauconiethoudende kalkzandsteen, waarin soms wormgangen voorkomen (pl. 6, fig. 1). Ook een sterk vergaan slotfragment

van *Glossus* sp. werd ter plaatse herkend. Een afdruk van de concentrische ribben van *Venus (Ventricoloidea) multi-lamella* (Lamarck, 1818) *s.lat.* werd teruggevonden in een fosfaathoudende concretie (fig. 8, linkerfoto onderaan). Deze soorten zijn algemeen in vroeg tot midden-miocene afzettingen van het Noordzeebekken (Janssen, 1984). In het residu (TB) werd ook nog een verweerde parel aangetroffen (pl. 6, fig. 6).

Gastropoden zijn door ontkalking vrijwel volledig verdwenen, met uitzondering van enkele calcitische resten die in de zeefresidus (TB) zijn aangetroffen: een operculum van *Astraea belgica* Glibert, 1952 (pl. 6, fig. 2), enkele oude mondranden (*varices*) van *Pterynotus* sp. (pl. 6, fig. 3) en een paar grote protoconchen van vermoedelijk *Scaphella* sp. (pl. 6, fig. 7).

#### OVERIGE FOSSIELEN VAN INVERTEBRATEN

In de fijne zeefresidus (TB) zijn sporadisch calcitische elementen van andere invertebraten aangetroffen (pl. 6, fig. 8-11). Het betreft een klein aantal stekelfragmenten van zee-egels (42 ex.), fragmenten van zeepokken (61 ex.) en bentische foraminiferen (159 ex.). Dat zijn uitzonderlijk kleine aantallen voor 1500 liter verwerkt sediment.

Daarnaast zijn nog enkele fosfatische fossielen in de zeefresidus (TB) teruggevonden, zoals een paar scolecodonten (pl. 6, fig. 5) en enkele kleppen van de brachiopode *Discinisca fallens* (Wood, 1872) (pl. 6, fig. 4).

#### PLANTAARDIGE FOSSIELEN

Een slecht bewaard stuk takvormig drijfhout van meer dan 50 cm lang werd op de site aangetroffen (pl. 5, fig. 6). In het hout komen veel boorgaten van boormosselen (*Pholadidae*) voor, wat aantoont dat de tak gedurende lange tijd blootgesteld is geweest aan zeewater. Het hout behoort waarschijnlijk tot de subfamilie *Taxodioideae* uit de cipressenfamilie (*Cupressaceae*) en kan volgens J. van der Burgh (pers. comm. 2018) vermoedelijk gedetermineerd worden als *Taxodioxylon* sp. Gedurende het Mioceen was *Taxodioxylon gypsaceum* (Göppert) Kräusel een algemene boomsoort in de kustgebieden van het Noordzeebekken (Van der Burgh, pers. comm. 2018).

In de fijne zeefresidus (TB) werden een paar honderd zaadfragmenten van onder andere de beverboom *Magnolia* aangetroffen (pl. 5, fig. 15), alsmede een enkele pit van de druif *Vitis* sp. (pl. 5, fig. 5).

#### Fosfatische concreties

Zeer typerend voor laag 2 is het voorkomen van talrijke tot 2-3 cm grote, afgeronde, soms grillig gevormde, licht bruingrijs tot donker gekleurde, harde, fosfatische knollen, waarin kwarts-, glauconietkorrels en biogene resten gebonden zijn (fig. 8). Bij doorsnedes van deze concreties stelt men steeds een donkerkleurige kern vast. Het bruine verbindend materiaal van de concreties komt soms ook als neerslag op de wortels van haaiantanden voor (pl. 2, fig. 2).

Belangrijk zijn de verschillen in Post X tussen de fosfati-



**Tabel 1**

Relatieve frequentie (%) van Elasmobranchii tanden uit het Zand van Kiel (laag 2) op Post X –  
Relative frequency (%) of Elasmobranch teeth from the Kiel Sand Member (layer 2) at Post X.

		1,5 m <sup>3</sup> sediment maaswijdte 1 mm n = 2820	15 m <sup>3</sup> sediment maaswijdte 5 mm n = 2061
S E L A C H I I	<b>HEXANCHIFORMES</b>		
	Hexanchidae		
	<i>Notorynchus primigenius</i> (Agassiz, 1835)	2,1	23,7
	<b>SQUALIFORMES</b>		
	Squalidae		
	<i>Squalus alsaticus</i> Andreae, 1892	3,0	-
	<i>Squalus</i> sp.	< 0,1	-
	<b>PRISTIOPHORIFORMES</b>		
	Pristiophoridae		
	<i>Pristiophorus</i> sp. – rostrale tanden	< 0,1	-
	<b>SQUATINIFORMES</b>		
	Squatinae		
	<i>Squatina</i> sp.	12,8	-
	<b>LAMNIFORMES</b>		
	Odontaspidae		
	<i>Araloselachus vorax</i> (Le Hon, 1871)	1,1	11,7
	<i>Carcharias gustrowensis</i> (Winkler, 1875)	1,4	21,4
	<i>Carcharias taurus</i> (Rafinesque, 1810)	0,4	2,5
	<i>Carcharoides catticus</i> (Philippi, 1846)	0,3	2,6
	Alopiidae		
	<i>Alopias exigua</i> (Probst, 1879)	< 0,1	0,1
	<i>Alopias</i> aff. <i>latidens</i> (Leriche, 1908)	-	< 0,1
	Cetorhinidae		
	<i>Keasius rhenanus</i> Reinecke, Von Der Hocht & Dufraing, 2015 – tanden	0,4	-
	<i>Keasius rhenanus</i> Reinecke, Von Der Hocht & Dufraing, 2015 – kieuwaanhangsels	2,7	-
	Lamnidae		
	<i>Carcharodon hastalis</i> (Agassiz, 1843)	0,4	1,9
<i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque, 1810	0,7	10,6	
<i>Isurus retroflexus</i> (Agassiz, 1843)	< 0,1	0,5	
Otodontidae			
<i>Otodus megalodon</i> (Agassiz, 1843)	-	< 0,1	
<b>CARCHARHINIFORMES</b>			
Scyliorhinidae			
<i>Pachyscyllium dachiardii</i> (Lawley, 1876)	0,8	-	
<i>Pachyscyllium distans</i> (Probst, 1879)	0,9	-	
Hemigaleidae			
<i>Chaenogaleus affinis</i> (Probst, 1878)	< 0,1	-	
Carcharhinidae			
<i>Carcharhinus priscus</i> (Agassiz, 1843)	2,2	16,3	
<i>Carcharhinus</i> sp.	-	< 0,1	
<i>Galeocерdo aduncus</i> Agassiz, 1843	0,5	6,6	
<i>Physogaleus contortus</i> (Gibbes, 1849)	-	< 0,1	
<i>Physogaleus hemmooriensis</i> Reinecke & Hoedemakers, 2006	5,2	-	
Sphyrnidae			
<i>Sphyrna integra</i> (Probst, 1878)	< 0,1	-	
<i>Sphyrna laevisissima</i> (Cope, 1867)	-	< 0,1	
B A T O I D E A	<b>RAJIFORMES</b>		
	Rajidae		
	' <i>Raja</i> ' <i>holsatica</i> Reinecke, Von der Hocht & Gürs, 2008	52,1	-
	' <i>Raja</i> ' spp.	1,0	-
	<b>MYLIOBATIFORMES</b>		
	Dasyatidae		
	' <i>Dasyatis</i> ' spp.	11,5	-
Myliobatidae			
<i>Aetobatus arcuatus</i> (Agassiz, 1843)	0,2	1,5	
<i>Myliobatis</i> sp.	-	0,2	

