



## Rapport paleo-ecologie 2021-05

Assessment palynologie & macrobotanie  
<sup>14</sup>C-datering  
Transect Maldegem Ringbaan (2020C354)

### **Palynologisch & macrobotanisch assessment en datering van een veenlaag in een laatglaciale depressie te Maldegem**

Annelies Storme, Luc Allemeersch & Joris  
Sergant

Ghent Archaeological Team bvba  
Dorpsstraat 73  
8450 Bredene

---

## Colofon

---

### Project:

Transect Maldegem Ringbaan (2020C354)

### Uitvoerder:

GHENT ARCHAEOLOGICAL TEAM bvba (GATE)  
Annelies Storme, Luc Allemeersch, Joris Sergant

© 2021 - GHENT ARCHAEOLOGICAL TEAM bvba

Niets uit deze uitgave mag vermenigvuldigd of aangepast worden, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt worden onder enige vorm of wijze ook, elektronisch, mechanisch, door fotokopie, zonder toestemming van Ghent Archaeological Team bvba.

# Inhoudstafel

1	Inleiding	1
2	Materiaal	2
3	Methode	4
	3.1 Methode palynologie	4
	3.2 Methode botanische macroresten	4
	3.3 Methode <sup>14</sup> C-datering	4
4	Resultaten assessment	5
	4.1 Resultaten palynologisch assessment	5
	Haalbaarheid van analyse	5
	Ruwe schets van de lokale vegetatie	5
	Ruwe schets van de regionale vegetatie	5
	4.2 Resultaten macrobotanisch assessment	6
	4.3 Resultaten <sup>14</sup> C-datering	8
5	Besluit en advies	9
6	Bibliografie	14



# 1 INLEIDING

Bij de opgraving Maldegem Ringbaan (2020C354) bracht landschappelijk booronderzoek een laatglaciale depressie aan het licht. Op 4 augustus 2020 werd een transectsleuf gegraven en werd de venige opvulling van de depressie in detail gedocumenteerd en beschreven en uitgebreid bemonsterd voor diverse natuurwetenschappelijke onderzoeken (Cruz et al. 2020). Op basis van de profielwaarnemingen werd een advies voor natuurwetenschappelijk onderzoek geformuleerd (Cruz et al. 2020), waarbij in een eerste fase een assessment aanbevolen werd van het potentieel voor palynologisch en macrobotanisch onderzoek.

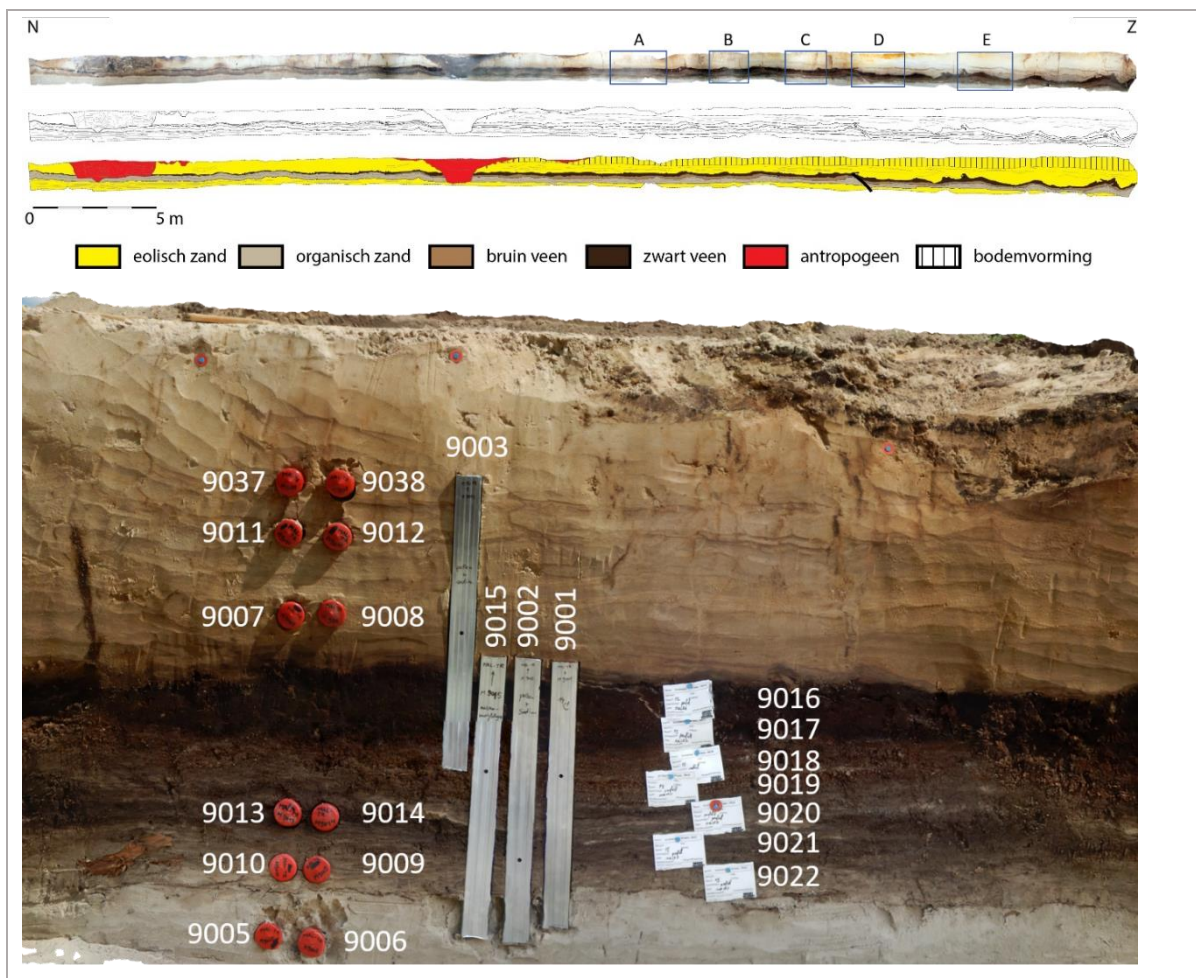
Palynologisch onderzoek omvat de studie van pollen, sporen en andere microfossielen met een organische wand. Planten produceren grote hoeveelheden pollen (zaadplanten) of sporen (sporenplanten) die door wind, water of dieren verspreid worden en zo in afzettingen terecht kunnen komen. Dankzij de resistente 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. Botanische macroresten omvatten voornamelijk zaden en vruchten. Venen kunnen ook rijk zijn aan mossen. Deze resten kunnen goed bewaard blijven indien ze na afzetting (zo goed als) ononderbroken onder de watertafel blijven liggen. Door te bepalen van welke plantentypes de pollenkorrels en botanische macroresten afkomstig zijn, kan de vegetatie op en rondom de bemonsterde locatie gereconstrueerd worden. Macroresten weerspiegelen daarbij de lokale vegetatie in de depressie, terwijl pollenkorrels zowel van lokale als van regionale oorsprong kunnen zijn en dus ook de evolutie van de vegetatie buiten de depressie weerspiegelen.

