

Palynologisch en daterend onderzoek aan een skelet uit de kapittelzaal van de O.L.V.-Basiliek te Tongeren



BIAXiaal

RAPPORTNUMMER

1284

DATUM

AUGUSTUS 2020

AUTEUR

F. VERBRUGGEN



Colofon

Titel:

BIAXiaal 1284

Palynologisch en daterend onderzoek aan een skelet uit de kapittelzaal van de
O.L.V.-Basiliek te Tongeren

Auteur: F. Verbruggen

Actor: Senior KNA specialist archeobotanie

Opdrachtgever: Stad Tongeren

Projectcode: ARO-2018-1

Gemeente: Tongeren

Plaats: Tongeren

Toponiem: O.L.V.-Basiliek

Centrumcoördinaten: 163.949 / 227.275 (Lambert 72)

ISSN: 1568-2285

©BIAX Consult, Zaandam, 2020

Correspondentieadres:

BIAX Consult

Symon Spiersweg 7 D2

1506 RZ Zaandam

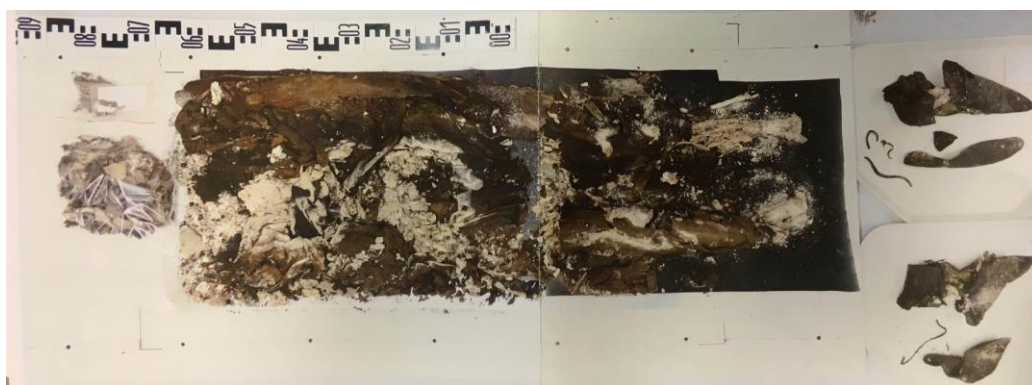
tel: 075 – 61 61 010

e-mail: verbruggen@biax.nl

www.biax.nl

1. Inleiding

Uit de kapittelzaal in de Onze-Lieve-Vrouwebasiliek te Tongeren (België) is een skelet met gewaad en schoenen geborgen (zie *figuur 1*). Restauratieatelier Restaura heeft bij het conserveren van dit skelet diverse monsters genomen voor natuurwetenschappelijk onderzoek. Zo zijn botfragmenten van beide voeten verzameld voor een absolute ouderdomsbepaling door middel van een ^{14}C -datering. Verder zijn drie stalen genomen voor palynologisch onderzoek: één van de grond binnen het graf, één van materiaal uit het rompgedeelte en materiaal ter hoogte van de hals. Bij palynologisch onderzoek worden microscopische resten onderzocht, zoals pollen, sporen en zogenaamde niet-pollen palynomorfen, zoals resten van schimmels en darmparasieten. Het palynologisch onderzoek kan mogelijk inzicht geven in de voedingsgewoonten van de overledene en in de rol van planten in het grafritueel. De resultaten van het palynologisch onderzoek zijn in dit rapport beschreven.



Figuur 1 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, foto-opname van het skelet (© Stad Tongeren).

