

Rapport

Geofysisch onderzoek Ieper- Zaalhof

Universiteit Gent

Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen

Vakgroep Omgeving



Colofon

Project

Geofysisch onderzoek te Ieper-Zaalhof

Opdrachtgever

Beleidsdomein Omgeving
agentschap Onroerend Erfgoed
Havenlaan 88 bus 5
1000 Brussel

Contactpersoon: Peter Vandenhove <peter.vandenhove@vlaanderen.be>

Uitvoering

Onderzoeksgroep SENSE (Vakgroep Omgeving-Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen)

Dr. Jeroen Verhegge

Maarten Appels

Prof. Dr. Philippe De Smedt

Contactgegevens

Prof. Dr. Philippe De Smedt

Vakgroep Omgeving, UGent

Coupure Links 653

9000 Gent

Tel: +32(0)9246.60.56

E-Mail: Philippe.DeSmedt@Ugent.be

Datum Rapportering

2 december 2025

Inhoud

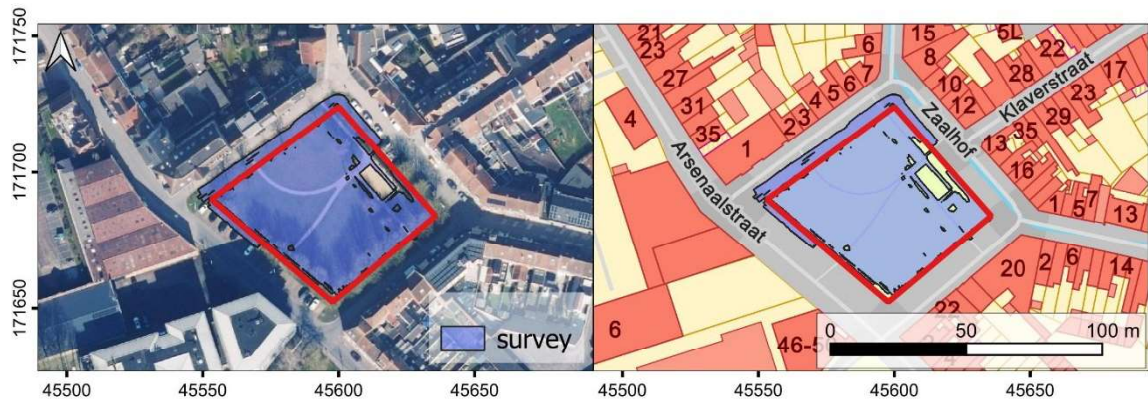
Colofon	2
Geofysisch onderzoek Ieper-Zaalhof.....	4
I. Doelstellingen en studiegebied	4
II. Geofysische prospectie	5
Algemene duiding van onderzoeksaanpak	5
Grondradar	5
III. Resultaten	10
IV. (Geo-)Archeologische interpretatie	17
V. Conclusie en aanbevelingen voor verder onderzoek	19
VI. Geofysische onzekerheid	20
VII. Databeschikbaarheid en -archivering	20
Referenties	20
Appendices.....	21
Appendix 1: dataplots alle GPR diepte-doorsneden van 0 tot 105 cm diepte	21

Geofysisch onderzoek Ieper-Zaalhof

I. Doelstellingen en studiegebied

Doel van het onderzoek is om de locatie van de tweede grafelijke burcht op het Zaalhof in Ieper preciezer te bepalen en de aard en aanwezigheid van eventuele archeologische sporen te achterhalen.

Het onderzoeksgebied beslaat 2967 m² en is afgebakend op Figuur 1. De ondergrond bestaat voornamelijk uit grasland, onderbroken door enkele paden en een petanque-veld uit grind. Belangrijke hindernissen zijn bomen, hagen en een fietsenstalling.



Figuur 1: Rechts: aanduiding van de onderzoekszone (rood) en het opgemeten gebied op het grootschalige referentiebestand Vlaanderen (GRB © Informatie Vlaanderen, 2025) (rechts). Links: orthofoto van het studiegebied (middenschalige kleurenorthofoto – meest recent © Informatie Vlaanderen, 2025).

Vanwege de opgelegde tijdsdruk door de opdrachtgever is dit onderzoek onmiddellijk na toekenning uitgevoerd. Hierdoor was het niet mogelijk om bij de planning van het veldwerk rekening te houden met optimale weers- en bodemvochtomstandigheden voor de best mogelijke resultaten. De dataverzameling vond plaats op 31 oktober 2025, een dag waarop het oppervlak slechts matig droog was, terwijl er in de voorafgaande dagen veel regen was gevallen. De afgebakende onderzoekszone werd grotendeels conform de planning opgemeten. Onder de bomen met al te dicht bladerdek kon niet gemeten worden vanwege het wegvallen van de GNSS ontvangst. Ter compensatie werd de survey uitgebreid aan de noordwestelijke zijde. De ingemeten afbakening is weergegeven op Figuur 1.

II. Geofysische prospectie

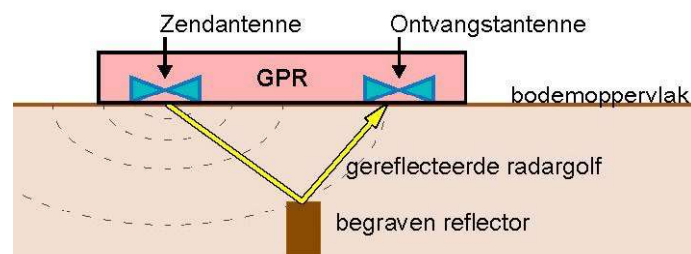
Algemene duiding van onderzoeksaanpak

Op basis van de complexe terreincondities in het onderzoeksgebied, een combinatie van verharde ondergrond en gras, de aanwezigheid van verschillende hindernissen (bomen, struiken, recente verstoringen, ...), de aard van de verwachte archeologische materialen (smalle muren in natuursteen en grachten), de natte, geleidende ondergrond, de beperkte oppervlakte van het onderzoeksgebied en de vraagstelling van het onderzoek werd een surveystrategie met slechts één methode voorgesteld, namelijk manuele, hoge resolutie grondradar (*ground penetrating radar, GPR*).