Dit rapport omvat het verslag van het palynologisch en macrobotanisch assessment uitgevoerd op stalen uit twee profielen. Bovendien werden  $^{14}\text{C}$ -dateringen uitgevoerd om een eerste zicht te krijgen op de ouderdom. Het doel van deze assessments is om te bepalen of de opvulling van de depressie geschikt is voor analyse en om een eerste zicht te verschaffen op de vegetatiesamenstelling. Volledige analyse zal nodig zijn om een volledig beeld te krijgen van de vegetatie tijdens de opvulling van de depressie.

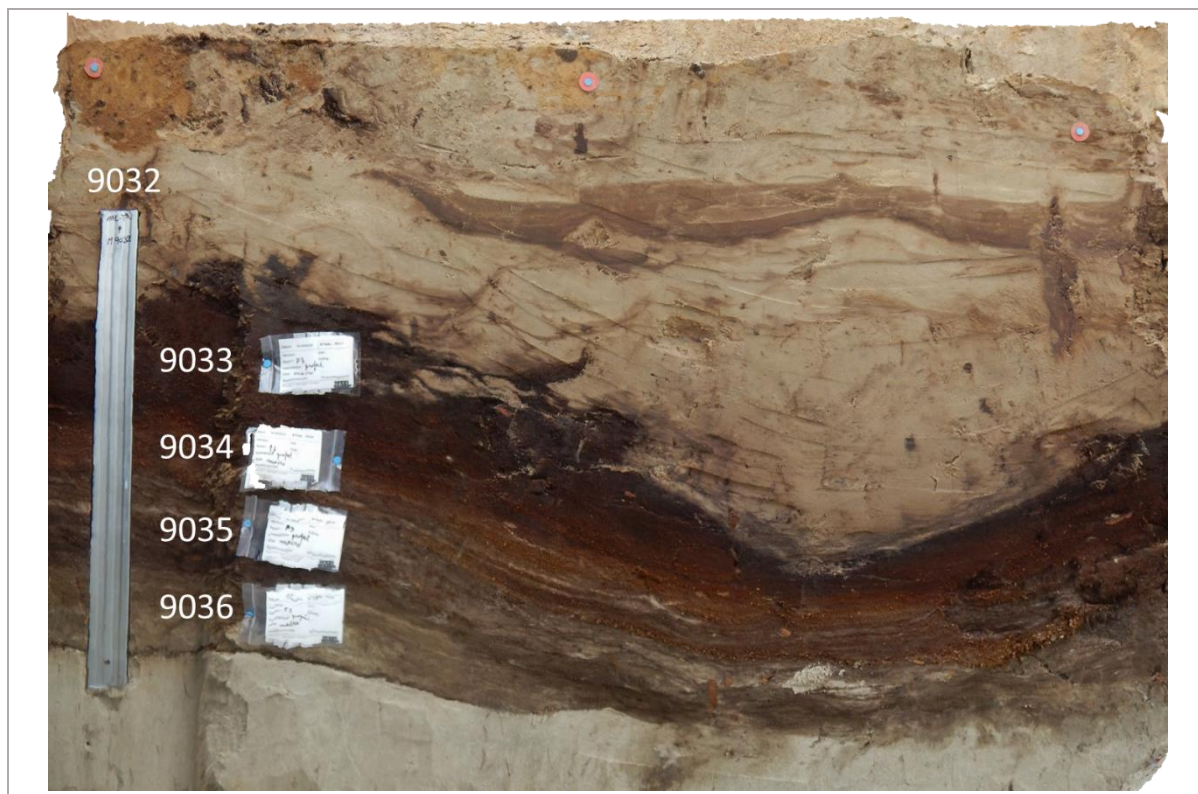
## 2 MATERIAAL

In de transectseleuf zijn 3 profielen aangelegd.

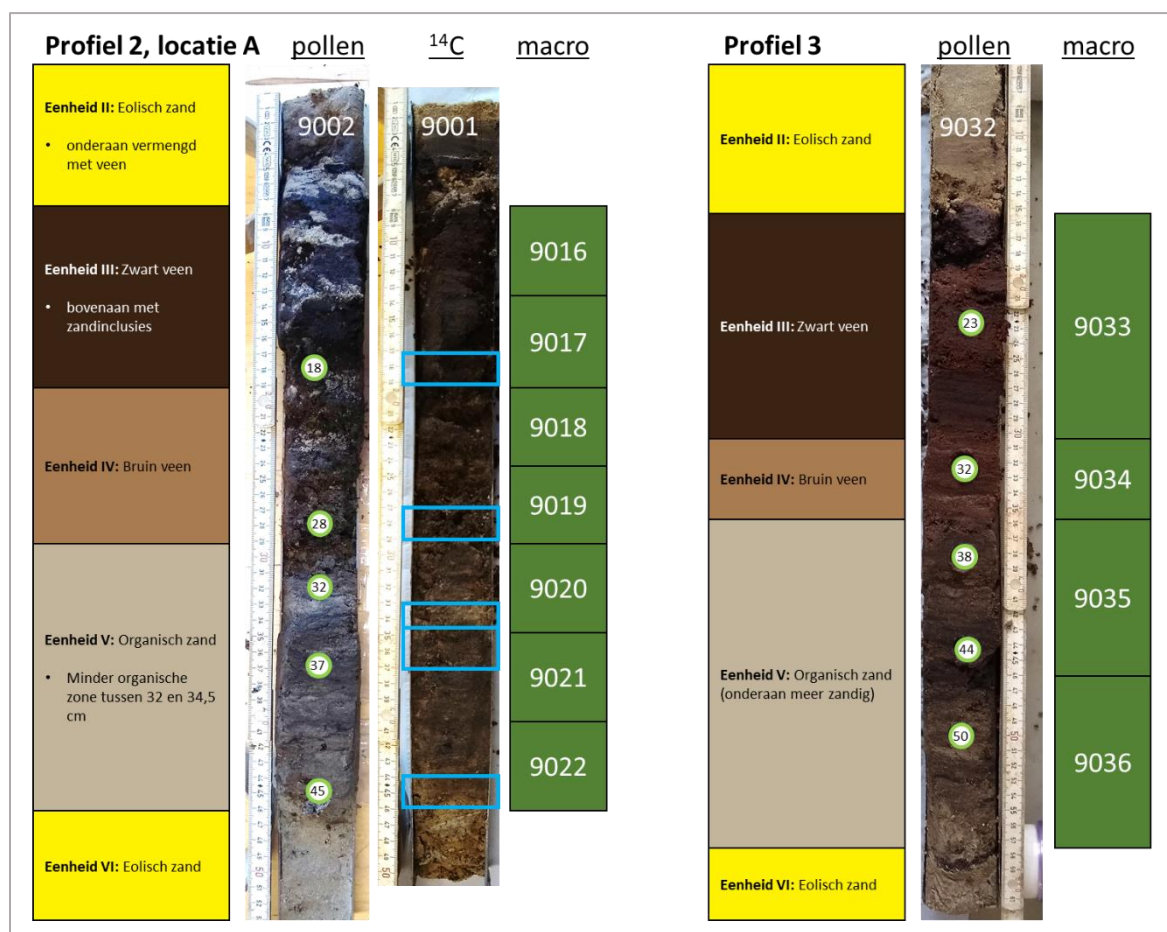
- **Profiel P1** (2 m breed) bevindt zich aan het noordelijke uiteinde, waar de depressie ondiep is. Hier vinden we eerder bodemhorizonten dan veenlagen. Dit profiel is niet bemonsterd voor pollen en macroresten.
- **Profiel P2** is het 45 m lange lengteprofiel. Naar het zuiden toe wordt de veenlaag dikker en bevindt hij zich dieper. Dit profiel werd op 5 locaties bemonsterd (locatie A t.e.m. E). Voor het **palynologisch assessment** werd pollenbak 9002 uit **locatie A** gebruikt (figuur 1). Substalen werden genomen op vijf niveaus, verspreid over de lithologische eenheden (figuur 3). Uit de parallelle pollenbak 9001 werd materiaal verzameld voor **<sup>14</sup>C-datering**. Voor het **macrobotanisch assessment** werd een kolom van 7 bulkstalen vlak naast pollenbak 9002 gebruikt: bulkstalen 9016 t.e.m. 9022.
- **Profiel P3** (2 m breed) bevindt zich aan het zuidelijke uiteinde. Hier is de veenlaag het dikst en is eenheid IV meer organisch dan in het grote profiel. Voor het **palynologisch assessment** werd pollenbak 9032 gebruikt (figuur 2). Substalen werden genomen op vijf niveaus, verspreid over de lithologische eenheden (figuur 3). Voor het **macrobotanisch assessment** werd een kolom van 4 bulkstalen vlak naast pollenbak 9032 gebruikt: bulkstalen 9033 t.e.m. 9036.