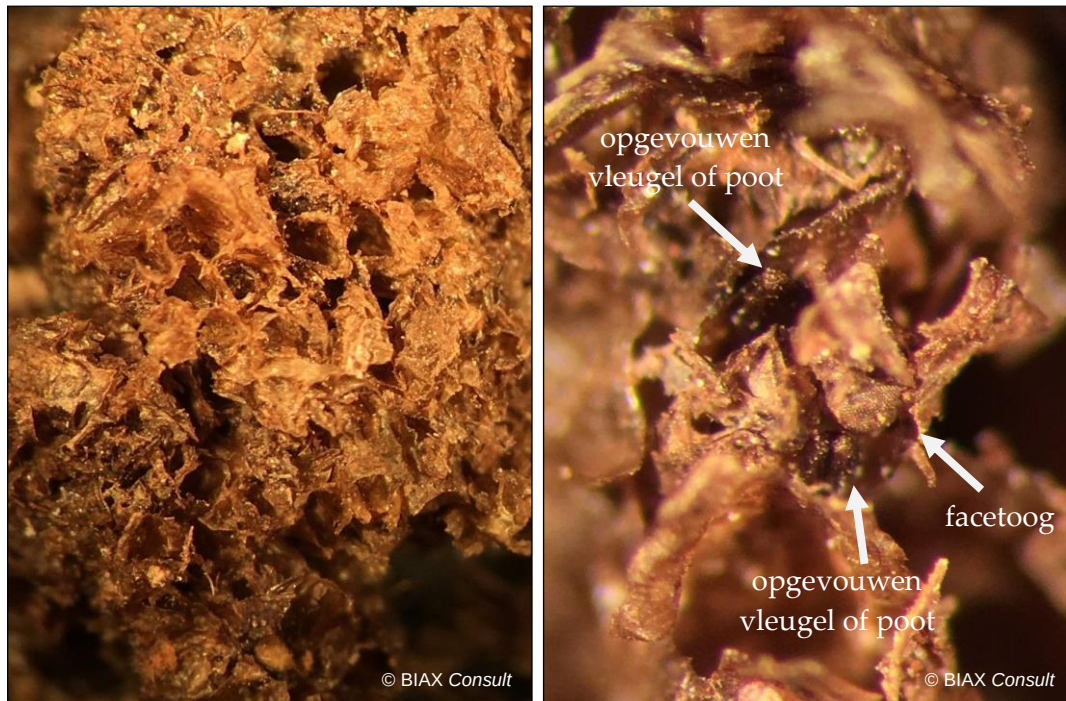
Bij eerder onderzoek is gekeken naar organisch materiaal dat zich op het lichaam bevond, rond de hals, tussen de handen bovenop de borst en in een rechte lijn van buik naar voeten.¹ De positionering doet vermoeden dat het hier ogenschijnlijk gaat om een bewuste depositie. Uit dit onderzoek is gebleken dat het materiaal een dierlijke oorsprong heeft.² Het betreffen namelijk raatchtige structuren die gemaakt zijn door insecten (zie *figuur 2*), getuige de vondst van insectenresten hierin en -aan (zie *figuur 3*). De vondst van raatstructuren op een skelet is hoogst zeldzaam en misschien zelfs wel uniek. De structuren zouden in relatie kunnen staan met bijenwas of honing, die mogelijk een rol hebben gespeeld bij het grafritueel, bijvoorbeeld als grafgift of ter conservering van het lichaam. Honing bevat vaak pollen van planten die door de bijen zijn bezocht.³

¹ Het staal dat ter hoogte van de hals is genomen bevat dit organische materiaal.

² Verbruggen 2019, 3-4.

³ Zie bijvoorbeeld Janssen 1974, 111-112.

Palynologisch onderzoek kan dan ook mogelijk meer inzicht geven in de herkomst van dit materiaal.



Figuur 2 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, op het skelet zijn raatachtige structuren aangetroffen (links) met daarin nog ten minste één insect (rechts) (© BIAX).



Figuur 3 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, tussen de raatstructuur bevinden zich de resten van een insect (© BIAX).

2. Materiaal en methode

2.1 DATEREND ONDERZOEK

Het botmateriaal is aangeleverd in een zakje met label 'bot, fragmenten, linker- en rechtervoet'. De botfragmenten zijn in eerste instantie onder een opvallend-lichtmicroscopie onderzocht. Hierbij viel een typische aanslag op het botmateriaal op. De botfragmenten zijn verdeeld in twee substalen: substaal a (botmateriaal met relatief weinig aanslag) en substaal b (botmateriaal met relatief veel aanslag). Beide stalen zijn ingestuurd naar het ^{14}C -laboratorium van Poznan, dat onder leiding staat van Prof. T. Goslar. Aldaar is de aanslag mechanisch verwijderd alvorens het collageen in de botten te extraheren voor de isotopenmeting in functie van de ^{14}C -datering. Beide substalen bleken nodig om voldoende koolstof in de collageenfractie te vergaren voor een AMS ^{14}C -datering. Aanvullend stabiele koolstof- en stikstofonderzoek aan het collageenextract is uitgevoerd aan de Universiteit van Frankfurt.

2.2 PALYNOLOGISCH ONDERZOEK

Het palynologisch materiaal is in drie losse zakjes aangeleverd met daarop de volgende labels: 'grond en hout uit graf', 'hout en divers uit rompgedeelte' en 'tanden, fragmenten ter hoogte van de hals'. Van elk staal is een substaal genomen voor palynologisch onderzoek. De administratieve gegevens van de pollenstalen is weergegeven in *tabel 1*.