Bij grondradar is er het risico dat een te hoog klei- en watergehalte het verzamelen van archeologisch nuttige informatie onmogelijk maakt. Hoewel in stedelijke contexten het verwachte bodemvochtgehalte algemeen lager is dan in rurale of open landschappelijke context, blijven goede weers- en bodemvochtomstandigheden cruciaal voor de uitvoering. Grondradar biedt echter de hoogst mogelijke meetresolutie en laat toe om rechtstreeks verticale bodemvariaties weer te geven, waardoor het potentieel voor kennisverwerving bij deze methode het grootst is. Daarnaast is het in stedelijke context relatief weinig gevoelig voor bronnen van elektromagnetische ruis en is er in tegenstelling tot elektrische weerstandsmeting geen fysieke doordringing van het bodemoppervlak noodzakelijk.

Grondradar

Grondradar of GPR is een actieve prospectietechniek, waarbij elektromagnetische golven in de bodem worden gestuurd met een of meerdere zendantennes, waarna de reflecties en refracties van deze golven vervolgens worden opgevangen met ontvangstantennes (Figuur 2). Het achterliggende principe is dat van een tijdsmeting tussen het uitzenden van een radiogolf met een bepaalde frequentie en het ontvangen van zijn reflectie. Uit deze tweeweg tijdsmeting kan de diepte van het reflecterend voorwerp bepaald worden (Conyers 2023).



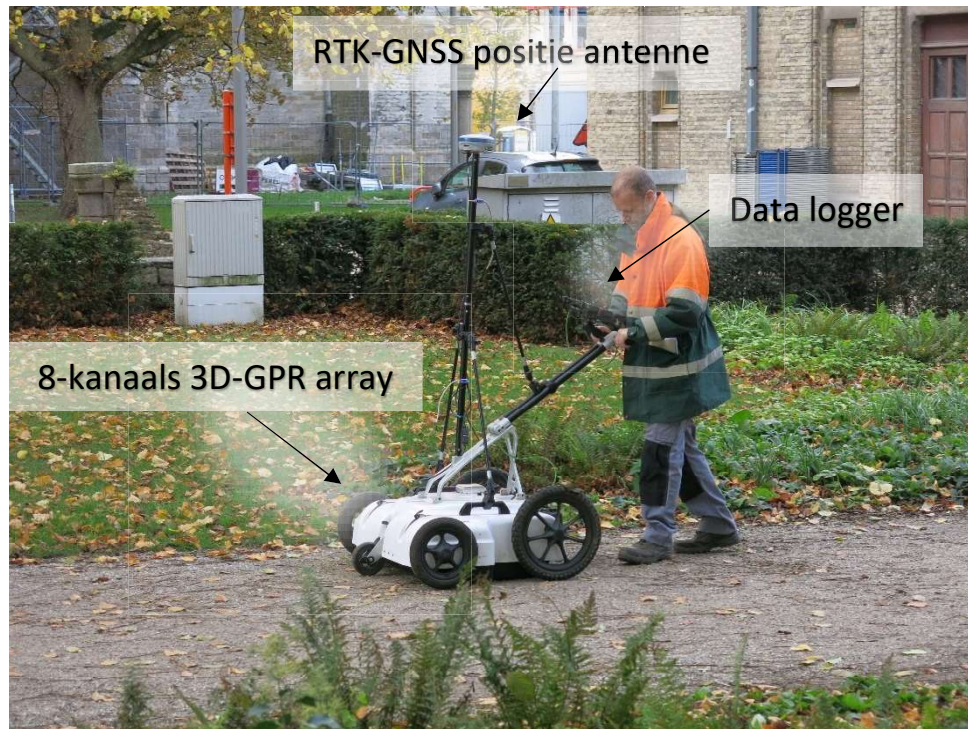
Figuur 2: schematische voorstelling van GPR-principe.

Het fysische kenmerk dat voor een reflectie zorgt, is het contrast in diëlektrische permittiviteit tussen de bodem en het begraven object of holte. Hoe hoger dit kenmerk, hoe trager de golf zich voortbeweegt. In lucht is deze snelheid het hoogst, in water het laagst (ongeveer 9 keer trager dan in lucht). De permittiviteit van ondergrondse (bodem) materialen wordt hoofdzakelijk beïnvloed door het vochtgehalte. Eenvoudig gesteld, zijn de contrasten die met grondradar gedetecteerd kunnen worden representatief voor verschillen in vochthuishouding in de ondergrond.

De resolutie en de dieptepenetratie van grondradarobservaties hangen af van de frequentie van de uitgestuurde golven. Hoe hoger de frequentie, hoe fijner de meetresolutie. Deze hogere resolutie gaat ten koste van het dieptebereik, dat vergroot naarmate lagere frequenties worden gebruikt. Een grondradarmeting laat dus toe om indicaties te bekomen van de positie (in ruimte en diepte) van contrasterend of afwijkend materiaal.