**Figuur 1:** Bemonstering P2-A (Cruz et al. 2020)



**Figuur 2:** Bemonstering P3 (Cruz et al. 2020)



**Figuur 3:** Lithologie en positie van de substalen voor pollen, macroresten en  $^{14}\text{C}$ .



## 3 METHODE

### 3.1 Methode palynologie

De geselecteerde 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. Omdat het organisch materiaal na preparatie samenklonterde, werden de residu's 30 seconden losgeschud in een ultrasoonbad.

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 (zeer slecht) tot 5 (uitstekend) en hiervan het gemiddelde te berekenen. Op basis van deze scores wordt een inschatting gemaakt van de **haalbaarheid** van analyse.

Een beperkte telling van palynomorfen, inclusief pollen, sporen en non-pollen palynomorfen (Moore et al. 1991; Beug 2004; Shumilovskikh 2020), laat vervolgens toe om de frequentie van de **voornaamste groepen** in te schatten (boompollen, kruidenpollen, pollen van waterplanten, plantensporen, schimmelsporen en houtskool) en eventuele **dominante taxa** te identificeren. Deze waarnemingen worden weergegeven in tabelvorm.

### 3.2 Methode botanische macroresten

Van de profielen 2 en 3 zijn er respectievelijk 7 en 4 bulkstalen genomen, rekening houdend met de gelaagdheid. Bij profiel 2 hadden die een volume van 2400 cc en bij profiel 3 een volume van 4000 cc.

Deze bulkstalen werden volledig gezeefd op 2 mm en 0,5 mm. De fractie > 2 mm werd volledig bekeken onder de microscoop met 8x vergroting. Van de fractie > 0,5 mm werden er 5 petri-schaaltjes (Ø 9 cm) bekeken met een vergroting van minstens 10x. In enkele gevallen waren er geen 5 petri-schaaltjes nodig om de totale fractie te bekijken. Dan staat er in tabel 4 vermeld hoeveel schaaltes er bekeken werden.

Herkenbare plantenresten werden uitgeraapt en (voorlopig) gedetermineerd.

Daarnaast werd een ruwe schatting gemaakt van de verschillende bestanddelen en van de verweringsgraad (tabel 3).

### 3.3 Methode <sup>14</sup>C-datering

Voor datering werden botanische macroresten van terrestrische planten gebruikt, omdat zo het risico op hardwatereffect, herwerking en intrusie van jonger materiaal geminimaliseerd wordt ten opzichte van bulk dateringen. Om een hoge resolutie van dateringen mogelijk te maken, werd niet gewerkt op de bulkstalen voor macrorestenanalyse, waar de exacte diepte niet controleerbaar is. Wel werd pollenbak 9001, voorbehouden voor dit doel, in plakken gesneden van 2 à 3 cm, rekening houdend met de grenzen van lithologische eenheden. De vijf geselecteerde substalen werden uitgezeefd op 0,5 en 2 mm en uit het residu werden geschikte resten uitgepikt. Het dateerbaar materiaal werd ingediend bij het KIK voor AMS <sup>14</sup>C-datering. De resulterende ouderdommen werden gekalibreerd met Oxcal 4.4 (Bronk Ramsey 2009) op basis van de IntCal 20 kalibratiecurve (Reimer et al. 2020).



## 4 RESULTATEN ASSESSMENT

### 4.1 Resultaten palynologisch assessment

De resultaten van het assessment worden weergegeven in tabel 1 en 2.

#### HAALBAARHEID VAN ANALYSE

Uit het assessment (tabel 1) blijkt dat de **pollenconcentratie** in de meeste niveaus laag (20-50 korrels per mm<sup>3</sup>) of matig (50-100 korrels per mm<sup>3</sup>) is. Enkel in de top van profiel 2 werd een hoge concentratie vastgesteld (ca. 400 korrels per mm<sup>3</sup>). Toch is de concentratie nergens te laag voor een volledige analyse.

De grote hoeveelheden, vaak samengeklonterd, organisch materiaal in de matrix bemoeilijken de telling. Een bijkomende behandeling van 30 seconden in een ultrasoonbad bleek de klonters uiteen te doen vallen, waardoor de preparaten wel goed telbaar werden.

De **bewaringskwaliteit** is matig tot goed. Deze scores zijn ruim voldoende om analyse overal toe te laten.

**Tabel 1:** Assessment van stalen uit de opvulling van de laatglaciale depressie in Maldegem, met advies voor verdere analyse.

Profiel	Vondst-nummer	diepte	Labo-nummer	geschatte concentratie	geschatte bewaring	haalbaarheid
Profiel 2 (sectie A)	9002	18 cm	GAP 150	hoog	goed	ja
		28 cm	GAP 149	laag	eerder goed	ja
		32 cm	GAP 148	matig	eerder goed	ja
		37 cm	GAP 147	laag	eerder goed	ja
		45 cm	GAP 146	laag	matig	ja
Profiel 3	9032	23 cm	GAP 155	laag	eerder goed	ja
		32 cm	GAP 154	laag	matig	ja
		38 cm	GAP 153	matig	matig	ja
		44 cm	GAP 152	matig	matig	ja
		50 cm	GAP 151	laag	eerder goed	ja

#### RUWE SCHETS VAN DE LOKALE VEGETATIE

In beide profielen zijn Cyperaceae dominant in het grootste deel van de veenopvulling. Deze vormden hoogstwaarschijnlijk de lokale vegetatie in de depressie. Naast Cyperaceae kunnen ook de zoetwateralgen (HdV-128, *Pediastrum*) in het onderste niveau van beide profielen toegeschreven worden aan het lokale milieu. De afwezigheid van deze algen in de bovenliggende niveaus wijst op een daling van de waterdiepte. In beide profielen werden in de bovenste twee niveaus resten teruggevonden van mosblaadjes. Vooral in de top zijn ze talrijk aanwezig. Aangezien ook macroscopisch mossen herkend werden, wijst dit op het lokaal voorkomen van mosveen.

