Geologische herkomst van twee zandstenen aan de voorgevel van Artis Aquarium te Amsterdam

TNO Vertrouwelijk › TNO 2023 R11449
24 juli 2023

Mobility & Built Environment
www.tno.nl

TNO 2023 R11449 – 24 juli 2023

Geologische herkomst van twee zandstenen aan de voorgevel van Artis Aquarium te Amsterdam

Auteurs	5.1, 2, e
Rubricering rapport	TNO Vertrouwelijk
Aantal pagina's	24 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	Artis
Projectnaam	Artis Aquarium
Projectnummer	060.57002/01.03.01

Alle rechten voorbehouden
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3
1 Inleiding 4
2 Achtergrond 5
3 Verkregen monsters 9
4 Petrografisch onderzoek 11
4.1 Onderzoeksmethode 11
4.2 Crème tot licht gele zandsteen 11
4.3 Grauw-grijze zandsteen 13
5 Conclusie 18
6 Literatuur 20
7 Ondertekening 21

Appendix A Cottaër zandsteen

Bijlage

Bijlage A: Cottaër zandsteen 22

1 Inleiding

Bij de restauratie van het Aquariumgebouw van Artis aan de Plantage Middenlaan te Amsterdam is de vraag gerezen naar de herkomst van twee licht gekleurde zandstenen aan de gevel langs de Plantage Middenlaan. Aan TNO is gevraagd te proberen de geologische herkomst te achterhalen door middel van petrografisch onderzoek. De resultaten van dit onderzoek worden gegeven in dit rapport.

Deze identificatie is gebaseerd op vergelijking van de resultaten van petrografisch onderzoek van de beide zandstenen met beeldmateriaal en petrografische beschrijving van zandstenen uit de literatuur waarvan bekend is dat ze in de 2^{e} helft van de 19^{e} eeuw in de architectuur zijn toegepast.

2 Achtergrond

Het Aquariumgebouw van Artis is gebouwd in 1879-1882 naar ontwerp van architect G.B. Salm en sinds 1974 een Rijksmonument.

Aan de gevel langs de Plantage Middenlaan (Fig. 1) bevinden zich drie soorten zandsteen (Fig. 2): een rode aan het bordes (Fig. 3), een crème tot licht gele voor de zuilen, lijsten en vensters (Fig. 4) en een grauw-grijze zandsteen met een onregelmatige tekening, soms met roestbruine nuances als bekleding van de vlakken (Fig. 5). Van de rode zandsteen is uit de literatuur bekend dat het hier om de rode, niet gevlamde variant van de Maulbronner zandsteen gaat (Ratiobouw 1956). De crème tot licht gele zandsteen lijkt macroscopisch sterk op Obernkirchener zandsteen.

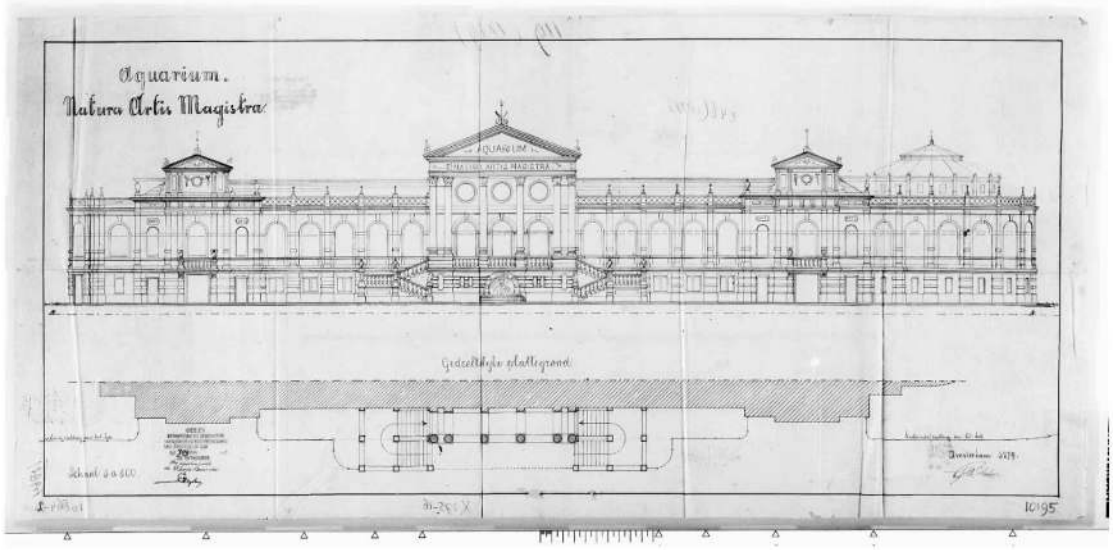

Fig. 1. Voorgevel van het Aquariumgebouw, bouwtekening uit 1879 (Stadsarchief Amsterdam, afbeeldingsbestand 5221BT910195).



Fig. 2. Artis Aquarium, overzicht centrale partij met verschillende zandstenen.