Instrumentarium & meetconfiguratie

Voor 3D radarkartering werd een Impulse Radar Raptor-systeem ingezet. Dit systeem is een multichannel 3D-GPR-array die met hoge snelheid metingen uitvoert met een meetinterval van circa 5 cm langs de meetlijn. Het betreft een *impulse* radarsysteem, waarbij discrete pulsen worden uitgezonden en de gereflecteerde energie wordt geregistreerd in functie van de tijd. Het systeem maakt gebruik van Raptor-45-antennes met een centrale frequentie van 450 MHz.



Figuur 3: mobiele opstelling van de GPR array met aanduiding van de verschillende componenten.

De metingen werden uitgevoerd met een *Pushcart*-systeem dat is uitgerust met vijf zendantennes en vier ontvangstantennes, opgesteld in een schuine configuratie (*offset-array*). Deze opstelling maakt een hogere laterale resolutie mogelijk, doordat de effectieve kanaalafstand kleiner is dan de fysieke breedte van de antennes. Hierdoor kunnen acht kanalen (meetlijnen) worden geregistreerd binnen een scanbreedte van 60 cm en wordt uiteindelijk een ruimtelijke resolutie bereikt van circa 7.5 cm tussen de meetlijnen en circa 5 cm binnen elke meetlijn. De sensor is ontworpen om handmatig over een onderzoeksgebied te worden geduwd maar werd voor deze studie gezien de wrijving van het gras ook gesleept.

Motivatatie toegepaste surveytechniek

De gebruikte GPR survey techniek laat toe om bodemvariaties die gekenmerkt worden door een di-elektrisch contrast met de omgevende bodem in hoge resolutie en in drie dimensies te in kaart te brengen. Dit is bijzonder waardevol bij het opsporen van kleinschalige sporen, zoals relatief smalle muren. De mogelijkheid om data met een interval van slechts een vijftal centimeters te verzamelen, verhoogt de kans op detectie van kleine sporen en zwakke reflectoren die anders onopgemerkt zouden blijven. Dankzij de hoge laterale en verticale resolutie van gebruikte moderne multichannel 3D GPR-systemen kunnen deze sporen nauwkeurig worden gelokaliseerd.

De grondradar werd in een manueel getrokken opstelling gebruikt, omdat het dan mogelijk is om discontinue te werken tot aan de randen van het surveygebied en hindernissen en vegetatie te vermijden. Hierdoor konden in een hoge ruimtelijke resolutie metingen uitgevoerd worden en kunnen eventuele de diëlektrische contrasten tussen archeologische resten en natuurlijke bodem gedetecteerd worden.

Dataverwerking

Voor de eigenlijke GPR dataverwerking werden GPS locaties waar geen RTK fix of RTK float positionering bereikt werd uit de dataset verwijderd met Impulse Radar ViewR software. Daarna werden GPR data in Condor 1.6.64 software met de verwerkingstappen en variabelen weergegeven in Tabel 1. Deze verwerkte data werden gevisualiseerd als dieptedoorsneden met een dikte van circa 4.5 cm van de amplitude enveloppe. Deze wordt weergegeven in een grijswaardenschaal, waarbij zwart op lage reflectiviteit wijst en wit op sterke reflectiviteit wijst. Doorsneden/transecten worden weergegeven in de omgekeerde grijswaardenschaal en zonder de verwerkingsstappen *interpolation*, *migration* en *postprocessing*.

Tabel 1: overzicht van de gebruikte verwerkingsstappen en variabelen in Condor-software.

Dewow: Time window width: 41 samples Filter width: 8 samples
Time Zero Adjustment: Threshold: 2000 Correct for antenna separation: yes Adjustment velocity: 15 cm / ns Fixed time zero: yes
Geometry Binding: Minimum positioning step: 0.5 m Interpolation distance interval: 0.042 m
— Preprocessed #1 — Muting: High-amplitude muting ratio: 2 Low-amplitude muting ratio: 2
Amplitude Correction: Mode: AGC Operator length: 10 ns Application basis: Centered
Antenna Ringdown Removal: Operator design window: 501 traces
Bandpass Filtering: Low cut: 100 MHz Low pass: 180 MHz High pass: 720 MHz High cut: 900 MHz
— Interpolated #1 — Interpolation: Max allowed gap: 0.025 m Interpolate every 2 slice When swaths overlap: Use the topmost

— Migrated 8 —

Migration:

Migration velocity: 8 cm / ns

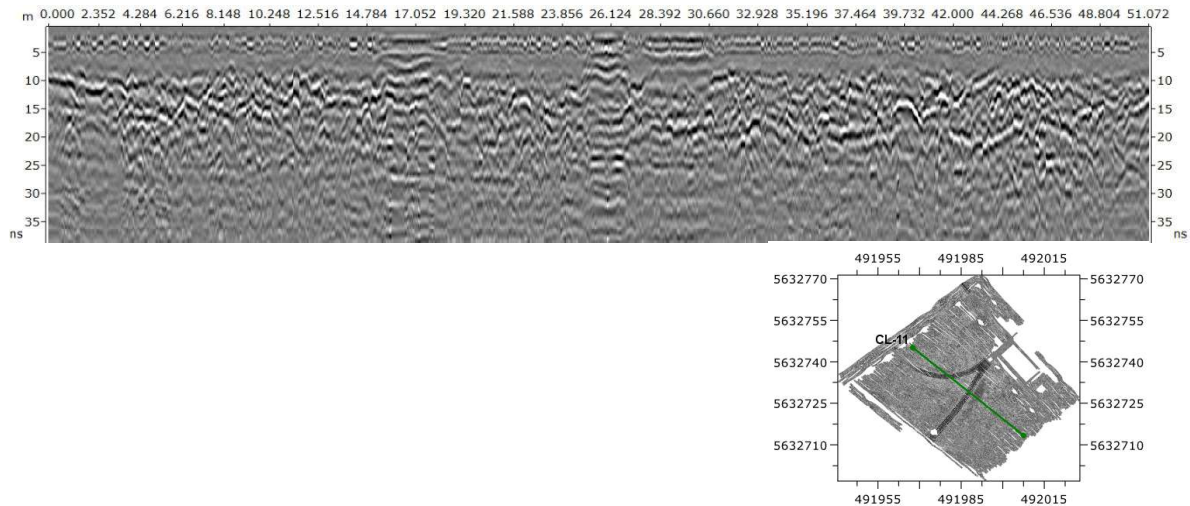
— Postprocessed #1 —

Amplitude Envelope:

