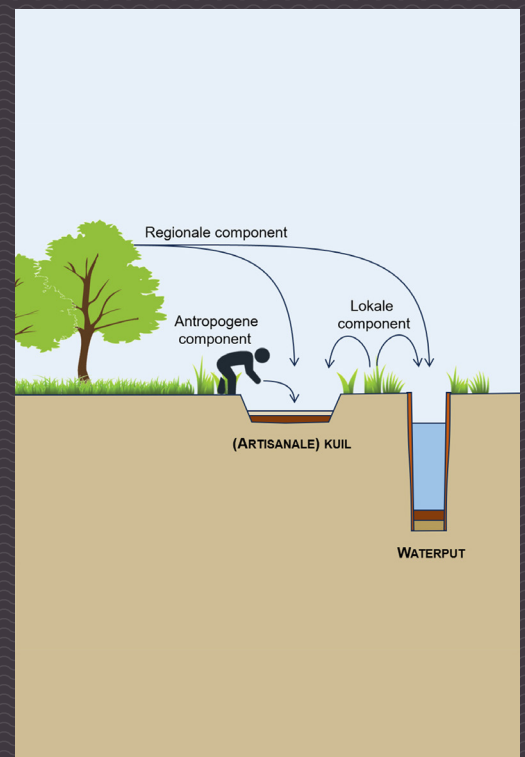


SYNTAR

Synthese-onderzoek op
archeologisch materiaal
uit Vlaanderen.

Agentschap
Onroerend
Erfgoed



SYNTAR 26

Synthese-onderzoek op
archeologisch materiaal
uit Vlaanderen.

Kuilen vol wol?

Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250). Inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak

Johan Hoorne, Yannick Devos, Annelies Storme,
Lisa Malfliet, Luc Allemeersch, Adelheid De Logi en Pieter Laloo

COLOFON

TITEL

Kuilen vol wol?

Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250). Inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak

REEKS

SYNTAR nr. 26

AUTEURS

Johan Hoorne, Yannick Devos, Annelies Storme, Lisa Malfliet, Luc Allemeersch, Adelheid De Logi en Pieter Laloo

JAAR VAN UITGAVE

2024

Een uitgave van agentschap Onroerend Erfgoed
Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Overheid, Beleidsdomein Omgeving
Published by the Flanders Heritage Agency
Scientific Institution of the Flemish Government, policy area Environment

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Peter De Wilde

OMSLAGILLUSTRATIE

Copyright De Logi & Hoorne bv

agentschap Onroerend Erfgoed
Koning Albert II-laan 15 bus 236
1210 Brussel
T +32 2 553 16 50
info@onroenderfgoed.be
www.onroenderfgoed.be

Dit werk is beschikbaar onder de Modellicentie Gratis Hergebruik v1.0.
This work is licensed under the Free Open Data Licence v.1.0.

Dit werk is beschikbaar onder een Creative Commons Naamsvermelding 4.0
Internationaal-licentie. Bezoek <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> om een
kopie te zien van de licentie.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

<https://doi.org/10.55465/ECYZ3527>
ISSN 2736-6057
ISBN 978-9-0752-3080-2
D/2024/3241/419

Kuilen vol wol?

**Op zoek naar een functionele interpretatie voor de
artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle
middeleeuwen (900-1250). Inventarisatie, typologie,
ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak**

Johan HOORNE, Yannick DEVOS, Annelies STORME, Lisa MALFLIET,
Luc ALLEMEERSCH, Adelheid DE LOGI & Pieter LALOO

**Projectsubsidie voor archeologisch syntheseonderzoek
agentschap Onroerend Erfgoed, Vlaanderen**

Colofon

Kuilen vol wol? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250): inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak.

Archeologisch syntheseonderzoek, gesubsidieerd via de projectsubsidie voor archeologisch syntheseonderzoek door het agentschap Onroerend Erfgoed, Vlaanderen

Onderzoek uitgevoerd door Johan Hoorne (De Logi & Hoorne), Yannick Devos (VUB), Annelies Storme (Ruben Willaert), Lisa Malfliet (De Logi & Hoorne), Luc Allemeersch (Ruben Willaert), Adelheid De Logi (De Logi & Hoorne) & Pieter Laloo (Ruben Willaert), in opdracht van Archeo The Loop vzw

verantwoordelijke uitgever:

De Logi & Hoorne bv

OE/ERK/Archeoloog/2015/00052

Canadezenlaan 1A

9991 Adegem

BTW BE 0845.028.465 RPR Gent

www.dl-h.be

DL&H-Rapport

ISSN 2294-0790

© 2024 – De Logi & Hoorne bv

Niets uit deze publicatie mag vermenigvuldigd worden, opgeslagen in geautomatiseerde gegevensbestanden en/of openbaar gemaakt worden onder enige vorm of wijze ook (digitaal, mechanisch, door fotokopie) zonder toestemming van De Logi & Hoorne bv

Inhoud

Voorwoord	5
1. Inleiding	7
2. Onderzoekskader	8
2.1. Probleemstelling	8
2.2. Doelstellingen van het project	9
2.3. Afbakening van het onderzoek	10
2.4. Projectorganisatie	11
3. Onderzoeksstrategie	12
4. Archeologische inventaris	13
4.1. Methodologie inventarisatie	13
4.2. Archeologische vindplaatsen	14
4.3. Typologie	16
4.3.1. Grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem	19
4.3.2. Middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem	22
4.3.3. Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede	25
4.3.4. Artisanale kuilen met een komvormige doorsnede	28
4.3.5. Artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede	31
4.3.6. Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen	34
4.3.7. Andere vormen	36
4.3.8. Typologische variatie en spreiding	38
4.4. Ligging binnen de erven	40
4.5. Archeologische conclusies	44
5. Natuurwetenschappelijk onderzoek	46
5.1. Eerder uitgevoerd onderzoek	46
5.2. Natuurwetenschappelijke disciplines	47
5.3. Materiaal	47
5.4. Methodologie	49
5.4.1. Micromorfologie	49
5.4.2. Diatomeeën	49
5.4.3. Pollen	50
5.4.4. Botanische macroresten	51
5.5. Resultaten en interpretatie	52
5.5.1. Resultaten van assessments	52
5.5.2. Regionale vegetatie op basis van pollen	52
Damme	52
Maldegem	52
5.5.3. Type 1: Grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem	53
5.5.3.1. Micromorfologie	53
5.5.3.2. Pollen	57
5.5.3.3. Synthese	57
5.5.4. Type 2: Middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem	59
5.5.4.1. Micromorfologie	59
5.5.4.2. Diatomeeën	59
5.5.4.3. Pollen	64
5.5.4.4. Synthese	64

5.5.5. Type 3: Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede	65
5.5.5.1. Micromorfologie	65
5.5.5.2. Diatomeeën	65
5.5.5.3. Pollen	68
5.5.5.4. Macrobotanische resten	68
5.5.5.5. Synthese	69
5.5.6. Type 6: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen	70
5.5.6.1. Macrobotanische resten	70
6. Functionele interpretatie	73
7. Synthese, conclusies en aanbevelingen	76
7.1. Onderzoeksvragen	77
7.2. Conclusie	79
7.3. Aanbevelingen	80
Bibliografie	81
Bijlagen	86

Voorwoord

Tussen eind 2021 en begin 2024 voerde een interdisciplinair team onder de vlag van de vzw Archeo The Loop onderstaand syntheseonderzoek uit dankzij een toegekende projectsubsidie door het agentschap Onroerend Erfgoed van de Vlaamse Overheid. Dit onderzoek spitst zich toe op zogenaamde artisanale kuilen uit de volle middeleeuwen in zandig Vlaanderen en was bijgevolg niet mogelijk zonder heel wat medewerking van collega's uit de sector. Het projectteam wenst in eerste plaats de wetenschappelijke begeleiding, met name prof. dr. Wim De Clercq (UGent), dr. Anton Ervynck (Onroerend Erfgoed) en dr. Marnix Pieters (Onroerend Erfgoed), uitdrukkelijk te bedanken voor hun inbreng tijdens de verschillende stappen van dit onderzoek. Heel wat collega-archeologen die tijdens hun veldonderzoek artisanale kuilen aantreffen, beantwoordden onze vragen naar informatie, waarvoor dank. Maarten Bracke (Acke & Bracke) stelde de lopende opgraving in Sijsele open voor een veldtest in kader van bemonstering en het opstellen van een veldwerkingsgids, waarvoor dit specifieke woord van dank. Tijdens het onderzoek wisselden leden van het projectteam met heel wat collega's uit de sector van gedachten over het onderwerp, waarvoor dank. Dr. Luc Vrydaghs (AMGC-VUB) wordt specifiek bedankt voor zijn advies aangaande het onderzoek naar fytolieten.

1. Inleiding

Dit syntheseonderzoek behandelt een specifiek type van sporen binnen een beperkte regio tijdens één periode. Door het stijgend aantal opgravingen van volmiddeleeuwse nederzettingen – dankzij de implementatie van de Malta-archeologie – in zandig Vlaanderen, lijken er sporen voor te komen die onderling morfologische overeenkomsten vertonen. Het betreft de zogenaamde ‘artisanale kuilen’. Niettegenstaande de groeiende dataset, kon er vooralsnog geen duidelijke interpretatie aan deze sporen worden toegekend. De artisanale kuilen zijn dus nog steeds beperkt gekend en onderbelicht. Dit kan onder meer toegeschreven worden aan de prioriteiten op vlak van natuurwetenschappelijk onderzoek, dat zich omwille van de beperkte budgetten eerder toespitst op beter bewaarde structuren met meer kansen op een reconstructie van landschap, ecologie en economie. Hierdoor ontbreekt het aan gedegen inzicht in deze structuren. Het doel van het project ‘Kuilen vol wol? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250). Inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak.’ is om het fenomeen in kaart te brengen en het potentieel ervan in te schatten, zowel op zuiver archeologisch vlak als op natuurwetenschappelijk vlak.

Dit project is een samenwerking tussen diverse partners met verschillende expertises, gesteund door wetenschappelijke *knowhow* van externe specialisten. Het natuurwetenschappelijke luik was in handen van dr. Annelies Storme (voorheen GATE / Ruben Willaert, nu UGent), dr. Luc Allemeersch (GATE / Ruben Willaert) en Pieter Laloo (GATE / Ruben Willaert) voor partner GATE en prof. dr. Yannick Devos voor partner VUB, terwijl het archeologische luik werd uitgevoerd door Lisa Malfliet, Adelheid De Logi en Johan Hoorne van partner De Logi & Hoorne. De wetenschappelijke expertise werd verzorgd door prof. dr. Wim De Clercq van UGent, terwijl vanuit het agentschap Onroerend Erfgoed dr. Anton Ervynck en dr. Marnix Pieters waakten over het goede verloop.

Het onderzoek beslaat een niet-exhaustieve inventarisatie met eerste aanzet tot typologie, een overzicht van natuurwetenschappelijke analyses, nieuw natuurwetenschappelijk onderzoek op enkele van de gekende artisanale kuilen en op basis van de bekomen inzichten een synthese met poging tot functionele interpretatie. De multidisciplinaire aanpak tijdens het project heeft ook geleid tot een *best practice*, waarbij voorstellen worden gedaan tot aanpak van het onderzoek op dergelijke structuren, met vooral aandacht voor de bemonstering op het terrein.

De oorspronkelijke werkhypothese zoals opgenomen in het voorstel tot syntheseonderzoek ging uit van een mogelijk verband tussen lakennijverheid en de artisanale kuilen, een hypothese van Nico Arts (1998; 1994). Vóór de massale import van wol, moet een lokale productie rond de steden hebben bestaan. De centrale vraag was of deze artisanale kuilen daarin een rol speelden. Het antwoord is minder eenduidig maar wijst wel op nieuwe inzichten en bijgevolg ook potentieel voor verdergezet onderzoek.

2. Onderzoekskader

2.1. Probleemstelling

Het initiële opzet van dit syntheseonderzoek is een stand van het onderzoek van een specifiek type erfstructuur – namelijk de artisanale kuil – die binnen volmiddeleeuwse landelijke bewoning voorkomt. Bijkomend wordt er nagaan of er een link is met de lakennijverheid en wat die eventueel kan inhouden. Sinds de invoering van het archeologiedecreet is er een heuse *boom* geweest in de landelijke archeologie van de volle middeleeuwen. Waar voorheen slechts sporadisch volmiddeleeuwse boerderij-erven werden aangetroffen, kwam na de Malta-archeologie een grote toename van het aantal volmiddeleeuwse sites, zeker in zandig Vlaanderen (DE CLERCQ 2017).

Met het blootleggen van deze erven, komen ook een specifiek type kuilen voor die onderling sterk gelijkaardige morfologische kenmerken vertonen. Het gaat om de zogenaamde ‘artisanale kuilen’. Door hun onderste, sterk organische laag, werden ze in oorsprong ook wel ‘mestkuilen’ genoemd. De afmeting en vorm variëren, maar de specifieke gelaagdheid komt systematisch voor: een onderste opvullingspakket dat gelaagd en sterk organisch aandoet, met daarboven een gelaagd pakket dat wijst op het dempen van de kuil. Deze omvangrijke sporen lijken aangelegd voor een vrij specifiek doel. Op heden is er echter weinig zicht op de functionele interpretatie van deze ondertussen typische structuren op de volmiddeleeuwse nederzettingen in zandig Vlaanderen. Het idee bestaat al langer dat het gaat om kuilen met een specifiek artisanale toepassing, alleen is niet duidelijk dewelke.

De welvaart van middeleeuws Vlaanderen is sterk verweven met de lakennijverheid. Een hypothese stelt dat de ‘artisanale kuilen’ mogelijk structuren zijn waarin één of meerdere acties plaatsvonden in het productieproces van wol tot laken tot textiel. Nico Arts (ARTS 1998; ARTS 1994) stelt, op basis van enkele exemplaren aangetroffen rond Eindhoven, dat het mogelijk gaat om kuilen voor het vollen van wol. Hoewel de situatie niet één op één vergelijkbaar is, leek dit wel een interessante denkpiste om op verder te werken binnen het syntheseonderzoek, om zo meer inzicht te verkrijgen in de volmiddeleeuwse economie. Vlaanderen werd groot door laken. Toch is er op heden nog weinig gekend over de basisproducten die op het platteland werden vervaardigd en die mee geleid hebben tot een vroege verstedelijking van dit gebied, inclusief het ontstaan van de ambachten en een welvarende middenklasse van kooplieden en handelaars.

De hypothese van Arts werd bij ons weten echter niet verder onderzocht en getest met de nodige analyses. Wel werd de hypothese door experimenteel onderzoek aannemelijk gemaakt (PAARDENKOPER 2005). Bovendien komen de kuilen in zandig Vlaanderen voor in verschillende maten en formaten. Wat ze alle wel gemeen hebben, is enerzijds een onderste ‘vettig’ opvullingspakket en anderzijds een bovenliggend pakket versmeten grond dat wijst op een snelle opvulling.

Gaat het effectief om vollerskuilen? Of werden ze gebruikt in een andere stap van het productieproces van wol tot textiel (bv. wassen)? Of hebben ze helemaal niks te maken met textielnijverheid en gaat het om andere artisanale activiteiten? Is er een functioneel verschil merkbaar op basis van het type kuil? Dit zijn enkele kernvragen die dit syntheseonderzoek hoopt te beantwoorden. Potentieel wordt daarmee ook een beter inzicht verworven in de activiteiten op het volmiddeleeuwse erf en bij uitbreiding ook de rol die deze boerderijen innemen in het complexe proces van de Vlaamse lakenindustrie en de verschuiving van een landelijk naar stedelijk georganiseerde productie (VERHULST 1998; VERHULST 2001).

Het doel van dit syntheseonderzoek is om het potentieel op nuttige archeologische kennisvermeerdering optimaler te benutten dan tot dusver is gebeurd. Bij het aantreffen van middeleeuwse nederzettingen wordt de focus tot nu toe vrij standaard op de plattegronden en waterputten gelegd. Afhankelijk van het steeds beperkte budget en de inschatting van de veldwerkleider wordt de opvulling van waterputten bemonsterd en geanalyseerd, met eventueel een beperkt aantal randstructuren. Het onderzoek van die artisanale kuilen kan door gerichte inzet van relatief beperkte middelen de blik verruimen op het leven binnen die middeleeuwse rurale nederzettingen.

Indien blijkt dat die kuilen ook effectief te maken hebben met de lakennijverheid in middeleeuws Vlaanderen, is dit een belangrijk gegeven om de handelsrelatie tussen stedelijke kerngebieden en hun hinterland op een andere manier te bekijken. De Vlaamse steden kregen in de middeleeuwen naam en faam omwille van hun rol in de textielhandel. Hierbij werd eerst vooral lokale wol gebruikt en vanaf de late middeleeuwen zelfs wol uit Engeland, omdat lokale productie niet meer volstond (STABEL, PUTTEVILS & DUMOLYN 2019: 88). Ogenschijnlijk eenvoudige rurale nederzettingen kunnen zo mogelijk door een diepgaandere studie van die artisanale kuilen een licht van onderuit werpen op die relatie tussen rurale productie en afwerking en handel in de steden, eventueel zelfs vanuit een chronologisch kader. Historische bronnen over die volmiddeleeuwse basisproductie zijn schaars en meestal beperkt tot het gedeelte van het productieproces dat zich in de stad afspeelt. Over de landelijke component in de productie en over de periode voor de (gedeeltelijke) verschuiving van het productieproces naar de steden is weinig uit de bronnen bekend (DEPLOIGE & STABEL 2016). Ook over andere artisanale processen op het platteland is slechts weinig kennis, zowel op archeologisch als op historisch vlak.

Dankzij de archeologische ontwikkelingen sinds de introductie van Malta-archeologie en de bijhorende kennistoename met betrekking tot de volmiddeleeuwse boerderijen, zou dit syntheseonderzoek een brug kunnen slaan tussen de archeologische, tot op heden nogal stiefmoederlijk behandelde structuren en de aard van de rijkdom in middeleeuws Vlaanderen.

In essentie handelt dit syntheseonderzoek dus over de zogenaamde ‘artisanale kuilen’ waarbij beoogd wordt het fenomeen niet alleen in kaart te brengen, maar eveneens nieuw natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren. Hiermee wordt getracht een functionele interpretatie te bekomen of minstens een kader te hebben van nieuwe onderzoeksvragen die op termijn kunnen leiden naar dit opzet. Daarnaast is het ook de bedoeling om – net in dat kader – tot een *best practice* te komen voor de opgraving en bemonstering van deze structuren en een richtlijn te creëren voor de meest aangewezen natuurwetenschappelijke onderzoeken.

2.2. Doelstellingen van het project

Op heden zijn de basisdata versnipperd in de vele opgravingsrapporten, zonder degelijk beschikbaar overzicht, zelfs niet op niveau van volmiddeleeuwse sites in zandig Vlaanderen. Hiervan een overzicht opstellen, met de focus op het niveau van de structuren zelf, hun kenmerken en hun samenhang met andere erfonderdelen, is van essentieel belang. De structuren definiëren en het opstellen van een typologie en/of tyPOCHRONOLOGIE is een belangrijke stap richting meer inzicht. Daarnaast is er evenmin een overzicht op de uitgevoerde natuurwetenschappelijke waarderings- en analyses, of zelfs maar een inzicht op welke methodes mogelijk en/of nuttig zijn. Het is de bedoeling een overzicht op te stellen van reeds beschikbare natuurwetenschappelijke data, maar eveneens om een *best practice* op te stellen met betrekking tot bemonsteringsstrategie en uitvoering van analyses.

Hiertoe wordt gestreefd naar het inventariseren, het definiëren en het lokaliseren van deze structuren. Op een kwalitatieve selectie van bemonsterde structuren zal dan een doorgedreven natuurwetenschappelijk onderzoek worden uitgevoerd. Hierbij wordt eveneens aandacht besteed aan technieken die minder of niet standaard worden uitgevoerd binnen de Malta-archeologie. Door de combinatie van deze archeologische en natuurwetenschappelijke inzichten moet gestreefd worden naar een functionele interpretatie, en indien dat niet mogelijk is op zijn minst het aanreiken en/of uitsluiten van een aantal denk pistes.

Er zijn verschillende doelgroepen beoogd met dit project. De eerste doelgroep omvat de Vlaamse archeologische wereld, met specifiek de uitvoerders van archeologisch terreinwerk (en de erfgoedconsulenten die dit onderzoek opvolgen) in gedachten. Voor hen is het van belang om bij toekomstige vooronderzoeken en opgravingen van volmiddeleeuwse nederzettingen inzicht te hebben in de aard van de structuren en de aangeraden strategie met betrekking tot bemonstering en natuurwetenschappelijke en bodemkundige analyses.

Door de inventarisatie en doorgedreven analyses op de vulling van enkele zogenaamde artisanale kuilen willen we komen tot een verdere functionele interpretatie van deze kuilen en waar mogelijk een typologische onderverdeling. Deze kunnen archeologen die na een

proefsleuvenonderzoek en/of opgraving een advies tot verder onderzoek moeten formuleren, toelaten om in de toekomst betere gemotiveerde keuzes te maken inzake het gericht, efficiënt en nuttig inzetten van middelen voor het natuurwetenschappelijk luik van het onderzoek.

De structuren die dit syntheseonderzoek in detail bestudeert en analyseert, kunnen bijgevolg aanzien worden als referentiestructuren en de methodologie (het draaiboek voor bemonsteren en analyseren) als handleiding of *best practice* voor het behandelen van dit type structuren.

De tweede doelgroep omvat de (inter)nationale academische gemeenschap, zowel archeologen, natuurwetenschappers als (economische) historici. Dit zijn amper gekende of grondig onderzochte structuren die mogelijk wel een vernieuwend inzicht op de landbouweconomie en artisanat van volmiddeleeuws Vlaanderen kunnen bieden. Het belang van de Vlaamse lakennijverheid kan niet onderschat worden, toch is het op dit moment geen onderzoeksthema meer in de archeologie, terwijl de mogelijkheden van natuurwetenschappelijk onderzoek ondertussen wel verbreed zijn. Dit syntheseonderzoek kan daar een nieuwe impuls aan geven en niet alleen leiden tot kennisvermeerdering maar ook tot verdergezet onderzoek binnen verschillende domeinen. Specifiek voor het natuurwetenschappelijke onderzoek schuilt er in dit syntheseonderzoek eveneens een grote kans. Waar op heden slechts de focus wordt gelegd op de reeds lang platgetreden paden van onderzoeksdisciplines en technieken, zou deze *testcase* een *pilotstudy* kunnen zijn die inzicht biedt in de mogelijkheden, praktische aangelegenheden en het wetenschappelijke potentieel van diverse minder toegepaste natuurwetenschappelijke methodes.

Het is dus de bedoeling om richting deze tweede doelgroep de nodige inzichten aan te reiken waarmee zij verder aan de slag kunnen voor diepgaander vergelijkend onderzoek over de periodes en regio's heen. Tevens kan het een extra stimulans zijn voor bestaand wetenschappelijk multidisciplinair onderzoek omtrent de wisselwerking tussen platteland en stad tijdens de middeleeuwen met de opkomst en bloei van de Vlaamse handelssteden (mede dankzij de lakennijverheid). Tot slot kunnen specialisten in de toekomst ook nagaan in welke mate er aanwijzingen zijn voor dergelijke artisanale activiteiten binnen dezelfde regio door de tijd heen of gelijkenissen en verschillen tussen diverse regio's.

2.3. Afbakening van het onderzoek

Het syntheseonderzoek spitst zich toe op een specifieke structuur: de zogenaamde 'artisanale kuil'. Het gaat om een type structuur dat gekend is in diverse regio's tijdens verschillende periodes op opgravingen van landelijke nederzettingen. Deze kuilen zijn groot, maar divers in vorm en formaat. Wel vertonen ze een typische gelaagdheid met onderaan een sterk organische laag, afgedekt door versmeten grond. Om dit onderzoek te voeren is geopteerd om een brede definitie te hanteren, min of meer zoals ze hier is weergegeven. Het methodologisch hoofdstuk van de archeologische inventaris (zie hoofdstuk 4) gaat hier dieper op in.

Dit type kuil is – zeker in de langgerekte, rechthoekige vorm – niet alleen gekend van volmiddeleeuwse nederzettingen, maar komt ook voor op Romeinse sites in zandig Vlaanderen. Ook lijken dergelijke artisanale kuilen in de middeleeuwen voor te komen, bijvoorbeeld in de kustregio. Gezien de *scope* van het onderzoek is geopteerd om het te beperken tot de regio zandig Vlaanderen binnen het Graafschap Vlaanderen. Dit om vooral structuren te vergelijken die op eenzelfde type bodem voorkomen en binnen een werkbaar gebied, gezien het eerder kortlopend en beperkt onderzoek. Dit sluit uiteraard niet uit dat deze types structuren op andere plaatsen ook kunnen voorkomen. Het chronologisch kader is beperkt tot de volle middeleeuwen, van de 10^{de} eeuw tot het midden van de 13^{de} eeuw. Ook hier is er een bewuste begrenzing: enerzijds lijken de kuilen in de periode er net voor en er net na niet voor te komen, hoewel dit ook aan de stand van het onderzoek kan liggen, maar anderzijds vormt het op die manier ook een welgedefinieerd en eenduidig chronologisch kader met een specifieke werkhypothese voor deze periode.

Het syntheseonderzoek heeft een budget en tijdsframe beschikbaar voor natuurwetenschappelijk onderzoek dat niet onbegrensd is. Er zijn bijgevolg beperkingen aan de mogelijkheden op natuurwetenschappelijk vlak. Hierdoor is het aantal mogelijk te

onderzoeken structuren beperkt en dienen er ook beredeneerde keuzes gemaakt te worden tijdens het proces. Toch was er steeds aandacht voor onderlinge communicatie tussen de verschillende natuurwetenschappers, om zo een gemeenschappelijke strategie te ontwikkelen die tijdens het onderzoek zelf gevolgd kon worden.

In het oorspronkelijk syntheseonderzoek was tot slot een beperkt budget voorzien voor kleinschalige publiekwerking. Omdat het agentschap Onroerend Erfgoed de gevraagde subsidie voor het grootste deel maar niet volledig heeft toegekend, moest de begroting in die zin worden herbekeken. Gezien de minder vanzelfsprekende aard van het onderwerp richting breed publiek, is daarom weloverwogen gekozen om de focus volledig te leggen op het eigenlijke syntheseonderzoek en het publieksluik (tijdelijk) *on hold* te zetten.

2.4. Projectorganisatie

Dit project wordt uitgevoerd onder de gemeenschappelijke noemer van de vzw Archeo The Loop. In essentie werken verschillende uitvoerders samen als onderaannemers van deze vereniging. In algemene termen vormen De Logi & Hoorne en GATE (nu Ruben Willaert) samen met de VUB de kern van het project met wetenschappelijke begeleiding van de UGent en geruggesteund door het agentschap Onroerend Erfgoed. De partners die zorgen voor de eigen financiële inleg zijn De Logi & Hoorne bv en GATE Archaeology bv.

Het natuurwetenschappelijke luik was in handen van dr. Annelies Storme (voorheen GATE / Ruben Willaert, nu UGent), dr. Luc Allemeersch (GATE / Ruben Willaert) voor partner GATE en prof. dr. Yannick Devos voor partner VUB met projectmanager Pieter Laloo (GATE / Ruben Willaert). Prof. dr. Johan De Grave (UGent, Laboratory for Mineralogy and Petrology) zorgde voor de slijpplaatjes. Het archeologisch luik is uitgevoerd door Lisa Malfliet, Adelheid De Logi en Johan Hoorne voor partner De Logi & Hoorne. De wetenschappelijke projectleiding werd gevoerd door prof. dr. Wim De Clercq van de Universiteit Gent. Vanuit het agentschap Onroerend Erfgoed volgden dr. Anton Ervynck en dr. Marnix Pieters het syntheseonderzoek van nabij.

3. Onderzoeksstrategie

De eerste doelstelling is het verzamelen van data, het uniformiseren van die data en het bundelen ervan in een eenvoudige database of lijst. Naast het verzamelen van informatie omtrent de kenmerken van de kuilen zelf (site, aantal, vorm, afmetingen, opvulling, aantal opvullingslagen, datering, afstand tot watervoerende structuur, afstand tot gebouwplattegrond, vondstmateriaal, bemonstering), dienen ook de reeds toegepaste analyses in kaart te worden gebracht en hun effectiviteit te worden gecontroleerd. Tevens wordt op siteniveau bekeken of er andere aanwijzingen zijn voor artisanale activiteiten die al dan niet gelieerd zijn aan de huislakennijverheid.

De tweede doelstelling omvat het synthetiseren van de gegevens en het selecteren van enkele goed bemonsterde en representatieve structuren. Deze worden binnen het kader van dit syntheseonderzoek onderworpen aan nieuwe natuurwetenschappelijke en bodemkundige analyses. Tijdens het syntheseonderzoek had het projectteam de kans om ook veldwerk te verrichten en één kuil mee op te graven en te bemonsteren. Dit gebeurde gezien het late tijdstip binnen het traject puur in functie van het opstellen van een *best practice*. Meer terreinonderzoek bleek niet mogelijk gezien er slechts weinig tot geen volmiddeleeuwse opgravingen lopende waren in het onderzoeksgebied.

De derde doelstelling betreft het interpreteren van de analysedata en het opstellen van een kader voor toekomstige onderzoeksstrategie. Het veldwerk is zodoende vastgelegd op foto, wat samen met de leidraad voor bemonstering en analyses als handig werkinstrument kan dienen voor veldarcheologen.

Het hierboven geschetste onderzoek en de specifieke doelstellingen kunnen zich vertalen in een aantal onderzoeksvragen:

- Hoe frequent komen artisanale kuilen voor op rurale nederzettingen binnen zandig Vlaanderen? Is dit fenomeen kwantificeerbaar?
- Zijn er op basis van vorm- en opvullingskenmerken bepaalde types te onderscheiden? Welke variabiliteit (morfologisch, chronologisch) is er aanwezig binnen deze ruime noemer? Zijn er bepaalde patronen af te leiden op basis van de ligging van deze kuilen binnen de nederzetting?
- Welke natuurwetenschappelijke analyses werden reeds uitgevoerd op dit soort kuilen? Welke daarvan bleken succesvol? Welke analyses werden niet of onderbenut of verkeerd toegepast?
- Welke analyses zeggen ons iets over het gebruik van de kuilen? Kan er aan de hand van de analyses een typologie worden opgesteld die kan gelinkt worden aan functionele interpretatie en in hoeverre komt die overeen met de typologie op basis van vormkenmerken?
- Maken de kuilen effectief deel uit van de huisnijverheid en meer specifiek van de lakennijverheid? Kan de frequentie aan kuilen per site ons iets zeggen over de intensiteit van die lakennijverheid tijdens de volle middeleeuwen op rurale sites in zandig Vlaanderen? Speelt de afstand tot de middeleeuwse stad een rol in het voorkomen van deze kuilen?

Het onderzoek start met een bureauonderzoek naar volmiddeleeuwse rurale nederzettingen in de onderzoeksregio van zandig Vlaanderen, en naar het voorkomen van artisanale kuilen hierin. De rapporten van die onderzoeken worden verzameld en gescreend. Uit de relevante exemplaren worden alle nuttige gegevens gefilterd en in een databank geregistreerd. Daarna wordt de databank bevraagd en worden analyses uitgevoerd. Het resultaat is een stand van zaken rond het onderzoek van dergelijke kuilen met bijhorend cijfermateriaal. Er wordt hierbij zowel op site- als op structuurniveau gekeken.

Op basis van de selecties van stalen uit het inventariserend onderzoek is door het natuurwetenschappelijke team een analyseplan opgesteld. De best bemonsterde en meest exemplarische kuilen worden geselecteerd en eerst onderworpen aan een assessment. Op basis van het assessment wordt dan beslist welke structuren verder geanalyseerd worden. Hierbij is aandacht geweest voor pollenonderzoek, incl. schimmels en parasieten, diatomeeënonderzoek, micromorfologisch onderzoek van blokstalen, en macrobotanisch onderzoek.

De archeologische gegevens worden teruggekoppeld naar de resultaten van de natuurwetenschappelijke onderzoeken in een gemeenschappelijke synthese waarbij getracht wordt een functionele interpretatie te bekomen, eventueel gespreid per type kuil. Hierbij worden ook antwoorden gegeven op de vooraf gestelde onderzoeksvragen, alsook de mogelijkheden voor verder onderzoek opgesomd.

4. Archeologische inventaris

4.1. Methodologie inventarisatie

De *boom* in volmiddeleeuwse archeologie naar aanleiding van de volledige uitrol van de Malta-archeologie heeft geleid tot een uitgebreide archeologische dataset. De talrijke volmiddeleeuwse erven en nederzettingen die in heel Vlaanderen – in dit geval specifiek in zandig Vlaanderen – aan het licht zijn gekomen, zijn echter niet altijd evident traceerbaar in een algemeen overzicht, laat staan dat een specifieke spoorcategorie – waarvoor de gehanteerde terminologie bovendien niet altijd even consequent is – makkelijk ontsluitbaar is. Er bestonden dus verschillende drempels voor het onderzoek waar rekening mee gehouden moest worden. In essentie was het de opzet om tot een zo volledig mogelijke inventarisatie te komen van de ‘artisanale kuilen’, zonder daarbij volledig exhaustief te willen/kunnen zijn. Zo ook om de structuren onderling te vergelijken en ze tegen de context van de sites zelf te plaatsen.

De zoektocht naar artisanale kuilen begint bij een algemene definitie van het fenomeen. Het gaat om typische structuren op volmiddeleeuwse sites (*in se* nederzettingen) die zich vooral kenmerken in een typische gelaagdheid. Tussen de structuren onderling bestaan heel wat gelijkenissen, maar ook veel verschillen. Wat hen bindt is die typische gelaagdheid. De onderste laag is stevast een vrij donkere laag, soms bestaande uit iets meer organische bandjes, die wordt afgedekt door een intentioneel gedempt pakket van versmeten moederbodem of zand met daarboven een restvulling die correspondeert met andere spooropvullingen van het erf. Soms is er in deze gelaagdheid sprake van meerfasigheid, en lijkt (een deel van) het spoor heruitgegraven. Er komen slechts weinig materiële vondsten uit deze structuren, die erg kunnen verschillen in afmetingen en vorm. Vaak gaat het om relatief diepe en/of grote kuilen met een vlakke bodem. Ze komen voor binnen of in de buurt van het volmiddeleeuws woonerf, in de nabijheid van andere erfstructuren zoals de hoofd- of bijgebouwen, waterputten, kuilen en erfgrachten.

Het gaat om een breed begrip en dus geen enge definitie. De kenmerkende elementen zijn vooral de specifieke gelaagdheid en grootte van deze sporen. In het kader van dit onderzoek zijn ze bestempeld als ‘artisanale kuilen’, wat al richting een functionele interpretatie neigt maar wel bewust breed is gedefinieerd. De gehanteerde definitie zelf is eveneens breed te noemen, dit om het fenomeen niet te limitatief te benaderen en een voldoende grote dataset te bekomen om de structuren onderling te kunnen vergelijken en bestuderen.

Er is in de beschrijvingen van deze structuren geen eenduidige terminologie in de verschillende rapportages terug te vinden. De onduidelijkheid over de functie, waarbij ook natuurwetenschappelijk onderzoek tot op heden weinig duidelijkheid bracht, heeft geleid tot vele interpretaties die hun weerslag hebben gevonden in hoe deze structuren benoemd worden. Deze naamgeving is één van de parameters waarmee rekening is gehouden tijdens inventarisatie. Opgravers en onderzoekers hanteren namelijk vele mogelijke termen: artisanale kuilen, mestkuilen, rootkuilen, vollerskuilen of volderskuilen, vlaskuilen. Soms worden ze ook niet nauwer gedefinieerd dan kuilen. Voor de zoekopdrachten in diverse bronnencategorieën is dan ook niet enkel rekening gehouden met deze en aanverwante termen, maar ook met het kwalitatief nagegaan welke kuilen voorkomen op volmiddeleeuwse nederzettingen in het onderzoeksgebied. Dit alles werd meegenomen in de inventaris.

Er is in verschillende types bronnen en overzichten gezocht naar de artisanale kuilen. Hoewel er zeker ook gezocht werd op de eigenlijke termen zoals hierboven vermeld, is er in eerste instantie gezocht naar volmiddeleeuwse nederzettingen en erven. De rapporten en verslagen werden vervolgens verder uitgewerkt op de aanwezigheid van mogelijke artisanale kuilen. Er zijn zoekopdrachten uitgevoerd op de Centrale Archeologische Inventaris, op de eindverslagen en op oudere literatuur. Via bibliografische referenties binnen de verschillende artikels, rapporten en eindverslagen is ook verder gezocht naar bijkomende mogelijke sites. Ter aanvulling zijn ook het recente doctoraat van Gerben Verbrugghe (2020) en de kenniswinstrappen nageslagen. De nederzettingen zijn vervolgens kwalitatief geëvalueerd op de mogelijke aanwezigheid van artisanale kuilen. Deze aanpak garandeert geen exhaustief overzicht, wat ook niet het opzet van dit syntheseonderzoek is. Er zullen – vooral door het gebrek aan duidelijkheid in terminologie en de variabiliteit in uitgebreidheid van beschrijvingen in rapporten/eindverslagen – wel degelijk mogelijke artisanale kuilen ontbreken in dit overzicht. Het doel is echter het fenomeen kwalitatief te beschrijven en evalueren, wat op basis van de bestaande inventaris ook mogelijk is.

Om de artisanale sporen kwalitatief te kunnen onderzoeken, werd dan ook geopteerd om een databank te maken specifiek voor dit syntheseonderzoek. Het doel was om voldoende info te kunnen weergeven en er zo voor te zorgen dat de kuilen niet alleen in een overzichtelijk geheel doorzoekbaar zijn, maar eveneens vergeleken kunnen worden om tot zinvolle interpretaties te komen.

De databank zelf is in dit syntheseonderzoek via een Zenodo-link als als bijlage meegeleverd (Bijlage 1). Ze is opgebouwd om doorzoekbaar te zijn vanuit verschillende invalshoeken. Het uitgangspunt zijn de archeologische sites zelf, waarbij de basisinformatie (zoals CAI-nummer, uitvoerder en bibliografische referentie, maar ook dateringen en type site) beschreven wordt, en de relevante kuilen die gekoppeld zijn aan de archeologische site waarbij de structuur in detail kan beschreven worden. Er is mogelijkheid om foto's in het vlak en in doorsnede toe te voegen, alsook een vlak- en coupetekening. Verder kunnen de morfologische kenmerken van de structuren uitgebreid beschreven worden, alsook de ligging binnen het erf of de site. Tot slot wordt ook ruimte voorzien om vondsten, dateringen en al uitgevoerde natuurwetenschappelijke waarderings of analyses weer te geven. Dit laat toe de sporen uitgebreid te rapporteren en zoveel mogelijk informatie in de databank op te nemen.

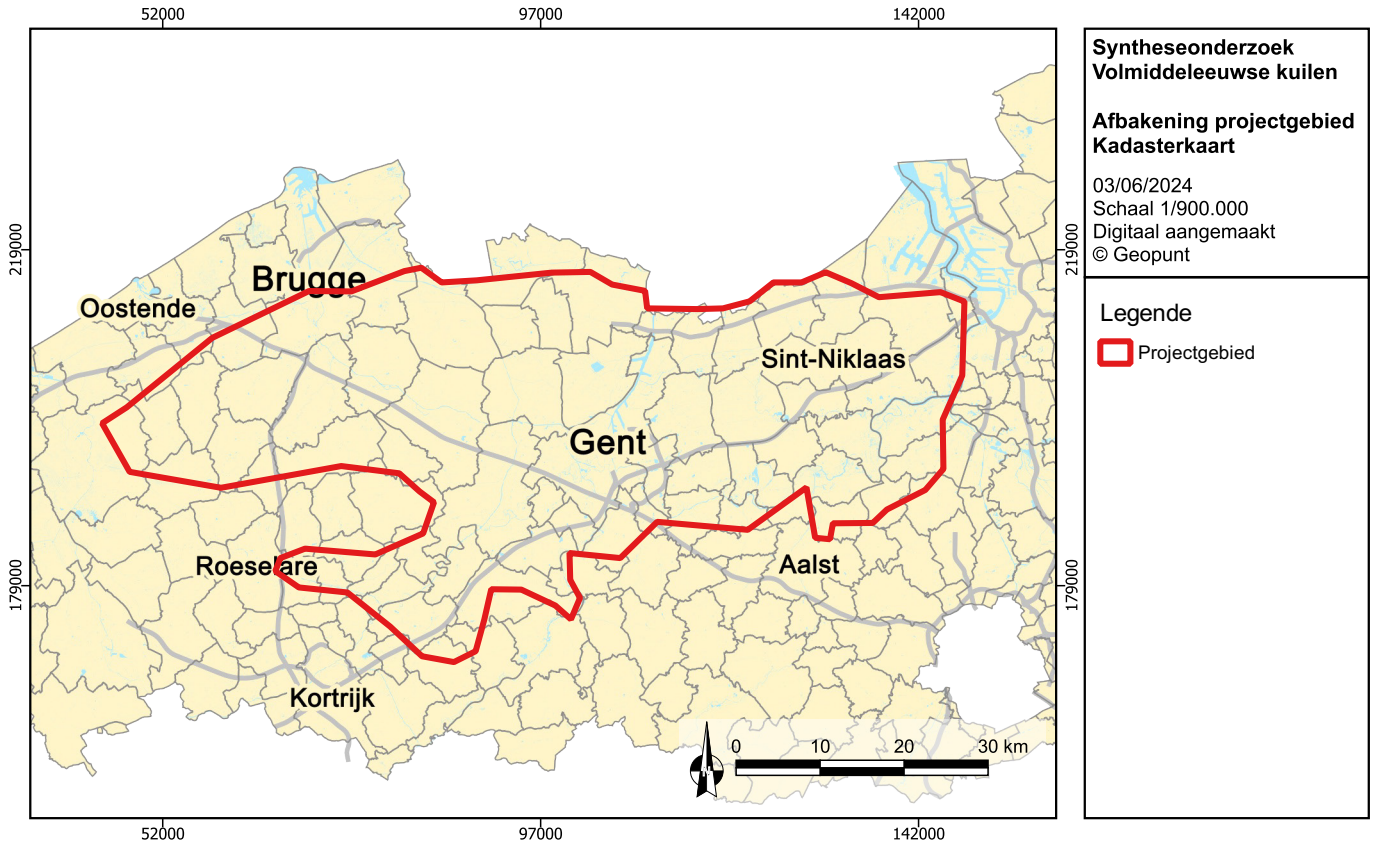
Op deze manier zijn er 121 structuren van 16 vindplaatsen opgenomen. Op basis van morfologische overeenkomsten is gepoogd een typologisch onderscheid te maken tussen verschillende groepen van structuren. Of deze artificiële opdeling tussen de verschillende categorieën voldoende betekenisvol is, valt op basis van dit onderzoek niet te stellen. Gezien de diversiteit in vorm en grootte leek het evenwel relevant om deze min of meer vast te stellen en verder op te delen. Zo kon worden nagegaan of er patronen te herkennen vielen. De databankanalyse geeft alvast een inzicht in de diversiteit van het fenomeen 'artisanale kuil'. Op basis van de verschillen in morfologie zijn ook keuzes gemaakt in functie van verdergezet natuurwetenschappelijk onderzoek (zie volgend deel).

4.2. Archeologische vindplaatsen

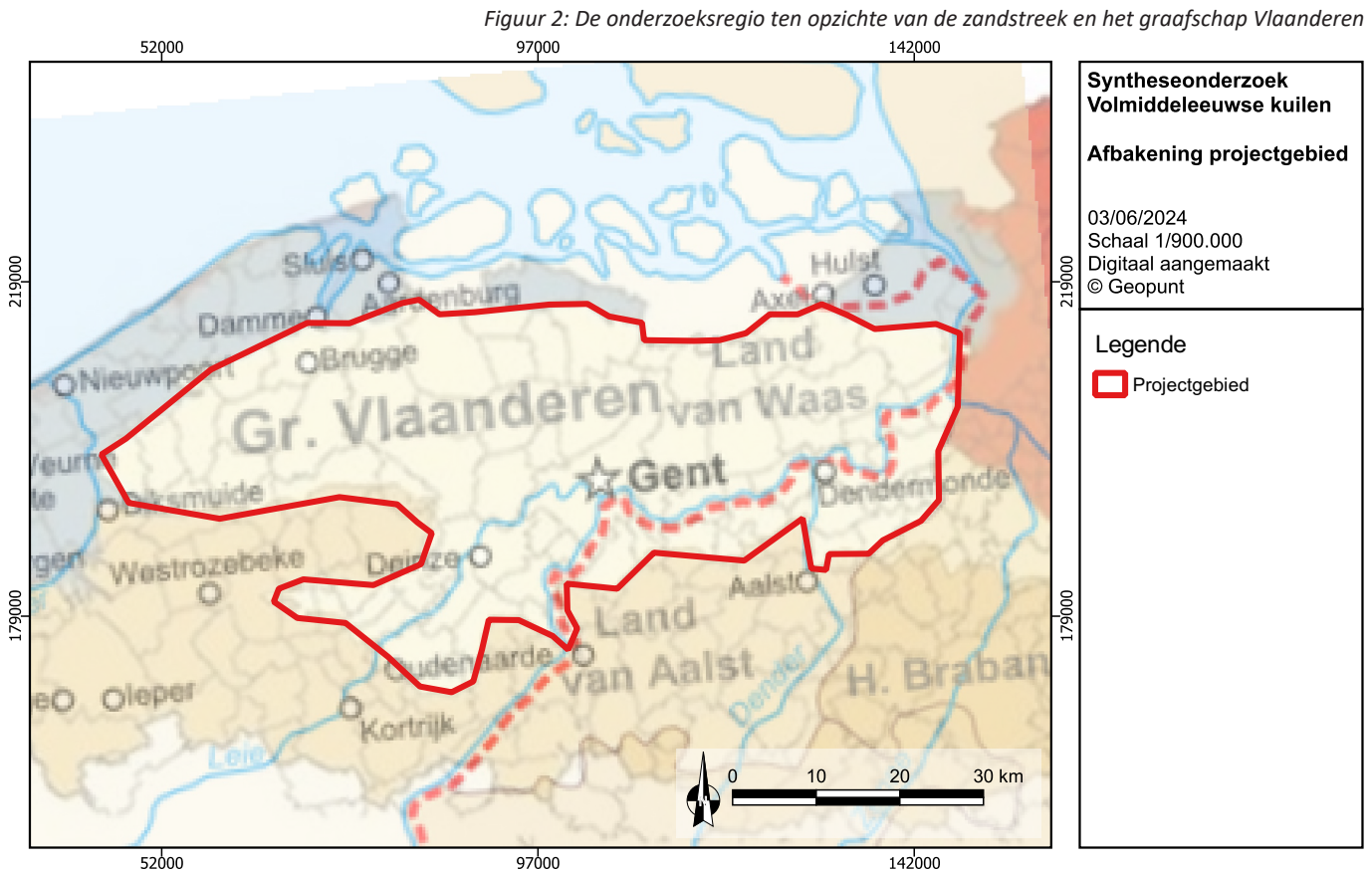
Het syntheseonderzoek leverde in totaal 121 artisanale kuilen op (tabel 1, figuur 3, 4). Bijkomend werden ook enkele exemplaren in de databank geregistreerd die door het ontbreken van voldoende data in opgravingsverslagen of door de aard van de sporen zelf, als twijfelgevallen gerekend worden. Deze onduidelijke exemplaren zijn evenwel niet meegenomen in tellingen en verdere analyses. De 121 duidelijke structuren komen voor op 16 sites in zandig Vlaanderen. Deze sites bevinden zich vooral in de kernregio van het onderzoeksgebied, ruwweg tussen Brugge en Lokeren, waarbij een mogelijke clustering ontwaard kan worden in drie subregio's: de regio rond de cuesta in het Meetjesland en oostelijk West-Vlaanderen, de regio Gent en de regio Lokeren. Deze spreiding hangt grotendeels samen met uitgevoerde archeologische opgravingen van volmiddeleeuwse nederzettingen en beantwoordt bijgevolg niet meteen aan een historische realiteit. Toch is zeker de regio Gent, en in mindere mate de andere twee regio's, wel gekend voor zijn volmiddeleeuwse ontginningen. Of het nu gaat om een stand van het onderzoek of een vaststelling van een archeologische en dus historische realiteit, is op heden niet duidelijk. In se is dat evenwel slechts in mindere mate van belang voor het eigenlijke syntheseonderzoek.

Tot de regio rond de cuesta behoren de sites Aalter – Woestijne, Damme – Stakendijke (opgraving 2010), Damme – Stakendijke (opgraving 2018), Maldegem – Ringbaan, Maldegem – Oude Staatsbaan en Oedelem – Oudeputstraat. De sites van Evergem – Ralingen, Evergem – Steenovenstraat, Lovendegem – Supra Bazar, Oostakker – Muizelstraat / Wolfputstraat II en Sint-Denijs-Westrem – The Loop vormen een cluster rond Gent. Tot slot is er een oostelijke cluster van Lokeren – Eekstraat, Lokeren – Hoogstraat (opgraving 2016), Lokeren – Hoogstraat (opgraving 2018), Lokeren – Zelebaan en Zele – Eekstraat.

Deze nederzettingen komen voor op een beperkt aantal variërende bodemtypes en verschillen slechts beperkt in landschappelijke ligging. Het betreffen vindplaatsen ingeplant op lokale zandruggen, randen van hogere plateaus en lagere landschapszones. Ze komen niet voor op de hoogste delen van het landschap. De bodemtypes variëren dan ook tussen matig droge tot matig natte zandgronden, soms op een zandige opduiking tussen nattere bodems met een lemige fractie. Het merendeel van de nederzettingen ligt op quartair eolisch zand (type 3) binnen de Vlaamse Vallei, wat gezien de afbakening van het onderzoeksgebied te verwachten valt.



Figuur 1: De geografische afbakening van het syntheseonderzoek op een kaart met aanduiding van de gemeentegrenzen



Figuur 2: De onderzoeksregio ten opzichte van de zandstreek en het graafschap Vlaanderen

Site	Afkorting	Referentie publicatie	X-coördinaat (Lambert72)	Y-coördinaat (Lambert72)
Aalter Woestijne 2010	AAL-WOE-10	De Groote & Van de Vijver 2019	85491,21	200582,98
Damme Stakendijke 2010	DAM-STA-10	De Gryse et al. 2012	76722,56	2211267,16
Damme Stakendijke 2018	DAM-STA-18	Deconynck et al. 2021	76876,40	211274,16
Evergem Ralingen-Schoonstraat 2009	EVE-RAL-09	Van de Vijver et al. 2009	102720,05	200005,46
Evergem Steenovenstraat 2008	EVE-SOS-08	De Logi & Schynkel 2008	101196,20	199315,70
Lokeren Eekstraat 2015	LOK-EEK-15	Scheltjens & Veraart 2019	121806,95	199018,08
Lokeren Hoogstraat 2016	LOK-HOO-16	Hertoghs et al. 2016	121873,96	199689,47
Lokeren Hoogstraat 2018	LOK-HOO-18	Van Nuffel et al. 2020	121800,68	199672,00
Lokeren Zelebaan 2023	LOK-ZEL-23	Nog geen publicatie	125225,89	198226,31
Lovendegem Supra Bazar 2008	LOV-SUP-08	De Logi 2013	98363,09	199589,36
Maldegem Oude Staatsbaan 2012	MAL-OU-12	Gierts & Cornelis 2014	90204,23	210889,73
Maldegem Ringbaan 2020	MAL-RIN-20	Nog geen publicatie	87731,94	210559,89
Oedelem Oudeputstraat 2018	OED-OU-18	Acke et al. 2019	77400,28	207380,33
Oostakker Muizelstraat/Wolfputstraat II 2013	OOS-MUI-13	Bruggeman et al. 2017	108274,86	198356,61
Sint-Denijs-Westrem The Loop 2014	SDW-LOO-14	Nog geen publicatie	102373,30	190609,08
Zeel Eekstraat 2014	ZEL-EEK-14	Wyns & Scheltjens 2017	125649,86	194920,31

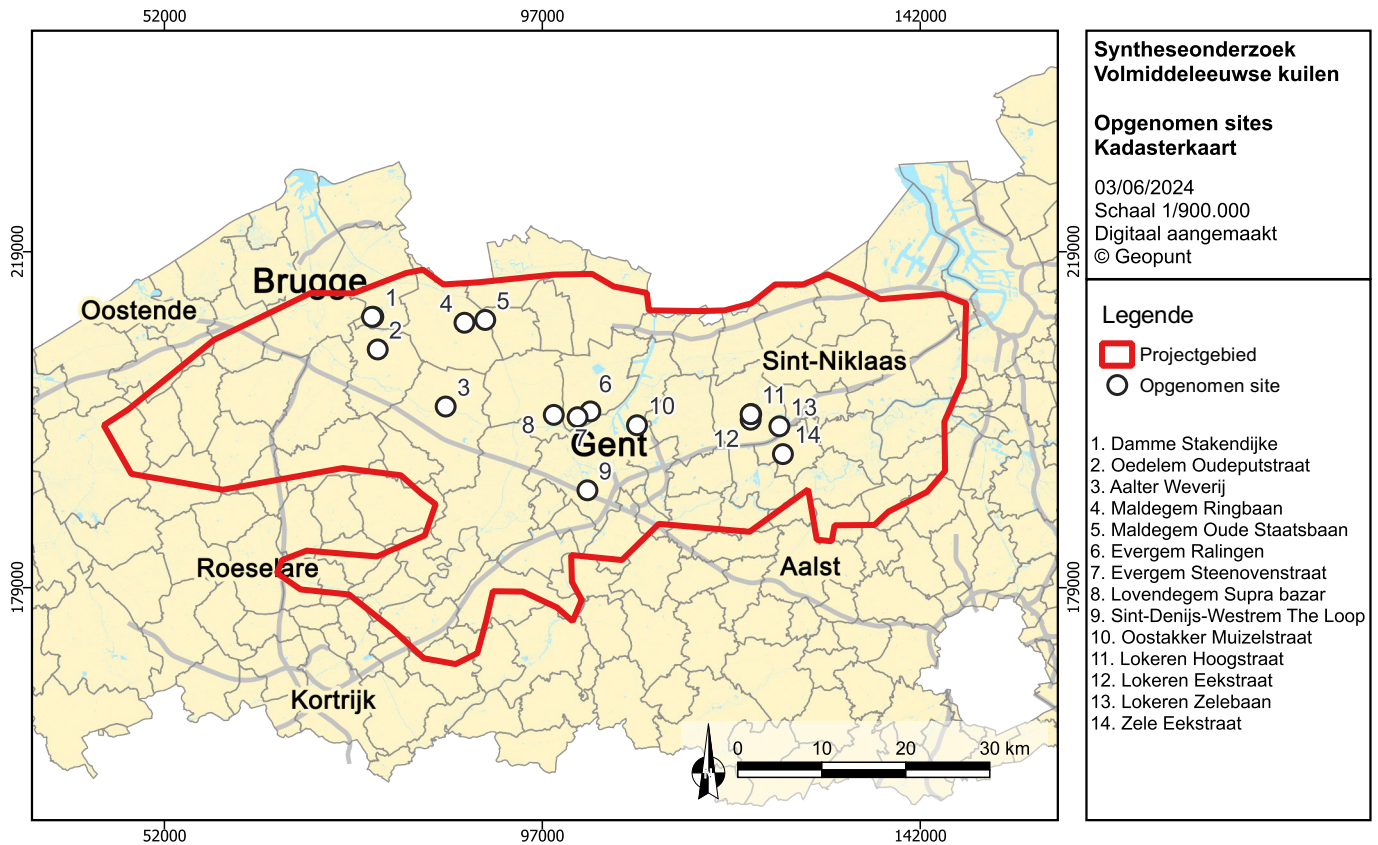
Tabel 1: De archeologische vindplaatsen waar artisanale kuilen zijn opgegraven en die zijn opgenomen in de databank met sitecode, bibliografische referentie en ligging

Het merendeel van de vindplaatsen omvat slechts één of twee artisanale kuilen, tot maximum zes. Vier locaties vormen daarop een uitzondering, toevalligerwijze minstens één in elk van de drie regioclusters. In Damme – Stakendijke zijn er 11 (opgraving 2010) en 27 (opgraving 2018) structuren opgegraven, dus een totaal van 38 artisanale kuilen. In Maldegem – Ringbaan gaat het om 24 exemplaren, in Evergem – Steenovenstraat 14 en in Zele Eekstraat 15. Niet toevallig betreffen het telkens grote opgravingen: in Damme – Stakendijke is een oppervlakte van 4,75 ha en 2,6 ha onderzocht, in Maldegem – Ringbaan 7,7 ha, en in Zele – Eekstraat 2,4 ha. Evergem – Steenovenstraat vormt een uitzondering met slechts 1 ha opgegraven, maar tijdens dit onderzoek is enkel gefocust op de kernen van de erven en is een behoorlijk deel van de nederzetting niet gedocumenteerd. Tijdens deze grootschalige opgravingen werden meerdere volmiddeleeuwse erven ontdekt en onderzocht, waardoor het absolute aantal kuilen hoog ligt. Er is evenwel geen lineair verband tussen het aantal artisanale kuilen en erven. Dit varieert van nederzetting tot nederzetting en zelfs van erf tot erf.

Op zich vallen weinig conclusies te halen uit de verspreiding van de nederzettingen binnen het onderzoeksgebied, de landschappelijke ligging en de aantallen artisanale kuilen. Meer relevant is de inhoudelijke benadering van de goed gedocumenteerde kuilen en erven om van daaruit tot wezenlijke resultaten te komen (zie hoofdstuk 4.4.).

4.3. Typologie

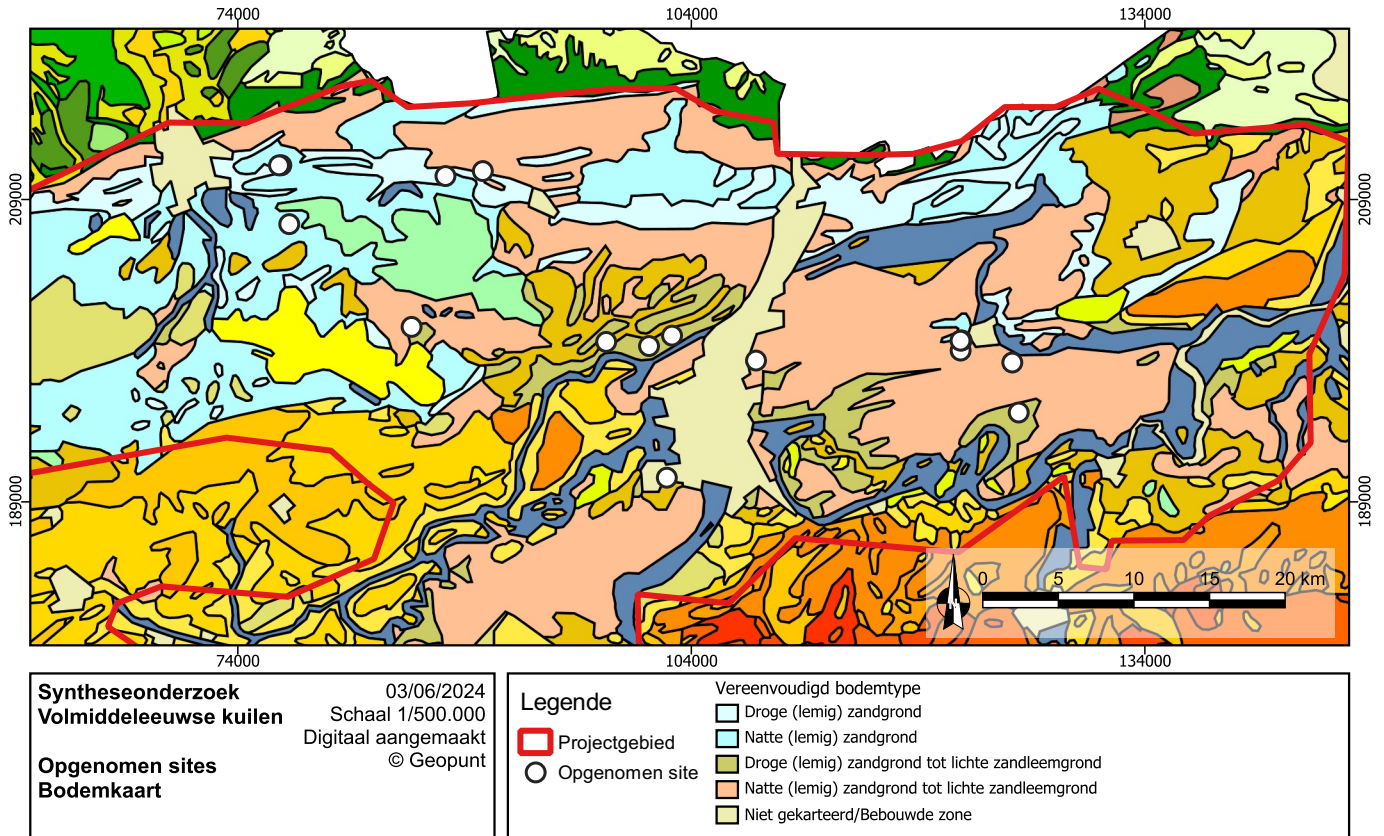
De 121 geregistreerde artisanale kuilen hebben niet steeds dezelfde gemeenschappelijke kenmerken. De grootste gemene deler is evenwel de typische gelaagde drieledige vulling. Dit is ook wat de structuren per definitie bindt (zie hoofdstuk 4.1). Onderaan bevindt zich een donkere laag waarboven een gedempt pakket en bovenaan een normale spoorvulling. In de onderste, eerder organische laag is er soms sprake van een verdere gelaagdheid met vette bandjes. Er lijken bij een beperkt aantal kuilen ook resten te zijn van schopsteken in de bodem. Een aantal structuren zijn tot onder de grondwatertafel ingegraven, maar dat is niet de regel. Door het organisch rijk materiaal zijn er soms ook humusrijke uitspoelbandjes onder het spoor door grondwaterwerking (of het zijn Bh-horizonten door podzolizatie). Het onderste pakket



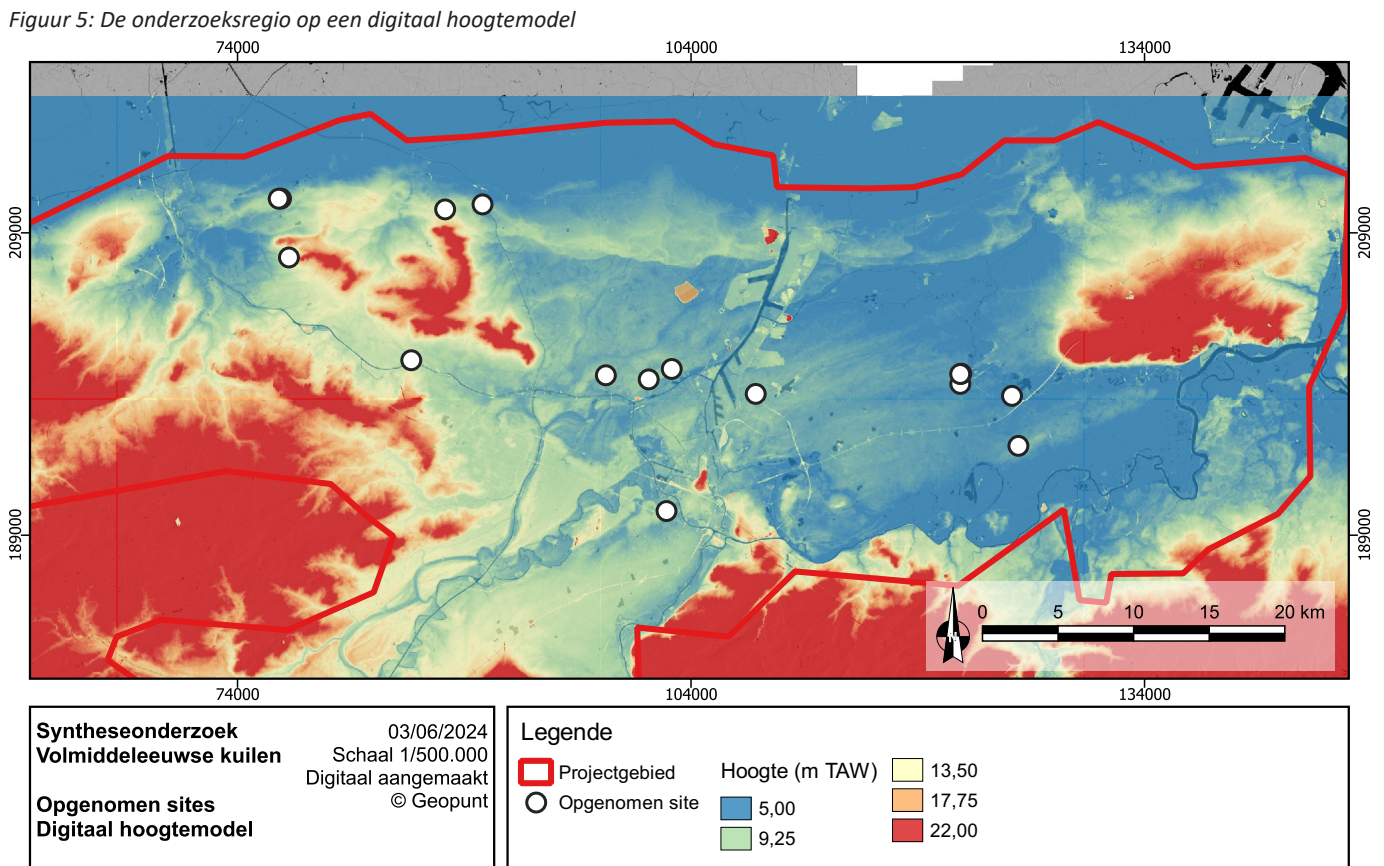
Figuur 3: Aanduiding van alle archeologische vindplaatsen binnen het projectgebied

wordt afgedekt door versmeten moederbodem, of zelfs een bijna steriel moedermateriaal, die soms dunner is dan de finale vullingslaag. In andere gevallen zijn er ook kuilen die bijna geen finale opvullingslaag vertonen, maar wel een dik pakket moedermateriaal. Deze afdekkende bovenste laag is een overwegend homogeen grijs zandpakket met weinig tot geen vermenging met moedermateriaal. De vulling correspondeert vaak met andere spoorvullingen binnen de volmiddenleeuwse erven. Algemeen gesteld is er variatie in de diktes van de eigenlijke lagen, maar de driedigtheid springt er als kenmerk wel duidelijk uit.

In het vlak en in doorsnede is sprake van een behoorlijke verscheidenheid qua vorm en afmetingen. Op basis van deze morfologische kenmerken, gekoppeld aan de groottes, valt er binnen de groep van artisanale kuilen mogelijk een onderscheid te maken tussen diverse subtypes. Of deze opdeling betrouwbaar of zelfs relevant is, is vooralsnog onduidelijk. Dit dient verder onderzocht te worden op basis van o.a. natuurwetenschappelijk onderzoek (zie hoofdstuk 5). Het is daarentegen wel duidelijk dat er binnen de groep van opgenomen sporen sprake is van variabiliteit. Er is dan ook gepoogd om hierbinnen een onderscheid te maken tussen enkele kenmerkende soorten artisanale kuilen, hoewel dit met de nodige voorzichtigheid benaderd dient te worden. De gekozen naamgeving is bewust op vorm (en bijkomend op grootte) geënt. In totaal gaat het om zeven categorieën: (1) grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, (2) middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, (3) artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede, (4) artisanale kuilen met een komvormige doorsnede, (5) artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede, (6) dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen en (7) de restcategorie van andere vormen.



Figuur 4: De onderzoeksregio op de bodemassociatiekaart



Figuur 5: De onderzoeksregio op een digitaal hoogtemodel

4.3.1. Grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem

Het traditioneel gekende voorbeeld van een artisanale kuil betreft het type dat groot, langgerekt en met een vlakke bodem is; weliswaar samen met de iets kleinere variant (zie *infra*). Opvallend is de aanzienlijke lengte van deze structuren. Er zit een grote variatie tussen de 4 m en 14 m, met twee kleinere exemplaren van 2,8 m en 3,2 m. Ook in de breedte is er verscheidenheid tussen 0,65 m en 2,6 m wat betreft de breedste exemplaren. Deze brede versies komen enkel voor op Maldegem – Ringbaan, Oedelem – Oudeputstraat en Damme – Stakendijke; minder in de regio Gent en Lokeren. Qua diepte reikt dit type artisanale kuil tussen de 0,30 m en 1,15 m onder het opgravingsvlak. Hierbij is geen correlatie tussen afmeting en diepte: de grootste kuilen in het vlak zijn niet de diepste of minst diepe.

Binnen dit type is er een lichte variatie in vorm in het vlak. Het gaat van betrekkelijk smal en langwerpig – wat eerder aansluit bij een soort greppel – tot meer uitgestrekt met afgeronde hoeken. Soms zijn ze ietwat onregelmatig, soms zijn ze minder afgerond en vertonen ze scherpe hoeken. Oriëntaties zijn er in alle variaties en zijn bijgevolg niet eenduidig. In doorsnede vertonen ze een overwegend vlakke bodem, soms met een iets diepere zone (bv. MAL-ODU-12_360-362). Enkele vertonen eventueel lokale spadesteken (bv. MAL-RIN-20_2995). Op de korte as vertonen ze meestal ofwel een u-vormig profiel met rechte wanden ofwel een meer komvormig profiel met schuine, gebogen wanden.

In de meeste gevallen is er sprake van een duidelijke, donkere onderste laag van gemiddeld 0,15-0,25 m dikte, met een variatie tussen 0,1 m en 0,45 m. Het pakket met versmeten moedermateriaal is niet altijd even uitgesproken. In slechts ongeveer één op de drie gevallen is dit duidelijk aanwezig (vooral op de vindplaats Maldegem – Ringbaan). In sommige gevallen ontbreekt dit volledig. De bovenste vulling bestaat in de meerderheid van de gevallen uit een vrij homogeen zandig pakket dat voornamelijk (donker)bruin tot donkergrijs is.

Binnen de nederzetting liggen de artisanale kuilen op diverse plekken. Omdat de chronologische opeenvolging (of gelijktijdigheid) nooit duidelijk is, is het is evenwel moeilijk om uitspraken te doen over de ligging binnen een erf of ten opzichte van andere erfstructuren. Toch lijkt het van belang om dit – mits deze kanttekening – mee te nemen als informatie. In Damme – Stakendijke komt een exemplaar voor, spoor DAM-STA-18_739, gelegen net tegen een gracht met aan de andere zijde een hoofdgebouw, terwijl een ander exemplaar net naast een ovale kuil ligt. In Lokeren – Hoogstraat (opgraving 2018) zijn er twee quasi identieke, parallelle kuilen met 3 m ertussen gelegen in de directe nabijheid van een hoofdgebouw (LOK-HOO-18_1020 & LOK-HOO-18_1030). In Lovendegem – Supra Bazar ligt de structuur in een kuilencluster nabij een hoofdgebouw (LOV-SUP-08_587). In Oedelem – Oudeputstraat zijn er zowel een geïsoleerd exemplaar (OED-ODU-18_157) op zo'n 17 m van een hoofdgebouw, als twee exemplaren (OED-ODU-18_73 & OED-ODU-18_74) in de nabijheid van andere types kuilen verder van het gebouw. Interessant is de variatie in Maldegem – Ringbaan. Daar grenzen twee artisanale kuilen, die mogelijk gelijktijdig in gebruik waren, elk aan een waterkuil. Dit is nergens anders vastgesteld. Het gaat om kuil MAL-RIN-20_5883 bij waterhoudende structuur 5930 en kuil MAL-RIN-20_5976 bij waterhoudende structuur 5990. De ligging van deze twee structuren verschilt. In één geval ligt de combinatie van artisanale kuil met waterkuil parallel aan een hoofdgebouw, enkel gescheiden door een greppel. Aan de andere zijde van het gebouw komen nog twee bijkomende artisanale kuilen voor. In het ander geval ligt de combinatie artisanale kuil/waterkuil binnen een omgracht erf waarbij de gebouwen (zowel hoofdgebouw als bijgebouwen) in het oosten liggen. Deze zijn van een even groot deel van het omgrachte erf gescheiden door een greppel waar centraal de combinatie artisanale kuil en waterkuil voorkomt. Tegen de gracht, meer zuidelijk, ligt nog een waterput.

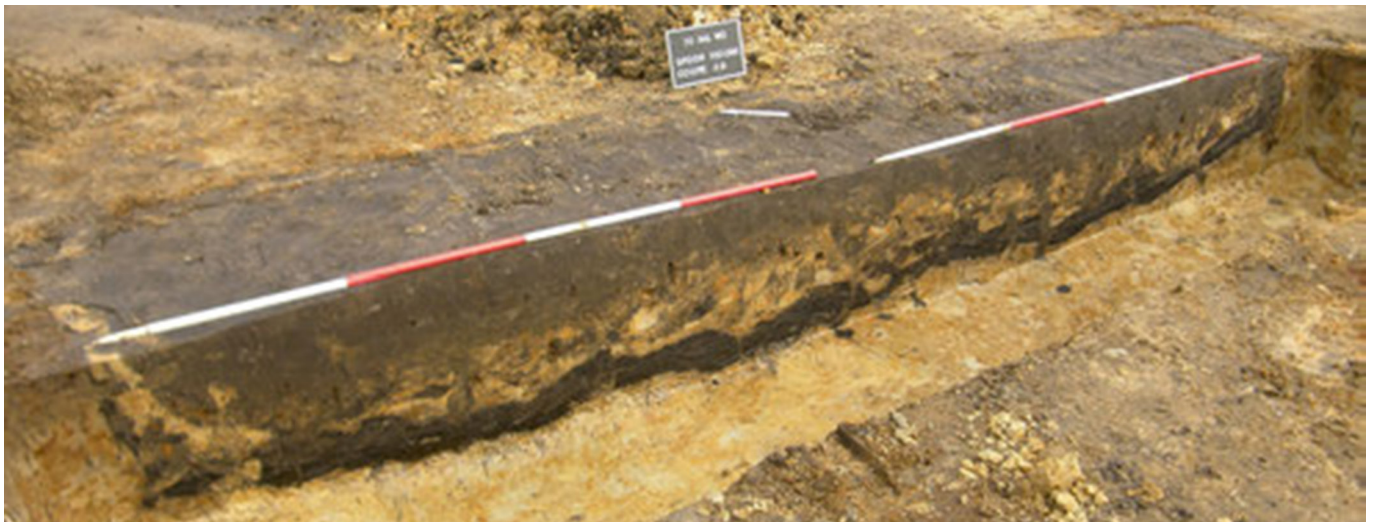
Dit type artisanale kuil lijkt vrij dominant in aandeel, ruim één vijfde van de artisanale kuilen zijn grote, langgerekte met vlakke bodem. Het type komt vaak voor op de nederzetting van Maldegem – Ringbaan (met 10 exemplaren), maar is gekend voor het gehele onderzoeksgebied. Opvallend is wel dat ze in Damme – Stakendijke slechts tweemaal voorkomt.