sche concreties in het Zand van Kiel en de fosforieten in het onderste gedeelte van het Zand van Antwerpen:

ZAND VAN KIEL (laag 2)	ZAND VAN ANTWERPEN (laag 5)
Licht bruingrijs tot donker gekleurde fosfatische concreties	Donkergroen tot bijna zwart fosforiet
Meestal hard	Zowel poreuze als harde fosforieten
Meestal afgerond oppervlak	Meestal ruw oppervlak
< 4 cm, gemiddeld 2-3 cm	< 10 cm, meestal > 4 cm
Af en toe fosfatische neerslag op de wortel van haaiantanden	Regelmatig haaiantanden met dikke fosforietconcretie om de wortel
Zeldzaam fragmentarische steenkern of afdruk van mollusken en beenvisresten in de concreties	Zeer veel fossielen in het fosforiet, ook mollusken met fosforietkern binnen de originele kalkschelp.

Van een proces van frequente fosforietvorming zoals tijdens de beginfase van de afzetting van het Zand van Antwerpen, is in het Zand van Kiel duidelijk geen sprake.

## Discussie en conclusies

### OPMERKINGEN BIJ DE KRAAKBEENVISSEN FAUNA

De kraakbeenvissen fauna in laag 2 (tabel 1) wordt sterk gedomineerd (ca. 80% van het aantal tanden) door benthische soorten: roggen van de families Rajidae en Dasyatidae, en de zee-engel *Squatina*. Daarna komen benthopelagische taxa het meest frequent voor: *Squalus*, *Notorynchus*, *Carcharias*, *Carcharhinus* en *Physogaleus*. Met uitzondering van *Isurus* zijn tanden van pelagische taxa als *Alopias* en *Keasius* veel minder vertegenwoordigd. Van het merendeel van de aangetroffen soorten komen de recente vertegenwoordigers algemeen voor in kustnabij water, soorten die dieper water prefereren zijn niet teruggevonden. Taxa als *Carcharias*, *Carcharhinus* en *Galeocerdo* zijn vandaag kenmerkend voor subtropische tot tropische gebieden. *Notorynchus* verkiest warme gematigde tot subtropisch wateren, *Squatina* is goed gedocumenteerd in gematigde klimaatzones.

De samenstelling van de kraakbeenvissen fauna wijst op een ondiepe, kustnabije shelf zee en een gematigd tot subtropisch klimaat. De waterdiepte zal vermoedelijk ergens tussen de 20 en 40 meter zijn geweest.

Interessant is de vondst van twee *Carcharoides caticus* (Philippi, 1846) tanden met lichte serraties op de snijrand (één tand op pl. 2, fig. 11), die in België tot nu toe alleen van de opspuitingen bij Hoevenen bekend waren (Verwey, 2013; Everaert, 2014).

De Ceuster (1987) stelde in het Mioceen van Antwerpen een verschuiving vast in de *Isurus oxyrinchus* / *Carcharodon hastalis* ratio. In het Burdigaliaan domineert *I. oxyrinchus*, in het Langhiaan *C. hastalis*. Dit werd elders in het Noordzeebekken bevestigd door Reinecke *et al.* (2011) en Bor *et*

*al.* (2012). De *I. oxyrinchus* / *C. hastalis* ratio in de door ons bemonsterde laag 2 van Burdigaliaan ouderdom is ongeveer 5,6 en past goed in dit beeld.

Opvallend is het vrijwel ontbreken van hamerhaaien in het Zand van Kiel, slechts één tand van *Sphyrna laevis* en een paar tanden van de kleinere *Sphyrna integra* zijn door ons gevonden in laag 2. In het bovenliggende Zand van Antwerpen komt deze laatste soort echter algemeen voor. Vermoedelijk houden deze wijzigingen in fauna samenstelling verband met het opwarmend klimaat in het Vroeg Mioceen. Het Mioceen kent zijn klimaat optimum immers pas in het Langhiaan (Böhme, 2003: fig. 2).

Vermeldenswaardig is de vondst van een *Squalus* achtige tand (pl. 2, fig. 4) die opvallend groter is dan de aangetroffen tanden van *Squalus alsaticus* (pl. 2, fig. 5). Dergelijke tanden zijn door Reinecke *et al.* (2011) vermeld uit het Burdigaliaan van Werder-Uesen, Duitsland. Ze lijken op het eerste gezicht op de uit het Mioceen van Portugal beschreven *Squalus almeidae* Antunes & Jonet, 1970, maar we hebben te weinig materiaal om daar een gefundeerde mening over te hebben.

Twee tanden (pl. 3, fig. 3 en 6). in ons materiaal schrijven wij toe aan *Physogaleus contortus*, een soort waarvan de tanden oppervlakkige gelijkenis vertonen met *Galeocerdo aduncus*. De soort komt zeer sporadisch voor in het Mioceen van Europa en is in het Noordzeebekken voor het eerst aangetoond in het Burdigaliaan van Werder-Uesen, Duitsland (Reinecke *et al.*, 2011), waar de ratio *P. contortus* / *G. aduncus* tanden ongeveer 1/400 is. In laag 2 van Post X is de ratio *P. contortus* / *G. aduncus* tanden ongeveer 1/70 is. In tegenstelling tot de talrijke vondsten in het Mioceen van Noord-Amerika (Purdy *et al.*, 2001), blijkt *P. contortus* eerder een zeer zeldzame gast in het Noordzeebekken.