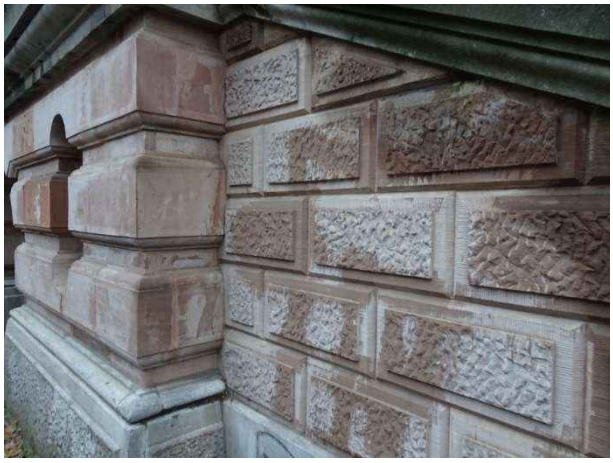

Fig. 3. Rode Maulbronner zandsteen aan het bordes.



Fig. 4. Crème tot licht gele zandsteen.



Fig. 5. Grauw-grijze zandsteen, regelmatig met roestbruine tekening.

3 Verkregen monsters

Door de heer 5.1.2.e, architect van de restauratie, is van elke licht gekleurde zandsteen een monster aangeleverd: een zwart verkleurd brokstuk van een lijst met de crème tot licht gele zandsteen (Fig. 6) en een boorkern rond 50 mm met de grauw-grijze zandsteen (Fig. 7); op deze laatste bevinden zich twee mortellagen.



Fig. 6. Monster crème tot licht gele zandsteen.



Fig. 7. Monster grauw-grijze zandsteen.

4 Petrografisch onderzoek

4.1 Onderzoeksmethode

Uit de aangeleverde monsters is een deelmonster genomen, waarvan een slijpplaatje is vervaardigd ten behoeve van petrografisch onderzoek. De slijpplaten zijn gecodeerd als TNO 02137 voor de crème tot licht gele zandsteen en TNO 020136 voor de grauw-grijze zandsteen.

4.2 Crème tot licht gele zandsteen

Macroscopisch gaat het om een licht gele, homogene, fijnkorrelige zuivere zandsteen zonder zichtbare porositeit, gelaagdheid of fossielen (Fig. 8). Microscopisch bestaat de steen vrijwel geheel uit matig afgeronde kwartskorrels met een enkele veldspaat. De zandsteen is goed gesorteerd (Fig. 9). De korrelgrootte is typisch 0,04 – 0,1 mm. Accessorisch komen opaak, blauw-groen tot licht bruin pleochroïtische toermalijn, rutiel, zirkoon en illiet / muscoviet voor. Op de korrelgrenzen en in de poriën bevinden zich kleimineralen (Fig. 10), voor een deel in de vorm van goed ontwikkelde 'boekjes' kaoliniet (Fig. 11). Zowel macroscopisch als microscopisch komt de crème tot licht gele zandsteen goed overeen met de in Nederland veel toegepaste Obernkirchener zandsteen.



Fig. 8. Stereomicroscopisch opname van het breukvlak van de crème tot licht gele zandsteen.

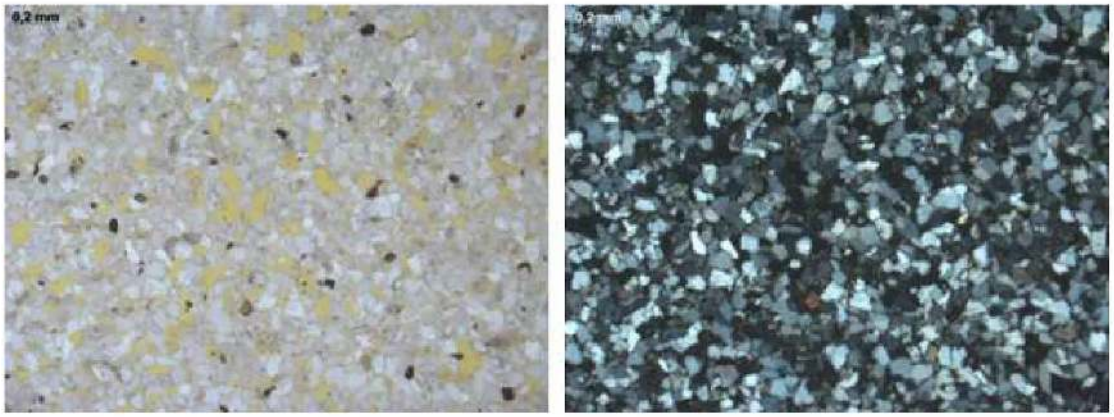

Fig. 9. Microfoto's met overzicht van de crème tot licht gele zandsteen (TNO 02137, links parallel, rechts kruislings gepolariseerd licht).