Figuur 6: Grote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 3665 uit Maldegem – Ringbaan



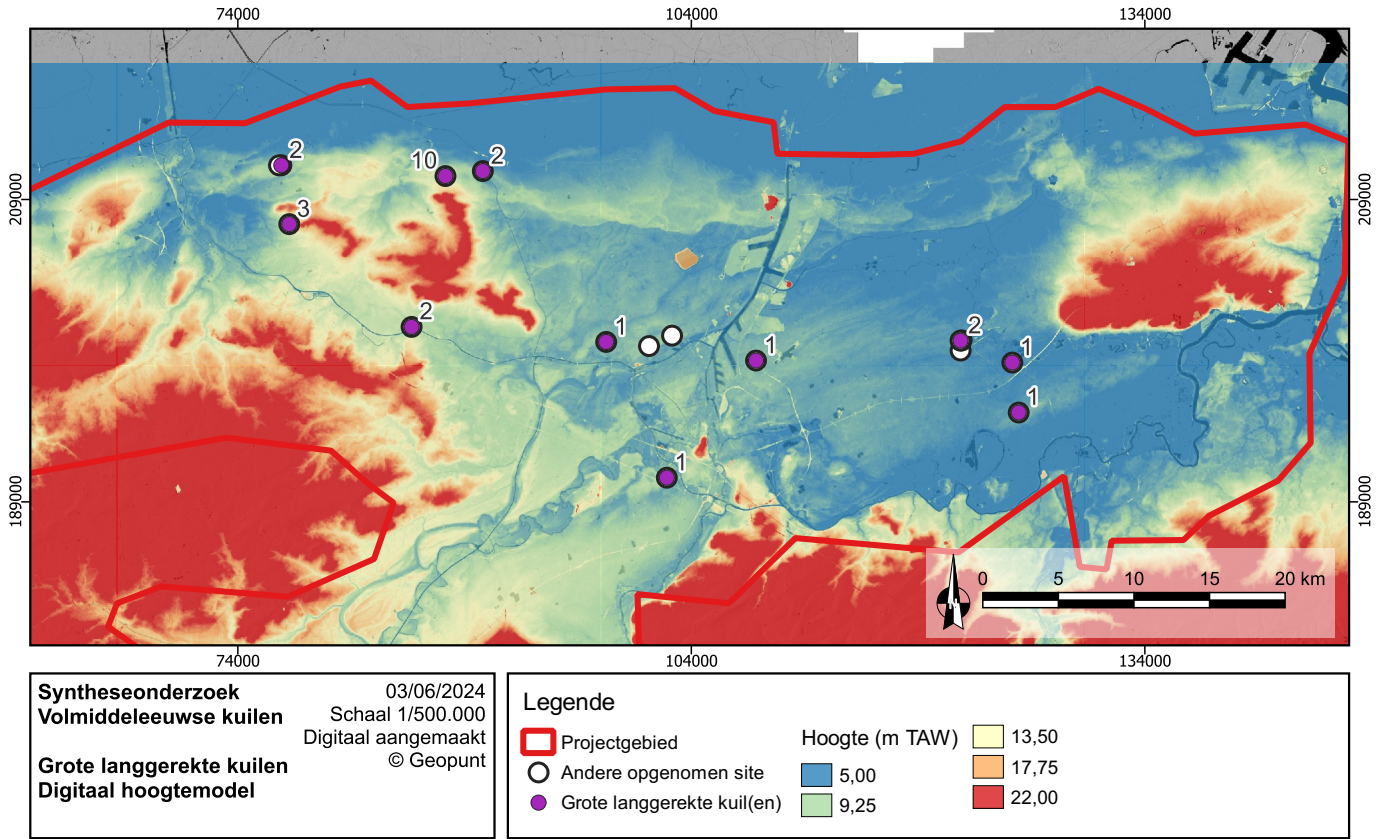
Figuur 7: Grote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 4200 uit Maldegem – Ringbaan



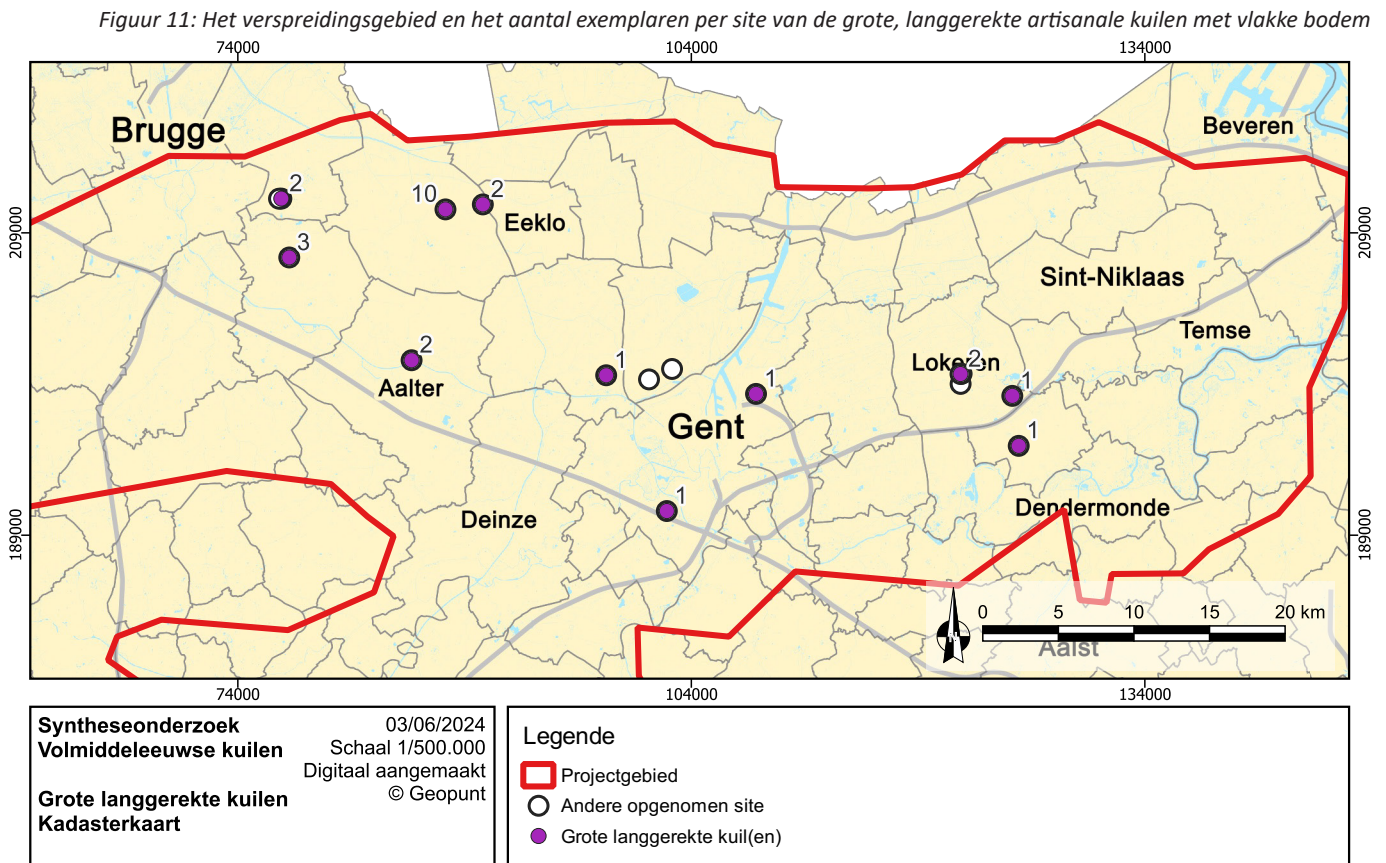
Figuur 8: Grote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 100095 uit Aalter – Woestijne



Figuur 9: Grote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 739 uit Damme – Stakendijke



Figuur 10: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de grote, langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem



Figuur 11: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de grote, langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem

4.3.2. Middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem

Het is niet geheel duidelijk of er een reëel onderscheid bestaat met de bovenstaande categorie, maar de middelgrote, langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem is misschien een kleinere variant. Er lijkt wel een verschil te zijn in dieptes en vormen in het vlak. Mogelijk betreft het dus eerder een ambiguïteit in begrenzing van de categorie dan effectief een verschillend formaat van hetzelfde type. Daarom is deze categorie ook als apart behouden.

In het vlak is er een diversiteit in vormen. Het gaat om afgeronde rechthoekige kuilen, ovale kuilen, tot bijna ronde en onregelmatige kuilen. In doorsnede wordt dit type gekenmerkt door een vrij regelmatig profiel met vlakke bodem en rechte tot lichtschiene wanden. De lengte varieert tussen 1,5 m en 4,2 m, met breedtes die gaan van 0,80 m tot 3,74 m. De diepte varieert tussen 0,25 m en 1,06 m, maar 0,25 m is wel een uitzondering. Er zijn drie artisanale kuilen tussen 0,40 m en 0,50 m, vier rond 0,60 m en vijf rond 1 m. Deze kuilen lijken dus iets dieper dan de categorie van de grote, langgerekte structuren.

De opvulling is gelijkaardig aan de grote langgerekte sporen, met soms een zeer afgetekende vullingslaag (versmeten) moedermateriaal. In bepaalde gevallen is deze laag evenwel (bijna) niet aanwezig. De dikte van het onderste donkere pakket is bijna steeds beperkt tot maximaal 0,30 m. Twee exemplaren in Damme – Stakendijke wijken af omwille van de grotere dikte maar gaan mee met de uitwaaiende sporen (zie *infra*).

Binnen het type middelgroot-langgerekte bevinden zich twee speciale exemplaren. In Aalter – Woestijne is na het opvullen van de oorspronkelijke kuil een tweede, iets kleinere kuil aangelegd centraal in de originele (AAL-WOE-10_330132). Deze tweede kuil vertoont ook een duidelijk donkere onderste laag. In Evergem – Ralingen (EVE-RAL-09_278) is er sprake van een uitzonderlijke gelaagdheid met boven het organische pakket onderaan telkens een afwisseling van een laag versmeten moederbodem en een grijze zandvulling met helemaal bovenaan ook een laag verbrande leem.

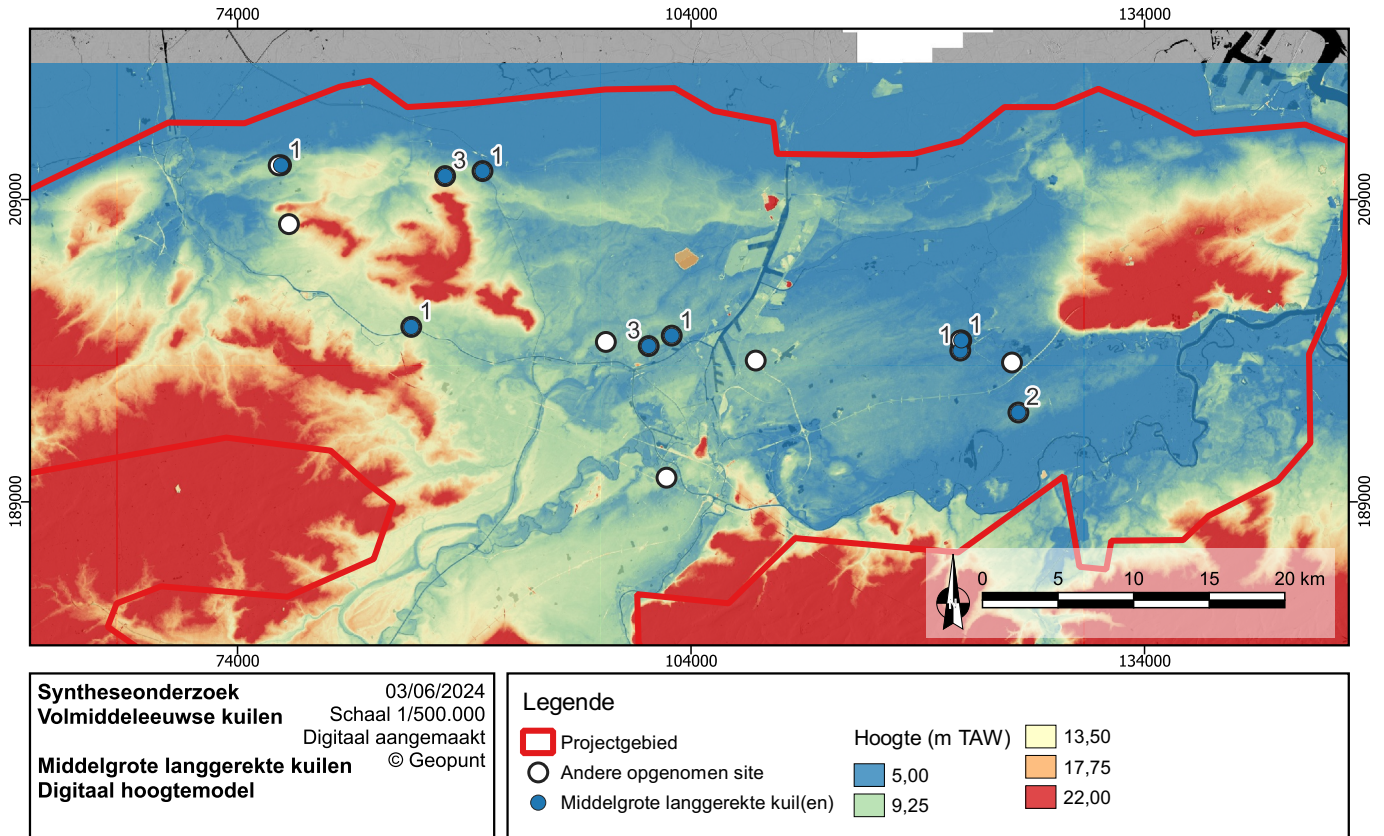
Dit type kent binnen de artisanale kuilen een aandeel van ongeveer 12%. Het komt voor in het gehele onderzoeksgebied, telkens in lage aantallen.

Figuur 12: Middelgrote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 278 uit Evergem – Ralingen

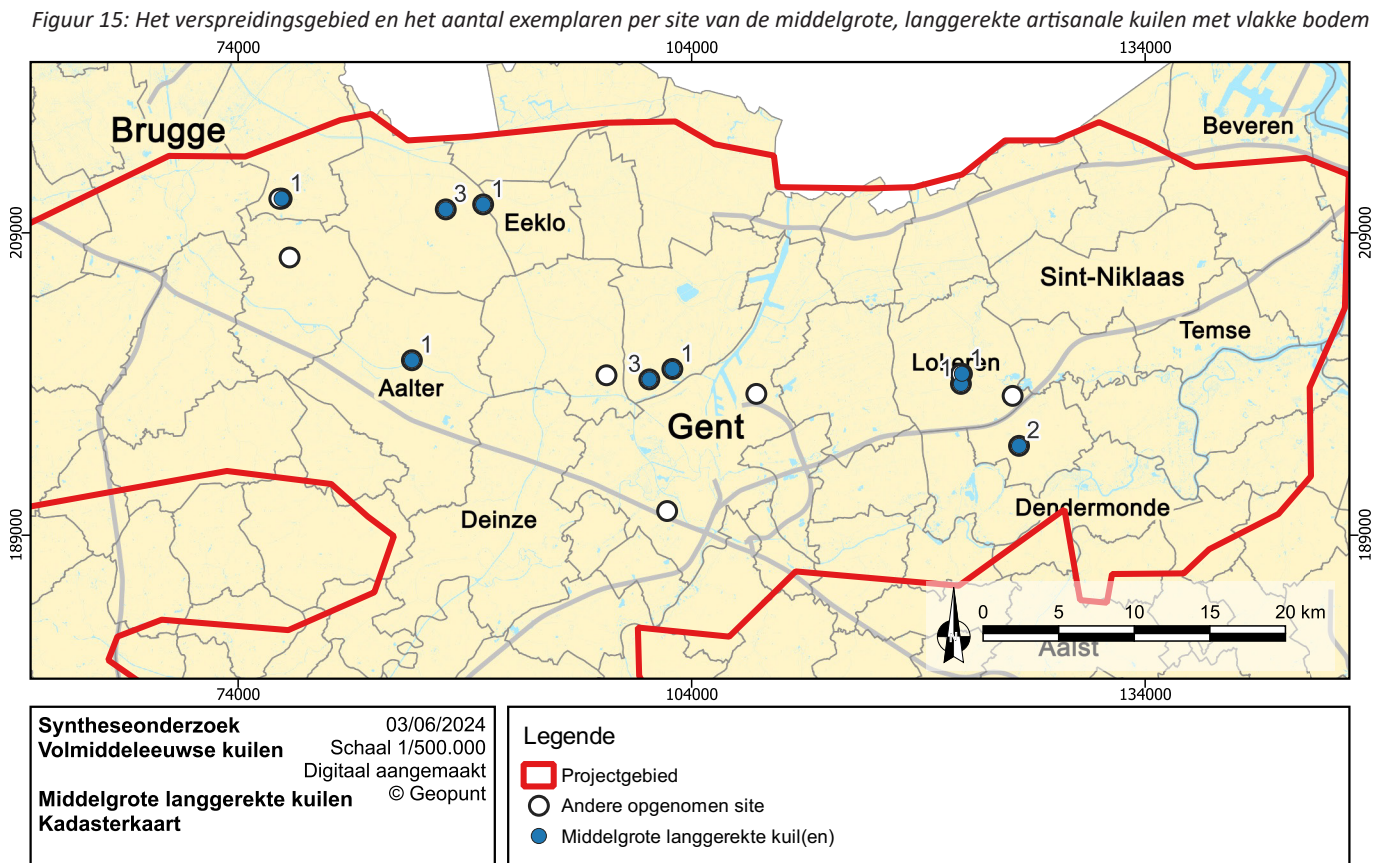


Figuur 13: Middelgrote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 3225 uit Lokeren – Hoogstraat





Figuur 14: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de middelgrote, langgerechte artisanale kuilen met vlakke bodem



Figuur 15: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de middelgrote, langgerechte artisanale kuilen met vlakke bodem



Figuur 16: Middelgrote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem 1028 uit Damme – Stakendijke

Figuur 17: Middelgrote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem II46 uit Evergem – Ralingen



4.3.3. Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede

Dit type van artisanale kuil kenmerkt zich door de specifieke vorm in doorsnede en het verschil in grootte met de andere categorieën. De artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede vertonen in het vlak veel variatie. Het merendeel is ovaal of afgerond rechthoekig, met zelfs enkele ronde exemplaren. In doorsnede gaat het om platte, eerder brede rechthoekige profielen (maar minder lang dan de middelgrote langgerechte structuren in vlak en doorsnede), én om vrij diepe rechthoekige profielen die bijgevolg smaller zijn. Kenmerkend zijn niet steeds volledig rechte wanden, maar ook exemplaren die onderaan rechte wanden hebben om naar boven toe iets breder te worden. Dit kan te maken hebben met latere opvulling.

De lengte varieert van 1 m tot 3,55 m terwijl de breedte tussen 0,81 m en 2,5 m zit, met één uitzondering van 0,57 m. Grosso modo is er mogelijk sprake van drie groepen: één tussen 0,80 m en 1,10 m, één van 1,30 tot 1,60 m en één van 2 tot 2,5 m. Het donkere pakket varieert van 0,09 m tot 1,1 m dikte. Soms betreft het dus slechts een dunne band terwijl andere kuilen een dik pakket bevatten. Deze variatie in dikte is onafhankelijk van de breedte en diepte van het spoor. Soms is het pakket erg gelaagd en anders zeer homogeen.

De artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede vertegenwoordigen ruim een kwart van alle kuilen en zijn zo de meest voorkomende groep. Ze komen vooral voor in Damme – Stakendijke (met 13 exemplaren) en in Zele – Eekstraat (met 6 exemplaren) waar ze telkens het meest vertegenwoordigde type zijn. Dit is ook het geval in Evergem - Steenovenstraat. Het type komt daarentegen sporadischer voor in Lovendegem – Supra Bazar, Lokeren – Hoogstraat en Maldegem – Ringbaan.

Figuur 18: Artisanale kuil met een rechthoekige doorsnede 6734 uit Maldegem – Ringbaan



Figuur 19: Artisanale kuil met een rechthoekige doorsnede 482 uit Damme – Stakendijke





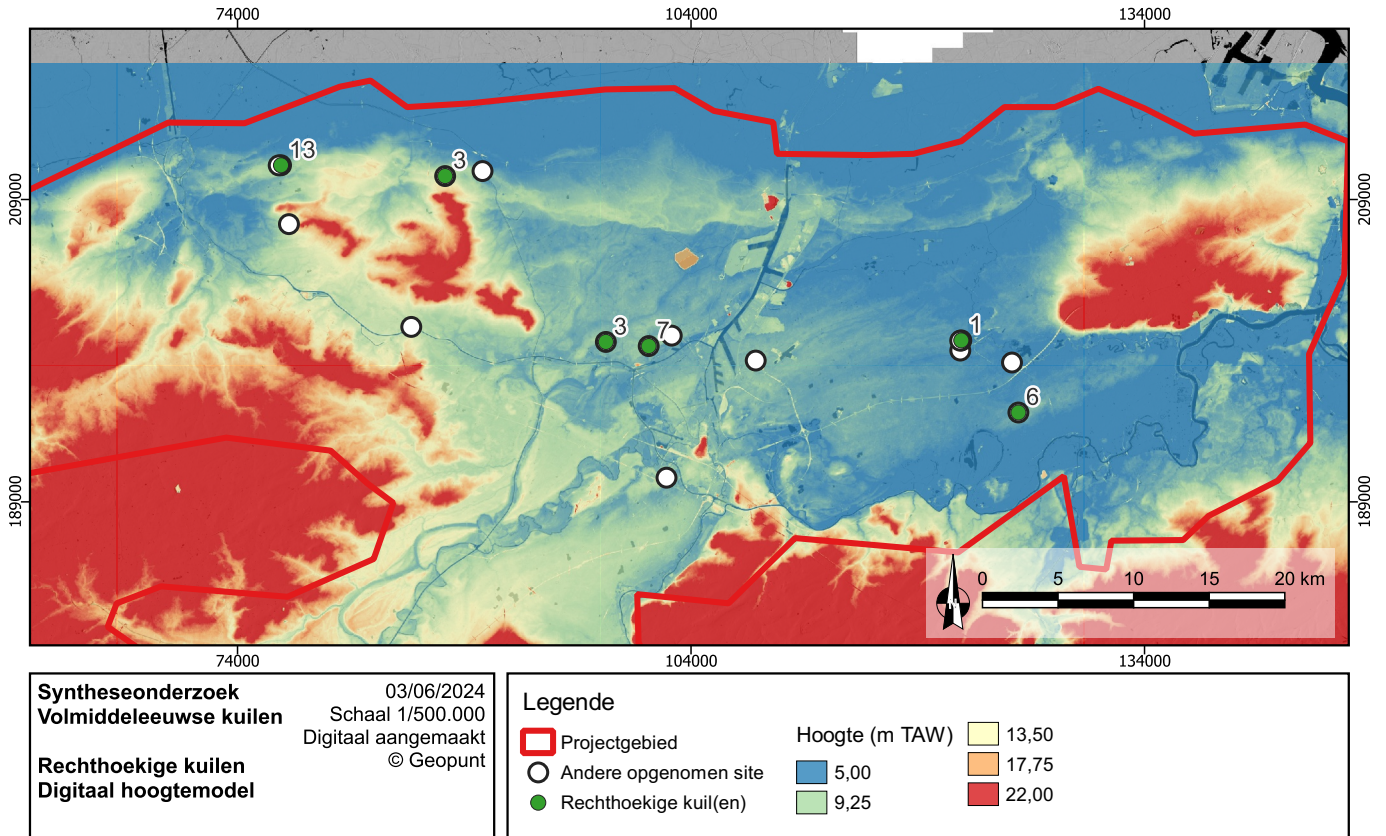
Figuur 20: Artisanale kuil met een rechthoekige doorsnede 784 uit Zele – Eekstraat



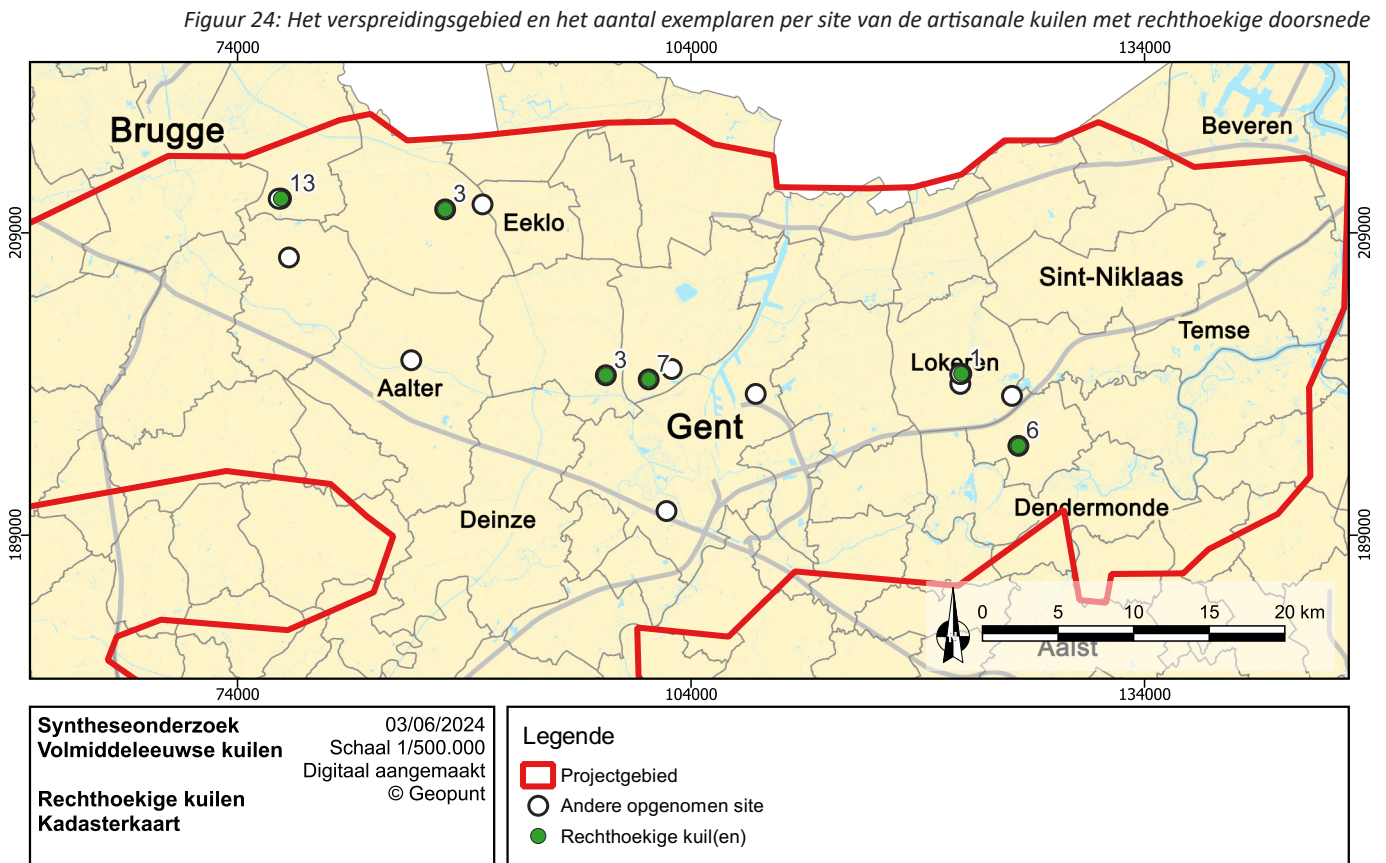
Figuur 21: Artisanale kuil met een rechthoekige doorsnede 81 uit Zele – Eekstraat



Figuur 22: Artisanale kuil met een rechthoekige doorsnede 1058 uit Damme – Stakendijke



Figuur 23: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de artisanale kuilen met rechthoekige doorsnede



Figuur 24: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de artisanale kuilen met rechthoekige doorsnede

4.3.4. Artisanale kuilen met een komvormige doorsnede

De artisanale kuilen met een komvormige doorsnede zijn een apart te definiëren categorie door het ontbreken van een vlakke bodem en het dominant aanwezig zijn van een komvormig profiel; terwijl er wel nog sprake is van een specifieke gelaagdheid. In het vlak tekenen deze structuren zich steevast af als ovaal of afgerond rechthoekig (tot bijna vierkant). In doorsnede verraadt de naamgeving dat het effectief gaat om komvormige profielen, zonder of met sterk afgeronde hoeken en soms met één wand schuiner dan de andere.

Qua afmetingen varieert dit type in het vlak tussen 1,2 m op 1,2 m tot 2,7 m op 3 m. De diepte verschilt tussen 0,35 m en 1,18 m. De onderste laag is meestal eerder dun. Er is één afwijking met een dikte van 0,50 m maar alle andere structuren hebben maximaal een onderste pakket van 0,25 m. In Oedelem – Oudeputstraat bevatten twee exemplaren (OED-OUD-18_67 & OED-OUD-18_139) een afwijkende opvulling met in het onderste organische pakket veel verbrande leembrokken. De komvormige artisanale kuil van Zele – Eekstraat (ZEL-EEK-14_582) vertoont dan weer een sterk gelaagd organisch pakket.

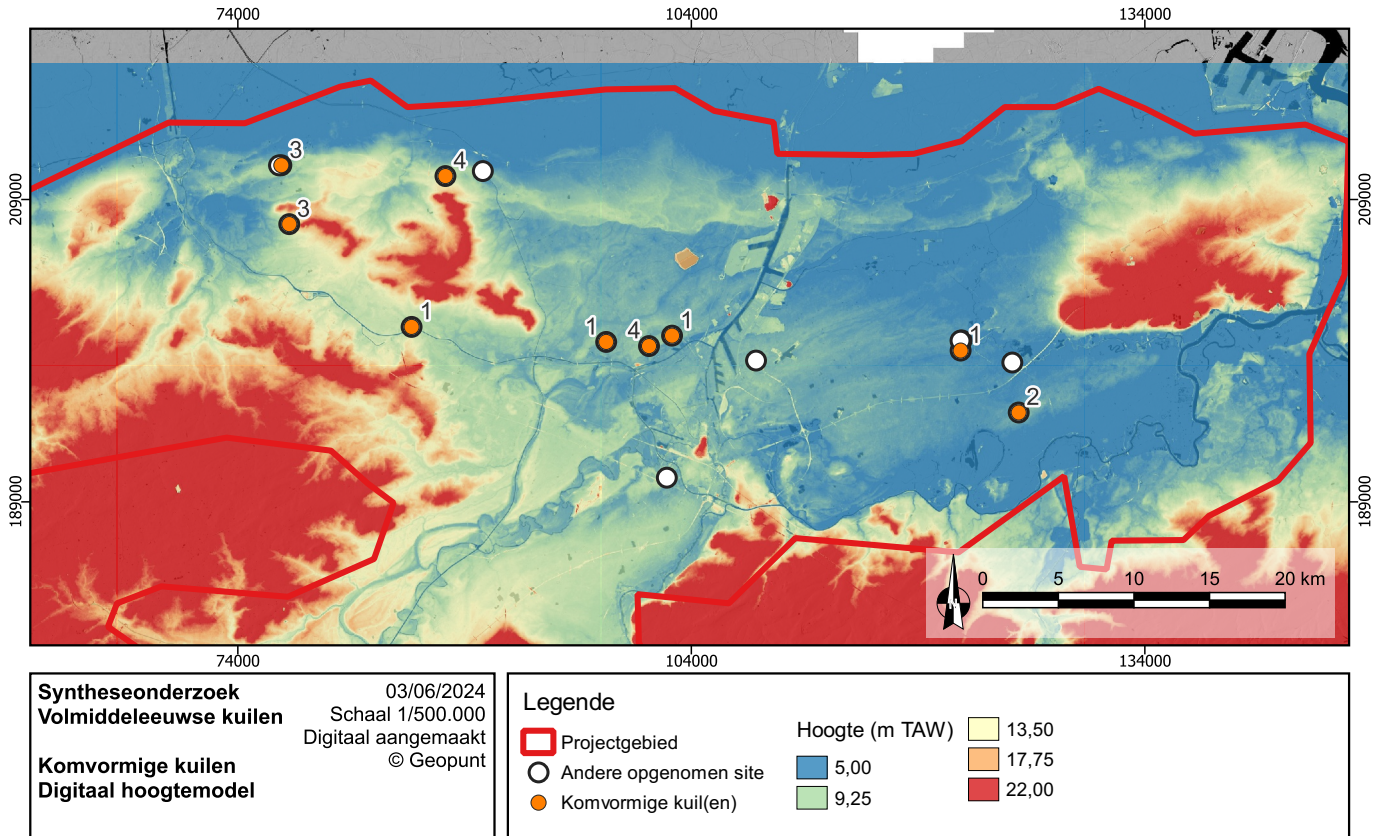
Deze komvormige structuren vertegenwoordigen ongeveer 16% van het totaal aantal artisanale kuilen. Ze komen over het volledige onderzoeksgebied voor maar nooit als de dominantste aanwezige kuil. Oedelem – Oudeputstraat vormt hierop een uitzondering met drie dergelijke exemplaren op een totaal van zes.



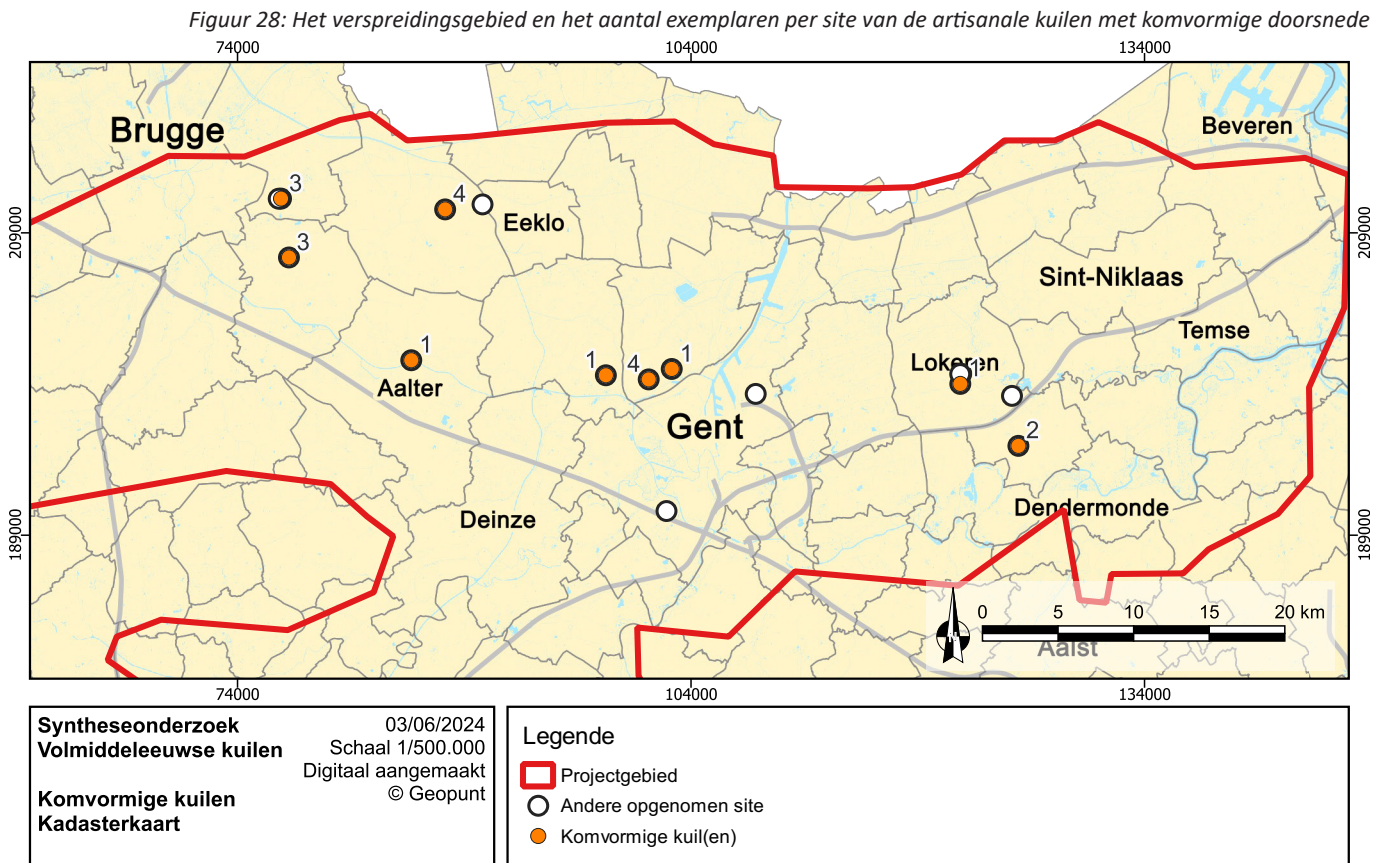
Figuur 25: Artisanale kuil met een komvormige doorsnede 742 uit Lovendegem – Supra Bazar



Figuur 26: Artisanale kuil met een komvormige doorsnede 139 uit Oedelem – Oudeputstraat



Figuur 27: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de artisanale kuilen met komvormige doorsnede



Figuur 28: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de artisanale kuilen met komvormige doorsnede



Figuur 29: Artisanale kuil met een komvormige doorsnede I65 uit Evergem – Steenovenstraat



Figuur 30: Artisanale kuil met een komvormige doorsnede II79 uit Evergem – Steenovenstraat

4.3.5. Artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede

Dit type kuil wijkt af van alle andere types en is grotendeels op één site vastgesteld. De artisanale kuilen met klokvormig, uitgewaaierde doorsnede zijn teruggevonden in Damme – Stakendijke (opgraving 2010), waar alle vastgestelde kuilen tot dit type behoorden. Slechts op een beperkt aantal andere plaatsen komt dit type voor. De indeling in dit type is gebaseerd op de uitwaaierende onderste laag, waardoor het profiel eerder een klokvorm vertoont. De kuilen vertonen wel een gelijkaardige vulling als de andere artisanale kuilen, vandaar hun opname in dit overzicht. In Damme – Stakendijke werden ze door de klokvorm geïnterpreteerd als silo's, waarbij ze in een cluster voorkwamen, op een regelmatige afstand van elkaar (tussen 7 m en 9 m), in een aparte zone niet ver van een hoofdgebouw. De regelmatige en gespatieerde plaatsing lijkt er op te wijzen dat er mogelijk sprake is van een doelbewuste en gestructureerde aanleg. De kuilen lijken ook aangelegd tot in de grondwatertafel. Dit zou een verklaring vormen voor het uitwaaiëren van de onderste lagen, mogelijk door inkalving of bodemprocessen ten gevolge van grondwaterwerking. Potentieel betreft dit dus geen volwaardig type maar valt het qua oorspronkelijke vorm te verdelen over de andere types van artisanale kuilen.

In het vlak vertonen deze artisanale kuilen een ronde tot ovale vorm met afmetingen van 1 m bij 1 m tot 2,2 m bij 2,4 m. Ze zijn tussen 0,45 m en 1,32 m diep onder het opgravingsvlak aangelegd, maar de meeste situeren zich tussen 0,60 m en 0,90 m diep. In doorsnede komen de sporen het best overeen met ofwel U-vormige tot rechthoekige doorsnedes of komvormige sporen, met dat verschil dat de onderste laag onderaan sterk uitwaaiert. Het gaat om overwegend vlakke tot licht golvende bodems waarbij soms schopsporen zijn bewaard. De vulling is vrij typisch met onderaan een dik pakket dat organisch aandoet. Daarboven zit de middelste laag met versmeten moedermateriaal die wel eerder dun is, of zelfs beperkt tot niet aanwezig. De afdekking omvat homogeen grijs zand.

Dit type is door de grote aanwezigheid in Damme – Stakendijke verantwoordelijk voor een aandeel van 13% van het totaal aantal artisanale kuilen. Het is evenwel mogelijk dat deze sporen eerder verdeeld dienen te worden onder andere types zoals de kuilen met komvormige of rechthoekige doorsnede.

Figuur 31: Artisanale kuil met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede SL37-14 uit Damme – Stakendijke





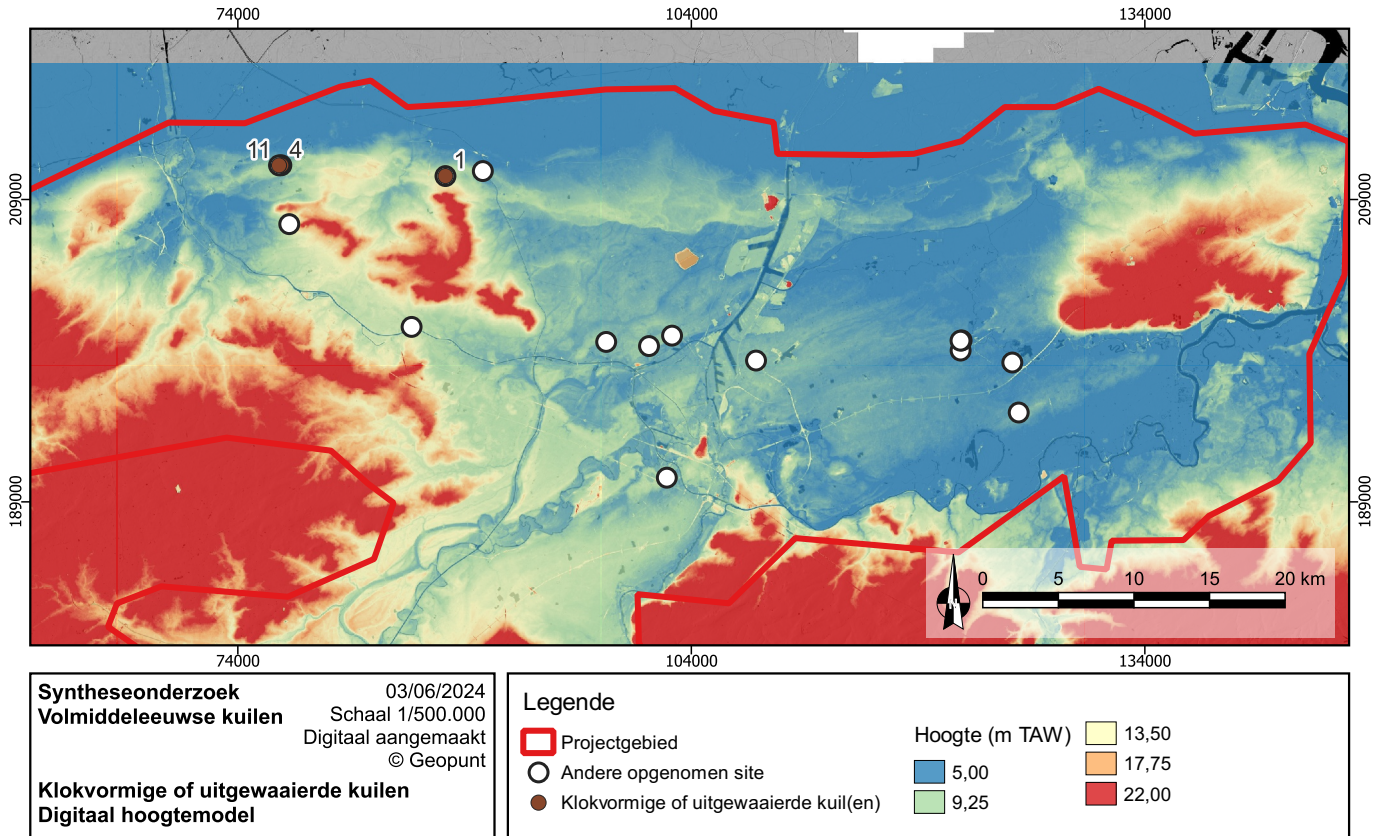
Figuur 32: Artisanale kuil met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede 1054 uit Damme – Stakendijke



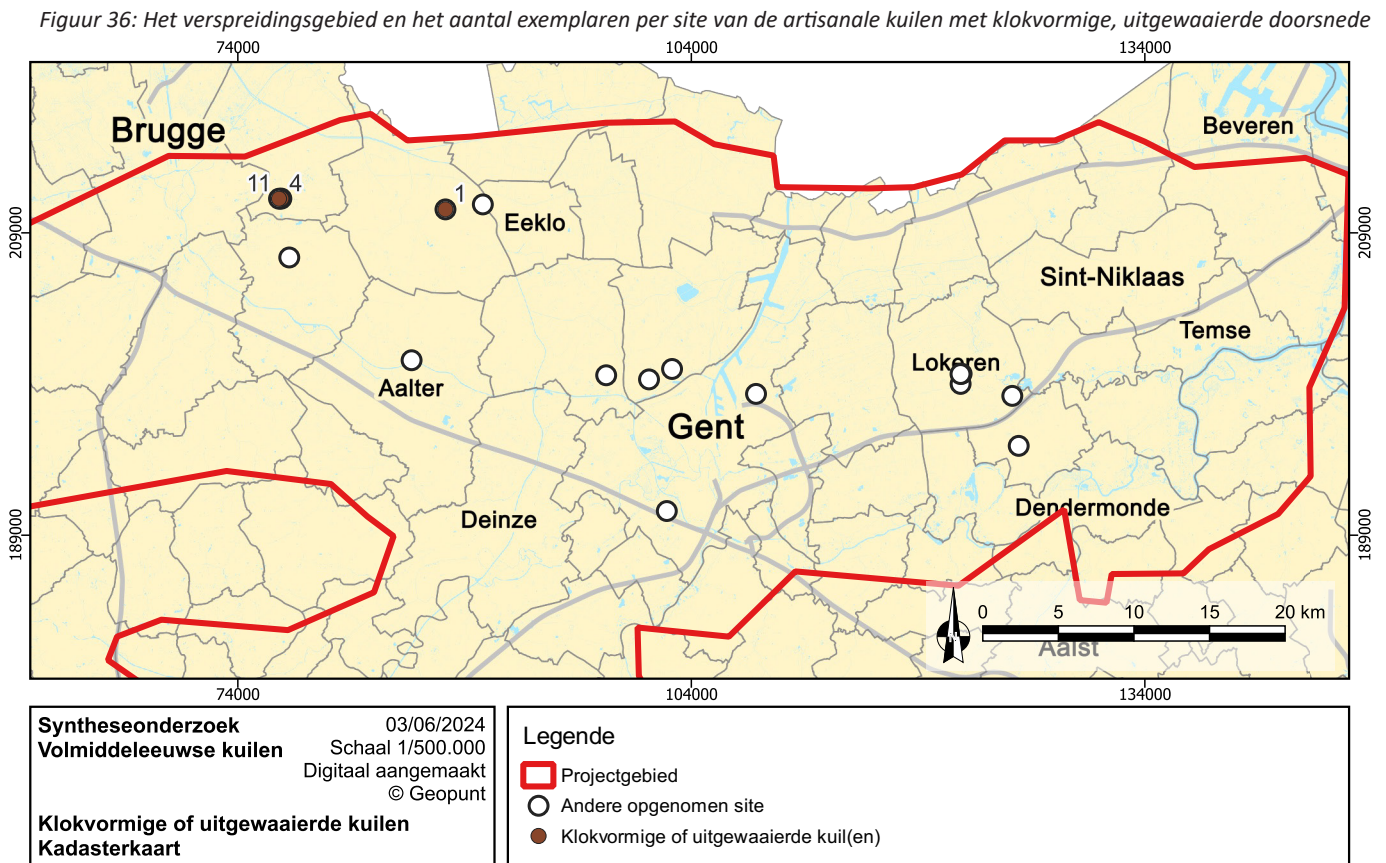
Figuur 33: Artisanale kuil met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede 1423 uit Damme – Stakendijke



Figuur 34: Artisanale kuil met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede 3030 uit Maldegem – Ringbaan



Figuur 35: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de artisanale kuilen met klokvormige, uitgewaaierde doorsnede



Figuur 36: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de artisanale kuilen met klokvormige, uitgewaaierde doorsnede

4.3.6. Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen

In een beperkt aantal gevallen lijkt een combinatie van twee naast elkaar gelegen artisanale kuilen voor te komen die (mogelijk) in onderling verband staan. Gezien de specifieke opvulling van de sporen – de vullingen zijn telkens sterk gelijkaardig qua sediment, aanwezige pakketten en dikte ervan – lijken ze bovendien gelijktijdig. Het is niet zo dat de ene kuil over de andere heen is aangelegd (wat ook is vastgesteld in een aantal gevallen). In twee gevallen gaat het om volledig gescheiden delen die enkel bovenaan in het profiel met elkaar zijn verbonden. Beide delen zijn gelijkaardig in diepte en opvulling. Mogelijk zijn deze twee artisanale kuilen dan ook doelbewust samen in gebruik geweest. Ze komen voor in Aalter – Woestijne, Damme – Stakendijke (opgraving 2018) en Maldegem – Ringbaan. Hoewel het aandeel eerder beperkt is om er betrouwbare uitspraken over te doen, is er mogelijk sprake van een fenomeen dat zich rond de cuesta situeert.

Wat betreft vormen in het vlak, zijn deze ovaal of eerder onregelmatig door de combinatie van twee spoordelen. In essentie vertonen elk van de spoordelen in doorsnede doorgaans een komvormig of een rechthoekig profiel. De lengtes variëren tussen 2,9 m en 9 m, maar voornamelijk rond 3 m tot 4 m. De dieptes onder het opgravingsvlak bevinden zich tussen 0,60 m en 1,20 m, met meestal een diepte van 1,10 m.

De opvulling is gelijkaardig aan de andere artisanale kuilen; ze wordt onderaan gekenmerkt door een donker pakket in beide delen, soms doorlopend. De onderste lagen zijn bij de verschillende structuren variabel; er is zowel sprake van een homogeen pakket als van een duidelijke gelaagdheid. Opvallend zijn de jongere vullingen (zowel het moedermateriaal als de homogene opvulling bovenaan) die over beide delen heen doorlopen.

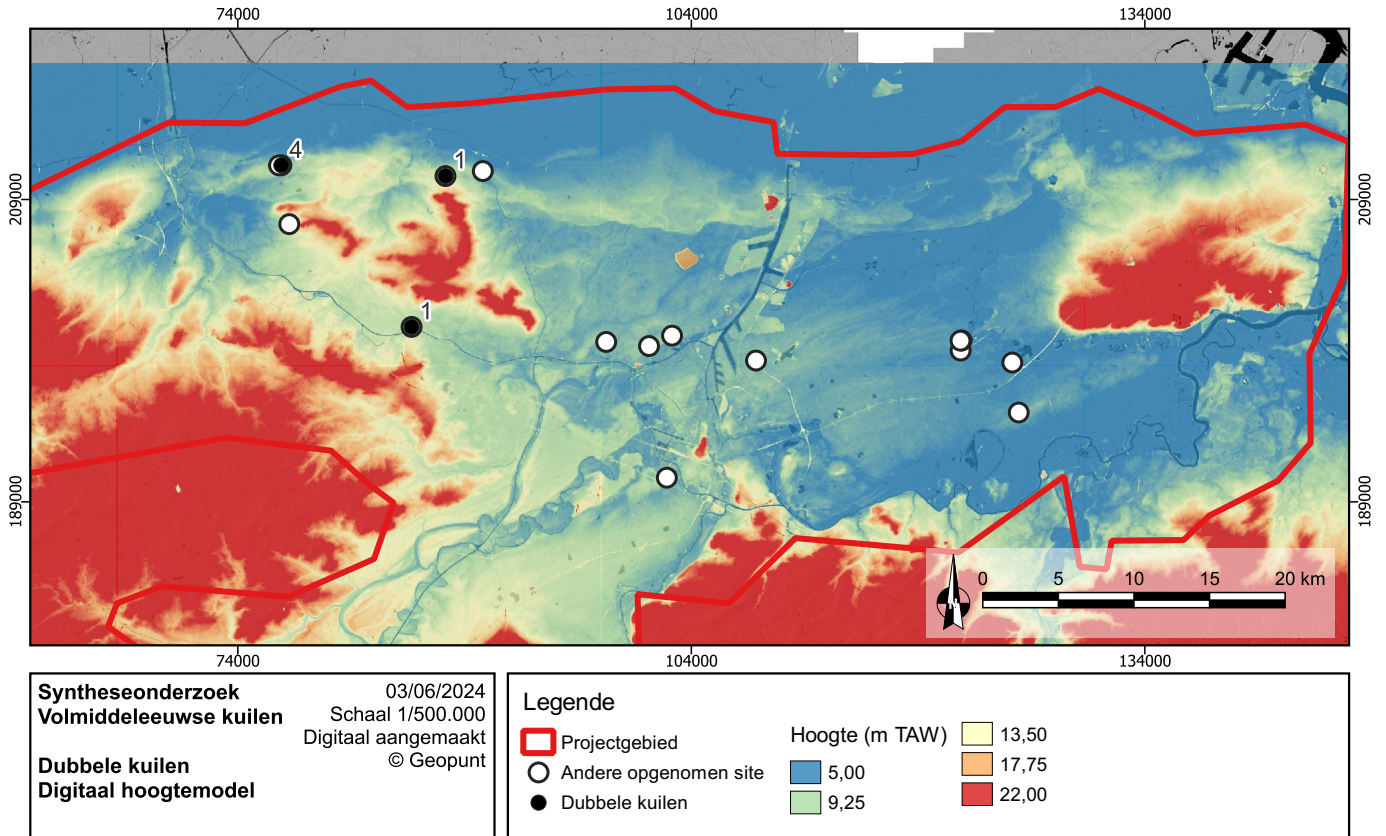
Wat de tweeledige structuur betreft is het bijzonder moeilijk de ware aard of betekenis te achterhalen. Betreft het een dual of meervoudig gebruik binnen hetzelfde type handeling als primair gebruik, of gaat het om diverse functies binnen één structuur – mogelijk verschillende fases van een verwerkingsproces – is onduidelijk en valt wellicht ook niet te achterhalen. Het is evenwel een interessante vaststelling dat dit type structuren voorkomt.

Figuur 37: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuil 5293 uit Maldegem – Ringbaan

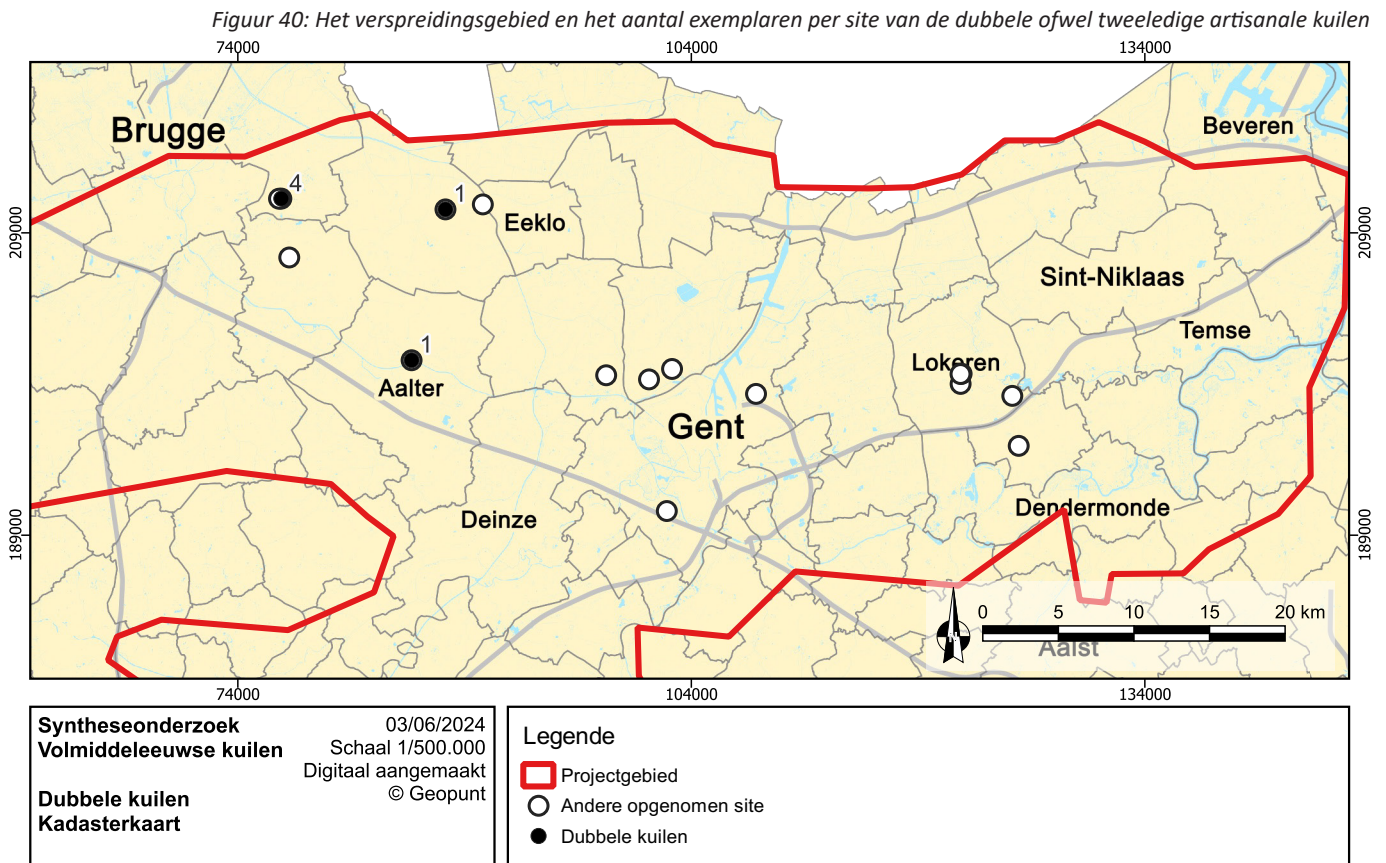


Figuur 38: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuil 2848 uit Maldegem – Ringbaan





Figuur 39: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen



Figuur 40: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen



Figuur 41: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuil 435 uit Damme – Stakendijke



Figuur 42: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuil 483-663 uit Damme – Stakendijke



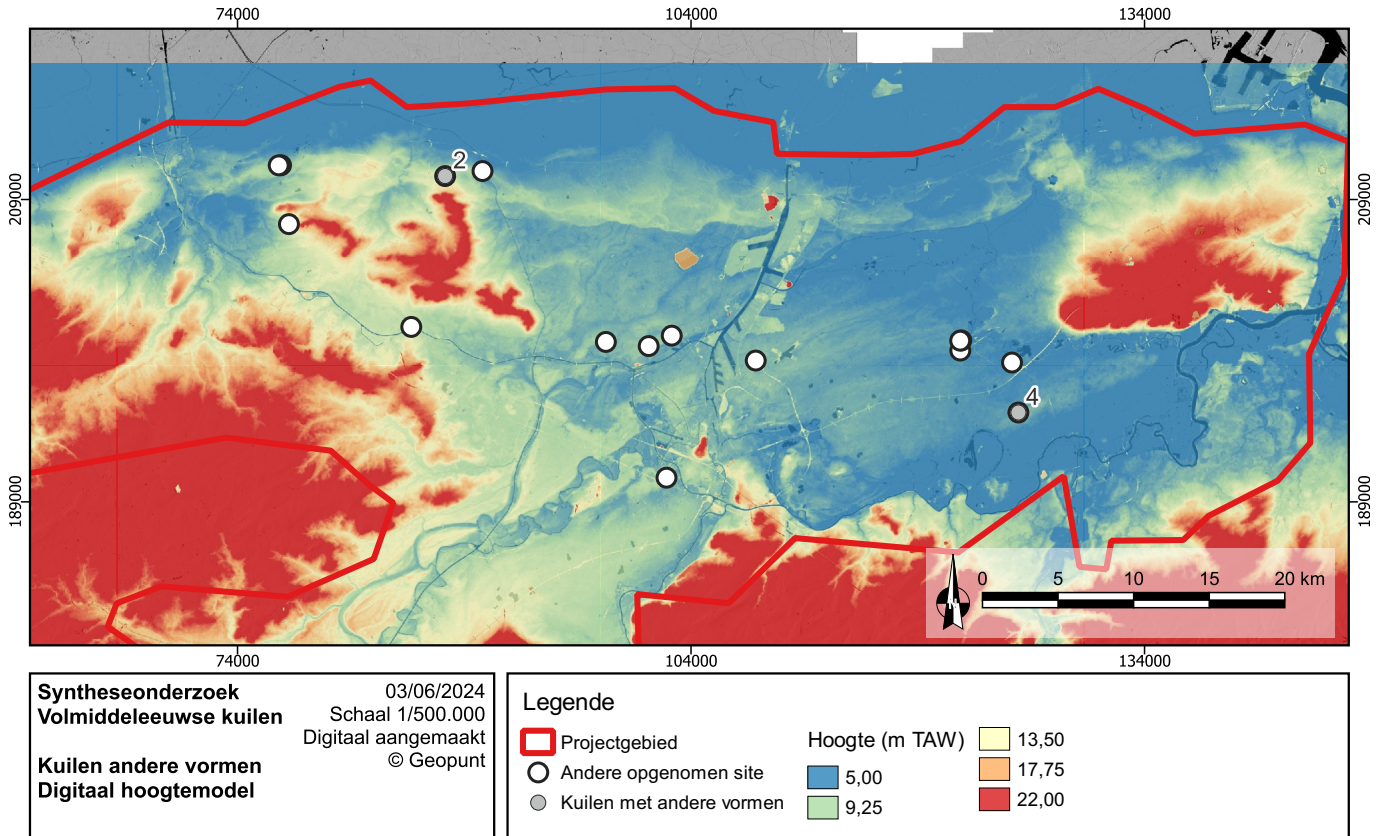
Figuur 43: Andere artisanale kuil 789 uit Zele – Eekstraat



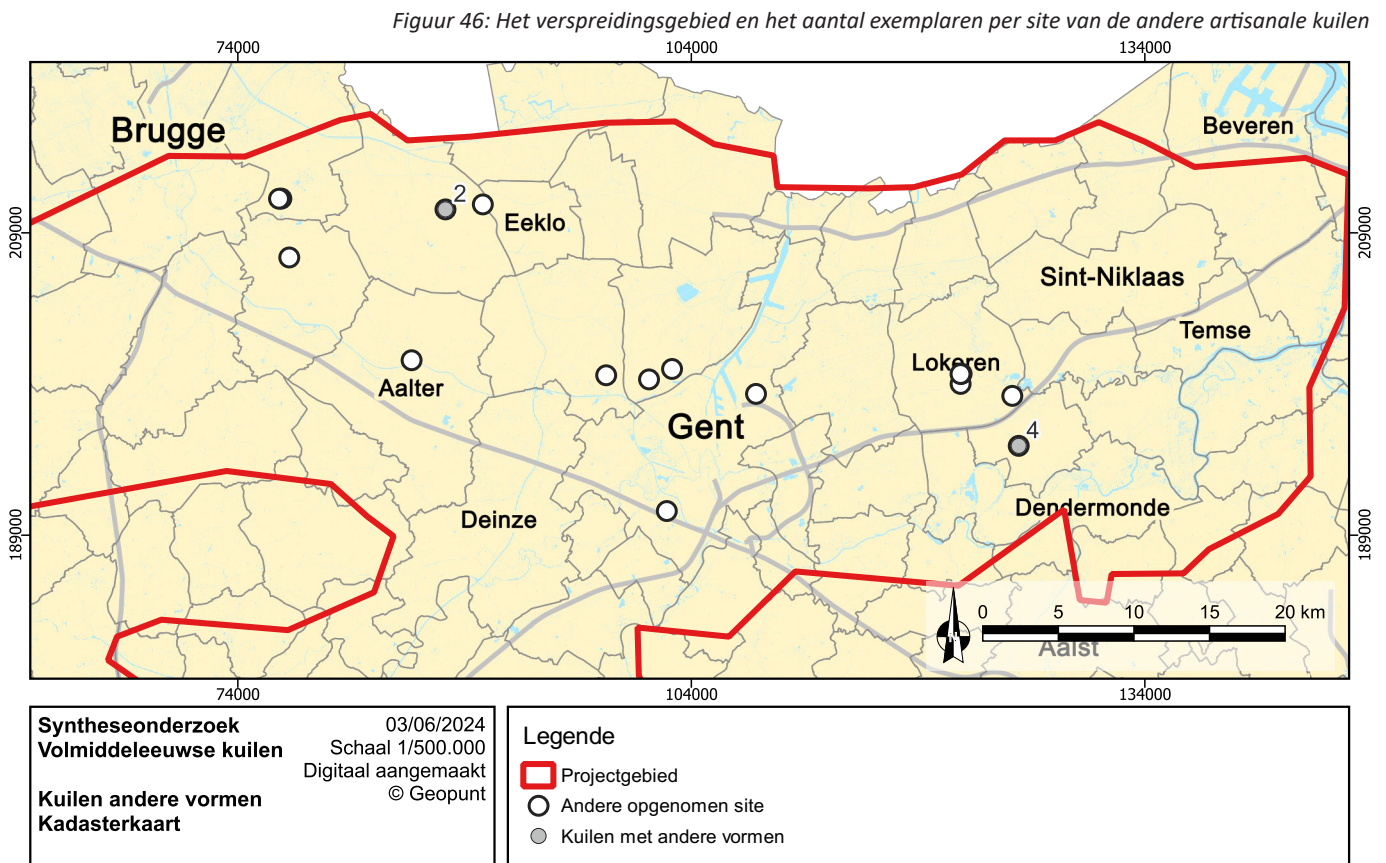
Figuur 44: Andere artisanale kuil 4357 uit Maldegem – Ringbaan

4.3.7. Andere vormen

Er zijn nog een 5% van de artisanale kuilen die niet onmiddellijk in één van de bovenstaande categorieën thuishoren maar op basis van de opvulling wel als artisanale kuil bestempeld kunnen worden. Het betreffen vooral variaties in doorsnede die als tussenvorm of afwijkend van de vooropgestelde categorieën kunnen gezien worden. Zo zijn er structuren met een V-vormige doorsnede (bv. ZEL-EEK-14_789), een onregelmatige bodem, een getrapt profiel en met één schuine zijde (bv. ZEL-EEK-14_586). Deze niet-nader definieerbare structuren komen vooral voor in Zele – Eekstraat (met vier exemplaren) en in Maldegem – Ringbaan (met twee exemplaren), niet toevallig beide grote opgravingen met veel voorkomende types.



Figuur 45: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de andere artisanale kuilen



Figuur 46: Het verspreidingsgebied en het aantal exemplaren per site van de andere artisanale kuilen

4.3.8. Typologische variatie en spreiding

In totaal zijn de 121 geregistreerde sporen verder bestudeerd op basis van de beschikbare informatie. Door de verschillen in morfologie, en dan vooral in doorsnede en grootte, lijkt er sprake van variërende verschijningsvormen die vatbaar zijn in diverse categorieën of types. Hoewel de scheidingslijnen niet altijd eenduidig zijn, is het wel duidelijk dat er diverse soorten artisanale kuilen bestaan.

Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede zijn meest voorkomend. In totaal zijn er 33 exemplaren aangetroffen, wat goed is voor een aandeel van 27%. De tweede meest voorkomende vorm betreffen de grote langgerekte artisanale kuilen waarvan er 26 zijn herkend, goed voor een aandeel van 21%; gevolgd door de artisanale kuilen met een komvormige doorsnede waarvan 20 exemplaren zijn opgenomen, goed voor een kleine 17%. De artisanale kuilen met een klokvormig profiel en de middelgrote langgerekte artisanale kuilen zijn vergelijkbaar met respectievelijk 16 en 14 gekende exemplaren, corresponderend met ruim 13% en een kleine 12%. Hierbij valt de kanttekening te maken dat de structuren met klokvormige doorsnede mogelijk eerder door waterwerking ontstaan zijn en verdeeld dienen te worden onder andere categorieën. Tot slot komen de dubbele of tweeledige artisanale kuilen even vaak voor als de restcategorie met andere vormen, voor telkens 6 exemplaren ofwel 5%.

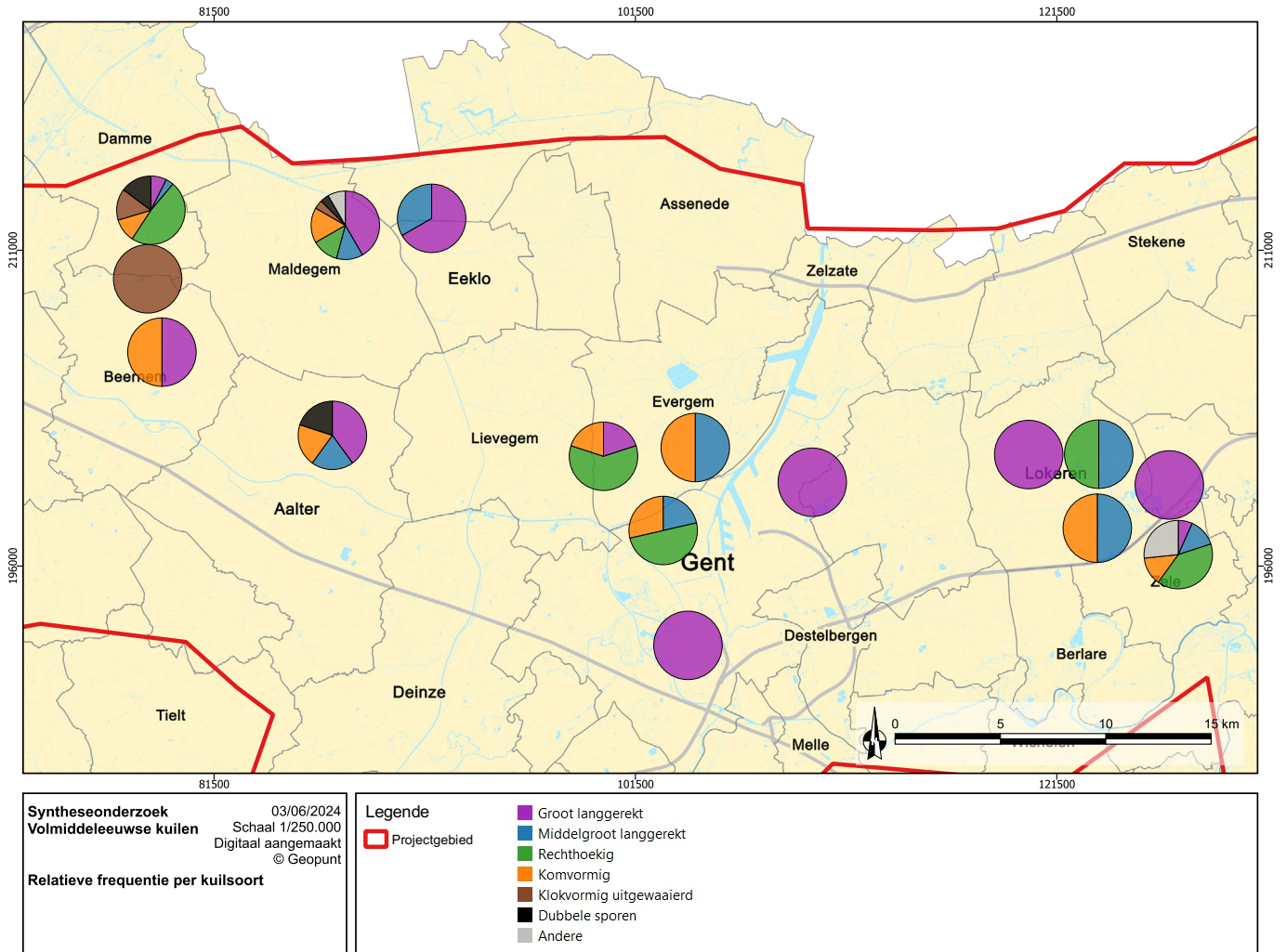
De grootste variatie komt uiteraard voor op sites waar aanzienlijke aantallen artisanale kuilen zijn aangetroffen. Er zijn echter geen duidelijke combinaties van types die steeds samen voorkomen of andere correlaties die merkbaar zijn. De enige site die merkbaar opvalt, is Damme – Stakendijke (opgraving 2010). Hier komen enkel structuren met klokvormige doorsnede voor, maar dit met de gekende kanttekening dat het mogelijk te wijten is aan waterwerking. Opvallend is echter de aparte zone met enkel artisanale kuilen, in tegenstelling tot andere sites waar er een meer gemengd verspreidingspatroon merkbaar is (zie *infra*).

Als het fenomeen per clusterregio wordt geëvalueerd, zijn er geen grote verschillen wat het algemene beeld betreft. In grote lijnen betreft het dezelfde verhoudingen – of op zijn minst dezelfde dominant voorkomende types – als voor de gehele groep. Er is wel een verschil in aantal sites en kuilen per regio. Voor de kustregio gaat het in totaal om maar liefst 77 geregistreerde artisanale kuilen, wat niet vreemd is gezien het voorkomen van zowel Damme – Stakendijke als Maldegem – Ringbaan. Voor de regio Gent betreft het 23 exemplaren en voor regio Lokeren 22. De statistische basis voor verdere analyses is te klein om zinvolle uitspraken te doen. Het is evenwel duidelijk dat variatie voorkomt en dat er significante typologische verschillen voorkomen.

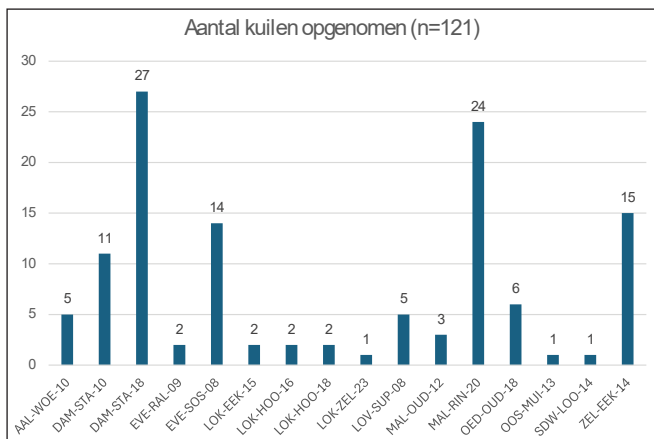
Eén van de prangende vragen is of deze typologische variatie ook een functionele diversiteit inhoudt of niet. Op het eerste zicht lijkt dit potentieel wel het geval gezien de grote verschillen in aard van deze structuren op zich. Enkel verder natuurwetenschappelijk onderzoek kan hier een tipje van de sluier lichten, en deze typologische studie is dan ook aanleiding om twee veel voorkomende types verder te gaan bestuderen (zie hoofdstuk 5). Het is wel duidelijk dat om sluitende antwoorden te vinden, dit syntheseonderzoek niet kan voldoen wegens de te kleine budgetten om al deze types uitvoerig te bestuderen. Dit natuurwetenschappelijk onderzoek zal vooral richtinggevend zijn voor verder onderzoek.