Eén tand (pl. 3, fig. 9) kan door zijn algemene morfologie aan het genus *Carcharhinus* worden toegeschreven, maar past niet binnen de variatie van de enige andere *Carcharhinus* bekend uit het Mioceen van het Noordzeebekken. Meer nog, deze tand lijkt bij geen enkele beschreven *Carcharhinus* soort te passen (Cappetta, pers. comm. 2015). Aangezien bij verschillende moderne soorten de verschillen in tandvorm miniem zijn (Garrick, 1982) en van Post X slechts één exemplaar bekend is, is een open naamgeving op dit moment de beste oplossing. Een tweede exemplaar met dezelfde kenmerkende morfologie is bekend uit een nabijgelegen werf (PDS); mogelijk komen er in de toekomst dus nog wel andere exemplaren aan het licht. De tand is 7 mm breed. De kroon is naar de mondhoek gericht. De distale wortellob is kort en uitgetrokken. De distale snijrand van de kroon is sterk gekarteld terwijl de mesiale snijrand slechts lichte karteling vertoont. De wortel heeft een diepe voedingsgroef. De uitgetrokken vorm van de tand zou kunnen wijzen op een posterieure tandpositie. Echter beide exemplaren hebben een zeer gelijkende vorm wat dit minder plausibel maakt.

De door ons (PDS) aangetroffen tand van *Otodus megalodon* (Agassiz, 1843) heeft geen bijspitsen (pl. 1, fig. 8). Daarnaast is ons nog een fors exemplaar met aanzet tot bijspitsen bekend uit laag 2 (coll. Goethals: fig. 9). Deze morfologie die kenmerkend is voor *Otodus chubutensis* (Ameghino, 1901) overbrugt in de *Otodus* lineage het verlies van bijspitsen dat *O. megalodon* karakteriseert. Perez *et al.* (2018) stelden in de miocene Chesapeake Groep van Maryland (VS) vast dat er tussen beide vormen morfologisch en chronologisch een grote overlap bestaat, maar dat er van het Vroeg naar het Midden Mioceen een gestage toename is van het percentage tanden zonder bijspitsen. Aangezien de grenzen van het chronospecies *O. chubutensis* slecht zijn gedefinieerd, hanteren wij hier de soortnaam *O. megalodon*.

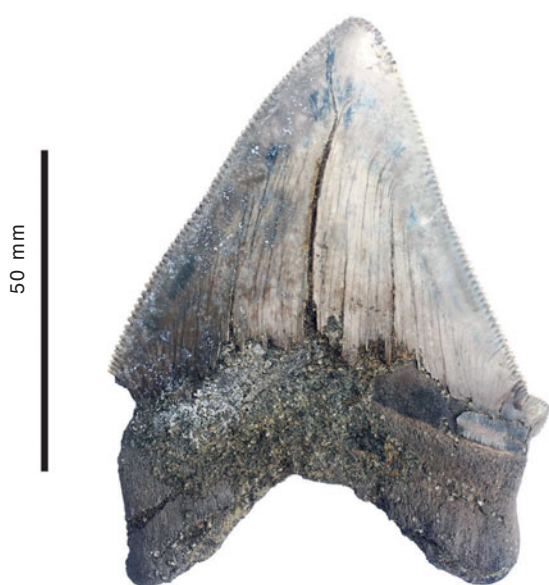


Fig. 9. *Otodus megalodon* (Agassiz, 1843) met bijspitsen uit laag 2 (Coll. Goethals). – *Otodus megalodon* (Agassiz, 1843) with lateral cusplets from layer 2 (Coll. Goethals).

Opmerkelijk is de vondst van een 15 cm lang staartstekel fragment van een pijlstaartrog (Myliobatiformes) (pl. 4, fig. 5). Deze stekel was oorspronkelijk vermoedelijk dubbel zo lang, een uitzonderlijke lengte. Staartstekels met een lengte van meer dan 30 cm zijn recent bekend van bijvoorbeeld de gladde pijlstaartrog *Dasyatis brevicaudata* (Hutton, 1875) (Schwartz, 2008).

Opvallend is dat Myliobatidae (pl. 4, fig. 2), de adelaarsroggen, nagenoeg ontbreken. Dat is niet te verklaren door klimaatverandering, want adelaarsroggen hebben wat dat betreft een grote tolerantie. Mogelijk heeft het te maken met het ontbreken van een geschikt voedselaanbod.

Voor de volledigheid willen we hier nog vermelden dat we gezien hebben dat door anderen in Post X een enkele tand van *Parotodus benedenii* (Le Hon, 1871) en *Hemipristis ser-*

*ra* Agassiz, 1843 is verzameld. We zijn er echter niet zeker van dat deze tanden uit het Zand van Kiel afkomstig waren.

#### SAMPLING BIAS

De soortenlijst in tabel 1 met de relatieve voorkomens laat goed zien hoe groot de invloed van de maaswijdte van het zeefgaas kan zijn op het beeld dat we krijgen van de haaien- en roggfauna. Gezeefd op 1 mm behoort meer dan 50 procent van het aantal tanden toe aan '*Raja*' *holsatica*, maar die soort zal volledig ontbreken als er met een maaswijdte van meer dan 2,5 mm wordt gezeefd. Gezeefd op 5 mm gaas zijn tanden van *Notorynchus primigenius* en *Carcharias gustomensis* het meest frequent, bijna de helft van de tanden is dan aan deze twee soorten toe te schrijven. Gezeefd op 1 mm behoort maar een paar procent van de tanden aan deze soorten toe. Om in een ontsluiting als Post X een goed beeld van de haaien- en roggfauna te krijgen is het dus van belang om een significante hoeveelheid sediment op een maaswijdte van 1 mm te verwerken. Door daarnaast ook een grote hoeveelheid sediment op een maaswijdte van 5 mm door te zeven kunnen ook de grotere tanden van zeldzame soorten worden verzameld. Beide verzamelmethode vullen elkaar hier goed aan en samen kunnen ze een zo volledig mogelijk beeld van de kraakbeenvissen associaties geven.