De pollenstalen zijn opgewerkt tot pollenpreparaten volgens de standaardmethode van Erdtman.⁴ De bereiding is uitgevoerd onder leiding van M. Hagen van het Laboratorium voor Sedimentanalyse van de Vrije Universiteit in Amsterdam. De pollenpreparaten zijn in hun geheel onderzocht met behulp van een doorvallend-lichtmicroscopie met vergrotingen tot 1000 maal (eventueel met fasecontrast). Het pollen en de sporen zijn gedetermineerd door de auteur aan de hand van de pollencollectie van BIAx en met behulp van determinatieliteratuur.⁵ Niet-pollen palynomorfen (NPP's) zijn waar mogelijk gedetermineerd met behulp van standaard NPP-determinatiewerken.⁶

Tabel 1 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, administratieve gegevens van de palynologische stalen.

context	gewicht substaal (g)	labcode
grond en hout uit graf	6,5	BX9145
hout en divers uit rompgedeelte	4,7	BX9146
tanden en fragmenten t.h.v. hals (insecten)	0,5	BX9147

⁴ Erdtman 1960; Fægri *et al.* 1989; met modificaties van Konert 2002.

⁵ Beug 2004; Moore *et al.* 1991; Punt *et al.* 1976-2009.

⁶ Bijv. Van Geel 1976 en alle referenties in het verzamelwerk van Van Hove & Hendrikse 1998, met het zwaartepunt van de bijdragen daarin door Van Geel.

2.3 KWALITEITSBORGING EN ARCHIVERING

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de richtlijnen in de vigerende KNA, het protocol Specialistisch onderzoek (BRL 4006) en het interne kwaliteits-handboek van BIAx. Hiermee wordt tevens voldaan aan de Code van Goede Praktijk.

De staalresiduen zijn na analyse geretourneerd aan de Stad Tongeren. De pollenpreparaten zijn in verband met kwetsbaarheid opgeslagen in het archief van BIAx. De onderzoeksgegevens zijn na twee jaar beschikbaar via www.biax.nl.

3. Resultaten en interpretatie

3.1 DATEREND EN ISOTOPENONDERZOEK

De resultaten van het daterend onderzoek zijn samengevat in *tabel 2*.

Tabel 2 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, resultaten van het daterend onderzoek.
Verklaring: C = koolstof, N = stikstof, * = gekalibreerd met behulp van OxCal 4.3.2 met behulp van de IntCal13 kalibratiecurve.

gedateerd materiaal	labcode	datering (¹⁴ C-jaar BP)	ouderdom (jaar n.Chr.)*	% C vóór extractie	% N vóór extractie	extractie- ratio	C/N-ratio collageen- extract
botfragmenten voeten	Poz- 121783	910±30	1033-1190 (94%) 1198-1204 (1,4%)	14,7	2,2	3,9	3,18

Uit het daterend onderzoek is gebleken dat de botfragmenten, afkomstig van beide voeten, met 94% zekerheid dateert in de periode 1033-1190 na Chr. Er is een kans van 1,4% dat de botten enkele jaren jonger zijn (periode 1198-1204 na Chr.). Deze datering lijkt relatief oud, aangezien de morfologie van het schoeisel van de overledene lijkt te wijzen op een ouderdom in de late vijftiende eeuw.⁷

Nu rijst de vraag of er een verklaring bestaat voor deze discrepantie, ervan uitgaande dat er geen sprake is van een herbegraving, waarbij schoeisel van latere ouderdom is gegeven. Daarvoor moeten we een aantal zaken nagaan. We moeten bepalen of er sprake is van vervuiling (contaminatie) met ouder koolstof, of de datering betrouwbaar is (i.e. er voldoende goed collageen is geëxtraheerd), of dat er iets anders speelt waardoor de datering relatief oud uitvalt.⁸

De aanslag op de botten lijkt op het eerste oog de meest voor de hand liggende verklaring voor contaminatie. Hoewel een relatief hoge koolstof/stikstof-ratio (C/N-ratio) in het onbewerkte botmateriaal (dus met de aanslag) erop duidt dat de aanslag koolstof bevat, is het echter zeer onwaarschijnlijk dat er koolstof uit de

⁷ Persoonlijke mededeling D. Pauwels (per e-mail, 9 april 2020).

⁸ Contaminatie door schimmels en andere microben ligt niet voor de hand: die zouden juist een jongere datering opleveren aangezien ze zich *post-mortem* zouden hebben gevestigd.

aanslag in het collageenextract terecht is komen.⁹ Een atomische C/N-ratio van het collageenextract van 3,18, in combinatie met een hoge extractieratio van 3,9% geeft aan dat de kwaliteit van het collageen zeer goed was.¹⁰ Dit duidt erop dat de aanslag, die zeker niet uit collageen bestond, geen invloed zal hebben gehad op de uitkomst van de datering. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de aanslag geen rol heeft gespeeld en er voldoende goed collageen is geëxtraheerd voor een betrouwbare datering.