#### RUWE SCHETS VAN DE REGIONALE VEGETATIE

Naast de dominante, lokale component, komen vooral pollenkorrels van *Betula* en *Poaceae* voor in wisselende verhoudingen. Deze worden beschouwd als de regionale pollencomponent. Bij een volledige analyse kunnen deze wisselende percentages waarschijnlijk gelinkt worden aan de laatglaciale klimaatschommelingen.

In de basis van beide profielen vonden we daarnaast een belangrijk aandeel van *Salix*. Mogelijk komt dit overeen met de *Salix*-piek die door Hoek (1997) gecorreleerd werd aan een koudere fase rond 14 000 BP (GI-1d).

De top van de veenlaag wordt in beide profielen gedomineerd door pollen van *Pinus*. Dit niveau wordt kan gecorreleerd worden met de typische *Pinus*-fase in de top van het Allerød, die gedateerd wordt tussen ca. 13 100 cal BP en de start van GS-1 (Hoek 1997).

**Tabel 2:** Palynologische samenstelling van de stalen op basis van assessment. Frequentie van enkele componenten: ++++ = zeer hoog, +++ = hoog, ++ = matig, + = laag, 0 = afwezig.

Profiel	Vondst-nummer	diepte	Labo-nummer	AP	NAP	sporen	schimmelsporen	algen	mosblaadjes	HK	sediment	organisch materiaal	dominante taxa	Variatie
Profiel 2 (sectie A)	9002	18 cm	GAP 150	+++	++	0	+	+	+++	+	0	+++	<i>Pinus</i> , <i>Cyperaceae</i>	klein
		28 cm	GAP 149	+	+++	+	0	0	++	+	+	+++	<i>Cyperaceae</i>	klein
		32 cm	GAP 148	++	+++	0	0	0	0	+	+	+++	<i>Cyperaceae</i> , <i>Betula</i>	klein
		37 cm	GAP 147	++	+++	0	0	+	0	+	+	++++	<i>Cyperaceae</i> , <i>Betula</i>	klein
		45 cm	GAP 146	++	+++	0	+	+++	0	+	+	++++	<i>Cyperaceae</i> , <i>Poaceae</i>	klein
Profiel 3	9032	23 cm	GAP 155	++	++	0	0	0	++	+	+	++	<i>Pinus</i> , <i>Cyperaceae</i>	klein
		32 cm	GAP 154	+	+++	0	+	0	+	+	+	++	<i>Cyperaceae</i>	klein
		38 cm	GAP 153	+	+++	0	+	0	0	+	+	+++	<i>Cyperaceae</i>	klein
		44 cm	GAP 152	+	+++	0	+	+	0	+	+++	+++	<i>Poaceae</i> , <i>Cyperaceae</i>	klein
		50 cm	GAP 151	++	++	0	0	++	0	+	+++	+++	<i>Cyperaceae</i> , <i>Betula</i>	matig

## 4.2 Resultaten macrobotanisch assessment

De onderste stalen (organisch zand) bevatten nauwelijks mossen maar veel vezels. Er is meestal ook nog zand aanwezig dat op de zeef van 0,5 mm bleef liggen. Dit kan wijzen op windactiviteit of stroming. Bij het bruin veen vormen de mossen de hoofdcomponent. Bij het zwart veen zijn de vezels beter vertegenwoordigd dan in het bruin veen. Macroscopisch houtskool is afwezig.

**Tabel 3:** Algemene samenstelling van de stalen op basis van assessment. Frequentie van enkele componenten: XXX = veel tot zeer veel, XX = regelmatig, X = één of enkele.

Profiel	Volume	Staal	takjes	vezels	mossen	zand	verwerking
<b>zwart veen</b>							
P2	2400 cc	9016	X	XXX	XX		zeer sterk
P3	4000 cc	9033	X	XXX	XXX		sterk
P2	2400 cc	9017	X	XXX	XXX		sterk
<b>bruin veen</b>							
P2	2400 cc	9018	X	X	XXX		matig
P3	4000 cc	9034	X	XX	XXX		sterk
P2	2400 cc	9019	X	X	XXX		weinig
<b>organisch zand</b>							
P2	2400 cc	9020	X	XXX	XX		matig
P3	4000 cc	9035	X	XXX	XX	X	matig
P2	2400 cc	9021	XX	XXX	X	X	matig
P3	4000 cc	9036	X	XXX	X	XX	matig
P2	2400 cc	9022	X	XXX	X	X	matig



### 4.3 Resultaten <sup>14</sup>C-datering

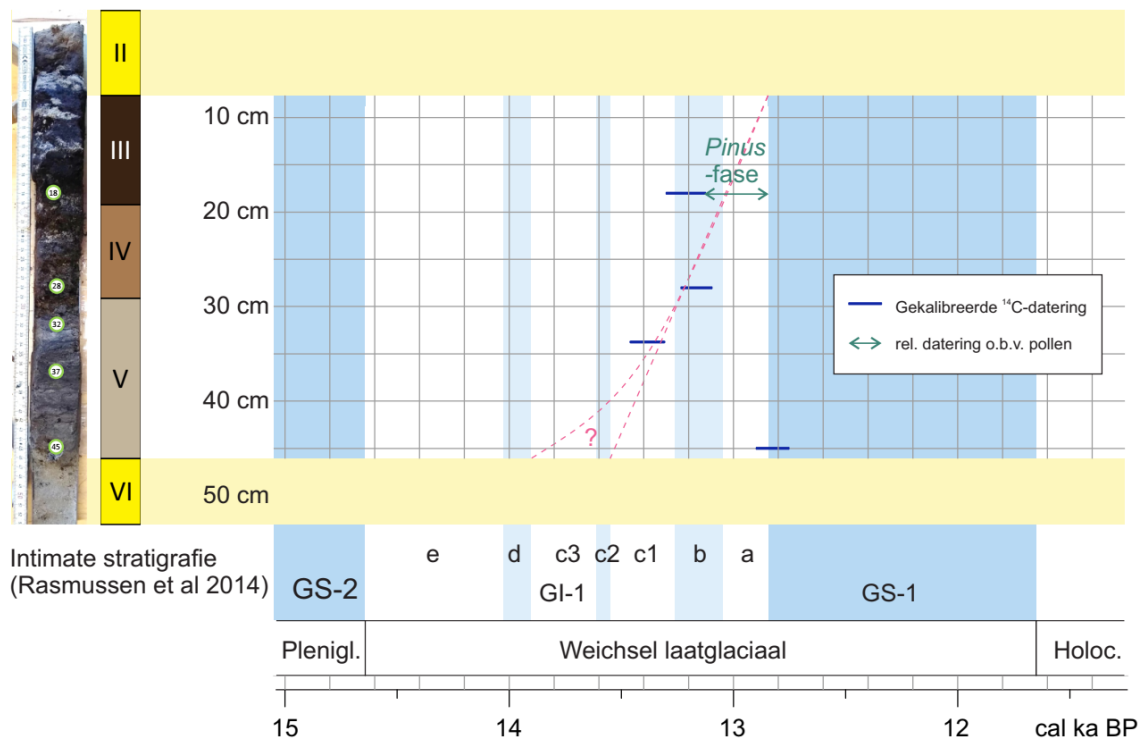
Uit de zeefresidu's van vijf niveaus uit pollenbak 9001 (figuur 3) werd dateerbaar materiaal gepikt. Vier van de vijf werden geschikt geacht voor datering; bij het onderste niveau bestond twijfel of de hoeveelheid zou volstaan.