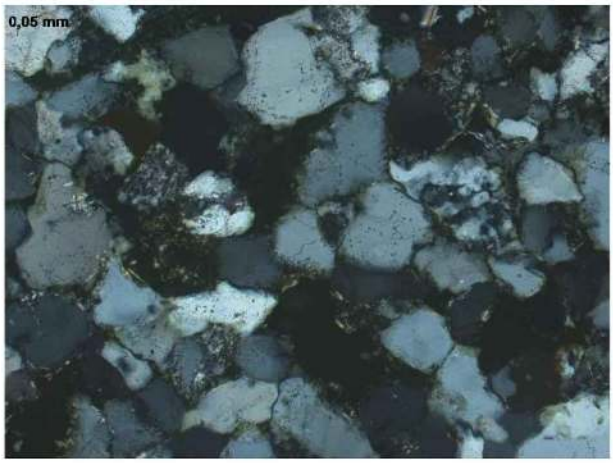

Fig. 10. Microfoto van kleimineralen op korrelgrenzen en in holtes in de crème tot licht gele zandsteen (TNO 02137, kruislings gepolariseerd licht), herkenbaar op de foto als kleine gele 'flintertjes'.

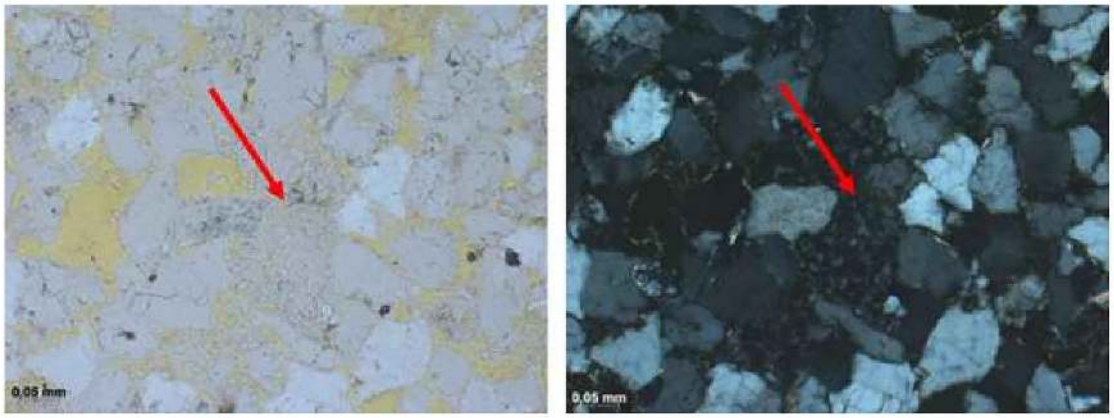

Fig. 11. Microfoto's met voorbeeld van porie in de crème tot licht gele zandsteen opgevuld met goed ontwikkeld 'boekjes' kaoliniet (TNO 02137, links parallel, rechts kruislings gepolariseerd licht).

4.3 Grauw-grijze zandsteen

Macroscopisch laat de grauw-grijze zandsteen een onregelmatige flaserachtige structuur zien (fig. 7, 12) met op de laagvlakjes wat organisch materiaal (Fig. 12). Dit geeft de steen in de doorsnede een wat marmerachtig uiterlijk. Soms is er ook sprake van kleine, langgerekte holtes langs deze laagvlakjes (Fig. 5, linksonder). Het is een zeer zuivere zandsteen (Fig. 13), waarin her en der een donkergroen mineraal aanwezig zijn, mogelijk glauconiet (Fig. 14). Rond de kwartskorrels bevindt zich soms een wit huidje, waarschijnlijk kleimineralen.

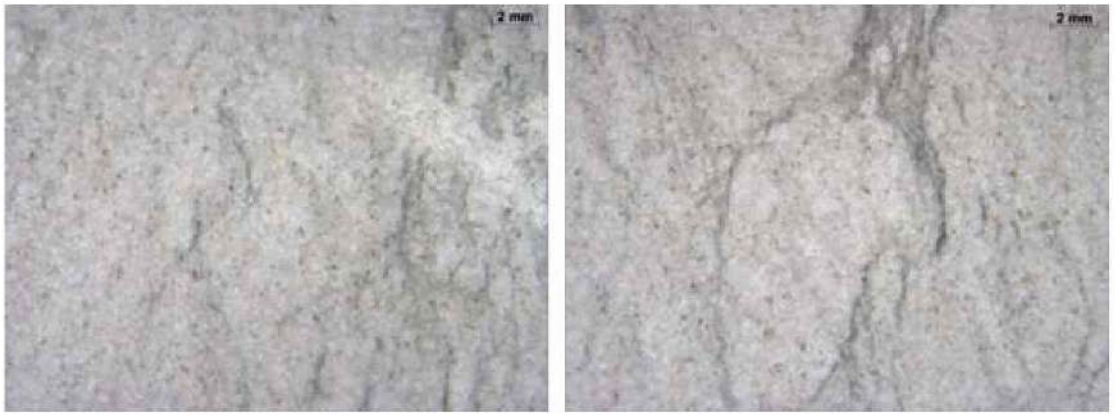

Fig. 12. Stereomicroscopische foto met beeld van de structuur van de grauw-grijze zandsteen (oppervlak kern).