#### GEOGRAFISCHE VERSPREIDING

In ontsluitingen ten zuiden van Post X, zoals bij de Posthofbrug (Louwye *et al.*, 2010; Hoedemakers & Dufraing, 2018), was de *Cordiopsis* horizont in de top van het Zand van Kiel niet aanwezig. Een mogelijke verklaring is dat ten zuiden van Post X het Zand van Antwerpen de top van het Zand van Kiel dieper heeft geërodeerd, waardoor de *Cordiopsis* horizont daar is verdwenen en is opgenomen in de basis van het Zand van Antwerpen. Dat zou de plaatselijke rijkdom aan haaiantanden in de *Turritella eryna* horizont van het Zand van Antwerpen bij de Posthofbrug (PDS; GVDE) kunnen verklaren, evenals de vele vermoedelijk herwerkte zandsteentjes op de basis van het Zand van Antwerpen.

#### VERDER ONDERZOEK

Het Zand van Kiel vormt een belangrijk interval tussen het Zand van Edegem en het Zand van Antwerpen en biedt een belangrijke inkijk in het Burdigaliaan van het zuidelijk Noordzeebekken. Onze bevindingen laten zien dat bij toekomstige ontsluitingen in het Zand van Kiel deze ogenschijnlijk fossiellose afzetting vanuit paleontologisch, sedimentologisch en stratigrafisch oogpunt veel meer aandacht verdient.

#### Dankwoord

Graag bedanken wij de werfleiding van Post X (o.a. het bedrijf Besix) voor de toelating om op de werf opzoekingen te doen en uitvoerig monsters te kunnen nemen. Jef De Ceuster voor het vele verkennende werk in de Antwerpse regio en de stimulerende discussies. Guy Van Den Eeckhaut, Geert De Borger, Walter van Remoortel, Gerard Verwey en Theo Lambrechts voor het ter beschikking stellen van hun materiaal. Frank Wesseling (Naturalis) voor de vele hulp, raad

en het nalezen van dit document. Kristiaan Hoedemakers (KBIN) bedanken wij voor boeiende discussies over deze site. Olivier Lambert (KBIN) en Mark Bosselaers (KBIN) voor de determinatie van de walvisresten. Prof. Noël Vandenberghe (KU Leuven) voor de conversatie rond loadcasting effecten. Johan van der Burgh (Universiteit Utrecht) voor zijn hulp bij het determineren van het fossiele drijfhout. Thierry Smith (KBIN) die samen met Gerald Mayr (Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum) meer wist te vertellen over de vogelresten. Stefaan Goethals voor het fotograferen van zijn tand van *Otodus megalodon*.

#### Literatuur

- Anketell, J.M., J. Cegła & S. Dżułyński, 1970. On the deformational structures in systems with reversed density gradients. – *Annals of the Geological Society of Poland* 40: 3-30.
- Antunes M.T. & S. Jonet, 1970. Requins de l'Helvétien supérieur et du Tortonien de Lisbonne. – *Revista da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa* 2. Série C, 16: 119-280.
- Boessenecker, R., F. Perry & J. Schmitt, 2014. Comparative Taphonomy, Taphofacies, and Bonebeds of the Mio-Pliocene Purisima Formation, Central California: strong physical control on marine vertebrate preservation in shallow marine settings. – *PLOS one* 9 (3): e91419.
- Böhme, M., 2003. The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 195: 389-401.
- Bor, T., T. Reinecke & S. Verschuere, 2012. Miocene Chondrichthyes from Winterswijk - Miste, the Netherlands. – *Palaeontos* 21: 136 p.
- De Ceuster, J., 1987. A little known odontaspid shark from the Antwerp Sand Member (Miocene, Hemmoorian) and some stratigraphical remarks on the shark-teeth of the Berchem Formation (Miocene, Hemmoorian) at Antwerp (Belgium). – *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 24 (3): 231-246.
- De Meuter, F. & P. Laga, 1976. Lithostratigraphy and biostratigraphy based on benthonic foraminifera of the Neogene deposits in Northern Belgium. – *Bulletin Belgische Vereniging voor Geologie/Bulletin de la Société belge de Géologie* 85 (4): 133-152.
- De Meuter, F., K. Wouters, A. Ringele, 1976. Lithostratigraphy from temporary outcrops in the Antwerpen City area. – *Professional Papers of the Belgian Geological Survey*, 1976 (3): 1-19.
- Everaert, S., 2014. Miocene afzettingen tussen de Boomse Klei en het Pliocen in het Churchilldok en Leopolddok (Antwerpse haven, rechteroever): een stratigrafische interpretatie. – *Afzettingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 35 (1): 20-27.
- Garrick, J.A.F., 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. – NOAA Technical Report NMFS, Circular, 445: 1-194.
- Hoedemakers, K. & L. Dufraing, 2018. Een profiel bij de Posthofbrug (Antwerpen). – *Afzettingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 39 (2): 65-80.
- Janssen, A.W., 1984. Mollusken uit het Mioceen van Winterswijk-Miste. Een inventaris, met beschrijving en afbeelding van alle aangetroffen soorten. – Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Nederlandse Geologische Vereniging, Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Leiden. 451 p.
- Lambert, O., 2008. Sperm whales from the Miocene of the North Sea: a re-appraisal. – *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre* 78: 277-316.
- Louwye, S., J. De Coninck & J. Verniers, 2000. Shallow marine Lower and Middle Miocene deposits at the southern margin of the North Sea Basin (northern Belgium): dinoflagellate cyst biostratigraphy and depositional history. – *Geological Magazine* 137 (4): 381-394.
- Louwye, S., R. Marquet, M. Bosselaers & O. Lambert, 2010. Stratigraphy of an early-middle Miocene sequence near Antwerp in Northern Belgium (Southern North Sea Basin). – *Geologica Belgica* 13 (3): 269-284.
- Verwey, G., 2013. *Carcharoides* uit het Churchilldok, Antwerpen. – *Afzettingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 34 (2): 26-29.
- Perez, V.J., S.J. Godfrey, B.W. Kent, R.E. Weem & J.R. Nance, 2018. The transition between *Carcharocles chubutensis* and *Carcharocles megalodon* (Otodontidae, Chondrichthyes): lateral cusplet loss through time. – *Journal of Vertebrate Paleontology* 38 (6): e1546732.
- Purdy, R.W., V.P. Schneider, S.P. Applegate, J.H. Mclellan, R.L. Meyer & B.H. Slaughter, 2001. The neogene sharks, rays, and bony fishes from Lee Creek Mine, 15 Aurora, North Carolina. – In: *Geology and Paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina* (C.E. Ray, D.J. Bohaska, eds), Smithsonian Contributions to Paleobiology 90: 71-202, 84 fig., Washington D.C.
- Reinecke, T., S. Louwye, U. Havekost & H. Moths, 2011. The Elasmobranch fauna of the Late Burdigalian, Miocene, at Werder Uesen, Lower Saxony, Germany, and its relationships with Early Miocene Faunas in the North Atlantic, Central Paratethys and Mediterranean. – *Palaeontos* 20: 170 p.
- Schwartz, F.J., 2008. A survey of tail spine characteristics of stingrays frequenting African, Arabian to Chagos-Maldive Archipelago waters. – *Smithiana Bulletin* 8: 41-52.