(none)

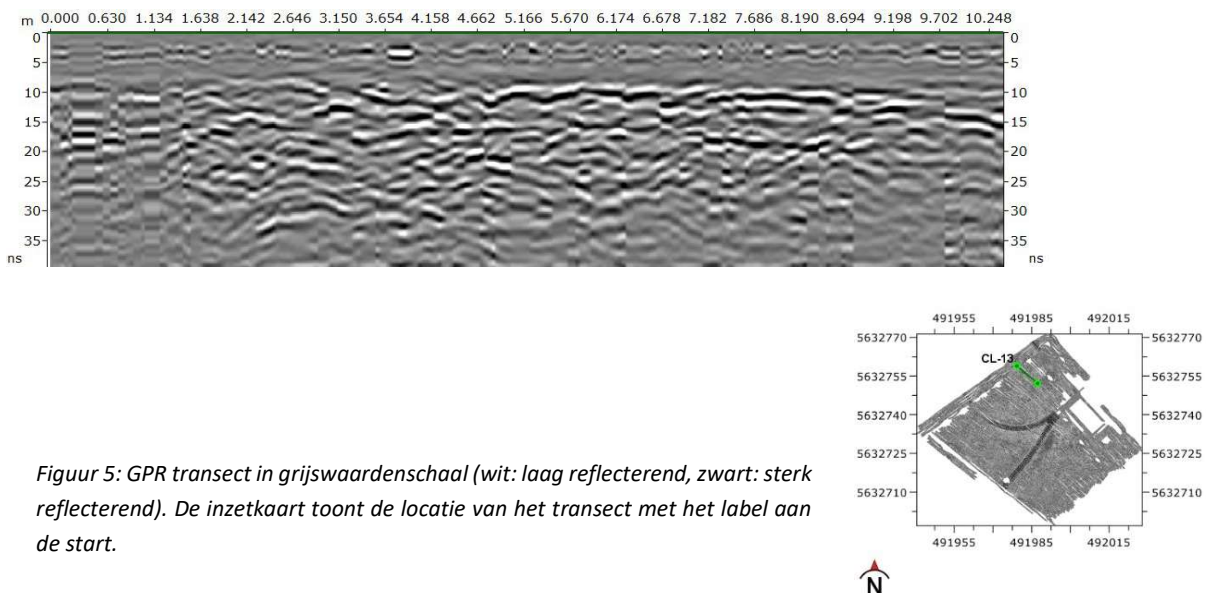
III. Resultaten

Referentie-transecten worden weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5. Horizontale referentie-dieptedoorsneden met aanduiding van relevante anomalieën worden weergegeven in Figuur 6 tot Figuur 11 met de visualisatie van de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal. Hierbij worden de minima van elke doorsnede in zwart (weinig reflectief) en maxima in wit (sterk reflectief weergegeven) per 2 cm diepte. Alle dieptedoorsneden zijn opgenomen in Appendix 1: dataplots alle GPR diepte-doorsneden van 0 tot 105 cm diepte.



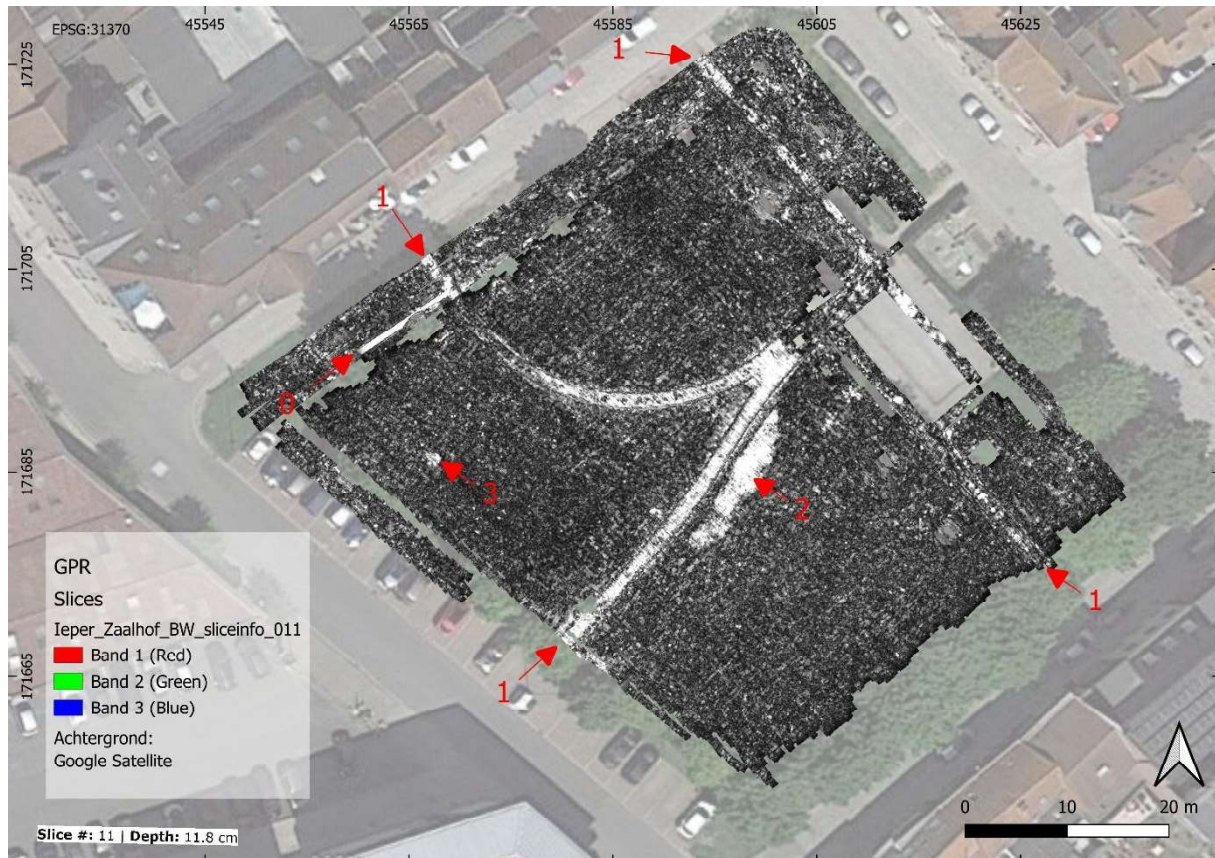
Figuur 4: GPR transect in grijswaardenschaal (wit: laag reflectierend, zwart: sterk reflectierend). De inzetkaart toont de locatie van het transect met het label aan de start.