4.4. Ligging binnen de erven

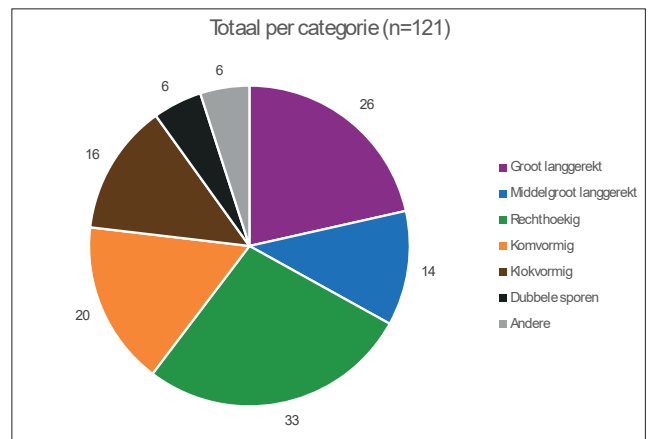
Niet alleen de artisanale kuilen zelf vertonen een brede variatie in voorkomen, ook hun inplanting en ligging binnen de erven is weinig eenduidig. Er zijn geen grote conclusies te trekken wat betreft de typische inplanting van een bepaald type ten opzichte van bepaalde andere erfstructuren. Grote lijnen ontbreken wat dit thema betreft, dus lijkt het zinvoller om enkele sites die opvallen te overlopen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het onmogelijk is om vast te stellen of sporen en structuren daadwerkelijk contemporair zijn. Bijkomend dient er ook rekening gehouden te worden met de begrenzing van opgravingen: een aangesneden structuur kan geïsoleerd lijken, maar horen bij een erf net buiten een opgravingsvlak of binnen een verstoorde zone. Daarom zijn het vooral de grotere opgravingen met (schijnbaar) volledige erven die het nuttigst zijn om uitspraken te doen over dergelijke samenhang. Het probleem van gelijktijdigheid blijft echter moeilijker vast te stellen. Gezien de layout van de erven zelf zou dit kunnen worden verondersteld, maar hier bestaat geen zekerheid over. De interpretaties die voortvloeien uit mogelijke inplanting binnen een erf dienen dan ook met de nodige omzichtigheid te worden benaderd.



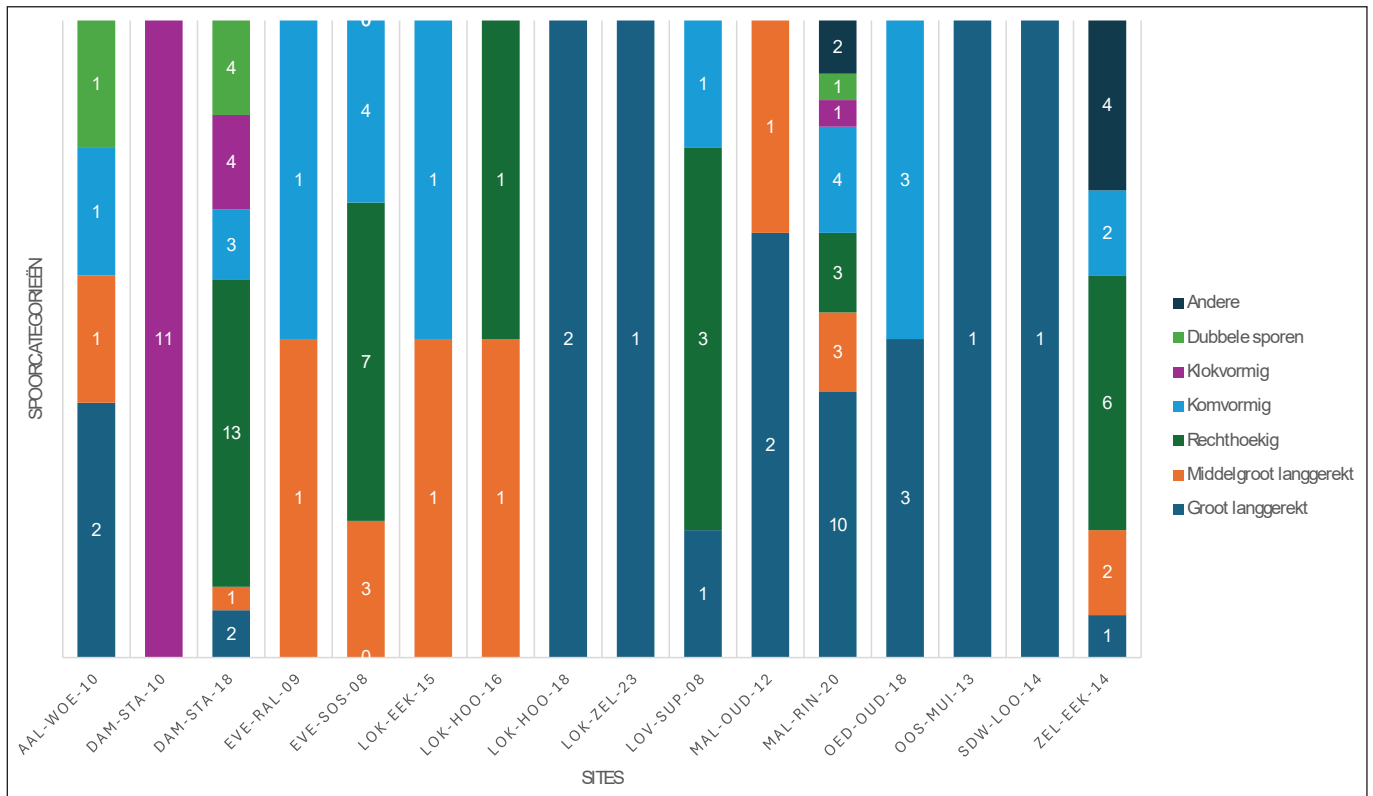
Figuur 47: Verspreiding en verdeling van de verschillende types artisanale kuilen



Figuur 48: Aantal artisanale kuilen per vindplaats (zie Tabel 1 voor sitecodes)



Figuur 49: Verhouding van de verschillende types artisanale kuilen

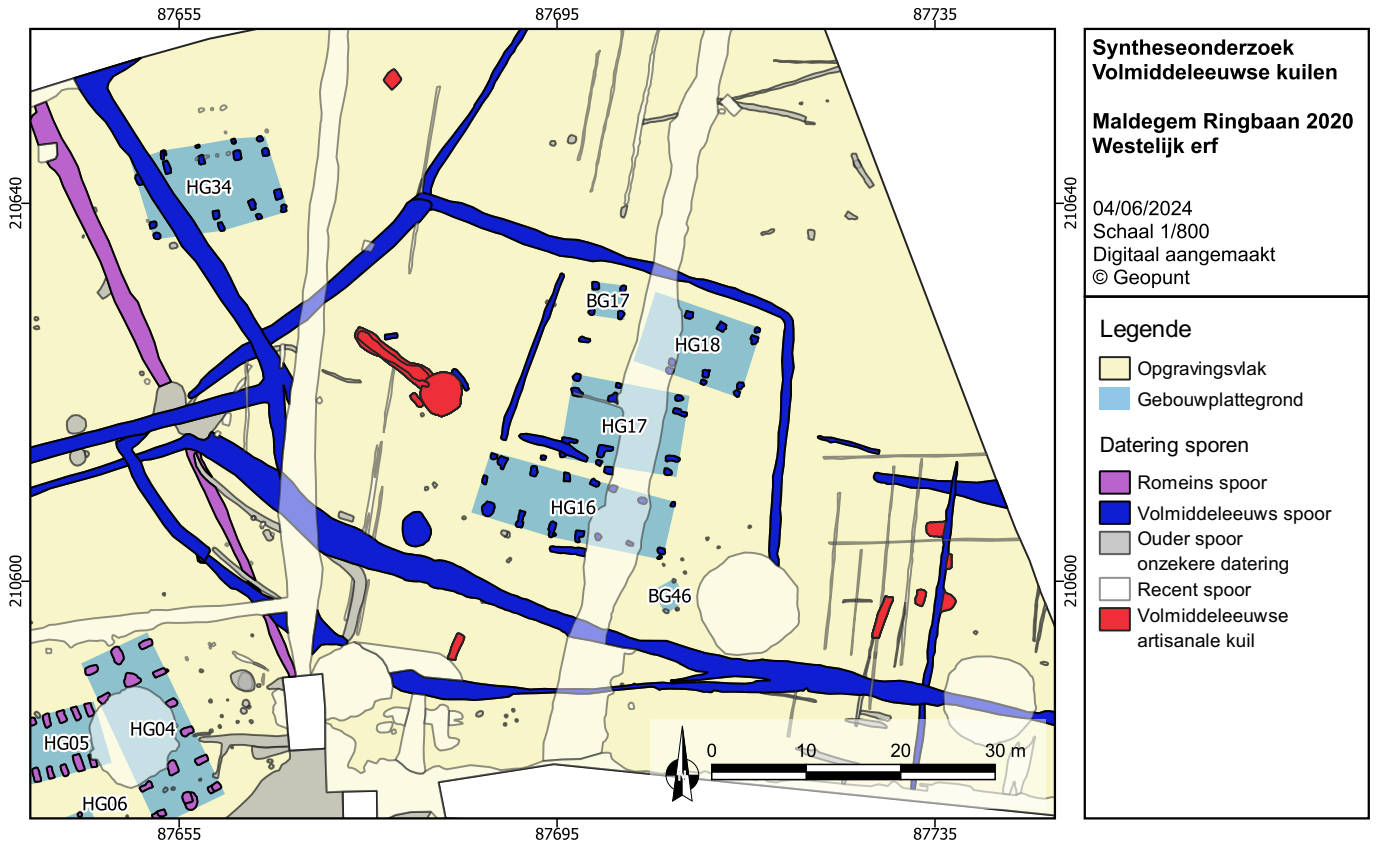


Figuur 50: De verhouding van de verschillende types artisanale kuilen per site

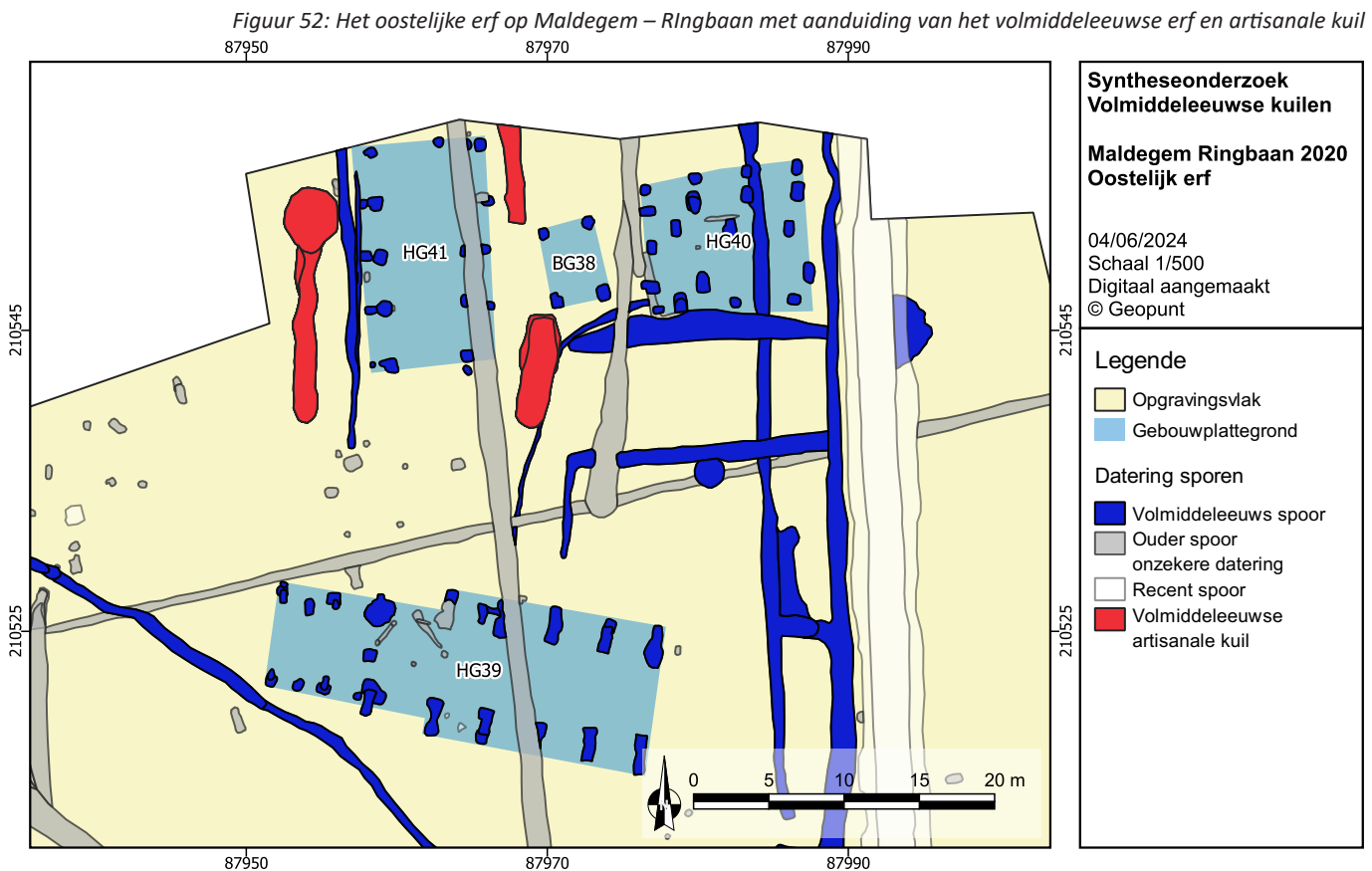
De speciale variatie waarbij een grote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem voorkomt met een waterkuil in Maldegem – Ringbaan kwam al aan bod (zie hoofdstuk 4.3.1.). In het ene geval ligt deze combinatie parallel en dicht langs een groot gebouw ingeplant, enkel gescheiden door een greppel. Langs de andere kant van het grote gebouw liggen nog twee bijkomende artisanale kuilen min of meer in elkaars verlengde, en opnieuw parallel aan de lange zijde van het gebouw, gescheiden door een vierpalige spieker. Deze structuren lijken allemaal dicht tegen een gebouw voor te komen en maken dus wellicht deel uit van het eigenlijke kern erf. De situatie van het tweede exemplaar is anders. Hier is er een grotere omgrachte zone, waarbij de gebouwen (hoofd- en vermoedelijke bijgebouwen) langs de oostelijke helft zijn ingeplant en centraal op de westelijke helft het andere combinatiespoor voorkomt, met helemaal in de zuidoostelijke hoek een bijkomende waterput. In Maldegem – Ringbaan komen ook nog enkele andere erven voor waarbij kuilenzones lijken voor te komen aansluitend op de erfgracht. Daarnaast lijken de langwerpige exemplaren vrijwel steeds parallel te liggen aan de hoofdgebouwen. Vaak liggen deze vrij dicht bij de gebouwen, maar niet in alle gevallen.

De kuilzone van Damme – Stakendijke (opgraving 2010) is eveneens al aan bod gekomen (zie hoofdstuk 4.3.5.). Het betreft een kuilzone waar geen andere erfstructuren voorkomen, met een heel regelmatige spreiding, ten westen van een hoofdgebouw. Mogelijk betreft het een specifieke activiteitenzone.

Damme – Stakendijke (opgraving 2018) omvat een aantal duidelijk gestructureerde erven. Zo is er net ten zuiden van hoofdgebouw 5 binnen de afbakening van het erf een cluster van drie artisanale kuilen die op vrij regelmatige afstand van elkaar liggen. Tegen de zuidrand van het erf vlak bij de gracht komen ook nog drie waterhoudende structuren voor die op een erg gelijkmatige afstand zijn aangelegd. De artisanale kuilen zelf, sporen DAM-STA-18_470, 482 & 484, behoren tot verschillende types, maar de opvulling is onderling wel erg gelijkaardig. Opmerkelijk genoeg is er qua opvulling wel een groot verschil met een ander nabij gelegen erf op Damme – Stakendijke. Enkele meters ten westen van hoofdgebouw 2 liggen binnen het erf enkele artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede dicht bij elkaar. Het gaat om sporen DAM-STA-18_1444, 1445 & 1485. De kuilen wijken af ten opzichte van andere kuilen door hun diepte en dik organisch pakket en een duidelijke witte laag moedermateriaal. Deze vulling is helemaal anders dan bij bovenstaand erf. Het betreft telkens drie gelijkaardig gevulde kuilen, die



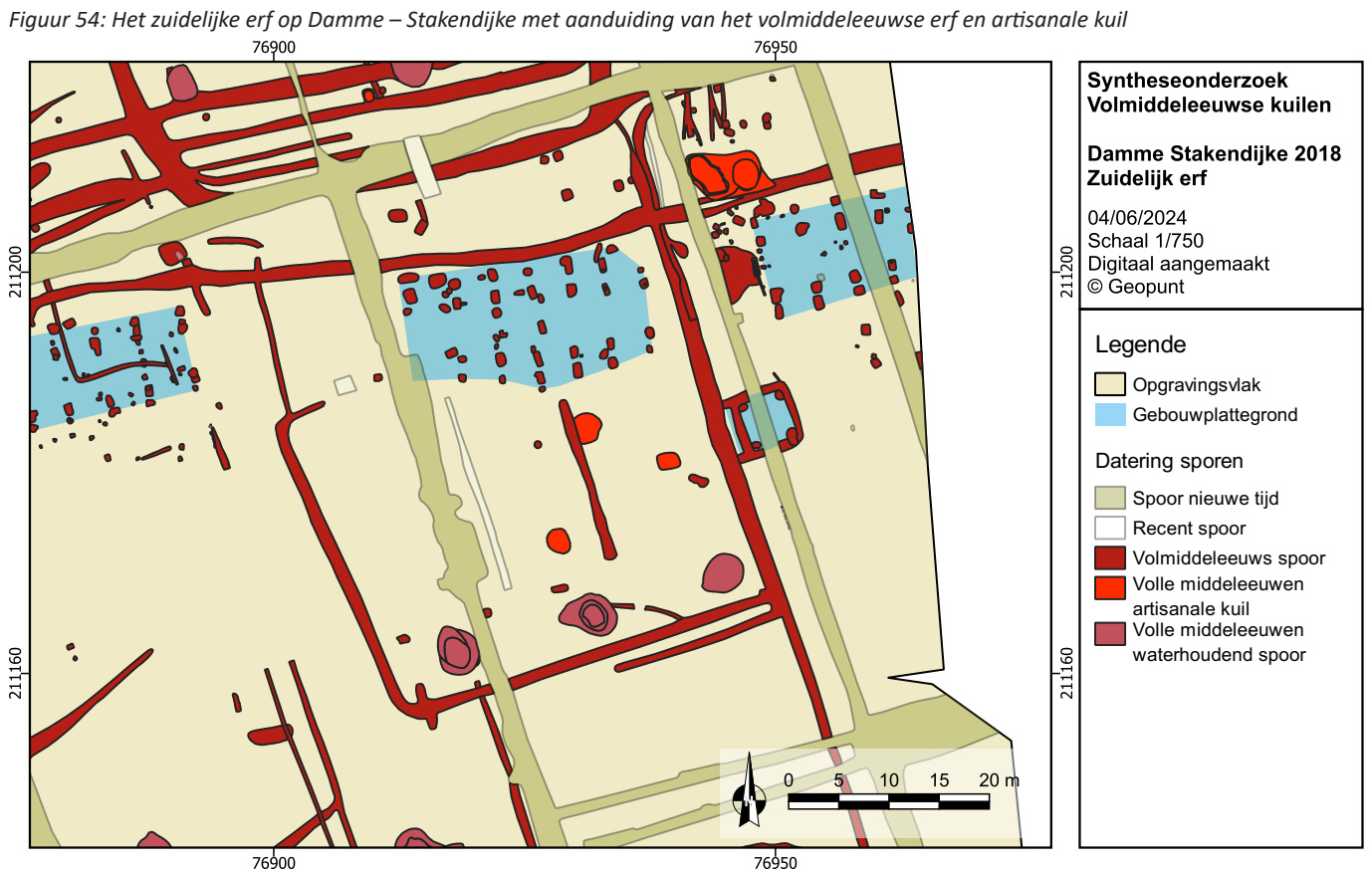
Figuur 51: Het westelijke erf op Maldegem – Ringbaan met aanduiding van het volmiddeleeuwse erf en artisanale kuil



Figuur 52: Het oostelijke erf op Maldegem – Ringbaan met aanduiding van het volmiddeleeuwse erf en artisanale kuil



Figuur 53: Het noordelijke erf op Damme – Stakendijke met aanduiding van het volmiddeleeuwse erf en artisanale kuil



Figuur 54: Het zuidelijke erf op Damme – Stakendijke met aanduiding van het volmiddeleeuwse erf en artisanale kuil



Figuur 55: Vergelijking van de artisanale kuilen op het zuidelijke erf van Damme – Stakendijkje (kuilen 470, 482, 484; links op de figuur) ten opzichte van het noordelijke erf (kuilen 1444, 1445, 1485; rechts op de figuur)

binnen de nederzetting per erf wel bijzondere verschillen vertonen. Of het gaat om gelijktijdige kuilen of kuilen die elkaar opvolgen in tijd is niet duidelijk, maar de verschillen vallen wel op. Duidt dit verschil tussen erven, maar niet binnen erven, op een verschil in specialisatie? Gaat het om een welbepaalde familiale traditie? Dit is een bijzonder interessante vaststelling, die meer vragen oproept. In Damme – Stakendijkje (opgraving 2018) zijn er nog gestructureerde erven waarbij artisanale kuilen voorkomen. Hun ligging in de nabijheid, of juist niet, van de andere erfstructuren zoals hoofd- en bijgebouwen, waterputten, grachten en andere (types) kuilen, valt niet eenduidig te linken aan een bepaald kuilentype. Er heerst een variatie aan relaties tussen deze eigenschappen. Er valt verder weinig op uit te maken.

Ook in Evergem – Steenovenstraat zijn er verschillende erven onderzocht en komen een aantal artisanale kuilen voor. In zone 2, net ten noorden van het meest zuidelijke opgegraven hoofdgebouw komt een zone voor die afgebakend is met greppels parallel aan het gebouw waarbinnen drie artisanale kuilen voorkomen, sporen EVE-SOS-08_II25, II32 & II38. Deze zijn gelijkaardig in het vlak en in doorsnede en vertonen in twee gevallen mogelijk twee gebruiksfasen. In het noordelijke erf van zone 2 liggen twee middelgrote langgerekte artisanale kuilen met een vlakke bodem met gelijkaardige vulling in het verlengde van elkaar vlak bij elkaar (sporen EVE-SOS-08_II46 & II47). Deze liggen aan de buitenzijde van een greppel met een waterput die de lange zijde van het gebouw afschermt. Twee andere kuilen liggen net iets westelijker en zijn gelijkaardig in het vlak (sporen EVE-SOS-08_II50 & II53). Twee langere kuilen (sporen EVE-SOS-08_II59 & II60) liggen parallel aan elkaar en parallel aan de korte zijde van het gebouw en de gracht die door het gebouw loopt. Bijkomend liggen nog twee structuren binnen het gebouw. Het is niet duidelijk wat de chronologie binnen dit erf is.

In Lokeren – Hoogstraat (opgraving 2018) liggen twee quasi identieke grote, langwerpige artisanale kuilen met een vlakke bodem (LOK-HOO-18_1020 & 1030) parallel op slechts enkele meters van elkaar en in de nabijheid van een waterput. De oriëntatie wijkt af van die van het meest nabij gelegen gebouw, maar gaat wel mee met het meest westelijke hoofdgebouw.

De artisanale kuilen van Lovendegem – Supra Bazar komen in cluster voor op een 10-tal meter ten zuiden van een hoofdgebouw in een zone tussen dit gebouw en de erfgracht. Een kleine greppel schermde de zone af. Deze kuilen kennen onderling een sterk gelijkaardige opvulling. In Oedelem – Oudeputstraat komt eveneens een kuilencluster voor, vermoedelijk aan de rand van het erf, weg van het gebouw, met min of meer parallelle oriëntering. De kuilen lijken mogelijk ook geordend: de ovale tot ronde exemplaren met komvormige doorsnede liggen samen en vertonen erg gelijkaardige vullingen; net ten zuiden er van liggen twee langgerekte exemplaren.

In Zele – Eekstraat komt er een cluster van kuilen voor naast de erfgracht, hoewel door de nabijheid van de sleufwand niet geheel duidelijk is of er in de directe buurt een hoofdgebouw voorkomt. Algemeen lijkt er weinig sprake van gestructureerde aanpak. De artisanale kuilen zijn niet geënt op gebouwen, maar eerder op de randen van de erven, bij de erfgrachten. Ze komen voor als ongeorganiseerde cluster of als geïsoleerd spoor. Opvallend is wel dat de middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem steeds min of meer loodrecht zijn ingeplant op de erfgracht maar deze net niet raken.

Uit de ligging van de verschillende artisanale kuilen kan weinig afgeleid worden. Het lijkt alsof er geen duidelijke *mental template* aanwezig was van hoe dergelijke structuren dienden ingeplant te worden. Het is evenwel mogelijk dat gezien de grote diversiteit aan artisanale kuilen er ook sprake is van verschillende functies die mogelijk wel een correlatie met diverse parameters zouden inhouden, maar dat het ontbreekt aan voldoende vindplaatsen om deze patronen verder te ontwaren. Als er wordt uitgegaan van de beschikbare data lijkt er eerder sprake van een *ad hoc*-aanpak waarbij de kuilen – mogelijk op basis van hun gebruik – een plaats krijgen binnen het erf waar dit best uitkomt en afhankelijk van de persoonlijke voorkeuren van de eigenlijke erfbewoners. Soms resulteert dit in strakke organisatie, maar vaak ook niet.

De dateringen van de artisanale kuilen vallen moeilijk vast te stellen, gezien het vaak ontbreekt aan goed dateerbare contexten. Bovendien is vaak niet duidelijk uit welke opvullingsfase de vondsten komen. De meeste kuilen met een datering lijken te plaatsen in de 12^{de} of 12^{de} tot 13^{de} eeuw, terwijl er geen vroegere voorbeelden zijn. Dit is echter gebaseerd op weinig concrete info. De meeste dateringen zijn dus op basis van de samenhang met de erven, wat mogelijk niet altijd even eenduidig is. Concreet is het chronologische kader van deze kuilen niet scherp te stellen op dit moment.

4.5. Archeologische conclusies

Op basis van de archeologische inventaris opgesteld in het kader van dit syntheseonderzoek, blijkt dat het fenomeen van ‘artisanale kuil’ erg divers is. In totaal zijn 121 structuren op 16 vindplaatsen opgenomen in de studie. Er komen tussen de kuilen onderling heel wat morfologische verschillen voor. Mogelijk zijn er op basis van deze verschillen enkele types te onderscheiden, hoewel de exacte afbakening van de groepen niet eenvoudig is. De vraag stelt zich dan ook of de typologie op zich ook zo gebruikt kan worden. De opdeling in grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede, artisanale kuilen met een komvormige doorsnede, artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierte doorsnede, dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen en de restcategorie met andere vormen, is zeker niet in steen gebeiteld. Een belangrijke vaststelling betreft evenwel de merkbare variatie.

De opvallende variatie en verscheidene types tonen bovendien aan dat er wellicht diverse primaire gebruiken voor deze structuren zijn. Hoe zich dat vertaalt naar een exacte functionele interpretatie is zonder verder onderzoek onmogelijk. Toch is het duidelijk dat ook dit een erg complex verhaal is. Hoogstwaarschijnlijk vormen de artisanale kuilen een neerslag van allerhande activiteiten binnen een boerderijerf die resulteren in diverse sporen met een gelijkaardige vulling. Onder dit containerbegrip ‘artisanale kuil’ valt dan ook een brede variëteit aan functies. Toch lijkt de term iets te weinig omvattend omdat er ook heel wat functies buiten het artisanale mogelijk zijn en dient uiteraard ook rekening te worden gehouden met landbouwkundige toepassingen, voedselbewaring en andere (zie *infra*).

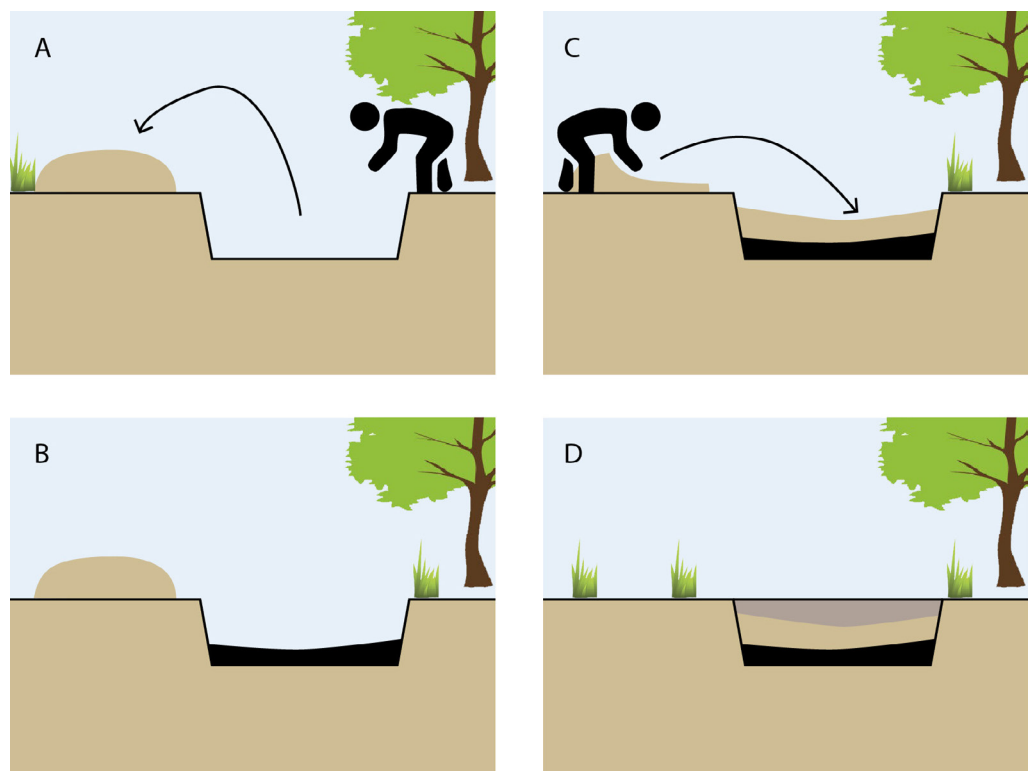
In de oorspronkelijke opgravingsverslagen is er een veelvoud aan interpretaties naar voor geschoven (zie ook *supra*). Deze groeperen zich vaak in de artisanale sfeer. Zo ook in een aangrenzende regio: in het Maas-Demer-Schelde-gebied worden typische drielaagige kuilen voor (die qua beschrijving overeenkomen met de gedefinieerde 'artisanale kuilen'). Deze lijken voor te komen vanaf de 12^{de} eeuw, en komen overal binnen en buiten het erf voor. De interpretatie is dat het kan gaan over mestkuilen, vlasrootkuilen, opslagkuilen of multifunctionele kuilen (HUIJBERS 2007: 197-199). De term drielaagige kuil is in die optiek weliswaar een neutralere benaming, voorlopig lijkt een ingeburgerd containerbegrip met een brede variëteit geen foute keuze op zich. Het betreft in deze een werkdefinitie, waarbij wel moet overwogen worden of er niet voldoende aanwijzingen zijn om een breder begrip te introduceren los van enkel het ambachtelijke.

Deze structuren kenmerken zich door hun typische gelaagdheid en in mindere mate grootte en doordat ze zich op het platteland bevinden. In het archeologische bodemarchief zijn ze herkenbaar door hun doorsnede die zich kenmerkt als een onderste donkere laag, een laag met versmeten moederbodem en een afdekkende laag die deels als verdere opvulling en nazak kan gezien worden (zoals bij een waterput). Het is opvallend dat deze kuilen intentioneel gedempt worden, een mogelijke indicatie van een limitatief gebruik (en mogelijk ook van geurhinder). De tafonomie is belangrijk voor mogelijke functionele interpretaties. Primaire functies zijn steeds moeilijk achterhaalbaar.

Een interessant aspect uit het onderzoek betreft het voorkomen van de artisanale kuilen binnen eenzelfde nederzetting (die van Damme – Stakendijke in dit geval). Zo zijn er duidelijke gelijkenissen binnen eenzelfde erf van diverse artisanale kuilen, terwijl er grote verschillen zijn met een ander erf. Mogelijk duidt dit op familiale tradities of eventueel zelfs specialisatie binnen een nederzetting. Eveneens interessant is de link met watervoerende structuren, wat het duidelijkst naar voor komt op twee erven in Maldegem – Ringbaan. Hier zijn twee grote, langgerekte artisanale kuilen gecombineerd met een waterkuil op het uiteinde van de structuur. Deze combinatiesporen duiden onmiskenbaar op een functie waar ook water aan te pas kwam.

De artisanale kuilen zijn bijzonder divers in hun voorkomen, en er is weinig lijn te trekken in aspecten als ligging, inplanting en voorkomen binnen een nederzetting of erf. De aangetroffen diversiteit leidt eerder naar verdere vragen dan naar antwoorden. In het kader van dit syntheseonderzoek leidde het inventariserende werk er wel toe dat de selectie in het kader van verder natuurwetenschappelijk onderzoek ook rekening dient te houden met de vastgestelde diversiteit.

Figuur 56: Evolutie van de gemiddelde artisanale kuil op basis van de archeologische data: A. de kuil wordt ingegraven, mogelijk wordt moedermateriaal naast de kuil gelegd; B. tijdens de gebruiksfase ontstaat onderaan de kuil een organisch pakket. Mogelijk wordt dit heruitgegraven; C. na gebruik wordt de kuil snel gedicht met versmeten moederbodem. Mogelijk heeft deze snelle dichting te maken met geurhinder; D. Na initiele demping blijft er een depressie achter die langzamer terug opgevuld geraakt



5. Natuurwetenschappelijk onderzoek

5.1. Eerder uitgevoerd onderzoek

Op basis van de inventaris (hoofdstuk 4), is het mogelijk een overzicht te geven van sites waar natuurwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd werd op artisanale kuilen, vóór aanvang van dit syntheseonderzoek (Tabel 2). Het gaat om zes van de 16 vindplaatsen, enerzijds in de zone ten oosten van Brugge (Oedelem, Damme, Maldegem) en anderzijds in de zone ten oosten van Gent (Oostakker, Lokeren, Zele).

In vier van de sites was het onderzoek beperkt tot een **macrorestenassessment**. In Oedelem – Oudeputstraat, Lokeren – Eekstraat en Lokeren – Hoogstraat ging het telkens om slechts één staal uit één kuil en leverde het assessment enkel wat verkoold materiaal op, inclusief graanindicatoren – in Lokeren – Hoogstraat ook heideworteltjes. In Damme – Stakendijke gaat het om 30 assessments op materiaal uit 14 verschillende kuilen. Het merendeel van deze assessments leverde geen geschikt materiaal voor analyse op, met uitzondering van drie kuilen, waar in het kader van dit syntheseonderzoek op verder gewerkt is (cf. *infra*).

In Zele – Eekstraat en Oostakker – Muizelstraat/Wolfputstraat II werd naast macrobotanisch onderzoek ook **palynologisch onderzoek** uitgevoerd, telkens inclusief analyses. Hier valt dus inhoudelijk meer uit te besluiten.

In **Zele – Eekstraat** werden drie kuilen macrobotanisch geanalyseerd. Opvallend is dat alle drie de kuilen veel houtskool en aardewerkresten bevatten. Ze lijken dus gebruikt te zijn als afvalkuil. Alle botanische macroresten zijn verkoold. Het gaat hoofdzakelijk om graankorrels en zaden van akkeronkruiden. Mogelijk gaat het om graan dat geroosterd werd voor langere bewaring en dat na overmatige verbranding als afval gedumpt werd. Het pollenonderzoek van een vierde kuil uit deze site toont aan dat er naast grasland en heidevelden ook vrij veel bos aanwezig was in de omgeving – mogelijk regeneratie na een periode van boskap. Hier zijn granen en akkeronkruiden vrij beperkt aanwezig, wat erop wijst dat de verkoolden graankorrels niet noodzakelijk lokaal gekweekt werden.

De resultaten van **Oostakker – Muizelstraat/Wolfputstraat II** zijn zeer gelijkaardig. Bij de macroresten gaat het om akkeronkruiden. Uit het rapport kan niet opgemaakt worden of de resten ook hier verkoold zijn. Bij het pollen zien we opnieuw een belangrijk aandeel van bosplanten, met opvallend hoge waarden voor linde (6%). De kuil werd hier geïnterpreteerd als mestkuil, maar er werden nauwelijks mestschimmelsporen aangetroffen. Dit kan ook het gevolg zijn van een minder goede bewaring, maar daarover is geen informatie.

Site	Referentie	macro		pollen	
		assessment	analyse	assessment	analyse
Oedelem Oudeputstraat	Gouw-Bouman (2019) in Acek et al. (2019)	1			
Lokeren Eekstraat	Allemeersch (2017) in Scheltjens & Veraart (2019)	1			
Zele Eekstraat	Allemeersch (2016) & van Asch (2016) in Wyns & Sceltjens (2017)	11	3	1	1
Lokeren Hoogstraat	van der Meer & van Waijjen in Hertoghs et al. (2019)	1			
Oostakker Muizelstraat/Wolfputstraat II	N.N. in Bruggeman et al. (2017)	1	1	1	1
Damme Stakendijke	Allemeersch in Deconynck et al. (2021)	30			

Tabel 2: Overzicht van sites waar vóór aanvang van dit syntheseproject reeds natuurwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd was op artisanale kuilen

5.2. Natuurwetenschappelijke disciplines

Bij het projectvoorstel van dit syntheseonderzoek werden volgende natuurwetenschappelijke disciplines vermeld als mogelijk uit te voeren assessments en/of analyses:

- Micromorfologisch onderzoek van blokstalen
- Fysico-chemische analyses op bulkstalen (pH, textuur, fosfor, Loss on Ignition)
- Diatomeeënonderzoek
- Pollenonderzoek, incl. schimmels en parasieten, microhoutschool
- Macrobotanisch onderzoek
- Haaronderzoek
- Mijtenonderzoek

De laatste twee waren vooral met het oog op het aantonen van wol, met de functie als vollerskuil in het achterhoofd. Aangezien deze hypothese al snel geschrapt kon worden, werden er geen haren en mijten onderzocht. Verder werd er gezien het micro-gelaagde karakter van de 'vettige' organische laag finaal besloten om geen specifieke fysico-chemische analyses op de bulkstalen uit te voeren en te focussen op het micromorfologisch onderzoek. Naast micromorfologisch onderzoek, werden ook diatomeeën, pollen en andere palynomorfen en botanische macroresten onderzocht.

5.3. Materiaal

Voor het nieuw uit te voeren natuurwetenschappelijk onderzoek werden twee sites gekozen waar een representatieve variatie aan artisanale kuilen te vinden is, namelijk de opgraving van Maldegem – Ringbaan (2020C354, DE KREYGER & HOORNE 2020; HEYNSSENS *et al.* 2021) en de opgraving van Damme – Stakendijke uit 2018 (2018H192, DECONYNCK *et al.* 2021). Aansluitend bij deze laatste site, werd een kuil onderzocht uit een aanpalend perceel dat opgegraven werd tijdens het uitvoeren van dit syntheseonderzoek (Sijsele – Stationsstraat, 2023G60, ACKE *et al.* 2024). Deze laatste twee opgravingen kunnen we als één site beschouwen.

Voor beide sites werd voorafgaand aan dit syntheseproject al natuurwetenschappelijk onderzoek gedaan, maar niet altijd inclusief artisanale kuilen, gebruik makend van een beperkt aantal natuurwetenschappelijke disciplines en gewoonlijk beperkt tot assessments (Tabel 3):

- In Maldegem – Ringbaan werden waterhoudende structuren en een potstalvulling onderzocht op pollen en macroresten, maar geen artisanale kuilen (ALLEMEERSCH *et al.* 2022; STORME *et al.* 2022).
- In Damme – Stakendijke ging het om de palynologische analyse van twee waterputten en het macrobotanisch assessment van 120 stalen uit diverse structuren, waaronder 14 artisanale kuilen (DECONYNCK *et al.* 2021).
- In Sijsele – Stationsstraat werd een assessment van diatomeeën, pollen en macroresten uitgevoerd op een vermoedelijke artisanale kuil (ALLEMEERSCH & STORME 2024).

Bovenop de reeds uitgevoerde assessments in Damme en Sijsele, werden bijkomende stalen geselecteerd uit de opgravingen van Maldegem en Damme voor micromorfologisch onderzoek en voor assessment – indien mogelijk gevolgd door analyse – van diatomeeën, palynomorfen en botanische macroresten (Tabel 3). In Maldegem – Ringbaan gaat het om vier sporen: twee grote en twee middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem. In Damme – Stakendijke gaat het om twee sporen: één grote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem en één artisanale kuil met rechthoekige doorsnede. Van dit laatste type en van het type 'dubbele kuilen' werd bovendien een extra spoor macrobotanisch onderzocht (S1475 en S1330) omdat de assessments hier positief waren (DECONYNCK *et al.* 2021).

Voor micromorfologie en pollen- en diatomeeënonderzoek werden substalen genomen uit pollenbakken. Dit laat toe om de resultaten van de verschillende analyses nauwkeurig te correleren. De exacte positie van de substalen is te vinden in de figuren bij de beschrijving van elk van de sporen. Macroresten werden bestudeerd in zeefresidu's van bulkstalen (emmers van 10 liter) uit dezelfde lagen.

		Onderzoek op substalen uit pollenbakken				Onderzoek op zeefresidu's van bulkstalen			
Spoor	Staalnr. Pollenbak	micro- morfologie	diato- meeën		palyno- logie		Staalnr. Bulkstalen	macro- resten	
		analyse	assessment	analyse	assessment	analyse		assessment	analyse
Maldegem Ringbaan (2020C354)									
Type 1: Grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem									
2856	P2	x	x		x	x			
3665	P2	x	x		x	x			
Type 2: Middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem									
648	P2	x	x		x	x	L3	x	
4216	P3	x	x	x	x	x			
Damme Stakendijke (2018H192)									
Type 1: Grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem									
739	2738	x	x		x	x	2739, 2740, 2741	*	
Type 2: Middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem									
1052							2159-2160	*	
Type 3: Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede									
1058							2144	*	
1069							2462-2463	*	
1178							2339-2340	*	
1444							2579	*	
1445	2562	x	x	x	x	x	2563, 2564	*	x
1475							2560, 2574, 2567, 2568	*	x
1505							2729-2734	*	
Type 4: Artisanale kuilen met een komvormige doorsnede									
1070							2465	*	
1217							2407-2408	*	
Type 5: Artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede									
1047							2128	*	
1423							2556	*	
Type 6: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen									
1330							2575-2576	*	x
Sijsele Stationsstraat (2023G60)									
Type 3: Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede									
18	staal 1-2		**		**	x	staal 10-14	**	

Tabel 3: Overzicht van de natuurwetenschappelijk onderzochte artisanale kuilen. x = nieuw onderzoek in het kader van syntheseproject; * = assessment uitgevoerd in kader van eindrapport Damme Stakendijke (DECONYNCK et al. 2021); ** = assessment uitgevoerd in kader van eindrapport Sijsele Stationsstraat (ACKE et al. 2024)

5.4. Methodologie

5.4.1. Micromorfologie

DOEL

De studie van de slijpplaatjes laat toe om alle bodemcomponenten, inclusief de poriën, in hun originele positie te bestuderen. Dit maakt het niet alleen mogelijk om de verschillende componenten en hun onderlinge relaties te bestuderen, maar ook om tafonomische processen te herkennen.

VOORBEREIDING

Omdat pollenbakken (metalen kolommen) niet geschikt zijn voor het maken van slijpplaatjes, zijn er een reeks kleinere blokken uit de kolommen gesneden. De aan de lucht gedroogde blokken werden vervolgens geïmpregneerd en versneden tot 30 µm dikke slijpplaatjes (60 x 90 mm) volgens standaard laboratoriumprocedures (zie MURPHY 1986) in het laboratorium voor Mineralogie en Petrografie van de Universiteit Gent. De slijpplaatjes werden gescand met een scanner van hoge kwaliteit in normaal licht, gepolariseerd licht (PPL) en onder gekruiste polarisatoren (XPL) volgens ARPIN *et al.* (2002).

ANALYSE

De micromorfologische waarnemingen zijn gedaan met een petrologische microscoop onder gewoon gepolariseerd licht (PPL), onder gekruiste polarisatoren (XPL) en met schuin invallend licht (OIL) bij vergrotingen van 25x, 100x, 200x en 500x. De slijpplaatjes werden ook bestudeerd onder UV en blauwe fluorescentie bij een vergroting van 200x en 500x (VAN VLIET-LANOE 1991; STOOPS 2017). De beschrijvingen volgen de internationale nomenclatuur van STOOPS (2021). De naamgeving van waargenomen fytolieten volgt ICPN 2.0 (ICPT 2019). Verspreidingspatronen van fytolieten werden beschreven volgens VRYDAGHS *et al.* (2017). De zichtbaarheid van de fytolieten werd beschreven volgens VRYDAGHS & DEVOS (2020).

5.4.2. Diatomeeën

DOEL

De studie van silicaschaaltjes van diatomeeën of kiezelwieren laat toe om aan de hand van de ecologische voorkeuren van verschillende soorten een reconstructie te maken van het paleomilieu. Zo kunnen ze bijvoorbeeld informatie verschaffen over de waterdiepte en de waterkwaliteit in de kuil.

VOORBEREIDING

De substalen voor diatomeeënonderzoek werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent geprepareerd. Ongeveer 0,1 g droog sediment werd behandeld met H₂O₂ en HCl, respectievelijk om organisch materiaal en kalk te verwijderen. Uit de resterende fractie is grof zand afgescheiden bij het afgieten. Een deel van de klei werd afgegoten door flocculatie onder invloed van een ammoniakoplossing. Met het residu werden microscoppreparaten gemaakt, met Naphrax als inbeddingsmiddel.

ASSESSMENT

Voor de methode van assessment verwijzen we naar Bijlage 3.

ANALYSE

Er werd gekozen om geen volledige analyses uit te voeren, maar wel gedeeltelijke tellingen. Per monster werd gestreefd naar een telling van minstens 100 geïdentificeerde schaaltsjes. Deze tellingen gebeurden onder een lichtmicroscoop met fasecontrast, bij een vergroting van 1000 maal. De identificaties zijn vooral gebaseerd op KRAMMER & LANGE-BERTALOT (2008), HOFMANN *et al.* (2011) en BEY *et al.* (2013). Enkel volledige schaaltsjes of schaaltsjes met een duidelijk identificeerbaar uiteinde of centrum werden meegeteld.

Voor de vertaling naar ecologische omstandigheden is gebruik gemaakt van een lijst met ecologische kenmerken voor diatomeeën uit holocene afzettingen in de westelijke Belgische kustvlakte (DENYS 1991). De resultaten worden procentueel voorgesteld in grafieken per ecologische parameter.

5.4.3. Pollen

DOEL

De studie van pollen en plantensporen laat toe om de vegetatiesamenstelling in en rond de kuil zelf en in de bredere omgeving van de bemonsterde locatie te reconstrueren. Andere microfossielen met een organische wand, zoals resten van algen, planten, dieren of schimmels, kunnen bijkomende informatie geven over het lokale milieu. In dit geval ligt de focus op indicatoren voor de functie van de kuilen.

VOORBEREIDING

De substalen werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent behandeld volgens de standaardprocedure voor pollenpreparatie (MOORE *et al.* 1991), inclusief acetolyse en oplossing in waterstoffluoride. Tijdens de preparatie werd aan ieder monster een gekende hoeveelheid Lycopodium-sporen toegevoegd om na telling de pollenconcentratie voor ieder geanalyseerd niveau te kunnen inschatten.

ASSESSMENT

Voor de methode van assessment verwijzen we naar Bijlage 3.

ANALYSE

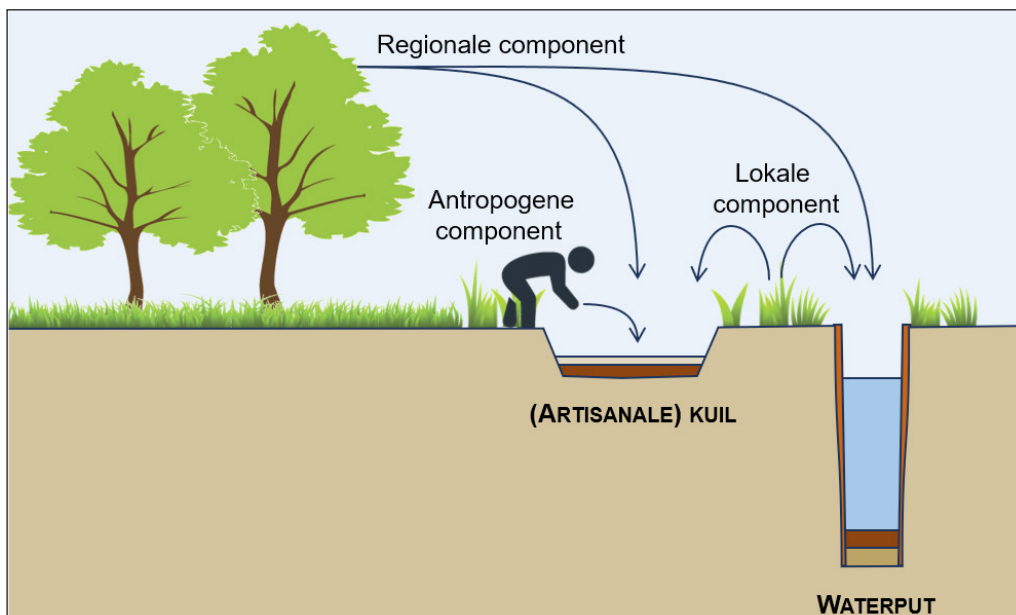
In de stalen die geselecteerd werden voor analyse, werd een telling uitgevoerd van ca. 400 pollenkorrels (natte + droge vegetatie). Voor de determinaties van pollen en sporen werd gebruik gemaakt van verschillende sleutels (BEUG 2004; MOORE *et al.* 1991). Voor andere palynomorfen, zoals schimmelsporen en algen, werd de determinatie gebaseerd op beschrijvingen en foto's uit de literatuur (referenties voor de typenummers: SHUMILOVSKIKH 2020). De getelde taxa (pollen, sporen, non-pollen palynomorfen) worden in Bijlage 3 weergegeven in tabelvorm, als percentage van de pollensom, i.e. alle pollenkorrels van terrestrische planten (AP: arboreal pollen of stuifmeel van bomen en struiken & NAP: non-arboreal pollen of stuifmeel van kruiden).

Verder werd voor elk preparaat de pollenconcentratie berekend op basis van het aantal getelde Lycopodium-sporen. Op die manier werd ook de concentratie microhoutschool-fragmenten (> 10 µm) bepaald op basis van de verhouding microhoutschool/pollensom.

Voor een betere visualisatie worden de resultaten ook in een pollendiagram voorgesteld. Dit gebeurt met behulp van het computerprogramma 'Tilia' (GRIMM 2015).

UITFILTEREN VAN REGIONALE EN LOKALE POLLENCOMPONENT

Voor de interpretatie van de pollenspectra moet rekening gehouden worden met de verschillende pollencomponenten. In dit onderzoek willen we focussen op de antropogene component: alle pollen dat door toedoen van menselijke (artisanale?) activiteit in de kuilen is beland (Figuur 57).



Figuur 57: Schematisch model van de verschillende pollencomponenten die bijdragen tot een pollenspectrum

Daartoe dienen de regionale en lokale component uit het spectrum gefilterd te worden. Diepe waterhoudende structuren van dezelfde site zouden in theorie een goede weergave moeten zijn van de regionale en lokale vegetatie (Figuur 57). Door de spectra uit deze structuren te vergelijken met deze uit nabije artisanale kuilen, weten we welk deel van het pollenspectrum in de artisanale kuilen representatief kan zijn voor de vegetatie in de omgeving en welk deel mogelijk specifiek is voor de artisanale kuilen en dus gerelateerd kan zijn aan de oorspronkelijke functie van de kuilen. Daarom worden de analyseresultaten van de artisanale kuilen in Bijlage 3 ook in diagramvorm gepresenteerd naast de resultaten van pollenanalyses op de vulling van waterputten. Deze data zijn afkomstig uit eerder onderzoek op de sites van Damme – Stakendijkje (DECONYNCK *et al.* 2021; STORME 2020) en Maldegem – Ringbaan (ALLEMEERSCH *et al.* 2022). In dit diagram worden voor een betere leesbaarheid enkel de taxa geplott die meer dan sporadisch voorkomen.

5.4.4. Botanische macroresten

DOEL

De studie van plantenresten, meestal zaden, maar ook vruchten, bladeren, takjes, stengels, etc. laat toe om de lokale vegetatie te reconstrueren en menselijke activiteiten op te sporen. Als het gaat om het herkennen van gewassen, bieden macroresten meer taxonomisch detail dan pollen. De studie van botanische macroresten is enkel mogelijk bij voldoende natte bewaringsomstandigheden.

VOORBEREIDING

De macrorestenmonsters werden gezeefd met kraantjeswater onder lage druk op zeven van 2 mm en 0,5 mm.

ASSESSMENT

Voor de methode van assessment verwijzen we naar Bijlage 3.

ANALYSE

Bij de macrobotanische analyse wordt materiaal onderzocht tot er nog nauwelijks nieuwe taxa gevonden worden. Bij een volledige analyse worden de exemplaren geteld. Voor dit onderzoek werden ook waarderingsgegevens uit het voorgaand onderzoek opgenomen. Daarbij wordt enkel de aanwezigheid genoteerd, niet de aantallen.

Voor de determinatie van zaden en vruchten is gebruik gemaakt van de ‘Digitale Zadenatlas’ (CAPPERS *et al.* 2012) en de ‘synantropie flora van de Niederrhein’ (KNÖRZER 2009). Voor Cyperaceae (zeggenfamilie) werden de atlanten van NILSSON & HJELMQUIST (1967) en BERGGREN (1969) aangewend. Er is ook gebruik gemaakt van een collectie van recente zaden en vruchten, aanwezig bij Ruben Willaert nv.

Voor de naamgeving (zowel de wetenschappelijke namen als de Nederlandse) is nomenclatuur van de Belgische flora overgenomen (LAMBINON *et al.* 2004). Voor de indeling is hier gekozen voor ecologische soortengroepen (RUNHAAR *et al.* 2004).

Bij zaden en vruchten wordt het exacte aantal vermeld. Bij fragmenten kleiner dan de helft noteerden we ../x. Bij vegetatieve resten (= niet de zaden/vruchten) gebruiken we een Tansley-schaal: sp(oradisch), oc(casioneel), fr(equent), ab(undant en dom(inant)).

5.5. Resultaten en interpretatie

De gedetailleerde bespreking van de resultaten van de verschillende bestudeerde kuilen bevindt zich in bijlage (Bijlage 2: micromorfologie, Bijlage 3: diatomeeën, palynologie en macrobotanie).

Hieronder worden – na een samenvatting van de assessmentresultaten en de regionale vegetatie – kort de belangrijkste analyseresultaten per kuiltype toegelicht, gevolgd door een synthese van de resultaten van het natuurwetenschappelijk onderzoek per kuiltype.

5.5.1. Resultaten van assessments

De resultaten van de assessments worden hier niet in detail herhaald. Toch kunnen sommige observaties van belang zijn. Daarom geven we hier een korte samenvatting:

- **Diatomeeën** zijn meestal niet analyseerbaar. Enkel in Maldegem – Ringbaan S4216 waren twee niveaus beperkt analyseerbaar en in Damme – Stakendijke S1445 vertoonden twee niveaus een goede bewaring. In de overige 6 sporen waren nauwelijks of geen diatomeeën aanwezig. Wel werden er in alle stalen – ook die zonder diatomeeën – veel fytolieten opgetekend.
- **Pollenkorrels** zijn meestal wel aanwezig, maar vertonen duidelijke tekenen van differentiële bewaring. Dit houdt in dat de meest fragiele pollentypes niet meer herkenbaar zijn of zelfs volledig vergaan, terwijl de meer robuuste types wel nog aanwezig zijn, waardoor deze oververtegenwoordigd worden in het pollenspectrum. Dit is het gevolg van oxidatie bij contact met lucht, doordat de kuilvulling zich in de periode tussen afzetting en opgraving boven de grondwatertafel bevond. Indien het doel van het pollenonderzoek is om de regionale vegetatie te reconstrueren, dan is analyse in dit soort stalen niet aangewezen. Hier werd toch overgegaan tot analyse, omwille van de specifieke vraagstelling, namelijk het achterhalen van de functie van de kuil. Daarbij zijn de exacte verhoudingen tussen taxa minder belangrijk. Bij de interpretatie moet wel rekening gehouden worden met deze vertekening.
- De analyseerbaarheid van **botanische macroresten** van Damme – Stakendijke werd uitgebreid getest in het kader van het eindrapport (DECONYNCK *et al.* 2021). Daaruit blijkt over het algemeen een (zeer) slechte bewaring: van de 14 sporen zijn er slechts 3 die stalen bevatten met voldoende aantal taxa (≥ 12) voor een volledige analyse (S1330, S1445 en S1475). Deze zijn geanalyseerd. In Maldegem – Ringbaan en Sijsele – Stationsstraat is telkens slechts één staal bekeken. Omwille van de slechte bewaring van het pollen in deze structuren worden geen positieve resultaten voor macroresten verwacht.

Het steeds terugkerende resultaat bij de assessments is dus duidelijk de problematische bewaring. Het feit dat de kuilvullingen zich grotendeels boven de grondwatertafel bevonden, maakt dat paleo-ecologisch onderzoek slechts beperkt mogelijk is. Toch blijken assessments wel de moeite waard, aangezien er ook structuren met aanvaardbare bewaring werden gevonden.

5.5.2. Regionale vegetatie op basis van pollen

Aangezien het niet betekenisvol is om de regionale vegetatie te beschrijven op structuurniveau, geven we vooraf een kort overzicht per site. Voor een gedetailleerde beschrijving, een vergelijking met de waterhoudende structuren op dezelfde sites en een bespreking van de rol van differentiële bewaring als verklaring voor de onderlinge verschillen, verwijzen we naar Bijlage 3.

DAMME

Samenvattend kunnen we het landschap in de omgeving van Damme beschrijven als een omgeving met een groot belang van heidegronden, maar ook (graan)akkers en grasland. Hazelaar, een lichtminnende struik, komt frequent voor en wijst op open bos, bosrand of losstaande bosjes/hagen binnen een cultuurlandschap. Andere bomen zijn slechts zeer beperkt aanwezig en wijzen op eiken-beukenbos met een beperkt aandeel in het landschap of op grotere afstand van de site.

MALDEGEM

We interpretern de sporen met hoger aandeel boompollen (groep 2 in Bijlage 3, 4.1.4.) als representatief voor de regionale vegetatie. Voor Maldegem mogen we dus een landschap met meer (of nabij) bos afleiden dan in Damme. Ook hier gaat het om eiken-beukenbos, met o.a. hult in de ondergroei. In de open delen van het landschap was grasland, akkerland en in mindere mate heide te vinden.

5.5.3. Type 1: Grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem

5.5.3.1. MICROMORFOLOGIE

Drie kuilen van dit type werden onderworpen aan een micromorfologische studie: het gaat om structuren 2856 en 3665 van de site Maldegem – Ringbaan en structuur 739 van de site Damme – Stakendijke (Figuur 58, Figuur 59, Figuur 60).

HET CONTACT TUSSEN MOEDERMATERIAAL EN DE ONDERSTE KUILVULLING

In kuil 3665 werd een messcherpe grens tussen het moedermateriaal en de onderste kuilvulling geobserveerd. Dit duidt op een zeer beperkte bioturbatie op deze diepte. Op het contact met de moederbodem werd een discontinue laag met een aantal houtskoolfragmenten en humeus oppervlaktemateriaal aangetroffen, waarschijnlijk resten die in de open kuil zijn gevallen tijdens of vlak na het graven van de kuil.

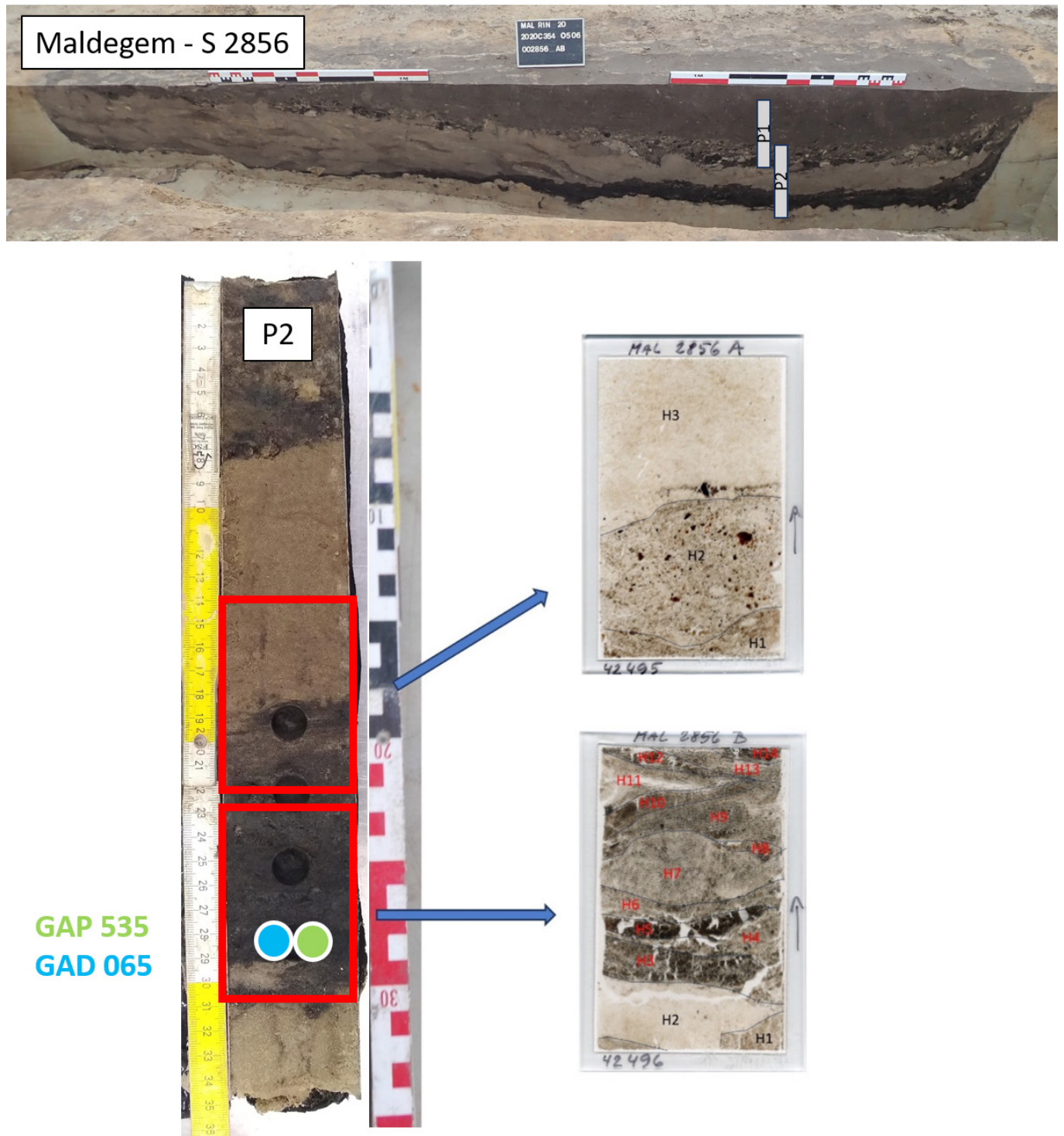
Hoewel voor kuil 2856 op het terrein een zeer scherpe grens werd geobserveerd, toont het slijpplaatje toch een lokale verstoring.

Kuil 739 lijkt te zijn uitgegraven in een reeds bestaande structuur. Deze structuur is ten dele opgevuld met zanden waar de glauconiet typisch geoxideerd is en een oranjerode kleur vertoont. Zo'n rode/donkere verkleuring kan verband houden met de verwerking van het glauconiet, maar in de huidige context is het waarschijnlijker dat het verband houdt met de verhitting van de bodem. Experimenteel onderzoek heeft aangetoond dat een dergelijke verkleuring in een bodem kan optreden wanneer temperaturen van meer dan 400-600°C worden bereikt gedurende ten minste 2 uur (zie HAALAND *et al.* 2017). Het contact tussen de vulling van de reeds bestaande structuur en de kuil zelf is ook hier messcherp. De onderste kuilvulling bestaat ook uit merkkelijk fijner materiaal dan de overige vullingslagen en de omringende bodem. Dit wijst erop dat de onderste vulling het resultaat is van het decanteren van sediment, mogelijk ten gevolge van het opdrogen van een plasje dat zich op de bodem van de openliggende kuil heeft gevormd.

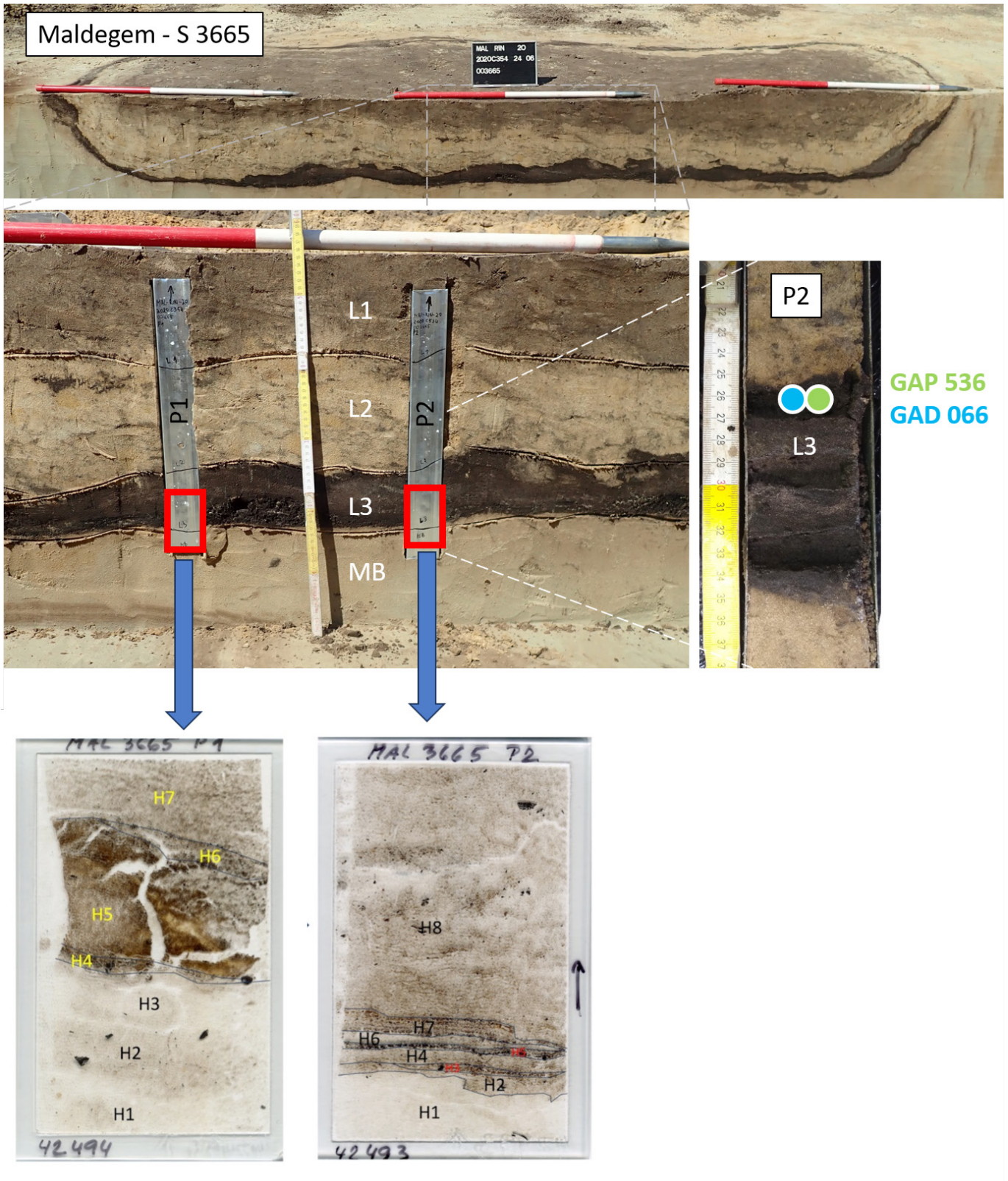
DE ORGANISCHE LAAG

De op het terrein ogenschijnlijk vette organische laag, blijkt voor de drie onderzochte kuilvullingen onder de microscoop te bestaan uit een opeenvolging van verschillende laagjes.

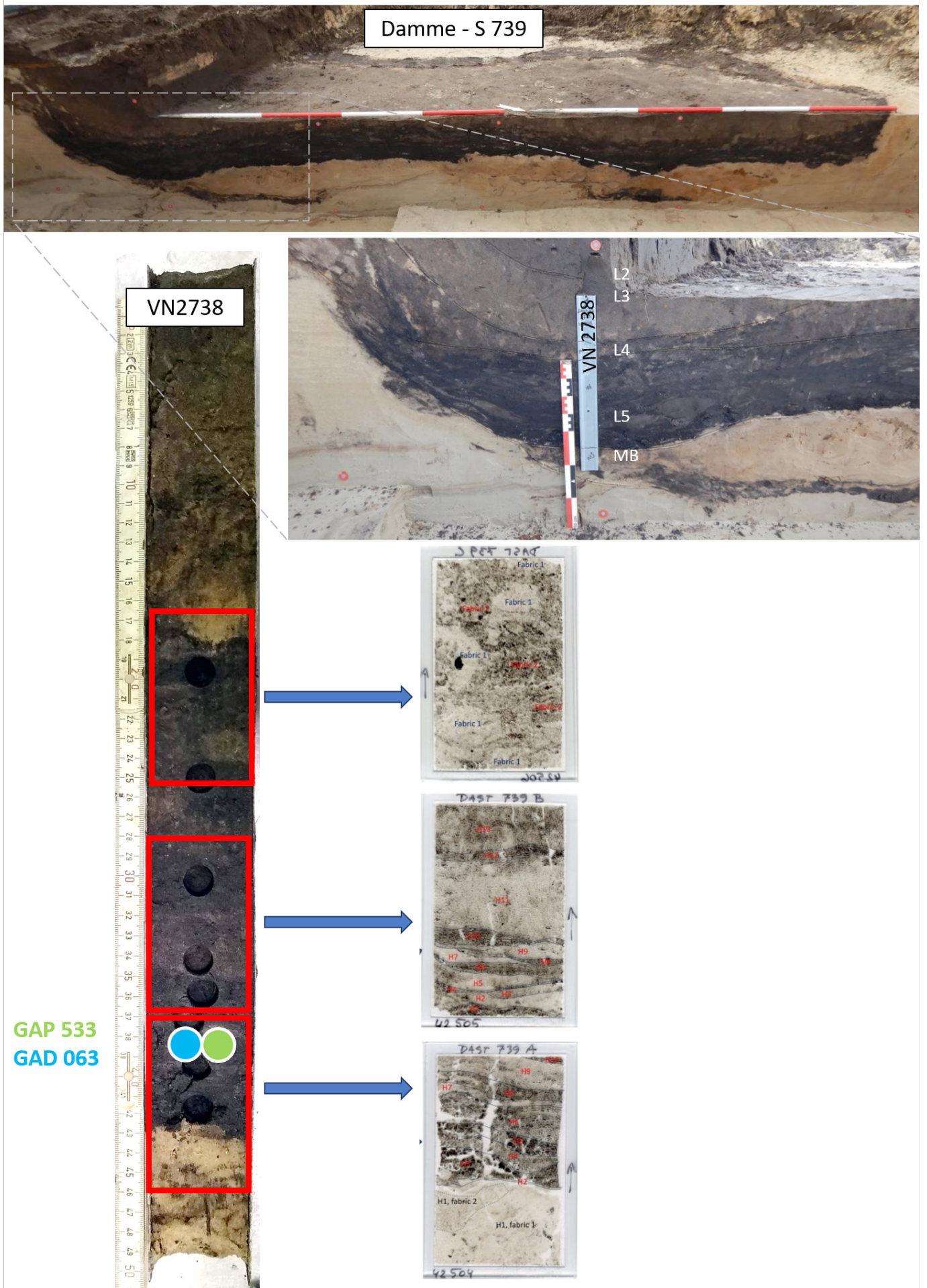
Enerzijds gaat het om sterk humeuze zandige laagjes, waarschijnlijk ingewaaid oppervlaktemateriaal, anderzijds zijn er laagjes die voornamelijk bestaan uit horizontaal georiënteerde lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenresten en flobafeenachtige plantenweefsels in een donkerbruine isotrope matrix van fijn organisch materiaal en sporadisch houtsnippers. Deze laatste laagjes moeten oorspronkelijk veel dikker zijn geweest, maar door het rotten van de vele organische resten en het rijpen van de bodem zijn ze progressief dunner en dener geworden (zie FECHNER *et al.* 2004). Getuige van het rottingsproces zijn de talrijke vrij grote sclerotia (zwamvloppakketten bij schimmels). Ook de aanwezigheid van fragmentjes van insecten kan wijzen op dit proces van rotting van plantenresten in de kuil. De observatie van de plantenresten onder fluorescent licht toont dat het gaat om stengelfragmenten waarvan de interne celstructuur is bewaard gebleven. In deze stengelfragmenten werden geen fytolieten aangetroffen, wat erop duidt dat deze stengels geen fytolieten produceerden. Er werden wel fytolieten aangetroffen in de omringende organische matrix. Deze fytolieten komen voornamelijk in clusters of geïsoleerd voor en niet langer in anatomisch verband of geassocieerd met organische plantenresten. Rekening houdend met de eerder beperkte bioturbatie, kunnen we dan ook stellen dat het plantmateriaal waar de fytolieten van afkomstig zijn reeds vergaan was vooraleer de fytolieten in de kuil zijn terechtgekomen. De eerste observaties wijzen erop dat het gaat om fytolieten afkomstig van bladeren van Panicoideae en Pooideae, twee sub-families binnen de grassenfamilie, mogelijk dus afkomstig van de omringende vegetatie. De afwezigheid van stabilisatielaagjes wijst op een eerder snelle vulling van het onderste deel van de kuilen. Hoger in de sequentie merken we wel de aanwezigheid van organisch-minerale uitwerpselen die wijzen op bioturbatie door bodemfauna (KOOISTRA & PULLEMAN 2018). Dit is met name het geval voor kuilen 2856 en 739. In kuil 2856 duidt de aanwezigheid van ijzerconcreties en ijzerhuidjes langsheen de poriën duidelijk op de oxidatie van het bovenste deel van de donkere vulling.