Uiteraard is het mogelijk dat de contaminatie niet uit de aanslag kwam, maar uit iets anders dat onder de microscoop niet zichtbaar was. Echter, als de persoon in het graf inderdaad aan het einde van de vijftiende eeuw leefde, dan zou de uitkomst van de datering rond 550 ¹⁴C-jaar BP moeten liggen, dat wil zeggen, 350 ¹⁴C-jaren jonger dan wat thans is gemeten. Dat zou betekenen dat ten minste 4,5% van het extract gecontamineerd (vervuild) zou moeten zijn met ouder materiaal.¹¹ Als we uitgaan van een aandeel aan vervuiling van 5% dan zou een C/N-ratio van het collageenextract verwacht worden van ongeveer 3,35. Dit is veel hoger dan de daadwerkelijk gemeten waarde van 3,18.¹² Kortom: het is erg onwaarschijnlijk dat het bot gecontamineerd was.

Er resten dus nog twee opties: ofwel heeft het individu in de elfde/twaalfde eeuw geleefd, ofwel hebben de eetgewoonten (het 'dieet') van het individu een rol gespeeld in zijn of haar 'koolstofsignatuur'. De enige manier om ouder koolstof in te bouwen in het skelet is door het eten van eten met relatief oud koolstof. Voedsel dat uit de zee of uit rivieren afkomstig is, kan relatief oud koolstof bevatten als gevolg van het zogenaamde 'reservoir-effect'.¹³ Om te kijken of dit een rol heeft gespeeld in de uitkomst van de ¹⁴C-datering van het botmateriaal van de voeten van de persoon in het graf, is aanvullend stabiele koolstof- en stikstofisotopenonderzoek (respectievelijk een $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -analyse) uitgevoerd aan het collageenextract. Koolstof en stikstof worden immers door consumptie van vlees, vis en plantaardig voedsel in het lichaam (bot en tandglazuur) opgenomen. De $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van het collageenextract zijn een weerspiegeling van het geconsumeerde voedsel, met daarbovenop een fractionering die het gevolg is van de fysiologische weg door het menselijke lichaam. In andere woorden: je bent wat je eet. Tijdens fysische, chemische en vooral biologische processen vindt er een voorkeur plaats voor bijvoorbeeld het lichtere isotoop ¹²C ten opzichte van het zwaardere ¹³C, waardoor tijdens het verteren van het voedsel de ratio ¹³C/¹²C van het geconsumeerde voedsel geleidelijk verandert. Deze fractionering resulteert in specifieke isotopenratio's die o.a. enerzijds afhankelijk zijn van het type ecosysteem (mariene vs.

⁹ Het onbewerkte botmateriaal bestond voor 14,7% uit koolstof en voor 2,2% uit stikstof.

¹⁰ Een C/N-ratio tussen 2.9 en 3.5 geeft een goede kwaliteit van het collageen aan; persoonlijke mededeling T. Goslar (per e-mail, 22 april 2020), zie ook DeNiro 1985.

¹¹ Het percentage van 4,5% geldt voor zeer oud materiaal dat nauwelijks ¹⁴C bevat (Pleistoceen of ouder). Indien de contaminatie niet zeer oud zou zijn, dan zou het aandeel contaminatie in het collageenextract vele malen hoger moeten zijn.

¹² Persoonlijke mededeling T. Goslar (per e-mail, 22 april 2020).

¹³ Zie bijvoorbeeld Philippsen 2013; Alves *et al.* 2018.

terrestrische voedselbronnen) en anderzijds de positie in de voedselketen (het trofisch niveau).¹⁴