Fig. 13. Stereomicroscopisch opname van het breukvlak van de grauw-grijze zandsteen.



Fig. 14. Stereomicroscopisch opname van het breukvlak van de grauw-grijze zandsteen met groene glauconietkorrels.

Microscopisch gaat om een zuivere zandsteen, grotendeels bestaande uit kwarts met wat sterk omgezette veldspaten (Fig. 15, 16). De zandsteen is slecht tot matig gesorteerd, met een korrelgrootte tussen 0,05 en 0,25 mm. De macroscopische flaserstructuur uit zich microscopisch in de vorm van discontinue, diffusie bandjes waarin de poriën deels opgevuld zijn met kleimineralen en wat opaak (waarschijnlijk organisch) materiaal (Fig. 17). Accessorisch komen zirkoon, opaak, toermalijn, rutiel, een enkele vervormde witte mica en met name glauconiet voor (Fig. 18, 19). Ook zijn er enkele kleine opgevulde graafgangen aanwezig (Fig. 20).

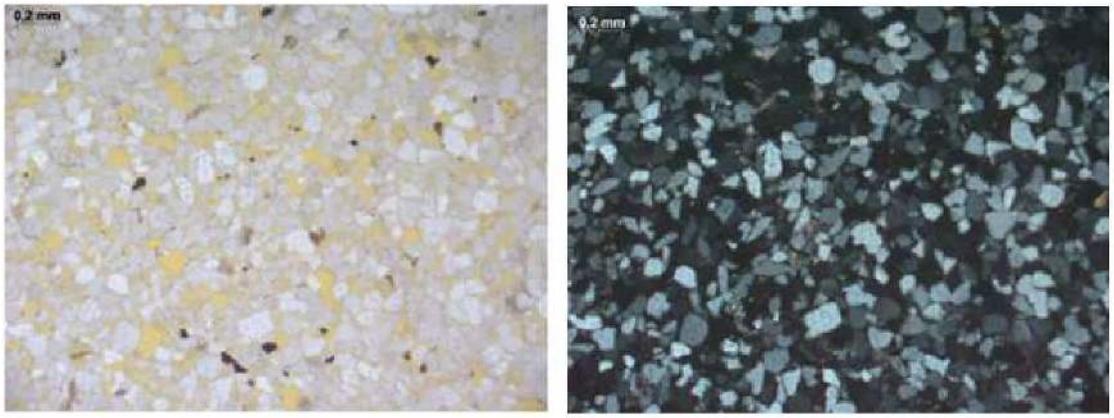

Fig. 15. Microfoto's met overzicht van de grauw-grijze zandsteen (TNO 02136, links parallel, rechts kruislings gepolariseerd licht).

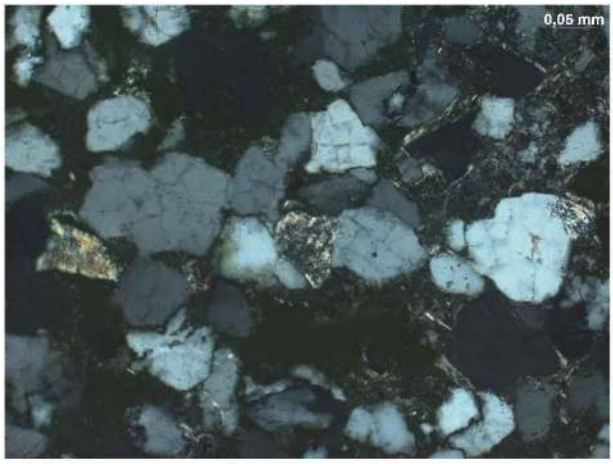

Fig. 16. Microfoto met voorbeeld van omgezette veldspaat (centrum foto) in de grauw-grijze zandsteen (TNO 02136, kruislings gepolariseerd licht).



Fig. 17. Compilatie van microfoto's met daarop een van de diffuse bandjes in de grauw-grijze zandsteen, bestaande uit een opvulling van de poriën door kleimineralen en wat opaak (waarschijnlijk organisch) materiaal (TNO 02136, parallel gepolariseerd licht).

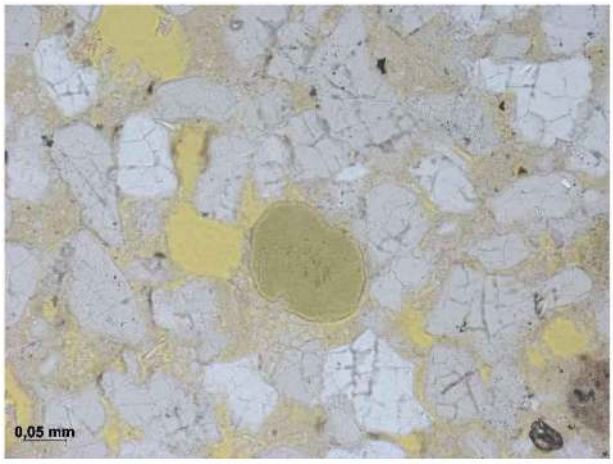

Fig. 18. Microfoto met voorbeeld van karakteristieke ronde groenige glauconietkorrel in de grauw-grijze zandsteen (TNO 02136, parallel gepolariseerd licht).