Figuur 58: Coupe door kuil 2856 (Maldegem – Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor micromorfologisch, diatomeeën- en pollenonderzoek en scans van de slijpplaatjes



Figuur 59: Coupe door kuil 3665 (Maldegem – Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor micromorfologisch, diatomeeën- en pollenonderzoek en scans van de slijpplaatjes



Figuur 60: Coupe door kuil 739 (Damme – Stakendijke), met locatie van de pollenbak en substalen voor micromorfologisch, diatomeeën- en pollenonderzoek en scans van de slijplaatjes

5.5.3.2. POLLEN

Palynologische analyses werden uitgevoerd op dezelfde drie sporen als bij het micromorfologisch onderzoek: S2856 en S3665 uit Maldegem – Ringbaan en S739 uit Damme – Stakendijke (Figuur 58, Figuur 59, Figuur 60). In S2856 en S739 werd een staal uit de basis van de vulling onderzocht; in S3665 uit de top.

Hoewel de drie kuilen morfologisch op elkaar lijken, verschillen de pollenspectra onderling zeer sterk:

- Het staal uit S2858 kent een hoog percentage boompollen (arboreal pollen of AP). Daarbij is vooral *Fagus* (beuk) opvallend sterk vertegenwoordigd. Dit is vermoedelijk een lokaal fenomeen, door nabijheid van één of enkele bomen, mogelijk versterkt door differentiële bewaring. De pollenkorrels van *Fagus* zijn namelijk redelijk robuust en dus beter bestand tegen oxidatie dan veel andere taxa. Het lijkt niet waarschijnlijk dat (bloeiende) takken van beuk bewust door de mens in de kuil gelegd zijn, aangezien er op basis van de micromorfologische slijpplaatjes geen hout is vastgesteld – uitgezonderd enkele sporadische houtsnippers.
- Het staal uit S3665 is kruidenrijk, met vooral Poaceae (grassen). *Potentilla* (ganzerik) type kent met 4% een vrij hoge waarde. In Bijlage 3 wordt een mogelijk menselijk gebruik van planten van dit type bediscussieerd, al lijkt een natuurlijk voorkomen in de omgeving toch waarschijnlijker. Verder zien we een uitzonderlijk hoge pollenconcentratie in dit staal. Dit wijst op een verregaande degradatie van de organische matrix. Ook de houtskoolconcentratie is extreem hoog. Dit hangt deels samen met de hoge pollenconcentratie, maar los daarvan moet er ook een flinke aanvoer van houtskool geweest zijn, ofwel in de vorm van microscopische fragmentjes die zich via de lucht verspreidden, ofwel in de vorm van houtskoolbrokjes. Dit laatste zou verband kunnen houden met de functie van de kuil.
- Het staal uit S739 vertoont een zeer hoog percentage *Calluna vulgaris* (struikheide). Deze soort is ongetwijfeld oververtegenwoordigd dankzij differentiële bewaring, maar moet toch talkrijk aanwezig geweest zijn. De palynologische analyses van waterputten uit Damme tonen aan dat dit pollen deel uitmaakte van de regionale component. Er moet dus geen menselijke tussenkomst (evt. artisanale activiteit) ingeroepen worden om dit hoge percentage te verklaren.

Geen van de drie kuilen van type 1 bevat een pollencomponent die overduidelijk aan menselijke toevoeging kan toegeschreven worden. In S3665 valt wel de hoge houtskoolconcentratie op.

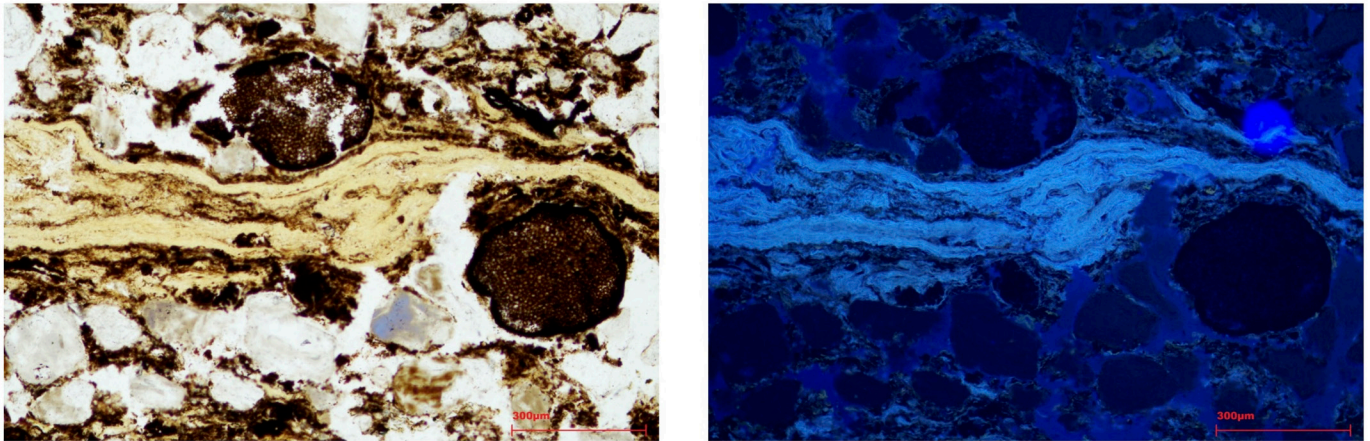
5.5.3.3. SYNTHESE

Kuilen 3665 en 2856 lijken een gelijkaardige vullingsgeschiedenis te kennen.

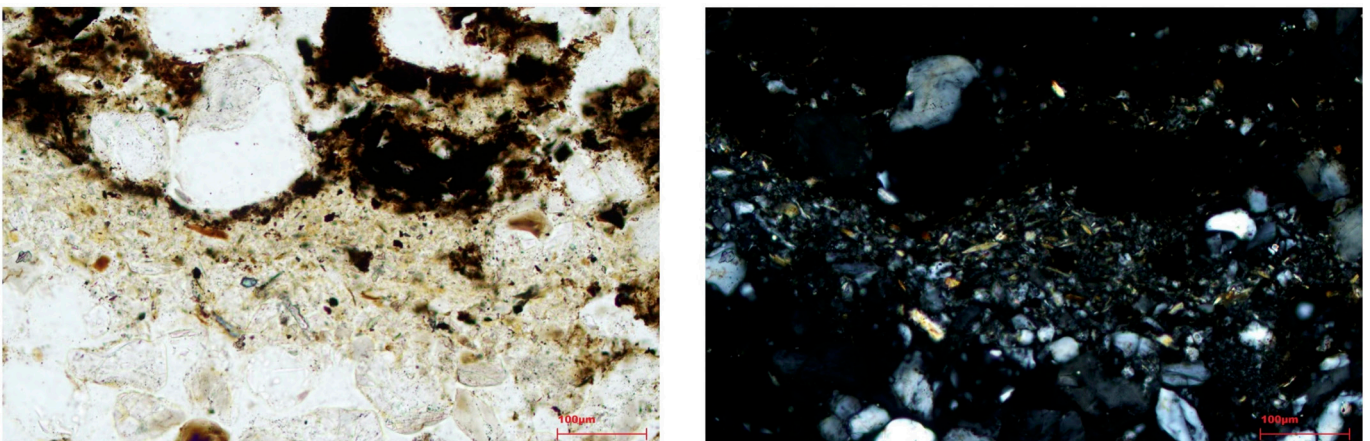
De aanwezigheid van horizontale continue lensjes toont duidelijk de afwezigheid van betreding aan. Voorts werden ook geen significante fosfaataccumulaties (zoals fosfaatnodule, -invullingen of vivianietkristallen) aangetroffen die zouden kunnen wijzen op het toevoegen van urine en/of uitwerpselen. Het donkere ‘vettige’ pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat uit een accumulatie van halfvergane en gehumifieerde plantenresten (Figuur 61) en dus niet uit vettige klei. Deze plantenresten lijken voornamelijk uit halfvergane stengels te bestaan, en houtresten lijken eerder sporadisch aanwezig te zijn. Op basis van al deze argumenten kan dan ook de hypothese van het mogelijk gebruik van deze structuur als rootput of vollerskuil verworpen worden.

Voorts zijn er behalve houtskoolfragmentjes en een hutteleemfragmentje (voor kuil 3665) geen verdere afvalresten aangetroffen, wat toelaat om ook de hypothese van een afvalkuil te verwerpen. De afwezigheid van sporen van uitwerpselen en fosfaataccumulaties maakt ook de hypothese van een mestkuil zeer onwaarschijnlijk.

De afwezigheid van stabilisatieprocessen wijst op een eerder snelle vulling van het onderste deel van de kuil. Deze onderste vulling bestaat uit een dichte pakket, dat oorspronkelijk veel dikker moet zijn geweest, maar dat door het verrotting echter progressief dunner en dichter is geworden. Getuige van dit rottingsproces zijn de talrijke vrij grote sclerotia die werden aangetroffen in deze laag (Figuur 61). Ook de aanwezigheid van fragmentjes van insecten kan wijzen op dit proces van rotting van plantenresten in de kuil. Bovendien zijn de hoge pollenconcentraties eveneens het gevolg van het grotendeels verteren van de organische matrix.



Figuur 61: Fel autofluorescente gele halfvergane plantstengel. De autofluorescentie duidt erop dat het plantmateriaal nog niet volledig is vergaan. Let ook op de 2 ronde donkerbruine (niet auto-fluorescente) sclerotia. (links gepolariseerd licht; rechts UV-fluorescentie)



Figuur 62: Het middelste deel (=H2) toont een duidelijk fijnere textuur ten opzichte van onderliggende en bovenliggende lagen. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het decanteren van fijne sedimenten. (links gepolariseerd licht; rechts gekruist gepolariseerd licht)

Bovenop deze initiële vulling merken we dan alternerende zandige laagjes van een paar millimeter dik, waarschijnlijk ten gevolge van het inwaaien van sediment in de kuil. De triage en mineralogie van deze zanden geeft aan dat het hier om lokaal materiaal gaat.

Het lijkt erop dat er plantmateriaal (vooral stengels) in deze kuil werd gelegd dat men dan verder liet rotten. Daar waar de resten op het eerste zicht zeer slecht bewaard lijken, toont de observatie onder fluorescent licht aan dat de plantcelstructuur nog vrij goed bewaard is gebleven. Verdere identificatie van de stengels is op basis van de huidige observaties echter niet mogelijk. Wat we wel weten is dat deze stengels geen fytolieten lijken te bevatten. Toch treffen we in de kuilvulling een hoge concentratie fytolieten van grassen aan. Het lijkt vooral te gaan om resten van bladeren. We zien wel dat deze fytolieten voornamelijk in clusters of geïsoleerd voorkomen. Rekening houdend met de eerder beperkte bioturbatie, kunnen we stellen dat het plantmateriaal waar de fytolieten van afkomstig zijn reeds vergaan was vooraleer de fytolieten in de kuil zijn terechtgekomen. De eerste observaties geven ook aan dat het hier om materiaal van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen (Poaceae) gaat: Pooideae en Panicoideae. Een diepgaandere fytolietenstudie (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) is echter noodzakelijk om tot een meer gedetailleerd beeld te komen.

In conclusie kunnen we stellen dat er plantmateriaal (vooral stengels) in de kuil werden gelegd dat men verder liet rotten. Dit plantmateriaal was vermengd met reeds vergane bladresten van grassen van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen : Pooideae en Panicoideae.

Kuil 739 kent echter een andere geschiedenis. Vooreerst is deze kuil uitgegraven in een reeds bestaande structuur. Voorts getuigt de onderste opvulling van de decantatie van sediment, zoals wordt aangetoond door de aanwezigheid van een fijne unit die gedomineerd wordt door fijnere sedimenten (Figuur 62). Dit is de enige kuilstructuur waar dit is waargenomen.

De verdere organische opvulling van de kuil vertoont grote gelijkenissen met de opvulling van kuilen 3665 en 2856: ook hier lijkt het erop dat er plantmateriaal in de kuil werden gelegd dat men verder liet rotten. Dit plantmateriaal was vermengd met reeds vergane bladresten van grassen van (waarschijnlijk vooral) Panicoideae.

5.5.4. Type 2: Middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem

5.5.4.1. MICROMORFOLOGIE

Twee kuilen van dit type werden onderworpen aan een micromorfologische studie: het gaat om structuren 648 en 4216 van de site Maldegem – Ringbaan (Figuur 63, Figuur 64).

HET CONTACT TUSSEN MOEDERMATERIAAL EN DE ONDERSTE KUILVULLING

Ook voor structuren 648 en 4216 werd een messcherpe grens tussen het moedermateriaal en de onderste kuilvulling vastgesteld.

DE ORGANISCHE LAAG

Ook voor deze kuilen blijkt het vette organische pakket te bestaan uit een serie sublaagjes.

Voor kuil 648 merken we dat de bewaring van de organische resten niet zo goed is: de organische resten zijn over het algemeen sterk gehumificeerd en vermengd met de zandige invulling van de kuil. Een deel van het fijne humeuze materiaal lijkt zich te concentreren langs de geobserveerde wortelgangen, wat aangeeft dat er humeus materiaal van hogerop naar beneden is gemigreerd. Bovenaan de sequentie treffen we ook de (beperkte) aanwezigheid aan van organische excrementen. Deze duiden op bioturbatie door de aanwezige bodemfauna. In deze vulling zien we ook geen sporen van een mooie gelaagdheid. Wat we wel merken is dat er ter hoogte van slijpplaatje B sprake is van een duidelijk heterogene vulling. Het betreft enerzijds humeus materiaal en anderzijds zandige kluitjes. Tot slot zijn in deze vulling de grote sclerotia ook eerder schaars. Wel merken we het veelvuldig voorkomen van birefringente ringen van dezelfde grootte (Figuur 65). Dit soort ringen wordt gelinkt aan schimmelweefsels geassocieerd met dierlijke uitwerpselen (ROMANS & ROBERTSON 1983; MIKKELSEN *et al.* 2019). Verdere indicaties van de aanwezigheid van uitwerpselen (coprolieten, fosfaataccumulaties, eitjes van darmparasieten, ...) ontbreken echter volledig.

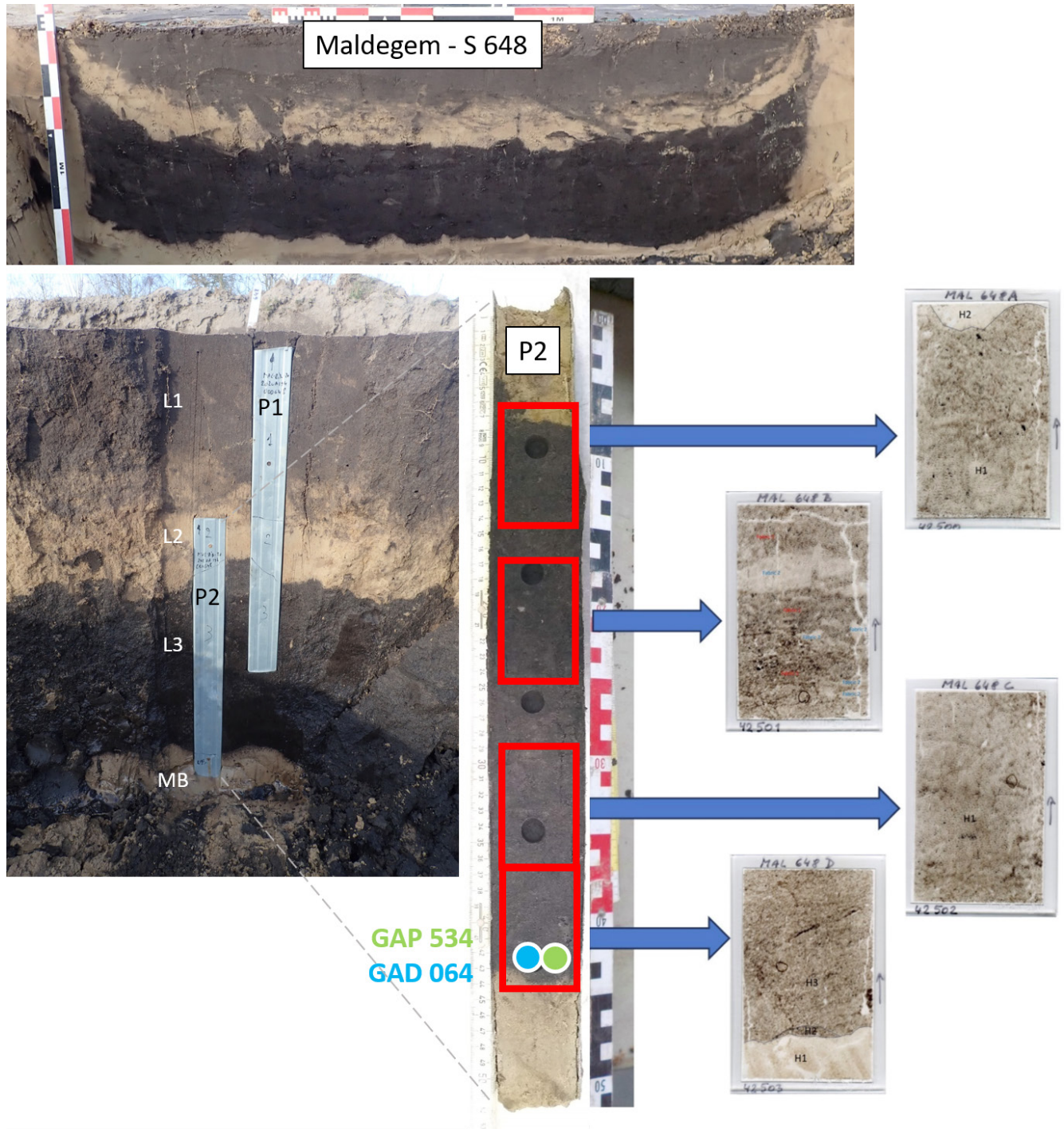
Voor kuil 4216 merken we dat de bewaring van de organische resten in het onderste deel van de vulling niet zo goed is. Enerzijds blijkt dit uit de aanwezigheid van organo-minerale excrementiële aggregaten en open gallerijen die wijzen op de aanwezigheid van bodemfauna (KOOISTRA & PULLEMAN 2018), anderzijds door de doorgedreven humificatie van de organische resten. Toch blijken er nog wel een paar autofluorescente cellen en weefselfragmenten bewaard gebleven te zijn.

In het bovenste deel van de bestudeerde kuilvulling (slijpplaatje 4216C), treffen we dan weer een betere bewaring van de organische resten aan. Ook hier merken we lokaal nog autofluorescente cellen en weefselfragmenten. De geobserveerde microgelaagdheid geeft aan dat er van betreding geen sprake is.

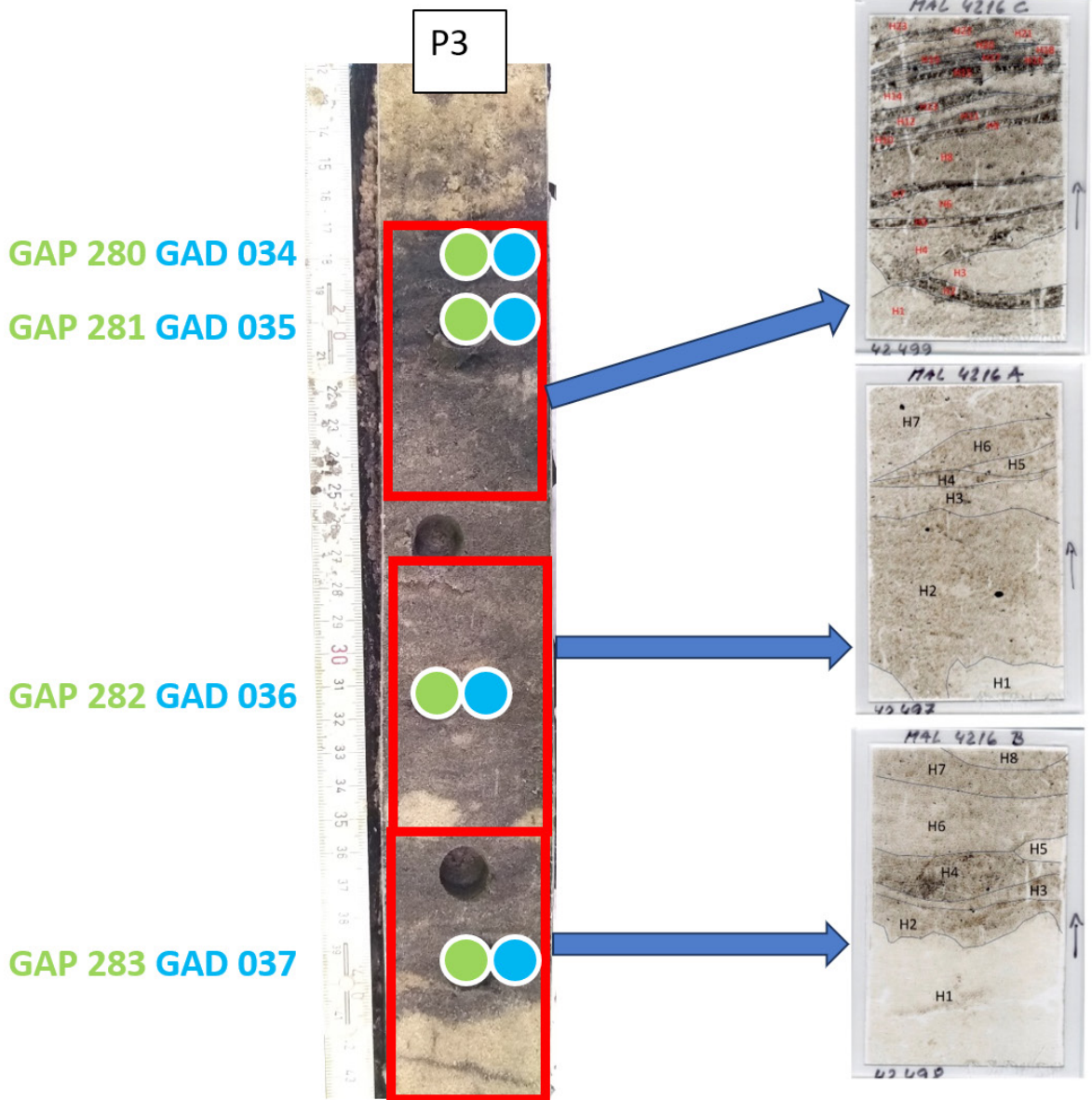
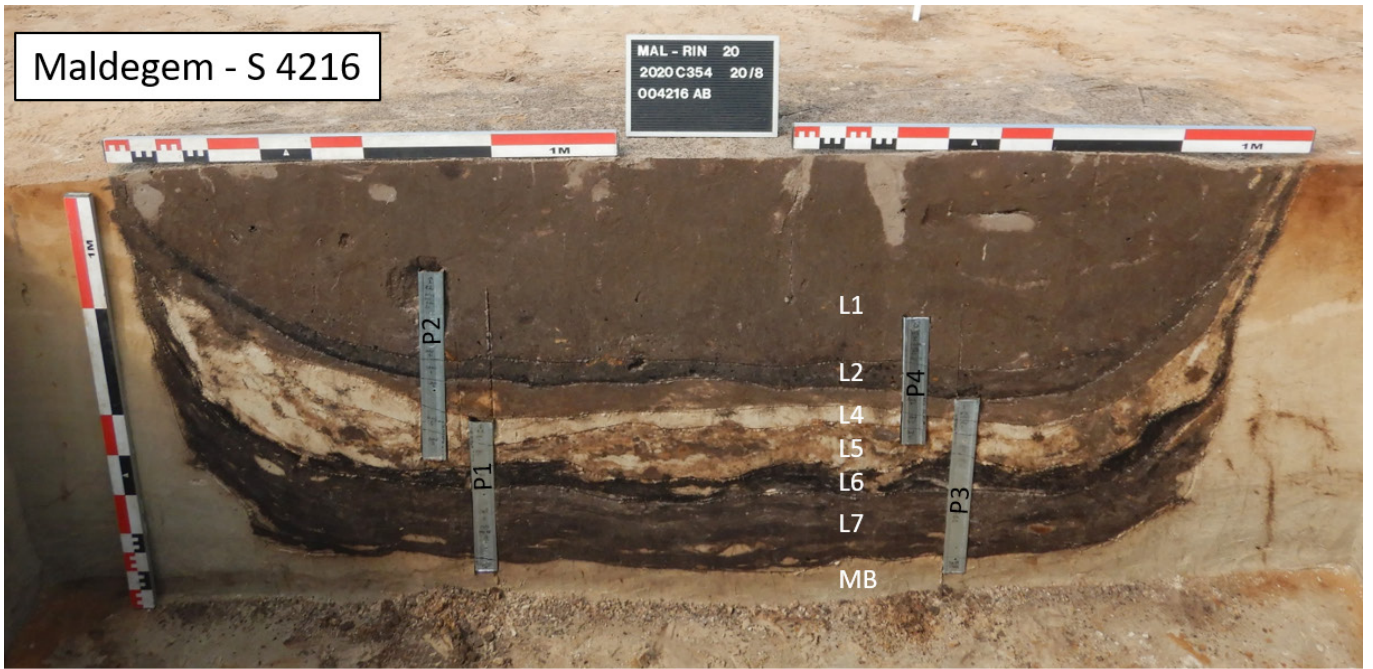
5.5.4.2. DIATOMEEËN

Diatomeeën waren slechts in één van de twee micromorfologisch bestudeerde sporen bewaard (S4216), en dan nog enkel in de bovenste twee substalen (Figuur 66). De meest voorkomende soorten zijn er *Pinnularia borealis* en *Pinnularia rupestris*. Andere soorten komen maximum 2x voor op een telling van ca. 100 schaaltsjes.

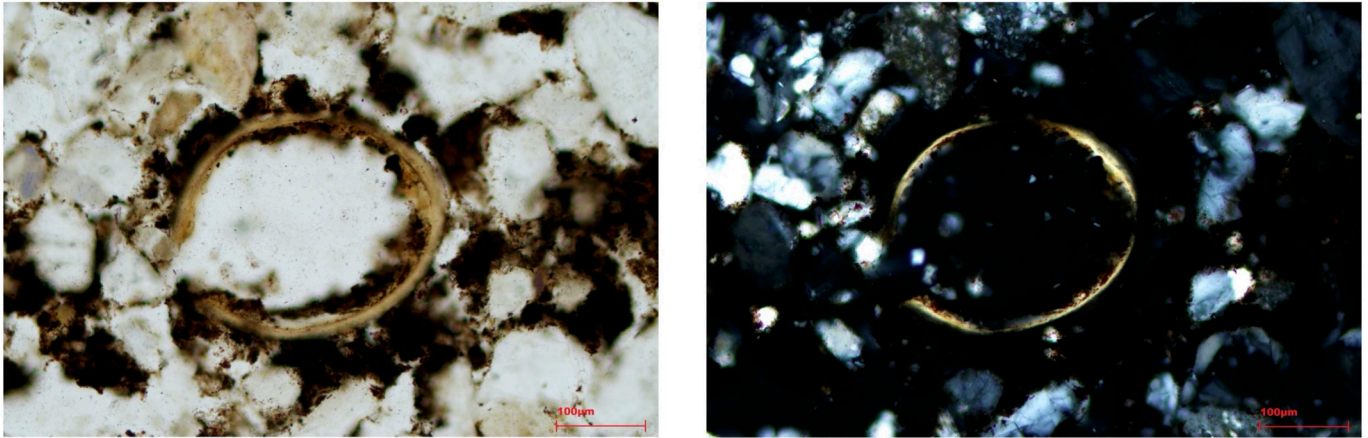
Het optimale milieu voor deze twee soorten is zuurstofrijk, neutraal tot zuur en weinig vervuild met nutriënten of organische afbraakproducten (Figuur 67). Beide soorten hebben weinig water nodig. Ze leven los op het sediment, in vochtige tot regelmatig droogvallende bodems.



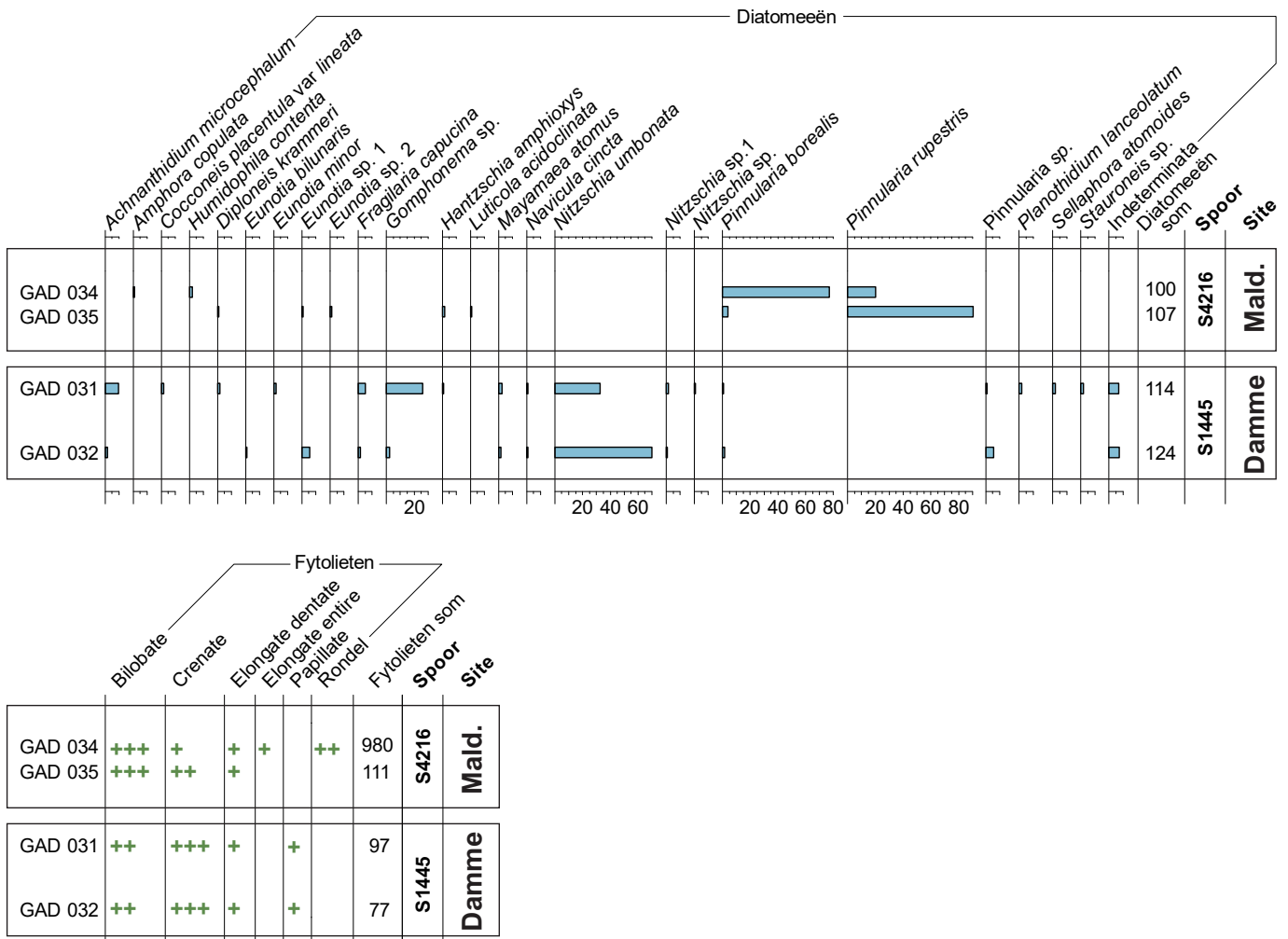
Figuur 63: Coupe door kuil 648 (Maldegem – Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor micromorfologisch, diatomeeën- en pollenonderzoek en scans van de slijpplaatjes



Figuur 64: Coupe door kuil 4216 (Maldegem – Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor micromorfologisch, diatomeeën- en pollenonderzoek en scans van de slijpplaatjes



Figuur 65: Birefringente ring. (links gepolariseerd licht; rechts gekruist gepolariseerd licht)



Figuur 66: Procentueel diagram van de beperkte diatomeeënanalyse van de vulling van een artisanale kuil uit Maldegem en uit Damme en frequentieclassen voor de morfotypes van fytolieten die in de diatomeeënpresparaten meegeteld werden. Tabel met exacte aantallen: zie bijlage 3

Figuur 67: Procentuele verdeling van enkele ecologische parameters volgens DENYS (1991) – S4216, een kuil van ‘type 2’ uit Maldegem – Ringbaan (MAL-RI) en S1445, een kuil van ‘type 3’ uit Damme – Stakendijke



Vooraf *P. borealis* is een typische soort voor droge, subaërische omstandigheden. Dit levert het beeld op van een droge kuil die zich boven het grondwater bevond en enkel na een regenbui of bij zeer hoge waterstanden tijdelijk water bevatte.

Fytolieten komen veelvuldig voor in de vulling van deze kuil. Vooral in het bovenste staal is de concentratie erg hoog, met een sterk overwicht van *bilobate* vormen. Daarnaast komen ook de volgende morfotypes voor: RONDEL, CRENATE, ELONGATE DENTATE en ELONGATE ENTIRE. De meeste van deze types zijn afkomstig van Poaceae, wat erop wijst dat er al dan niet vergane resten van grasstengels, -bladeren en/of bloeiwijzen van grassen in de vulling aanwezig zijn. Op basis van een telling van fytolieten in een preparaat kan echter niet bepaald worden of het gaat om fytolieten afkomstig van planten die in de kuil zijn verrot, of dat het hier gaat om fytolieten die samen met de sedimentvulling in de kuil zijn terechtgekomen, of om fytolieten van vergane plantresten die in de kuil zijn gewaaid.

5.5.4.3. POLLEN

Beide sporen van type 2 (S648 en S4216 uit Maldegem Ringbaan) werden palynologisch onderzocht. Uit S4216 werden vier niveaus bekeken. De bewaring is slecht, maar er werd toch een analyse uitgevoerd – behalve in de top van S4216.

- S4216 vertoont een evolutie in pollenspectra: de onderste twee niveaus sluiten eerder aan bij het algemene beeld van de regionale vegetatie dat voortkomt uit de pollenanalyses van waterhoudende structuren (zie 5.4.2), namelijk een deels bebost landschap. Het bovenste substaal uit S4216 vertoont een signaal dat eerder typisch blijkt voor artisanale kuilen, namelijk hoge percentages kruidenpollen (non-arboreal pollen of NAP), inclusief Poaceae (grassen) en in mindere mate Cerealia (graan). Ook *Potentilla* type is opnieuw aanwezig (3,5%).

- Het spectrum uit S648 sluit aan bij het bovenste van S4216, met ruim 50% Poaceae en 6% Cerealia. Ook Asteraceae-Liguliflorae (lintbloemige composieten) vertonen hier een piek. Dit pollen kan afkomstig zijn van soorten uit tal van milieus, maar vaak gaat het om ruderaal soorten, die wijzen op verstoorde grond. Mogelijk is de piek een oververtegenwoordiging door differentiële bewaring, die dit makkelijk herkenbare en robuuste pollentype bevoordeelt.

De combinatie van verhoogde percentages voor grassen, graan en *Potentilla* type lijkt een typisch kenmerk voor dit type kuilen.

5.4.4.4. SYNTHESE

Door de slechtere bewaring van de organische resten is het minder evident om voor deze kuilen tot een sluitende conclusie te komen. Toch kunnen ook hier een aantal hypothesen verworpen worden:

- Het donkere dikke pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat uit een mix van zandige sedimenten en humus, en dus niet uit vette klei. Voorts werden slechts sporadisch houtfragmenten aangetroffen en zijn er geen sporen van fosfaataccumulaties (zoals fosfaatsnodules, -invullingen of vivianietkristallen). Deze argumenten laten toe om ook hier de hypothese van het gebruik van de structuur als rootput of vollerkuil uit te sluiten.

- Behalve houtskoolfragmentjes treffen we ook hier quasi geen afvalresten aan, wat toelaat om ook de hypothese van afvalkuil te verwerpen. Tot slot maakt de afwezigheid van sporen van uitwerpselen (met uitzondering van de birefringente ringetjes) en fosfaataccumulaties ook de hypothese van een mestkuil eerder onwaarschijnlijk.

Wat betreft kuil 648 lijkt het erop dat ook hier plantenresten in de kuil zijn terechtgekomen. Door de sterke humificatie kunnen we echter niet langer de aard van die resten determineren. We kunnen wel stellen dat de laag met plantenresten oorspronkelijk veel dikker moet zijn geweest, maar dat die door het decompositieproces en het rijpen van de vulling echter progressief dunner en dichter is geworden (zie FECHNER *et al.* 2004). Dit verklaart meteen ook de concave uitlijning van de top van de organische vulling. Getuige van het rottings- en humificatieproces zijn de talrijke vrij grote sclerotia, de sporadische insectenfragmentjes en de organische excrementen van bodemfauna die werden aangetroffen in deze laag. Ook de hoge pollenconcentraties zijn het gevolg van het grotendeels verteren van de organische matrix. Deze gehumificeerde plantenresten zijn vermengd met zandig materiaal dat gezien de aard en de triage waarschijnlijk van lokale oorsprong is.

Ook in deze vulling treffen we fytolieten van grassen aan. Het gaat hier zowel om resten van bladeren als kaf. We zien wel dat deze fytolieten in de slijpplaten voornamelijk in clusters of geïsoleerd voorkomen. Toch merken we ook de aanwezigheid van gearticuleerde fytolieten. Deze laatste geven aan dat (een deel van) de bladeren intact in de bodem zijn terechtgekomen en de verdere decompositie in de bodem zelf heeft plaatsgevonden (DEVOS & VRYDAGHS 2023). De eerste observaties geven aan dat het hier om materiaal van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen (Poaceae) gaat: Pooideae en Panicoideae. Een diepgaandere fytolietenstudie (idealerweise combinatie bulk en slijpplaatjes) is echter noodzakelijk om tot een meer gedetailleerd beeld te komen.

Op basis van de huidige observaties kunnen we niet uitsluiten dat deze kuil een gelijkaardige functie vervulde als kuilen 3665 en 2856 van het type 1, maar de sterke humificatie van de organische resten laat niet toe om dit met zekerheid te bevestigen.

Voor Kuil 4216 geeft de micromorfologische studie aan dat er een duidelijk verschil is tussen de initiële en de latere vulling van de kuil.

De initiële vulling vertoont duidelijk sporen van intense humificatie. Mogelijk gaat het hier om zandig humeus materiaal dat in de kuil werd gedeponeerd en dat gedeeltelijk gehomogeniseerd is geraakt door de activiteit van de mesofauna. Dit zou ook de eerder granulaire microstructuur en de aanwezigheid van de excrementen van bodemfauna verklaren. Ook de afwijkende pollenspectra, die meer gelijken op de spectra uit de waterhoudende structuren van dezelfde site, wijzen op een andere oorsprong of gebruik van deze laag van de kuilvulling. Toch kan er niet worden uitgesloten dat we te maken hebben met hetzelfde plantmateriaal als in kuilstructuren MAL 2856 en MAL 3665. Dit geldt zeker voor H2 en H5 waar ook grote sclerotia werden aangetroffen die mogelijk op *in situ* decompositie wijzen.

Het bovenste deel toont een duidelijke afwisseling van organische bandjes, waar zowel grote sclerotia als insectenfragmentjes op verrotting van de organische resten wijzen, en zandige bandjes die gezien hun mineralogie en triage waarschijnlijk van lokale origine zijn.

Samengevat lijkt het er dus op dat de initiële vulling van de kuil ofwel in omstandigheden gebeurde die een snelle vertering van de organische resten toeliet, of dat het plantmateriaal reeds sterk gehumificeerd was toen het in de kuil terecht kwam. In een tweede fase merken we een snelle opeenvolging van plantenresten die *in situ* zijn verrot afgewisseld met zandige laagjes.

5.5.5. Type 3: Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede

5.5.5.1. MICROMORFOLOGIE

Eén kuil van dit type werd onderworpen aan een micromorfologische studie: het gaat om structuur 1445 uit de site Damme – Stakendijke (Figuur 68).

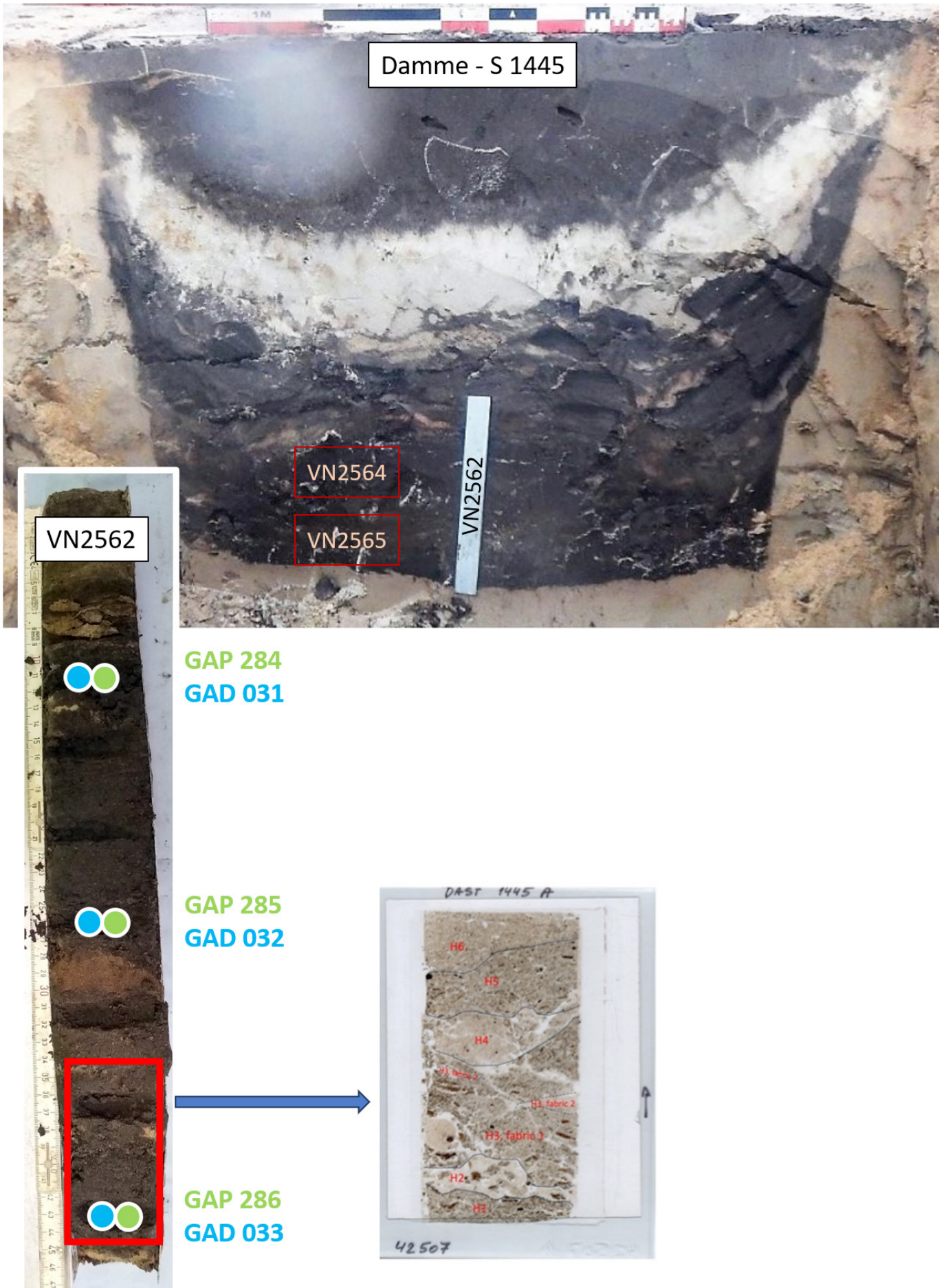
DE ORGANISCHE LAAG

Ook hier blijkt het vette organische pakket te bestaan uit een reeks verschillende laagjes. Het gaat voornamelijk om een aantal laagjes die vooral bestaan uit eerder goed bewaarde organische resten. Hoewel ze sporen van verbruining tonen, zijn vele resten nog herkenbaar. Zo werden houtsnippers, zaden, bladeren, veenfragmenten, kafresten en herbivore coprolieten herkend (Figuur 69).

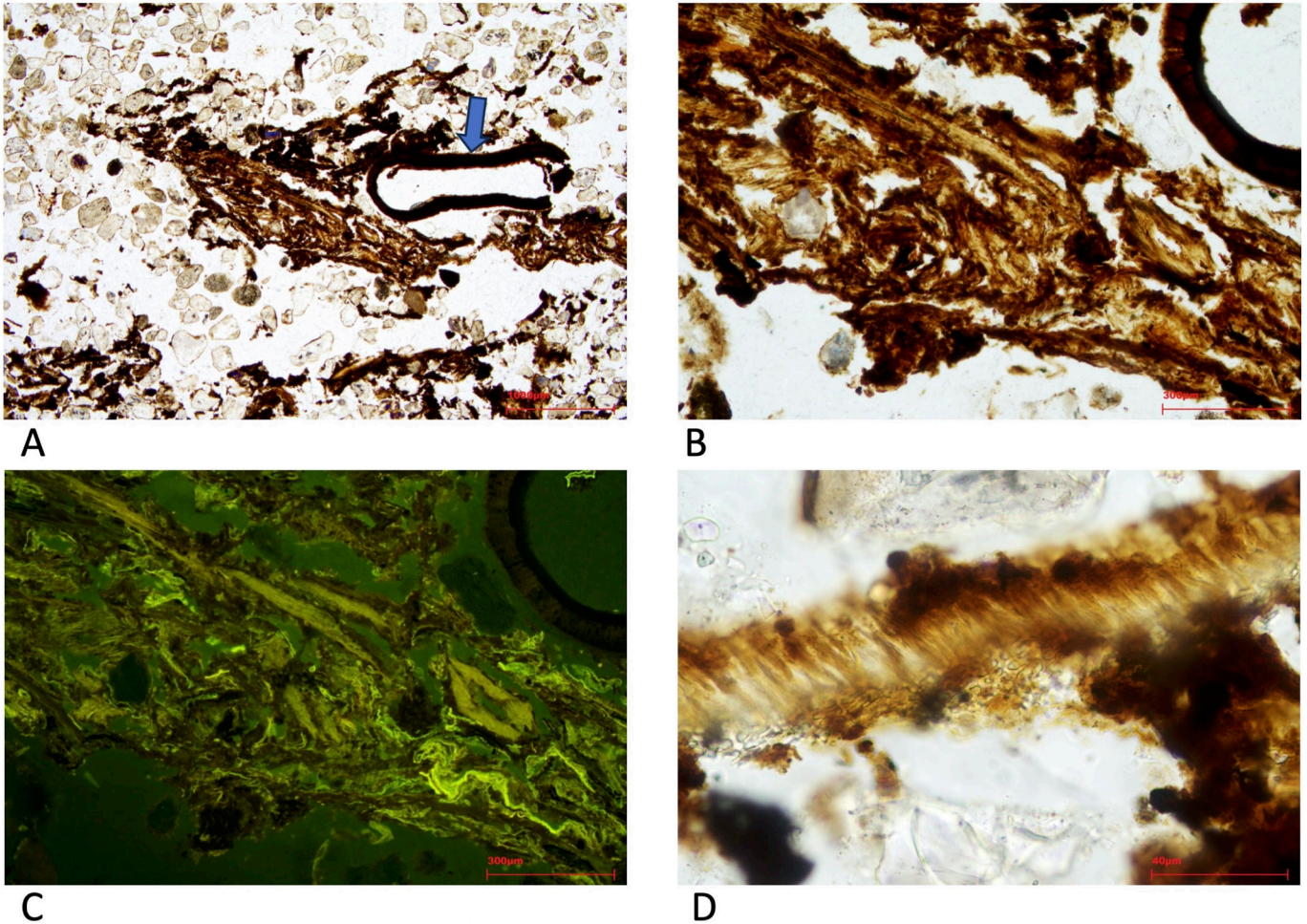
Eén sublaagje toont een duidelijk heterogeen karakter (H2): hier treffen we zowel organische aggregaten als zandige kluiten aan. Ook werd er een sublaagje (H4) geobserveerd waar het organische materiaal duidelijk sterk gehumificeerd is en waar de plantenresten niet langer kunnen herkend worden.

5.5.5.2. DIATOMEEËN

In S1445 uit Damme (Figuur 68) is *Nitzschia umbonata* de dominante soort. In het onderste staal komen daarnaast ook meerdere niet tot op soort gedetermineerde schaaltes van *Eunotia* en *Pinnularia* voor. In het bovenste staal is *Gomphonema* frequent aanwezig en komen ook



Figuur 68: Coupe door kuil 1445 (Damme – Stakendijke), met locatie van de bulkstalen voor macrorestenonderzoek en de pollenbak met substalen voor micromorfologisch, diatomeeën- en pollenonderzoek en scan van het slijpplaatje



Figuur 69: Coproliet van een herbivoor. De pijl geeft de aanwezigheid van een zaadje aan. B en C: details van de coproliet. D: kafresten met gearticuleerde fytolieten. (A, B en D: gepolariseerd licht; C: blauw fluorescentie)

Achnantheidium microcephalum en *Fragilaria capucina* meermaals voor. Bij *Gomphonema* zijn de schaalpjes te vaak gebroken om te kunnen bepalen of het om één of meerdere soorten gaat. Andere soorten zijn beperkt tot max. 3 schaalpjes op een telling van ruim 100 schaalpjes.

De aangetroffen soorten in deze kuil wijzen op een milieu dat toch wel sterk verschilt van dat in S4216 in Maldegem. Het merendeel van de soorten is bodembewonend (zowel los op het substraat (benthisch) als vastgehecht (epontisch)), maar *Fragilaria capucina* is tychoplanktonisch, wat betekent dat deel van de levenscyclus zich in de waterkolom afspeelt. De droogtetolerantie van de soorten in deze kuil is over het algemeen lager dan in Maldegem: er zijn soorten die quasi permanent droge omstandigheden verdragen, maar het grootste deel van de diatomeeën heeft natte omstandigheden nodig. We kijken hier dus eerder naar een kuil waar regelmatig water in staat, en die maximum af en toe – vermoedelijk tijdens drogere periodes van het jaar – bijna droogviel. Het water in de kuil is hoofdzakelijk zoet, maar enkele taxa wijzen op een iets hoger zoutgehalte, richting zeer licht brak. Een opvallend verschil met de kuil in Maldegem is dat het water hier meer richting alkalisch, voedselrijk (eutroof), matig organisch vervuild (meso tot polysaprob) en minder zuurstofrijk gaat. Dit kan het gevolg zijn van aanvoer via het grondwater, van rijke in situ plantengroei en/of van menselijke toevoeging van afval.

Ook in deze kuil komen fytolieten frequent voor. CRENATE vormen zijn het meest aanwezig, gevolgd door BILOBATE vormen. Daarnaast komen kleinere hoeveelheden voor van ELONGATE DENTATE en PAPILLATE fytolieten. Die laatste twee morfotypes wijzen beide op de aanwezigheid van bloeiwijzen (kaf, haarbasis) van grassen in de kuilvulling. Zoals reeds vermeld voor de kuil uit Maldegem, wijst de aanwezigheid van fytolieten op vergane plantenresten, maar kunnen we verder niets zeggen over de tafonomie.

5.5.5.3. POLLEN

Naast de kuil die ook op micromorfologie en diatomeeën onderzocht is (S1445 uit Damme, Figuur 67), behoort S18 uit de opgraving Sijsele Stationsstraat (figuur 9 in bijlage 3) vermoedelijk eveneens tot het type artisanale kuilen met rechthoekige doorsnede. De hoge concentratie *Calluna vulgaris* (struikhei), een robuust en makkelijk herkenbaar pollentype, in S18 verraadt een slechte bewaring voor dit staal. Het is dus niet helemaal duidelijk hoe representatief het spectrum is voor de vegetatie of de inhoud van de kuil. In S1445 komen ook hoge percentages *Calluna* voor, maar niet zo extreem als in S18. Deze reflecteren wel het belang van heide in de omgeving.

S1445 wordt gekenmerkt door een laag AP en hoge concentraties Poaceae (grassen). Naast grassen wijzen ook de relatief hoge waarden voor *Rumex acetosa* (veldzuring) type op grasland. Dit spoor vertoont verder ook eerder hoge percentages voor Cerealia (graan, 8-14%). *Fagopyrum* (boekweit) werd enkel in het onderste niveau aangetroffen en wijst eveneens op akkerbouw. Verschillende andere kruiden passen ook in akkers of andere verstoorde contexten (bv. *Polygonum aviculare* (gewoon varkensgras) type, sommige Asteraceae-Liguliflorae of Brassicaceae).

In vergelijking met de waterputten op dezelfde site vertoont deze kuil beduidend hogere waarden voor *Rumex acetosa* (veldzuring) type, *Potentilla* type en Cyperaceae. Deze planten kunnen gelinkt worden met de lokale vegetatie van natte graslanden.

Als we ervan uitgaan dat al dit pollen uit de regionale en/of lokale vegetatie afkomstig is, dan mogen we een landschap afleiden dat gedomineerd wordt door heidevelden, grasland en akkerland. We moeten echter ook rekening houden met de mogelijkheid dat er ook een pollencomponent aanwezig is die verband houdt met de functie van de kuil.

Ten slotte valt op dat S1445 de enige van alle bestudeerde artisanale kuilen is die schimmelsporen bevat. Niet alleen zijn schimmelsporen (zeker in het middelste niveau) vrij frequent aanwezig, ook zien we een relatief grote variatie aan types, waaronder types die aan mest gelinkt kunnen worden (HdV-113, HdV-368).

5.5.5.4. MACROBOTANISCHE RESTEN

Naast de micromorfologisch bestudeerde kuil S1445, werd ook S1475 van hetzelfde type macrobotanisch gewaardeerd (Figuur 68, Figuur 70). De bewaring van organisch materiaal is in deze kuilen beduidend beter dan in de andere kuiltypes.

Het grootste aandeel macroresten valt in de groep 'pioniers van voedselrijke gronden'. Daaronder zijn er heel wat pioniers van matig natte gronden die als onkruiden op (graan) akkers voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn *Anthemis cotula* (stinkende kamille), *Raphanus raphanistrum* (knopherik), *Glebionis segetum* (gele ganzenbloem), *Agrostemma githago* (bolderik) en *Centaurea cyanus* (korenbloem). Ook alle taxa van de groep 'Pioniers van droge, voedselrijke gronden' kunnen als onkruiden op graanakkers voorkomen. De grootste aantallen zijn er binnen deze groep bij *Chenopodium album* (melganzenvoet) en *Rumex acetosella* (schapenzuring). We veronderstellen dat het om een beperkte vorm van afval gaat, afkomstig van graanteelt of -verwerking in de omgeving. De enkele verkoolde resten komen trouwens ook uit het graan.

Naast pioniers zijn ook planten van (natte) graslanden frequent aanwezig. Het zijn taxa van een open, korte vegetatie, met *Eleocharis palustris/uniglumis* (gewone/slanke waterbies) als belangrijkste vertegenwoordiger.

Verder is er nog een groep van eerder voedselarme, lage vegetaties. Deze lage vegetatie kan standhouden op plaatsen die 's winters onderlopen en in de late lente droogvallen. Dit geldt vooral voor *Hydrocotyle vulgaris* (waternavel) en *Ranunculus flammula* (egelboterbloem). De resten van *Erica tetralix* (gewone dophei) en *Calluna vulgaris* (struikhei) zijn slechts in kleine aantallen aanwezig en kunnen aangevoerd zijn. Ook de driehoekige nootjes van *Carex* die veelvuldig aanwezig zijn, behoren mogelijk tot dit soort vegetaties. Spijtig genoeg kunnen deze meestal onvolledige nootjes niet met zekerheid gedetermineerd worden. De soorten *Carex demissa* (geelgroene zegge) en *Carex viridula* (dwergzegge) zijn wel kenmerkend voor schrale, korte vegetaties op zure bodem.



Figuur 70: Coupe door kuil 1475 (Damme – Stakendijke), met locatie van de bulkstalen voor macrorestenonderzoek

Gekweekte planten zijn zeer beperkt aanwezig. Naast de eerder vernoemde verkoolde graankorrel, werd ook *Linum usitatissimum* (gekweekt vlas) aangetroffen in de 3 gewaardeerde stalen. Na controle van deze stalen bleek het telkens slechts om één exemplaar te gaan. In spoor 1475 werden belangrijke hoeveelheden van vermoedelijk stengels van grassen (mogelijk stro) gevonden.

De verscheidenheid en het aantal waterplanten is zeer beperkt. Het zijn daarenboven taxa die 's zomers op droogvallende bodem nog vrucht kunnen zetten.

5.5.5.5. SYNTHESE

We bespreken hier S1445 (en S1475 voor macroresten) uit Damme als vertegenwoordiger van de kuilen van type 3.

Het donkere 'vettige' pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat niet uit vettige klei, maar wel uit vrij goed bewaarde plantenfragmenten: in de slijpplaten zijn kafresten van graangewassen, bladeren, zaden en houtsnippers zichtbaar, naast zandige kluiten. Ook treffen we in deze vulling meerdere coprolieten van herbivoren aan. Deze goede bewaring blijkt ook uit het macrorestenonderzoek, dat veel intacte zaden en stengels van grassen (mogelijk stro) opleverde.

De afwezigheid van huishoudelijke afval- en of bouwresten, op wat houtskoolfragmentjes na, geeft duidelijk aan dat de hypothese van een afvalkuil kan verworpen worden. De afwezigheid van een vette kleilaag en fosfaatrijke uitwerpselen van omnivoren/carnivoren maakt ook hier de hypothese van het mogelijk gebruik van deze structuur als vollerskuil of rootputten onwaarschijnlijk.

De fytoieten geven voor deze kuilvulling duidelijk aan dat er kafresten van graangewassen aanwezig zijn. Deze treffen we zowel in de herbivore coprolieten zelf als in de omringende matrix aan. Een gedetailleerde studie van de fytoieten in de uitwerpselen kan verder helpen het dieet van de dieren te bepalen (zie bvb. DEVOS & VRYDAGHS 2023). Wanneer we naar het spectrum van de geobserveerde fytoieten kijken, merken we dat ook hier zowel Pooideae als Panicoideae aanwezig zijn. Opnieuw valt het aan te raden om een gedetailleerde studie van de fytoieten (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) uit te voeren om deze eerste observaties te vervolledigen.

Door de aanwezigheid van de talrijke kaffragmenten, samen met de uitwerpselen van herbivoren, lijkt de hypothese van een mestkuil vrij aannemelijk. Vermoedelijk mogen we de resten van graan en akkeronkruiden in het pollen- en macrorestenonderzoek ook verklaren als afkomstig van stro dat in de stal gelegd werd en met de mest mee in de kuil geschept werd. Voor andere botanische resten (zaden en pollen van natte en/of graslanden/heides) kunnen we ons dan ook afvragen of ze rechtstreeks afkomstig zijn van de omgevende vegetatie, of mogelijk begraasd werden door het vee, en vervolgens via het maagdarmsstelsel in de mest zijn terechtgekomen. De interpretatie als mestkuil verklaart in elk geval ook de aanwezigheid van mestschimmels. Ook het sterk vervuilde karakter dat blijkt uit de diatomeeënspectra past in dit plaatje.

Het lijkt erop dat deze kuil een aantal keer is geledigd, waarbij zandige fragmentjes van de omringende bodem/wand in de kuil zijn terechtgekomen. Dit verklaart ook meteen het heterogene karakter van micromorfologische laag H2 waar we zowel plantenfragmenten, coprolieten als zandige aggregaten aantreffen. Een tweede uitgraving lijkt te hebben plaatsgevonden ter hoogte van H4. Bovenop de uitgravingen merken we dan de aanwezigheid van nieuwe pakketten die rijk zijn aan plantenresten en coprolieten.

Samengevat lijkt het er dus op dat de initiële vulling van de kuil getuigt van de opvulling met dierlijke (herbivoor) mest, en dat er verschillende uitgravingen hebben plaatsgevonden.

5.5.6. Type 6: Dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen

5.5.6.1. MACROBOTANISCHE RESTEN

Bij dit type kuil is slechts één exemplaar onderzocht en enkel op botanische macroresten. Beide met elkaar in verbinding staande kuilen zijn onderworpen aan assessment, maar enkel het staal uit de vulling van de grootste van de twee kuilen bleek analyseerbaar (VN2576, figuur 71).

De resultaten zijn erg gelijklopend met die uit de twee macrobotanisch onderzochte kuilen van het rechthoekige type (type 3). Ook hier domineren de pioniers van voedselrijke gronden, die grotendeels afkomstig zijn van (graan)akkers. In S1330 is *Polygonum aviculare* (gewoon varkensgras) zeer veelvuldig aanwezig. Bij de planten van natte graslanden is *Eleocharis palustris/uniglumis* (gewone/slanke waterbies) opnieuw frequent aanwezig. Driehoekige nootjes van *Carex* zijn ook hier veel gevonden en vertegenwoordigen mogelijk de lage vegetaties van voedselarme, zure bodems, samen met o.a. *Ranunculus flammula* (egelboterbloem) en *Potentilla erecta* (tormentil). Resten van dophei of struikhei zijn hier niet aangetroffen.

Dit staal bevatte geen resten van gekweekte planten of verkoolde resten. Waterplanten zijn zeer beperkt aanwezig. Net als in S1445 en 1475 gaat het om waterranonkel, die droogvallende bodems verdraagt.



Figuur 71: Coupe door kuil 1330 (Damme – Stakendijke), met locatie van de bulkstalen voor macrorestenonderzoek

6. Functionele interpretatie

Op basis van het uitgevoerde syntheseonderzoek blijkt dat er geen ‘typische’ artisanale kuil bestaat. Het fenomeen blijkt zowel uit het archeologische onderzoek als uit het natuurwetenschappelijke onderzoek het resultaat van meerdere mogelijke activiteiten. De diversiteit in morfologie en de geleverde natuurwetenschappelijke resultaten van enkele van deze kuilen bewijzen dat er geen sprake is van één definieerbare functie.

Op een boerderij-erf gebeuren verschillende soorten activiteiten, die naargelang de aard van de daaraan gekoppelde handelingen een eventuele neerslag kunnen vormen in het archeologische bodemarchief. Bijkomend is er altijd het aandachtspunt dat de laatste opvulling niet per se verband houdt met de primaire functie van een structuur, een klassiek gekend probleem op archeologische vindplaatsen. Het is evenmin eenvoudig om de verschillende manieren van productie en/of verwerking of stappen in dat proces van tal van allerlei producten doorheen de tijd te reconstrueren. Dit past overigens niet binnen het kader van dit syntheseonderzoek. Toch is er met de gekende archeologische dataset gepoogd de oorspronkelijke functie(s) te reconstrueren van deze kuilen.

Tijdens het inventariserende onderzoek bleek dat tal van mogelijkheden werden aangekaart als mogelijke functionele interpretatie van de artisanale kuilen. In dit hoofdstuk worden de voornaamste mogelijkheden opgelijst en wordt iets dieper ingegaan op de mogelijke verwachting die hieruit voortvloeit wat betreft morfologie en/of natuurwetenschappelijke resultaten. Dit is zonder het opzet exhaustief te zijn.

Een vaak vermelde optie in de opgravingsrapporten is het gebruik als **rootkuil**. Deze rootkuilen dienen voor het roten van vlas, hennep of brandnetel. De kuil wordt met water gevuld en dient om het rottingsproces waarbij vezels loskomen mogelijk te maken. Dergelijke kuilen kunnen verschillende formaten en vormen (tot zelfs greppelvormig) hebben, maar dienen wel enige diepte te hebben. Gezien de geurhinder wordt vaak verwacht dat deze structuren zich op enige afstand van de eigenlijke bewoning moeten bevinden. Er is nood aan water voor het proces, maar dit kan op verschillende manieren aangevoerd worden, dichtbij door watervoerende structuren (zoals waterkuilen, waterputten, grachten of beken) of verder af in containers. Er wordt verwacht dat er veel resten van vlas, hennep of brandnetel in het staal aanwezig zouden zijn, waaronder stengelresten (VAN DER MEER 2010; DEWILDE 1984; DYSELINCK *et al.* 2022).

In de specifieke onderzochte kuilen van dit syntheseonderzoek waren macroresten of pollenkorrels van vlas/hennep nergens frequent aanwezig. Bovendien weten we op basis van het diatomeeënonderzoek, de ondiepe vorm van de kuilen en de geoxideerde toestand van organische resten dat de betreffende kuilen relatief droge omstandigheden kenden. Ook het feit dat de kuilen zich vlakbij woonhuizen bevonden is wegens de geurhinder een argument tegen een functie als rootkuil. Dit sluit niet uit dat andere kuilen waarvan geen natuurwetenschappelijk onderzoek gebeurd is binnen het kader van dit syntheseonderzoek toch als rootkuil zouden kunnen geïnterpreteerd worden.

Het **weken van vezels voor vlechtwerk** kan eventueel in een kuil gebeuren. Het betreft dan vooral stro (liefst rogge), pijpenstrootje, (matten)bies, riet, zeggras of andere planten. De eindproducten zijn manden, matten, stoelzittingen, dakbedekking, schuttingen, waterreiniging, touw en dergelijke meer. Voor deze functie zijn, net als bij rootkuilen (cf. *supra*), de bestudeerde kuilen niet nat genoeg.

Een andere vaak voorkomende interpretatie is die van **mestkuil**. Deze kan verschillende verschijningsvormen hebben. Deze kuilen kunnen in principe eveneens heel wat vormvariatie vertonen. In essentie wordt verwacht dat in deze vullingen restanten van stro en mest voorkomen. Mest heeft een rijpingsproces waarbij zuurstoftoevoer noodzakelijk is, wat impliceert dat er gekeerd moet worden. Voor de opvoer van mest op de akkers, wordt eerder verwacht dat er mestvalen of mesthopen gebruikt worden. Mestkuilen zouden een meer specifieke insteek hebben, mogelijk als mest voor een broeibed of mest voor een kweekbed. Hiervoor zijn hogere temperaturen nodig, vandaar de aanleg in een kuil (HOS 2015; VAN OOSTEN *et al.* 2020).

In een deel van de onderzochte kuilen zijn aanwijzingen gevonden voor een interpretatie als mestkuil. Het gaat om het type ‘artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede’ in Damme Stakendijkje. Er werden herbivore coprolieten vastgesteld in de slijpplaatjes. Bovendien werden kafresten en stengels (stro?) aangetoond in slijpplaten, macroresten en fytolieten. Pollen en macroresten van gras, graan en (akker)onkruiden kunnen eveneens afkomstig zijn van stalstrooisel en/of mest. Diatomeeën wijzen op hoge concentraties (anorganische en organische) afvalstoffen. Zandige inclusies in de vulling en sporen van heruitgraving kunnen wijzen op het keren en/of uitscheppen van de mest.

De initiële insteek voor dit syntheseonderzoek stelde dat (een aantal van) deze kuilen als **volderskuil (of vollerskuil)** te interpreteren zou kunnen zijn - dit op basis een vergelijking met onderzoek in Nederland (zie *supra*; ARTS 1998). Deze activiteit vindt plaats binnen het maken van wol tot laken, een belangrijke nijverheid in het middeleeuwse Vlaanderen. Archeologisch gezien zijn dergelijke kuilen goed gekend in de steden (zeker in jongere varianten). Ze vertonen vaak een kuipstructuur – hoewel langwerpige rechthoekige kuilen zeker ook voorkomen – al dan niet met een houten beschoeiing. Het eigenlijke vollen houdt in dat het wollen weefsel wordt verdicht tot een stevige stof die minder vatbaar is voor krimp. Concreet wordt er gewerkt met beweging (met de voeten aanstampen, met de armen rollen of met stokken) in (heet) water met urine en vollersaarde (en eventueel zeep). Na het vollen zijn de draden van het weefsel niet meer herkenbaar. In het proces zit deze stap vrij laat, pas na het weven van de wol tot een geheel. De stappen hiervoor (van wol tot draad, het schoonmaken en prepareren, kaarden of kammen, het spinnen, het weven) vereisen op zich geen ingegraven structuren (SORBER 1998). Andere stappen die in het afwerkingsproces zitten – zoals het verven – kunnen ook gebruik maken van ingegraven structuren. Dat volderskuilen gekend zijn in de laatmiddeleeuwse steden is geen toeval gezien de lakennijverheid daar geconcentreerd is. Het gaat om een arbeidsintensieve activiteit die bovendien pas plaatsvindt na het weven. Op zich lijkt het voor de lakennijverheid dus minder interessant dat deze stap in het proces bij de boerderijen zelf zou gebeuren, of toch wat betreft de productie op grotere schaal. De initiële insteek van dit syntheseonderzoek met de vraag of deze artisanale kuilen een significante rol spelen in de lakennijverheid is op deze manier weerlegbaar. Het valt niet uit te sluiten dat dergelijke kuilen weliswaar voor het vervaardigen van laken voor eigen gebruik zouden kunnen fungeren in de volle middeleeuwen, gekoppeld aan huisnijverheid. Op basis van het natuurwetenschappelijke onderzoek zou dan verwacht worden dat er aanwijzingen zijn voor (schapen-) wol (met oa. parasieten) en vollersaarde. Dit bleek echter afwezig in de onderzochte kuilen. De hypothese van de volderskuil wordt bijgevolg best voorzichtig benaderd, het is zeker mogelijk dat een aantal van de kuilen hiertoe gebruikt zijn, maar dit is zeker geen systematisch gegeven. Ook voor de hypothese van het verven van de wol zijn er geen aanwijzingen – zoals de aanwezigheid van verfplanten – aangetroffen.

Een interessantere piste is deze van de **bewaarkuil**. In een tijd waarin koelkasten en diepvriezers nog niet bestonden, dienden er andere methodes van voedselopslag benut te worden. Het inkoulen van voedsel is een eeuwenoude techniek (CAG 2024; BOKRIJK 2024), en wordt nog steeds gebruikt voor het bewaren van stro en grassen in de landbouw. Op kleinere schaal gebeurde dit ook voor de moderne tijd voor tal van andere voedselwaren zoals groenten. Het gaat om een eenvoudige techniek: in een kuil van een halve tot anderhalve meter diep (vanaf het loopniveau) worden groenten in hun geheel bewaard waarbij de temperatuur laag genoeg moet zijn. Het gaat vooral om typische wintergroenten zoals wortelen, prei, selder, knolselder, kolen en appelsoorten waarbij ook stro gebruikt wordt tegen vorstschade. Het is belangrijk dat de kuil niet nat wordt, wat kan verklaren waarop deze soms is opgegeven. Dit fenomeen is ook gekend als ‘kelderkuilen’, hoewel dit ook om opslag van andere producten kan gaan.

De ondiepe vorm van sommige van de beschreven kuilen uit deze studie is in overeenstemming met wat men zou verwachten van een bewaarkuil. Ook de droge omstandigheden, die blijken uit het diatomeeënonderzoek en de geoxideerde toestand van de organische resten, zijn geschikt voor een bewaarkuil. Het feit dat er stengels en bladeren van grassen werden gevonden (cf. slijpplaten, fytolieten, macroresten), kan ook gelinkt worden met de bekleding van bewaarkuilen. Het lijkt heel aannemelijk dat enkele van de artisanale kuilen bewaarkuilen zijn.

Min of meer verwant aan de bewaarkuilen zijn de **graskuilen**. In deze kuil is het de bedoeling dat het gras fermenteert door de afwezigheid van zuurstof. Uiteindelijk dient dit als wintervoer voor het vee. In een aantal onderzochte kuilen zijn grasstengels aangetroffen. Het gebruik als graskuil zou ook een eventuele verklaring hiervan kunnen vormen.

Meer in de lijn met de interpretatie als vollerskuil, ligt die als mogelijke **leerlooierskuil**. Om van dierenhuiden leer te maken worden ze ondergedompeld in water met toevoeging van organische producten zoals kalk en houtassen, maar ook schors en bepaalde planten (DEMIDDELE 2014). Ook hier zijn verschillende stappen in het proces waarbij ingegraven structuren van pas zouden kunnen komen. Opnieuw is dit een artisanale activiteit die eerder geconcentreerd lijkt in de steden, hoewel het niet kan uitgesloten worden dat sommige artisanale kuilen dit als functie zouden gehad hebben. Er zijn evenwel in de onderzochte kuilen geen directe aanwijzingen voor gevonden.

Soms worden dergelijke kuilen ook als **afvalkuil** bestempeld. Deze interpretatie belicht het probleem van functionaliteit: wordt een kuil initieel gegraven als afvalkuil in primaire functie of is dit de laatste gebruiksfase en was er oorspronkelijk een andere primaire functie? In deze is de tafonomie van deze structuren ook van belang. De meeste van de beschreven artisanale kuilen worden overigens gekenmerkt door de afwezigheid van archeologische resten. In de kuilen uit Zele – Eekstraat (zie 5.1) werden dan weer wel veel houtskool- en aardewerkresten aangetroffen, net als verbrande graankorrels. Hier is een gebruik als afvalkuil wel waarschijnlijk, al dan niet als primaire functie.

Er vallen ongetwijfeld nog tal van andere functies te bedenken die een kuil op of in de directe nabijheid van een boerderij zou kunnen verklaren. Het is vooral duidelijk dat de artisanale kuilen geen uniform gegeven zijn, en dat er bij enkele onderzochte exemplaren concrete aanwijzingen zijn voor het gebruik van deze kuilen als enerzijds mestkuilen en anderzijds bewaarkuilen. Andere functies blijven evenwel mogelijk. Dit syntheseonderzoek toont vooral aan dat er potentieel is voor natuurwetenschappelijk onderzoek en dat er om de diversiteit beter te begrijpen en te interpreteren vooral veel kansen liggen in verder onderzoek.

Gezien de twee op basis van natuurwetenschappelijk onderzoek mogelijk vastgestelde activiteiten die gelinkt zijn aan deze kuilen net niet artisaanaal van inslag zijn, namelijk het gebruik als mestkuil en eventueel gebruik als kelderkuil, is de term 'artisanale kuil' mogelijk aan een update toe. Het blijkt dat er vele functies binnen het erf kunnen resulteren in dit type structuur, maar gezien er ook functies zijn die niet-ambachtelijk zijn, is het misschien beter een definitie te hanteren die geen functionele interpretatie inhoudt - zelfs al is het een containerbegrip. De terminologie zou uit het kenmerkende element gehaald kunnen worden, naar analogie met de Nederlandse term 'drielaagse kuilen' ofwel 'meerlagige kuil met organisch pakket'.