Aan de hand van stikstofisotopenonderzoek kan het relatieve belang van plantaardige en dierlijke producten in het voedselpatroon worden aangetoond. De verhouding tussen het zware ^{15}N en het lichte ^{14}N isotoop, en daarmee de variatie in $\delta^{15}\text{N}$, wordt in gematigde terrestrische ecosystemen vooral veroorzaakt door de plek van het individu in de voedselketen. Binnen een terrestrisch ecosysteem staan bijvoorbeeld de planten (primaire producenten) onderaan de voedselketen, gevolgd door de planteneters (herbivoren) en vervolgens de vleeseters (carnivoren). Bij zoogdieren is het bekend dat er een aanrijking in $\delta^{15}\text{N}$ van 3‰ tot 5‰ per hoger trofisch niveau plaatsvindt. Aangenomen wordt, dat dit voor mensen vergelijkbaar is, hoewel de exacte waarde hiervoor niet bekend is. Aan de hand van stikstofisotopenonderzoek kan het relatieve belang van plantaardige en dierlijke producten in het voedselpatroon worden aangetoond. Dit belang is echter niet of slecht te kwantificeren. Er zijn namelijk geen isotopische verschillen tussen vegetariërs en vleeseters waarneembaar. Dit komt omdat vegetariërs meestal wel dierlijke eiwitten in de vorm van melk(producten) en eieren consumeren. Daarom zijn duidelijke isotopische verschillen wel waarneembaar tussen vegetariërs en vleeseters enerzijds en veganisten anderzijds, die zich volledig onthouden van dierlijke eiwitten. Mariene organismen die aan de basis van de voedselketen staan, hebben meestal hogere $\delta^{15}\text{N}$ -waarden dan terrestrische organismen. Als gevolg hiervan hebben vissen en zeezoogdieren ook een hogere $\delta^{15}\text{N}$ dan terrestrische dieren. Naast de plek van een individu binnen de voedselketen hebben ook bemesting van het land en de zilte gronden in het kustgebied invloed op de $\delta^{15}\text{N}$ -waarde: beide parameters verhogen de $\delta^{15}\text{N}$ -waarde, waardoor runderen bijvoorbeeld dezelfde $\delta^{15}\text{N}$ -waarde kunnen hebben als omni- of carnivoren en de $\delta^{15}\text{N}$ waarde dus ten onrechte verkeerd geïnterpreteerd kan worden (zie *figuur 4*).

Het onderzoek aan stikstofisotopen wordt gecomplementeerd door het onderzoek aan koolstofisotopen. De grootste variaties in $\delta^{13}\text{C}$ zijn een direct gevolg van de twee hoofdtypen koolstofassimilatie (fotosynthese) die in de natuur plaatsvinden. Er is onderscheid te maken tussen de zogenaamde C_3 - en C_4 -planten. In Noordwest-Europa zijn van nature bijna alleen C_3 -planten aanwezig.¹⁵ De koolstofisotopen worden voornamelijk ingezet om een onderscheid te kunnen maken tussen voedselpatronen die voornamelijk op terrestrische planten en dieren en mariene (water) planten en dieren zijn gebaseerd (zie *figuur 4*). De resultaten van het koolstof- en stikstofisotopenonderzoek zijn weergegeven in *tabel 3*. Zowel de $\delta^{13}\text{C}$ - als $\delta^{15}\text{N}$ -waarden vallen binnen de range van wat 'normaal' is, althans in Nederland, maar zijn daarbinnen wel beide aan de hoge kant.¹⁶ Op basis van de gegeneraliseerde data zoals gepresenteerd in *figuur 4* zijn de waarden passend bij

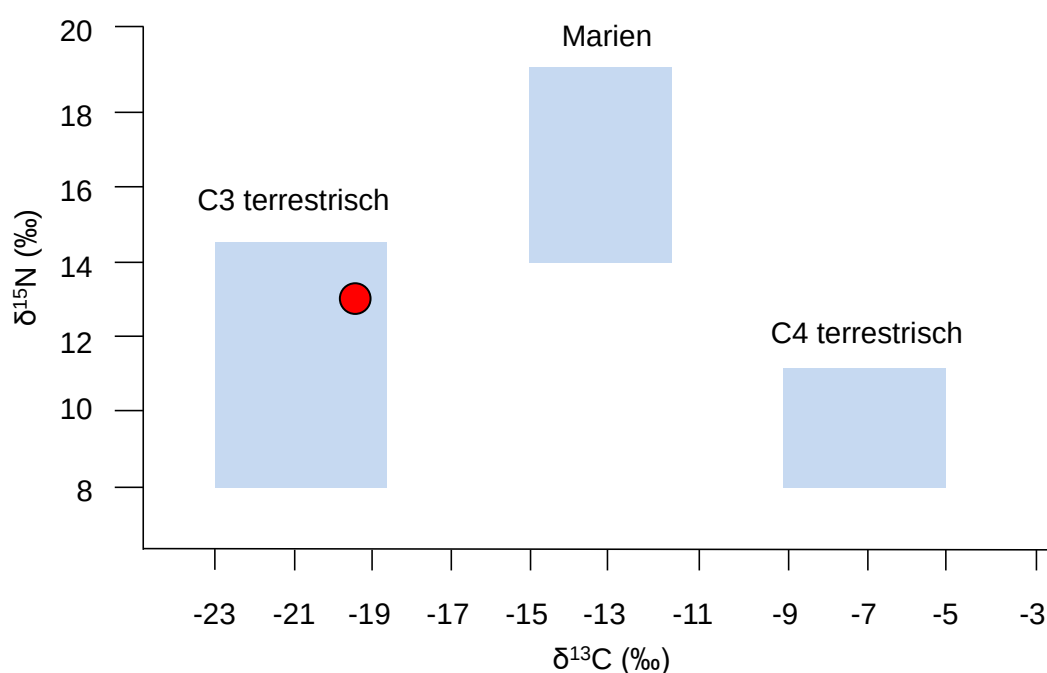
¹⁴ Deze en onderstaande tekst is grotendeels overgenomen van L. Kootker (in Verbruggen *et al.* 2017) en is met toestemming overgenomen en aangepast.