Door hyperbolen aan te passen aan hyperboolvormige anomalieën in de GPR data kon een golfsnelheid van circa 8 cm/ns afgeleid worden en gebruikt voor de tijdsdiepte-omzetting. Door de verwachte variabiliteit van de bodemsamenstelling is de golfsnelheid echter niet uniform over het hele studiegebied, waardoor deze omzetting steeds een fout heeft. Deze golfsnelheid wijst erop dat de bodem vermoedelijk uit vochtig zandleem tot nat leemig zand bestaat. Over het algemeen worden reflectoren tot ca. 30 ns (120 cm) diep waargenomen (Figuur 4) maar in de noordelijke hoek van het surveygebied zijn enkele diepere reflectoren tot ca. 35 ns (140 cm) aanwezig (Figuur 5). Diepere data geven voornamelijk ruis weer. De reflecties die toch aanwezig zijn in de dataplots op grotere dieptes zijn waarschijnlijk veroorzaakt door *ringing* van ondiepere sterkere reflectoren of artefacten zijn van dataverwerking.



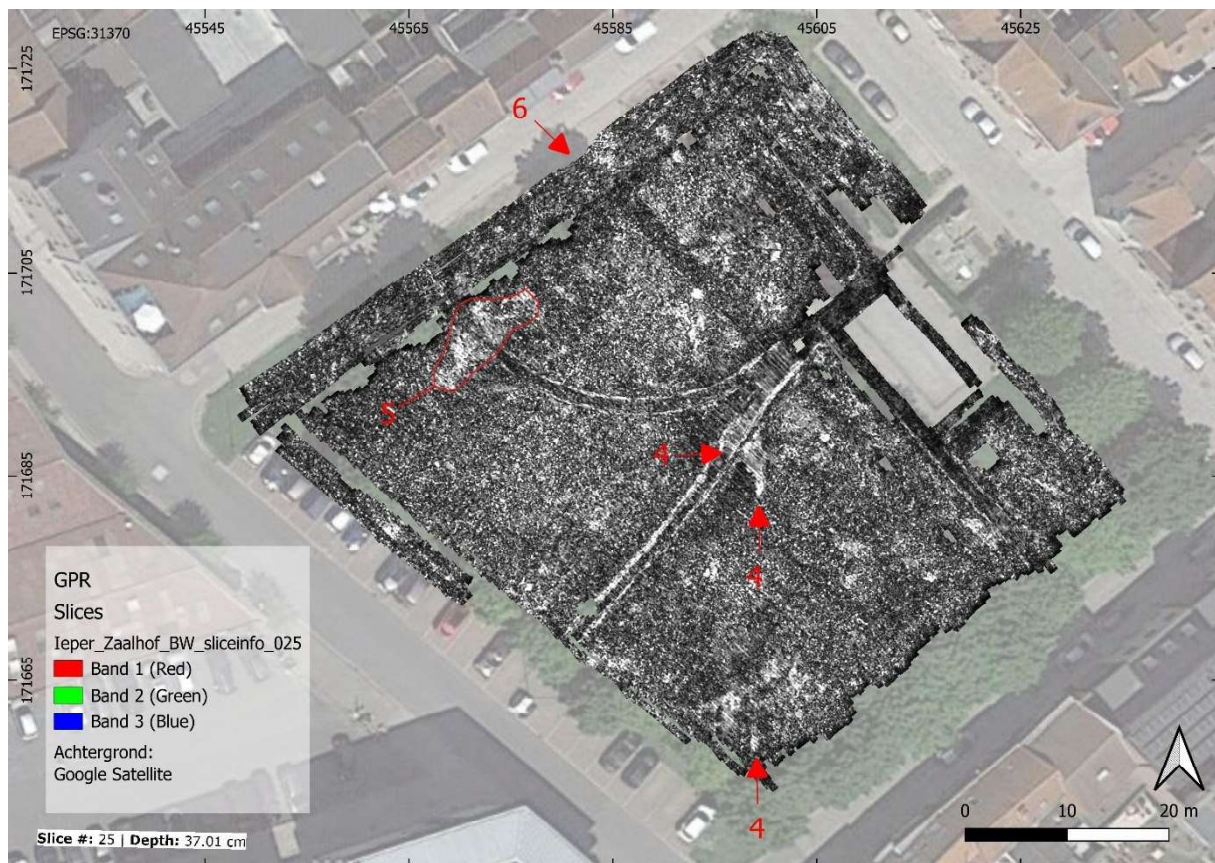
Figuur 5: GPR transect in grijswaardenschaal (wit: laag reflectierend, zwart: sterk reflectierend). De inzetkaart toont de locatie van het transect met het label aan de start.