7. Synthese, conclusies en aanbevelingen

Dit syntheseonderzoek bestond in essentie uit twee componenten: een archeologische inventaris van de artisanale kuilen in zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen; en natuurwetenschappelijk onderzoek op enkele exemplaren op zoek naar een functionele interpretatie. De resultaten tonen aan dat er sprake is van veel diversiteit en weinig concrete antwoorden, maar vooral ook dat er potentieel is voor verder onderzoek en eerste inzichten in mogelijke verklaringen.

In totaal zijn er van 16 archeologische vindplaatsen 121 structuren opgenomen in het syntheseonderzoek. De structuren vertonen onderling heel wat morfologische verschillen, wat hen bindt is de gelaagde opvulling. Deze bestaat uit een donkere onderste laag, een laag met opgeworpen moederbodem daarboven en een bovenste laag die alles afdekt. Op basis van verschillen in grootte en vorm in het vlak en in doorsnede zijn verschillende types gedefinieerd. De onderlinge verschillen zijn niet altijd even uitgesproken, maar er is duidelijk sprake van variatie binnen een schijnbaar breder fenomeen. Het betreft grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede, artisanale kuilen met een komvormige doorsnede, artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede, dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen en de restcategorie met andere vormen.

Artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede komen met 33 exemplaren (ofwel 27%) het meest voor. Grote langgerekte artisanale kuilen zijn met 26 exemplaren (ofwel 21%) de tweede meest voorkomende groep. De artisanale kuilen met een komvormige doorsnede vertegenwoordigen met 20 exemplaren een aandeel van 17%, die met een klokvormig profiel (16 exemplaren) en de middelgrote langgerekte artisanale kuilen (14 exemplaren) vertegenwoordigen respectievelijk ruim 13% en een kleine 12%. Tot slot komen de dubbele of tweeledige artisanale kuilen even vaak voor als de restcategorie andere vormen, met telkens 6 exemplaren ofwel 5%. De belangrijkste vaststelling is de grote diversiteit, wat mogelijk ook gereflecteerd kan zijn in verschillende functies. De artisanale kuilen zijn niet alleen divers in hun voorkomen, er is evenmin een patroon te ontwaren in de ligging, inplanting en voorkomen binnen een nederzetting of erf. Een interessant aspect is wel het mogelijke voorkomen van familiale tradities of mogelijk zelfs specialisatie binnen een nederzetting.

Op basis van de bekomen dataset in combinatie met de beschikbaarheid van stalen is er natuurwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd op enkele exemplaren van diverse types. De onderzochte stalen komen van twee grote nederzettingencomplexen: Damme – Stakendijke en Maldegem – Ringbaan. Door de inzet van micromorfologisch onderzoek, onderzoek naar pollen, diatomeeën en macroresten is gepoogd voor deze individuele exemplaren een functionele interpretatie naar voor te schuiven.

Voor de grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem vertonen twee exemplaren een gelijkaardige vullingsgeschiedenis. Ze zijn niet betreden en er komen geen fosfaataccumulaties voor die zouden wijzen op urine of uitwerpselen. Het onderste pakket bestaat uit halfvergane en gehumifieerde plantenresten, voornamelijk stengels. Dit schakelt meteen de mogelijkheid uit dat het om volderskuilen of rootkuilen zou gaan. De afwezigheid van sporen van uitwerpselen en fosfaataccumulaties wijst erop dat het evenmin om mestkuilen zou gaan. Het onderste deel van de kuilen is eerder snel opgevuld met een (oorspronkelijk dikke) laag plantmateriaal en een kleine fractie houtsnippers. Daarboven lijkt het materiaal ingewaaid. Een ander exemplaar heeft een iets andere oorsprong (vooral omdat deze is uitgegraven in een bestaande structuur), maar is qua opvulling wel heel gelijkaardig. Qua mogelijke interpretatie zou dit kunnen gaan om een bewaarkuil, waarbij voedsel werd ingekuuld voor langere bewaring, maar die door omstandigheden niet meer uitgehaald is.

De onderzochte organische resten van een middelgrote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem zijn slechter bewaard, waardoor het minder evident is om tot een conclusie te komen. Door het ontbreken van een vette klei en fosfaataccumulaties is de hypothese van een rootkuil of volderskuil uit te sluiten. Door het bijkomende ontbreken van uitwerpselen is de hypothese van een mestkuil eveneens onwaarschijnlijk. Wel aanwezig zijn plantenresten, met fytolieten van grassen. Het gaat hier zowel om resten van bladeren als kaf. Een deel van de bladeren zal

intact in de bodem zijn terechtgekomen. Mogelijk is er sprake van eenzelfde interpretatie als bij de grote langgerekte artisanale kuilen, en kan het dus gaan over een bewaarkuil.

Twee artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede uit Damme vertonen een ander patroon. Het donkere 'vettige' pakket onderin de kuil bestaat niet uit vettige klei, maar wel uit vrij goed bewaarde plantenfragmenten. In de slijpplaten zijn kafresten van graangewassen, bladeren, zaden en houtsnippers zichtbaar. Ook komen er in deze vulling meerdere coprolieten van herbivoren voor. De goede bewaring blijkt ook uit het macrorestenonderzoek, dat veel intacte zaden en stengels van grassen (mogelijk stro) opleverde. De afwezigheid van huishoudelijk afval- en/of bouwresten toont aan dat het niet om een afvalkuil gaat. Door de aanwezigheid van de talrijke kaffragmenten, samen met de uitwerpselen van herbivoren, lijkt de hypothese van een mestkuil vrij aannemelijk. De resten van graan en akkeronkruiden in het pollen- en macrorestenonderzoek is verklaarbaar als afkomstig van stro dat van de stal met de mest mee in de kuil geschept werd. De interpretatie als mestkuil verklaart in elk geval ook de aanwezigheid van mestschimmels. Ook het sterk vervuilde karakter dat blijkt uit de diatomeeënspectra past in dit plaatje. De kuil is een aantal keer geleegd.

Het beschikbare budget en de beschikbare tijd voor het natuurwetenschappelijke onderzoek in kader van dit syntheseonderzoek was te beperkt om meer kuilen te onderzoeken, maar het is duidelijk dat een nieuwe hypothese kan toegevoegd worden aan de al voorkomende. Enkele van de artisanale kuilen zijn te mogelijk interpreteren als bewaarkuilen, hoewel verder bevestigend onderzoek noodzakelijk zou zijn. Andere zijn duidelijke mestkuilen, wellicht voor het aanmaken van mest voor een broeibed of kweekbed. Bijkomend onderzoek op andere kuilen zou meer duidelijkheid kunnen brengen in de typologische diversiteit. Naast deze interpretaties zijn er nog meer functies mogelijk zoals effectief het gebruik in textielvervaardiging als volderskuil (voor laken) als rootkuil (voor linnen) binnen de huisnijverheid. Maar ook andere functies vallen niet bij voorbaat uit te sluiten. In die optiek is een nieuwe definitie waarschijnlijk aangewezen gezien artisanale kuilen een term is die de lading niet volledig dekt. Beter is te spreken van meerlagige kuilen met een organisch pakket.

7.1. Onderzoeksvragen

Bij de opstart van het syntheseonderzoek zijn een aantal onderzoeksvragen opgesteld in het kader van de initiële werkhypothese. Een aantal van deze onderzoeksvragen zijn nog steeds relevant, terwijl voor een aantal andere blijkt dat ze door de aard van de resultaten eerder overbodig zijn. Dit hoofdstuk omvat antwoorden op de onderzoeksvragen.

Hoe frequent komen artisanale kuilen voor op rurale nederzettingen binnen zandig Vlaanderen? Is dit fenomeen kwantificeerbaar?

Er zijn 121 kuilen op 16 verschillende nederzettingen opgenomen in de databank op basis van het literatuuronderzoek. Gezien de data versnipperd is over diverse verslagen en rapporten en de mate van vermelding en interpretatie van de specifieke structuren afhankelijk is van de initiële rapportage, is een exhaustief overzicht niet met zekerheid mogelijk. Toch wordt verondersteld dat het merendeel van de opgegraven structuren van gerapporteerde opgravingen binnen het chronologische en geografische kader van dit onderzoek door de aard van het literatuuronderzoek is opgenomen in de databank.

Zijn er op basis van vorm- en opvullingskenmerken bepaalde types te onderscheiden? Welke variabiliteit (morfolologisch, chronologisch) is er aanwezig binnen deze ruime noemer?

Binnen de grotere definitie is er een erg grote diversiteit. Het gaat in essentie om kuilen met drie lagen waarvan de onderste een donker pakket is met daarboven een pakket moederbodem. Er is dus sprake van een bewuste opvulling. Qua vormen in het vlak en in doorsnede en qua formaat zijn er heel grote verschillen. Op basis daarvan konden zeven verschillende types en een restcategorie gedefinieerd worden. Het betreft grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede, artisanale kuilen met een komvormige doorsnede, artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierte doorsnede, dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen en de andere vormen. De meest voorkomende zijn artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede die ruim een kwart van het aandeel vertegenwoordigen; gevolgd door de grote langgerekte artisanale kuilen met ruim één vijfde en de artisanale

kuilen met een komvormige doorsnede goed voor één zesde van het totaal aantal. Er zijn te weinig chronologische gegevens beschikbaar om tot betrouwbare dateringen te komen per structuur, laat staan om deze typologisch terug te koppelen.

Zijn er bepaalde patronen af te leiden op basis van de ligging van deze kuilen binnen de nederzetting?

Net zoals de grote variabiliteit op basis van type, is dit ook het geval qua inplanting binnen erf en nederzetting. Soms komen de artisanale kuilen voor tegen de erfafbakening of parallel aan het hoofdgebouw of mooi ingeplant binnen het erf. Sommige kuilen liggen iets verder af. Er vallen geen specifieke patronen te herkennen, behalve dat er vaak sprake is van enige mate van planmatigheid.

Welke natuurwetenschappelijke analyses werden reeds uitgevoerd op dit soort kuilen? Welke daarvan bleken succesvol? Welke analyses werden niet of onderbenut of verkeerd toegepast?

Tot nu toe werd nauwelijks natuurwetenschappelijk onderzoek toegepast op artisanale kuilen. Eerder macrobotanisch onderzoek wees vooral op de aanwezigheid van (verkoold) graan en akkeronkruiden. Pollenonderzoek werd in twee gevallen uitgevoerd, maar geeft eerder de regionale vegetatie weer en draagt niet bij tot het begrijpen van de functie van de kuilen. De droge bewaring, boven de grondwatertafel was waarschijnlijk een belangrijke reden voor het niet uitvoeren van botanisch onderzoek in het verleden. Micromorfologisch onderzoek en diatomeeënonderzoek werden nog niet eerder toegepast.

Welke analyses zeggen iets over het gebruik van de kuilen? Kan er aan de hand van de analyses een typologie worden opgesteld die kan gelinkt worden aan functionele interpretatie en in hoeverre komt die overeen met de typologie op basis van vormkenmerken?

De **micromorfologische studie** laat toe om verschillende zaken te belichten.

- Allereerst kon de bewaringstoestand van de verschillende resten bestudeerd worden. Dit was vooral van belang voor de organische resten, die naargelang de context beter of slechter waren bewaard. Niet alleen de bewaring kon worden geëvalueerd maar ook de agenten die verantwoordelijk zijn voor een minder goede bewaring van de organische resten werden geïdentificeerd: het gaat hier vooral om schimmels, maar in sommige gevallen werd ook bioturbatie door bodemfauna vastgesteld.
- De micromorfologische studie liet ook toe om op zeer gedetailleerde wijze de vullingsgeschiedenis van elke kuil te reconstrueren. Hierbij merken we dat de initiële vulling voor de meeste kuilen vrij snel is gegaan.
- Ook de functie van de verschillende kuilen kon deels worden bepaald. In de meeste kuilen lijkt plantmateriaal (vooral stengels) gerot te zijn. De enige duidelijke interpretatie vormt structuur DAST 1445 die mogelijk dienst deed als mestkuil.
- De micromorfologische studie toont ook duidelijk verschillen aan tussen de bestudeerde kuilen, zowel naar functie, als naar vullingsgeschiedenis, als naar bewaring.

De resultaten van dit onderzoek tonen duidelijk aan dat niet alle kuilen eenzelfde functie vervulden. Het micromorfologisch onderzoek kan een belangrijk hulpmiddel zijn om verschillen/gelijkenissen die met het blote oog niet waarneembaar zijn, maar cruciaal om de functie/vullingsgeschiedenis van de kuil te begrijpen alsnog te documenteren.

Pollen- en macrorestenonderzoek tonen aan dat oxidatie van organische resten een probleem is, maar ook dat er hier en daar wel analysewaardige kuilen bestaan. Vandaar een pleidooi om dergelijke kuilen toch aan een assessment te onderwerpen. Vooral de kuilen die geïnterpreteerd worden als mestkuil blijken nog een goede bewaring te kennen. Pollenonderzoek blijkt ondanks de slechte bewaring vaak toch nog net mogelijk, maar differentiële bewaring beïnvloedt wel heel sterk de samenstelling van de spectra. Hoewel pollenonderzoek in meer stalen mogelijk is dan macrorestenonderzoek, geven macroresten wel een beter beeld van de kuilinhoud en zijn dus nuttiger in het bepalen van de functie. De waarde van pollenonderzoek op dit type kuilen kan dus in vraag gesteld worden als het doel van het onderzoek is om de functie van de kuilen te achterhalen. In geval van een voldoende goede bewaring is pollenonderzoek wel altijd van belang met het oog op het in kaart brengen van de regionale vegetatie.

Diatomeeënonderzoek blijkt niet in alle kuilen mogelijk. In de gevallen waar wel voldoende schaaltes bewaard zijn, leveren de diatomeeën wel waardevolle informatie wat betreft de

waterhuishouding en -kwaliteit in de kuilen. Op basis van de diatomeeënhoud bleek het contrast tussen verschillende types kuilen zeer duidelijk. Bovendien bevatten de preparaten in veel gevallen ook tal van fytolietentypes, hetgeen eveneens nuttig is in het kader van het bepalen van de inhoud en functie van de kuilen.

Het natuurwetenschappelijke onderzoek kon niet genoeg verschillende structuren duiden om een duidelijk link te maken naar typologie en bovendien kon de typologie niet functioneel geduid worden zonder verder natuurwetenschappelijk onderzoek. Er is bijgevolg nog verder onderzoek noodzakelijk om verdere uitspraken mogelijk te maken.

Maken de kuilen effectief deel uit van de huisnijverheid en meer specifiek van de lakennijverheid? Kan de frequentie aan kuilen per site ons iets zeggen over de intensiteit van die lakennijverheid tijdens de volle middeleeuwen op rurale sites in zandig Vlaanderen? Speelt de afstand tot de middeleeuwse stad een rol in het voorkomen van deze kuilen?

Neen, de artisanale kuilen maken wellicht geen deel uit van de georganiseerde lakennijverheid. Het natuurwetenschappelijke onderzoek toonde aan dat de enige heel duidelijke interpretatie die van enkele artisanale kuilen als mestkuil is. Eventueel zijn er ook aanwijzingen van het gebruik als bewaarkuil, maar hier is verder onderzoek nodig. Terwijl de hypothese van zowel volderskuil als rootkuil verworpen kon worden. Dit wil uiteraard niet zeggen dat bepaalde artisanale kuilen geen volderskuil waren, gezien de beperkte dataset, maar er is duidelijk sprake van heel wat diversiteit, ook morfologisch. Bovendien komt in het proces van de lakennijverheid het vullen van de wol pas na het weven. Dit zijn beide arbeidsintensieve taken en zijn in de (late) middeleeuwen geconcentreerd in de steden. Mogelijke volderskuilen op de boerderijerven zelf zouden dan eerder moeten gezien worden voor beperkte productie. Hoe dan ook toonde dit syntheseonderzoek niet aan dat er een link zou zijn tussen de gekende artisanale kuilen en de lakennijverheid.

7.2. Conclusie

Het archeologische syntheseonderzoek naar ‘Kuilen vol wol? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250). Inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak.’ leverde 121 meerlagige kuilen met organisch pakket op verspreid over 16 verschillende vindplaatsen. Een meerlagige kuil met organisch pakket heeft een opvulling die in essentie bestaat uit drie lagen: een donkere onderste laag, een laag met moederbodem daarboven en een bovenste laag die alles afdekt. Wat vorm in het vlak en in doorsnede betreft en ook wat grootte betreft is er sprake van heel wat variatie. Op basis van deze morfologische verschillen is een typologie opgesteld. Het gaat om grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, middelgrote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem, artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede, artisanale kuilen met een komvormige doorsnede, artisanale kuilen met een klokvormige, uitgewaaierde doorsnede, dubbele ofwel tweeledige artisanale kuilen en de restcategorie met andere vormen. De grenzen tussen de categorieën zijn niet altijd erg scherp of duidelijk, er is vooral sprake van een grote diversiteit. De meest voorkomende zijn artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede die ruim een kwart van het aandeel vertegenwoordigen; gevolgd door de grote langgerekte artisanale kuilen met ruim één vijfde en de artisanale kuilen met een komvormige doorsnede goed voor één zesde van het totaal. De meerlagige kuilen met organisch pakket zijn niet alleen divers in hun voorkomen, er is ook heel wat verschil in de ligging, inplanting en voorkomen binnen een nederzetting of erf. Een interessant aspect is wel het mogelijke voorkomen van familiale tradities of mogelijk zelfs specialisatie binnen een nederzetting.

Op basis van de typologische verschillen heeft het natuurwetenschappelijke onderzoek – micromorfologisch onderzoek, pollenonderzoek, macrorestenonderzoek, diatomeeënonderzoek – zich toegespitst op enkele van de verschillende types. Op basis van de beschikbare stalen zijn enkele artisanale kuilen van de grote volmiddeleeuwse nederzettingen op Damme Stakendijke en Maldegem Ringbaan bijgevolg verder onder de loupe genomen.

De onderzochte grote langgerekte artisanale kuilen met vlakke bodem wijzen op het ontbreken van vette klei en/of fosfaataccumulaties wat uitsluit dat het om volderskuilen of rootkuilen zou gaan. Het onderste pakket bestaat vooral uit halfvergane en gehumifieerde plantenresten, voornamelijk stengels. De afwezigheid van sporen van uitwerpselen en fosfaat wijst er op dat

het evenmin om mestkuilen zou gaan. Het onderste deel van de kuilen is eerder snel opgevuld met een (oorspronkelijk dikke) laag plantmateriaal en een kleine fractie houtsnippers. Qua mogelijke interpretatie zou dit kunnen gaan om een bewaarkuil, waarbij voedsel werd ingekuuld voor langere bewaring. Hoewel de organische resten van een middelgrote langgerekte artisanale kuil met vlakke bodem slechter zijn bewaard, kan het eveneens om een bewaarkuil te gaan. Deze interpretatie dient verder afgetoetst te worden met verder vergelijkend onderzoek. Twee artisanale kuilen met een rechthoekige doorsnede vertonen een andere opvulling. Het donkere ‘vettige’ pakket onderin de kuil bestaat niet uit vettige klei, maar wel uit vrij goed bewaarde plantenfragmenten. In de slijpplaten zijn kafresten van graangewassen, bladeren, zaden en houtsnippers zichtbaar. Ook komen er in deze vulling meerdere coprolieten van herbivoren voor. Hierdoor lijkt de hypothese van een mestkuil vrij aannemelijk. De resten van graan en akkeronkruiden in het pollen- en macrorestenonderzoek is verklaarbaar als afkomstig van stro dat van de stal met de mest mee in de kuil geschept werd. De interpretatie als mestkuil verklaart in elk geval ook de aanwezigheid van mestschimmels. Ook het sterk vervuilde karakter dat blijkt uit de diatomeeënspectra past in dit plaatje. De kuil is een aantal keer geleegd.

Binnen het kader van het syntheseonderzoek was het niet mogelijk om meer natuurwetenschappelijk onderzoek te doen, maar op basis van de resultaten is duidelijk dat de vastgestelde typologische diversiteit eveneens natuurwetenschappelijk aanwezig is. De functionele interpretatie wijst er namelijk op dat er geen sprake is van één uniforme functie. Er is vastgesteld dat zowel mestkuilen voorkomen, als mogelijk bewaarkuilen. Volderskuilen of rootkuilen zijn niet vastgesteld, maar het betreft een te kleine statistische basis om uitspraken te doen. Het is evenwel wel duidelijk dat met de term ‘artisanale kuilen’ die breed is, echter niet de volledige variabiliteit dekt. Beter is te spreken van meerlagige kuilen met organisch pakket. Het mag duidelijk zijn dat er heel wat potentieel schuilt in natuurwetenschappelijk onderzoek op deze structuren en dat verder onderzoek nodig is om meer licht te werpen op dit fascinerende fenomeen.

7.3. Aanbevelingen

Op basis van dit syntheseonderzoek zijn er aanbevelingen te formuleren op verschillende vlakken. Het gaat enerzijds over de bemonstering op het terrein en anderzijds over welke natuurwetenschappelijke analyses best worden ingezet. Ook meer synthetiserend onderzoek met gerichtere vraagstelling lijkt nu mogelijk.

Tijdens de opgraving is het aan te bevelen dat er extra aandacht is bij grote kuilen op (volmiddeleeuwse) erven, en dan vooral specifiek naar bemonstering toe. Hoewel de verwachte bewaring – door de meestal zandige bodem en inplanting boven de permanente grondwater-tafel – laag is, blijkt dat er toch potentieel is voor verschillende analyses. De methode die het meest informatie lijkt op te leveren, is bodemmicromorfologie. In een ideaal scenario worden ook pollenpreparaten gemaakt voor waarderings- en analyses van pollen en bijkomend ook diatomeeën, en eventueel klassieke macrorestenanalyses. De gecombineerde inzet van deze disciplines moet toelaten om gefundeerde uitspraken te doen over de functie, gezien deze erg verschillend kan zijn. Uiteraard is budgettering niet altijd eenvoudig in het kader van Malta-archeologie. Vandaar dat wordt aangeraden – indien er keuzes moeten worden gemaakt – om in te zetten op micromorfologie waar mogelijk. Voor de specifieke bemonsteringsstrategie op een artisanale kuil is een *best practice* of vrije leidraad opgesteld die als bijlage 4 is toegevoegd.

Om meerlagige kuilen met organisch pakket en de gebruiken binnen boerderijerven tijdens de volle middeleeuwen beter te begrijpen zouden meer kuilen onderworpen moeten worden aan meer natuurwetenschappelijk onderzoek zodat er een uitgebreidere en betrouwbare dataset zou ontstaan. In dat kader lijkt het eveneens interessant om het onderzoek chronologisch en geografisch breder open te trekken en dergelijke kuilen uit andere periodes en regio's te gaan onderzoeken en vergelijken, want ook hier is er sprake van een wat stiefmoederlijke behandeling van dergelijke erfstructuren. Om de verschillende processen binnen een boerderij te begrijpen zou het eveneens van belang zijn voor de sector om een algemeen overzicht van artisanat, ambachtelijk werk en gebruiken rond voedselbewaring en verwerking op te stellen en hun archeologische neerslag na te gaan. Het zou ter vergelijking zeker nuttig zijn om ook experimentele en/of etnografische data te vergaren van dit soort activiteiten. Zo zouden meer ingegraven structuren geduid kunnen worden in het kader van verder archeologisch onderzoek en zou het ook mogelijk zijn om gericht natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.

Bibliografie

- ACKE B., BRACKE M., FONTEYN P. & WYNS G., 2019. *Oedelem Oudeputstraat. Eindverslag – Verslag van resultaten*. Moerbeke-waas.
- ACKE B., BRACKE M., FONTEYN P. & WYNS G., 2024. *Sijsele Stationsstraat - Eindverslag - Verslag van Resultaten*. Moerbeke-Waas.
- ALLEMEERSCH L., 2016. *Analyse macroresten afkomstig uit drie kuilen van de vindplaats Zele Eekstraat in opdracht van Monument n.v.* Rapport 2016-LA-03, Evergem.
- ALLEMEERSCH L., 2017. *Waardering macroresten bulkstaal (Lokeren Eekstraat 2015)*, Evergem.
- ALLEMEERSCH L. & STORME A., 2024. *Sijsele stationsstraat. Assessment palynologie, diatomeeën, macrobotanie, selectie voor 14C*, Rapport natuurwetenschappelijk onderzoek. Brugge.
- ALLEMEERSCH L., STORME A. & LALOO P., 2022. *Analyse palynologie & macrobotanie Maldegem Ringbaan (Groenzone: 2020A194 & Infrastructuur: 2020C354)*, Rapport paleo-ecologie.
- ALLEMEERSCH L., STORME A. & LALOO P., 2024. *Syntheseonderzoek ‘Kuilen vol wol?’ Diatomeeën-, pollen- en macrorestenonderzoek op artisanale kuilen uit Maldegem en Damme*. Rapport natuurwetenschappelijk onderzoek 2024-06, Sint-Michiels-Brugge.
- ARPIN T.L., MALLOL C. & GOLDBERG P., 2002. A New Method of Analyzing and Documenting Micromorphological Thin Sections Using Flatbed Scanners: Applications in geoarchaeological Studies. *Geoarchaeology* 17, 3: 305-313.
- ARTS N. (ed.), 1994. *Sporen onder de Kempische Stad, archeologie, ecologie en vroegste geschiedenis van Eindhoven 1225 – 1500*. Eindhoven.
- ARTS N., 1998. *Fulling troughs, other artisanal remains and the present state of urban archaeology in medieval Eindhoven and Helmond (Southern Netherlands)*, in: DEWILDE M., ERVYNCK A., WIELEMANS A. (eds.), *Ypres and the Medieval cloth industry - Ieper en de middeleeuwse lakennijverheid in Vlaanderen*: 177-188.
- BERGGREN G., 1969. *Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland) with morphological descriptions. Part 2: Cyperaceae*. Swedish National Research Council, Stockholm.
- BEUG H.-J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Pfeil, München.
- BEY M.-Y., ECTOR L., CHAUAUX R. & BÉRANGER P., 2013. *Atlas des diatomées des cours d'eau de la région Rhône-Alpes*. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes.
- BLONK-VAN DEN BERCKEN A.L., VERHOEVEN A.A.A., VAN LONDEN H., OUDHOF J.W., OVERMARS G. & LOBBES M.E., 2020. *Ambachtelijke productie in steden. Een inventarisatie en analyse op hoofdlijnen van archeologische aanwijzingen voor ambachtelijke productie in steden in de late middeleeuwen en nieuwe tijd*. Nederlandse Archeologische Rapporten 66, Amersfoort.
- BOKRIJK, 2024. *Bewaarkuilen: wat zijn ze en hoe werken ze?* <https://bokrijk.be/nl/bewaarkuil>
- BRUGGEMAN J., CLÉDA B. & REYNS N., 2017. *Archeologische opgraving Oostakker - Muizelstraat/Wolfputstraat II*. Rapporten van het archeologisch onderzoeksbureau All-Archeo bvba 175, Temse.
- CAPPERS R.T.J., BEKKER R.M. & JANS J.E.A., 2012. *Digitale zadenatlas van Nederland*. Groningen Archaeological Studies, Groningen.

CENTRUM AGRARISCHE GESCHIEDENIS, 2024. *Inkuilen*. <https://cagnet.be/page/groenten-bewaren-voor-1800#:~:text=Inkuilen%20was%20een%20oude%20en,zonder%20enige%20vorm%20van%20bewerking>.

DE CLERCQ W., 2017. *De houten boerderijbouw in het noordelijk deel van het graafschap Vlaanderen. Een cultureel-biografische verkenning in bouwtradities (ca. 500-1500 n. Chr.)*. In: DE GROOTE K. & ERVYNCK A. (eds.), *Gentse geschiedenissen ofte, nieuwe historiën uit de oudheid der stad en illustere plaatsen omtrent Gent*: 45-66.

DE GROOTE K., & VAN DE VIJVER M. (eds.), 2019. *Aalter-Woestijne. Een gescchiedenis van meer dan 5000 jaar...* Relicta Monografieën 18, Brussel.

DE GRUYSE J., BILLEWAERT B., HUYGHE J., LAMBRECHT G., PIETERS T., PYPE P., HOLLEVOET Y., VAN DER MEER W., HINSCH- MIKKELSEN J. & DE CLERCQ W., 2012. *1000 bewoningsporen op de Dekzandrug. Archeologisch onderzoek op de site Sijsele-Stakendijke 2010/172*.

DE KREYGER F. & HOORNE J., 2020. *Maldegem - Ringbaan Groenzone: Archeologierapport*.

DE LOGI A., 2013. *Archeologisch onderzoek Lovendegem – Supra Bazar. 11 juni tot 11 september 2008*. KLAD-Rapport 50, Ename.

DE LOGI A. & SCHYNKEL E., 2008. *Archeologisch onderzoek Evergem - Steenovenstraat. 7 april tot 22 augustus 2008*. KLAD-Rapport 7, Aalter.

DECONYNCK J., VAN DE VELDE S., LALOO P., ALLEMEERSCH L., STORME A., SLABBINCK F., VAN HESBROECK T., VERGRAUWE R., HUYGHE J., HINSCH MIKKELSEN J., SMITS L., DOEVE P., DEFORCE K. & DEAK J., 2021. *Damme Stakendijke. Eindverslag opgraving 2018H192, Brugge*.

DEMIDDELE H., 2014. Het leerlooien in de middeleeuwen. *West-Vlaamse Archeokrant* 81: 14-28.

DENYS L., 1991. *A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, vol I. Introduction, ecological code and complete list*. Professional paper - Belgian geological survey 246: 1–41.

DEPLOIGE J. & STABEL P., 2016. *Textile entrepreneurs and textile workers in the medieval city*. In: LAMBERT V. & STABEL P., *Golden Times. Wealth and Status in the Middle Ages*: 240-281.

DEVOS Y., 2024. *Micromorfologische studie in het kader van het project « Kuilen vol wol ? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250): inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak »*

DEVOS Y. & VRYDAGHS L., 2023. Looking at phytoliths in Archaeological Soil and Sediment Thin Sections. *Environmental Archaeology*. <https://doi.org/10.1080/14614103.2023.2234155>

DEWILDE B., 1984. *20 eeuwen vlas in Vlaanderen*, Tielt/Bussum.

DEWILDE M., ERVYNCK A. & WIELEMANS A. (eds.), 1998. *Ypres and the Medieval cloth industry - leper en de middeleeuwse lakennijverheid in Vlaanderen*. Brussel.

DYSELINCK T., BAKX R., VAN DER MEER W. & VAN KAPPEL K., 2022. Het identificeren van mogelijke rootkuilen te Ruiselede Poekestraat – problematiek eigen aan de aard van de kuilen (prov. West-Vlaanderen). *Signa* 11: 51-59.

FECHNER K., DEVOS Y. & LANGOHR R., 2004. *Archaeopedological checklists. Proposal for a simplified version for the routine archaeological record in Holocene rural and urban sites of North-West Europe*. In: CARVER G. (Ed.), *Digging in the dirt: Excavations in a new millennium*. BAR International Series 1256, Oxford: 240-256.

GIERTS I. & CORNELIS L., 2014. *Archeologische opgraving Maldegem, Oude Staatsbaan*. BAAC Vlaanderen Rapport 90, Gent.

GOUW-BOUMAN M., 2019. *Paleo-ecologisch onderzoek Oedelem Oudeputstraat*.

GRIMM E.C., 2015. *Tilia for windows: pollen spreadsheet and graphics program*.

HAALAND M.M., FRIESEM D.E., MILLER C.E. & HENSHILWOOD C.S., 2017. Heat-induced alteration of glauconitic mineral in the Middle Stone Age levels of Blombos Cave, South Africa: Implications for evaluating site structure and burning events. *Journal of Archaeological Science* 86: 81-100.

HERTOGHS S., DEMOEN D., SWAELENS C. & PAWELCZAK P., 2019. *Archeologische opgraving Lokeren – Hoogstraat*. BAAC Vlaanderen Rapport 1039, Gent.

HEYNSSENS N., CRUZ F., SERGANT J., STORME A. & HOORNE J., 2021. *Maldegem - Ringbaan: Archeologierapport*.

HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT H., 2011. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie*. Rugell.

HOS J., 2015. *Mysterieuze middeleeuwse mestkuilen. Archeobotanisch onderzoek naar tuinbouwmethoden in de Late Middeleeuwen in stedelijke context*. BA-scriptie, Universiteit Leiden.

HUIJBERS A.M.J.H., 2007. *Metaforisering in beweging. Boeren en hun gebouwde omgeving in de Volle Middeleeuwen in het Maas-Demer-Scheldegebied*. Academisch proefschrift Universiteit van Amsterdam.

INTERNATIONAL COMMITTEE FOR PHYTOLITH TAXONOMY (ICPT) (K. NEUMANN, C.A.E. STRÖMBERG, T. BALL, R.M. ALBERT, L. VRYDAGHS & L. SCOTT CUMMINGS), 2019. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany* 124: 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>

KNÖRZER K.H., 2009. *Geschichte der synanthropen Flora im Niederrheingebiet*. Verlag Zabern.

KOOISTRA M.J. & PULLEMAN M.M., 2018. *Features related to faunal activity*. In: STOOPS G., MARCELINO V. & MEES F. (Eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Second edition. Amsterdam, Oxford, Cambridge: 447-469.

KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 2008. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa 2. Teil 1–4*. München.

LAMBINON J., DE LANGHE J.E., DELVOSALLE L. & VANHECKE L., 2004. *Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden*, 5e editie. Nationale plantentuin van België, Meise.

MIKKELSEN J.H., LANGOHR R., VANWESENBECK V., BOURGEOIS I. & DE CLERCQ W., 2019. *The byre's tale. Farming nutrient-poor cover sands at the edge of the Roman Empire (NW-Belgium)*. In: Déak J., Ampe C. & Mikkelsen J.H. (Eds.), *Soils as records of Past and Present. From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics*. Proceedings of the Geoarchaeological Meeting Bruges (Belgium), 6 & 7 November 2019. Bruges, Raakvlak: 65-84.

MOORE P.D., WEBB J.A. & COLLINSON M.E., 1991. *Pollen analysis*. Oxford.

MURPHY C.P., 1986. *Thin section preparation of soil and sediments*. Berkhamsted.

NILSSON Ö. & HJELMQUIST H., 1967. *Studies on the Nutlet Structure of South Scandinavian Species of Carex*. Lunds Botaniska Museum.

PAARDENKOPER R., 2005. *The process of fulling of wool. Experiments in the Netherlands, 2004*,

in: (sn) EuroREA Reconstruction and Experiment in Archaeology – European Platform 2, EXARC: 67-78.

ROMANS J.C.C. & ROBERTSON L., 1983. *The environment of North Britain: soils*. In: CHAPMAN J.C. & MYTUM H.C. (Eds.), *Settlement in north Britain 1000 BC-AD 1000*. British Archaeological reports, British Series 118, Oxford: 55-80.

RUNHAAR J., VAN LANDUYT W., GROEN C., WEEDA E. & VERLOOVE F., 2004. Herziening van de indeling in ecologische soortengroepen in Nederland en Vlaanderen. *Gorteria* 30: 12–26.

SCHELTJENS S., VERAART D. & VANHOUTTE C., 2019. *Archeologische opgraving Lokeren Eekstraat (prov. Oost-Vlaanderen). Basisrapport*. Rapport 2019/14, Ingelmunster.

SHUMILOVSKIKH L., 2024. *Non-pollen palynomorphs* [WWW Document]. <http://non-pollen-palynomorphs.uni-goettingen.de> (accessed 8.26.22).

SORBER F., 1998. *The making of cloth. State of the art technology in the Middle Ages*. In: DEWILDE M., ERVYNCK A. & WIELEMANS A. (eds.), *Ypres and the Medieval cloth industry - Ieper en de middeleeuwse lakennijverheid in Vlaanderen*: 21-32.

STABEL P., PUTTEVILS J. & DUMOLYN J., 2019. *Productie, markten en sociaaleconomische structuren I : ca. 1100 -ca. 1320*. In: DUMOLYN J. & BROWN A. (red.), *Brugge. Een middeleeuwse metropool 850-1550*: 85-114.

STOOPS G., 2017. *Fluorescence microscopy*. In: NICOSIA C. & STOOPS G. (Eds.), *Archaeological Soil and Sediments Micromorphology*. Chichester: 393-397.

STOOPS G., 2021. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Second Edition*. Soil Science Society of America, Hoboken.

STORME A., 2020. *Palynologische analyses Opgraving 2018H192 - Palynologische analyse van stalen uit waterputten van site 'Damme Stakendijke.'* Gent.

STORME A., ALLEMEERSCH L. & LALOO P., 2022. *Assessment palynologie & macrobotanie en selectie voor 14C-datering - Maldegem Ringbaan (Groenzone: 2020A194 & Infrastructuur: 2020C354), Rapport paleo-ecologie*.

VAN ASCH N., 2016. *Vegetatie te Zele in de Volle en Late Middeleeuwen. Botanisch onderzoek aan een kuil en twee grachten*. ADC ArcheoProjecten Rapport 4037, Amersfoort.

VAN DER MEER W. & VAN WAIJEN M., 2018. *Natuurwetenschappelijk onderzoek van sporen te Lokeren-Hoogstraat, in het bijzonder het pollenonderzoek van een 12e-eeuwse waterput*. BIAxiaal 1049.

VAN DE VIJVER M., KEPPENS K., SCHYNKEL E. & DALLE S., 2009. *Archeologisch onderzoek Evergem - Ralingen/Schoonstraat. 23 februari tot 26 juni 2009*. KLAD-Rapport 14, Aalter.

VAN NUFFEL J., GENBRUGGE S., HOORNE J. & DE KREYGER F., 2020. *Lokeren – Hoogstraat. Eindverslag archeologische opgraving - januari 2018*. DL&H-Rapport 44, Adegem.

VAN OOSTEN R., AERTS S., HOS J. & VAN HEES E., 2020. Mysterious medieval manure pits: an indication of urban horticulture? *Analecta Praehistorica Leidensia* 50: 177-194.

VAN VLIET-LANOË B., 1991. *Epifluorescence microscopy: micromorphological applications*. Invited Lecture University Ghent. Lecture given on February 15, 1991.

VERBRUGGHE G., 2020. *Little Flanders beyond Wales: a landscape archaeological study of row settlements in the British Isles and the County of Flanders*. Academisch proefschrift, Universiteit Gent.

VERHULST A., 1998. *Sheep Breeding and Wool Production in Pre-Thirteenth Century Flanders and Their Contribution to the Rise of Ypres, Ghent and Bruges as Centres of the Textile Industry*. In: DEWILDE M., ERVYNCK A. & WIELMANS A. (eds.), *Ypres and the Medieval Cloth Industry in Flanders: Archaeological and Historical Contributions*: 33-40.

VERHULST A., 2001. *On the Preconditions for the Transition from Rural to Urban Industrial Activities (9th--11th Centuries)*. In: BLONDÉ B., VANHAUTE E. & GALAND M. (eds.), *Labour and Labour Markets between Town and Countryside (Middle Ages--19th Century)*: 33-41.

VRYDAGHS L. & DEVOS Y., 2020. *Visibility, Preservation and Colour: A Descriptive System for the Study of Opal Phytoliths in (Archaeological) Soil and Sediment Thin Sections*. *Environmental Archaeology* 25, 2: 170-177.

VRYDAGHS L., DEVOS Y. & PETÓ A., 2017. *Phytoliths*. In: NICOSIA C. & STOOPS G. (Eds.), *Archaeological Soil and Sediments Micromorphology*. Chichester: 155-163.

WITKOWSKI A., LANGE-BERTALOT H. & METZELTIN D., 2000. *Diatom flora of marine coasts I. 7, Iconographia Diatomologica*.

WYNS G., SCHELTJENS S. & BRUYNINCKX T., 2017. *Archeologische opgraving Zele Eekstraat (prov. Oost-Vlaanderen). Basisrapport. Rapport 2017/03, Ingelmunster*.

Bijlagen

Bijlage 1: Databank

Bijlage 2: Rapport Micromorfologisch onderzoek

DEVOS Y., 2024. Micromorfologische studie in het kader van het project « Kuilen vol wol ? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250): inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak »

Bijlage 3: Rapport Diatomeeën-, pollen- en macrorestenonderzoek

ALLEMEERSCH L., STORME A. & LALOO P., 2024. Syntheseonderzoek 'Kuilen vol wol?' Diatomeeën-, pollen- en macrorestenonderzoek op artisanale kuilen uit Maldegem en Damme. Rapport natuurwetenschappelijk onderzoek 2024-06, Sint-Michiels-Brugge.

Bijlage 4: *Best practice* voor onderzoek op artisanale kuilen tijdens archeologisch onderzoek

Bijlage 1: Databank

De databank is gepubliceerd op <https://zenodo.org/records/13959134>

Bijlage 2: Rapport Micromorfologisch onderzoek

DEVOS Y., 2024. Micromorfologische studie in het kader van het project « Kuilen vol wol ? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle middeleeuwen (900-1250): inventarisatie, typologie, ecologie: een integrale en multidisciplinaire aanpak »



ARCHAEOLOGY, ENVIRONMENTAL
CHANGES & GEO-CHEMISTRY
RESEARCH GROUP

Micromorfologische studie in het kader van het project « Kuilen
vol wol ? Op zoek naar een functionele interpretatie voor de
artisanale kuilen uit zandig Vlaanderen tijdens de volle
middeleeuwen (900-1250): inventarisatie, typologie, ecologie: een
integrale en multidisciplinaire aanpak »

Yannick Devos
Archaeology, Environmental Changes & Geo-Chemistry Research
Group (AMGC)
Vrije Universiteit Brussel

Februari 2024

E-mail : yannick.george.devos@vub.be

Inhoudstafel

Inhoudstafel.....	2
Een woord van dank	3
Samenvatting	3
Introductie.....	4
Methode.....	4
Resultaten en discussie.....	6
1. Maldegem-Ringvaart.....	6
1.1. Structuur MAL 3665	6
1.1.1. Het moedermateriaal	6
1.1.2. De kuilvulling.....	7
1.1.3. Discussie	9
1.2. Structuur MAL 648.....	13
1.2.1. Het moedermateriaal	14
1.2.2. De kuilvulling.....	14
1.2.3. Discussie	16
1.3. Structuur MAL 2856	19
1.3.1. De kuilvulling.....	19
1.3.2. Discussie	22
1.4. Structuur MAL 4216	25
1.4.1. Het moedermateriaal	25
1.4.2. De kuilvulling.....	26
1.4.3. Discussie	30
2. Damme - Stakendijke	33
2.1. Structuur DAST 1445	33
2.1.1. De kuilvulling.....	34
2.1.2. Discussie	35
2.2. Structuur DAST 739.....	38
2.2.1. Het materiaal waarin de kuil werd uitgegraven.....	39
2.2.2. De kuilvulling.....	39
2.2.3. Discussie	43
Conclusies en perspectieven	46
Bibliografie.....	48
Afbeeldingen	50
Tabellen	51
Bijlagen	52
Samenvattende tabellen van de micromorfologische beschrijvingen van de bestudeerde slijpplaatjes.....	52

Een woord van dank

De auteur wenst uitdrukkelijk Dr. Luc Vrydaghs (AMGC, VUB) te danken voor zijn hulp bij het bestuderen van de fytolieten die werden aangetroffen in de slijpplaatjes. Voorts wenst hij ook Dr. Kristin Ismail-Meyer (IPAS, Universiteit Basel) te danken voor haar hulp bij de studie van de vele plantenresten die werden aangetroffen in de slijpplaatjes.

Tot slot een woord van dank voor de deelnemers van de International Workshop on Archaeological Soil Micromorphology in Utrecht voor hun feedback en ideeën voor de studie van de slijpplaatjes van beide sites.

Samenvatting

De micromorfologische studie van de 'artisanale kuilen' aangetroffen op de sites van Maldegem-Ringvaart en Maldegem-Stakendijke laat toe om volgende onderzoeksvragen te beantwoorden.

- Allereerst kon de **bewaringstoestand** van de verschillende resten bestudeerd worden. Dit was vooral van belang voor de organische resten, die naargelang de context beter of slechter waren bewaard. Niet alleen de bewaring kon worden geëvalueerd maar ook de agenten die verantwoordelijk zijn voor een minder goede bewaring van de organische resten werden geïdentificeerd: het gaat hier vooral om schimmels, maar in sommige gevallen werd ook bioturbatie door bodemfauna vastgesteld.
- De micromorfologische studie liet ook toe om op zeer gedetailleerde wijze de **vullingsgeschiedenis van elke kuil te reconstrueren**. Hierbij merken we dat de initiële vulling voor de meeste kuilen vrij snel is gegaan.
- Ook de **functie** van de verschillende kuilen kon worden bepaald. De meeste kuilen lijken initieel te zijn gebruikt om plantmateriaal (vooral stengels) te laten rotten. Een uitzondering vormt structuur DAST 1445 die mogelijk dienst deed als mestkuil.
- De micromorfologische studie toont ook duidelijk verschillen aan tussen de bestudeerde kuilen, zowel naar functie (kuilen waar plantenresten te rotten werden gelegd *versus* mestkuilen), als naar vullingsgeschiedenis, als naar bewaring.

De resultaten van dit onderzoek tonen duidelijk aan dat niet alle kuilen eenzelfde functie vervulden. Er is dus meer onderzoek nodig om tot een verdere typologie te komen van de kuilen. Het micromorfologisch onderzoek kan hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn om verschillen/gelijkenissen die met het blote oog niet waarneembaar zijn, maar cruciaal om de functie/vullingsgeschiedenis van de kuil te begrijpen alsnog te documenteren.

Introductie

In het kader van de studie van een specifiek type kuilen, die macroscopisch onderling sterk gelijkaardige morfologische kenmerken vertonen, werden een aantal van deze kuilen uit de sites van Maldegem-Ringvaart en Damme - Stakendijkje micromorfologisch bestudeerd.

Hierbij lag de focus op volgende onderzoeksvragen:

- Kan de micromorfologische studie ons iets vertellen over de functie van deze kuilen?
- In welke mate kan de vullingsgeschiedenis van de kuilen gereconstrueerd worden (tafonomie)?
- Hoe goed zijn de verschillende types van resten die werden aangetroffen bewaard?
- Zijn er gelijkenissen/verschillen tussen de verschillende structuren ?

Methode

De archeologen hebben een reeks metalen pollenkolommen genomen uit verschillende archeologische structuren. Omdat deze kolommen niet geschikt zijn voor het maken van slijpplaatjes, zijn er een reeks kleinere blokken uit de kolommen gesneden. De aan de lucht gedroogde blokken werden vervolgens geïmpregneerd en versneden tot 30 µm dikke slijpplaatjes (60 x 90 mm) volgens standaard laboratoriumprocedures (zie [Murphy, 1986](#)) in het laboratorium voor Mineralogie en Petrografie van de Universiteit Gent. De slijpplaatjes werden gescand met een scanner van hoge kwaliteit in normaal licht en onder gekruiste polarisatoren (XPL) volgens Arpin et al. ([2002](#)).

De micromorfologische waarnemingen zijn gedaan met een petrologische microscoop onder gewoon gepolariseerd licht (PPL), onder gekruiste polarisatoren (XPL) en met schuin invallend licht (OIL) bij vergrotingen van 25x, 100x, 200x en 500x. De slijpplaatjes werden ook bestudeerd onder UV en blauwe fluorescentie bij een vergroting van 200x en 500x ([Van Vliet-Lanoë, 1991](#); [Stoops, 2017](#)). De beschrijvingen volgen de internationale nomenclatuur van Stoops ([2021](#)). De naamgeving van waargenomen fytolieten volgt ICPN 2.0 ([ICPT, 2019](#)). Volgende afkortingen worden hierbij gebruikt:

- Acute bulbosus: ACU_BUL
- Papillate: PAP
- Blocky: BLO
- Bulliform flabellate: BUL_FLA
- Elongate entire: ELO_ENT
- Elongate sinuate: ELO_SIN
- Elongate dentate/dendritic: ELO_DET/DEN
- Tracheary: TRA
- Grass silica short cells: GSSCP
- Bilobate: BIL
- Polylobate: POL
- Crenate: CRE
- Rondel: RON
- Trapezoid: TRZ

Verspreidingspatronen van fytolieten werden beschreven volgens Vrydaghs et al. (2017). De zichtbaarheid van de fytolieten werd beschreven volgens Vrydaghs & Devos (2020)¹. Volgende schaal is toegepast voor de beschrijving van de grootte van de verschillende componenten:

- Fijne fractie : < 5 à 10 µm
- leem : 5 à 10- 50 µm
- zeer fijn zand : 50-100µm
- fijn zand : 100-200 µm
- medium zand : 200-500 µm
- grof zand : 500-1000 µm
- zeer grof zand : 1000-2000 µm
- grind: > 2mm

¹ Belangrijk om te vermelden: het gaat hier niet om een specifieke fytolietenstudie, maar enkel om de beschrijving van de fytolieten die werden waargenomen tijdens de micromorfologische studie.

Resultaten en discussie

1. Maldegem-Ringvaart

1.1. Structuur MAL 3665

Binnen structuur MAL 3665 werden 2 pollenkollommen (P1 en P2) bestudeerd ten einde de laterale variabiliteit binnen eenzelfde structuur te kunnen evalueren.



Figuur 1: Foto structuur MAL 3665.



Figuur 2: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijplaatjes.

1.1.1. Het moedermateriaal

Het moedermateriaal (P1: H1 & H3; P2: H1) waarin de kuil werd uitgegraven bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels (fig. 3A). Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Een fijne fractie (<5 µm) is zo goed als afwezig. Lokaal werden sporen van bioturbatie aangetroffen (P1:H2) deze biogallerijen zijn rijker aan fijn organisch materiaal en we treffen er ook kleine houtskoolfragmentjes in aan.

1.1.2. De kuilvulling

1.1.2.a. P1

Een messcherpe grens kan getrokken worden tussen de onderste kuilvulling en het moedermateriaal.

Microscopisch werd de onderste kuilvulling verder opgedeeld in 4 verschillende subunits (H4, H5, H5 en H7).

H4, H6 en H7 bestaan uit goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Het gaat bijna exclusief om kwarts. H5 bevat iets fijnere zandkorrels (leem tot fijn zand). Ook deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts.

H4 wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van relatief grote houtskoolfragmenten (> 1-2 mm) (fig. 4B) (inclusief een verbrand twijgje). In deze unit treffen we een belangrijke fijne fractie (< 5 à 10 µm) aan. Dit fijne materiaal bevindt zich zowel rond als tussen de grovere korrels (chito-enualisch), lokaal merken we dat de grovere fractie werkelijk in de fijne fractie is ingebed (porfyrisch). Het gaat om polymorf tot sterk gehumificeerd organisch materiaal. De aangetroffen geïsoleerde en geclusterde fytolieten bevinden zich voornamelijk in dit organisch materiaal, waardoor hun zichtbaarheid gematigd tot slecht is. Dit organisch materiaal wordt vooral geobserveerd als horizontale golvende lensjes waarrond zich moedermateriaal bevindt.

H5 wordt gekenmerkt door een dens karakter (= eerder lage macroporositeit). De grovere fractie zit hier ingebed in een matrix van fijn materiaal (porfyrisch). Deze unit wordt duidelijk gedomineerd door organisch materiaal. Het gaat om lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten (waarschijnlijk stengels) (figs. 3B-F), vermengd met donkerbruin isotroop polymorf materiaal, flobafene weefsels en kleine houtsnippers. Opvallend is ook de aanwezigheid van een aantal insectenfragmenten (fig. 4D) en vrij grote sclerotia (fijn tot medium zand) (zwamvlokpakketten bij schimmels) (figs. 3B & 4A). Ook hier is de zichtbaarheid van de fytolieten eerder slecht.

H6 is duidelijk vermengd met een aantal fragmenten van H5. Voorts merken we dat de hoveelheid en verspreiding van de fijne fractie varieert in deze unit. Het bevindt zich zowel rond als tussen de grovere korrels (chito-enualisch), lokaal merken we dat de grovere fractie werkelijk in de fijne fractie is ingebed (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat opnieuw uit donkerbruin isotroop polymorf materiaal. Ook hier treffen we grote sclerotia aan. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van perfect tot slecht.

Ook in H7 bevindt het fijne materiaal zich zowel rond als tussen de grovere korrels (chito-enualisch). Dit fijne materiaal is humeus, bruin en isotroop. Opnieuw werden een aantal grote schimmelsporen aangetroffen, en mogelijk ook insectenresten. De geïsoleerde en geclusterde fytolieten tonen opnieuw een zichtbaarheid die varieert van perfect tot slecht. In H7 werden voorts ook kiezelwieren (diatomeeën) aangetroffen.

1.1.2.b. P2

Ook hier kan een messcherpe grens getrokken worden tussen de onderste kuilvulling en het moedermateriaal.

Deze onderste kuilvulling werd microscopisch verder onderverdeeld in 7 subunits (H2, H3, H4, H5 H6, H7 en H8).

De onderste unit (H2) kenmerkt zich door de vermenging van het moedermateriaal met humeuze lensjes. Lokaal worden een aantal houtskoolfragmentjes aangetroffen. In deze unit treffen we ook een belangrijke fijne fractie aan. Dit fijne materiaal bevindt zich zowel

rond als tussen de grovere korrels (chito-enaalisch), lokaal merken we dat de grovere fractie werkelijk in de fijne fractie is ingebed (porfyrisch). Het gaat om polymorf tot sterk gehumificeerd organisch materiaal. De aangetroffen geïsoleerde en geclusterde fytolieten bevinden zich voornamelijk in dit organisch materiaal, waardoor hun zichtbaarheid gematigd tot slecht is. Ook werden een aantal kiezelwieren aangetroffen. Het organisch materiaal wordt vooral geobserveerd als horizontale golvende lensjes waarrond zich moedermateriaal bevindt.

Daarboven merken we eigenlijk een alternering tussen:

- enerzijds: dense lenzen (H3, H5 en H7) waar de grovere fractie (goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels) is ingebed in een matrix van fijn materiaal (porfyrisch). Deze units worden gedomineerd door donkerbruin isotroop polymorf materiaal. Voorts werden lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten aangetroffen (waarschijnlijk stengels) (figs. 4E-F). Fytolieten komen voor in clusters en geïsoleerd (in H5 werden eveneens gearticuleerde fytolieten aangetroffen). Hun zichtbaarheid varieert van gematigd tot slecht. In H5 en H7 werden eveneens insectenresten en talrijke sclerotia aangetroffen. In H7 werden voorts een aantal kiezelwieren geobserveerd.
- anderzijds: lenzen (H4, H6) met een duidelijke dominantie van de goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit polymorfisch tot sterk gehumificeerd organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. In H6 werden eveneens kiezelwieren aangetroffen.

H8 wordt gekenmerd door de dominantie van de goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Lokaal merken we wel een aantal lensjes waar de grovere fractie werkelijk in de fijne fractie is ingebed (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat vooral uit sterk gehumificeerde organische resten. In deze unit werden ook een aantal geoxideerde veenfragmentjes aangetroffen, alsook een paar oranje plantenfragmenten (mogelijk stengels). Behalve geïsoleerde en geclusterde fytolieten werden eveneens skeletjes van sponsjes aangetroffen. De zichtbaarheid van de opaalresten varieert van goed tot slecht. Tot slot werden er in deze subunit ook een aantal wortelgallerijen geïdentificeerd.

Structuur	Sub-unit	ACU_BUL	BLO	BUL_FLA	ELO_ENT	ELO_SIN	ELO_DET/DEN	TRA	GSSCP	BIL	POL	CRE	RON	TRZ	PAP	other
MAL 3665	P1: H1/H3				X				X							
	P1:H2				X		X		X				X			
	P1:H4	X			X						X		X			
	P1:H5				X					X			X			
	P1:H6				X					X			X	?		
	P1:H7				X					X			X	?		
	P2:H1												X			
	P2:H2				X	X				X			X			
	P2:H3		X		X					X			X	X		
	P2:H4				X			X		X			X			
	P2:H5				X				X	X			X			
	P2:H6				X				X				X			
	P2:H7				X				X	X			X			
	P2:H8		?			X				X	X		X			

Tabel 1: structuur MAL 3665: geobserveerde fytolieten.

Structuur	Sub-unit	Kaf (ELO_DET/DEN)	Bladeren (BIL, POL, CRE, TRZ)	Panicoideae (BIL, POL)	Pooideae (CRE, TRZ)
MAL 3665	P1: H1/H3				
	P1:H2	X			
	P1:H4		X	X	
	P1:H5		X	X	
	P1:H6		X	X	?
	P1:H7		X	X	?
	P2:H1				
	P2:H2		X	X	
	P2:H3		X	X	X
	P2:H4		X	X	
	P2:H5		X	X	
	P2:H6				
	P2:H7		X	X	
P2:H8		X	X		

Tabel 2: MAL 3665: groepering van de geobserveerde fytiolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.

1.1.3. Discussie

1.1.3.a. Realisatie kuil/tafonomie

De messcherpe grens tussen het moedermateriaal en de onderste kuilvulling duidt op een zeer beperkte bioturbatie op deze diepte. Zeer beperkt, inderdaad, aangezien er lokaal toch sporen van verstoring in het moedermateriaal werden aangetroffen (P1: H2).

P1:H4 kan gelinkt worden aan de realisatie van de kuilstructuur zelf: het gaat hier waarschijnlijk om houtskoolfragmenten die in de kuil zijn gevallen, samen met humeus oppervlakttemateriaal. Dit verklaart ook meteen het discontinue karakter van die onderste unit.

Een snelle scan van beide plaatjes toont een duidelijk verschil tussen de initiële opvulling van beide structuren. Waar in P1 een duidelijke dikke donkere laag kan geobserveerd worden, merken we in P2 een opeenvolging van dunne donkere laagjes en meer zandig materiaal. Dit wijst mogelijk op een verschil in bewaringstoestand van de organische resten. Anderzijds kan dit ook te maken hebben met een iets andere opvullingswijze: meer instuivend zand bijvoorbeeld, waardoor de verschillende laagjes duidelijker onderscheiden kunnen worden in P2.

Wat de organische opvulling van de kuil betreft, merken we op het eerste zicht een concentratie aan sterk gehumifieerde resten. Bij nadere controle blijkt echter dat er toch nog herkenbare plantenresten bewaard zijn gebleven. Het gaat met name om stengelfragmenten waarvan de interne celstructuur toch blijkt bewaard te zijn.

1.1.3.b. Hypothese: rootputten, vollerskuilen, afvalkuilen, mestkuilen ?

De aanwezigheid van deze horizontale continue lensjes toont duidelijk de afwezigheid van betreding aan. Voorts werden ook geen significante fosfaataccumulaties (zoals fosfaatnodule, -invullingen of vivianietkristallen) aangetroffen die zouden kunnen wijzen op het toevoegen van urine en/of uitwerpselen. Het donkere vette pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat uit een accumulatie van halfvergane en gehumifieerde plantenresten en dus niet uit vette klei. Deze plantenresten lijken voornamelijk uit halfvergane stengels te bestaan, en houtresten lijken eerder sporadisch aanwezig te zijn.

Op basis van al deze argumenten kan dan ook de hypothese van het mogelijk gebruik van deze structuur als rootput of vollerskuil verworpen worden.

Voorts zijn er behalve houtskoolfragmentjes en een hutteleemfragmentje geen verdere afvalresten aangetroffen, **wat toelaat om ook de hypothese van een afvalkuil te verwerpen.** De afwezigheid van sporen van uitwerpselen en fosfaataccumulaties maakt **ook de hypothese van een mestkuil zeer onwaarschijnlijk.**

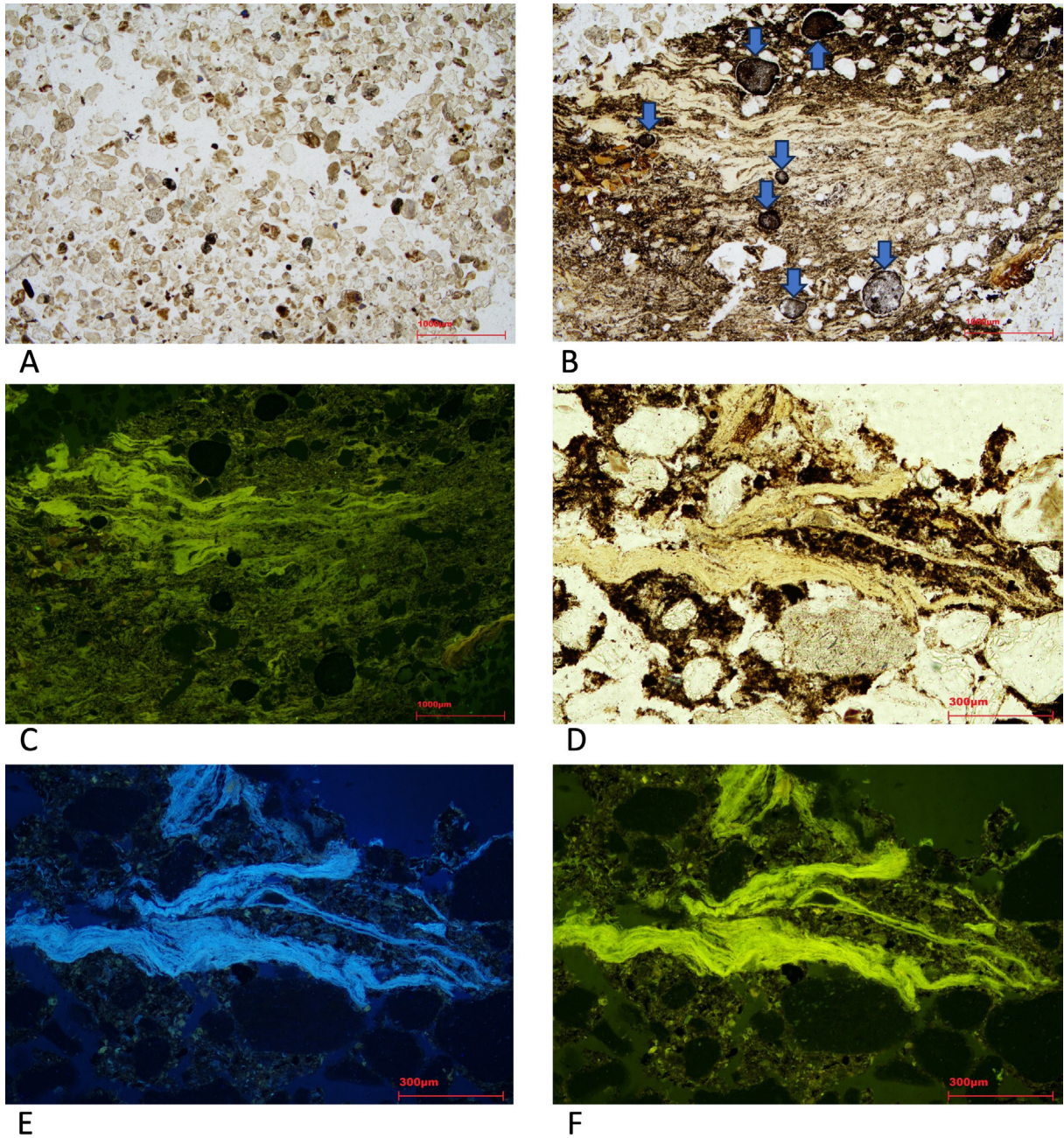
1.1.3.c. Alternatieve hypothese: rottende stengels ?

De afwezigheid van stabilisatielaagjes wijst op een eerder snelle vulling van het onderste deel van de kuil. Deze onderste vulling bestaat uit een densus pakket van autofluorescente stengels, flobafeenachtige plantenweefsels en een aantal houtsnippers die ingebed liggen in humeus materiaal. Het gaat om een laag plantmateriaal, die oorspronkelijk veel dikker moet zijn geweest, maar die door het decompositieproces echter progressief dunner en denser is geworden. Getuige van het rottingsproces zijn de talrijke vrij grote sclerotia die werden aangetroffen in deze laag. Ook de aanwezigheid van fragmentjes van insecten kan wijzen op dit proces van rotting van plantenresten in de kuil.

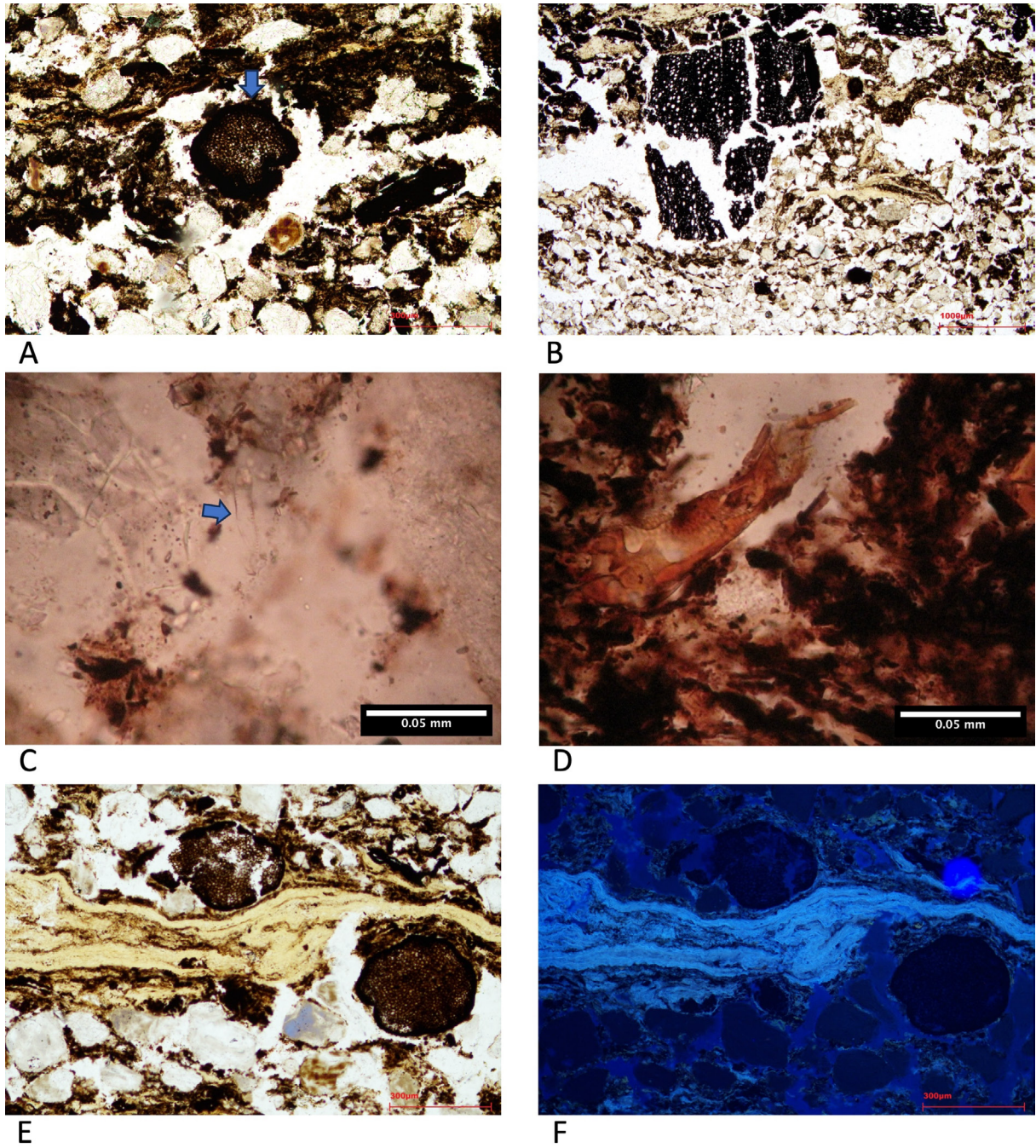
Bovenop deze initiële vulling merken we dan alternerende zandige laagjes van een paar millimeter dik, waarschijnlijk ten gevolge van het inwaaien van sediment in de kuil. De triage en mineralogie van deze zanden geeft aan dat het hier om lokaal materiaal gaat.

In conclusie kunnen we stellen dat er plantmateriaal (vooral stengels) in deze kuil werden gelegd die men dan verder liet rotten. Daar waar de resten op het eerste zicht zeer slecht bewaard lijken, toont de observatie onder fluorescent licht aan dat de plantcelstructuur nog vrij goed bewaard is gebleven. Verdere identificatie van de stengels is op basis van de huidige observaties echter niet mogelijk. Wat we wel weten is dat deze stengels geen fytolieten lijken te bevatten. Toch treffen we in de kuilvulling een hoge concentratie fytolieten van grassen aan. Het lijkt vooral te gaan om resten van bladeren. We zien wel dat deze fytolieten voornamelijk in clusters of geïsoleerd voorkomen. Rekening houdend met de eerder beperkte bioturbatie, kunnen we stellen dat het plantmateriaal waar de fytolieten van afkomstig zijn reeds vergaan was vooraleer de fytolieten in de kuil zijn terechtgekomen. De eerste observaties geven ook aan dat het hier om materiaal van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen (Poaceae) gaat : Pooideae en Panicoideae. Een diepgaandere fytolietenstudie (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) is echter noodzakelijk om tot een meer gedetailleerd beeld te komen.

In conclusie kunnen we stellen dat er plantmateriaal (vooral stengels) in de kuil werden gelegd dat men verder liet rotten. Deze stengels waren vermengd met houtsnippers en bladresten van grassen van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen : Pooideae en Panicoideae.



Figuur 3: A: P1-H1: goed getrieerde afgeronde zandkorrels (kwarts) (PPL); B-F: P1-H5: gele halfvergane plantenstengels; B: de blauwe pijlen = sclerotia (PPL); C: (fluo blauw); D-F: detail van de plantenweefsels; D: (PPL); E: (fluo UV); F: (fluo blauw).



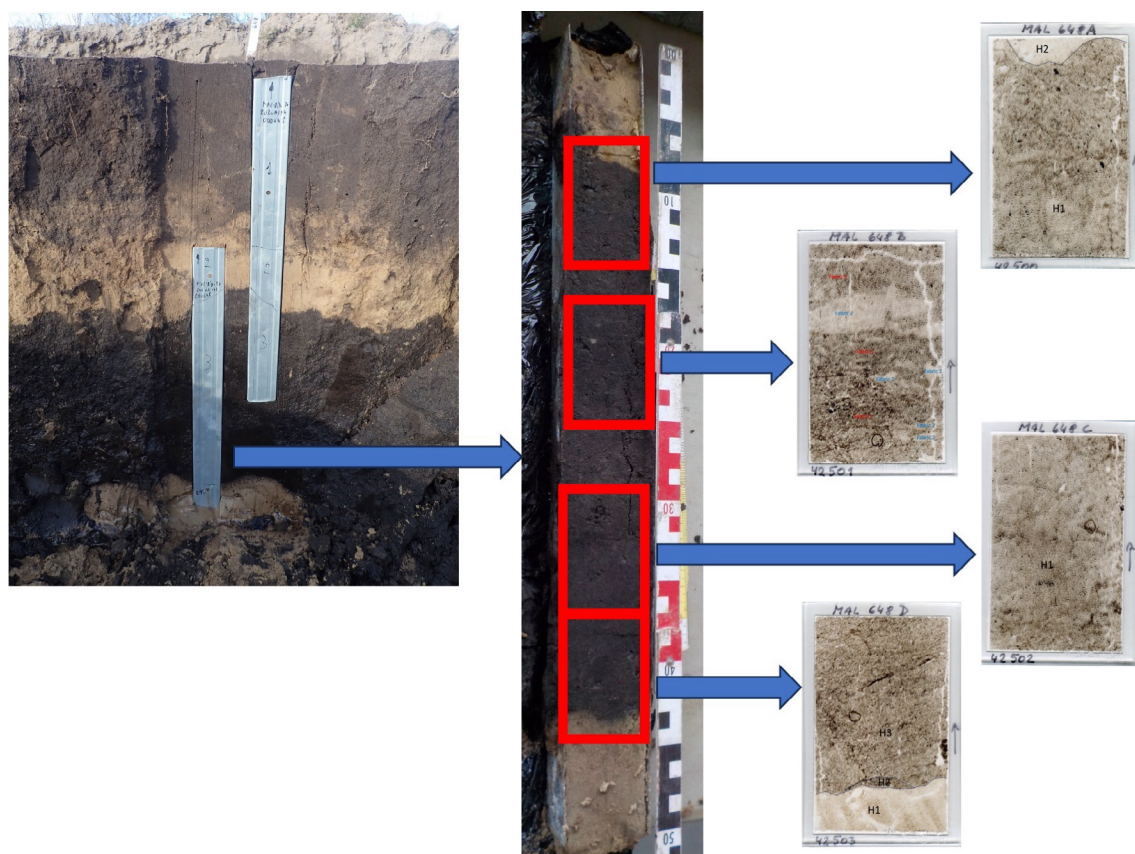
Figuur 4: A: P1-H5: blauwe pijl = detail sclerotium, (PPL); B: P1-H4: houtskoolfragmenten (PPL); C: H2: blauwe pijl = kiezelwier (diatomee) (PPL); D: P1-H5: fragment insect (PPL). E-F: P2-H7: fel fluorescente gele halfvergane plantstengels. De autofluorescentie duidt erop dat het plantmateriaal nog niet volledig is vergaan (zie Babel, 1975). Let ook op de aanwezigheid van 2 (niet auto-fluorescente) sclerotia; E: (PPL); F: (fluo UV).

1.2. Structuur MAL 648

Deze structuur werd geselecteerd omwille van de dikte van de donkere vulling. Ten einde de volledige dikte van de laag te kunnen bestuderen werden 4 opeenvolgende plaatjes onderzocht.



Figuur 5: Foto structuur MAL 648.



Figuur 6: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.

1.2.1. Het moedermateriaal

Het moedermateriaal (648D: H1) waarin de kuil werd uitgegraven bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Een fijne fractie (<5 à 10 µm) is zo goed als afwezig.

1.2.2. De kuilvulling

De micromorfologische studie van de onderste humeuze kuilvulling laat een verdere opdeling in een aantal sub-units toe.

Voor 648D:

- H2 bestaat uit matig to goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie is ingebed in een matrix van fijn materiaal (porfyrisch). Lokaal bevindt het fijne materiaal zich echter tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Het fijne materiaal bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Voorts werden ook skeletjes van sponsjes aangetroffen.
- H3 vertoont een microstructuur die varieert van kanaalstructuur tot subhoekig. Ook deze sub-unit bestaat uit matig to goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit monomorf organisch materiaal. Andere organische elementen zijn een zaadje, insectfragmenten, grote sclerotia en een aantal medium zand birefringente ringetjes (figs. 7A-B). De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van matig tot slecht. Voorts werden ook skeletjes van sponsjes aangetroffen. Tot slot noteerden we de aanwezigheid van een aantal golvende lensjes met monomorf fijn organisch materiaal, een wortelgang, alsook opvullingen van biogallerijen met monomorf fijn organisch materiaal.