Voor vier van de vijf ingediende monsters werd een datering bekomen (tabel 5). Het staal tussen 34,5 en 37 cm bleek te klein voor datering. Wanneer we deze dateringen plotten in een tijd-diepte diagram (figuur 4), wordt meteen duidelijk dat de **onderste datering** (44-46 cm) te jong is ten opzichte van de bovenliggende dateringen. De reden hiervoor is onbekend. Ook de **bovenste datering** lijkt niet betrouwbaar, want deze is iets ouder dan het 10 cm dieper gelegen staal. Bovendien wijst het pollenspectrum op dezelfde diepte (zie assessment pollen) op de *Pinus*-fase van het Allerød. De ouderdom van deze *Pinus*-fase komt niet overeen met de gekalibreerde range van de datering (figuur 4). Mogelijk is in dit laatste geval iets ouder, herwerkt materiaal gedateerd.

Als we ervan uitgaan dat de veengroei stopte rond de start van GS-1, dan kunnen we een lijn trekken die redelijk betrouwbaar is voor het bovenste deel. Bij een continue afzettingssnelheid zou de opvulling van de depressie gestart zijn rond 13500 cal BP. Maar omdat we niet mogen uitgaan van een continue afzettingssnelheid, blijft de startdatum onzeker. De relatief grote hoeveelheid pollen van *Salix* in de basis kunnen wijzen op een start van afzetting in GS-1d. In dat geval hebben we te maken met een trage start van de opvulling, gevolgd door een versnelling. Een bijkomende datering is nodig om meer grip te krijgen op de ouderdom van het onderste deel van de opvulling. Hiervoor is nog materiaal beschikbaar tussen 37 en 44 cm.

**Tabel 5:** Resultaten <sup>14</sup>C-datering

residu-nummer	Staal	diepte (cm)	Beoordeling bij uitpikken	Gedateerd materiaal	Resultaat <sup>14</sup> C-datering	Gecalibreerde ouderdom (2σ-range)
GAM 065	9001	17-19	geschikt	<i>Menyanthes trifoliata</i> (4)	11325 ± 33 BP	13301-13124 cal BP
GAM 064	9001	27-29	geschikt	<i>Menyanthes trifoliata</i> (4) + <i>Carex</i> sp. (1 urntje)	11259 ± 37 BP	13235-13095 cal BP
GAM 063	9001	33-34,5	geschikt	<i>Carex</i> sp. (5 urntjes)	11505 ± 36 BP	13459-13309 cal BP
GAM 062	9001	34,5-37	geschikt	<i>Carex</i> sp. (5 urntjes)	te klein staal	
GAM 061	9001	44-46	twijfel	<i>Carex</i> sp. (1) + <i>Nasturtium</i> sp. (3) + <i>Sparganium</i> sp. (1)	10917 ± 39 BP	12899-12752 cal BP



**Figuur 4:** Tijd-dieptediagram met de vier dateringsresultaten uit het veen (eenheid III-IV-V) in pollenbak 9001. Rode stippellijnen stellen twee mogelijke modellen voor: continue afzetting vs. start afzetting in GI-1d.

## 5 BESLUIT ASSESSMENT

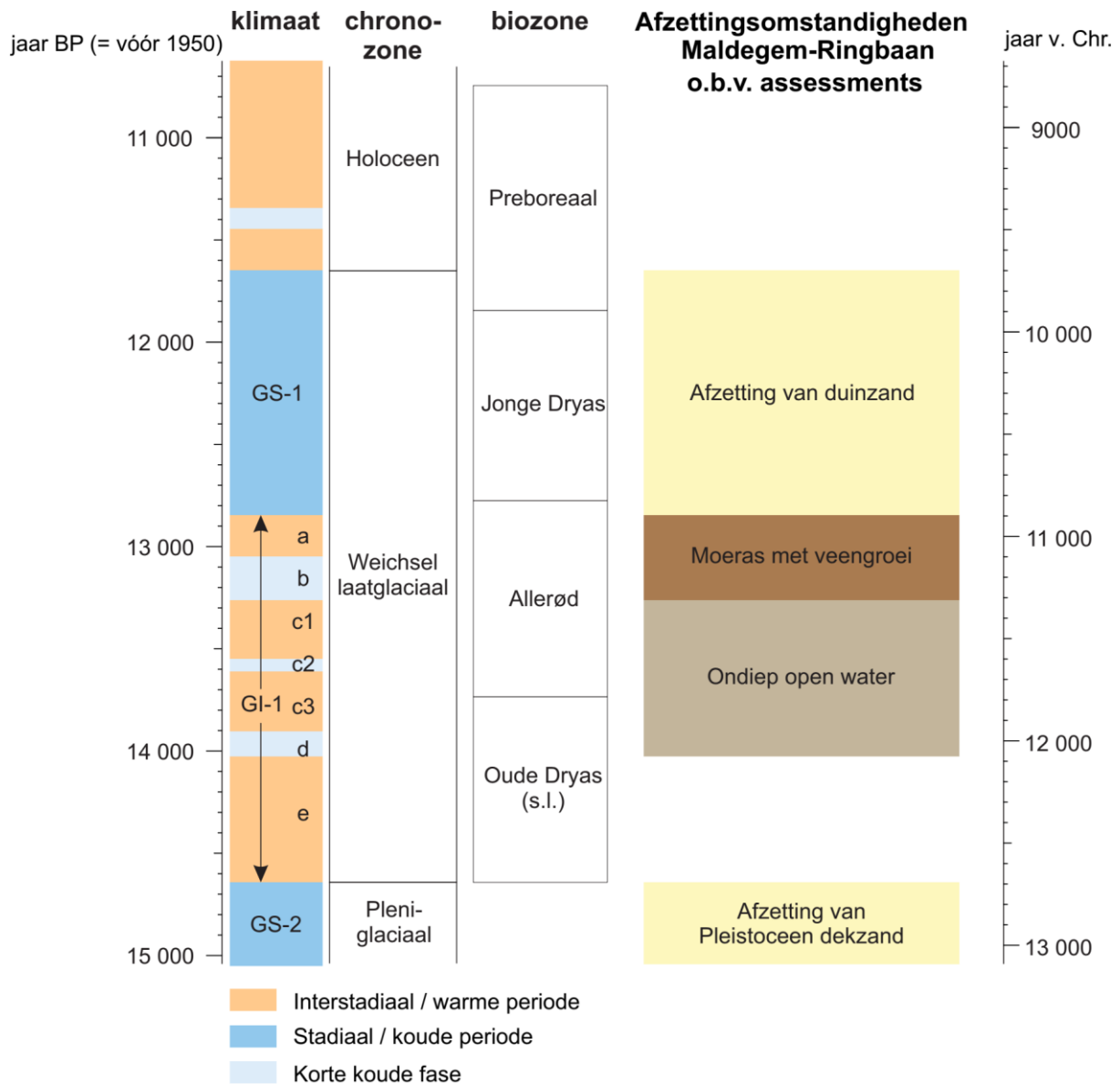
Paleobotanische assessments (pollen en macroresten) van 2 veensequenties uit de sleuf te Maldegem-Ringbaan wijst uit dat het volledige pakket geschikt is voor palynologische analyse en dat alle lagen behalve het sterk verweerde zwarte veen in de top geschikt zijn voor macrobotanische analyses.