In de horizontale dieptedoorsnede op 12 cm diepte vallen meteen de sterke lineaire reflectoren op de locatie van de huidige grindpaden op (Figuur 6-1). Deze blijven zichtbaar in de GPR data tot een diepte van ca. 50 cm maar veroorzaken ook schijnbare herhaalde reflecties (*ringing*), data-artefacten, op grotere diepte. Een sterke lineaire reflector die er op aansluit is een data processing artefact (Figuur 6-0). Centraal in het surveygebied ligt naast het pad een sterke amorfe reflector die verdwijnt op een diepte van ca. 23 cm (Figuur 6-2). Daarnaast is er een quasi-circulaire, discrete en matige sterke reflector aanwezig in het westen van het surveygebied (Figuur 6-3).



Figuur 6: Horizontale dieptedoorsnede van de GPR data op 12 cm diepte met de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal (zwart: zwak reflectief tot wit: sterk reflectief) met aanduiding van de belangrijkste anomalieën.

Op een diepte van 37 cm verschijnt in de zuidhoek van het surveygebied een ca 70-80 cm brede lineaire reflector die verder loopt naar het noorden tot aan het grindpad en maakt er mogelijk een loodrechte hoek naar het westen (Figuur 7-4). Een tussenliggend deel is herkenbaar op de dieptedoorsneden op 50 cm (Figuur 8-4; Figuur 9-4). In het westen van het surveygebied ligt een dalende laagvormige, amorfe reflector (Figuur 7-5) die in de diepere doorsneden zich richting het zuidoosten verplaatst en uitbreidt (Figuur 8-5). Een rechtlijnige ca 1.8-2 m brede lineaire anomalie met NW-ZO oriëntatie doorsnijdt het surveygebied en is minder reflecterend dan de omgevende bodem (Figuur 7-6). Op een diepte van ca 60 cm ligt een vergelijkbare anomalie met een zuidwest-noordoostelijke oriëntatie, die echter slechts 14 m het surveygebied in gaat en een sterke zuidwaarts dalende reflector doorsnijdt.



Figuur 7: Horizontale dieptedoorsnede van de GPR data op 37 cm diepte met de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal (zwart: zwak reflectief tot wit: sterk reflectief) met aanduiding van de belangrijkste anomalieën.



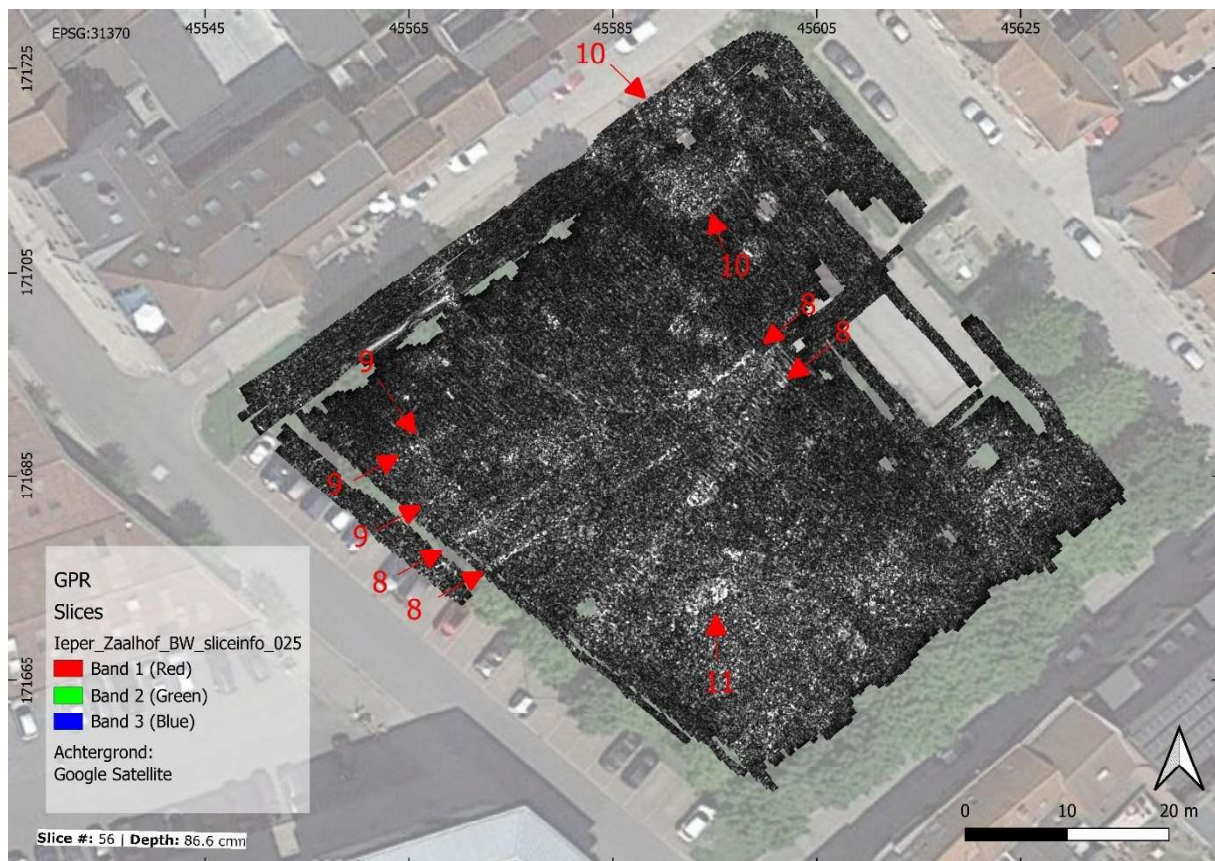
Figuur 8: Horizontale dieptedoorsnede van de GPR data op 50 cm diepte met de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal (zwart: zwak reflectief tot wit: sterk reflectief) met aanduiding van de belangrijkste anomalieën.