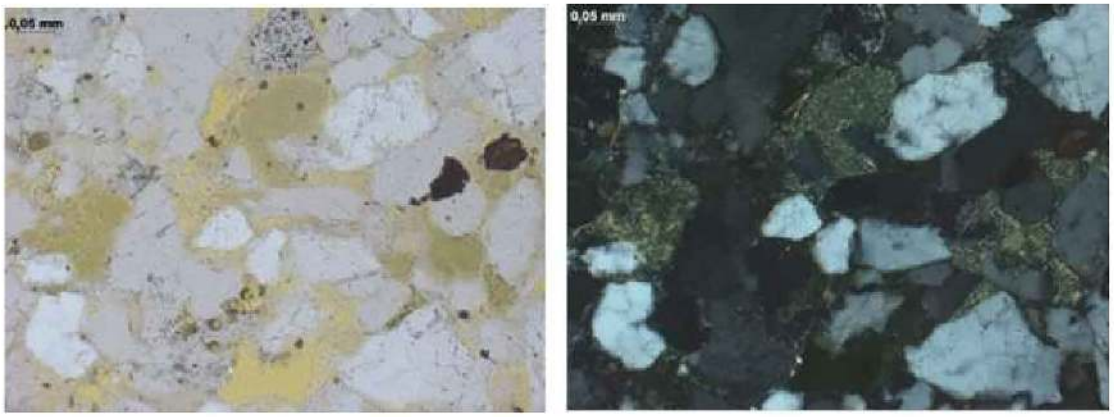

Fig. 19. Microfoto's met voorbeeld van groenig glauconiet als opvulling van holtes in de grauw-grijze zandsteen (TNO 02136, links parallel, rechts kruislings gepolariseerd licht).

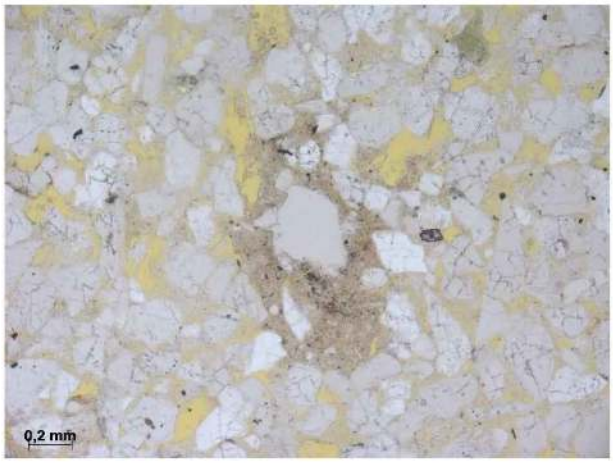

Fig. 20. Microfoto van kleine opgevulde graafgang (centrum foto; TNO 02136, parallel gepolariseerd licht).

De tekening van de grauw-grijze zandsteen vertoont zowel macroscopisch in het vlak als op de doorsnede van de kern sterke overeenkomst met die van Cottaër zandsteen uit Saksen en

is eveneens fijnkorrelig. Andere zandstenen uit het Elbsandsteingebergte (Reinhardtsdorfer en Postaër) zijn grover en geliger. De tekening doet ook wel denken aan die van Osning zandsteen (voorheen Teutoburger Wald zandsteen), maar deze steen is, hoewel grauwe banken voorkomen, in de regel oker tot roestkleurig, met veel bioturbaties, maar mist de flaserachtige structuur met organisch materiaal op de laagvlakjes die zowel de steen van Artis Aquarium als de Cottaër zandsteen wel hebben. Microscopisch komt de steen overeen met petrografische beschrijvingen van Cottaër zandsteen in de literatuur (zie Bijlage A).

5 Conclusie

De crème tot licht gele zandsteen is Obernkirchener zandsteen. Dit is een zandsteen afgezet in het Berriasien (Vroeg-Krijt, 145-139,4 miljoen jaar geleden), gewonnen op de Bückeberge ten westen van Hannover in Nedersaksen. Vanaf eind 14e eeuw is deze steen op grote schaal in Nederland toegepast, in het bijzonder in de 16e-17e eeuw en eind 19e-begin 20e eeuw. Voor nadere informatie wordt verwezen naar Slinger et al. (1980, p. 73-74), Nijland et al. (2007, p. 58-63), Nijland et al. (2009, p. 88-90) en Nijland et al. (2020). Deze steen wordt nog steeds ontgonnen.