¹⁵ C_4 -planten zijn tot nu toe alleen bekend uit tropische gebieden; een uitzondering daarop is gierst.

¹⁶ Persoonlijke mededeling L. Kootker (per e-mail, 6 juli 2020).

een individu dat voornamelijk een terrestrisch (C3) dieet gehad waarbij zeevis tevens een component was. Indien zoetwatervis een groot aandeel had in de voeding van het individu, zouden meer negatieve $\delta^{13}\text{C}$ -waarden verwacht worden. Aangezien vis over het algemeen een oud koolstofsignaal draagt, is het goed mogelijk dat de ^{14}C -datering een enigszins vertekend, te oud beeld schetst van de ouderdom van het individu in de kapittelzaal. Echter, het reservoir-effect van zeevis is hooguit 400 jaar.

Samenvattend: de exacte ouderdom van het laat-middeleeuwse individu is niet exact vast te stellen, waarbij wel gesteld kan worden dat deze persoon ten vroegste in de elfde/twaalfde eeuw leefde.



Figuur 4 Grafisch overzicht van de verschillende diëten die op basis van de koolstof- en stikstofisotopen van elkaar onderscheiden kunnen worden. Hoe hoger een individu of dier in het blauwe vlak plot, hoe hoger het aandeel dierlijke proteïnen in het dieet is geweest (© L.M. Kootker, VU). De rode stip geeft de waarden van het individu uit de kapittelzaal van de O.L.V.-Basiliek te Tongeren weer.

Tabel 3 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, resultaten van het stikstof (N)- en koolstof (C)-isotopenonderzoek van het collageenextract.

gedateerd materiaal	labcode	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N-ratio collageenextract
botfragmenten voeten	Poz-121783	13,1‰	-19,3‰	3,18

3.2 PALYNOLOGISCH ONDERZOEK

De resultaten van het palynologisch onderzoek zijn weergegeven in *bijlage 1*. De drie stalen zijn zeer rijk aan schimmelresten (met name ascosporen, maar ook mycelium en vruchtlichamen). Deze zijn goed geconserveerd, wat erop zou kunnen duiden dat ook pollen en sporen bewaard kunnen zijn. Echter, geen van de stalen is rijk aan pollen. Het staal uit het graf bevat in totaal vier korrels: twee aan het granen-type (soort is niet vast te stellen), één van een gras (*figuur 5a*) en één van smalle weegbree (*figuur 5b*). Het staal dat ter hoogte van de romp is genomen bevat zes stuifmeelkorrels: twee van rogge (*figuur 5c*), één van het tarwe-type, één van els, één van berk en één van struikhei. In het staal dat ter hoogte van de hals is genomen en dat de raatachtige structuur bevat, is geen pollen waargenomen. Het pollen van de granen is naar alle waarschijnlijkheid afkomstig van voedsel, bereid met tarwe en rogge, dat de overledene kort voor overlijden heeft genuttigd. Beide granen zijn zeer gangbaar voor de late middeleeuwen en zullen het hoofdbestanddeel van brood zijn geweest.

Microscopische resten van insecten (*figuur 5e*) zijn zeer sporadisch aanwezig in de stalen uit het graf en ter hoogte van de romp.

Ascosporen van diverse schimmels domineren de stalen (*figuur 5d, f, g, h*). Deze schimmels zullen zich hebben gevoed met organisch materiaal van het lijk, het hout van de kist en de kleding van de overledene. Ook zijn in de stalen van het graf en ter hoogte van de romp ascosporen van het mestvaasje-type (T.55A) aangetroffen. Deze schimmels worden vaak in verband gebracht met de aanwezigheid van mest, maar komen ook voor op rottend organisch materiaal.