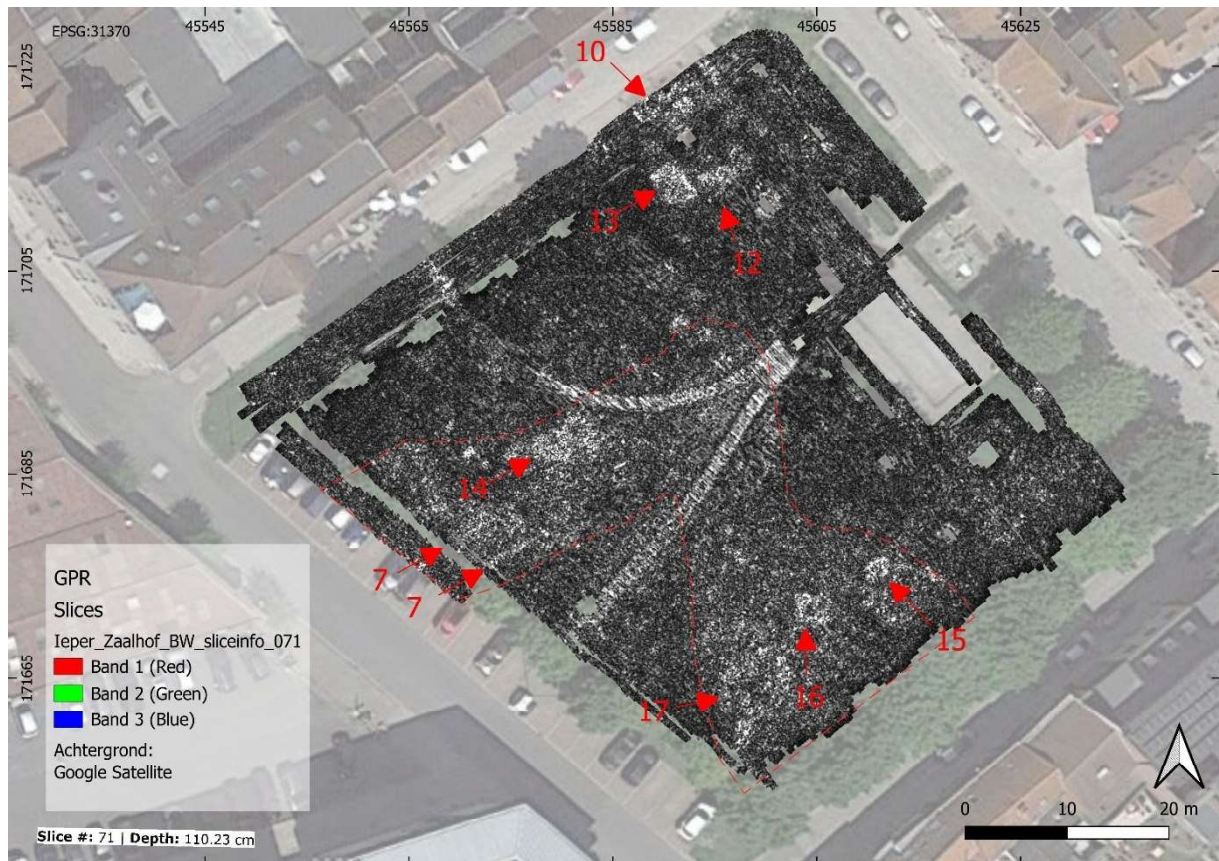
Figuur 9: Horizontale dieptedoorsnede van de GPR data op 60 cm diepte met de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal (zwart: zwak reflectief tot wit: sterk reflectief) met aanduiding van de belangrijkste anomalieën.

Op een diepte van ca. 87 cm zijn twee parallelle, matige lineaire reflectoren herkenbaar die het surveygebied doorsnijden (Figuur 10-8). Deze liggen op ca. 3.5 m van elkaar en zijn identificeerbaar tussen 70 cm en 100 cm diepte. Ten noordoosten hiervan zijn over een kortere afstand twee parallelle zwakke lineaire reflectoren nauwelijks te onderscheiden (Figuur 10-9): mogelijk loodrecht verbonden met eerder vermelde anomalieën maar dit is onzeker omdat ze in dezelfde richting als de meetlijnen liggen (Figuur 10-9 stippelpijl). In het noorden van het surveygebied vallen een aantal amorphe matig reflecterende zones op (Figuur 10-10). Op grotere diepte gaan deze over in verschillende structuren samengesteld uit orthogonale lineaire en rechthoekige sterke reflectoren (Figuur 11-10,12,13).