De grauw-grijze zandsteen is Cottaër zandsteen uit Saksen. Het gaat om de variant die door de huidige exploitant, de Sächsische Sandsteinwerke te Prina, als *'gwg – grau / weiß / gelb, ohne Farbauswahl'* danwel *'gw – grau / weiß* aangeduid wordt (Sächsische Sandsteinwerke z.j.; fig. 21), afkomstig uit de groeve in Neundorf. Gelet dat de Cottaër zandsteen betrekkelijk onbekend is, wordt in Appendix A enige beknopte achtergrondinformatie over de steen gegeven.

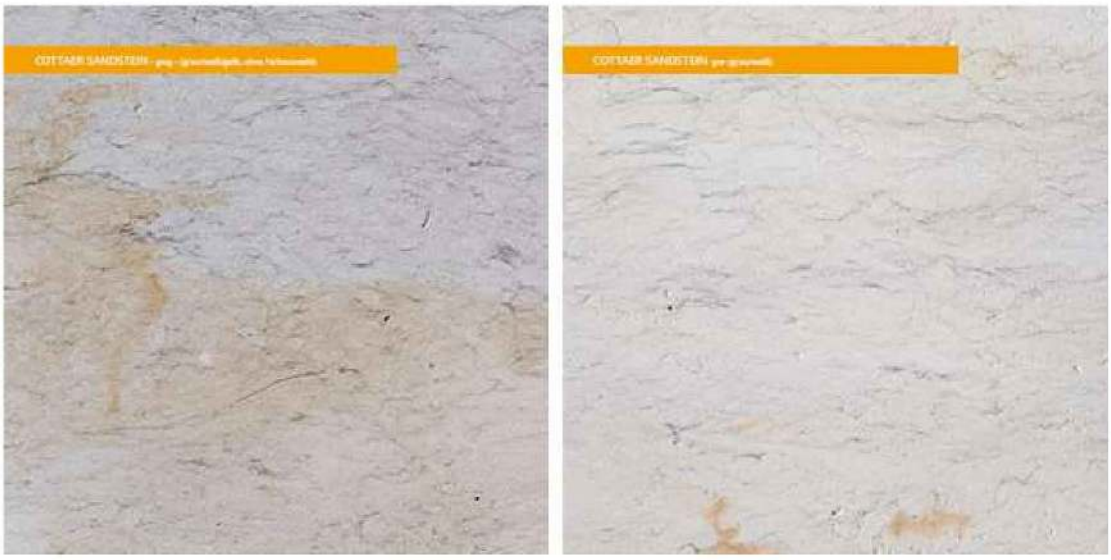

Fig. 21. Kleurvarianten *'gwg – grau / weiß / gelb, othne Farbauswahl'* en *'gw – grau / weiß* uit de brochure van de Sächsische Sandsteinwerke.

Aan het Aquariumgebouw is de steen overwegend grauw-grijs, maar Cottaër zandsteen kan een aanzienlijke variatie in kleur vertonen. Het lijkt waarschijnlijk dat voor de gevel bewust op kleur geselecteerd is. Het is daarom van belang dat vooraf duidelijke afspraken gemaakt worden over de te leveren kleurschakering en hoe met eventuele afwijkingen zal worden omgegaan. Het verdient aanbeveling de blokken zelf in de groeve te selecteren en merken.

De vraag dringt zich op of de toepassing aan het Aquariumgebouw oorspronkelijk door architect Salm beoogd was. In de 2e helft van de 19e eeuw zijn er regelmatig leverings-problemen met Obernkirchener zandsteen. Om deze reden is het gebouw van het Allard Piersonmuseum, waarvan de voorgevel door architect Froger geheel ontworpen was in

Obernkirchener, afgebouwd in Bentheimer zandsteen (Priester 2005). Wellicht is een dergelijke situatie ook bij de bouw van het Aquariumgebouw opgetreden.

6 Literatuur

Nijland, T.G., Dubelaar, W. & Dusar, M., 2020. Obernkirchener zandsteen in Nederland en Vlaanderen. Professional Papers of the Geological Survey of Belgium 318:19-32.

Nijland, T.G., Dubelaar, W. & Tolboom, H.J., 2007. De historische bouwstenen van Utrecht. In: Dubelaar, W., Nijland, T.G. & Tolboom, H.J., red., Utrecht in steen. Historische bouwstenen in de binnenstad. Matrijs, Utrecht, 31-109.

Nijland, T.G., Dubelaar, W., Tolboom, H.J. & Os, B. van, 2012. Veranderend aangezicht. In Tolboom, H.J., red., Onvermoede weelde. Natuursteengebruik in Rotterdam 1850-1965. Matrijs, Utrecht, 60-127.

Priester, S., 2005. De hoveling van Amsterdam. Ons Amsterdam, januari 2005, 17-18.

Ratiobouw, 1956. Documentatie Bouwwezen B2.2. Natuursteen – Ervaringen met de bouwkundige toepassingen aan de buitenlucht in Nederland. Stichting Bouwcentrum, Rotterdam.

Slinger, A., Janse, H. & Berends, G., 1980. Natuursteen in monumenten. Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist / Bosch & Keuning, Baarn.