<sup>1</sup>Stijn Everaert (Aalst), [stijn.everaert1@gmail.com](mailto:stijn.everaert1@gmail.com)

Pieter De Schutter (Aalst)

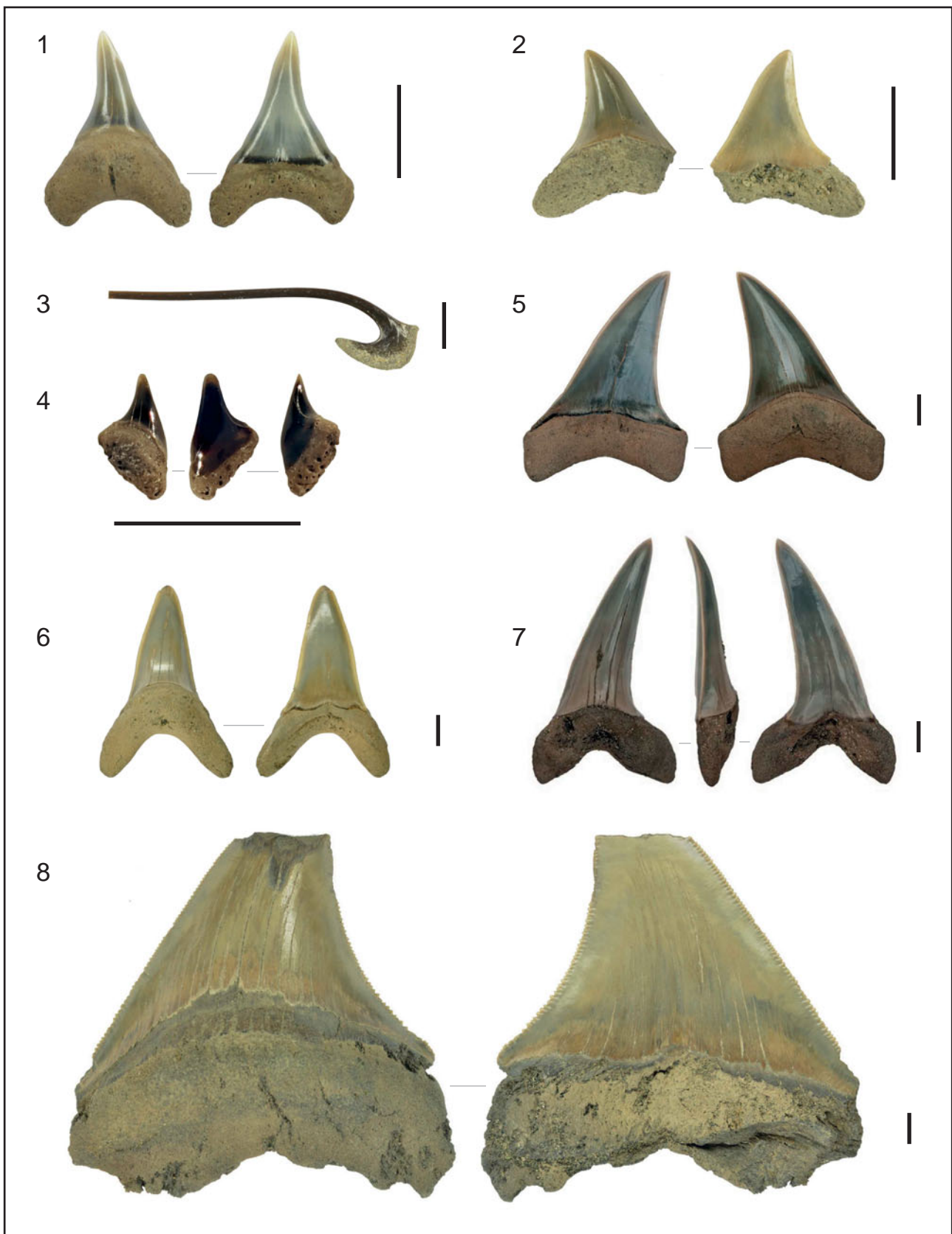
Gino Mariën (Lede)

Gunther Cleemput (Ternat)

Jeroen Van Boeckel (Heist-Op-Den-Berg)

Djordy Rondelez (Izegem)