De beperkte identificaties geven alvast een eerste beeld van het milieu en de vegetatie ten tijde van de afzetting (figuur 5). Voor het **lokaal milieu** baseren we ons op macroresten en pollen van vochtminnende planten. We zien een duidelijke evolutie van **ondiep, open water** in de onderste helft, naar **mesotroof of matig voedselrijk veen** dat rijk is aan mossen in de bovenste helft. Macrobotanische en palynologische analyses zullen toelaten om deze milieuevolutie nauwkeuriger te beschrijven. In combinatie met sedimentologische analyses is het mogelijk de vegetatie-evolutie te linken met het veranderende fysische milieu, inclusief klimaatveranderingen.

In de **wijdere omgeving** rond de plas wisselden perioden met meer **grasland** af met perioden gedomineerd door **berkenbos**. Vermoedelijk zijn deze variaties een afspiegeling van de laatglaciale klimaatschommelingen. Deze sequentie heeft zeker het **potentieel om deze klimaatschommelingen in detail te bestuderen door palynologische analyses op hoge resolutie** uit te voeren.

Van de vier uitgevoerde  $^{14}\text{C}$ -dateringen, zijn er twee betrouwbaar. Deze wijzen op afzetting van het middelste deel van het veenpakket tijdens GI-1c en GI-1b, meer bepaald tussen ca. 13500 en 13000 jaar geleden. In combinatie met de polleninhoud (hoge concentraties wilg in

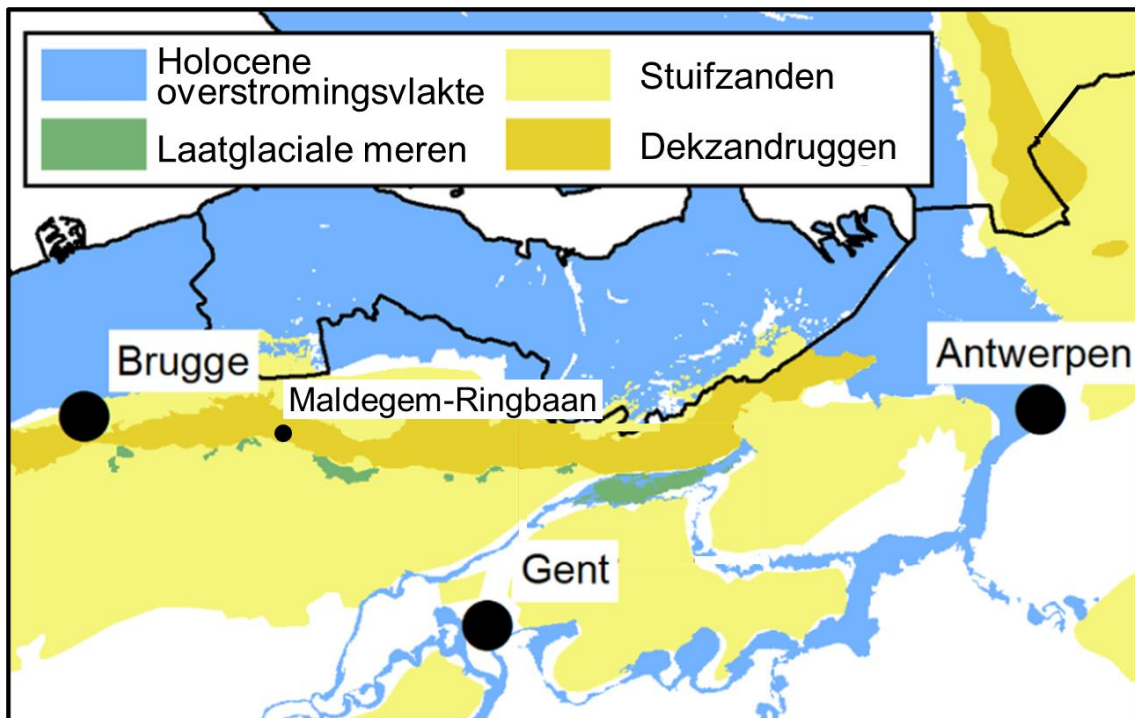
de basis en een piek van den in de top), vermoeden we dat de afzetting reeds startte tijdens GI-1d en doorging tot GI-1a (ca. 14000 tot 12800 jaar geleden) (figuur 5). Dit komt overeen met de volledige **Allerød biozone**, inclusief mogelijk de Oudere Dryas biozone. Om de ouderdom van de start van de afzetting nauwkeuriger te bepalen, is een bijkomende  $^{14}\text{C}$ -datering nodig.



**Figuur 5:** Overzicht van de vermoedelijke lokale afzettingsomstandigheden te Maldegem-Ringlaan op basis van de assessments en dateringen uit dit rapport, uitgezet op een tijdsas (jaar geleden en jaar v.Chr.), naast de klimaatvariëaties (Rasmussen et al. 2014) en biozones (Hoek 1997) bij de overgang van de laatste ijstijd naar het Holoceen.

## 6 ADVIES VOOR VERDER ONDERZOEK

De vindplaats bevindt zich op de zuidflank van de dekzandrug 'Maldegem-Stekene' (Figuur 6). Op deze Laat-Pleistocene dekzandrug vormde zich door windwerking tijdens het laatglaciaal een microtopografie van kleine ruggen en onregelmatig gevormde, langwerpige depressies bovenop de grote zandrug. De organische niveaus (humeuze horizonten tot veenlagen) die in deze voormalige duinpannes gevormd werden, worden teruggevonden op verschillende plaatsen op de dekzandrug. De oudste worden op basis van pollen-biostratigrafie en  $^{14}\text{C}$ -datering gecorreleerd met de Bølling biozone (GI-1e) en de jongere met de Allerød biozone (GI-1a-c) (Heyse 1979; Verbruggen 1979; Crombé et al. 2012, 2020; Bos et al. 2013). Aan de voet van de steile zuidflank van de dekzandrug ontstonden ondertussen ondiepe zoetwatermeren, waarvan het Moervaart paleomeer het grootste was (Bos et al. 2018). Deze plassen vormden een aantrekkingspool voor mens en dier, waardoor in dit gebied finaalpaleolithische vondsten verwacht kunnen worden. Laatglaciale organische afzettingen bevatten potentieel een schat aan informatie over de omgeving waarin deze mensen leefden en de (oorzaken van) veranderingen in deze omgeving. Met name de snelle opeenvolging van koudere en warmere fasen tijdens het laatglaciaal kan een grote invloed gehad hebben op mens, dier en vegetatie.