7 Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Delft, 24 juli 2023

5.1, 2, e

Auteur

5.1, 2, e

Research manager
Building Materials & Structures

Bijlage A
Cottaër zandsteen

Cottaër zandsteen behoort tot de zogenaamde 'Elbsandsteine', een groep zandsteen uit het Elbsandsteingebergte in Saksen, in een strook lopend van Dresden naar de Tsjechische grens in het zuidoosten. Naast de Cottaër zandsteen omvat deze ook Reinhardtsdorfer zandsteen (een variant van de Cottaër die naar Postaër zandsteen neigt en tegenwoordig apart vermarkt wordt) en Postaër zandsteen omvat. Het zijn mariene zandstenen, afgezet in Turonien (Laat-Krijt, 93,9 – 89,8 miljoen jaar geleden). De Cottaër zandsteen behoort tot de Schmilka Formatie (Fig. A1).

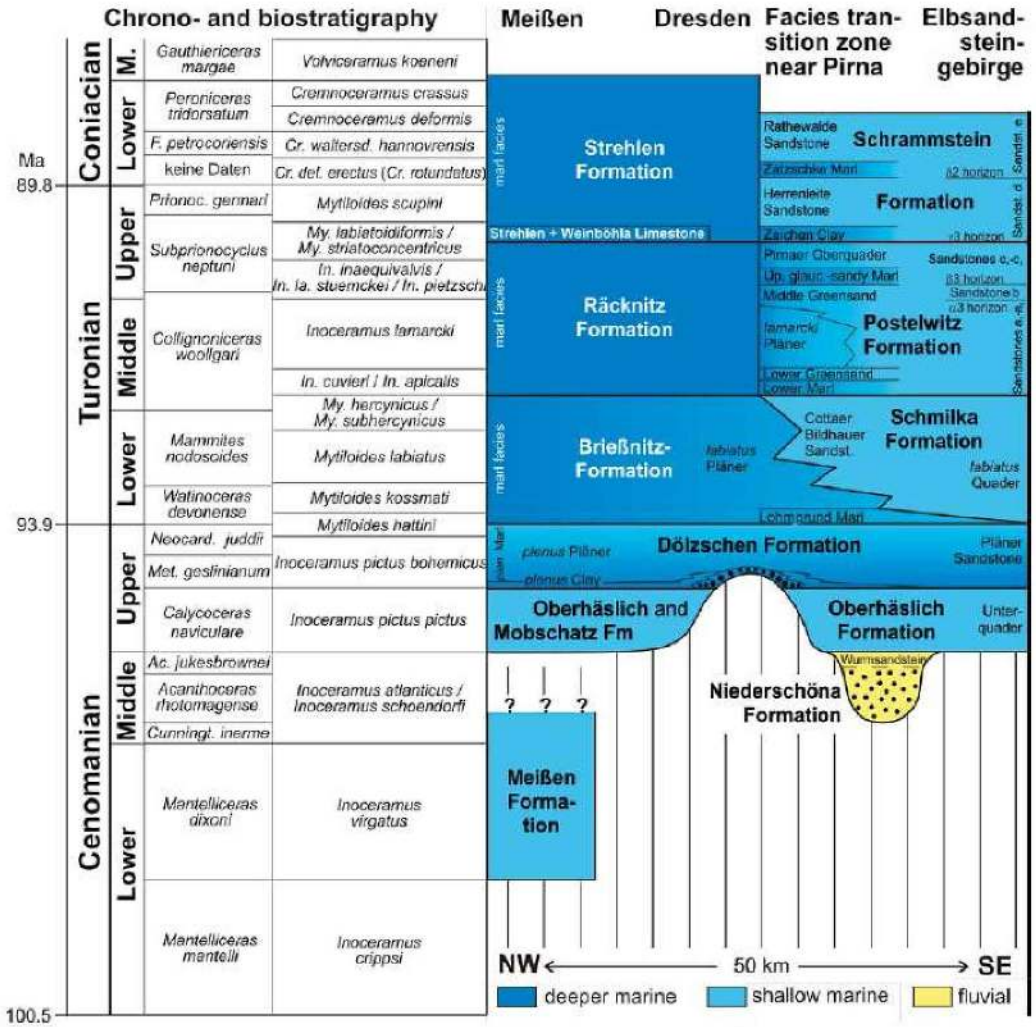

Fig. A1. Stratigrafie van het Boven-Krijt in Saksen met positie van de Cottaër zandsteen *(Uit: Wilmsen & Niebuhr 2014).*

De Cottaër is een zuivere, fijnkorrelig zandsteen met meer dan 90% kwarts. Daarnaast komen 5 tot 10 % veldspaten voor die sterk omgezet zijn. De klastische korrels zijn slecht tot goed afgerond. Accessorisch treden rutiel, anataas, zirkoon, toermalijn en glauconiet op. Het bindmiddel is overwegend kiezelig, maar in de poriën en op de korrelgrenzen komen de kleimineralen illiet en kaoliniet voor (Götze & Siedel 2007, Grünert 2007, Siedel et al. 2011). In tabel A1 wordt een overzicht gegeven van de fysisch-mechanische eigenschappen zoals vermeld in de literatuur. De steen geldt als vorstbestendig (Grünert 2007).