Voor 648C:

- H1 vertoont eveneens een dominante kanaalmicrostructuur. Het bestaat uit eerder goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit monomorf tot sterk gehumificeerd organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtfragmentjes en een aantal medium zand birefringente ringetjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van eerder matig tot slecht. Voorts werden ook skeletjes van sponsjes aangetroffen. Tot slot noteerden we de aanwezigheid van een aantal golvende lensjes met monomorf fijn organisch materiaal.

Voor 648B:

- Fabric 1 vertoont een geaggreerde granulaire tot een slecht ontwikkelde subhoekige microstructuur. Het bestaat eveneens uit eerder goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit monomorf tot sterk gehumificeerd organisch materiaal. Lokaal treffen we polymorfisch materiaal aan, alsook (verkoalde?) stengelfragmenten en grote sclerotia. Ook hier werd de aanwezigheid van een aantal medium zand birefringente ringetjes vastgesteld. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. We noteerden ook de aanwezigheid van kiezelwieren, wortelgangen en een aantal organische

excrementen. Ook in deze sub-unit troffen we golvende lensjes met monomorf fijn organisch materiaal aan.

- Fabric 2 vertoont eerder een enkelgranige microstructuur. Het bestaat eveneens uit eerder goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het beduidend minder belangrijke fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Het fijne materiaal bestaat uit sterk gehumificeerd organisch materiaal. Opnieuw werd de aanwezigheid van een aantal medium zand birefringente ringetjes vastgesteld. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. We noteerden ook de aanwezigheid van wortelgangen en organische excrementen.

Voor 648A:

- H1 vertoont een microstructuur die varieert van kanaalstructuur tot subhoekig. Het bestaat uit eerder goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Het fijne materiaal bestaat uit sterk gehumificeerd organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtfragmentjes, insectenrestjes, een aantal medium zand birefringente ringetjes en grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. We noteerden ook de aanwezigheid van wortelgangen, met sterk gehumificeerd materiaal opgevulde biogallerijen en organische excrementen.
- H2 bestaat uit eerder goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Een fijne fractie (<5 µm) is zo goed als afwezig.

Structuur	Sub-unit	ACU_BUL	BLO	BUL_FLA	ELO_ENT	ELO_SIN	ELO_DET/ DEN	TRA	GSSCP	BIL	POL	CRE	RON	TRZ	PAP	other
MAL 648	D:H1															
	D:H2				X		X			X		X	X	?		
	D:H3				X								X	X		
	C:H1				X					X			X			
	B:f1				X	X	X		X	X			X	?		X
	B:f2				X					X			X	X		
	A:H1			X	X					X		X	X			
	A:H2															

Tabel 3: structuur MAL 648: geobserveerde fytolieten.

Structuur	Sub-unit	Kaf (ELO_DET/DEN)	Bladeren (BIL, POL, CRE, TRZ)	Panicoideae (BIL, POL)	Pooideae (CRE, TRZ)
MAL 648	D:H1				
	D:H2	X	X	X	X
	D:H3		X		X
	C:H1		X	X	
	B:f1	X	X	X	?
	B:f2		X	X	X
	A:H1		X	X	X
	A:H2				

Tabel 4: MAL 648: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.

1.2.3. Discussie

1.2.3.a. Realisatie kuil/tafonomie

Ook voor deze structuur werd een messcherpe grens tussen het moedermateriaal en de onderste kuilvulling vastgesteld.

Wanneer we naar de vulling van de kuil zelf gaan kijken, merken we toch een aantal significante verschillen op met structuur MAL3665:

- Hoewel we hier te maken hebben met een significant dikkere donkerkleurige onderste vulling, merken we wel dat de bewaring van de organische resten minder goed is: de organische resten zijn over het algemeen veel sterker gehumifieerd en vermengd met de zandige invulling van de kuil;
- De aanwezigheid van wortelgangen. Een deel van het fijne materiaal lijkt zich ook te concentreren langs deze wortelgangen, wat aangeeft dat er humeus materiaal van hogerop naar beneden is gemigreerd;
- Bovenaan de sequentie treffen we ook de (beperkte) aanwezigheid aan van organische excrementen. Deze duiden op bioturbatie door de aanwezige bodemfauna;
- In deze vulling zien we ook geen sporen van een mooie gelaagdheid. Wat we wel merken is dat er ter hoogte van slijpplaatje B een sprake is van een duidelijk heterogene vulling. Het betreft enerzijds humeus materiaal en anderzijds zandige kluitjes;
- De grote sclerotia zijn in deze vulling ook eerder schaars, wel merken we het veelvuldig voorkomen van birefringente ringen van dezelfde grootte. Dit soort ringen wordt gelinkt aan schimmelweefsels geassocieerd met dierlijke uitwerpselen (Romans & Robertson, 1983; Mikkelsen et al., 2019). Verdere indicaties van de aanwezigheid van uitwerpselen (coprolieten, fosfaataccumulaties, ...) ontbreken echter volledig.

Deze verschillen tonnen duidelijk aan dat de bewaring in deze structuur duidelijk minder goed is in vergelijking met structuur MAL3665. Enerzijds is er een sterke humificatie van de plantenresten, waardoor hun verdere identificatie niet meer mogelijk is, anderzijds is ook de originele stratigrafie niet meer bewaard. Hogerop in de structuurvulling is dit wel nog het geval en merken we dat de kuil is opgevuld met enerzijds humeuze kluitjes en zandig materiaal.

1.2.3.b. Functie van de kuil ?

Door de slechtere bewaring van de organische resten is het minder evident om voor deze structuur tot een suiltende conclusie te komen. Toch kunnen ook hier een aantal hypothesen verworpen worden:

- Het donkere dikke pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat uit een mix van zandige sedimenten en humus, en dus niet uit vette klei. Voorts werden slechts sporadisch houtfragmenten aangetroffen en zijn er geen sporen van fosfaataccumulaties (zoals fosfaatnodules, -invullingen of vivianietkristallen). Deze argumenten laten toe om ook hier **de hypothese van het gebruik van de structuur als rootput of vullerkuil uit te sluiten**.
- Behalve houtskoolfragmentjes treffen we ook hier quasi geen afvalresten aan, wat toelaat om ook **de hypothese van afvalkuil te verwerpen**. Tot slot maakt de afwezigheid van sporen van uitwerpselen (met uitzondering van de birefringente

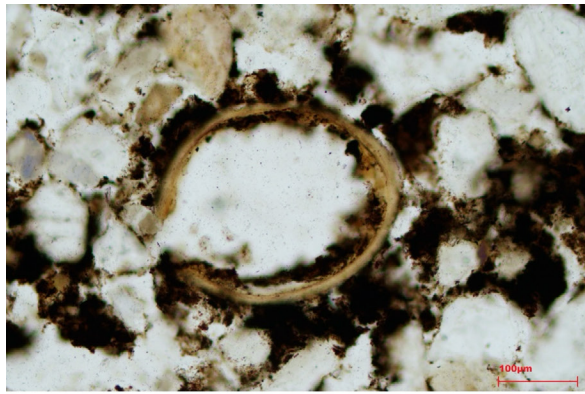
ringetjes) en fosfaataccumulaties ook de **hypothese van een mestkuil eerder onwaarschijnlijk**.

Wat kunnen we dan wel stellen over de functie van de kuil?

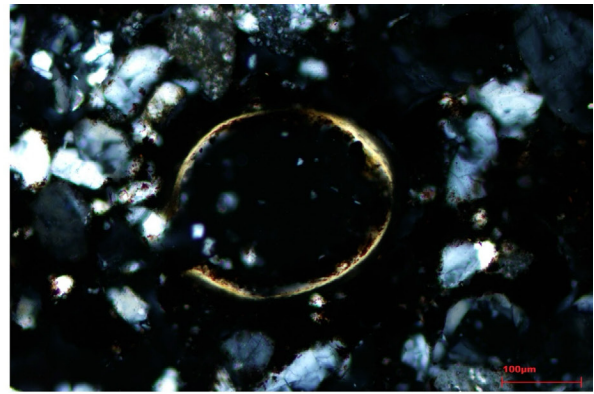
Het lijkt erop dat ook hier plantenresten in de kuil zijn terechtgekomen. Door de sterke humificatie kunnen we echter niet langer de aard van die resten gaan determineren. We kunnen wel stellen dat de laag met plantenresten oorspronkelijk veel dikker moet zijn geweest, maar dat die door het decompositieproces en het rijpen van de vulling echter progressief dunner en dener is geworden (zie [Fechner et al., 2004](#)). Dit verklaart meteen ook de concave uitlijning van de top van de organische vulling. Getuige van het rottings- en humificatieproces zijn de talrijke vrij grote sclerotia, de sporadische insectenfragmentjes en de organische excrementen van bodemfauna die werden aangetroffen in deze laag. Deze gehumificeerde plantenresten zijn vermengd met zandig materiaal dat gezien de aard en de triage waarschijnlijk van lokale oorsprong is.

Ook in deze vulling treffen we fytolieten van grassen aan. Het gaat hier zowel om resten van bladeren als kaf. We zien wel dat deze fytolieten voornamelijk in clusters of geïsoleerd voorkomen. Toch merken we ook de aanwezigheid van gearticuleerde fytolieten. Deze laatste geven aan dat (een deel van) de bladeren intact in de bodem zijn terechtgekomen en de verdere decompositie in de bodem zelf heeft plaatsgevonden ([Devos & Vrydaghs, 2023](#)). De eerste observaties geven aan dat het hier om materiaal van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen (Poaceae) gaat : Pooideae en Panicoideae. Een diepgaandere fytolietenstudie (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) is echter noodzakelijk om tot een meer gedetailleerd beeld te komen.

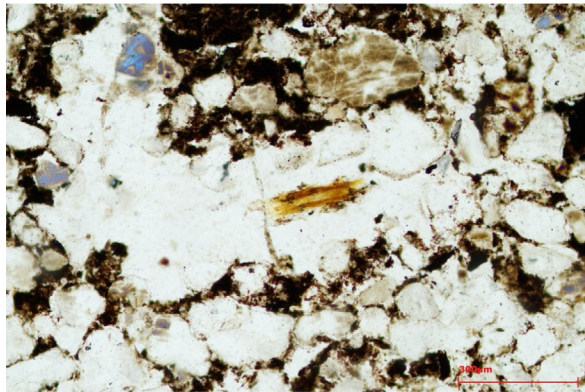
Op basis van de huidige observaties kunnen we niet uitsluiten dat deze kuil een gelijkaardige functie vervulde als structuur MAL3665, maar de sterke humificatie van de organische resten laat niet toe om dit met zekerheid te bevestigen.



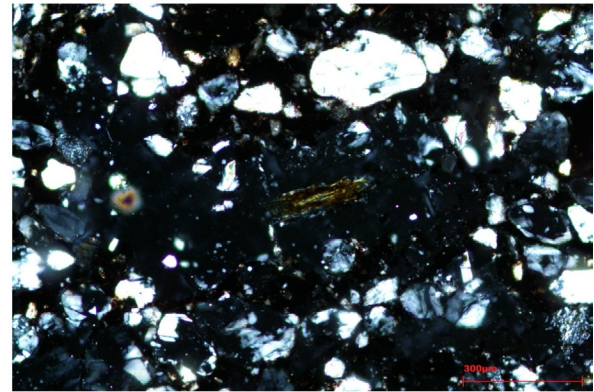
A



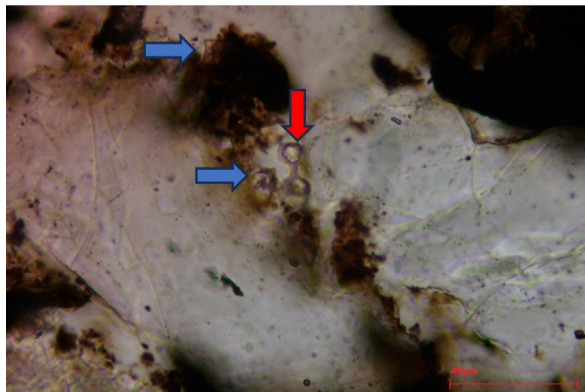
B



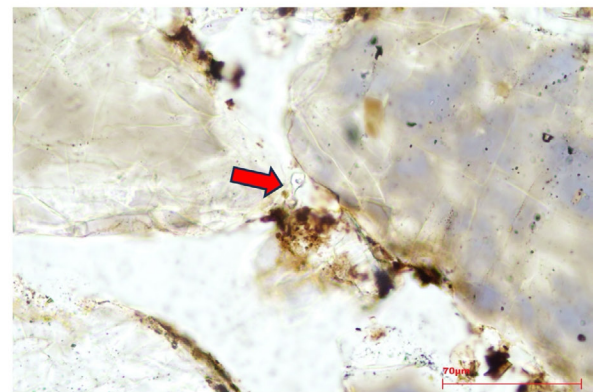
C



D



E



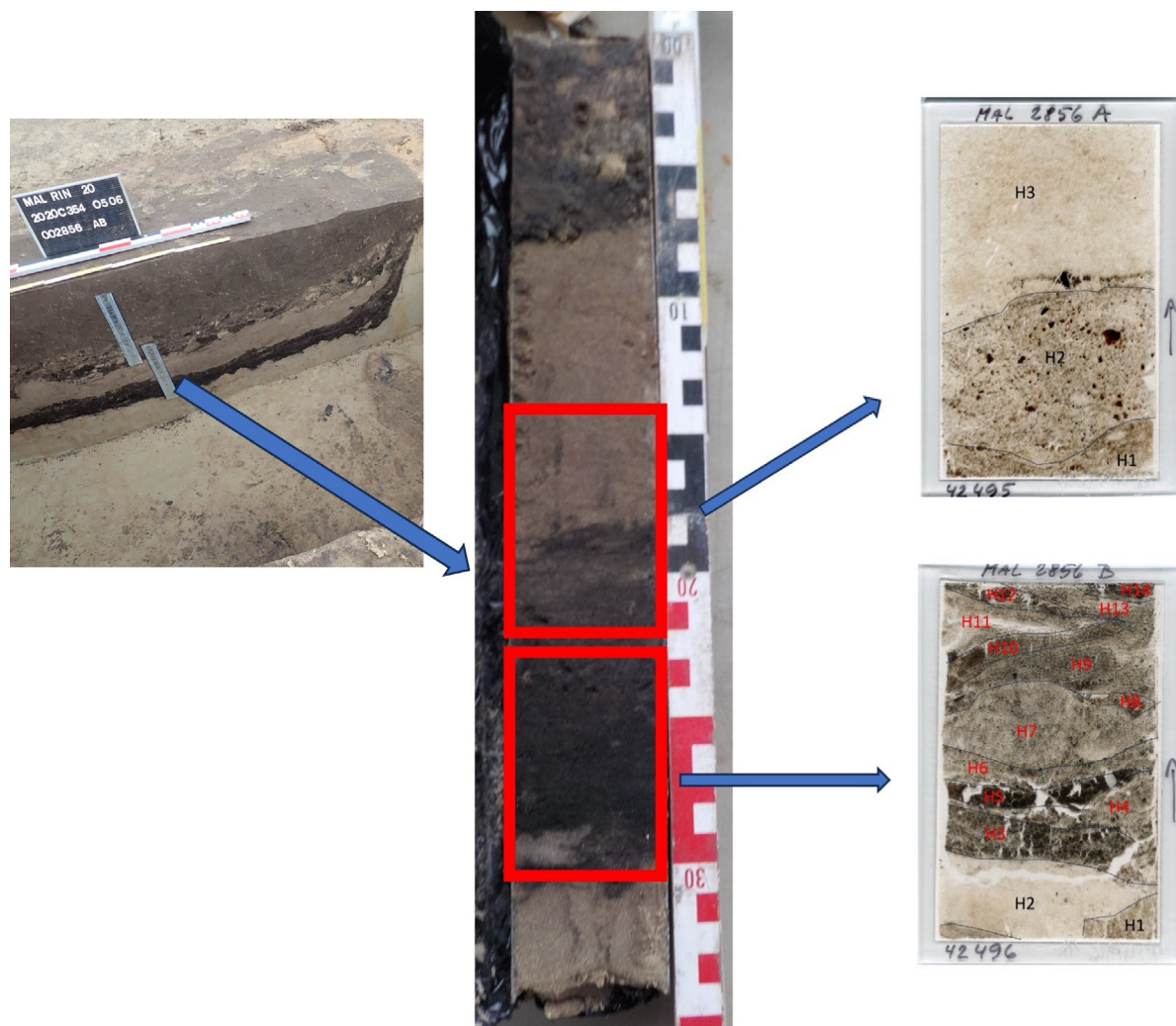
F

Figuur 7: A-B: 648D-H3: birefringente ring; A: (PPL); B: (XPL); C-D: 648D-H3: wortelgang; C: (PPL); D: (XPL); E: 648B-fabric 1: de pijlen geven een cluster van fytolieten aan. De rode pijl wijst naar een BILOBATE fytoliet typisch voor bladeren van Panicoideae (PPL); E: de rode pijl duidt een geïsoleerde BILOBATE fytoliet aan (PPL).

1.3. Structuur MAL 2856



Figuur 8: Foto structuur MAL 2856.



Figuur 9: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.

1.3.1. De kuilvulling

De onderste organische kuilvulling kan microscopisch in een aantal sub-units worden onderverdeeld.

Voor 2856B:

- H1 vertoont een kanaalmicrostructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). Deze laatste bestaat vooral uit sterk gehumificeerd fijn

organisch materiaal. Opvallend is de enorme concentratie aan geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten met een matige tot slechte zichtbaarheid (figs. 10A-B). Andere organische resten zijn een aantal geoxideerde plantenresten en uitzonderlijk grote sclerotia. Onderaan de sub-unit zien we ook een aantal houtskoolfragmenten.

- H2 bestaat uit goed getrieerd fijne tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Een fijne fractie (<5 µm) is zo goed als afwezig (grof monisch).
- H3 vertoont een subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). De fijne fractie bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten, geoxideerde plantenresten, houtsnippers, insectenfragmentjes en uitzonderlijk grote sclerotia. We noteerden ook de aanwezigheid van schimmeldraden en een mogelijk parasieteneitje van *Ascaris* sp. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van matig tot slecht. Andere opaalresten die werden geobserveerd zijn kiezelwieren.
- H4, H6 en H7 bestaan uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Lokaal zit de grove fractie echter ingebed in een matrix van fijn materiaal (porfyrisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit sterk gehumificeerd, lokaal monomorf organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten, geoxideerde plantenresten en – in H4 en H6 – uitzonderlijk grote sclerotia. In H6 werden voorts schimmeldraden geobserveerd.
- H5 vertoont een massieve tot subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). De fijne fractie bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten, zaadjes en uitzonderlijk grote sclerotia. Ook hier werden schimmeldraden geobserveerd. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is slecht.
- H8 betreft een geoxideerd veenfragment.
- H9 en H13 vertonen een slecht ontwikkelde granulaire microstructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). De fijne fractie bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten, houtsnippers en uitzonderlijk grote sclerotia. In deze sub-units werden ook een aantal medium zand organo-minerale excrementiële aggregaten aangetroffen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H10 vertoont een slecht ontwikkelde kanaalmicrostructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). De fijne fractie bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten en uitzonderlijk grote sclerotia. We noteerden ook de aanwezigheid van schimmeldraden.

- H11 bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit sterk gehumifieerd, lokaal monomorf organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H12 vertoont een massieve tot subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). De fijne fractie bestaat voornamelijk uit polymorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten, 'phlobaphene tissues' en uitzonderlijk grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is matig tot slecht.
- H14 vertoont een slecht ontwikkelde plaatstructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). De fijne fractie bestaat voornamelijk uit polymorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten, houtsnippers en insectenfragmentjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht.

Voor 2856A:

- H1 vertoont een slecht ontwikkelde subhoekige to granulaire microstructuur. De grove fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie zit ingebed in de dominante fijne fractie (porfyrisch). Lokaal bevindt het fijne materiaal zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). De fijne fractie bestaat uit een mengeling van polymorf, monomorf en sterk gehumifieerd fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. Ook werden een aantal skeletjes van sponsjes geobserveerd. In deze sub-unit werden ook een aantal medium zand organo-minerale excrementiële aggregaten aangetroffen.
- H2 vertoont een slechte tot matig ontwikkelde subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat uit matig tot goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). De fijne fractie bestaat voornamelijk uit sterk gehumifieerd tot monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn geoxideerde veenfragmentjes en uitzonderlijk grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Ook werden een aantal kiezelwieren geobserveerd. Opvallend is ook de aanwezigheid van ijzerhuidjes langs een aantal poriën, alsook ijzeropvullingen en ijzernodules.
- H3 vertoont een enkelgraan microstructuur. De grove fractie bestaat uit matig tot goed getrieerde fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). De fijne fractie bestaat voornamelijk uit sterk gehumifieerd fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Ook werden

een aantal kiezelwieren geobserveerd. Opvallend is ook de aanwezigheid van een aantal stoffige kleihuidjes.

Structuur	Sub-unit	ACU_BUL	BLO	BUL_FLA	ELO_ENT	ELO_SIN	ELO_DET/ DEN	TRA	GSSCP	BIL	POL	CRE	RON	TRZ	PAP	other
MAL 2856	B:H1			X	X					X	X	X	X			
	B:H2															
	B:H3				X					X			X			
	B:H4				X				X	X						
	B:H5				X				X				X			
	B:H6				X					X			X			
	B:H7				X				X							
	B:H8															
	B:H9				X				X				X			
	B:H10								X				X			
	B:H11				X				X	X			X			
	B:H12				X								X			
	B:H13				X					X			X	?		
	B:H14				X	X							X			X
	A:H1				X				X				X			
	A:H2				X					X			X			
A:H3				X				X								

Tabel 5: structuur MAL 2856: geobserveerde fytoieten.

Structuur	Sub-unit	Kaf (ELO_DET/DEN)	Bladeren (BIL, POL, CRE, TRZ)	Panicoideae (BIL, POL)	Pooideae (CRE, TRZ)
MAL 2856	B:H1		X	X	X
	B:H2				
	B:H3		X	X	
	B:H4		X	X	
	B:H5				
	B:H6		X	X	
	B:H7				
	B:H8				
	B:H9				
	B:H10				
	B:H11		X	X	X
	B:H12				
	B:H13		X	X	?
	B:H14				
	A:H1				
	A:H2		X	X	
A:H3					

Tabel 6: Mal 2856: groepering van de geobserveerde fytoieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.

1.3.2. Discussie

1.3.2.a. Tafonomie van de kuilvulling

De onderste vulling van structuur MAL 2856 sluit qua bewaringstoestand sterk aan bij deze van structuur MAL 3665.

We treffen halfvergane autofluorescente plantenresten (stengels) aan in een soort van bruine gel van sterk gehumifieerde resten. Het gaat om een laagjes plantmateriaal, die

oorspronkelijk veel dikker moeten zijn geweest, maar die door het decompositieproces en het rijpen van de bodem echter progressief dunner en denser zijn geworden (zie [Fechner et al., 2004](#)). Getuige van het rottingsproces zijn de talrijke vrij grote sclerotia die werden aangetroffen in deze laag. Ook de aanwezigheid van fragmentjes van insecten kan wijzen op dit proces van rotting van plantenresten in de kuil. In tegenstelling tot structuur MAL 3665 treffen we hier eveneens schimmeldraden aan, en merken we eerder monomorf fijn organisch materiaal, wat mogelijk duidt op een verregaander proces van humificatie.

Tot slot wijst de afwezigheid van stabilisatielaagjes op een eerder snelle vulling van het onderste deel van de kuil.

Hoger in de sequentie merken we wel de aanwezigheid van organisch-minerale uitwerpselen die wijzen op bioturbatie door bodemfauna ([Kooistra & Pulleman, 2018](#)).

De aanwezigheid van ijzerconcreties en ijzerhuidjes langsheen de poriën wijst duidelijk op de oxidatie het bovenste deel van de donkere vulling (A:H2).

1.3.2.b. Functie van de kuil ?

De aanwezigheid van horizontale continue lensjes toont opnieuw duidelijk de afwezigheid van betreding aan. Voorts werden ook hier geen significante fosfaataccumulaties (zoals fosfaatnodules, -invullingen of vivianietkristallen) aangetroffen die zouden kunnen wijzen op het toevoegen van urine en/of uitwerpselen. Het donkere vette pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat eens te meer uit een accumulatie van halfvergane en gehumifieerde plantenresten en dus niet uit vette klei. Deze plantenresten lijken voornamelijk uit halfvergane stengels te bestaan, en houtresten lijken eerder sporadisch aanwezig te zijn.

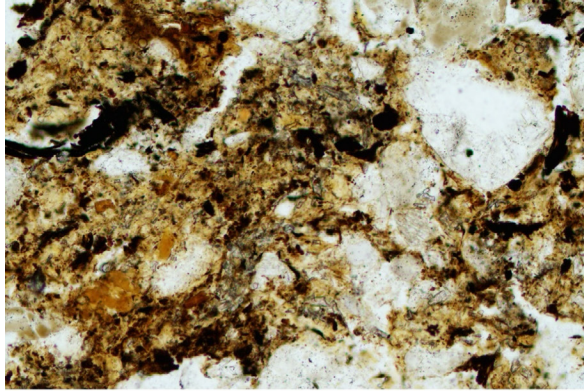
Op basis van al deze argumenten dient dan ook de hypothese van het mogelijk gebruik van deze structuur als rootput of vollerskuil verworpen te worden.

Voorts zijn er behalve wat houtskoolfragmentjes geen verdere afvalresten aangetroffen, **wat toelaat om ook de hypothese van een afvalkuil te verwerpen.** De afwezigheid van sporen van uitwerpselen en fosfaataccumulaties maakt **ook de hypothese van een mestkuil zeer onwaarschijnlijk.**

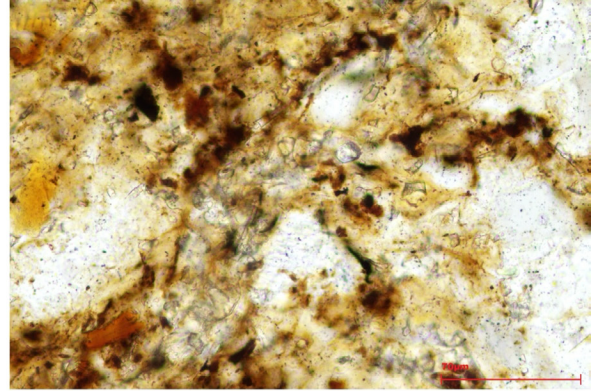
Net zoals in structuur MAL3665 treffen we ook hier een aantal dense pakketten van autofluorescente stengels aan die ingebed liggen in humeus materiaal. Deze worden afgewisseld met zandige en zandige humeuze laagjes, waarvan de triage en mineralogie van deze zanden geeft aan dat het ook hier om lokaal materiaal gaat.

Het lijkt er dus op dat er ook in deze kuil plantmateriaal (vooral stengels) werd gelegd dat men dan verder liet rotten. Verdere identificatie van de stengels is op basis van de huidige observaties echter niet mogelijk. Wat we wel weten is dat deze stengels geen fytolieten lijken te bevatten. Toch treffen we in de kuilvulling opnieuw fytolieten van grassen aan. Het lijkt vooral te gaan om resten van bladeren. We zien wel dat deze fytolieten voornamelijk in clusters of geïsoleerd voorkomen. Rekening houdend met de eerder beperkte bioturbatie, kunnen we stellen dat het plantmateriaal waar de fytolieten van afkomstig zijn reeds vergaan was vooraleer de fytolieten in de kuil zijn terechtgekomen. De eerste observaties geven ook aan dat het hier om materiaal van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen (Poaceae) gaat : Pooideae en Panicoideae. Een diepgaandere fytolietenstudie (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) is echter noodzakelijk om tot een meer gedetailleerd beeld te komen.

In conclusie kunnen we stellen dat er plantmateriaal (vooral stengels) in de kuil werden gelegd dat men verder liet rotten. Dit plantmateriaal was vermengd met reeds vergane bladresten van grassen van tenminste twee verschillende subfamilies van de grassen : Pooideae en Panicoideae.



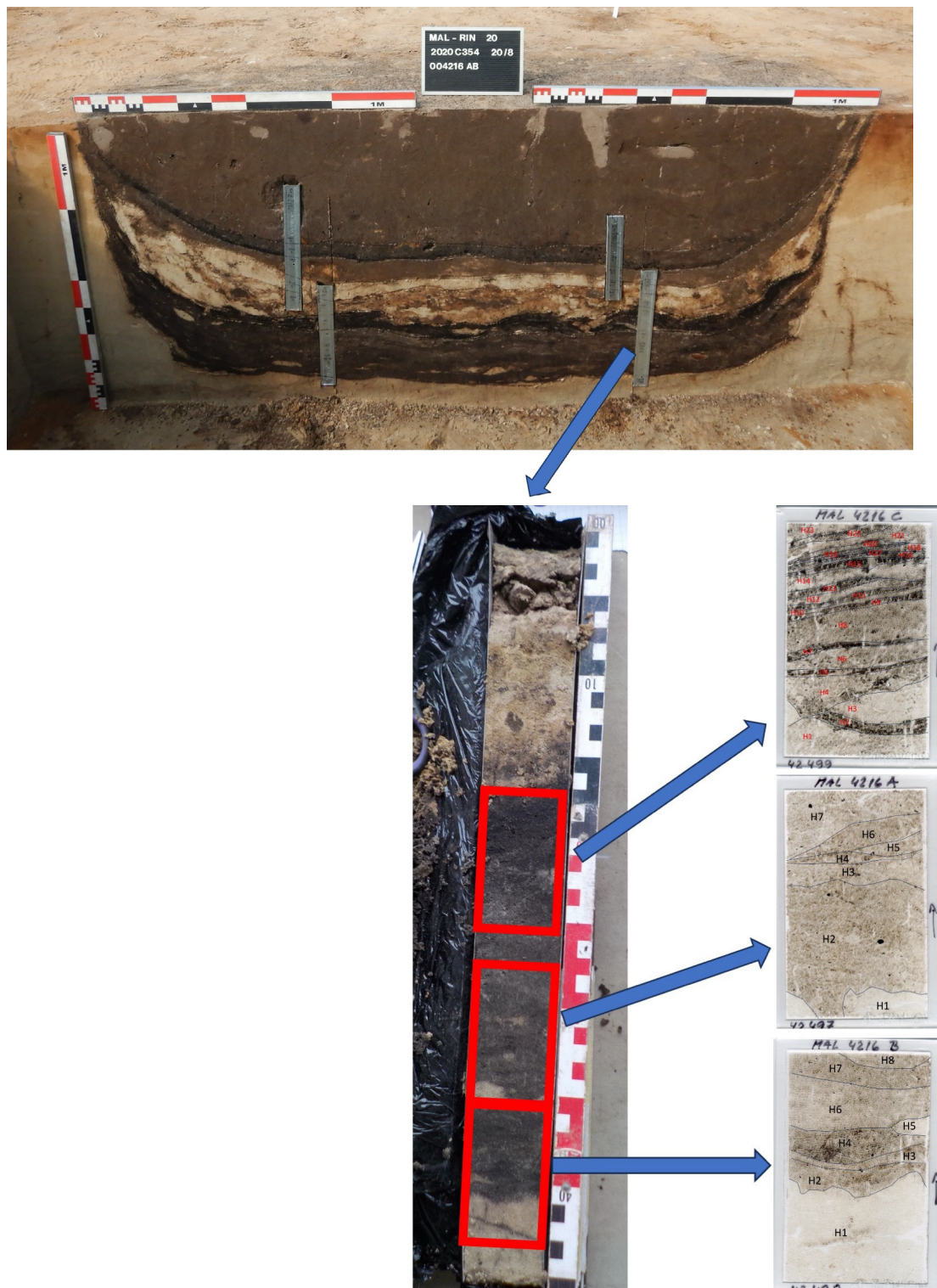
A



B

Figuur 10: A: B-H1: deze unit toont een enorme concentratie aan slecht zichtbare geclusterde fytolieten (PPL); B: detail van zulk een cluster. De zichtbaarheid is slecht omdat de fytolieten ingebed zitten in fijn materiaal (PPL).

1.4. Structuur MAL 4216



Figuur 11: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.

1.4.1. Het moedermateriaal

Het moedermateriaal (4216B: H1) waarin de kuil werd uitgegraven bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Een fijne fractie (<5 µm) is zo goed als afwezig (grof monisch). Lokaal werden

sporen van bioturbatie aangetroffen): deze biogallerijen zijn rijker aan fijn organisch materiaal en we treffen er ook micro-houtskoolfragmentjes in aan.

1.4.2. De kuilvulling

Waar macroscopisch de onderste humeuze kuilvulling grofweg in een drietal sub-units kon worden opgedeeld, laat de microscopische studie een verdere opdeling toe.

Voor 4216B:

- H2, H3 en H4: deze sub-units worden gekarakteriseerd door matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit polymorfisch tot sterk gehumifieerd organisch materiaal. In H4 is het fijne organische materiaal eerder monomorfisch. In alle sub-units werden lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten aangetroffen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Voorts werden in H2 ook een aantal uitzonderlijk grote sclerotia aangetroffen. Tot slot noteerden we voor H2 en H4 de aanwezigheid van insectenresten en aggregaten van uitwerpselen van mesofauna (regenwormen?).
- H5 bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. De fijne fractie is hier zo goed als afwezig.
- H6 en H8: deze sub-units worden gekarakteriseerd door matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit fijne materiaal is sterk gehumifieerd. In H6 werden lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten aangetroffen, alsook uitzonderlijk grote sclerotia. In H6 werd behalve houtskool ook een fragment hutteleem aangetroffen. Deze subunit wordt ook gekenmerkt door een vrij grote hoeveelheid lege en opgevulde biogallerijen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot matig. Lokaal is de zichtbaarheid echter slecht. In H8 werden ook kiezelwieren en skeletten van sponsjes geobserveerd.
- H7 wordt gekarakteriseerd door matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit fijne materiaal is sterk gehumifieerd tot monomorfisch. Ook hier werden lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten aangetroffen, alsook uitzonderlijk grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht (fig. 12C). Voorts werden vrij veel lege en opgevulde biogallerijen aangetroffen, alsook een aantal aggregaten van uitwerpselen van mesofauna (regenwormen?).

Voor 4216A:

- H1 bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Een fijne fractie (<5 µm) is zo goed als afwezig.
- H2 vertoont een slecht ontwikkelde subhoekige microstructuur. De grove fractie (bijna uitsluitend kwarts) bestaat uit matig getrieerd zeer fijn tot medium zand. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit fijne materiaal is sterk gehumifieerd. Er werden eveneens lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten aangetroffen (figs. 12A-B), alsook zwartgeworden plantenresten en zwartgeworden grote sklerotia. In deze eenheid werden behalve houtskool ook een aantal veenfragmenten geobserveerd.

De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van perfect tot slecht (fig. 12E). Er werden ook een aantal skeletjes van sponsjes geobserveerd (fig. 12D). Opvallend is de aanwezigheid van een aantal lenzen: enerzijds humeus bruin materiaal, anderzijds zwart fijn gefragmenteerd materiaal met fluorescente fytolieten.

- H3, H5 en H7: deze sub-units worden gekarakteriseerd door matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Het gaat voornamelijk om fijn gehumifieerd organische resten. Er werden ook een aantal lensjes met donker organisch materiaal aangetroffen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. In H7 werden eveneens gearticuleerde fytolieten geobserveerd (fig. 12C). Deze sub-unit bevat ook lichtgele sterk fluorescente plantenresten, veenfragmentjes, hout en houtskool.
- H4 en H6: deze sub-units worden gekarakteriseerd door matig tot goed getrieerd zeer fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). In H4 is de grovere fractie lokaal ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Het gaat voornamelijk om sterk gehumifieerde resten (lokaal wel polymorfisch in H4; monomorfisch in H6). We merkten ook de aanwezigheid van lichtgele sterk fluorescente plantenresten (stengels?). De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Andere opaalresten in H4 omvatten een aantal skeletjes van sponsjes.

4216C:

- H1: de grove fractie van H1 bestaat uit matig getrieerde zeer fijn tot medium zandkwartskorrels. Lokaal is de fijne fractie zo goed als afwezig (grof monisch), elders bevindt het fijne materiaal zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit monomorfisch tot sterk gehumifieerd materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H2 bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Deze grove fractie ligt ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Dit fijne materiaal is vooral monomorfisch. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten is voornamelijk slecht. Het antropogene materiaal beperkt zich tot een paar houtskoolfragmenten.
- H3 bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Lokaal is de fijne fractie zo goed als afwezig (grof monisch), elders bevindt het fijne materiaal zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit sterk gehumifieerd materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H4: bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Het fijne materiaal bevindt zich voornamelijk tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaalisch). Lokaal is de grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Dit fijne materiaal bestaat voornamelijk uit monomorfisch tot sterk gehumifieerd materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Voorts werden een aantal kiezelwieren aangetroffen. Onderaan deze sub-

unit merken we de aanwezigheid van een aantal humeuze fragmenten gelijkaardig aan het materiaal uit H2.

- H5: deze sub-units worden gekarakteriseerd door goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grovere fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Dit fijne materiaal bestaat uit polymorfisch fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Voorts werden een aantal skeletjes van sponsjes geobserveerd.
- H6 bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Het betreft vooral monomorfisch fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Er werden eveneens een aantal skeletjes van sponsjes geobserveerd.
- H7 bestaat uit matig getrieerd zeer fijn tot medium zand kwartskorrels. De grovere fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Dit fijne materiaal bestaat uit polymorfisch tot lokaal monomorfisch fijn organisch materiaal. Voorts werden er ook een aantal twijgjes en insectenfragmentjes aangetroffen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is over het algemeen slecht.
- H8 bestaat uit matig to goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit laatste bestaat voornamelijk uit monomorfisch fijn organisch materiaal. Voorts werden lichtgele, isotrope en fel autofluorescente plantenfragmenten aangetroffen, alsook houtsnippers en venige fragmenten. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten is over het algemeen slecht
- H9, H11, H13 en H15 en H19 zijn zeer massieve sub-units. De grovere fractie (goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels) zit ingebed in de fijne matrix (porfyrisch). Het fijne materiaal bestaat uit poly- tot monomorfisch fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtfragmenten en twijgjes. In H9 werden ook lichtgele, sterk autofluorescente plantenresten (mogelijk stengels) en een aantal uitzonderlijk grote sclerotia aangetroffen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is over het algemeen slecht. In H9 en H15 werden ook skeletten van sponsjes geobserveerd. In H19 werden een aantal organische excrementen genoteerd.
- H10, H12, H14, H16, H18 en H21 bestaan uit goed getrieerd fijne tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal merken we in H12 en H14 dat de fijne fractie zo goed als afwezig is (grof monisch). In H18 is de fijne fractie lokaal dan weer vrij belangrijk en is de grove fractie ingebed in het fijner materiaal (porfyrisch). De fijne fractie bestaat voornamelijk uit humeus tot monomorfisch fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. In H21 werden ook kiezelwieren aangetroffen. Voorts werden er in H10 nog een aantal skeletten van sponsjes geobserveerd. In H18 werd dan weer een fragment hutteleem aangetroffen.
- H17 en H22 vertonen een granulaire microstructuur. De goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels zitten ingebed in de fijne matrix (porfyrisch). Het fijne materiaal bestaat uit poly- tot monomorfisch fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtfragmenten. Opvallend is de aanwezigheid van organische excrementen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is over het algemeen slecht. In H22 werden ook kiezelwieren geobserveerd.

- H20 bestaat uit goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaulisch). Lokaal merken we echter dat de grove fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Het fijne materiaal bestaat uit polymorfisch tot humeus fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtfragmenten en lichtgele, sterk autofluorescente plantenresten (mogelijk stengels). De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H23 bestaat uit goed getrieerde fijne tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enaulisch). Het fijne materiaal bestaat uit humeus fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. Voorts werden er gesmolten fytolieten geobserveerd, alsook organische excrementen.

Structuur	Sub-unit	ACU_BUL	BLO	BUL_FLA	EIO_ENT	EIO_SIN	EIO_DET/ DEN	TRA	GSSCP	BIL	POL	GRE	RON	TRZ	PAP	other
MAL 4216	B:H1															
	B:H2	?			X		X	X		X			X			
	B:H3	X			X					X			X			
	B:H4				X					X			X	X		X
	B:H5															
	B:H6				X		X				X		X			
	B:H7			X	X		X			X			X			
	B:H8				X	X				X			X	?		
	A:H1															
	A:H2/H5	X		?	X	X	X			X			X	X		
	A:H3				X		X			X			X			
	A:H4	X		X	X		X			X			X	X		
	A:H6				X					X			X			
	A:H7				X					X			X			
	C:H1				X	X				X			X			
	C:H2				X					X			X			
	C:H3	X			X					X		X	X	?		X
	C:H4				X							X	X	X		
	C:H5			X	X					X			X			
	C:H6			X	X					X			X			
	C:H7			X	X								X			
	C:H8	X			X								X			X
	C:H9		X		X					X			X			
C:H10				X								X			X	
C:H11			X	X					X			X				
C:H12									X			X	X			
C:H13			X									X				
C:H14				X								X				
C:H15				X					X							
C:H16			X	X								X				
C:H17				X					X							
C:H18				X										X		
C:H19			X	X					X			X	X			
C:H20			X	X				?				X				
C:H21				X					X		X	X				
C:H22				X								X				
C:H23			X									X				

Tabel 7: structuur MAL 4216: geobserveerde fytolieten.

Structuur	Sub-unit	Kaf (ELO_DET/DEN)	Bladeren (BIL, POL, CRE, TRZ)	Panicoideae (BIL, POL)	Pooideae (CRE, TRZ)
MAL 4216	B:H1				
	B:H2	X	X	X	
	B:H3		X	X	
	B:H4		X	X	X
	B:H5				
	B:H6	X	X	X	
	B:H7	X	X	X	
	B:H8		X	X	?
	A:H1				
	A:H2/H5	X	X	X	X
	A:H3	X	X	X	
	A:H4	X	X	X	X
	A:H6		X	X	
	A:H7		X	X	
	C:H1		X	X	
	C:H2		X	X	
	C:H3		X	X	?
	C:H4		X		X
	C:H5		X	X	
	C:H6		X	X	
	C:H7				
	C:H8				
	C:H9			X	X
C:H10					
C:H11			X	X	
C:H12			X	X	
C:H13					
C:H14					
C:H15					
C:H16					
C:H17					
C:H18			X		
C:H19			X	X	
C:H20					
C:H21			X	X	
C:H22					
C:H23					

Tabel 8: MAL 4216: groepering van de geobserveerde fytiolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.

1.4.3. Discussie

1.4.3.a. Tafonomie van de kuilvulling

De opvulling van structuur MAL 4216 vertoont grote gelijkenissen met die van structuren MAL 2856 en MAL 3665. Opnieuw stellen we een messcherpe grens vast tussen het moedermateriaal en de onderste kuilvulling. De bewaring van de organische resten is echter beduidend minder goed. Enerzijds blijkt dit uit de aanwezigheid van organo-minerale excrementiële aggregaten en open galerijen die wijzen op de aanwezigheid van bodemfauna (Kooistra & Pulleman, 2018), anderzijds door de doorgedreven humificatie van de organische resten. Toch blijken er nog wel een paar autofluorescente cellen en weefselfragmenten bewaard gebleven te zijn.

In het bovenste deel van de bestudeerde kuilvulling (slijpplaatje 4216C), treffen we een betere bewaring van de organische resten aan. Ook hier merken we lokaal nog

autofluorescente cellen en weefselfragmenten. De microgelaagdheid geeft aan dat er van betreding geen sprake is.

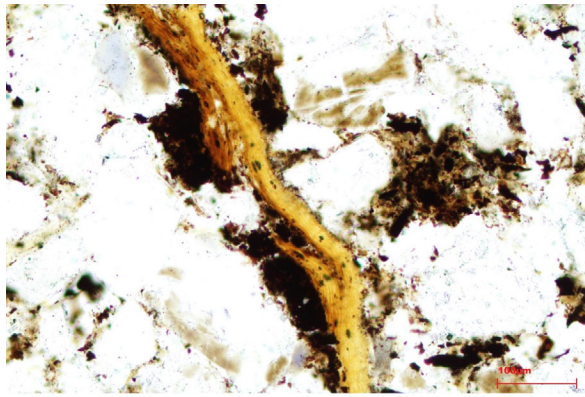
1.4.3.b. Functie van de kuil ?

De micromorfologische studie van deze kuilstructuur geeft aan dat er een duidelijk verschil is tussen de initiële en de latere vulling van de kuil.

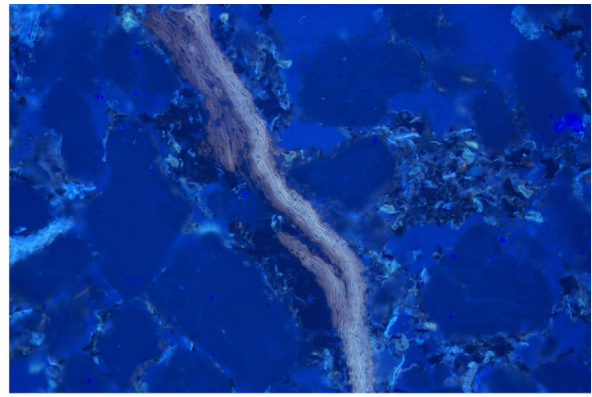
De initiële vulling vertoont duidelijk sporen van intense humificatie. Mogelijk gaat het hier om zandig humeus materiaal dat in de kuil werd gedeponerd en dat gedeeltelijk gehomogeniseerd is geraakt door de activiteit van de mesofauna. Dit zou ook de eerder granulaire microstructuur en de aanwezigheid van de excrementen van bodemfauna verklaren. Toch kan er niet worden uitgesloten dat we te maken hebben met hetzelfde plantmateriaal als in kuilstructuren MAL 2856 en MAL 3665. Dit geldt zeker voor H2 en H5 waar ook grote sclerotia werden aangetroffen die mogelijk op *in situ* decompositie wijzen.

Het bovenste deel toont een duidelijke afwisseling van organische bandjes, waar zowel grote sclerotia als insectenfragmentjes op verrotting van de organische resten wijzen, en zandige bandjes die gezien hun mineralogie en triage waarschijnlijk van lokale origine zijn.

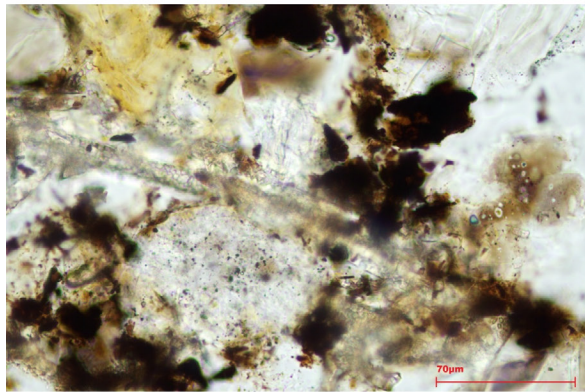
Het lijkt er dus op dat de initiële vulling van de kuil ofwel in omstandigheden gebeurde die een snelle vertering van de organische resten toeliet, of dat het plantmateriaal reeds sterk gehumificeerd was toen het in de kuil terechtkwam. In een tweede fase merken we een snelle opeenvolging van plantenresten die *in situ* zijn verrot en zandige laagjes.



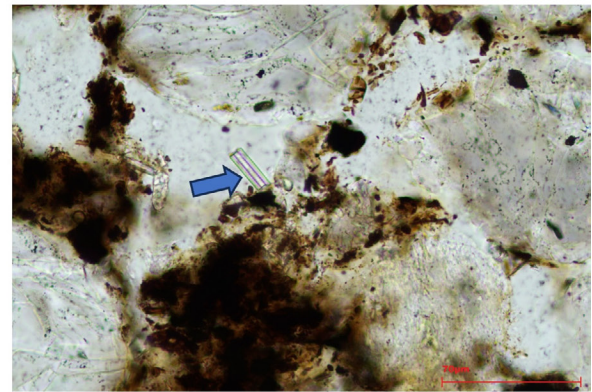
A



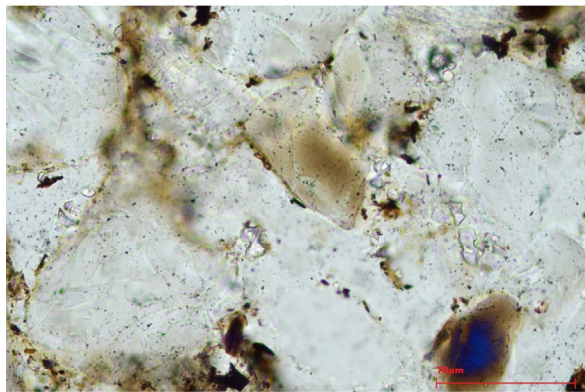
B



C



D



E

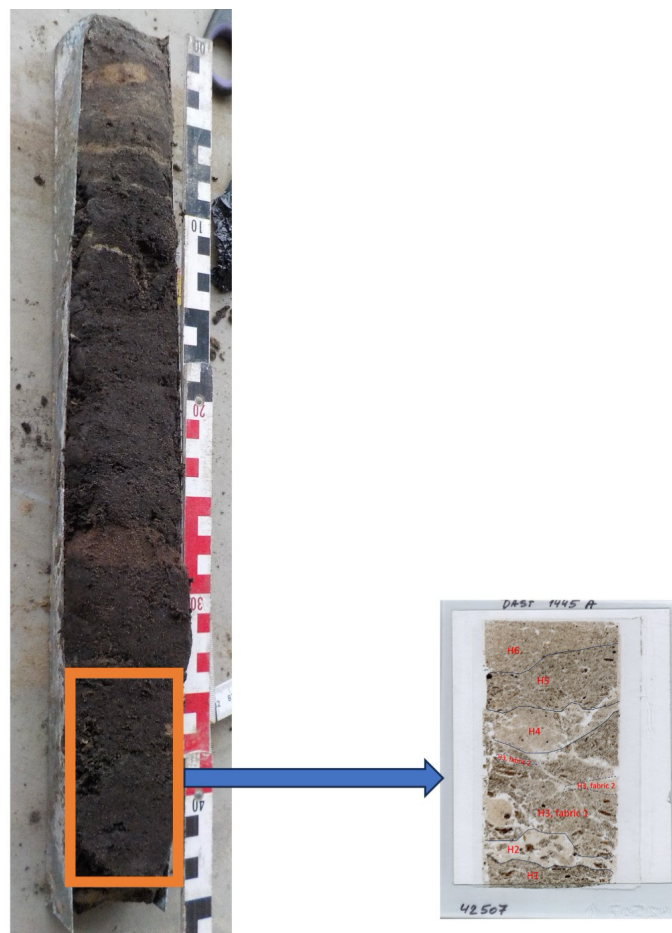
Figuur 12: A-B: A-H2: fel fluorescente gele halfvergane plantenstengel; A: (PPL); B: (fluo UV); C: A-H7: gearticuleerde fytolieten (PPL); D: A-H2: blauwe pijl: skelet van een sponsje (PPL); E: A-H2: cluster van goed tot perfect zichtbare fytolieten (PPL).

2. Damme - Stakendijke

2.1. Structuur DAST 1445



Figuur 13: Foto structuur DAST 1445.



Figuur 14: locatie onderzocht micromorfologisch staal met scan van het slijpplaatje.

2.1.1. De kuilvulling

De microscopische studie toont dat het onderste deel van de kuilvulling bestaat uit een reeks verschillende opvulingslaagjes:

Subunit H1 wordt gekarakteriseerd door een plaatvormige tot subhoekige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit goed getrieerde medium zand kwartskorrels. Deze unit wordt voorts gekenmerkt door de alomtegenwoordigheid van organische resten: het gaat hierbij zowel om houtfragmenten, zaden, kafresten (fig. 15D), bladeren (fig. 15E), als fijn organisch materiaal. Dit fijne materiaal bevindt zich zowel rond als tussen de grovere korrels (chito-enualisch). Fytolieten werden zowel in anatomische positie (gearticuleerd) als in clusters en geïsoleerd aangetroffen. Hun zichtbaarheid varieert van goed tot slecht. Sommige gearticuleerde systemen werden nog omringd door vegetale weefsels. Opvallend is ook de aanwezigheid van uitwerpselen van herbivoren in deze unit (figs. 15A-C). Tot slot vermelden we ook nog de aanwezigheid van organische excrementen van bodemfauna en kiezelwieren.

H2 vertoont een enkelgranige microstructuur en wordt gekenmerkt door zijn heterogeen karakter, met zowel organische aggregaten als zandige kluiten. De grove minerale fractie bestaat hier voornamelijk uit gematigd tot goed getrieerd fijn tot medium kwartszandkorrels.

Tussen de zandige kluiten treffen we veenfragmenten en mogelijk ook herbivore coprolietfragmenten aan. Andere organische resten zijn houtsnippers, zaadjes en fijn polymorfo tot monomorf fijn organisch materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. Ook hier hebben we kiezelwieren aangetroffen.

H3, fabric 1 vertoont een eerder granulaire microstructuur. De grove minerale fractie bestaat opnieuw voornamelijk uit gematigd tot goed getrieerd fijn tot medium kwartszandkorrels. Deze unit is opnieuw rijk aan organische resten. Het gaat hier zowel om veenfragmenten, als hout, twijgjes, zaadjes, wortels, alsook fijn organisch materiaal. Dit fijne materiaal bevindt zich zowel rond als tussen de grovere korrels (chito-enualisch). De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. Opnieuw hebben we kiezelwieren aangetroffen (fig. 15F).

H3, fabric 2 en H4 vertonen een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat ook hier voornamelijk uit gematigd tot goed getrieerd fijn tot medium kwartszandkorrels. Het fijne materiaal bevindt zich zowel als bruggetjes tussen de grovere fractie, alswel als rond de rond grovere korrels (chito-gefuric). Het bestaat uit monomorf organisch materiaal. Deze horizont bevat beduidend minder fytolieten. Deze zijn dan ook voornamelijk geïsoleerd. Wel hebben we skeletjes van sponsjes aangetroffen en een enkele diatomee.

H5 vertoont een eerder granulaire microstructuur. De grove minerale fractie bestaat hier uit goed getrieerd medium kwartszandkorrels. Deze unit is opnieuw zeer rijk aan organische resten. Zowel bladeren, twijgjes, houtfragmenten, wortels zaadjes, kaf, weefselfragmenten als fijn organisch materiaal werden geobserveerd. Dit fijne materiaal bevindt zich zowel rond als tussen de grovere korrels (chito-enualisch). De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. Kiezelwieren waren ook in deze unit aanwezig. We observeerden ook de aanwezigheid van een excrement van een herbivoor (mogelijk schaap/geit).

H6 vertoont een eerder subhoekige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat ook hier uit goed getrieerd medium kwartszandkorrels. Ook deze unit is eerder rijk aan organische resten. Zowel bladeren, zaadjes, plantweefselfragmenten en fijn organisch

materiaal werden geobserveerd. Het fijne materiaal bevindt zich zowel in aggregaatjes, rond als in bruggetjes tussen de grove fractie (chito-gefurisch tot chito-enuilisch). De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. Kiezelscherven waren ook in deze unit aanwezig.

Structuur	Sub-unit	ACU_BUL	BLO	BUL_FLA	ELO_ENT	ELO_SIN	ELO_DET/ DEN	TRA	GSSCP	BIL	POL	CRE	RON	TRZ	PAP	other
DAST 1445	A:H1	X		X	X		X		X	X			X			ACI
	A:H2	X			X					X		X	X	X		
	A:H3, f1				X	X	X	?		X			X			
	A:H4								X							
	A:H5	X		X	X		X	X	X	X		X	X	?	?	
	A:H6				X		X		X	X		?	X			

Tabel 9: structuur DAST 1445: geobserveerde fytolieten.

Structuur	Sub-unit	Kaf (ELO_DET/DEN)	Bladeren (BIL, POL, CRE, TRZ)	Panicoideae (BIL, POL)	Pooideae (CRE, TRZ)
DAST 1445	A:H1	X	X	X	
	A:H2		X	X	X
	A:H3, f1	X	X	X	
	A:H4				
	A:H5	X	X	X	X
	A:H6	X	X	X	?

Tabel 10: DAST 1445: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.

2.1.2. Discussie

2.1.2.a. Tafonomie van de kuilvulling

De bewaringstoestand van de organische resten is eerder goed te noemen. Hoewel ze sporen van verbruining tonen zijn vele resten nog herkenbaar. Zo treffen we houtresten, zaden, bladeren en kafresten aan.

Een uitzondering is H4. Hier is het organische materiaal duidelijk sterk gehumificeerd en kunnen de plantenresten niet langer herkend worden. De goede bewaring blijkt ook uit de aanwezigheid van veenresten en coprolieten van herbivoren.

De bewaring van de coprolieten geeft ook aan dat vermenging door bioturbatie eigenlijk minimaal is. Dit blijkt trouwens ook uit het zeer heterogene karakter van H2.

2.1.2.b. Functie van de kuil ?

De vulling van deze kuil verschilt grondig van de overige bestudeerde structuren op de sites van Maldegem-Ringvaart en Damme-Stakendijke.

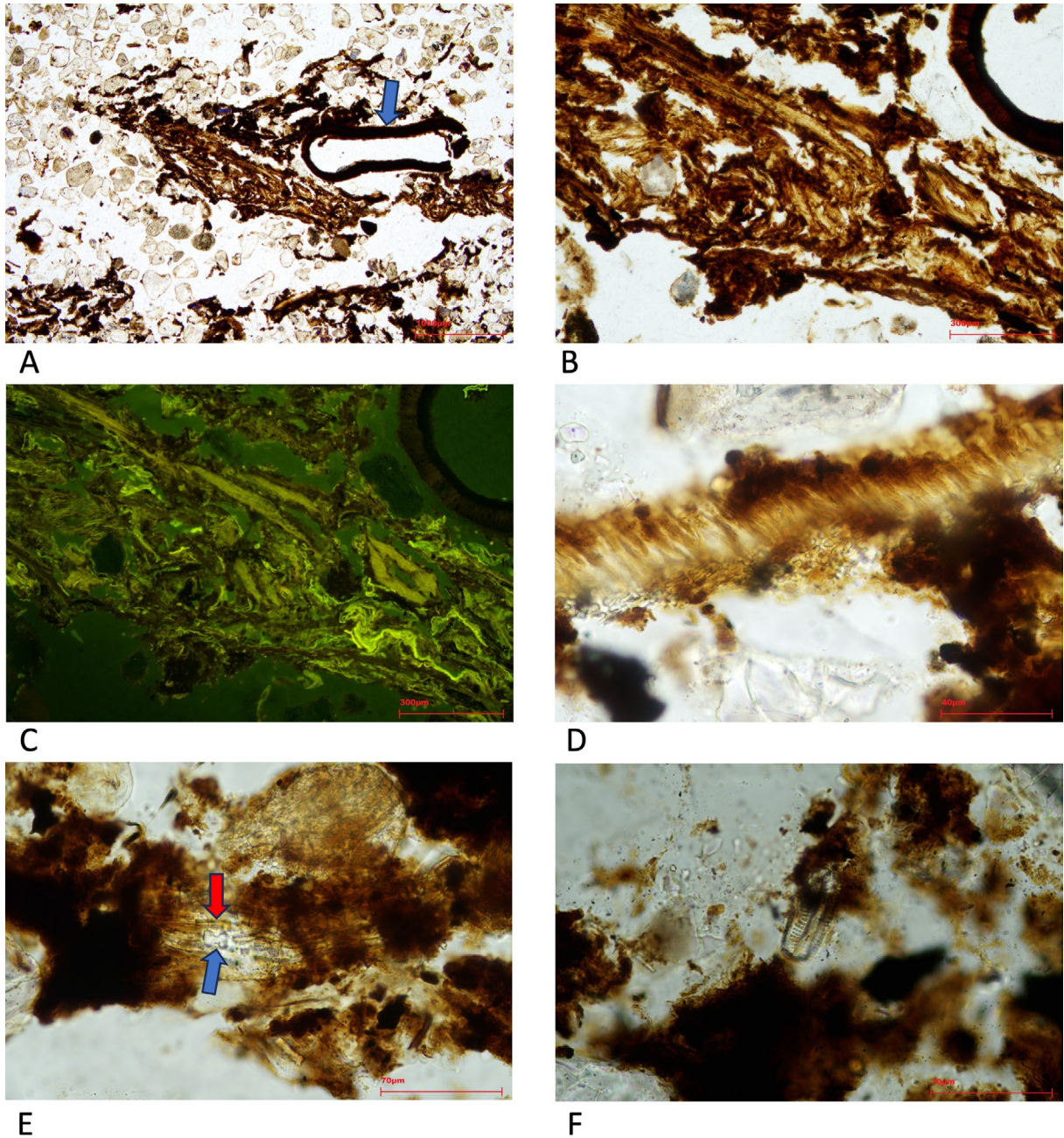
Hier treffen we geen accumulatie van autofluorescente stengels aan vermengd met sterk gehumificeerde resten, maar wel heel wat vrij goed bewaarde plantenfragmenten. Zoals vermeld gaat het hier zowel om kafresten van graangewassen, als bladeren, zaden en houtsnippers. Ook treffen we in deze vulling meerdere coprolieten van herbivoren aan (Brönnimann et al., 2017).

De afwezigheid van huishoudelijke afval- en of bouwresten, op wat houtskoolfragmentjes na, geeft duidelijk aan dat de **hypothese van een afvalkuil kan verworpen worden**. De afwezigheid van een vette kleilaag en fosfaatrijke uitwerpselen van omnivoren/carnivoren maakt ook hier de **hypothese van het mogelijk gebruik van deze structuur als vollerskuil of rootputten onwaarschijnlijk**.

De fytolieten geven voor deze kuilvulling duidelijk aan dat er kafresten van graangewassen aanwezig zijn. Deze treffen we zowel in de coprolieten zelf als in de omringende matrix aan. Een gedetailleerde studie van de fytolieten in de uitwerpselen kan verder helpen het dieet van de dieren te gaan bepalen (zie bvb. [Devos & Vrydaghs, 2023](#)). Wanneer we naar het spectrum van de geobserveerde fytolieten kijken, merken we dat ook hier zowel Pooideae als Panicoideae aanwezig zijn. Opnieuw valt het aan te raden om een gedetailleerde studie van de fytolieten (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) uit te voeren om deze eerste observaties te vervolledigen.

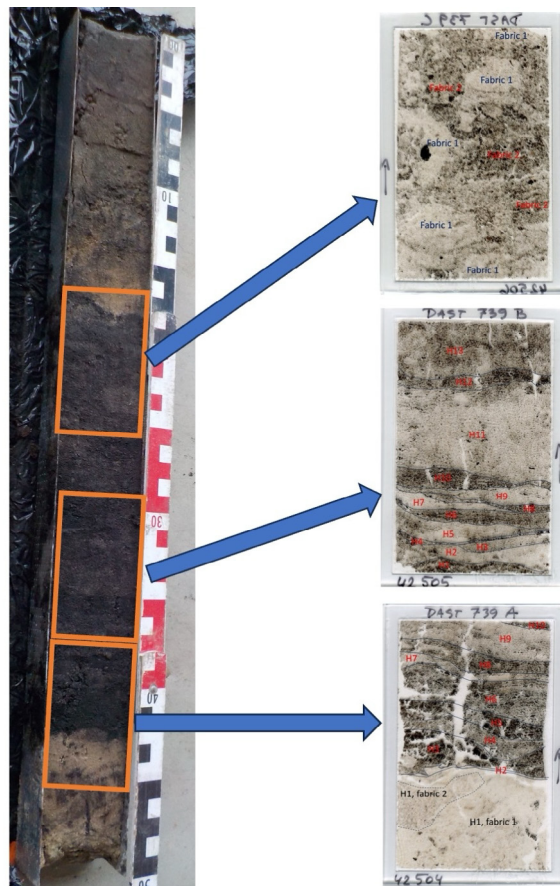
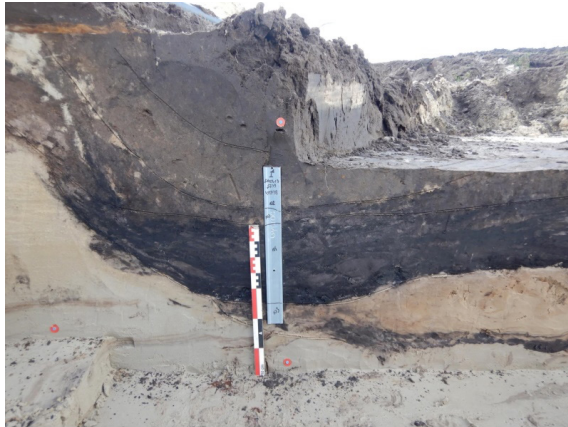
Door de aanwezigheid van de talrijke kaffragmente, samen met de uitwerpselen van herbivoren, lijkt de **hypothese van een mestkuil vrij aannemelijk**. Het lijkt er ook op dat deze kuil een aantal keer is geledigd, waarbij zandige fragmentjes van de omringende bodem/wand in de kuil zijn terechtgekomen. Dit verklaart ook meteen het heterogene karakter van H2 waar we zowel plantenfragmenten, coprolieten als zandige aggregaten aantreffen. Een tweede uitgraving lijkt te hebben plaatsgevonden ter hoogte van H4. Bovenop de uitgravingen merken we dan de aanwezigheid van nieuwe pakketten die rijk zijn aan plantenresten en coprolieten.

Het lijkt er dus op dat de initiële vulling van de kuil getuigt van de opvulling met dierlijk (herbivoor) mest, en dat er verschillende uitgravingen hebben plaatsgevonden.



Figuur 15: A: A-H1: herbivoor coproliet. De pijl geeft de aanwezigheid van een zaadje aan. B-C: detail van de coproliet; B: (PPL); C: (fluo blauw); D: A-H1: kafresten. Let op de aanwezigheid van gearticuleerde ELONGATE DENTATE/DENDRITIC fytolieten in het kaffragmentje (PPL); E: A-H1: gearticuleerde fytolieten omhuld door plantenweefsel van een blad. Let op de aanwezigheid van verschillende morfotypes: BILOBATE (blauwe pijl) en ELONGATE ENTIRE (rode pijl)(PPL); F: A-H3,f1: kiezelwier (PPL).

2.2. Structuur DAST 739



Figuur 16: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijplaatjes.

2.2.1. Het materiaal waarin de kuil werd uitgegraven

Het materiaal (H1, fabric 1) waarin de kuil werd uitgegraven bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Het gaat hoofdzakelijk om kwarts, hoewel ook geoxideerd glauconiet werd geobserveerd. Een fijne fractie (<5 µm) is zo goed als afwezig (grof monisch). Lokaal werden sporen van bioturbatie (inclusief wortelgangen) aangetroffen (H1, fabric 2): deze biogallerijen zijn rijker aan fijn organisch materiaal.

2.2.2. De kuilvulling

De microscomorfologische studie laat toe om de onderste organische vulling verder op te delen in een aantal subunits.

Voor DAST 739A werden volgende sub-units herkend:

- H2 wordt gekenmerkt door een vrij massieve microstructuur. De grove fractie bestaat uit lemig quartz en mica, met lokaal fijn tot medium zand kwartskorrels (figs. 17A-B). Deze grove fractie zit ingebed in de fijne matrix (porfyrisch). De zichtbaarheid van de geïsoleerde, geclusterde en gearticuleerde fytolieten is slecht. Voorts werden ook skeletten van sponsjes aangetroffen.
- H3 vertoont een granulaire tot subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat hier uit goed getrieerd fijn tot medium zandkwartskorrels. Dit grove materiaal zit ingebed in een fijne matrix die hoofdzakelijk bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn plant- en insectfragmenten, alsook birefringente ringetjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is slecht.
- H4 wordt gekenmerkt door goed getrieerd fijn tot medium zandkorrels. Deze korrels bestaan bijna exclusief uit kwarts. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal is de grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Het gaat voornamelijk om monomorfe fijne organische resten. Andere organische resten die werden geobserveerd zijn plantenfragmenten (figs. 17E-F), grote sclerotia, hyfen van schimmels, mogelijk kleine veenfragmentjes en lichtgele sterk fluorescente plantenresten (figs. 17C-D). De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. Voorts werden ook een aantal organische excrementen aangetroffen.
- H5 vertoont een granulaire tot subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat hier uit goed getrieerd fijn tot medium zandkwartskorrels. Dit grove materiaal zit ingebed in een fijne matrix die hoofdzakelijk bestaat uit polymorf tot monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn plant- en houtfragmenten en grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten is slecht.
- H6 vertoont eveneens een granulaire tot subhoekige microstructuur. De grove fractie bestaat hier uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zandkwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal is de grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). De fijne matrix bestaat hoofdzakelijk uit polymorf tot monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn plant- en houtfragmenten en lichtgele sterk fluorescente plantenresten. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten is slecht.
- H7 wordt gekenmerkt door een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie wordt gekenmerkt door goed getrieerde fijn tot medium zandkwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Dit fijne materiaal bestaat vooral uit fijn organische

materiaal. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten en skeletten van sponsjes varieert van goed tot slecht.

- H8 wordt gekarakteriseerd door een granulaire microstructuur. De grove minerale fractie wordt gekenmerkt door goed getrieerde fijn tot medium zandkwartskorrels. Dit grove materiaal zit ingebed in een fijne matrix die hoofdzakelijk bestaat uit polymorf tot monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtsnippers en grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en gearticuleerde fytolieten varieert van matig tot slecht. We noteerden ook de aanwezigheid van skeletten van sponsjes.
- H9 wordt gekenmerkt door een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie wordt gekenmerkt door goed getrieerde fijn tot medium zandkwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal is de grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat vooral uit fijn organisch materiaal. Andere organische resten die werden aangetroffen zijn plantframgenten, stengels, wortels en birefringente ringetjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- De grove minerale fractie van H10 wordt gekenmerkt door goed getrieerde fijn tot medium zandkwartskorrels. Deze grove minerale fractie ligt ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch), dat vooral bestaat uit polymorf tot monomorf organisch materiaal. Overige organische resten zijn halfvergane en lichtgele sterk fluorescente plantenresten. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten en skeletten van sponsjes is eerder slecht.

Voor DAST 739B betreft het volgende sub-units:

- De grove minerale fractie van H1 wordt gekarakteriseerd door goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom de grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal is de grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch), dat vooral bestaat uit polymorf tot monomorf organisch materiaal. Andere organische resten zijn halfvergane plantfragmenten, birefringente ringetjes, insectenfragmenten en grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is eerder slecht.
- H2 is gekenmerkt door een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enualisch). De organische fractie bestaat vooral uit fijn organisch materiaal en wat oranjekleurige plantenresten. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten en skeletten van sponsjes varieert van goed tot slecht.
- H3 vertoont eveneens een enkelgranige microstructuur. Ook hier bestaat de grove minerale fractie uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enualisch). Dit bestaat vooral uit fijn organisch materiaal dat lokaal monomorf is. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H4 wordt gekenmerkt door een massieve tot subhoekige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit matig getrieerde zeer fijne tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat voornamelijk uit monomorf, lokaal polymorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn halfvergane plantfragmenten,

grote sclerotia en birefringente ringetjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten en diatomeeën is eerder slecht.

- H5, H7 en H11 zijn gekenmerkt door een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal, vooral fijn organisch materiaal, bevindt zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enualisch). De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. In H7 en H11 werden ook een aantal wortels aangetroffen. Voorts werden in H11 ook birefringente ringetjes geobserveerd.
- H6 vertoont een subhoekige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat voornamelijk uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn halfvergane plantfragmenten en birefringente ringetjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten en diatomeeën is eerder slecht.
- De grove minerale fractie van H8 bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat voornamelijk uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn stengels, lichtgele, sterk autofluorescente plantenresten en pollen/sporen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten en skeletten van sponsjes is eerder slecht.
- H9 vertoont een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal is deze grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). De organische fractie bestaat vooral uit fijn organisch materiaal, lichtgele, sterk autofluorescente plantenresten, houtfragmenten en wortels. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- H10 vertoont een subhoekige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Deze grove fractie is ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). Deze fijne fractie bestaat voornamelijk uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn halfvergane plantfragmenten en birefringente ringetjes. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten is eerder slecht.
- H12 wordt gekenmerkt door een hoekige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels en is ingebed in het fijne monomorfe tot lokaal polymorfe organische materiaal (porfyrisch). andere organische resten zijn grote sclerotia, birefringente ringetjes, lichtgele, sterk autofluorescente plantenresten, halfvergane plantenresten, waaronder mogelijk bladeren en pollen/sporen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde fytolieten is eerder slecht.
- H13 vertoont een gang microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enualisch). Lokaal is deze grove fractie echter ingebed in het fijne materiaal (porfyrisch). de fijne fractie bestaat vooral uit fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn houtsnippers, birefringente ringetjes en pollen/sporen. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht. In deze unit werden ook organische excrementiële aggregaten van bodemfauna aangetroffen.

Voor DAST 739C werden tenslotte twee ‘fabrics’ onderscheiden:

- Fabric 1 vertoont een enkelgranige microstructuur. De grove minerale fractie bestaat uit matig tot goed getrieerd fijn tot medium zand kwartskorrels. Het fijne materiaal bevindt zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enaulisch). De organische fractie bestaat vooral uit fijn organisch materiaal en wortels. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en geclusterde fytolieten varieert van goed tot slecht.
- Fabric 2 wordt gekarakteriseerd door een granulaire tot subhoekige microstructuur. De grove minerale fractie wordt gekenmerkt door matig tot goed getrieerde fijn tot medium zandkwartskorrels. Dit grove materiaal zit ingebed in een fijne matrix (porfyrisch). Lokaal bevindt het fijne materiaal zich tussen en rondom deze grovere fractie (chito-enaulisch). Deze fijne fractie bestaat hoofdzakelijk bestaat uit monomorf fijn organisch materiaal. Andere organische resten zijn birefringente ringetjes en grote sclerotia. De zichtbaarheid van de geïsoleerde en gearticuleerde fytolieten varieert van goed tot slecht. We noteerden ook de aanwezigheid van kiezelwieren. In deze fabric werden ook organo-minerale excrementiële aggregaten van bodemfauna aangetroffen.

Structuur	Sub-unit	ACU_BUL	BLO	BUL_FLA	ELO_ENT	ELO_SIN	ELO_DET/ DEN	TRA	GSSCP	BIL	POL	CRE	RON	TRZ	PAP	other
DAST 739	A:H1				X		X		X				X	X		
	A:H2				X	X				X			X			
	A:H3		X		X				X	X						
	A:H4			?					X				X			
	A:H5			?	X				X						?	
	A:H6				X								X			
	A:H7				X				X							
	A:H8		X		X				X	X			X			
	A:H9	X			X				X	X			X			
	A:H10			X					X	X			X			
	B:H1				X				X	X			X			
	B:H2				X	?			X	X			X	?		
	B:H3		X	X	X				X	X			X			
	B:H4								X	X						
	B:H5				X				X				X			
	B:H6			X	X				X	X			?			
	B:H7				X					X			X			
	B:H8			X					X	X						
	B:H9				X				X	X			X			
	B:H10	X			X					X			X			
	B:H11				X				X				X			
	B:H12			X	X				X				X			
	B:H13			X	X				X	X			X			
	C:f1				X				X	X			X			
	C:f2		X		X			X		X	X					

Tabel 11: structuur DAST 739: geobserveerde fytolieten.