**Figuur 6:** Positie van Maldegem-Ringbaan op een geomorfologische kaart met de dekzandrug Maldegem-Stekene en de zone met laatglaciale meren (Crombé et al. 2020)

Het organisch pakket te Maldegem-Ringbaan past in deze context en lijkt aan te sluiten bij de jongere fase van opgevulde duinpannes. Het assessment van pollen en macrobotanische resten bevestigt het potentieel van deze organische afzetting voor een grondige multi-proxy studie van de landschapsgenese. Verder onderzoek is echter nodig om antwoord te geven op een aantal vragen in verband met van de leefomgeving van de mens tijdens het laatglaciaal:

- Wanneer startte en eindigde organische afzetting op deze plaats? Valt die periode samen met de afzetting op andere locaties in de regio?



- Hoe zag de plas zelf eruit (waterdiepte, waterkwaliteit, vegetatie) en wat kan die betekend hebben voor de mens?
- Hoe zag het ruimere landschap eruit (windactiviteit, vegetatie, bosbranden)?
- Wat betekenen de variaties in lithologie in termen van grondwaterstand, klimaat, winddynamiek, vegetatie, etc?
- Kunnen de geobserveerde veranderingen gelinkt worden aan bepaalde biozones en/of klimaatevents?

We adviseren daarom verder onderzoek van het pakket. Concreet raden we aan om sedimentologische, palynologische en macrobotanische analyses en één bijkomende  $^{14}\text{C}$ -datering uit te voeren (tabel 6, figuur 7). Daarbij wordt gefocust op de sequentie op locatie A in profiel P2, waar reeds assessments uitgevoerd zijn en waar de  $^{14}\text{C}$ -dateringen gebeurd zijn.

### 6.1 Sedimentologische analyses

Om de veranderingen in afzettingsomstandigheden op een objectieve manier te kunnen bestuderen, volstaat een visuele beschrijving niet. Sedimentologische analyses zijn nodig om de samenstelling te bepalen: het gehalte aan organisch materiaal en carbonaten d.m.v. **loss-on-ignition** (LOI) en de korrelgrootteverdeling binnen de klastische component d.m.v. laserdiffractie **korrelgrootteanalyse**. Deze resultaten geven bijvoorbeeld informatie over toevoer van sediment door de wind of stromend water. Deze processen kunnen klimaatgerelateerd zijn.

Voor deze analyses dienen substalen van ca. 1 ml genomen te worden uit de pollenbak: telkens twee substalen op hetzelfde niveau, één voor LOI en één voor korrelgrootteanalyse. Dit kan gebeuren in pollenbak PB 9002 (zie palynologisch assessment), in het profiel waar ook de  $^{14}\text{C}$ -dateringen gebeurd zijn (P2, lokatie1).

We stellen voor om de organische laag, inclusief enkele cm van het boven- en onderliggende zand te analyseren op een resolutie van ca. 2 cm. Voor de exacte dieptes (zie figuur 7) wordt rekening gehouden met de lithologische grenzen om te vermijden dat een substaal materiaal uit twee verschillende lithologische eenheden bevat.

### 6.2 Palynologische analyses

Voor een reconstructie van de lokale en regionale vegetatie ten tijde van de afzetting, dienen palynologische analyses te gebeuren. Naast **pollen en sporen** worden ook **non-pollen palynomorfen** meegenomen in de analyse (o.a. schimmels en algen, die bijvoorbeeld informatie geven over erosie, mest van grote zoogdieren, waterkwaliteit, etc.). De concentratie **microhoutskool** in het palynologische staal wordt bepaald om eventuele fasen met bosbranden en/of menselijke aanwezigheid te detecteren.

Voor palynologische analyse is een substaal nodig van ca. 1 ml in de venige niveaus en ca. 2 ml in de zandige niveaus. We stellen voor om 13 stalen uit pollenbak PB 9002 te analyseren, waaronder de 5 stalen van het assessment. De residu's van deze laatste kunnen verder gebruikt worden voor analyse. De bijkomende substalen worden evenwichtig verspreid over de lagen: zie figuur 7. Deze substalen worden onderworpen aan dezelfde standaard palynologische preparatie met toevoeging van een exoot (vb. *Lycopodium* sporen) voor concentratieberekening. Per geanalyseerd substaal wordt een pollensom van 400 pollenkorrels nagestreefd (pollen van terrestrische planten).

### 6.3 Macrobotanische analyses

De analyse van macroscopische plantenresten, waaronder zaden, vruchten, mossen, vezels en hout, verschaft vooral informatie over de lokale vegetatie in de bestudeerde depressie.

Omdat macroresten zeer lokaal afgezet worden, kunnen hiermee verschillen aangetoond worden tussen de oever en het centrale gedeelte van de plas.

Voor deze analyses worden de zeefresidu's van de bulkstalen uit het assessment verder gebruikt. Uit profiel P2 wordt aangeraden om 5 stalen te analyseren (uit het organisch zand en bruin veen), aangevuld met de 2 stalen van het organisch zand van profiel P3. Dit is immers slechts matig verweerd. Het zwart veen is een sterk verweerde vorm van het bruin veen; bijgevolg hoeft dat niet geanalyseerd te worden.

Naast de soortbepaling van waterverzadigde zaden en vruchten moet ook aandacht besteed worden aan het voorkomen van mossen en eventuele verkoolde resten.

#### 6.4 Radiokoolstofdatering (<sup>14</sup>C-datering)

Aangezien de datering in de basis van de sequentie geen betrouwbare ouderdom opleverde, wordt een bijkomende <sup>14</sup>C-datering aangeraden om de start van de organische afzetting te dateren. Daartoe dienen bovengrondse macroresten van terrestrische planten geselecteerd te worden. Hiervoor is nog materiaal beschikbaar uit pollenbak 9001 (substalen 37-40, 40-42 en 42-44 cm). Bij voorkeur wordt materiaal uit het onderste substaal gedateerd (42-44 cm). Het assessment toont echter aan dat de kans klein is dat voldoende materiaal gevonden wordt dat niet van waterplanten afkomstig is. Zo nodig kan ook materiaal uit de onderste bulkstalen (9022, 9036) gebruikt worden, maar dan moet rekening gehouden worden met een lagere verticale resolutie.