Tabel A1. Fysisch-mechanische eigenschappen Cottaër zandsteen. Bronnen 1 - Grünert (2007), 2- Grünert (2007), uit groeve Sächsische Sandsteinwerke, 3 – Sächsische Sandsteinwerke z.j., 4 – Siedel et al. (2011)

Bron		1	2	3	4
Dichtheid, zuiver	g cm^{-3}	2,66 ± 0,01			2,66 ± 0,01
Dichtheid, schijnbaar	g cm^{-3}	2,05 ± 0,06	2,13	2,04	2,17 ± 0,07
Porositeit	vol.%	22,8 ± 2,2	13,5	22,6	27,9 ± 2,8
Wateropname (atm. druk)	m/m%	8,9 ± 1,8		6,8	9,5 ± 2,1
Verzadigingsgraad		0,78 ± 0,07			
Druksterkte	MPa	20	42	55	32,4 ± 9,5
Buigtreksterkte	MPa	2,5	5,1	5,8	4,3 ± 1,0
Splijttreksterkte	MPa	1,5			
Uitbreeksterkte deuvels	N		420	> 1400	
Dynamische E-modulus	N mm^{-2}		12915		
Korrelgrootte (mediaan)	mm	0,12 ± 0,02			

Noot bij 1, 3, 4 - Alle sterktes loodrecht op laagvlak, droog; bij 3 – gemiddelde waardes.

Elbsandsteine zijn op grote schaal toegepast binnen en, met name vanaf de 18e eeuw, buiten de eigen regio gebruikt, ook voor beeldhouwwerk. De steen is regelmatig toegepast in Berlijn en steden die hun natuursteen (deels) over de Elbe betrokken zoals Hamburg (waaronder het raadhuis. Koch 1892), Lübeck, en ook Kopenhagen (Nørregaard 1911). De oudste toepassingen in Dresden gaan terug tot de 16e eeuw (Siedel et al. 2011). Het aantal bekende toepassingen in Nederland is daarentegen zeer beperkt, -wat niet uitsluit dat er meer toepassingen zijn-. In de jaren twintig is de Cottaër zandsteen (onder de naam Pirnaër) toegepast bij de restauratie van de Maria Magdalenakerk in Goes (Quist 2009). Volgens Ratiobouw (1956) is de steen toegepast aan het poortje van het J.W. Brouwerplein, nu Concertgebouwplein 19 in Amsterdam (1905).

In de periode van bouw van Artis Aquarium waren er vier firma's actief die als pachter of eigenaar groeves in de Cottaër zandsteen uitbaatten en hun steen afvoerden die het spoorwegstation van Rottwerndorf bij Pirna: Fröde & Piesch te Prina met groeve in Cotta, Fritz Klüge te Wendischfähre ook met groeve in Cotta, Vogel & Müller in Dresden met groeve in Groiscotta en C.G. Müller in Dresden met groeves in Klein-Cotta en Neundorf (Koch 1892). In de Cottaër zandsteen zijn thans nog vier groeves actief, uitgebaat door de Sächsische Sandsteinwerke in Pirna. De grauw-grijze variant is afkomst uit de groeve in Neundorf.

A.1 Literatuur

Götze, J. & Siedel, H., 2007. A complex investigation of building sandstones from Saxony (Germany). Materials Characterization 58:1082-1094.

Grünert, S., 2007. Der Elbsandstein: Vorkommen, Verwendung, Eigenschaften. Geologica Saxonica 52/53:3-22.

Koch, H., 1892. Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Ernst Toeche, Berlijn.

Nørregaard, E.M., 1911. Oversigt over naturlige bygningssten anvendte i København. Meddelser fra Dansk Geologisk Forening 3(4):549-598.

Quist, W., 2009. Natuursteenvervanging aan de Grote of Maria-Magdalenakerk te Goes. Bulletin KNOB 108:194-209.

Ratiobouw, 1956. Documentatie Bouwwezen B2.2. Natuursteen – Ervaringen met de bouwkundige toepassingen aan de buitenlucht in Nederland. Stichting Bouwcentrum, Rotterdam.

Säschsische Sandsteinwerke, z.j. Sandsteinarten (brochure).

Siedel, H., Götze, J., Kleeberg, K. & Palme, G., 2011. Bausandsteine in Sachsen. In: Ehling, A. & Siedel, H., red., Bausandsteine in Deutschland. Band 2. Sachsen-Anhalt, Sachsen und Schlesien (Polen). Schweizerbart'sche, Stuttgart, 161-270.

Wilmsen, M. & Niebuhr, B., 2014. Stratiegraphie und Ablagerungsbedingungen der Kreide in Sachsen (Elbtal-Gruppe, Cenomanium – Unterconiacium). Geologica Saxonica 60:347-369.

Mobility & Built Environment

Molengraaffsingel 8
2629 JD Delft
www.tno.nl

TNO innovation for life