Structuur	Sub-unit	Kaf (ELO_DET/DEN)	Bladeren (BIL, POL, CRE, TRZ)	Panicoideae (BIL, POL)	Pooideae (CRE, TRZ)	
DAST 739	A:H1	X	X		X	
	A:H2		X	X		
	A:H3		X	X		
	A:H4					
	A:H5					
	A:H6					
	A:H7					
	A:H8			X	X	
	A:H9			X	X	
	A:H10			X	X	
	B:H1			X	X	
	B:H2			X	X	?
	B:H3			X	X	
	B:H4			X	X	
	B:H5					
	B:H6			X	X	
	B:H7			X	X	
	B:H8			X	X	
	B:H9			X	X	
	B:H10			X	X	
	B:H11					
	B:H12					
	B:H13			X	X	
C:f1			X	X		
C:f2		X	X	X		

Tabel 12: DAST 739: groepering van de geobserveerde fytoieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.

2.2.3. Discussie

2.2.3.a. Realisatie kuil/tafonomie

Deze kuil lijkt te zijn uitgegraven in een reeds bestaande structuur. Deze structuur is ten dele opgevuld met zanden waar de glauconiet typisch geoxideerd is en een oranje-rode kleur vertoont. Zo'n rode/donkere verkleuring kan verband houden met de verwerking van het glauconiet, maar in de huidige context is het waarschijnlijker dat het verband houdt met de verhitting van de bodem. Experimenteel onderzoek heeft aangetoond dat een dergelijke verkleuring in een bodem kan optreden wanneer temperaturen van meer dan 400-600°C worden bereikt gedurende ten minste 2 uur (zie [Haaland et al. 2017](#))². De onderste kuilvulling (739C, H2) bestaat uit merkbaar fijner materiaal dan de overige vullingslagen en de omringende bodem. Dit wijst erop dat de onderste vulling het resultaat is van het decanteren van sedimenten.

De bovenliggende vullingen tonen een eerder matige bewaring van de organische resten.

2.2.3.b. Functie van de kuil ?

Wanneer we naar de primaire functie van deze kuil gaan kijken dan merken we dat er sporen zijn van decantatie van sedimenten, zoals wordt aangetoond door de

² De experimentele gegevens weerspiegelen ideale laboratoriumomstandigheden, waarbij de meeste parameters onder controle zijn. In werkelijkheid kunnen veel verschillende factoren de neerwaartse overdracht van warmte beïnvloeden, zoals bodemvocht, porositeit/verdichting, organisch stofgehalte, ... (zie [Aldeias et al., 2016](#)).

aanwezigheid van een fijne unit die gedomineerd wordt door fijnere sedimenten (zie hoger). Dit is de enige kuilstructuur waar dit is waargenomen. Dit kan er mogelijk op wijzen dat er water heeft gestaan in de bodem van de kuil.

De verdere organische opvulling van de kuil vertoont grote gelijkenissen met de opvulling van de kuilen op het site van Maldegem-Ringvaart.

De aanwezigheid van horizontale continue lensjes toont opnieuw duidelijk de afwezigheid van betreding aan. Voorts werden ook hier geen significante fosfaataccumulaties (zoals fosfaatnodules, -invullingen of vivianietkristallen) aangetroffen die zouden kunnen wijzen op het toevoegen van urine en/of uitwerpselen. Het donkere vettige pakket dat onderaan de kuil werd aangetroffen bestaat eens te meer uit een accumulatie van halfvergane en gehumifieerde plantenresten en dus niet uit vettige klei. Deze plantenresten lijken voornamelijk uit halfvergane plantenresten te bestaan, en houtresten lijken eerder sporadisch aanwezig te zijn.

Op basis van al deze argumenten dient dan ook hier de hypothese van het mogelijk gebruik van deze structuur als rootput of vollerskuil verworpen te worden.

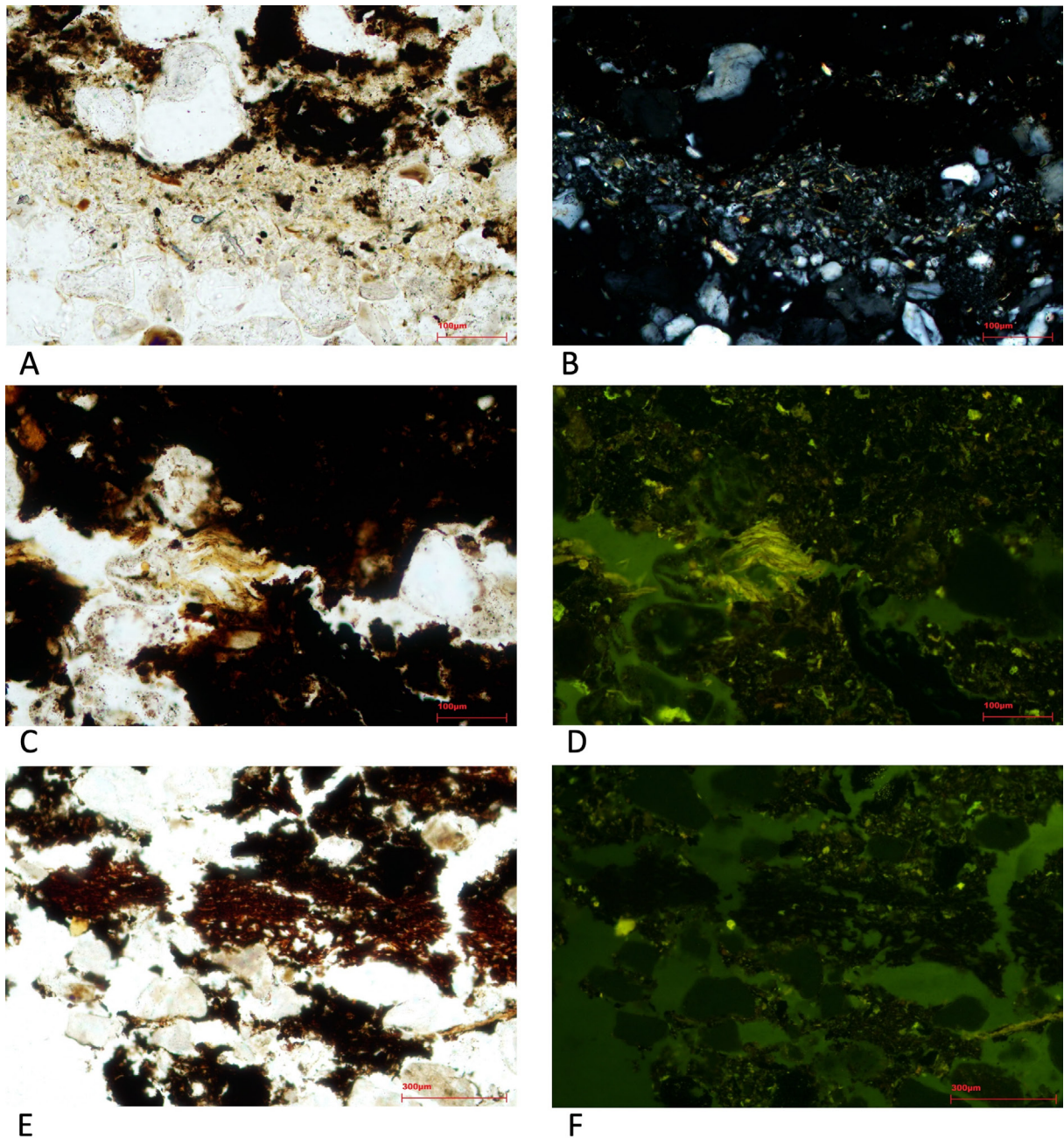
Voorts zijn er behalve wat houtskoolfragmentjes geen verdere afvalresten aangetroffen, **wat toelaat om ook de hypothese van een afvalkuil te verwerpen.** De afwezigheid van sporen van uitwerpselen en fosfaataccumulaties maakt **ook de hypothese van een mestkuil zeer onwaarschijnlijk.**

Net zoals in structuur MAL3665 treffen we ook hier een aantal dense pakketten van autofluorescente stengels aan die ingebed liggen in humeus materiaal. Deze worden afgewisseld met zandige humeuze laagjes, waarvan de triage en mineralogie van deze zanden geeft aan dat het ook hier om lokaal materiaal gaat.

Het lijkt er dus op dat er ook in deze kuil plantmateriaal (vooral stengels) werd gelegd dat men dan verder liet rotten. Ook in deze kuilvulling treffen we fytolieten van grassen aan. Het lijkt vooral te gaan om resten van bladeren. We zien wel dat deze fytolieten voornamelijk in geïsoleerd of in clusters voorkomen. Rekening houdend met de eerder beperkte bioturbatie, kunnen we stellen dat het plantmateriaal waar de fytolieten van afkomstig zijn reeds vergaan was vooraleer de fytolieten in de kuil zijn terechtgekomen. De eerste observaties geven ook aan dat het hier vooral om Panicoideae lijkt te gaan. Een diepgaandere fytolietenstudie (idealiter combinatie bulk en slijpplaatjes) is echter noodzakelijk om tot een meer gedetailleerd beeld te komen.

Bovenaan de organische vulling (739C) merken we wel een ander patroon: hier lijkt het alsof humeuze en zandige aggregaten door elkaar gemengd zijn. Het heterogene karakter maakt echter duidelijk dat het hier niet om bioturbatie lijkt te gaan.

Deze kuil werd uitgegraven in een reeds bestaande structuur. Ook hier lijkt het erop dat er plantmateriaal in de kuil werden gelegd dat men verder liet rotten. Dit plantmateriaal was vermengd met reeds vergane bladresten van grassen van (waarschijnlijk vooral) Panicoideae. In deze kuil merken we onderaan ook sporen van decantatie van sedimenten.



Figuur 17: A-B: unit A-H2 vertoont duidelijk een fijnere textuur ten opzichte van onderliggende en bovenliggende lagen. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het decanteren van sedimenten. We merken ook een vrij hoge concentratie aan mica; A: (PPL); B: (XPL); C-D: A-H4: fel fluorescente plantenweefsel ten midden van sterk vergane organische resten; C: (PPL); D: (fluo blauw); E-F: A-H4: sterk vergane plantenfragmenten. Deze resten tonen dan ook geen fluorescentie meer; E: (PPL); F: (fluo blauw).

Conclusies en perspectieven

Volgende onderzoeksvragen werden gesteld bij het uitvoeren van de micromorfologische studie :

- *In welke mate kan de vullingsgeschiedenis van de kuilen gereconstrueerd worden (tafonomie)?*

De micromorfologische studie laat toe om op zeer gedetailleerde wijze de vullingsgeschiedenis van elke kuil te reconstrueren. Hierbij wordt niet alleen de vulling bestudeerd maar ook de wijze waarop deze heeft plaatsgevonden.

- *Kan de micromorfologische studie ons iets vertellen over de functie van deze kuilen?*
Het antwoord hierop is positief. Enerzijds konden een hele reeks voorgestelde hypothesen verworpen worden op basis van de micromorfologische observaties. Anderzijds was het mogelijk om voor een verklaring van de initiële organische vulling van de individuele kuilen te komen, met uitzondering van kuil MAL 4216 waar de bewaring van organische resten onvoldoende was.

- Voor structuren MAL 3665, MAL 2856 en DAST 739 kunnen we stellen dat in de uitgegraven kuil plantenresten (stengels) te rotten gelegd werden. Wat structuur MAL 648 betreft, waar de bewaring van de organische resten minder goed was, lijkt het er toch ook op dat ook deze kuil initieel eenzelfde functie had.
- De vulling van structuur DAST 1445 vertelt een ander verhaal. Hier gaat het mogelijk om een mestkuil.

- *Hoe goed zijn de verschillende types van resten die werden aangetroffen bewaard?*

Ook hier laat de micromorfologische studie toe om de bewaring van de verschillende types resten op gedetailleerde manier te gaan evalueren. Zo zijn er duidelijke verschillen in de bewaring van de organische resten aangetroffen tussen de verschillende kuilen, maar ook binnen de verschillende lagen binnen een enkele kuil. Tot slot was het ook mogelijk om binnen eenzelfde laag verschillen in bewaring van de organische resten te bestuderen. Dit laatste is belangrijk omdat hierdoor verschillende origines van het aangevoerde materiaal kunnen achterhaald worden (bvb. reeds gehumifieerde planten resten en vers aangevoerd plantmateriaal).

De micromorfologische studie laat niet alleen toe om de bewaring te evalueren, maar ook om de agenten die verantwoordelijk zijn voor een verminderde bewaring te gaan identificeren. Waar de onderste lagen, waar de bewaring over het algemeen beter lijkt te zijn, vooral door schimmels zijn aangetast, merken we hoger in de sequentie ook afbraak van het organisch materiaal door bodemfauna. Dit uit zich met name in de aanwezigheid van organische en organo-minerale excrementen.

- *Zijn er gelijkenissen/verschillen tussen de verschillende structuren ?*

De micromorfologische studie toont aan dat er gelijkenissen zijn qua functie tussen structuren MAL 3665, MAL 2856 en DAST 739. Binnen deze kuilen merken we echter ook verschillen op, zowel naar bewaring als naar vullingswijze. Zo merken we bij structuur DAST 739 sporen van decantatie wat aangeeft dat er op een bepaald moment water in de kuil heeft gestaan. Dit is niet het geval bij de andere kuilen.

Structuur DAST 1445 verschilt echter grondig van de overige kuilen, zowel naar functie – het gaat hier mogelijk om een mestkuil – als naar vulling, met de aanwezigheid van talrijke kafresten en herbivore uitwerpselen.

In conclusie kunnen we dus stellen dat de micromorfologische studie toelaat om tot een beter begrip te komen van de wijze waarop de kuilen werden gevuld, de tafonomische processen (inclusief de bewaring van de organische resten), als de identificatie van de verschillende (microscopische) componenten die aanwezig zijn in de vulling. De studie van een aantal kuilen van de sites van Damme-Stakendijke en Maldegem-Ringvaart toont duidelijk aan dat, hoewel deze structuren macroscopisch een aantal overeenkomsten vertonen (met name de zeer donkere onderste vulling), deze toch een verschillende functie en vullingsgeschiedenis kennen. Dit impliceert dus dat veralgemeningen naar functie en vullingsgeschiedenis van deze kuilen vooralsnog niet mogelijk zijn. Er is dus meer onderzoek nodig om tot een gedetailleerde typologie te komen van de kuilen. Het micromorfologisch onderzoek kan hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn om verschillen/gelijkenissen die met het blote oog niet waarneembaar zijn, maar cruciaal om de functie/vullingsgeschiedenis van de kuil te begrijpen alsnog te documenteren.

Aanbevelingen voor een specifieke bemonstering : een specifieke bemonstering voor bodemmorfologie wordt aanbevolen. Dit helpt om slijpplaatjes van hoge kwaliteit te realiseren. Hoewel de bemonstering met lange metalen kolommen in zandgebieden een snelle oplossing lijkt, brengt dit in werkelijkheid vervelende tijdrovende extra stappen met zich mee. Rekening houdend met hun lengte (ca. 50 cm), is submonsternamen nodig om de blokken goed te impregneren. Het bemonsteren van zo'n metalen kolom met een blok vrij los zand is een moeilijke en gevaarlijke taak gebleken, die onvermijdelijk leidt tot het verlies van een deel van de bodemsequentie. Daarom wordt aanbevolen om traditionele blokmonsters van 6x8 cm of 10x8 cm (voor mammoetmonsters) te nemen (zie fig. 16). Geschikte stevige plastic dozen zijn gemakkelijk te vinden. Ook op deze blokstalen kunnen – vooraleer deze geïmpregneerd worden – nog steeds substalen voor andere disciplines genomen worden.



Figuur 18: voorbeelden van bemonstering voor micromorfologie. a: standaard blok monster (6x8cm); b: mammoet blok (10x8cm).

Bibliografie

Aldeias, V., Dibble, H.L., Sandgathe, D., Goldberg, P. & McPherron, S.J.P., 2016. How heat alters underlying deposits and implications for archaeological fire features: A controlled experiment. *Journal of Archaeological Science*, 67, 64-79.

Arpin, T.L., Mallol, C. & Goldberg, P., 2002. A New Method of Analyzing and Documenting Micromorphological Thin Sections Using Flatbed Scanners: Applications in geoarchaeological Studies. *Geoarchaeology*, 17, 3: 305-313.

Babel, U., 1975. Micromorphology of Soil Organic Matter. In: Gieseking, J.E. (Ed.), *Soil Components. Volume 1. Organic Components*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 369-473.

Brönnimann, D., Ismaël-Meyer, K., Rentzel, P., Pümpin, C. & Lisa, L., 2017. Excrements of herbivores. In: Nicosia, C. & Stoops, G. (Eds.), *Archaeological Soil and Sediments Micromorphology*. Wiley, Oxford, pp. 55-65.

Devos, Y. & Vrydaghs, L., 2023. Looking at phytoliths in Archaeological Soil and Sediment Thin Sections. *Environmental Archaeology*.

<https://doi.org/10.1080/14614103.2023.2234155>

Fechner, K., Devos, Y. & Langohr, R., 2004. Archaeopedological checklists. Proposal for a simplified version for the routine archaeological record in Holocene rural and urban sites of North-West Europe. In: Carver, G. (Ed.), *Digging in the dirt: Excavations in an new millennium*. John and Erica Hedges Ltd., Oxford, pp. 240-256. (=BAR International Series 1256).

Haaland, M.M., Friesem, D.E., Miller, C.E., Henshilwood, C.S., 2017. Heat-induced alteration of glauconitic mineral in the Middle Stone Age levels of Blombos Cave, South Africa: Implications for evaluating site structure and burning events. *Journal of Archaeological Science*, 86, 81-100.

International Committee for Phytolith Taxonomy (ICPT) (K. Neumann, C.A.E. Strömberg, T. Ball, R.M. Albert, L. Vrydaghs & L. Scott Cummings), 2019. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*, 124, 189-199.

<https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>

Kooistra, M.J. & Pulleman, M.M., 2018. Features related to faunal activity. In: Stoops, G., Marcelino, V. & Mees, F. (Eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Second edition. Elsevier, Amsterdam, Oxford, Cambridge, pp. 447-469.

Mikkelsen, J.H., Langohr, R., Vanwesenbeeck, V., Bourgeois, I. & De Clercq, W., 2019. The byre's tale. Farming nutrient-poor cover sands at the edge of the Roman Empire (NW-Belgium). In: Déak, J., Ampe, C. & Mikkelsen, J.H. (Eds.), *Soils as records of Past and Present. From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil*

characteristics. Proceedings of the Geoarchaeological Meeting Bruges (Belgium), 6 & 7 November 2019. Bruges, Raakvlak, pp. 65-84.

Murphy, C.P., 1986. *Thin section preparation of soil and sediments.* AB Academic Publishers, Berkhamsted.

Romans, J.C.C. & Robertson, L., 1983. The environment of North Britain : soils. In : Chapman, J.C. & Mytum, H.C. (Eds.), *Settlement in north Britain 1000 BC-AD 1000.* Oxford, Archaeopress, pp. 55-80. (= British Archaeological reports, British Series, 118).

Stoops, G., 2021. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections.* Second Edition. Soil Science Society of America, Wiley, Hoboken.

Stoops, G., 2017. Fluorescence microscopy. In: Nicosia, C. & Stoops, G. (Eds.), *Archaeological Soil and Sediments Micromorphology.* Chichester, Wiley, pp. 393-397.

Van Vliet-Lanoë, B., 1991. *Epifluorescence microscopy: micromorphological applications.* Invited Lecture University Ghent. Lecture given on February 15, 1991.

Vrydaghs, L. & Devos, Y., 2020. Visibility, Preservation and Colour: A Descriptive System for the Study of Opal Phytoliths in (Archaeological) Soil and Sediment Thin Sections. *Environmental Archaeology*, 25, 2, 170-177.

Vrydaghs, L., Devos, Y. & Pető, A., 2017. Phytoliths. In: Nicosia, C. & Stoops, G. (Eds.), *Archaeological Soil and Sediments Micromorphology.* Chichester, Wiley, pp.155-163.

Afbeeldingen

Figuur 1: Foto structuur MAL 3665.	6
Figuur 2: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.	6
Figuur 3: A: P1-H1: goed getrieerde afgeronde zandkorrels (kwarts) (PPL); B-F: P1-H5: gele halfvergane plantenstengels; B: de blauwe pijlen = sclerotia (PPL); C: (fluo blauw); D-F: detail van de plantenweefsels; D: (PPL); E: (fluo UV); F: (fluo blauw).11	
Figuur 4: A: P1-H5: blauwe pijl = detail sclerotium, (PPL); B: P1-H4: houtskoolfragmenten (PPL); C: H2: blauwe pijl = kiezelwier (diatomee) (PPL); D: P1-H5: fragment insect (PPL). E-F: P2-H7: fel fluorescente gele halfvergane plantstengels. De autofluorescentie duidt erop dat het plantmateriaal nog niet volledig is vergaan (zie Babel, 1975). Let ook op de aanwezigheid van 2 (niet autofluorescente) sclerotia; E: (PPL); F: (fluo UV).....	12
Figuur 5: Foto structuur MAL 648.	13
Figuur 6: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.	13
Figuur 7: A-B: 648D-H3: birefringente ring; A: (PPL); B: (XPL); C-D: 648D-H3: wortelgang; C: (PPL); D: (XPL); E: 648B-fabric 1: de pijlen geven een cluster van fytolieten aan. De rode pijl wijst naar een BILOBATE fytoliet typisch voor bladeren van Panicoideae (PPL); E: de rode pijl duidt een geïsoleerde BILOBATE fytoliet aan (PPL).	18
Figuur 8: Foto structuur MAL 2856.	19
Figuur 9: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.	19
Figuur 10: A: B-H1: deze unit toont een enorme concentratie aan slecht zichtbare geclusterde fytolieten (PPL); B: detail van zulk een cluster. De zichtbaarheid is slecht omdat de fytolieten ingebed zitten in fijn materiaal (PPL).....	24
Figuur 11: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.	25
Figuur 12: A-B: A-H2: fel fluorescente gele halfvergane plantenstengel; A: (PPL); B: (fluo UV); C: A-H7: gearticuleerde fytolieten (PPL); D: A-H2: blauwe pijl: skelet van een sponsje (PPL); E: A-H2: cluster van goed tot perfect zichtbare fytolieten (PPL).	32
Figuur 13: Foto structuur DAST 1445.....	33
Figuur 14: locatie onderzocht micromorfologisch staal met scan van het slijpplaatje.	33
Figuur 15: A: A-H1: herbivoor coproliet. De pijl geeft de aanwezigheid van een zaadje aan. B-C: detail van de coproliet; B: (PPL); C: (fluo blauw); D: A-H1: kafresten. Let op de aanwezigheid van gearticuleerde ELONGATE DENTATE/DENDRITIC fytolieten in het kaffragmentje (PPL); E: A-H1: gearticuleerde fytolieten omhuld door plantenweefsel van een blad. Let op de aanwezigheid van verschillende morfotypes: BILOBATE (blauwe pijl) en ELONGATE ENTIRE (rode pijl)(PPL); F: A-H3,f1: kiezelwier (PPL).	37
Figuur 16: locatie micromorfologische stalen met scans van de slijpplaatjes.	38
Figuur 17: A-B: unit A-H2 vertoont duidelijk een fijnere textuur ten opzichte van onderliggende en bovenliggende lagen. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het decanteren van sedimenten. We merken ook een vrij hoge concentratie aan mica; A: (PPL); B: (XPL); C-D: A-H4: fel fluorescente plantenweefsel ten midden van sterk vergane organische resten; C: (PPL); D: (fluo blauw); E-F: A-H4: sterk vergane plantenfragmenten. Deze resten tonen dan ook geen fluorescentie meer; E: (PPL); F: (fluo blauw).....	45
Figuur 18: voorbeelden van bemonstering voor micromorfologie. a: standaard blok monster (6x8cm); b: mammoet blok (10x8cm).....	47

Tabellen

Tabel 1: structuur MAL 3665: geobserveerde fytolieten.....	8
Tabel 2: MAL 3665: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.	9
Tabel 3: structuur MAL 648: geobserveerde fytolieten.	15
Tabel 4: MAL 648: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.	15
Tabel 5: structuur MAL 2856: geobserveerde fytolieten.....	22
Tabel 6: Mal 2856: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.	22
Tabel 7: structuur MAL 4216: geobserveerde fytolieten.....	29
Tabel 8: MAL 4216: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.	30
Tabel 9: structuur DAST 1445: geobserveerde fytolieten.....	35
Tabel 10: DAST 1445: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.	35
Tabel 11: structuur DAST 739: geobserveerde fytolieten.....	42
Tabel 12: DAST 739: groepering van de geobserveerde fytolieten volgens orgaan en planten(sub-)familie.	43

Bijlagen

Samenvattende tabellen van de micromorfologische beschrijvingen van de bestudeerde slijpplaatjes.

Maldegem-Ringvaart

Tabel 1a: MAL 3665, P1

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic, locally chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange, dusty, humic, iron-stained, poorly to non-birefringent
H2	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, iron-stained, rich in fine charred particles, poorly to non-birefringent
H3	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic, locally chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange, dusty, humic, iron-stained, poorly to non-birefringent
H4		Packing voids, planar voids	Porphyric to chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H5	Massif to granular	Channels, planar voids	Open porphyric	Dominant well sorted rounded silt to fine sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H6		Packing voids	Chito-enaulic, locally porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, isotropic, humic, undifferentiated
H7	Poorly developed granular to subangular blocky	Packing voids, planar voids, channels	Chito-enaulic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated

Tabel 1b: MAL 3665, P1

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Rare fine organic material	X	X				X
H2	Fine organic material	X	X		X		X
H3	Rare fine organic material	X	X				X
H4	Mainly polymorphic organic fine material	X	X				X
H5	Wood fragments, brown polymorphic organic matter, yellowish auto-fluorescent plant fragments (stems?)	X					X
H6	Polymorphic fine organic material, fragments of H5	X	X				X
H7	Fine organic material	X	X		X		X

Tabel 1c: MAL 3665, P1

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1								X		
H2								X		
H3										
H4								X		
H5		X					X	X		
H6		X						X		
H7		X					X	X		

Tabel 2a: MAL 3665, P2

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic, locally chito-enauleic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange, dusty, humic, poorly to non-birefringent
H2		Packing voids, channels, planar voids	Chito-enauleic to locally close porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H3		Packing voids, vughs, planar voids, channels	Close porphyric	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H4		Packing voids, channels	Chito-enauleic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H5	Poorly developed granular	Channels, planar voids	Open porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H6		Packing voids	Chito-enauleic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, isotropic, humic, undifferentiated
H7		Planar voids, channels	Porphyric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H8	Poorly developed granular	Channels, packing voids	Chito-enauleic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated

Tabel 2b: MAL 3665, P2

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Rare fine organic material	X					X
H2	Fine organic material (including polymorphic)	X	X		X		X
H3	Polymorphic organic fine material, wood, yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X	X			X
H4	Fine organic material (including polymorphic)	X	X				X
H5	Brown polymorphic organic matter, yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X	X			X
H6	Fine organic material (including polymorphic)	X	X		X		X
H7	Brown polymorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X	X	X		X
H8	Fine organic material, rare orange plant fragments (stems?)	X	X			X	X

Tabel 2c: MAL 3665, P2

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1								X		
H2								X		
H3								X		
H4								?		
H5		X					X			
H6										
H7		X					X	X		
H8		X						X	X	

Tabel 3a: MAL 648

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
D:H1	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	
D:H2		Packing voids, channels, planar voids	Chito-enauclic to close porphyric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
D:H3	Channel to poorly developed subangular blocky	Channels, planar voids	Chito-enauclic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
C:H1		Packing voids, channels	Chito-enauclic	Rather well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:f1	Welded granules to poorly developed subangular blocky	Channels, planar voids	Chito-enauclic	Rather well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:f2	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enauclic	Rather well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, isotropic, humic, undifferentiated
A:H1	Channel to poorly developed subangular blocky	Planar voids, channels, packing voids	Chito-enauclic	Rather well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
A:H2	Single grain	Packing voids	Coarse monic	Rather well sorted rounded fine to medium sand quartz	

Tabel 3b: MAL 648

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
D:H1							
D:H2	Fine organic material (including monomorphic), spores/pollen	X	X			X	X
D:H3	Monomorphic organic fine material, seed	X	X			X	X
C:H1	Fine organic material (including polymorphic), wood fragment	X	X			X	X
B:f1	Fine organic material (including polymorphic & monomorphic), stems, pollen	X	X		X		X
B:f2	Fine organic material,	X					X
A:H1	fine organic material, wood	X					X
A:H2							

Tabel 3c: MAL 648

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
D:H1										
D:H2								X		
D:H3	X	X		X			X	X		
C:H1				X				X		
B:f1	X	X		X		X		X		
B:f2	X			X		X				
A:H1	X	X				X	X	X	X	
A:H2										

Tabel 4a: MAL 2856

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
B:H1	Channel	Channels	Close porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Grey to brown, dotted, very poorly birefringent, stipple speckled to striated, humic
B:H2	Single grain	Packing voids	Coarse monic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	
B:H3	Poorly developed, moderately to well separated subangular blocky	Channels, planar voids	Close to open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H4		Planar voids, channels	Chito-enaulic to close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H5	Massif to subangular blocky	Planar voids	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H6		Planar voids, channels, vughs	Chito-enaulic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, isotropic, humic, undifferentiated
B:H7	Poorly developed channel	Channels, vughs	Chito-enaulic to close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H8	Subangular blocky to poorly developed granular	Planar voids, vughs	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange to black, dotted, humic, iron stained (?), isotropic, undifferentiated
B:H9	Poorly developed granular	Planar voids, vughs	Close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H10	Poorly developed channel microstructure	Channels, planar voids	Close to open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H11		Planar voids, vughs	Chito-enaulic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, non- to poorly birefringent, stipple-speckled

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
B:H12	Massif to subangular blocky	Planar voids	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange brown to black, dotted, humic, poorly birefringent, stipple speckled
B:H13	Poorly developed granular	Vughs, planar voids	Chito-enauclic to close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
B:H14	Poorly developed platy	Planar voids	Close to open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
A:H1	Poorly developed subangular blocky to granular	Channels, planar voids, vughs	Close porphyric, locally more chito-enauclic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, non- to locally poorly birefringent, locally stipple-speckled
A:H2	Poorly to moderately developed subangular blocky	Planar voids, channels, vughs	Chito-enauclic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
A:H3	Single grain	Channels, packing voids	Chito-enauclic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Yellowish brown, dotted, moderately birefringent clay; brown dotted, isotropic humic

Tabel 4b: MAL 2856

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
B:H1	Fine organic material, pollen/spores, reddened plant organ fragments	X	X	X			X
B:H2							
B:H3	Monomorphic organic fine material, wood, parasite egg, yellowish auto-fluorescent and ferruginised plant fragments	X	X		X		
B:H4	Fine organic material, yellowish auto-fluorescent and ferruginised plant fragments	X					X
B:H5	Fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, seeds	X	X				
B:H6	Fine organic material (locally monomorphic), yellowish auto-fluorescent plant fragments	X					
B:H7	Fine organic material (locally monomorphic), yellowish auto-fluorescent plant fragments, pollen/spores	X	X				
B:H8	Polymorphic fine organic material, pollen/spores						
B:H9	Monomorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, wood	X					X
B:H10	Monomorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, pollen/spores	X					
B:H11	Fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, pollen/spores	X	X				
B:H12	Polymorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, orange phlobaphene tissue, spores/pollen	X	X				

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
B:H13	Fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, pollen/spores	X	X				
B:H14	Polymorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, wood	X	X	X			
A:H1	Polymorphic & monomorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, tissue fragments	X	X			X	X
A:H2	Fine organic material	X	X		X		X
A:H3	Fine organic material	X	X		X		X

Tabel 4c: MAL 2856B

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
B:H1		X						X		
B:H2										
B:H3		X	X				X	X		
B:H4		X								
B:H5		X	X							
B:H6		X	X			?		X		
B:H7								X		
B:H8									X	
B:H9		X			X			X		
B:H10		X	X					X		
B:H11		X						X		
B:H12		X						X		
B:H13		X			X			X		
B:H14							X	?		
A:H1					X			X		
A:H2		X		X				X	X	
A:H3										

Tabel 5a: MAL 4216B

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Single grain	Packing voids	Coarse monic, locally chito-enaulic	Moderately well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, humic, isotropic, undifferentiated
H2	Channel microstructure	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, undifferentiated; yellow, limpid, isotropic (phosphatic)
H3	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic to chito-enaulic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H4	Complex microstructure	Packing voids, planar voids, channels	Chito-enaulic, locally close porphyric	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H5	Single grain	Channels, packing voids	Dominantly coarse monic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	
H6	Welded granules	Packing voids, channels, vughs	Chito-enaulic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, isotropic, humic, undifferentiated
H7	Welded granules	Packing voids, vughs, channels	Chito-enaulic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, isotropic, humic, undifferentiated
H8	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic to chito-enaulic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, isotropic, humic, undifferentiated

Tabel 5b: MAL 4216B

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Fine organic material	X					
H2	Fine organic material (locally polymorphic), yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X				X
H3	Fine organic material, few yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X				
H4	Monomorphic fine organic material, wood, yellowish auto-fluorescent plant fragments	X					X
H5							
H6	Fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, spores	X	X				X
H7	Monomorphic fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments, spores	X	X				X
H8	Fine organic material	X	X		X	X	X

Tabel 5c: MAL 4216B

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1								X		
H2		X			X		X	X		
H3								X		
H4							X	X		
H5										
H6		X						X		X
H7		X			X			X		
H8								X		

Tabel 6a: MAL 4216A

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Single grain	Packing voids, few channels	Coarse monic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	
H2/H5	Poorly developed subangular blocky	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Moderately sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
H3	Poorly developed subangular blocky	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Moderately to well sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
H4		Packing voids, channels	Chito-enaulic to close porphyric	Moderately to well sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
H6	Welded granules	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Moderately sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
H7	Moderately to well developed subangular blocky	Packing voids, planar voids, channels	Chito-enaulic	Moderately sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled

Tabel 6b: MAL 4216A

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1							
H2/H5	Fine organic material, yellowish-brown auto-fluorescent plant fragments, blackened plant organ fragments	X	X			X	X
H3	Fine organic material, pollen/spores	X	X				
H4	Fine organic material (locally polymorphic), yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X			X	
H6	Fine organic material, yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X				X
H7	Fine organic material, wood, yellowish auto-fluorescent plant fragments	X	X	X			X

Tabel 6c: MAL 4216A

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organomineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1		X								
H2 / H5								X	X	
H3								X		
H4								X		
H6								X		
H7								X	X	

Tabel 7a: MAL 4216C

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Single grain to channel	Packing voids, channels	Coarse monic to chito-enauclic	moderately sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
H2		Packing voids, channels, pseudomorphs	Close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H3	Single grain	Packing voids, channels	Coarse monic to chito-enauclic	Moderately to well sorted rounded very fine to medium sand quartz	Grey to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H4		Packing voids, channels	Chito-enauclic, locally porphyric	Moderately to well sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H5	Rather massif	Channels, planar voids	Close to open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H6		Packing voids, channels, pseudomorphs	Chito-enauclic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H7	Rather massif	Planar voids, channels	Open porphyric	Moderately sorted rounded very fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H8		Channels, packing voids	Chito-enauclic	Moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H9	Rather massif	Channels, planar voids	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H10		Channels, packing voids	Chito-enauclic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H11	Rather massif	Channels, planar voids	Close to open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H12		Packing voids, channels	Coarse monic to chito-enauclic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H13	Rather massif	Planar voids, channels	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H14	Single grain	Channels, packing voids, locally planar voids	Coarse monic to chito-enaulic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H15	Rather massif	Channels, planar voids	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H16		Channels, packing voids	Chito-enaulic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H17	Granular	Planar voids, channels, vughs	Open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H18		Channels, packing voids, planar voids	Chito-enaulic to close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H19	Rather massif	Channels, vughs, planar voids	Close porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H20			Chito-enaulic, locally porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, stipple-speckled
H21		Packing voids, channels	Coarse monic to chito-enaulic, locally porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, locally stipple-speckled
H22	Granular	Channels, vughs, planar voids	Double-spaced to open porphyric	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H23		Packing voids, channels	Chito-enaulic	Well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated

Tabel 7b: MAL 4216C

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Fine organic material	X	X				X
H2	Monomorphic fine organic material	X	X	X			X
H3	Fine organic material	X	X				X
H4	Fine organic material (locally monomorphic), spores/pollen	X	X		X		X
H5	Polymorphic fine organic material, twig fragments (?)	X	X			X	X
H6	Monomorphic fine organic material	X				X	X
H7	Polymorphic, locally monomorphic fine organic material, twig fragments, pollen/spores	X	X				X
H8	Monomorphic fine organic material, yellowish autofluorescent plant fragments, wood fragments, pollen/spores	X					X
H9	Polymorphic to monomorphic fine organic material, yellowish autofluorescent plant fragments, wood fragments	X	X			X	X
H10	Fine organic material	X	X	X		X	X
H11	Polymorphic to monomorphic fine organic material, wood fragments	X	X				X
H12	Fine organic material (locally monomorphic)	X	X				X
H13	Polymorphic to monomorphic fine organic material, wood fragments, twigs, pollen/spores	X					
H14	Fine organic material	X	X				
H15	Fine organic material, wood, twigs, pollen/spores	X					
H16	Fine organic material, pollen/spores	X	X				
H17	Polymorphic to monomorphic fine organic material, pollen/spores	X	X				
H18	Fine organic material	X					X

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H19	Fine organic material, wood, twigs, pollen/spores	X	X				X
H20	Fine organic material, yellowish autofluorescent plant fragments, wood, pollen/spores	X	X			X	X
H21	Fine organic material	X	X		X		X
H22	Polymorphic to monomorphic fine organic material, wood fragments, pollen/spores	X	X		X		X
H23	Fine organic material	X	X			X	X

Tabel 7c: MAL 4216C

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1								X		
H2								X		
H3								X		
H4								X		
H5										
H6								X		
H7							X	X		
H8								X	X	
H9		X								
H10							?			
H11								X		
H12										
H13								?		
H14								X		
H15							X	X		
H16										
H17						X				
H18										X
H19						X				
H20								X		
H21								X		
H22						X		?		
H23						X		?		

Damme-Stakendijke

Tabel 1a: DAST 1445

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Platy to subangular blocky	Channels, planar voids, pseudomorphs	Chito-enaulic	Dominant well sorted rounded medium sand quartz	Red brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H2	Single grain	Channels, packing voids	Chitonic to chito-enaulic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H3, f1	Granular	Channels, packing voids	Chito-enaulic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange brown, dotted, humic, iron-stained (?), isotropic, undifferentiated
H3, f2	Single grain	Packing voids, channels	Chito-gefuric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange brown, dotted, humic, iron-stained, isotropic, undifferentiated
H4	Single grain	Packing voids, channels	Chito-gefuric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Orange brown, dotted, humic, iron-stained, isotropic, undifferentiated
H5	Granular	Channels, plant pseudomorphs	Enaulic to chito-enaulic	Dominant well sorted rounded medium sand quartz	Red brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H6	Subangular blocky	Channels, planar voids, pseudomorphs	Chito-gefuric to chito-enaulic	Dominant well sorted rounded medium sand quartz	Orange brown to black, dotted, humic, iron-stained, isotropic, undifferentiated

Tabel 1b: DAST 1445

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Fine organic material, husk fragments, leaves, wood, seed	X	X	X	X		X
H2	Fine organic material (polymorphic to monomorphic), wood, tissue fragments, seed	X	X	X	X		X
H3, f1	Fine organic material, wood, twigs, seed, reddened and blackened plant fragments, spores/pollen	X	X		X		
H3, f2	Monomorphic fine organic material	X					
H4	Monomorphic fine organic material	X				X	
H5	Fine organic material, wood, twigs, seed, leaves, husks, roots, reddened tissue fragments, spores/pollen	X	X	X	X		X
H6	Monomorphic fine organic material, leaves, seeds, reddened tissue fragments	X	X	X	X		X

Tabel 1c: DAST 1445

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organomineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1						X		X		
H2									X	
H3, f1										
H3, f2										
H4										
H5									X	
H6									X	

Tabel 2a: DAST 739A

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1	Single grain	Packing voids, channels, planar voids	Coarse monic to chito-enauclic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz and oxidized glauconite	Brown to black, dotted, humic, iron stained poorly to non-birefringent, undifferentiated
H2	Massif	Few packing voids	Porphyric	Dominant well sorted silt quartz/mica	Colourless to yellowish to brown, speckled to dotted, isotropic, undifferentiated
H3	Granular to subangular blocky	Channels, packing voids	Close to open porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark reddish brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H4		Planar voids, channels, packing voids	Chito-enauclic to porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Red brown, brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H5	Granular to subangular blocky	Planar voids, channels, pseudomorphs	Close to open porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H6	Granular to subangular blocky	Channels, planar voids	Chito-enauclic to porphyric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H7	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enauclic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H8	Granular	Planar voids, channels	Close to double spaced porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H9	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enauclic, locally porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H10		Planar voids	Porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to red brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated

Tabel 2b: DAST 739A

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Fine organic material	X	X		X	X	
H2	Fine organic material	X	X	X		X	X
H3	Monomorphic fine material, pollen/spores, yellowish autofluorescent plant fragments, phlobaphene tissues	X	X				X
H4	Reddened phlobaphene tissues, monomorphic fine organic material, reddened to blackened plant fragments	X	X				
H5	Polymorphic to monomorphic fine organic material, reddened phlobaphene tissues, reddened to blackened plant fragments, pollen/spores, wood fragments	X		X			
H6	Polymorphic to monomorphic fine organic material, blackened plant fragments, pollen/spores, wood fragments, yellowish autofluorescent plant fragment	X					X
H7	Fine organic material, pollen/spores	X				X	X
H8	Polymorphic to monomorphic fine organic material, wood fragment	X		X		X	X
H9	Fine organic material (locally monomorphic), blackened stems, pollen/spores	X	X				X
H10	Polymorphic to monomorphic fine organic material, reddened and blackened plant fragments, pollen/spores, yellowish autofluorescent plant fragments	X				X	

Tabel 2c: DAST 739A

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1	X							?		
H2										
H3		X		X			X	?		
H4		X	X			X		?		
H5		X						X		
H6								?		
H7										
H8		X						X		
H9	X			X				?		
H10		X		X						

Tabel 3a: DAST 739B

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H1		Channels, planar voids	Chito-enaulic to porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H2	Single grain	Packing voids, channels	Chitonic to chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H3	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enaulic, locally porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Dark brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H4	Massif to angular blocky	Planar voids	Open porphyric	Dominant moderately sorted rounded very fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H5	Single grain	Packing voids	Chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H6	Subangular blocky	Channels, packing voids	Close porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H7	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H8		Planar voids, channels, vughs	Closed to double spaced porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H9	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enaulic, locally close porphyric	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H10	Subangular blocky	Planar voids, channels	Close porphyric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H11	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enaulic	Dominant well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
H12	Blocky	Planar voids, channels, vughs	Close to double spaced porphyric	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black (locally lightbrown), dotted, humic, isotropic (locally poorly birefringent), locally stipple speckled

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
H13	Channel	Channels	Close porphyric to chito-enaucic	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, locally stipple speckled

Tabel 3b: DAST 739B

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
H1	Polymorphic to monomorphic fine organic material, rare birefringent plant fragments, spores/pollen	X	X				X
H2	Orangey plant material, fine organic material	X				X	
H3	Fine organic material, locally monomorphic	X	X				X
H4	Monomorphic, locally polymorphic fine organic material, blackened plant fragments	X			X		
H5	Fine organic material, locally monomorphic, pollen/spores	X					X
H6	Monomorphic fine material, reddened and blackened plant fragments	X			X		X
H7	Fine organic material	X					
H8	Monomorphic fine material, yellowish autofluorescent plant material, blackened plant fragments, pollen/spores	X				X	
H9	Monomorphic fine material, yellowish autofluorescent plant fragments, wood fragments	X					
H10	Monomorphic fine material, blackened plant material	X	X				X
H11	Fine organic material	X					
H12	Monomorphic (locally polymorphic) fine material, reddened plant fragments (leaves?), yellowish autofluorescent plant fragments, pollen/spores	X					X
H13	Fine organic material, wood, pollen/spores	X	X				X

Tabel 3c: DAST 739B

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
H1		X		X			?	X		
H2	X									
H3										
H4		X		X						
H5										
H6				X				X		
H7	X									
H8								X		
H9	X									
H10				X				?		
H11	X			X						
H12		X		X				X		
H13				X		X		X		

Tabel 4a: DAST 739C

Unit	Microstructure	Porosity	c/f related distribution	Single mineral grains	Micromass
f1	Single grain	Packing voids, channels	Chito-enaular	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated
f2	Granular to subangular blocky	Channels, planar voids	Close porphyric, locally chito-enaular	Dominant moderately to well sorted rounded fine to medium sand quartz	Brown to black, dotted, humic, isotropic, undifferentiated

Tabel 4b: DAST 739C

Unit	Organic material	Inorganic residues of biological origin					
		Phytoliths			Diatoms	Sponge spicules	Chrysophyceae
		Isolated	Clustered	Articulated			
f1	Fine organic material	X	X				
f2	Monomorphic fine material	X	X		X		X

Tabel 4c: DAST 739C

Unit	Roots	Large sclerotia	Hyphae	Birefringent rings	Excrements (soil fauna)		Insect fragments	Anthropogenic		
					Organo-mineral	Organic		Charcoal	Peat	Earthen construction material
f1	X							?		
f2		X		X	X			?		

Bijlage 3: Rapport Diatomeeën-, pollen- en macrorestenonderzoek

ALLEMEERSCH L., STORME A. & LALOO P., 2024. Syntheseonderzoek 'Kuilen vol wol?' Diatomeeën-, pollen- en macrorestenonderzoek op artisanale kuilen uit Maldegem en Damme. Rapport natuurwetenschappelijk onderzoek 2024-06, Sint-Michiels-Brugge.



Rapport natuurwetenschappelijk onderzoek 2024-06

SYNTHESEONDERZOEK

‘KUILEN VOL WOL?’

DIATOMEËN-, POLLEN- EN MACRORESTENONDERZOEK
OP ARTISANALE KUILEN UIT MALDEGEM EN DAMME

RUBEN WILLAERT NV

8200 SINT-MICHIELS-BRUGGE

TEN BRIELE 14 | BUS 15

AUTEUR:

Luc Allemeersch, Annelies Storme, Pieter Laloo

© Ruben Willaert NV, Sint-Michiels-Brugge, 2024

Niets uit deze uitgave mag vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Ruben Willaert NV. Ruben Willaert NV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit de toepassing van de adviezen of het gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

INHOUDSTAFEL

1. INLEIDING	4
2. MATERIAAL	6
3. METHODE	12
3.1 Methode diatomeeënonderzoek	12
3.2 Methode palynologisch onderzoek	13
3.3 Methode macrobotanisch onderzoek	15
4. RESULTATEN	17
4.1.1 Resultaten diatomeeënassessment	17
4.1.2 Resultaten beperkte diatomeeënanalyse	18
4.1.3 Resultaten palynologisch assessment	22
4.1.4 Resultaten palynologische analyse	23
4.1.5 Resultaten macrobotanisch assessment	32
4.1.6 Resultaten macrobotanische analyse	33
5. BESLUIT	36
BIBLIOGRAFIE	37

1. INLEIDING

In het kader van het syntheseonderzoek “Kuilen vol wol?” werden enkele natuurwetenschappelijke disciplines toegepast met als doel om bij te dragen aan het achterhalen van de functie van kuilen die bij opgraving als ‘artisanale kuil’ – mogelijk vollerskuil – werden bestempeld. Hiertoe werd de vulling van enkele kuilen uit Maldegem en Damme onderzocht op diatomeeën, pollen (incl. andere palynomorfen) en botanische macroresten.

Diatomeeënonderzoek omvat de studie van de silicaschaaltjes van diatomeeën of kiezelwieren. Deze eencellige algen komen voor in alle soorten aquatische milieus: van plankton in open water tot soorten die tussen sedimentkorrels leven in vochtige bodems. De verschillende soorten zijn te herkennen aan de kenmerkende morfologie van hun schaaltsjes. Aangezien elke soort specifieke voorkeuren heeft wat betreft leefmilieu, kan uit de soortensamenstelling van een sedimentmonster afgeleid worden in wat voor omstandigheden de afzetting gebeurde. Ze geven namelijk informatie over zoutgehalte, waterdiepte, organische en/of anorganische vervuiling, overstromingsregime, etc. Zo kan bijvoorbeeld het verschil gemaakt worden tussen een waterkuil en een eerder droge afvalkuil.

Diatomeeënpreparaten bevatten soms ook andere microfossielen van silica (sponsnaalden, goudwieren, fytolieten). De eerste twee wijzen op waterig milieu, terwijl **fytolieten** wijzen op de aanwezigheid van verteerde plantendelen, zoals stengels, bladeren, bloeiwijzen. Fytolieten zijn kleine siliciumstructuren die zich vormen in holtes in plantenweefsels en die overblijven na vertering van het weefsel. Sommige vormen zijn indicatief voor bepaalde plantentaxa en/of -delen.

Palynologisch onderzoek omvat de studie van pollen, sporen en andere microfossielen met een organische wand. Planten produceren grote hoeveelheden pollen (zaadplanten) of sporen (sporenplanten) die door wind, water of dieren verspreid worden en zo in afzettingen terecht kunnen komen. Dankzij de resistente wand kunnen deze microscopische resten, samen met bijvoorbeeld resten van schimmels en algen, lange tijd in de ondergrond bewaard blijven op voorwaarde dat de afzetting afgesloten is van zuurstof. Dit is vaak het geval in waterverzadigde opvullingen van natuurlijke depressies of menselijke structuren zoals waterputten of -kuilen. De determinatie en telling van pollen en sporen uit dergelijke afzettingen laat toe om de vegetatiesamenstelling in en rond de kuil zelf en in de bredere omgeving van de site te reconstrueren.

Botanische macrorestenonderzoek omvat de studie van plantenresten, meestal zaden, maar ook vruchten, bladeren, takjes, stengels, etc. De bewaring van macrobotanische resten wordt vooral bepaald door de ligging t.o.v. de huidige of evt. de vroegere watertafel (Tabel 1). Indien deze resten na afzetting (zo goed als) ononderbroken onder de watertafel blijven liggen, kunnen ze gedurende eeuwen en zelfs meerdere millennia goed tot zeer goed bewaard blijven. Vele resten kunnen dan nog tot op de soort bepaald worden. Plantenresten gelegen boven de watertafel zullen volledig vergaan. Bij verkoolde resten is dit echter niet het geval. Verkoolde resten zijn minder algemeen, maar ze kunnen ons wel veel leren over het voedsel dat onze voorouders nuttigden.

Tabel 1: Bewaring van macroresten.

Bodemtype	Zuur	Basisch
<u>Boven watertafel</u>		Mollusken
<u>Overgangszone</u>	Verkoolde planten	Verkoolde planten Mollusken
<u>Onder watertafel</u>	Onverkoolde planten Verkoolde planten	Onverkoolde planten Verkoolde planten Mollusken

Door te bepalen van welke plantentypes deze resten afkomstig zijn, kan de lokale vegetatie op de bemonsterde locatie gereconstrueerd worden en kunnen menselijke activiteiten opgespoord worden. Als het gaat om het herkennen van gewassen, bieden macroresten meer taxonomisch detail dan pollen. Op die manier vullen de studies van microscopische en macroscopische plantenresten elkaar goed aan: ze leveren samen een beeld op van de regionale en lokale vegetatieontwikkeling tijdens afzetting. Daarnaast zijn botanische macroresten van terrestrische planten geschikt als materiaal voor ¹⁴C-datering.

Het **doel van dit onderzoek** is enerzijds om aan de hand van assessments te bepalen wat het **potentieel** is van de vulling van artisanale kuilen voor diatomeeën-, pollen- en macrorestenonderzoek. Waar dit mogelijk is, wordt een selectie van stalen volledig geanalyseerd om **vegetatie- en opvullingsgeschiedenis te reconstrueren** en waar mogelijk indicaties te geven voor de oorspronkelijke **functie van de kuilen**.

2. MATERIAAL

De bestudeerde stalen zijn afkomstig van drie opgravingen: één in Maldegem en twee in Damme. In Maldegem gaat het om een meerperiodensite (**Maldegem Ringbaan**, 2020C354), die in 2020-2021 werd opgegraven door De Logi en Hoorne bv en GATE bv. Hier werden 24 artisanale kuilen opgegraven, waarvan er vier in het kader van dit syntheseonderzoek bestudeerd zijn op diatomeeën en pollen en een vijfde op macroresten (Tabel 2). In Damme werden artisanale kuilen uit twee vlak bij elkaar gelegen opgravingen onderzocht: Damme Stakendijke en Sijsele Stationsstraat. De opgraving **Damme Stakendijke** (2018H192) werd in 2018 uitgevoerd door Ruben Willaert nv en GATE bv. Hier werden 27 artisanale kuilen aangetroffen. Op stalen uit 14 van deze kuilen werden in 2019 reeds macrobotanische assessments uitgevoerd door L. Allemeersch (Deconynck et al., 2021). Drie kuilen bevatten analyseerbare stalen. Twee daarvan konden teruggevonden en volledig geanalyseerd worden. In het kader van dit syntheseonderzoek werden aanvullend ook twee kuilen onderzocht op diatomeeën en pollen. In 2023 werd een aanpalend perceel opgegraven door Acke & Bracke bv (**Sijsele Stationsstraat**, 2023G60). Ook hier werd een vergelijkbaar type kuil aangetroffen. Assessments in opdracht van Acke & Bracke bv wijzen uit dat er nauwelijks diatomeeën en botanische macroresten bewaard zijn en dat het pollen telbaar is, maar onderhevig aan differentiële bewaring (Allemeersch and Storme, 2024). In het kader van dit syntheseonderzoek werd het pollenstaal alsnog geanalyseerd (Tabel 2).

Tabel 2: Stalen en substalen voor paleo-ecologisch onderzoek en datering.

Project-code	Site	Opgegraven door	Spoor	Microfossielen				Macroresten
				Vondst-nummer	Diepte in PB	Residunr. diatomeeën	Residunr. pollen	Vondst-nummer
Maldegem								
2020C354	Maldegem Ringbaan	DL&H + GATE	S 648	P2	42 cm	GAD 064	GAP 534	
			S 2856	P2	28 cm	GAD 065	GAP 535	
			S 3665	P2	33 cm	GAD 066	GAP 536	
					18 cm	GAD 034	GAP 280	
					20 cm	GAD 035	GAP 281	
			S 4216	P3	31,5 cm	GAD 036	GAP 282	
					39 cm	GAD 037	GAP 283	
Damme								
2018H192	Damme Stakendijke	RW + GATE	S 739	VN2738	38 cm	GAD 063	GAP 533	VN2739-2741
			S 1445	VN2562	11,5 cm	GAD 031	GAP 284	VN2563-2564
					25 cm	GAD 032	GAP 285	
					41 cm	GAD 033	GAP 286	
			S 1475	-	-	-	-	VN2560, 2574, 2567, 2568
			S 1047	-	-	-	-	VN2128
			S 1052	-	-	-	-	VN2159-2160
			S 1058	-	-	-	-	VN2144
			S 1069	-	-	-	-	VN 2462-2463
			S 1070	-	-	-	-	VN2465
			S 1178	-	-	-	-	VN2339-2340
			S 1217	-	-	-	-	VN2407-2408
			S 1330	-	-	-	-	VN2575-2576
			S 1423	-	-	-	-	VN2556
S 1444	-	-	-	-	VN2579			
S 1505	-	-	-	-	VN2729-2734			
2023G60	Sijsele Stationsstraat	A&B	S 18	VN2	46 cm	GAD 053	GAP 520	VN20

Alle onderzochte sporen uit Maldegem en de meeste uit Damme behoren zijn langwerpig in het vlak en eerder ondiep in coupe. S1445 en S1475 uit Damme vertonen echter een verschillende morfologie, met een minder langwerpige vorm in het vlak, maar een diepere vulling (Figuur 6 en Figuur 7).

Maldegem S 648



Figuur 1: Coupe door kuil S 648 (Maldegem Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek.

Maldegem S 2856



Figuur 2: Coupe door kuil S 2856 (Maldegem Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek.

Maldegem

S 3665



Figuur 3: Coupe door kuil S 3664 (Maldegem Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek.

Maldegem

S 4216



Figuur 4: Coupe door kuil S 4216 (Maldegem Ringbaan), met locatie van de pollenbak en substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek.

Damme
S 739



Figuur 5: Coupe door kuil S 739 (Damme Stakendijke), met locatie van de pollenbak en substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek.

Damme
S 1445



Figuur 6: Coupe door kuil S 1445 (Damme Stakendijke), met locatie van de bulkstalen voor macrorestenonderzoek en de pollenbak met substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek.

Damme S 1475



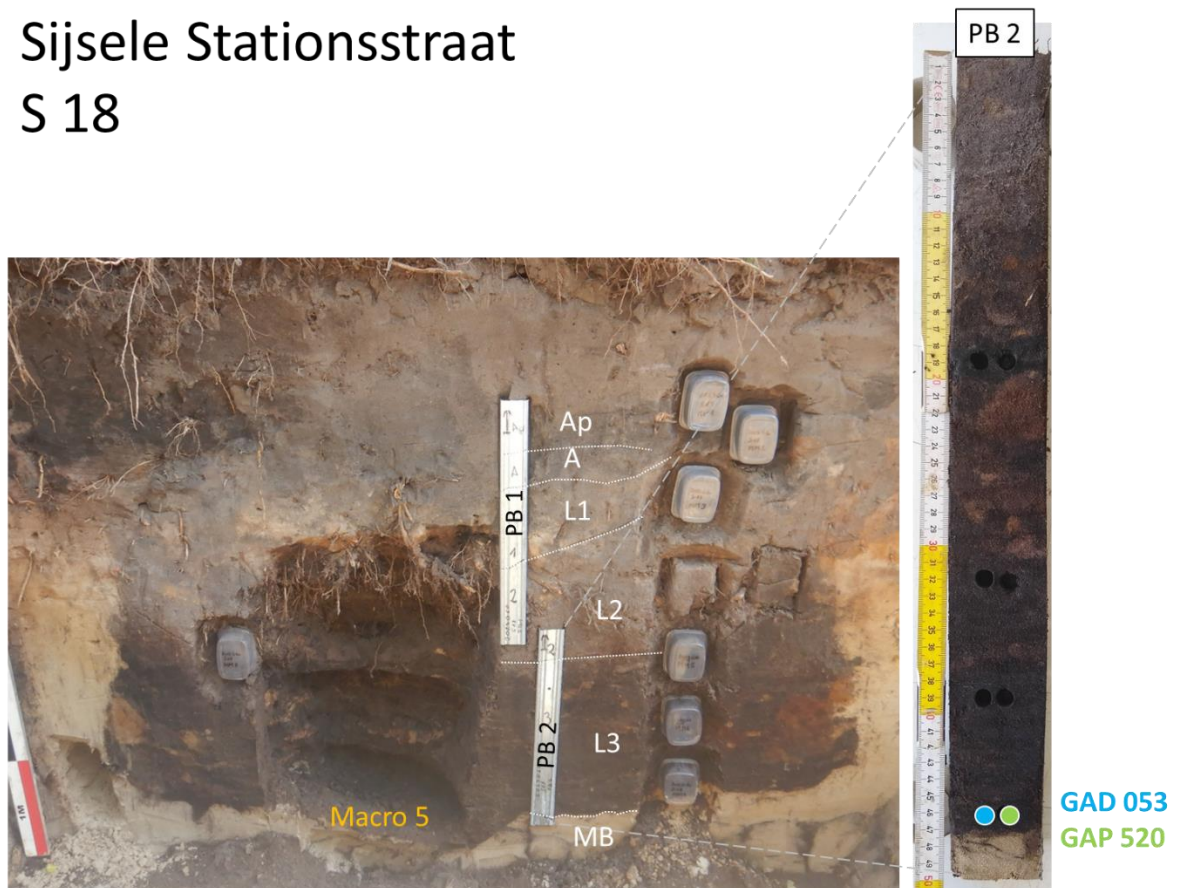
Figuur 7: Coupe door kuil S 1475 (Damme Stakendijke), met locatie van de bulkstalen voor macrorestenonderzoek

Damme S 1330



Figuur 8: Coupe door kuil S 1330 (Damme Stakendijke), met locatie van de bulkstalen voor macrorestenonderzoek

Sijsele Stationsstraat S 18



Figuur 9: Coupe door kuil S 18 (Sijsele Stationsstraat), met locatie van de pollenbak en substalen voor diatomeeën- en pollenonderzoek. Ook op foto: stalen voor micromorfologisch onderzoek.

3. METHODE

3.1 Methode diatomeeënonderzoek

VOORBEREIDING

De substalen voor diatomeeënonderzoek werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent geprepareerd. Ongeveer 0,1 g droog sediment werd behandeld met H₂O₂ en HCl, respectievelijk om organisch materiaal en kalk te verwijderen. Uit de resterende fractie is grof zand afgescheiden bij het afgieten. Een deel van de klei werd afgegoten door flocculatie onder invloed van een ammoniakoplossing. Met het residu werden microscooppreparaten gemaakt, met Naphrax als inbeddingsmiddel.

ASSESSMENT

In eerste instantie werd een assessment uitgevoerd om na te gaan welke stalen voldoende determineerbare diatomeeënschaaltjes bevatten voor analyse. Dit houdt in dat de preparaten onder een lichtmicroscop met fasecontrast bekeken worden bij een vergroting van 400 maal, waarbij per staal de hoeveelheid diatomeeën, de kwaliteit van bewaring en de dominante taxa genoteerd worden. Deze waarnemingen worden weergegeven in tabelvorm. Daarbij wordt ook de aanwezigheid van eventuele andere microfossielen van silica genoteerd, in het bijzonder de verschillende morfotypes van fytolieten.

ANALYSE

Er werd gekozen om geen volledige analyses uit te voeren, maar wel gedeeltelijke tellingen (zie assessment). Per monster werd gestreefd naar een telling van minstens 100 geïdentificeerde schaaltes. Deze tellingen gebeurden onder een lichtmicroscop met fasecontrast, bij een vergroting van 1000 maal. De identificaties zijn vooral gebaseerd op Krammer & Lange-Bertalot (2008), Hofmann et al. (2011) en Bey et al. (2013). Enkel volledige schaaltes of schaaltes met een duidelijk identificeerbaar uiteinde of centrum werden meegeteld.

Voor de vertaling naar ecologische omstandigheden is gebruik gemaakt van een lijst met ecologische kenmerken voor diatomeeën uit holocene afzettingen in de westelijke Belgische kustvlakte (Denys, 1991). De resultaten worden procentueel voorgesteld in grafieken per ecologische parameter.

3.2 Methode palynologisch onderzoek

VOORBEREIDING

De substalen werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent behandeld volgens de standaardprocedure voor pollenpreparatie (Moore et al. 1991), inclusief acetolyse en oplossing in waterstoffluoride. Tijdens de preparatie werd aan ieder monster een gekende hoeveelheid *Lycopodium*-sporen toegevoegd om na telling de pollenconcentratie voor ieder geanalyseerd niveau te kunnen inschatten.

ASSESSMENT

De geprepareerde residu's werden bekeken met een lichtmicroscop op 400x vergroting. Voor assessment werd de **pollenconcentratie** ingeschat op basis van de verhouding pollen/*Lycopodium*-sporen. De **kwaliteit van bewaring** werd geëvalueerd door een steekproef van 10 korrels te scoren op een schaal van 1 (onherkenbaar) tot 5 (perfect bewaard) en hiervan het gemiddelde te berekenen. Op basis van de scores voor concentratie en bewaring wordt een inschatting gemaakt van de **haalbaarheid** van analyse.

Een beperkte telling van palynomorfen, inclusief pollen, sporen en non-pollen palynomorfen (Beug, 2004; Moore et al., 1991; Shumilovskikh, 2024), laat vervolgens toe om de frequentie van de **voornaamste groepen** in te schatten (boompollen (AP), kruidenpollen (NAP), pollen van waterplanten, plantensporen, schimmelsporen en houtskool) en eventuele **dominante taxa** te identificeren. Deze waarnemingen worden weergegeven in tabelvorm.

ANALYSE

In de stalen die geselecteerd werden voor analyse, werd een telling uitgevoerd van ca. 400 pollenkorrels (natte + droge vegetatie). Voor de determinaties van **pollen en sporen** werd gebruik gemaakt van verschillende sleutels (Beug 2004; Moore et al. 1991). Voor andere **palynomorfen**, zoals schimmelsporen en algen, werd de determinatie gebaseerd op beschrijvingen en foto's uit de literatuur (referenties voor de typenummers: Shumilovskikh 2020). De getelde taxa (pollen, sporen, non-pollen palynomorfen) worden in tabelvorm weergegeven als percentage van de pollensom, i.e. alle pollenkorrels van terrestrische planten (**AP**: *arboreal pollen* of stuifmeel van bomen en struiken & **NAP**: *non-arboreal pollen* of stuifmeel van kruiden).

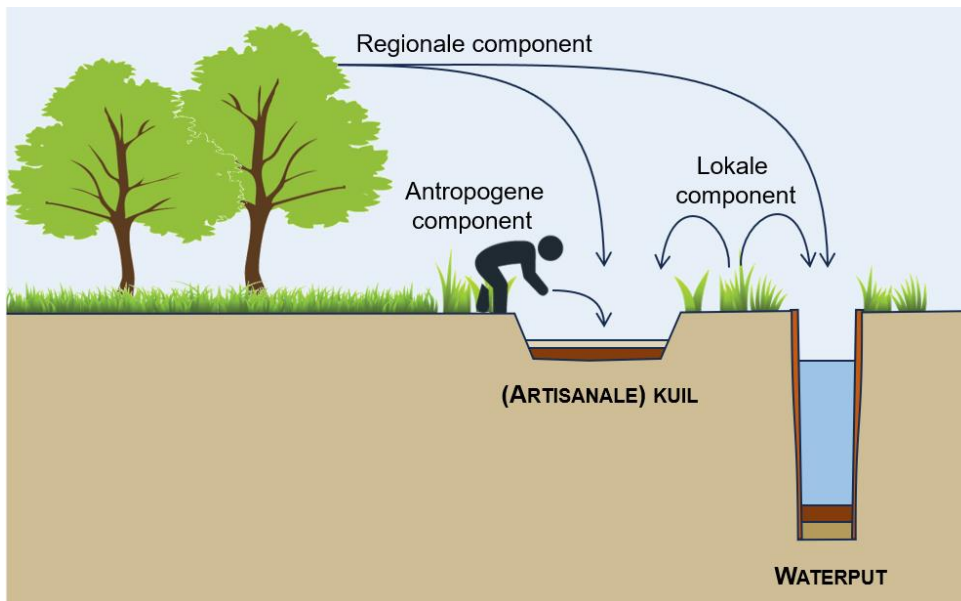
Verder werd voor elk preparaat de **pollenconcentratie** berekend op basis van het aantal getelde *Lycopodium*-sporen. Op die manier werd ook de **concentratie microhoutskool-fragmenten** (> 10 µm) bepaald op basis van de verhouding microhoutskool/pollensom.

VOORSTELLING

Voor een betere visualisatie worden de resultaten, behalve in tabelvorm, ook in een pollendiagram voorgesteld. Dit gebeurt met behulp van het computerprogramma 'Tilia' (Grimm, 2015).

Voor de interpretatie van de pollenspectra moet rekening gehouden worden met de verschillende pollencomponenten. In dit onderzoek willen we focussen op de antropogene component: alle pollen dat door toedoen van menselijke (artisanale?) activiteit in de kuilen is beland (Figuur 10). Daartoe dienen de regionale en lokale component uit het spectrum gefilterd te worden. Diepe waterhoudende structuren van dezelfde site zouden in theorie een goede

weergave moeten zijn van de regionale en lokale vegetatie (Figuur 10). Door de spectra uit deze structuren te vergelijken met deze uit nabije artisanale kuilen, weten we welk deel van het pollenspectrum in de artisanale kuilen representatief is voor de vegetatie in de omgeving en welk deel mogelijk specifiek is voor de artisanale kuilen en dus gerelateerd kan zijn aan de oorspronkelijke functie van de kuilen. Daarom worden de analyseresultaten van de artisanale kuilen ook in diagramvorm gepresenteerd naast de resultaten van pollenanalyses op de vulling van waterputten. Deze data zijn afkomstig uit eerder onderzoek op de sites van Damme Stakendijke (Deconynck et al., 2021; Storme, 2020) en Maldegem Ringbaan (Allemeersch et al., 2022). In dit diagram worden voor een betere leesbaarheid enkel de taxa geplot die meer dan sporadisch voorkomen.



Figuur 10: Schematisch model van de verschillende pollencomponenten die bijdragen tot een pollenspectrum.

3.3 Methode macrobotanisch onderzoek

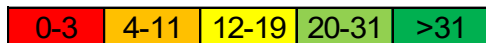
VOORBEREIDING

De macrorestenmonsters werden gezeefd met kraantjeswater onder lage druk op zeven van **2 mm** en **0,5 mm**.

ASSESSMENT

Een beperkte hoeveelheid van het gezeefde materiaal wordt bekeken in petri-schaaltjes (Ø 9 cm) onder een binoculaire loep met een vergroting 10 x voor de kleinste fractie en 8 x voor de grotere fracties. De hoeveelheid materiaal die bekeken wordt, is afhankelijk van de hoeveelheid materiaal die ter beschikking is en de aanwezige variatie. Stalen met veel variatie kunnen reeds na één schaalpje als voldoende rijk ingeschat worden.

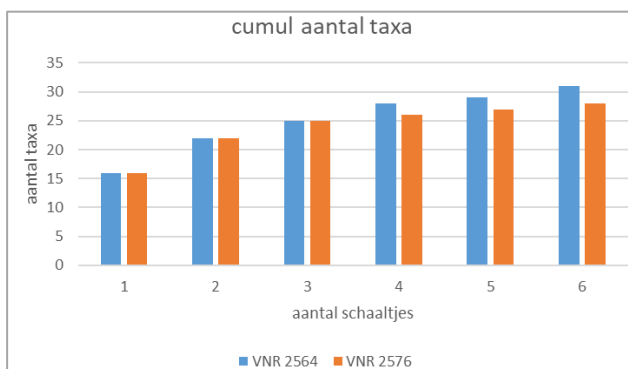
Bij het assessment wordt gekeken of er nog botanisch materiaal macroscopisch herkenbaar is en in hoeverre het materiaal voldoende verscheiden is om tot een analyse over te gaan. De **botanische rijkdom** van een monster wordt bepaald aan de hand van het **aantal taxa** dat in het monster aanwezig is. Hogere taxonomische eenheden (bijvoorbeeld genera of families) worden uitsluitend meegeteld indien er geen lagere taxa in het monster aanwezig zijn die hier onderdeel van uitmaken. Resten waarvan wordt vermoed dat ze van (sub)recente ouderdom zijn, worden buiten beschouwing gelaten. Op deze wijze wordt het betreffende monster ingedeeld in één van de volgende vijf categorieën:



Naast het totaal aantal taxa, worden ook aantallen genoteerd voor enkele groepen. Een eerste opsplitsing wordt gemaakt tussen **gekweekte** planten en **wilde** planten. Verder is er een onderscheid gemaakt tussen onverkoolde plantenresten (**OVK**) en verkoolde plantenresten (**VK**). Sommige wilde planten worden door de mens veel gebruikt; in dit geval spreken we ook van **gebruiksplanten**, naast de gekweekte planten.

ANALYSE

Bij de macrobotanische analyse wordt materiaal onderzocht tot er nog nauwelijks nieuwe taxa gevonden worden. Telkens werden er minstens 2 petrischaaltjes (Ø 9 cm) onderzocht bij materiaal tussen 0,5 en 2 mm en één plastic bakje van 15 cm x 10 cm voor materiaal grover dan 2 mm. In twee stalen werd meer materiaal onderzocht: in VNR 2564 en 2576 werden er vanaf 6 petrischaaltjes en 3 bakjes nog nauwelijks nieuwe taxa bij gevonden (Figuur 11).



Figuur 11: Aantal taxa botanische macroresten (cumulatief) in beide stalen per bijkomend geanalyseerd schaalpje.

Voor de **determinatie** van **zaden en vruchten** is gebruik gemaakt van de 'Digitale Zadenatlas' (Cappers et al., 2012) en de 'synantropische flora van de *Niederrhein*' (Knörzer, 2009). Voor Cyperaceae (zeggenfamilie) werden de atlanten van Nilsson and Hjelmquist (1967) en Berggren (1969) aangewend. Er is ook gebruik gemaakt van een collectie van recente zaden en vruchten, aanwezig bij Ruben Willaert nv.

Voor de naamgeving (zowel de wetenschappelijke namen als de Nederlandse) is nomenclatuur van de Belgische flora overgenomen (Lambinon et al. 2004).

Voor de indeling is hier gekozen voor ecologische soortengroepen (Runhaar et al., 2004). Met behulp van ecologische soortengroepen wordt beschreven welke plantensoorten binnen de **ecotooptypen** voorkomen. De ecologische soortengroepen corresponderen met de verschillende ecotooptypen en worden met dezelfde codes aangeduid. Ecotooptypen worden gedefinieerd als combinaties van kenmerkklassen. De legende van deze ecotooptypen staat in Tabel 3.

Tabel 3: Legende bij de soortengroepen (Runhaar et al., 2004).

Hoofdletter Vegetatietype	Eerste cijfer Vochttoestand	Tweede cijfer Voedselrijkdom/ zuurtegraad	Suffix Aanvulling
H bos en struweel	2 nat	1 voedselarm zuur	kr kalkrijk (bas)
G gesloten korte vegetatie	4 vochtig	2 voedselarm zwak zuur	tr betreden
P soorten van pioniervegetaties	6 droog	3 voedselarm basisch	b brak
R ruigte		7 matig voedselrijk	
V veen		8 zeer voedselrijk	
W watervegetaties			

De **hoofdletter** verwijst naar de **vegetatiestructuur**. Het **1^e cijfer** verwijst naar de **vochttoestand** en het **2^e cijfer** naar de **voedselrijkdom en zuurtegraad**. Uitzonderlijk kan er nog een prefix of suffix aan toegevoegd worden. Zo verwijst het ecotooptype G47 naar een gesloten, korte vegetatie (G) op een vochtige (4), matig voedselrijke (7) bodem. Het ecotooptype P48tr verwijst naar een pioniervegetatie (P) op een vochtige (4), zeer voedselrijke (8) betreden bodem (tr). Planten kunnen in meer dan één ecotooptype regelmatig voorkomen. Er is hier gekozen voor het type waar een bepaalde plant het meest in voorkomt. Meestal zijn het ook ecotooptypen die dicht bij elkaar aansluiten.