**Tabel 6:** Voorgestelde substalen voor verdere analyse: aantallen en vondstnummers/dieptes.

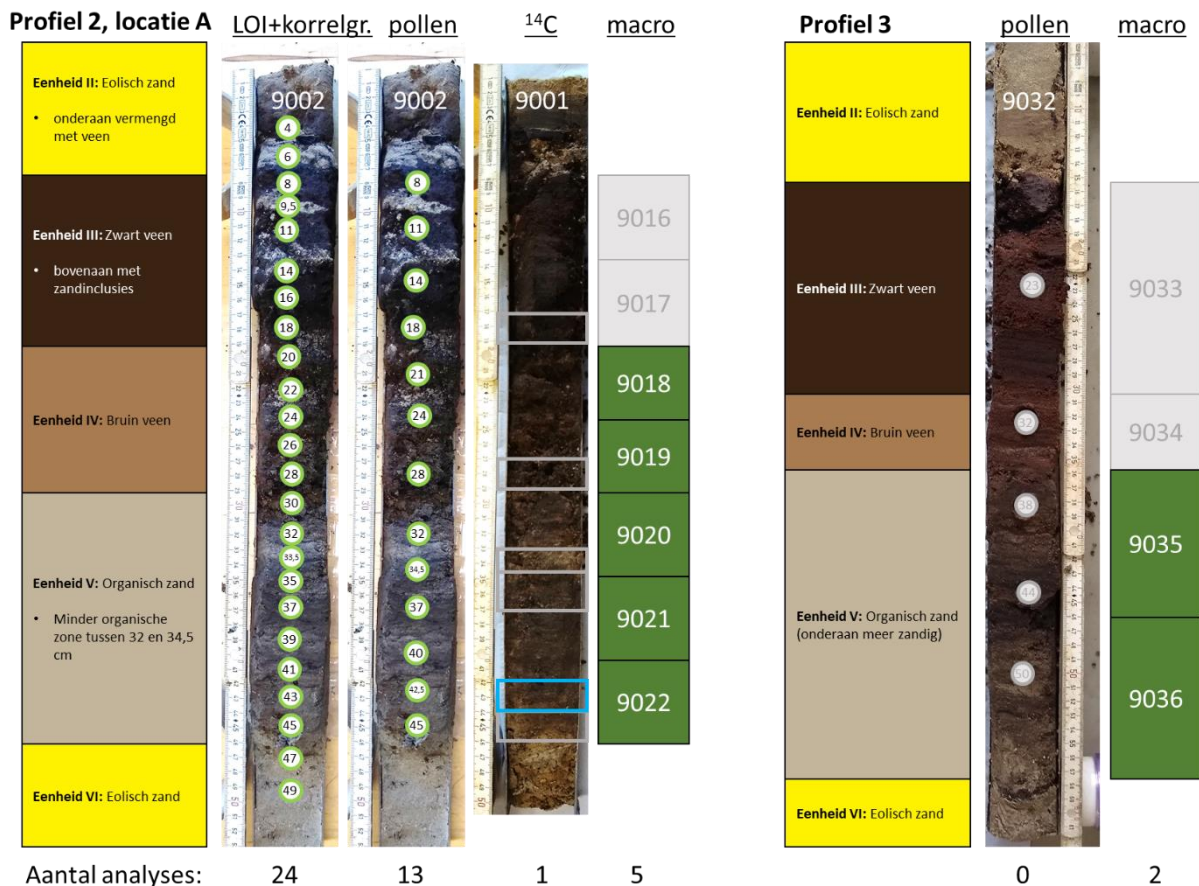
Type analyse	Aantal analyses						
	organisch zand	organisch zand	bruin veen	zwart veen	zand	totaal	
<b>Macrobotanie</b>		5	2	0		<b>7</b>	Stalen van assessment (9018 t.e.m. 9022 en 9035, 9036)
<b>Palynologie (uitgebreid)</b>		6	3	4		<b>13</b>	Ca. elke 3 cm (dieptes: zie figuur 5)
<b>LOI + korrelgrootte (uitgebreid)</b>	2	9	5	6	2	<b>24</b>	Ca. elke 2 cm (dieptes: zie figuur 5)
<b><sup>14</sup>C-datering</b>		1				<b>1</b>	Bij voorkeur 42-44 cm (evt. 40-42 cm of 37-40 cm) uit 9001 Indien nodig: staal 9022 of 9036

#### 6.5 OS�-datering

Door middel van OS� (optically stimulated luminescence) kan ook voor de niet-organische niveaus een ouderdom verkregen worden, meer bepaald voor wat betreft de zandige niveaus boven- en onderaan de coupe. Hiervoor worden de speciaal voor dit doel genomen monsters gebruikt. We stellen voor om de sequentie in profiel P2-A te gebruiken, die bestaat uit 3 niveaus onder de organische laag en 3 niveaus boven de organische laag (Figuur 12). Reeksen van minimum drie dateringen laten immers toe de cohesie van de dateringen te verifiëren en garanderen een betere betrouwbaarheid van de resultaten.

#### 6.6 Overige analyses

Op basis van het macrobotanisch assessment weten we dat houtskool zo goed als afwezig is. Er wordt dus geen houtskoolanalyse geadviseerd.



**Figuur 7:** Stratigrafische positie van de voorgestelde substalen voor verdere analyse.

## 7 BIBLIOGRAFIE

- Beug H-J (2004) Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Pfeil, München
- Bos JAA, De Smedt P, Demiddele H, et al (2018) Weichselian Lateglacial environmental and vegetation development in the Moervaart palaeolake area (NW Belgium); implications for former human occupation patterns. Review of Palaeobotany and Palynology 248:. doi: 10.1016/J.REVPALBO.2017.09.006
- Bos JAA, Verbruggen F, Engels S, Crombé P (2013) The influence of environmental changes on local and regional vegetation patterns at Rieme (NW Belgium): implications for Final Palaeolithic habitation. Vegetation History and Archaeobotany 22:17–38. doi: 10.1007/s00334-012-0356-0
- Crombé P, Bos JAA, Cruz F, Verhegge J (2020) Repeated aeolian deflation during the Allerød/GI-1a-c in the coversand lowland of NW Belgium. Catena 188:. doi: 10.1016/j.catena.2020.104453
- Crombé P, Van Strydonck M, Boudin M, et al (2012) Absolute dating (<sup>14</sup>C and OLS) of the formation of coversand ridges occupied by prehistoric hunter-gatherers in NW Belgium. Radiocarbon 54:715–726
- Cruz F, Sergeant J, Storme A (2020) Rapport transectsleuf Maldegem Ringbaan. Beschrijving en bemonstering van drie profielen doorheen een laatglaciale depressie te Maldegem. Gent

- Heyse I (1979) Bijdrage van de geomorfologische kennis van het noordwesten van oost-Vlaanderen (België)
- Hoek WZ (1997) Palaeogeography of Lateglacial Vegetations; aspects of Lateglacial and Early Holocene vegetation, abiotic landscape, and climate in The Netherlands. Vrije Universiteit Amsterdam
- Moore PD, Webb JA, Collinson ME (1991) Pollen analysis. Blackwell Science, Oxford
- Rasmussen SO, Bigler M, Blockley SP, et al (2014) A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: Refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 106:14–28. doi: 10.1016/j.quascirev.2014.09.007
- Reimer PJ, Austin WEN, Bard E, et al (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62:725–757. doi: 10.1017/rdc.2020.41
- Shumilovskikh L (2020) Non-pollen palynomorphs. <http://nonpollenpalynomorphs.tsu.ru/>. Accessed 20 Mar 2020
- Verbruggen C (1979) Vegetational and palaeoecological his. *Acta Universitatis Ouluensis A* 82:133–142