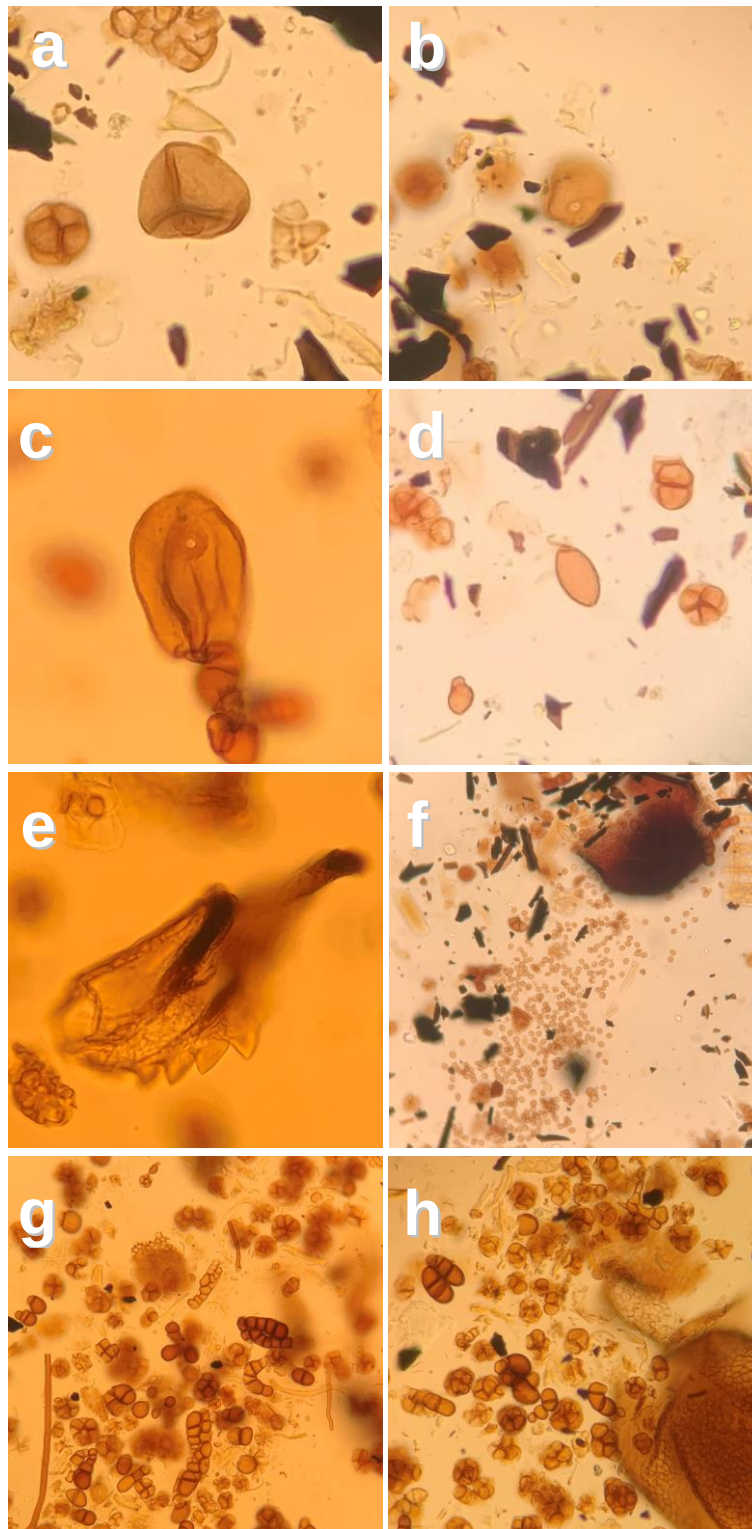
4. Conclusies

Uit een graf dat is aangetroffen in de kapittelzaal van de O.L.V.-Basiliek te Tongeren zijn diverse stalen genomen ten behoeve van daterend en palynologisch onderzoek. Collageen uit botresten van de voeten van dit individu laat zien dat deze persoon in de late middeleeuwen leefde. De discrepantie tussen de ouderdom op basis van de ¹⁴C-datering (elfde/twaalfde eeuw) en de typologie van het schoeisel (laat-vijftiende eeuw) is mogelijk te verklaren door de consumptie van (zee)vis door het individu.

De palynologische stalen, afkomstig van de grond binnen het graf en de romp- en de halsstreek, bevatten slechts sporadisch pollen. Waarschijnlijk heeft de persoon vlak voor zijn of haar dood een graanproduct gegeten, waarin tarwe en rogge waren verwerkt. Wat opvalt aan de stalen is de enorme hoeveelheid resten van schimmels, die zich hebben gevoed met het lichaam en ander organisch materiaal, zoals het hout van de kist en de kledij van de overledene.