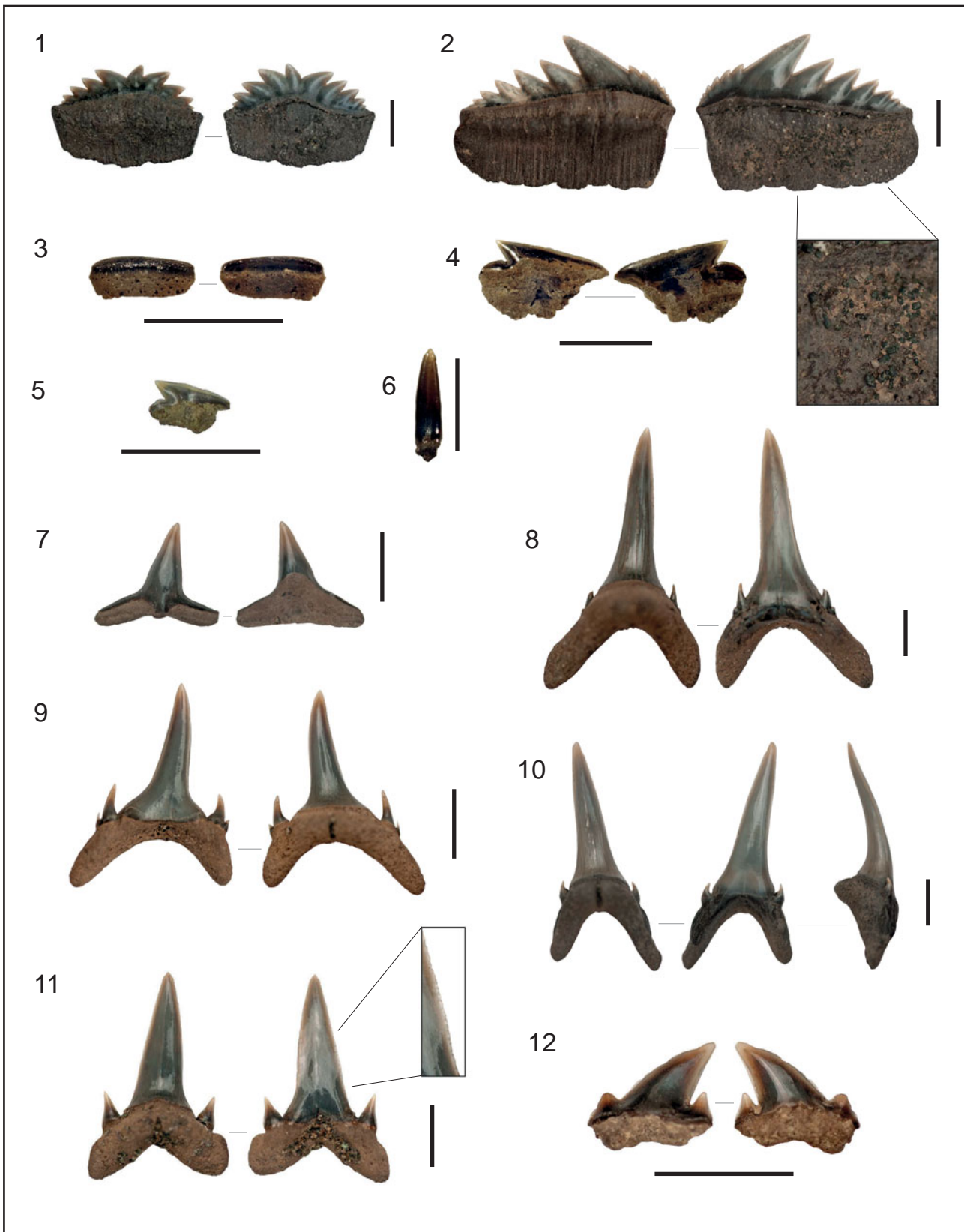
<sup>2</sup>Taco Bor (Sliedrecht), [tacobor@xs4all.nl](mailto:tacobor@xs4all.nl)



Plaat 1 — Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont (laag 2)

(MAATBALK / SCALEBAR: 5 MM)

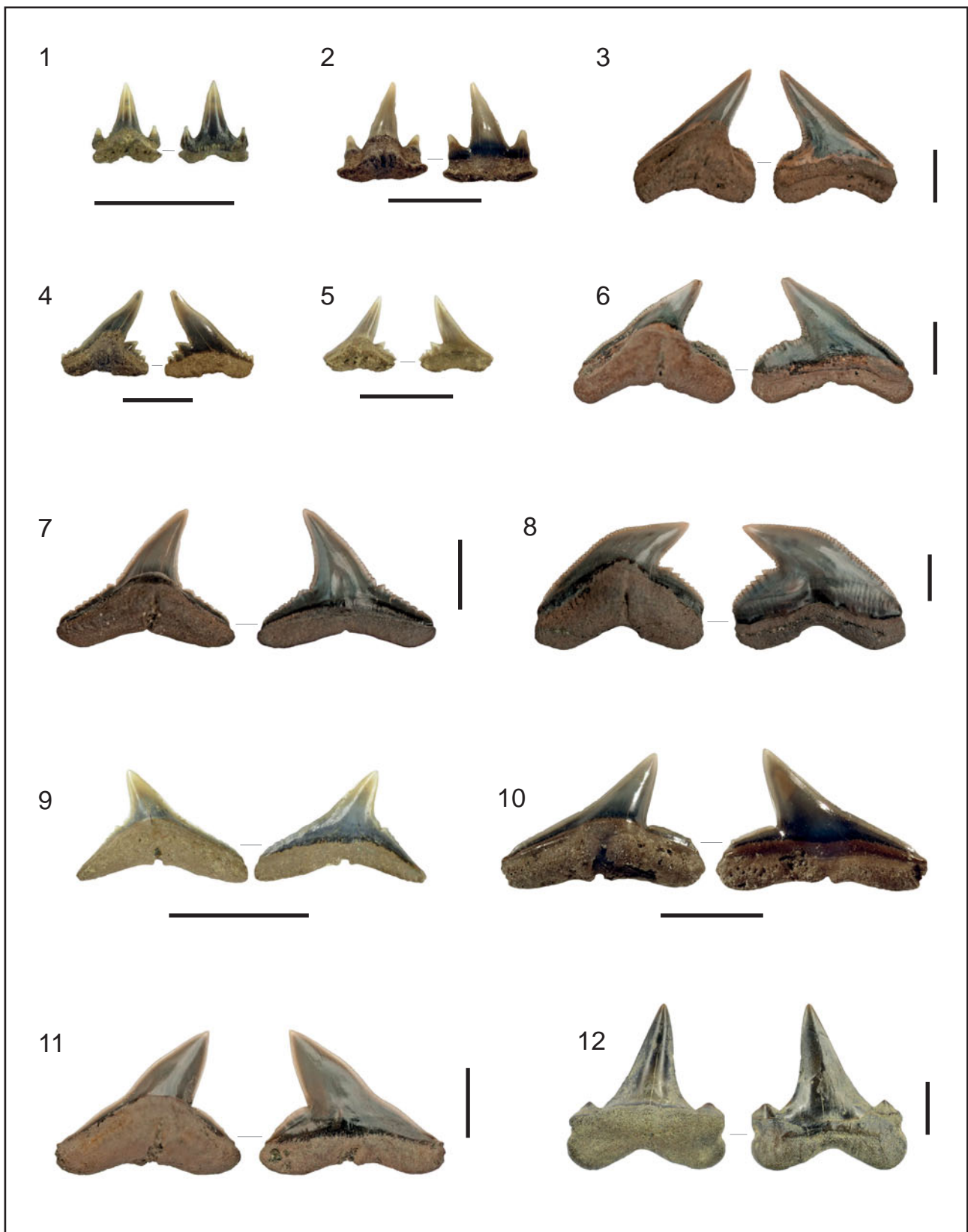
1. *Alopias exigua* (Probst, 1879) (Coll. PDS) — 2. *Alopias* aff. *latidens* (Leriche, 1908) (Coll. GVDE) — 3. *Keasius rhenanus* Reinecke, Von Der Hocht & Dufraing, 2015 - kieuwaanhangsel (Coll. PDS) — 4. *Keasius rhenanus* Reinecke, Von Der Hocht & Dufraing, 2015 (Coll. TB) — 5. *Carcharodon hastalis* (Agassiz, 1843) (Coll. SE) — 6. *Isurus retroflexus* (Agassiz, 1843) (Coll. PDS) — 7. *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Coll. SE) — 8. *Otodus megalodon* (Agassiz, 1843) (Coll. PDS).