Bij zaden en vruchten wordt het exacte aantal vermeld. Bij fragmenten, kleiner dan de helft noteerden we ../x. Bij vegetatieve resten (= niet de zaden/vruchten) gebruiken we een Tansley-schaal: **sp**(oradisch), **oc**(casioneel), **fr**(equent), **ab**(undant en **dom**(inant).

4. RESULTATEN

4.1.1 Resultaten diatomeeënassessment

Vier sporen uit Maldegem en drie sporen uit Damme werden onderworpen aan diatomeeënassessment. De meeste stalen zijn afkomstig uit de **basis** van de vulling, behalve in Maldegem-S3665, waar het staal uit de meer organische **top** van de vulling genomen is (Figuur 1-Figuur 9). Aanvullend is uit elke site één spoor op **meerdere niveaus** bemonsterd (basis, midden en top van de organische vulling): Maldegem-S4216 en Damme-S1445.

De **meeste stalen** leverden **geen analyseerbaar materiaal** op (Tabel 4) enerzijds doordat er weinig tot (bijna) geen diatomeeënschaaltjes aanwezig zijn en anderzijds doordat zo goed as alle schaaltes gebroken zijn, waardoor identificatie onmogelijk is. Enkel Maldegem-S4216 en Damme-S1445 leverden enigszins bruikbaar materiaal op. In **Maldegem-S4216** is een **bepaalde telling** mogelijk in de bovenste twee niveaus, al moet ermee rekening gehouden worden dat een groot deel van de schaaltes gebroken is en het resultaat dus een vertekend beeld kan vormen ten opzichte van de oorspronkelijke samenstelling. **Damme-S1445** is het **meest geschikt**, met matig tot veel schaaltes, die in de bovenste twee niveaus bovendien minder sterk gefragmenteerd zijn dan in alle andere kuilen. Hier zijn dus meer identificaties mogelijk, die een betrouwbaarder beeld van het milieu zullen geven.

De **soortenvariatie** lijkt op basis van het assessment niet erg groot te zijn in beide positieve kuilen. In Maldegem-S4216 komen *Pinnularia borealis* en een andere soort van hetzelfde genus frequent voor. In Damme-S1445 worden de spectra gedomineerd door een soort van het genus *Nitzschia*. Verdere identificaties volgen bij de analyse.

Verder valt op dat alle stalen, inclusief de stalen met weinig of geen herkenbare diatomeeën, veel **fytolieten** bevatten, die behoren tot verschillende morfotypes, voornamelijk *bilobate* en *crenate* (Neumann et al., 2019). Dit wijst erop dat diatomeeën hier ook niet aanwezig waren in het oorspronkelijke sediment. Diatomeeën en fytolieten bestaan namelijk uit hetzelfde materiaal, dus ongunstige bewaringsomstandigheden, die zouden zorgen voor oplossing van siliciumdioxide, zouden beide categorieën aangetast hebben. Dat is hier niet het geval.

Tabel 4: Resultaten van het diatomeeënassessment op de vulling van artisanale kuilen uit Maldegem en Damme.

Project-code	Spoor	Residu-nummer	Hoeveelheid schaaltes	Fragmentatie	Analyse haalbaar?	Dominante diatomeeëntaxa	Fytolieten	
Maldegem								
2020C354	S 648	GAD 064	weinig	alles	nee	n.v.t.	veel	
	S 2856	GAD 065	bijna geen	alles	nee	n.v.t.	veel	
	S 3665	GAD 066	weinig	alles	nee	n.v.t.	veel	
	S 4216	GAD 034		matig	sterk	bepaald	<i>Pinnularia borealis</i>	veel
		GAD 035		matig	sterk	bepaald	<i>Pinnularia</i> sp.	veel
		GAD 036		weinig	sterk	nee	<i>Pinnularia borealis</i>	veel
		GAD 037		weinig	alles	nee	n.v.t.	veel
Damme								
2018H192	S 739	GAD 063	geen	n.v.t.	nee	n.v.t.	veel	
	S 1445	GAD 031	matig	matig	ja	<i>Nitzschia, Gomphonema</i>	veel	
		GAD 032		veel	matig	ja	<i>Nitzschia</i>	veel
		GAD 033		matig	sterk	bepaald	<i>Nitzschia, Eunotia</i>	veel
2023G60	S 18	GAD 053	weinig	alles	nee	n.v.t.	veel	

4.1.2 Resultaten beperkte diatomeeënanalyse

In plaats van de beschikbare tijd volledig in te zetten op een uitgebreide analyse van de meest geschikte stalen, kozen we ervoor om in zo veel mogelijk stalen een beperkte analyse uit te voeren. Waar mogelijk werd een totaal van minstens 100 schaaltes geteld. Dit lukte in de twee bovenste stalen van Maldegem-S4216 en van Damme-S1445. Meer naar onder toe in dezelfde lagen werd een telling geprobeerd, maar konden slechts enkele schaaltes gedetermineerd worden. Deze laatste tellingen zijn wel opgenomen in Tabel 5, maar niet in het procentueel diagram (Figuur 12) en in de grafieken met ecologische parameters (Figuur 13).

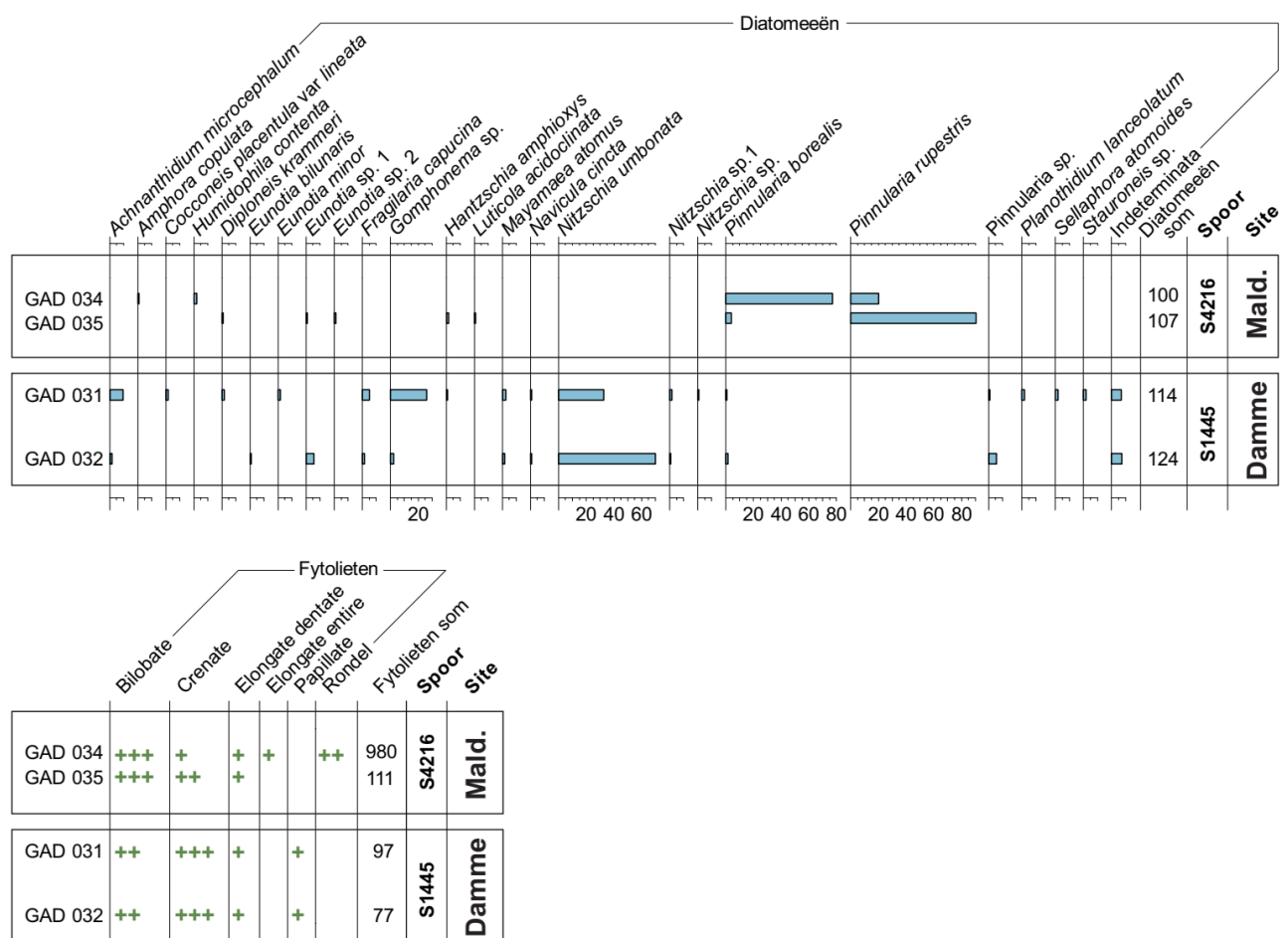
Tabel 5: Resultaten van de beperkte diatomeeënanalyse van de vulling van een artisanale kuil uit Maldegem en uit Damme.

	Maldegem S 4216			Damme S 1445		
	GAD 034	GAD 035	GAD 036	GAD 031	GAD 032	GAD 033
Diepte t.o.v. top pollenbak (cm)	18	20	31,5	11,5	25	41
Labo code						
Som diatomeeën	100	107	7	114	124	17
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald	1					
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe <i>et al.</i>	2					
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch in Rabenhorst	20	97				
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	77	4	2	1	2	2
<i>Eunotia</i> sp.1		1	1		7	4
<i>Luticola acidoclinata</i> Lange-Bertalot		1	1			
<i>Diploneis krammeri</i> Lange-Bertalot & E. Reichardt 2000		1		2		
<i>Eunotia</i> sp.2		1				
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow		2		1		
<i>Gomphonema</i> Ehrenberg sp.			1	30	3	
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt			1		1	1
<i>Podosira stelligera</i> (J.W.Bailey) A.Mann			1			
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs				1	1	
<i>Pinnularia</i> Ehrenberg sp.				1	7	1
<i>Nitzschia</i> sp. Hassal				1		
<i>Nitzschia</i> sp.1				2	1	
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck				2		
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow				2		
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot				2		
<i>Sellaphora atomoides</i> (Grunow) C.E.Wetzel & Van de Vijver				2		
<i>Stauroneis</i> sp.				2		
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot				3	2	
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières				6	2	
<i>Achnanthydium microcephalum</i> Kützing 1844				11	2	
<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot				37	87	7
Indeterminata	0	0	0	8	9	2
Som fytoieten	981	111	105	97	77	49
Bilobate	633	85	54	36	27	19
Crenate	90	25	45	49	39	23
Elongate dentate	57	1	6	7	4	6
Elongate entire	67					
Papillate				5	7	1
Rondel	133					
Verhouding diatomeeën/fytoieten	1/10	1/1	1/15	1/1	2/1	1/3

In de kuil uit **Maldegem** (S4216) zijn de meest voorkomende soorten *Pinnularia borealis* en *Pinnularia rupestris*. Andere soorten komen maximum 2x voor op een telling van ca. 100 schaalpjes.

Het optimale milieu voor deze soorten is zuurstofrijk, neutraal tot zuur en weinig vervuild met nutriënten of organische afbraakproducten. Beide soorten hebben weinig water nodig. Ze leven los op het sediment, in vochtige tot regelmatig droogvallende bodems. Vooral *P. borealis* is een typische soort voor droge, subaërische omstandigheden. Dit levert het beeld op van een droge kuil die zich boven het grondwater bevond en enkel na een regenbui of bij zeer hoge waterstanden tijdelijk water bevatte.

Fytolieten komen veelvuldig voor in de vulling van deze kuil. Vooral in het bovenste staal is de concentratie erg hoog, met een sterk overwicht van bilobate vormen. Daarnaast komen ook de volgende morfotypes voor: *rondel*, *crenate*, *elongate dentate* en *elongate entire*. De meeste van deze types zijn afkomstig van Poaceae, wat erop wijst dat vergane grasstengels, -bladeren en/of bloeiwijzen van grassen in de vulling aanwezig zijn. Op basis van een telling van fytolieten in een diatomeeënpreparaat kan niet bepaald worden of het verrottingsproces plaatsvond in de kuil of dat de fytolieten na het vergaan van de plant in de kuil zijn beland, bijvoorbeeld met afval.

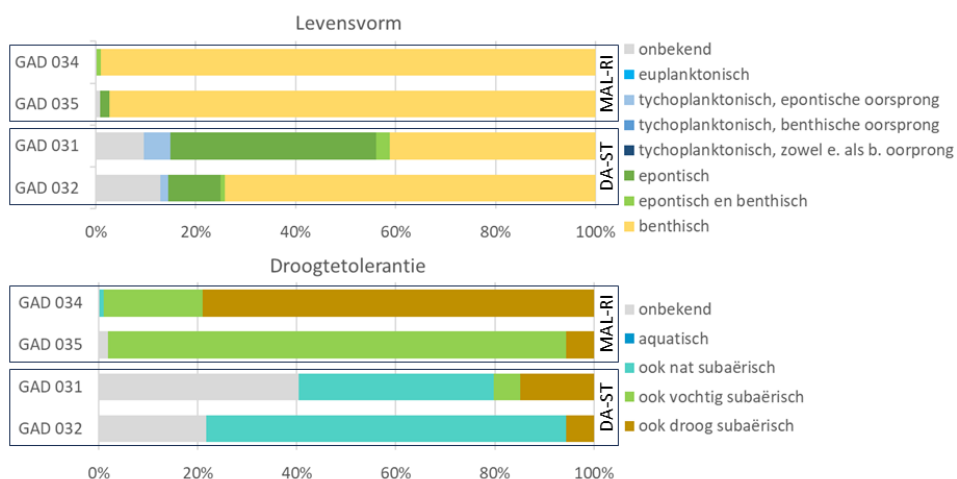


Figuur 12: Procentueel diagram van de beperkte diatomeeënanalyse van de vulling van een artisanale kuil uit Maldegem en uit Damme en frequentieklassen voor de morfotypes van fytolieten die in de diatomeeënpresparaten meegeteld werden.

De diatomeeënspectra uit de kuil in **Damme** (S1445) kennen een heel andere samenstelling. Hier is *Nitzschia umbonata* de dominante soort. In het onderste staal komen daarnaast ook meerdere niet tot op soort gedetermineerde schaaltes van *Eunotia* en *Pinnularia* voor. In het bovenste staal is *Gomphonema* frequent aanwezig en komen ook *Achnanthisidium microcephalum* en *Fragilaria capucina* meermaals voor. Bij *Gomphonema* zijn de schaaltes te vaak gebroken om te kunnen bepalen of het om één of meerdere soorten gaat. Andere soorten zijn beperkt tot max. 3 schaaltes op een telling van ruim 100 schaaltes.

De aangetroffen soorten in deze kuil uit Damme wijzen op een milieu dat toch wel sterk verschilt van dat in S4216 in Maldegem. Het merendeel van de soorten is bodembewonend (zowel los op het substraat (benthisch) als vastgehecht (epontisch)), maar *Fragilaria capucina* is tychoplanktonisch, wat betekent dat deel van de levenscyclus zich in de waterkolom afspeelt. De droogtetolerantie van de soorten in deze kuil is over het algemeen lager dan in Maldegem: er zijn soorten die quasi permanent droge omstandigheden verdragen, maar het grootste deel van de diatomeeën heeft natte omstandigheden nodig. We kijken hier dus eerder naar een kuil waar regelmatig water in staat, en die maximum af en toe – vermoedelijk tijdens drogere periodes van het jaar – bijna droogviel. Het water in de kuil is hoofdzakelijk zoet, maar enkele taxa wijzen op een iets hoger zoutgehalte, richting zeer licht brak. Een opvallend verschil met de kuil in Maldegem is dat het water hier meer richting alkalisch, voedselrijk (eutroof), matig organisch vervuild (meso tot polysaproob) en minder zuurstofrijk gaat. Dit kan het gevolg zijn van aanvoer via het grondwater, van rijke in situ plantengroei en/of van menselijke toevoeging van afval.

Ook in deze kuil komen fytoleten frequent voor. Crenate vormen zijn het meest aanwezig, gevolgd door bilobate vormen. Daarnaast komen kleinere hoeveelheden voor van elongate dentate en papillate fytoleten. Die laatste twee morfotypes wijzen beide op de aanwezigheid van bloeiwijzen (kaf, haarbasis) van grassen in de kuilvulling. Zoals reeds vermeld voor de kuil uit Maldegem, wijst de aanwezigheid van fytoleten op vergane plantenresten, maar kunnen we verder niets zeggen over de tafonomie. Daarvoor kan micromorfologisch onderzoek meer antwoorden bieden.



Figuur 13: Procentuele verdeling van enkele ecologische parameters volgens Denys (1991) - deel 1. MAL-RI = Maldegem Ringbaan (S4216) en DA-ST = Damme Stakendijke (S1445).



Figuur 13 (vervolg).

4.1.3 Resultaten palynologisch assessment

De vier sporen uit Maldegem en de drie sporen uit Damme die op diatomeeën getest werden (zie boven), werden eveneens onderworpen aan een palynologisch assessment.

HAALBAARHEID

Alle stalen bevatten hoge tot zeer hoge pollenconcentraties. De bewaring is echter meestal slecht (score ≤ 2 op een schaal van 1 tot 5). Enkel in **Damme-S1445** is de bewaring goed (score ca. 3 op een schaal van 1 tot 5). Dit is niet toevallig de kuil die op basis van diatomeeën beschreven kon worden als een kuil met opvulling in natte omstandigheden. Hoe natter, hoe beter de bewaring. Hier is analyse sowieso **haalbaar**.

In de **overige kuilen**, zowel in Damme als in Maldegem, wordt analyse haalbaar geacht, maar moet er rekening gehouden worden met **differentiële bewaring**. Dit houdt in dat de meest fragiele pollentypes niet meer herkenbaar zijn of zelfs volledig vergaan, terwijl de meer robuuste types wel nog aanwezig zijn, waardoor deze oververtegenwoordigd zijn in het pollenspectrum. Dit is het gevolg van oxidatie bij contact met lucht, doordat de kuilvulling zich in de periode tussen afzetting en opgraving boven de grondwatertafel bevond. In dit geval geeft een telling geen betrouwbaar beeld meer van de oorspronkelijke vegetatie. Bij specifieke vraagstellingen kan een analyse wel te motiveren zijn. Dit is hier het geval, aangezien we in de eerste plaats geïnteresseerd zijn in het achterhalen van de functie van de kuil. Daarbij zijn de exacte verhoudingen tussen taxa minder belangrijk dan wanneer het doel is om de regionale vegetatie te reconstrueren.

Het preparaat van het bovenste staal in **Maldegem-S4216** bevat een zeer dense matrix van zowel houtskooldeeltjes als sediment, waardoor een telling hier sterk bemoeilijkt wordt. Analyse kan hier wel nog lukken na filteren op maaswijdte 10 μ m. Dit wordt hier echter **niet aangeraden**, aangezien het onderliggende staal (GAP 281), dat slechts 2 cm lager genomen is, wel analyseerbaar is.

Tabel 6: Resultaten van het palynologisch assessment op de vulling van artisanale kuilen uit Maldegem en Damme: haalbaarheid.

Project-code	Spoor	Residu-nummer	Geschatte concentratie	Geschatte bewaring	HK	Sed	OM	Analyse haalbaar?	
Maldegem									
2020C354	S 648	GAP 534	zeer hoog	slecht	+++	++	+	ja (diff)	
	S 2856	GAP 535	zeer hoog	slecht	++	+	+	ja (diff)	
	S 3665	GAP 536	zeer hoog	slecht	++	++	+	ja (diff)	
	S 4216	GAP 280		zeer hoog	slecht	+++	+++	+	nee
		GAP 281		zeer hoog	slecht	++	++	+	ja (diff)
		GAP 282		zeer hoog	slecht	++	++	+	ja (diff)
		GAP 283		zeer hoog	slecht	+++	+	+	ja (diff)
Damme									
2018H192	S 739	GAP 533	zeer hoog	slecht	++++	+	+	ja (diff)	
	S 1445	GAP 284	hoog	goed	++	++	++	ja	
		GAP 285		hoog	goed	++	++	++	ja
		GAP 286		zeer hoog	goed	+++	+++	+++	ja
2023G60	S 18	GAP 520	hoog	slecht	++	+++	0	ja (diff)	

POLLENSPECTRA

Op basis van het palynologisch assessment kan al een eerste beeld verkregen worden van de samenstelling van de spectra (Tabel 7). In de meeste stalen domineert het **NAP** (pollen van kruiden). Er zijn echter ook twee sporen in Maldegem met stalen waar een overwicht aan **AP** (boompollen) werd vastgesteld (S2856 en S4216, basis en midden). In Damme zijn er twee stalen waar pollen van **heideplanten** (met name *Calluna vulgaris*, struikhei) domineert. NPP's (non-pollen palynomorfen zijn grotendeels afwezig). Dit zal zeker deels met de kwaliteit van bewaring te maken hebben. De taxonomische variatie is meestal matig, wat opnieuw te wijten is aan differentiële bewaring. In de meeste sporen werd de aanwezigheid van Cerealia vastgesteld. Andere cultuurgewassen werden binnen het assessment niet aangetroffen.

Tabel 7: Resultaten van het palynologisch assessment op de vulling van artisanale kuilen uit Maldegem en Damme: samenstelling van de spectra.

Project-code	Spoor	Residu-nummer	AP	Heide	NAP	Sporen	Schimmelsporen	Andere NPP's	Variatie	Dominante taxa	Cultuur-gewassen	
Maldegem												
2020C354	S 648	GAP 534	++	+	+++	+	0	0	matig	Poaceae > <i>Alnus</i> > <i>Corylus</i> > Asteraceae-Liguliflorae	Cerealia	
	S 2856	GAP 535	+++	+	++	+	0	0	matig	<i>Alnus</i> > Poaceae > <i>Fagus</i>	-	
	S 3665	GAP 536	++	+	+++	+	0	0	matig	Poaceae > <i>Alnus</i> > <i>Corylus</i>	-	
	S 4216	GAP 280		+	+	+++	0	0	0	matig	<i>Alnus</i> > Ericaceae	Cerealia
		GAP 281		++	++	+++	+	0	0	matig	<i>Alnus</i> > Poaceae	-
		GAP 282		+++	+	++	+	0	0	matig	<i>Alnus</i> > <i>Corylus</i> > <i>Quercus</i> , <i>Betula</i> , Poaceae	Cerealia
	GAP 283		+++	+	++	+	0	0	matig	<i>Alnus</i> > <i>Corylus</i> > <i>Betula</i> , Poaceae	-	
Damme												
2018H192	S 739	GAP 533	++	+++	++	+	0	0	matig	<i>Calluna</i> > Poaceae > <i>Alnus</i> , <i>Corylus</i>	Cerealia	
	S 1445	GAP 284	+	++	+++	+	+	0	matig	Poaceae > Cerealia, Cyperaceae	Cerealia	
		GAP 285		++	++	+++	+	0	0	matig	Poaceae > Cerealia, Cyperaceae, Ericaceae	Cerealia
		GAP 286		+	++	+++	+	0	0	hoog	Poaceae > Ericaceae > <i>Rumex acetosa</i> type, Cerealia	Cerealia
2023G60	S 18	GAP 520	++	++	++	+	0	0	matig	<i>Calluna</i> > <i>Alnus</i> > Poaceae > <i>Corylus</i>	Cerealia	

4.1.4 Resultaten palynologische analyse

Alle stalen uit het assessment, behalve het bovenste substaal uit Maldegem-S4216, werden volledig geanalyseerd. In alle stalen werd een totaal van 400 pollenkorrels (droge + natte grond) bereikt. De ruwe tellingen zijn terug te vinden in Tabel 8 en de procentuele verdeling wordt voorgesteld in het pollendiagram in Figuur 14. De vergelijking met pollenspectra uit waterputten van dezelfde sites is te vinden in Figuur 15.

Tabel 8: Resultaten van de palynologische analyse van de vulling van artisanale kuilen uit Maldegem en Damme.

Site	Maldegem Ringbaan						Damme Stakendijke					
	Artisanale kuilen											
	S4216			S648	S2856	S3665	S1445			S739	S18	
Type spoor												
Spoor												
Diepte (cm)	20	31,5	39	42	28	33	11,5	25	41	38	46	
Residunummer	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	
	281	282	283	534	535	536	284	285	286	533	520	
Pollen (droge grond)	279	273	228	331	260	294	338	321	378	388	332	
Bomen/struiken (droog)	59	164	148	69	144	98	61	61	58	79	73	
<i>Betula</i>	6	35	25	18	1	27	7	15	11	9	3	berk
<i>Carpinus betulus</i>		2	3	2			1	2		3	1	haagbeuk
<i>Corylus avellana</i>	33	67	47	30	29	41	32	23	28	46	46	hazelaar
<i>Fagus sylvatica</i>	4	3	14	1	69	8	7	4	4	6	8	beuk
<i>Fraxinus excelsior</i>								1				es
<i>Hedera helix</i>			2	1	3							klimop
<i>Ilex aquifolium</i>	3								1			hulst
<i>Pinus sylvestris</i>	1	1	2	1	3	3	1	2	1	7	8	grove den
<i>Quercus</i>	12	54	51	14	37	19	12	14	11	6	3	eik
<i>Sambucus nigra</i> type									1			gewone vier type
<i>Tilia</i>		1	2				1		1	1	1	linde
<i>Ulmus</i>		1	2	2	2					1	3	iep
Heideplanten	51	14	8	6	19	12	88	59	55	207	141	
<i>Calluna vulgaris</i>	7	2	3	6	19	11	82	55	39	206	140	struikhei
Ericaceae	44	12	5			1	6	4	16			heidefamilie
<i>Vaccinium</i> type										1	1	bosbes type
Kruiden (droog)	169	95	72	256	97	184	189	201	265	102	118	
Cultuurgewassen	13	7	2	21	8	4	29	27	42	14	10	
Cannabaceae						1						hennepfamilie
Cerealialia type	13	7	2	21	8	3	29	27	41	14	10	graan type
<i>Fagopyrum</i>									1			boekweit
Ruderalen	1	4	2	0	1	2	4	5	8	2	3	
<i>Artemisia</i>	1	1	1			1		1	2	1	1	alsem/bijvoet
<i>Centaurea cyanus</i>							2		2			korenbloem
<i>Fallopia</i>									1			duizendknoop
<i>Persicaria maculosa</i> type								1		1		perzikkruid type
<i>Polygonum aviculare</i> type			1		1		2	3	3			gewoon varkensgras
<i>Urtica dioica</i> type		3				1					2	grote brandnetel type
Graslandplanten	135	67	53	197	73	160	113	124	146	73	76	
<i>Plantago lanceolata</i>	4	1	2	2			3		2			smalle weegbree
Poaceae	130	65	50	190	73	160	94	109	119	73	76	grassenfamilie
<i>Rumex acetosa</i> type	1	1	1	5			15	15	25			veldzuring type
<i>Succisa pratensis</i>							1					blauwe knoop
Algemene kruiden	20	17	15	38	15	18	43	45	69	13	29	
Apiaceae	1			3	1	1			3		1	schermbloemenfamilie
Asteraceae-Liguliflorae	1	5	6	21	3	1	9	11	20	4	10	composietenfamilie (lintbloemig)
Brassicaceae	2	1	1	2	1		7	10	7	2	1	kruisbloemenfamilie
<i>Centaurea jacea</i> type		1			1	1						knoopkruid type
<i>Centranthus</i>		3	1									spoorbloem
<i>Cirsium</i> type							1					distel type
Chenopodiaceae	2		3	2	2	3	4	2	1		5	ganzenvoetfamilie
Dipsacaceae undiff.				2					1			kaardebolfamilie
Fabaceae							3		1			vlinderbloemenfamilie
<i>Matricaria</i> type	1	1			1		3	5	5		1	kamille type
<i>Potentilla</i> type	10	6	3	7	3	11	10	12	24	4	10	ganzerik type
<i>Ranunculus acris</i> type							2		3			scherpe boterbloem type
Rosaceae undiff.	1			1	3		1					rozenfamilie undiff.
Rubiaceae	2		1				1					sterbladigenfamilie
<i>Senecio</i> type							2	4	2	3	1	kruiskruid type
<i>Spergularia</i> type								1	2			schijnspurrie type
<i>Thalictrum</i>						1						ruit

Tabel 8 (vervolg).

Site	Maldegem Ringbaan						Damme Stakendijke					
Type spoor	Artisanale kuilen						Artisanale kuilen					
Spoor	S4216			S648	S2856	S3665	S1445			S739	S18	
Diepte (cm)	20	31,5	39	42	28	33	11,5	25	41	38	46	
Residunummer	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	GAP	
	281	282	283	534	535	536	284	285	286	533	520	
Pollen (natte grond) en sporen												
Bomen en struiken (nat)	142	147	178	67	146	104	24	42	22	60	78	
<i>Alnus</i>	141	147	178	63	143	104	24	40	20	60	77	els
<i>Myrica gale</i>								2				wilde gagele
<i>Salix</i>	1			4	3				2		1	wilg
Moeras- en oeverkruiden	1	3	0	2	2	0	37	40	16	3	0	
Cyperaceae	1	1		2	2		37	39	14	3		cypergrassenfamilie
<i>Filipendula</i>		2						1				spirea
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>									1			gewone watermavel
<i>Lythrum</i> (kleine PK)									1			kattenstaart (kleine pollenkorrel)
Sporenplanten	4	5	12	14	15	1	9	15	19	6	4	
Filicales			6	7	10		5	9	7		2	varens met monoete sporen
<i>Polypodium vulgare</i>	1	4	1	1				1				eikvaren
<i>Pteridium aquilinum</i>	3	1	3	5	4		3	5	11	2	1	adelaarsvaren
<i>Sphagnum</i>			2	1	1	1	1		1	4	1	veenmos
Non-pollen palynomorfen												
Algen	0	0	1	4	0	0	0	0	1	1	0	
Type HdV-128			1	4					1			onbekend microfossiel (alg)
Type HdV-214										1		<i>Debarya zygospore</i>
Plantenresten	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	
Type HdV-114	1								1			scalariforme perforatie plaat
Type Tmac-8 tot -19							2		1			Bryophyta undiff. bladfragment
Onbekend type plantenweefsel											2	Onbekend type plantenweefsel
Schimmels	0	0	0	0	1	0	11	28	19	0	0	
Type HdV-4								1				<i>Anthostomella fuegiana</i> spore
Type HdV-8								1				cf. <i>Microthyrium</i> spec.
Type HdV-55							5	6	3			Sordariaceae? schimmelspore
Type HdV-89							2					<i>Tetraploa aristata</i> conidium
Type HdV-112								2				<i>Cercophora</i> ascospore
Type HdV-113									4			<i>Sporormiella</i> spore
Type HdV-121								2				ascospore
Type HdV-368							1	1	1			<i>Podospora</i> ascospore
Type HdV-729							1					chlamydo?spore
Overige schimmelsporen					1		2	15	11			Overige schimmelsporen
Indeterminata	71	23	44	36	35	278	31	26	41	64	122	indeterminata
Bewaring	2	1,8	1,6	2	1,7	1,6	3,2	2,9	3,1	1,7	1,6	score op schaal 1-5
<i>Lycopodium</i> sporen	5	11	6	2	3	0,5	27	19	28	6	19	toegevoegd
Volume substaal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,4	cm ³
# <i>Lycopodium</i> -tabletten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14285 sporen per tablet
Pollenconcentratie	797	355	543	2364	1238	8400	179	241	193	924	178	Aantal korrels per mm ³
Houtskoolconcentratie	2305	1077	1494	4415	3002	17573	909	1688	1118	1659	1211	Aantal fragmenten per mm ³

REGIONALE VEGETATIE

Om de regionale vegetatie te beschrijven, kijken we naar de gemeenschappelijke kenmerken in droge vegetatie (i.e. bomen, struiken, heideplanten en kruiden van droge grond), tussen artisanale kuilen en waterputten van dezelfde site.

- **Damme**

Binnen de regionale vegetatie vertoont het pollendiagram enkele duidelijke verschillen tussen beide sites. Het meest opvallend is dat heideplanten, meer bepaald *Calluna vulgaris* (struikhei), in Damme veel frequenter voorkomen dan in Maldegem. In Damme-S1445 en de waterputten, waar de bewaring beter is, zijn de waarden voor *Calluna* iets lager dan in de kuilen met slechtere bewaring (S739 en S18). Dit wordt gecompenseerd door hogere waarden van onder andere Cerealia (graan), maar ook door een grotere variatie aan kruidentaxa. Ook enkele taxa die bij oxidatie snel onherkenbaar worden, zijn sterker aanwezig in de goed bewaarde stalen: *Rumex acetosa* (veldzuring) type in kuil S1445, *Urtica dioica* (grote brandnetel) type in de waterputten, Cyperaceae (cypergrassen) in beide. Vermoedelijk is dit verschil grotendeels te wijten aan differentiële bewaring, waardoor de makkelijk herkenbare korrels van *Calluna* oververtegenwoordigd zijn in de stalen met slechtere bewaring. Dit neemt niet weg dat **heide** in Damme een belangrijk onderdeel van het landschap moet gevormd hebben in de periode van afzetting. **Akkers** (cf. Cerealia) en **grasland** (cf. Poaceae (grassen) en *Rumex acetosa* type) waren eveneens aanwezig. Bij de kruidentaxa die niet duidelijk aan één bepaald milieu te linken zijn, komen vooral Asteraceae-Liguliflorae (lintbloemige composieten) en Brassicaceae (kruisbloemigen) voor in alle sporen.

Bij het AP in Damme, zowel in de waterputten als de artisanale kuilen, zien we vooral *Corylus* (hazelaar), een lichtminnende struik die wijst op open bos, bosrand of losstaande bosjes/hagen binnen een cultuurlandschap. Andere boomsoorten komen slechts in kleine hoeveelheden voor, waaronder *Quercus* (eik), *Fagus* (beuk), *Betula* (berk), *Carpinus* (haagbeuk). Dit wijst op **eiken-beukenbos** met een beperkt aandeel in het landschap of op grotere afstand van de site.

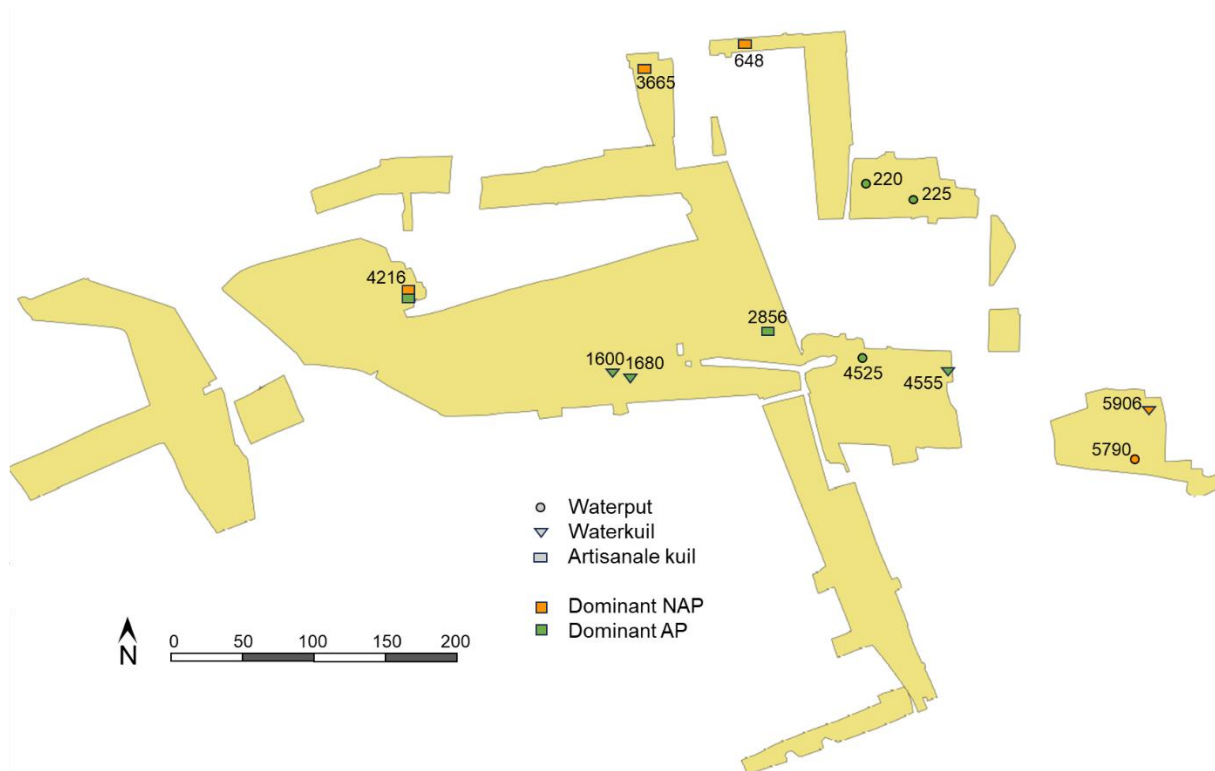
- **Maldegem**

In Maldegem is het aandeel pollen van heideplanten veel kleiner. Enkel in de top van S4216 ligt de waarde iets hoger. Binnen deze site zien we twee grote groepen. Een eerste groep bevat spectra uit artisanale kuilen en waterhoudende structuren die gedomineerd worden door **kruidenpollen** (NAP), voornamelijk Poaceae (grassen), meestal in combinatie met iets hogere waarden voor Cerealia. Het gaat om S648, S3665 en de top van S4216, waterkuil S5906 uit het uiterste oosten van de opgraving en in mindere mate ook de vlakbij gelegen waterput S5790.

De tweede groep sporen/niveaus vertoont hogere waarden voor **boompollen** (AP). In de onderste twee stalen uit S4216 en de waterputten en -kuilen gaat het voornamelijk om *Corylus* (hazelaar), *Quercus* (eik) en *Betula* (berk), terwijl in artisanale kuil S2858 een opvallende piek van *Fagus* waar te nemen is. Dit laatste is vermoedelijk een lokaal fenomeen, door nabijheid van een beuk, maar kan door differentiële bewaring versterkt worden. De pollenkorrels van *Fagus* zijn namelijk redelijk robuust en dus beter bestand tegen oxidatie dan veel andere taxa.

Voor Maldegem mogen we dus een landschap met meer (of nabijer) **bos** afleiden dan in Damme. Ook hier gaat het om eiken-beukenbos, met o.a. hultst in de ondergroei (cf. *Ilex aquifolium* pollen: niet afgebeeld in Figuur 15 wegens lage percentages). In de open delen van het landschap was **grasland**, **akkerland** en in mindere mate heide te vinden.

Het verschil in spectra binnen de site in Maldegem kan te maken hebben met veranderingen in de vegetatie doorheen de tijd (sporen met verschillende ouderdom), maar kan ook een



Figuur 16: Locatie van de waterputten, waterkuilen en artisanale kuilen waarvan de pollenspectra afgebeeld worden in Figuur 15. Met onderscheid tussen spectra die gedomineerd worden door AP (groen) vs. NAP (oranje). In S4216 zijn de onderste twee niveaus gedomineerd door AP en het bovenste door NAP (+ Calluna).

LOKALE OMSTANDIGHEDEN

Om te bepalen welke palynomorfen specifiek kenmerkend zijn voor de vulling van de artisanale kuilen, moeten de artisanale kuilen in elke van beide sites vergeleken worden met de waterputten (en -kuilen) op dezelfde site. Daarmee moet rekening gehouden worden met de verschillen in bewaring: de waterhoudende structuren bevatten in beide sites goed bewaard pollen, zoals te verwachten valt bij bewaring onder de grondwatertafel. De artisanale kuilen bevinden zich echter grotendeels boven de grondwatertafel en kennen daardoor een slechte bewaring van het pollen (uitgezonderd S1445 in Damme). Door differentiële bewaring kunnen daardoor bepaalde taxa oververtegenwoordigd zijn. Dit mag niet geïnterpreteerd worden als een indicatie voor de inhoud van de kuilen.

• Damme

In Damme zijn de zeer hoge waarden van heide in S739 en S18, zoals hierboven reeds beargumenteerd, het gevolg van differentiële bewaring. De verschillen tussen artisanale kuil S1445 en de beide waterputten mogen wel als representatief beschouwd worden, wegens de gelijkaardige kwaliteit van bewaring. De grootste verschillen tussen deze groepen zijn de hogere waarden voor **ruderalen** (vooral *Urtica dioica* (grote brandnetel) type en in mindere mate *Artemisia* (bijvoet)) in de **waterputten**, tegenover beduidend hogere waarden voor *Rumex acetosa* (veldzuring) type, *Potentilla* type en Cyperaceae in de **artisanale kuilen**. Deze laatste taxa kunnen gelinkt worden aan (natte) graslanden en reflecteren vermoedelijk de directe omgeving van de kuilen.

- **Maldegem**

In Maldegem zien we enkele opvallende verschillen tussen de artisanale kuilen en de waterhoudende structuren: in de artisanale kuilen zijn de percentages voor *Alnus* (els) over het algemeen hoger (uitgezonderd in S648), terwijl *Pteridium aquilinum* (adelaarsvaren) opvallend veel frequenter voorkomt in de waterputten en -kuilen. Vermoedelijk zijn deze verschillen uitsluitend te wijten aan het **verschil in bewaringskwaliteit**: korrels van *Alnus* blijven goed herkenbaar, ook bij sterke oxidatie, zoals het geval is in de artisanale kuilen, terwijl sporen van *Pteridium* eerder delicaat en moeilijk herkenbaar zijn zodra ze enigszins aangetast zijn door oxidatie. Dezelfde redenering geldt waarschijnlijk voor enkele andere taxa met meer fragiele pollenkorrels die in de waterputten en -kuilen meer voorkomen, bijv. *Rumex acetosa* type, Rosaceae undiff., *Salix*, Cyperaceae. Ook schimmelsporen zijn gevoelig voor oxidatie, hetgeen de hogere percentages in de waterputten en -kuilen verklaart. De kuil met betere bewaring (S1445) bevat wel een relatief grote variatie aan schimmelsporen, waaronder types die aan mest gelinkt kunnen worden (HdV-113, HdV-368). *Potentilla* type daarentegen komt frequenter voor in de artisanale kuilen. Voor dit pollentype gaat de redenering van 'differentiële bewaring' niet op aangezien deze pollenkorrels niet bijzonder robuust of goed herkenbaar zijn.

- **Potentilla type**

In beide sites werd *Potentilla* type vermeld als kenmerkend voor de artisanale kuilen. Dit pollentype komt over het algemeen niet speciaal veel voor in middeleeuwse pollenspectra in Vlaanderen. De constante aanwezigheid van dit type moet dus in gedachten gehouden worden als mogelijk typisch kenmerk voor de functie van deze artisanale kuilen.

Potentilla type omvat pollen van twee genera uit de rozenfamilie, namelijk *Fragaria* (aardbei) en *Potentilla* (ganzerik). Binnen het genus *Fragaria* is *F. vesca* (bosaardbei) de enige algemene, inheemse soort. De gecultiveerde varianten van de aardbei kwamen hier nog niet voor in de middeleeuwen. Binnen het genus *Potentilla* zijn er een zestal algemene, inheemse soorten (Hennekens et al., 2010). De meeste zijn typisch voor grasland (*P. anglica*, *anserina*, *argentea*, *erecta*, *reptans*), met verschillende voorkeuren wat betreft voedselrijkdom en vochtigheid. *P. anserina* (zilverschoon) komt ook algemeen voor op verstoorde grond. *P. palustris* (ook wel *Comarum palustre*) groeit in moerassige omstandigheden. Het is echter niet zeker dat we de oorsprong van het pollen van *Potentilla* type moeten zoeken in de natuurlijke plantengroei: verschillende soorten hebben namelijk ook een nut voor de mens. *P. anserina*, *P. erecta* en *P. palustris* staan bekend om hun medicinale werking (Tomczyk and Latté, 2009). De wortels van *P. erecta* en *P. palustris* worden bovendien gebruikt voor als looistof en rode kleurstof, onder andere voor leer (Procter, 1903; Tofan-dorofeev, 2018; Valeika et al., 2012). Ten slotte zijn zowel de wortels van *P. erecta* als de vruchten van *Fragaria vesca* (bosaardbei) eetbaar en kunnen de bladeren van sommige soorten gebruikt worden om aftreksels van te maken. Met name het gebruik als looistof moet overwogen worden als indicatie voor de functie van de artisanale kuilen.

4.1.5 Resultaten macrobotanisch assessment

Voor **Maldegem Ringbaan** werd één spoor bekeken (S 648, L3, Tabel 9). Na het assessment bleek dit staal slechts 1 verkoold exemplaar van Poaceae (grassenfamilie) en verder 2 verkoelde, sterk verweerde, niet nader te bepalen zaden/vruchten te bevatten. Op basis van de slechte bewaring die bleek uit de palynologische assessments, werd besloten dat het niet nuttig is om van deze site verder macrorestenonderzoek te ondernemen. Ook het staal uit Sijsele Stationsstraat leverde geen macrobotanische resten op (Tabel 9).

Voor **Damme Stakendijke** werden assessments op vullingen van 14 artisanale kuilen eerder uitgevoerd door Luc Allemeersch (cf. eindrapport van de opgraving uit 2018, Deconynck et al., 2021, Tabel 9). Op basis van deze assessments bleken alleen spoor 1330, 1445 en 1475 voldoende taxa te bevatten om over te gaan tot analyse (gele of groene categorie: respectievelijk minstens 12 of 19 verschillende taxa). Alle andere kuilen leverden na het bekijken van één bakje (fractie >2 mm) en 2 schaaltes (fractie 0,5-2 mm) minder dan 12 taxa tot zelfs helemaal niets op, en worden bijgevolg als niet geschikt voor analyse geschouwd.

Tabel 9: Resultaten van het macrorestenassessment. Gegevens van Damme Stakendijke overgenomen uit Deconynck et al. (2021).

Project-code	Site	Opge-graven door	Spoor	Macroresten		# taxa gebruiksplanten (OVK)			# taxa wilde planten		Totaal # taxa	
				Staal	Laag	Graan	Vlas	Gebruik	OVK	VK		
Maldegem												
2020C354	Maldegem Ringbaan	DL&H + GATE	S648		L3					2	2	
Damme												
2018H192	Damme Stakendijke	RW + GATE	S 739	VN2739	L103					2	2	
				VN2740	L104	1			3	3	7	
			VN2741	L105			1		1	4	6	
			S 1445	VN2563	L104					19		19
				VN2564	L105	1	1			16		18
			S 1475	VN2568	L101					6	1	7
				VN2567	L102					2		2
				VN2574	L104			1		25	1	27
				VN2560	L105			1	1	21		23
			S 1047	VN2128	L1					1		1
			S 1052	VN2159	L103							0
				VN2160	L104					1		1
			S 1058	VN2144	L104							0
			S 1069	VN2462	L101	1		1		7		9
				VN2463	L101					3		3
			S 1070	VN2465	L102							0
				VN2339	L101					1		1
			S 1178	VN2340	L102					3		3
				VN2407	L101					2		2
			S 1217	VN2408	L102					1		1
				VN2575	L101(1)							0
			S 1330	VN2576	L101(2)			1		13		17
				VN2556	L102					6		6
			S 1423	VN2579	L102							0
			S 1444	VN2729	L101					3		3
				VN2730	L102				1	1		2
S 1505	VN2731	L103				1	5		6			
	VN2732	L104					0		0			
	VN2733	L105				1	2		3			
	VN2734	L106				1	2	1	4			
2023G60	Sijsele Stationsstraat	A&B	S 18	VN20	L3					0		

S1330 betreft een langwerpige, ondiepe kuil. S1445 en 1475 behoren beide tot het afwijkende type met grotere diepte.

Binnen het voorziene tijdsbestek konden 2 stalen (VNR 2564 uit S1445 en VNR 2576 uit S 1330), waarop ook andere proxies uitgevoerd werden, geanalyseerd worden. Bij 3 andere stalen (uit de diepe kuilen, S1445 en S1475), waarop ook andere proxies uitgevoerd zijn, werden de gegevens die genoteerd werden bij de oorspronkelijke waardering opgediept (notities op papier door Luc Allemeersch, gebruikt voor figuur 278 in Deconynck et al., 2021). Deze worden samen met de analyses voorgesteld. Hierbij wordt alleen de aanwezigheid weergegeven met een X.

4.1.6 Resultaten macrobotanische analyse

- **Gekweekte planten en gebruiksplanten**

Bij de gekweekte planten noteren we de aanwezigheid van *Linum usitatissimum* (**gekweekt vlas**) in de 3 gewaardeerde stalen. Na controle van deze gewaardeerde stalen bleek het telkens slechts om een exemplaar te gaan. In spoor 1475 werden belangrijke hoeveelheden van vermoedelijk stengels van grassen (mogelijk stro) gevonden.

Het aantal gebruiksplanten is zeer gering. Vlakbij zullen er dus wel geen struiken van deze taxa gegroeid hebben.

- **Waterplanten**

De verscheidenheid en het aantal waterplanten is zeer beperkt. Het zijn daarenboven taxa die 's zomers op droogvallende bodem nog vrucht kunnen zetten.

- **Wilde planten**

Planten van graslanden zijn in zekere mate aanwezig. Het zijn wel taxa van een open, korte vegetatie. *Eleocharis palustris/uniglumis* (**gewone/slanke waterbies**) is veruit het best vertegenwoordigd.

Bij de pioniers van voedselrijke gronden zijn er heel wat onkruiden die op (graan-)akkers voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn *Anthemis cotula* (**stinkende kamille**), *Raphanus raphanistrum* (**knopherik**), *Glebionis segetum* (**gele ganzenbloem**), *Agrostemma githago* (**bolderik**) en *Centaurea cyanus* (**korenbloem**). Ook alle andere taxa van de groep 'Pioniers van droge, voedselrijke gronden' waren onkruiden van graanakkers. We veronderstellen dat het om een beperkte vorm van afval gaat, afkomstig van graanteelt of -verwerking in de omgeving. De enkele verkoolde resten komen trouwens ook uit het graan. Zeer grote aantallen zijn er binnen deze groep van voedselrijke gronden bij *Polygonum aviculare* (**varkensgras**), *Chenopodium album* (**melganzenvoet**) en *Rumex acetosella* (**schapenzuring**).

Verder is er nog een groep van eerder voedselarme, lage vegetaties. Deze lage vegetatie kan standhouden op plaatsen die 's winters onderlopen en in de late lente droogvallen. Dit geldt vooral voor *Hydrocotyle vulgaris* (**waternavel**) en *Ranunculus flammula* (**egelboterbloem**). De resten van *Erica tetralix* (**gewone dophei**) en *Calluna vulgaris* (**struikhei**) zijn slechts in kleine aantallen aanwezig en kunnen aangevoerd zijn.

De groep van *Carex flava* heeft kleine, driehoekige nootjes. Vermoedelijk horen de vele nootjes, die in groten getale aanwezig zijn, tot deze groep. Spijtig genoeg kunnen deze

meestal onvolledige nootjes niet met zekerheid gedetermineerd worden. De soorten *Carex demissa* (geelgroene zegge) en *Carex viridula* (dwergzegge) zijn wel kenmerkend voor schrale, korte vegetaties op zure bodem.

Tabel 10: Resultaten van de macrobotanische waardering/analyse van de vulling van artisanale kuilen uit Damme.

DAST	2018-H192	1330	1445	1445	1475	1475	spoor
	artisanale kuilen	2576	2564	2565	2574	2560	vondstnummer
		101	104	105	104	105	
		2					laag
	aantal bakjes (2 mm < ...)	1 (all)	3	1	1	1	
	aantal petri-schaaltjes (2 mm < ... < 0,5 mm)	6	6	2	2	2	
Gekweekte planten							
	<i>Linum usitatissimum</i>			X	X	X	Gekweekt vlas
Wilde planten							
Gebruiksplanten							
R47	<i>Rubus fruticosus</i>	1					Gewone braam
R47	<i>Rubus</i> sp.					X	Braam/Framboos
H6,4	<i>Sambucus nigra</i>		1				Gewone vlier
Waterplanten							
W1, P2	<i>Ranunculus</i> subg. <i>Batrachium</i>	2	5		X		Watteranonkel
W18,16	<i>Alisma plantago-aquatica</i>					X	Grote waterweegbree
Planten natte graslanden							
G2, R2	<i>Mentha aquat./arv.</i>			X	X		Water-/Akkermunt
G28	<i>Eleocharis pal./uni.</i>	21	17	X	X	X	Gewone/Slanke waterbies
R27	<i>Lycopus europaeus</i>	2	1	X		X	Wolfspoot
Planten matig natte tot droge graslanden							
G47	<i>Carex ovalis</i>	5	2				Hazezegge
G28,47	<i>Carex hirta</i>	3	4				Ruige zegge
G28,47	<i>Ranunculus acris/repens</i>	2	2		X	X	Scherpe/kruipende boterbloem
G47,43	<i>Prunella vulgaris</i>	3	1				Brunel
G47,48	<i>Leontodon autumnalis</i>	1	1		X		Vertakte leeuwentand
Pioniers van natte, voedselrijke gronden							
P28	<i>Bidens tripartita</i>			X	X	X	Veerdelig tandzaad
P28	<i>Bidens cernua/tripartita</i>		1				Knikkend/Veerdelig tandzaad
P28	<i>Persicaria lapathifolia</i>	2	5	X	X	X	Beklierde duizendknoop
P27	<i>Isolepis setacea</i>	1					Borstelbies
Pioniers van matig natte, voedselrijke gronden							
P48	<i>Sonchus asper</i>						Gekroesde melkdistel
P48	<i>Stellaria media</i>	4	1		X		Vogelmuur
P48	<i>Persicaria hydropiper</i>	2			X	X	Waterpeper
P47	<i>Anagallis arvensis</i>		1				Guichelheil
P48	<i>Persicaria maculosa</i>		1	X		X	Perzikkruid
P48	<i>Anthemis cotula</i>	1	4	X	X	X	Stinkende kamille
P47	<i>Glebionis segetum</i>		1				Gele ganzenbloem
P48	<i>Ranunculus sardous</i>	1					Behaarde boterbloem
P48tr	<i>Potentilla anserina</i>	3	2		X	X	Zilverschoon
P48tr	<i>Polygonum aviculare</i>	68	5		X	X	Varkensgras
P47,67	<i>Raphanus raphanistrum</i> (vrucht)	1	14	X	X	X	Knopherik
P47kr	<i>Agrostemma githago</i>	-/1			X		Bolderik

Tabel 10: vervolg

	2018-H192	1330	1445	1445	1475	1475	spoor
	artisanale kuilen	2576	2564	2565	2574	2560	vondstnummer
		101	104	105	104	105	
		2					laag
Pioniers van droge, voedselrijke gronden							
P68	<i>Chenopodium album</i>	6	41	X	X	X	Melganzenvoet
P68	<i>Solanum nigrum</i>	1			X		Zwarte nachtschade
P67	<i>Rumex acetosella</i>	16	26		X	X	Schapenzuring
P67	<i>Centaurea cyanus</i>		2				Korenbloem
P67	<i>Spergula arvensis</i>		2				Gewone spurrie
P67	<i>Viola arvensis/tricolor</i>		1				Akker-/Driekleurig viooltje
Planten van matig natte ruigten							
R47,P47	<i>Galeopsis tetrahit</i>		2			X	Gewone hennepnetel
R48	<i>Urtica dioica</i>	1	1				Grote brandnetel
R48	<i>Urtica urens</i>		2				Kleine brandnetel
Planten droge ruigten							
R64/H61	<i>Pteridium aquilinum</i>		sp	X	X	X	Adelaarsvaren
Planten voedselarme, lage vegetaties (heiden)							
G41, 21	<i>Erica tetralix</i> (blad)		sp	X	X	X	Gewone dophei
G42, 22	<i>Potentilla erecta</i>	6	4		X		Tormentil
G61, 21	<i>Calluna vulgaris</i> (bloem)				X		Struikhei
G23	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1	2				Waternavel
P23, 22	<i>Ranunculus flammula</i>	9	10		X	X	Egelboterbloem
Verkoold							
	<i>Bromus arvensis/secalinus</i>				X		Dreps/akkerdravik
	Cerealia			X			Granen
Niet nader te bepalen groepen							
	<i>Carex</i> (biconvex)	6	10	X	X	X	Zegge (biconvex)
	<i>Carex</i> (driehoekig)	45	18	X	X	X	Zegge (driehoekig)
	Poaceae		2				Grassenfamilie
	Polygonaceae	5	13	X	X	X	Duizendknoopfamilie
	<i>Myosotis</i> sp.				X		Vergeet-mij-nietje
	<i>Juncus</i> sp.		2				Rus
	Indeterminavit	2					Niet gedetermineerd
DIEREN							
	<i>Lumbricus terrestris</i> (eierkapsel)		1				Regenworm

- **Besluit macrobotanie**

Op basis van deze macrobotanische gegevens gaan we uit van kuilen die in de winter onder water stonden maar die in de late lente droogvielen. De vegetatie was er laag en menselijke activiteiten verhinderden spontane boomopslag in de omgeving. Er is een beperkte aanwezigheid van onkruiden van (graan-)akkers. Graanteelt of -verwerking zorgde ervoor dat een beperkt aandeel resten in de kuilen terecht kwam. Dit geldt eveneens voor dwergstruiken van de heide. We moeten er wel rekening mee houden dat slechts 3 van de 14 onderzochte artisanale kuilen voldoende herkenbare macroresten bevatten. Is dit een gevolg van de lokale topografie, waarbij slechts enkele kuilen zich later net onder de grondwatertafel bevonden, of heeft het met de manier van opvulling achteraf te maken?

5. BESLUIT

Een eerste besluit uit het paleo-ecologisch onderzoek van (artisanale) kuilen uit Maldegem en Damme is dat de **bewaring** over het algemeen slecht is. Dit komt tot uiting in alle onderzochte categorieën: diatomeeën, pollen en botanische macroresten. Deze slechte bewaring is het gevolg van de hoge positie van de sporen ten opzichte van de watertafel, waardoor het sediment en de organische resten via de poriën in contact kwamen met lucht, en oxidatie kon plaatsvinden.

De slechte bewaring vormt een beperking op de representativiteit van de resultaten van het onderzoek voor de volledige groep kuilen: hoewel een evenwichtige steekproef van kuilen werd nagestreefd, zijn sommige types meer vertegenwoordigd in de paleo-ecologische analyses. Vooral de **diepere kuilen** uit Damme (Figuur 17, rechts), die tot een ander type lijken te behoren, kennen een **betere bewaring** dan de rest. Macrorestenanalyses zijn dan ook quasi beperkt tot dit type. Pollenanalyses werden wel overal uitgevoerd, maar de resultaten zijn in de meeste kuilen duidelijk vertekend door differentiële bewaring.



Figuur 17: Voorbeelden van twee types binnen de paleo-ecologisch onderzochte kuilen.

De palynologische en macrobotanische analyses geven informatie over het **landschap en de vegetatie in de omgeving**. In **Damme** moeten heide, akkers en grasland het landschap gedomineerd hebben in de middeleeuwen. Bos was beperkt in de omgeving. Lokaal kwamen pioniers voor en eerder voedselarme, lage vegetaties, op gronden die in de winter nat konden zijn. De opgraving in **Maldegem** leverde sporen op met dominantie van kruiden, die voornamelijk wijzen op **grasland en graanakkers**. Een tweede groep sporen vertoont hogere waarden voor boompollen, wat wijst op de nabijheid van **(eiken-beuken)bos**.

Verder zijn we in het kader van het syntheseonderzoek vooral geïnteresseerd in de omstandigheden in de kuilen zelf en mogelijke indicaties voor hun functie. Het verschil tussen de twee types kuilen in Figuur 17 komt ook tot uiting in het diatomeeënonderzoek. Analyses op de vulling van een **ondiepe kuil** (Figuur 17, links) leverden diatomeeën op die leven in **weinig vervuilde, vaak droge omstandigheden**. We kunnen dus spreken van een droge kuil die zich boven het grondwater bevond en enkel na een regenbui of bij zeer hoge waterstanden tijdelijk water bevatte.

Analyses van een **diepe kuilvulling** (Figuur 17, rechts) leverden diatomeeën op die wijzen op een kuil met **vochtige omstandigheden**, die mogelijk in de zomer uitdroogde. Dit wordt

bevestigd door de macroresten. Het water in deze kuil was **voedselrijk en relatief sterk vervuild**. Mestschimmels wijzen eveneens op vervuiling. Daarnaast bevat deze vulling ook opvallend veel fytolieten, onder andere vormen die wijzen op kafresten van graan. Samen met de vondst van grote hoeveelheden grasstengels in een andere kuil van hetzelfde type, wijst dit richting de **aanwezigheid van stro** in de diepe kuilen. Zaden van vlas werden sporadisch gevonden in deze kuilen, maar niet in hoeveelheden die men zou verwachten bij gebruik als vlasrootkuil.

Een andere mogelijke indicatie voor het gebruik van de kuilen zijn de verhoogde waarden van pollen van *Potentilla* type in de artisanale kuilen ten opzichte van waterputten op dezelfde sites. Ook zaden van *Potentilla anserina* en *P. erecta* werden aangetroffen in beide types artisanale kuilen. Er werd gesuggereerd dat dit kan wijzen op gebruik van deze planten als looi-/kleurstof of als medicijn. Anderzijds passen beide *Potentilla* soorten perfect in het vegetatietype dat naar voren komt uit de overige macroresten, dus deze resten kunnen ook perfect verklaard worden als afkomstig van de omgevende vegetatie.

Over de **functie van de kuilen** kunnen we op basis van deze resultaten geen definitieve uitspraken doen, maar we kunnen wel argumenten aanreiken om enkele hypothesen te beoordelen. Het lijkt duidelijk dat we voor de langwerpige, ondiepe kuilen moeten kijken in de richting van een functie waarbij geen water nodig is, aangezien de vulling zich boven het permanente grondwater bevindt. Een functie als rootkuil valt daardoor af. Mogelijk werd doelbewust niet dieper gegraven, net om in de droge zone te blijven. Voor de diepere kuilen in Damme wijst de sterke graad van vervuiling (cf. trofische omstandigheden en saprobiteit) mogelijk op afval of mest. Ook het aanwezige stro en de schimmelsporen kunnen wijzen op mest. Voor verdere interpretaties moeten deze resultaten samengelegd worden met de resultaten van het micromorfologisch onderzoek.

BIBLIOGRAFIE

- Allemeersch, L., Storme, A., 2024. Sijsele stationsstraat. Assessment palynologie, diatomeeën, macrobotanie, selectie voor 14C., Rapport natuurwetenschappelijk onderzoek. Brugge.
- Allemeersch, L., Storme, A., Laloo, P., 2022. Analyse palynologie & macrobotanie Maldegem Ringbaan (Groenzone: 2020A194 & Infrastructuur: 2020C354), Rapport paleo-ecologie.
- Berggren, G., 1969. Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland) with morphological descriptions. Part 2: Cyperaceae. Swedish National Research Council, Stockholm.
- Beug, H.-J., 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Pfeil, München.
- Bey, M.-Y., Ector, L., Chavaux, R., Béranger, P., 2013. Atlas des diatomées des cours d'eau de la région Rhône-Alpes. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes.
- Cappers, R.T.J., Bekker, R.M., Jans, J.E.A., 2012. Digitale zadenatlas van Nederland, Groningen Archaeological Studies. Barkhuis Publishing and Groningen University, Groningen.

- Deconynck, J., Van de Velde, S., Laloo, P., Allemeersch, L., Storme, A., Slabbinck, F., van Hesbroeck, T., Vergauwe, R., Huyghe, J., Mikkelsen, J., Smits, L., Doeve, P., Deforce, K., Deak, J., 2021. Eindverslag Opgraving 2018H192 Damme Stakendijke. Gent.
- Denys, L., 1991. A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, vol I. Introduction, ecological code and complete list. Professional paper - Belgian geological survey 246, 1–41.
- Grimm, E.C., 2015. Tilia for windows: pollen spreadsheet and graphics program.
- Hennekens, S.M., Smits, N.A.C., Schaminée, J.H.J., 2010. SynBioSys Nederland.
- Hofmann, G., Werum, M., Lange-Bertalot, H., 2011. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Gantner Verlag K.G., Rugell.
- Knörzer, K.H., 2009. Geschichte der synanthropen Flora im Niederrheingebiet. Verlag Zabern.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 2008. Die Süßwasserflora von Mitteleuropa 2. Teil 1–4. Springer Spektrum, München.
- Lambinon, J., De Langhe, J.E., Delvosalle, L., Vanhecke, L., 2004. Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden, 5e editie. ed. Nationale plantentuin van België, Meise.
- Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E., 1991. Pollen analysis. Blackwell Science, Oxford.
- Neumann, K., Strömberg, C.A.E., Ball, T., Albert, R.M., Vrydaghs, L., Cummings, L.S., 2019. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany* 124, 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- Nilsson, Ö., Hjelmquist, H., 1967. Studies on the Nutlet Structure of South Scandinavian Species of *Carex*. Lunds Botaniska Museum.
- Procter, H.R., 1903. The principles of leather manufacture, *Journal of Chemical Education*. London.
- Runhaar, J., Van Landuyt, W., Groen, C., Weeda, E., Verloove, F., 2004. Herziening van de indeling in ecologische soortengroepen in Nederland en Vlaanderen. *Gorteria* 30, 12–26.
- Shumilovskikh, L., 2024. Non-pollen palynomorphs [WWW Document]. URL <http://non-pollen-palynomorphs.uni-goettingen.de> (accessed 8.26.22).
- Storme, A., 2020. Palynologische analyses Opgraving 2018H192 - Palynologische analyse van stalen uit waterputten van site 'Damme Stakendijke.' Gent.
- Tofan-dorofeev, E., 2018. The economic value of Rosoideae (Rosaceae Adans.) from the flora of the Republic of Moldova. *Journal of Botany* 10, 42–45.
- Tomczyk, M., Latté, K.P., 2009. *Potentilla*-A review of its phytochemical and pharmacological profile. *Journal of Ethnopharmacology* 122, 184–204. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.022>
- Valeika, V., Beleska, K., Valeikiene, V., Sirvaityte, J., 2012. Common Tormentil tannins as tanning material for leather processing. *Polymer, composite materials and chemical fibers*.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D., 2000. Diatom flora of marine coasts I. 7, *Iconographia Diatomologica*.

Bijlage 4: Best practice

Archeologisch onderzoek op een meerlagige kuil met organisch pakket:
Een korte veldwerkhandleiding

Archeologisch onderzoek op een meerlagige kuil met organisch pakket: een korte veldwerkhandleiding

Op volmiddeleeuwse erven komen in zandig Vlaanderen frequent **meerlagige kuilen met organisch pakket** voor, vroeger ook wel beschreven als artisanale kuilen, rootkuilen of mestkuilen. Deze sporen zijn erg **divers in vorm, grootte en functie**. Het betreft ingegraven structuren die een integraal functioneel onderdeel uitmaken van het boerderij-erf. Soms maken ze er ook qua locatie een deel van uit maar soms liggen ze iets verder van het erf verwijderd. Wat hen ondanks de **morfologische verschillen** bindt, is hun **typische gelaagdheid**. Onderaan komt stevast een **organisch pakket** voor. Dit wordt aan het einde van het gebruik van de kuil vrij **snel afgedekt** met een **laag versmeten moederbodem**. De **nazak** stapelt zich meer geleidelijk op, met een vergelijkbare vulling als de overige nederzettingssporen.

Uit het syntheseonderzoek blijkt dat een **functionele interpretatie** niet voor de hand ligt. De brede morfologische verschillen lijken aan te geven dat er **diverse functies** waren. Het gaat met andere woorden om een **containerbegrip**. Vandaar het voorstel om een nieuwe terminologie aan te wenden, van 'artisanale kuil' naar '**meerlagige kuil met organisch pakket**'. Op heden zijn reeds twee gebruiken mogelijk vastgesteld: bepaalde kuilen zijn duidelijk interpreteerbaar als mestkuilen en andere misschien eerder als bewaarkuilen voor het ondergronds bewaren van voedingsproducten. De dataset is voorlopig echter nog vrij beperkt waardoor verder onderzoek opportuun is, gezien er nog tal van andere functies mogelijk zijn zoals onder andere rootkuil of volderskuil. Om voor meerlagige kuilen met organische pakket tot een functionele interpretatie te komen, zijn **verschillende natuurwetenschappelijke analyses** beschikbaar. Hiervoor is een **degelijke registratie en vooral staalname** van belang. Deze korte veldwerkhandleiding vormt hiertoe een aanzet en leidraad.

Hoe graaf je een meerlagige kuil met organisch pakket op?

Het gaat om een groot spoor op een volmiddeleeuwse nederzetting dat overal kan gepositioneerd zijn op of buiten het erf. Kenmerkend zijn de drie lagen, met een onderste pakket dat donker en organisch is, afgedekt door versmeten moederbodem, en vervolgens een nazak.



Stap 1: Opgelet met grote kuilen op volmiddeleeuwse nederzettingen.



Stap 2: Registreren volgens de regels van de kunst (zie Code van Goede Praktijk). Zorg voor een overzichtsfoto in het vlak.



Stap 3: Couperen, met minstens de korte kant volledig in zicht (dus geen kruiscoupees met tegenoverstaande kwadranten). Let erop dat je diep genoeg coupeert, want de middelste laag bestaat uit versmeten moederbodem.



Stap 4: Registreren en intekenen van de coupe door een archeoloog. Het valt aan te raden dat er een beschrijving door een bodemkundige gebeurt.

Hoe bemonster je het best?

Uit het syntheseonderzoek blijkt dat micromorfologie het meest toegankelijke onderzoek is om tot een functionele interpretatie te komen, hoewel ook de meer klassieke methodes bijkomende informatie opleveren. Staalname gebeurt bijgevolg best uitgebreid, inhoudelijke keuzes kunnen later gemaakt worden.



Stap 5: Neem blokstalen (potjes van 6 x 8 cm) voor micromorfologie, van minstens de onderste vulling, inclusief de overgang naar de moederbodem (min. 3 cm). Schrank de blokstalen en plaats ze lichtjes overlappend. Ideaal neem je ook stalen van de hogere vulling.



Stap 6: Zet pollenbakken voor onderzoek op microfossielen. Opnieuw minstens de onderste vulling, optioneel ook die erboven. Gebruik desnoods meerdere pollenbakken en plaats ze geschrinkt.



Stap 7: Neem minstens een bulkstaal (10 liter) voor macroresten uit de onderste vulling. Zorg optioneel ook voor een extra bulkstaal voor onderzoek op bijvoorbeeld parasieten



Stap 8: Vergeet geen referentiestalen te nemen buiten het spoor. Zie voor beschrijving de [Code van Goede Praktijk](#) en de [Veldhandleiding voor het beschrijven van bodems](#). Het gaat opnieuw om blokstalen voor micromorfologie, waarbij elke overgang tussen horizonten bemonsterd moet worden. Neem buiten het spoor ook een bulkstaal van 1 liter voor sedimentenanalyses.

Behandeling, bewaring en functie van stalnames

Type staal	Bewaring van stalen	Vorbereiding van stalen	Assessment bepalen van hoeveelheid bewaring en dominante	Analyse uitwerken van geschikte stalen	Doel
Blokstalen (6x8 cm) voor micro-morfologie	→ Aan de lucht laten drogen	→ Stalen snel indienen (lange wachttijd voor slijpplaatjes)	→	→ ■ Micromorfologische analyse	→ ■ Lokaal milieu reconstrueren ■ Functie van kuil bepalen a.d.h.v. plantenresten, schimmels, mest, verbrande resten, ... ■ Tafonomie
Pollenbakken voor microfossielen	→ Koel bewaren	→ Palynologische preparatie (labo)	→ ■ Organische microfossielen - Pollen - Algen - Schimmelsporen - Parasieten eitjes - dierlijke/plantaardige resten - Microhoutschool	→ ■ Palynologische analyse	→ ■ Regionale vegetatie reconstrueren (vergelijk waar mogelijk met spectra uit diepe waterhoudende structuren met zelfde ouderdom) ■ Functie van kuil bepalen a.d.h.v. mestindicatoren, verbrande resten, algen, plantenresten, dierlijke resten, ...
		→ Preparatie voor silica micro-fossielen (labo)	→ ■ Silica microfossielen - Diatomeeën - Fytolieten	→ ■ Diatomeeënanalyse (incl. noteren fytolieten)	→ ■ Lokaal milieu reconstrueren ■ Functie van kuil bepalen a.d.h.v. milieuvoorkeuren van diatomeeën, plantendelen o.b.v. fytolieten
Bulkstalen (10L, optioneel 10L extra) voor macroresten	→ Koel bewaren	→ 9L nat uitzeven	→ ■ Waterverzadigde botanische macroresten Zaden, hout, vezels	→ ■ Macrobotanische analyse	→ ■ Lokaal milieu & vegetatie reconstrueren ■ Functie van kuil bepalen a.d.h.v. mestindicatoren, verbrande resten, etensresten, ander afval) ■ Dateren van de kuilinhoud
		→ Indien houtschool of dierlijke resten aanwezig: deel van zeefresidu uit 9L-staal laten drogen	→ ■ Verkoelde botanische macroresten Verkoelde zaden, houtschool ■ Dierlijke macroresten bot, mollusken	→ ■ ¹⁴C-datering op macroresten (als ouderdom niet bekend is o.b.v. vondsten) ■ Analyse dierlijke resten	
Referentiestaal (1L uit bulkstaal of optioneel bijkomend staal van 10L)	→ Koel bewaren	→ ongezeefd bewaren	→	→ Eventueel aanvullende analyses: ■ Chemische analyses (vb. fosfaat, lipiden) ■ Dierlijke resten insecten, mijten	→ ■ Functie van kuil bepalen vb. type mest a.d.h.v. fosfaten, voedselresten a.d.h.v. lipiden, parasieten, ...



Welke keuzes leiden tot de meeste kenniswinst?

Vaak ontbreekt het aan budget om alle mogelijke natuurwetenschappelijke analyses uit te voeren. Er dienen dus strategisch verantwoorde keuzes gemaakt te worden in functie van de mogelijkheden. Voor functionele interpretatie blijkt het uitvoeren van micromorfologie het meest kostenefficiënt. Andere methodes kunnen belangrijke bijkomende informatie bieden, al is de bewaring van organische resten vaak een beperkende factor. Daarom zijn in de eerste plaats assessments aangewezen om een strategie te bepalen. Zelfs al is er geen budget binnen het specifieke project, dan nog loont het de moeite om de andere stalen te nemen en te bewaren. Het is namelijk van belang om op termijn over een voldoende grote dataset te beschikken om meer onderzoek uit te voeren op meerlagige kuilen met organisch pakket.