Het palynologisch onderzoek leverde geen nieuwe informatie over de raatachtige structuur die op het lichaam is gevonden. Hoe de raatstructuur op het lichaam terecht kon komen, blijft vooralsnog gissen. De positionering op het lichaam kan wijzen op intentionele depositie, maar een natuurlijke oorzaak kan niet worden uitgesloten. Dat zou wel impliceren dat er een opening moet zijn

geweest in de grafkist die groot genoeg was voor insecten om in en uit te vliegen. Wellicht kan een entomoloog hier meer informatie over verschaffen.



Figuur 5 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, a = pollen van gras (27 µm), b = pollen van smalle weegbree (27 µm), c = pollen van rogge (46 µm), d = ascospore van het mestvaasje-type A (T.55A; 45 µm), e = insectenrest (117 µm), f = vruchtlichaam met kleine ascosporen van onbekende schimmel (vruchtlichaam: 125 µm hoog), g en h = ascosporen van diverse schimmels (© BIAx).

5. Literatuur

- Alves, E.Q., K. Macario, P. Ascough, & C. Bronk Ramsey 2018: The worldwide marine radiocarbon reservoir effect: Definitions, mechanisms, and prospects, *Reviews of Geophysics* 56, 278-305.
- Beug, H.-J., 2004: *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, München.
- DeNiro, M.J., 1985: Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction, *Nature* 317, 806-809.
- Erdtman, G., 1960: The Acetolysis Method, *Svensk Botanisk Tidskrift* 54, 561-564.
- Fægri, K., P.E. Kaland & K. Krzywinski 1989: *Textbook of Pollen Analysis*, Chichester (4^e editie.).
- Geel, B. van, 1976: *A Palaeoecological Study of Holocene Peat Bog Sections, based on the Analysis of Pollen, Spores and Macro- and Microscopic Remains of Fungi, Algae, Cormophytes and Animals*, Amsterdam (Proefschrift Universiteit van Amsterdam).
- Hoeve, M.L. van, & M. Hendrikse, 1998: *A Study of Non-Pollen Objects in Pollen Slides*, Utrecht (ongepubliceerd).
- Janssen, C.R., 1974: *Verkenningen in de palynologie*, Utrecht.
- Konert, M., 2002: *Pollen Preparation Method*, Amsterdam (Intern Rapport Vrije Universiteit).
- Moore, P.D., J.A. Webb & M.E. Collinson 1991: *Pollen Analysis*, Oxford.
- Philippsen, B., 2013: The freshwater reservoir effect in radiocarbon dating, *Heritage Science* 2013, 1-24.
- Punt, W. et al., (red.) 1976-2009: *The Northwest European Pollen Flora I t/m IX*, Amsterdam.
- Verbruggen, F., 2019: *Van bloemetjes naar bijtjes: onderzoek naar monsters van een skelet uit de O.L.V.-Basiliek te Tongeren (B)*, Zaandam (BIAX-notitie 411).
- Verbruggen, F., S. Lange, L. Kootker, J. Zeiler & M. van der Linden 2017: *Van een hut in de put naar de hond in de pot: archeobotanisch en archeozoölogisch onderzoek aan de wierde Mollenest (Medenerweg 11) te Den Ham, Zaandam* (BIAXiaal 974).

Bijlage 1 Tongeren-O.L.V.-Basiliek, resultaten palynologisch onderzoek. De codering die achter het pollentype vermeld staat, geeft aan welke determinatieliteratuur is gebruikt voor de naamgeving (B = Beug, 2004; P = Punt *et al.*, 1976-2009). Verklaring: . = afwezig, + = zeldzaam, ++ aanwezig, +++ = talrijk, ++++ = zeer talrijk, +++++ = dominant.

staal	grond graf	romp	hals	
gewicht (g)	6,5	4,7	0,5	
labcode	9145	9146	9147	
Nederlandse naam				Wetenschappelijke naam
Granen				
Granen-type	2	.	.	Cerealia-type
Rogge	.	2	.	Secale cereale (B)
Tarwe-type	.	1	.	Triticum-type (B)
Bomen				
Berk	.	1	.	Betula (B)
Els	.	1	.	Alnus (B)
Planten van graslanden				
Smalle weegbree-type	.	1	.	Plantago lanceolata-type (P)
Grassenfamilie	.	1	.	Poaceae
Planten van heidemilieus				
Struikhei	.	1	.	Calluna vulgaris (B)
Microfossielen (overig)				
Schimmel, ascospore	++++	+++++	+++	
Schimmel, vruchtlichaam	+	+	+	
Type 729	++	.	.	
Mestvaasje-type (T.55A)	+++	++	.	Sordaria-type
Insect, fragment exoskelet	+	+	.	Insecta