**Plaat 2 — Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont (laag 2)**

(MAATBALK / SCALEBAR: 5 MM)

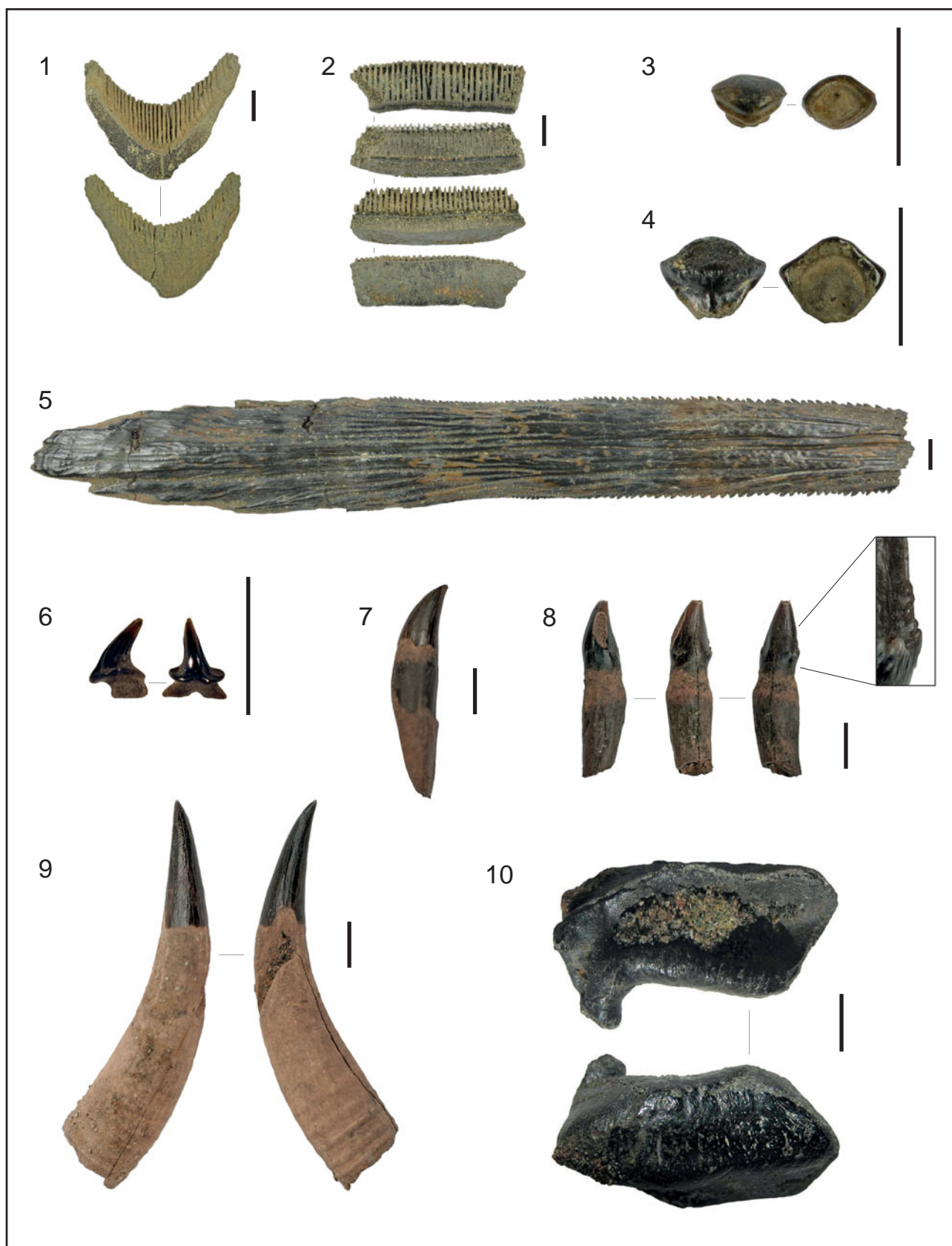
1. *Notorynchus primigenius* (Agassiz, 1835) (Coll. SE) — 2. *Notorynchus primigenius* (Agassiz, 1835) (Coll. SE) — 3. *Notorynchus primigenius* (Agassiz, 1835) - posterieure tand (Coll. TB) — 4. *Squalus* sp. (Coll. TB) — 5. *Squalus alsaticus* Andreae, 1892 (Coll. SE) — 6. *Pristiphorus* sp. - rostrale tand (Coll. TB) — 7. *Squatina* sp. (Coll. SE) — 8. *Araloselachus vorax* (Le Hon, 1871) (Coll. SE) — 9. *Carcharias gastrovensis* (Winkler, 1875) (Coll. SE) — 10. *Carcharias taurus* (Rafinesque, 1810) (Coll. SE) — 11. *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) met licht gekartelde snijrand (Coll. SE) — 12. *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Coll. SE).



**Plaat 3 — Zand van Kiel, *Cordiopsis horizont* (laag 2)**

(MAATBALK / SCALEBAR: 5 MM)

1. *Pachyscyllium distans* (Probst, 1879) (Coll. SE) — 2. *Pachyscyllium dachiardii* (Lawley, 1876) (Coll. TB) — 3. *Physogaleus contortus* (Gibbes, 1849) (Coll. SE) — 4. *Chaenogaleus affinis* (Probst, 1878) (Coll. TB) — 5. *Physogaleus hemmooriensis* Reinecke & Hoedemakers, 2006 (Coll. SE) — 6. *Physogaleus contortus* (Gibbes, 1849) (Coll. GC) — 7. *Carcharhinus priscus* (Agassiz, 1843) (Coll. SE) — 8. *Galeocерdo aduncus* Agassiz, 1843 (Coll. SE) — 9. *Carcharhinus* sp. (Coll. PDS) — 10. *Sphyrna integra* (Probst, 1878) (Coll. TB) — 11. *Sphyrna laevis* (Cope, 1867) (Coll. GC) — 12. *Isurolamna gracilis* (Le Hon, 1871) - verspoeld uit Oligoceen (Coll. JVB).

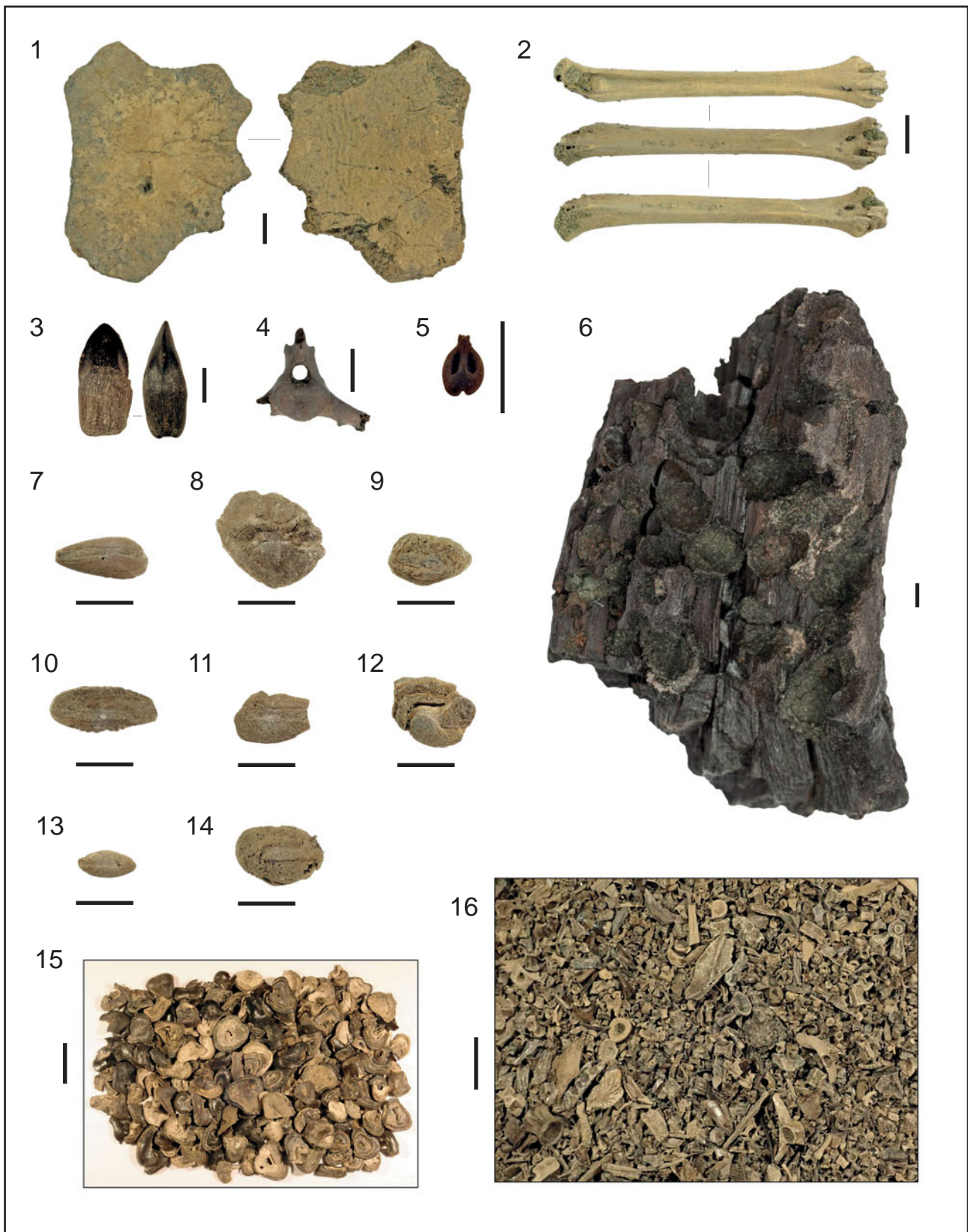


**Plaat 4 — Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont (laag 2)**

(MAATBALK / SCALEBAR: 5 MM)

1. *Aetobatus arcuatus* (Agassiz, 1843) (Coll. PDS) — 2. *Myliobatis* sp. (Coll. PDS) — 3. '*Raja*' *holsatica* Reinecke, Von der Hocht & Gürs, 2008 (Coll. SE) — 4. '*Dasyatis*' sp. (Coll. SE) — 5. *Dasyatis* sp. (Coll. PDS) - staartstekel — 6. '*Raja*' sp. (Coll. TB) — 7. Eurhinodelphinidae indet. (Coll. SE) — 8. Kentriodontidae, aff. *Delphinodon* (Coll. SE) — 9. *Orycterocetus* cf. *crocodilinus* Cope, 1868 (Coll. DR) — 10. Kentriodontidae - verspoelde bulla tympanica (Coll. JVB)





Plaat 5 – Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont (laag 2)

(MAATBALK / SCALEBAR: 5 MM)

1. Cheloniidae indet. (Coll. PDS) – 2. Procellariiformes - tarsometatarsus (Coll. GVDE) – 3. *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Coll. TB) – 4. Aves indet. - staartwervel (Coll. DR) – 5. *Vitis* sp. (Coll. TB) – 6. *Taxodioxydon* sp. met boorgaten (Coll. SE) – 7. *Colliolus sculptus* (Koken, 1891) (Coll. TB) – 8. *Dentex* sp. (Coll. TB) – 9. *Hoplobrotula* sp. (Coll. TB) – 10. *Merlangius* sp. (Coll. TB) – 11. *Coelorinchus* sp. (Coll. TB) – 12. *Umbrina* sp. (Coll. TB) – 13. *Trachinus* sp. (Coll. TB) – 14. *Gnathophis* sp. (Coll. TB) – 15. o.a. *Magnolia* sp. zaad fragmenten (Coll. TB) – 16. beervisresten (Coll. TB).



Plaat 6 — Zand van Kiel, *Cordiopsis* horizont (laag 2)

(MAATBALK / SCALEBAR: 5 MM)

1. *Glycymeris baldii* Glibert & Van der Poel, 1965 - schelpkern (Coll. SE) — 2. *Astraea belgica* Glibert, 1952 - operculum (Coll. TB) — 3. *Pterynotus* sp. - varix (Coll. TB) — 4. *Discinisca fallens* (Wood, 1872) (Coll. TB) — 5. Scolecodonten (Coll. TB) — 6. Parel (Coll. TB) — 7. cf. *Scaphella* sp. - protoconch Coll. TB) — 8. Echinoidea indet. - stekels (Coll. TB) — 9. Gastropoda - fosforietkernen (Coll. TB) — 10. Cirripedia indet. (Coll. TB) — 11. Benthische foraminifera (Coll. TB).