Ook in het zuiden van het surveygebied is een amorphe, matige reflecterende zone herkenbaar op 87 cm diepte (Figuur 10-11). Deze zet zich echter slechts een tiental cm dieper door. Op 110 cm diepte zijn naast de eerder vermelde, opvallende rechthoekige en lineaire sterk reflecterende anomalieën in het noorden (Figuur 11-10,12,13) ook centraal in het surveygebied quasi rechthoekige reflecterende zones aanwezig (Figuur 11-14) opgemeten met een parallelle oriëntatie met de reeds ondieper aangetroffen lineaire anomalieën (Figuur 11-7). Daarnaast werden verschillende quasi-rechthoekige tot amorphe matig reflecterende anomalieën onderscheiden (Figuur 11-15,16,17). Deze lijken deel uit te maken van een bredere zone met reflectieve bodemeigenschappen (Figuur 11-stippellijn).



Figuur 10: Horizontale dieptedoorsnede van de GPR data op 87 cm diepte met de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal (zwart: zwak reflectief tot wit: sterk reflectief) met aanduiding van de belangrijkste anomalieën.



Figuur 11: Horizontale dieptedoorsnede van de GPR data op 110 cm diepte met de amplitude enveloppe in grijswaardenschaal (zwart: zwak reflectief tot wit: sterk reflectief) met aanduiding van de belangrijkste anomalieën.

IV. (Geo-)Archeologische interpretatie

Bij het (geo)archeologisch interpreteren van de geofysische anomalieën worden de gemeten eigenschappen rechtstreeks of via extrapolatie gekoppeld aan beschikbare achtergrondinformatie over het onderzoeksgebied. Dit omvat onder andere publiek toegankelijke geologische en bodemkaarten, digitale hoogtemodellen, historische kaarten en archeologische gegevens die openbaar zijn of door de opdrachtgever worden aangeleverd. De voorkennis van de interpretator speelt hierbij eveneens een rol, waardoor deze interpretaties nooit volledig objectief zijn. Deze bevatten bovendien verschillende niveaus van (on)zekerheid, die in de tekstuele beschrijving worden aangeduid met modale bijwoorden (bijvoorbeeld misschien, mogelijk, waarschijnlijk of zeker).

Voor de interpretatie van het geofysisch onderzoek ter hoogte van het Zaalhof in Ieper was er vrijwel geen ruimtelijke informatie, relevant voor de onderzoeksvraag, ter beschikking gesteld door de opdrachtgever. Dit beperkt de mogelijkheid tot een diepgaande interpretatie van de vastgestelde anomalieën. Daarnaast bevatten de data veel ruis, waarschijnlijk door de aanwezigheid van puin in de ondergrond, wat ervoor zorgt dat de morfologie van de anomalie moeilijk herkend en dus geïnterpreteerd kan worden. Ook lijken de gedetecteerde structurele anomalieën vaak slechts deels in kaart gebracht, mogelijk door de variabele en ondiepe penetratie van het GPR signaal in de natte ondergrond.

De lineaire reflectoren in de ondiepe doorsneden zijn duidelijk veroorzaakt door de aanleg van de grindpaden op het Zaalhof (Figuur 6-1). Hierbij lijkt een sterk reflecterend maar ondiep amorf pakket van grof materiaal/puin doorsneden te zijn of afgezet rond het pad (Figuur 6-1). Figuur 6-3 lijkt een ondiepe kuil met grof materiaal. Figuur 7-4 en Figuur 8-4 lijken deel uit te maken van dezelfde lineaire structuur met een variabele diepte en gekenmerkt door grover materiaal. Deze kan zowel als een oude sleuf van een nutsleiding als een archeologische structuur, zoals een greppel opgevuld met stenig materiaal of muur(fundering), geïnterpreteerd worden. Het discontinue verloop kan mogelijk op een niet-recente ouderdom wijzen. Een coherente, continue laag met een afwijkende, waarschijnlijk grovere of puinrijke, bodemsamenstelling lijkt centraal langs de noordwestzijde van het surveygebied vrijwel te dagzomen en dalen over een afstand van ca. 7 tot 8 m tot een diepte van ca. 60 cm richting het zuidoosten (Figuur 7-5; Figuur 8-5). Dit kan zowel een natuurlijke bodemvariatie als grootschalige antropogene laag zijn. Omdat deze variatie de topografie van het oppervlak niet volgt, is deze waarschijnlijk niet veroorzaakt door variaties in natuurlijke afstroming van het bodemvocht. De 1.8 m tot 2 m brede lineaire attenuerende anomalieën (Figuur 7-6; Figuur 9-6) worden geïnterpreteerd als sleuven die door het matig reflecterende bodemmatrix en een sterk reflecterende puinrijke of stenige eenheid (Figuur 9-7; Figuur 11-7) zijn gegraven en opgevuld met minder puinrijk, fijner en/of homogener bodemmateriaal. Misschien zijn hier ooit archeologische proefsleuven aangelegd.

Voor de lineaire reflectieve anomalieën op 87 cm diepte (Figuur 10-8) zijn verschillende interpretaties mogelijk. Aangezien deze pas vanaf grotere diepte herkenbaar zijn, lijkt een niet-recente ouderdom mogelijk. Enerzijds kunnen het lange, smalle muren of muurfunderingen zijn en maken mogelijk deel uit van een langwerpige gebouwstructuur of afbakening, waarvan het uiteinde ter hoogte van het aanwezige monument ligt. Anderzijds kunnen het twee smalle, parallelle greppels zijn die opgevuld zijn met steenrijker materiaal en ooit een weg of doorgang afbakenden. In deze zin is de uitlijning met de Klaverstraat ten noordoosten van het surveygebied opvallend. De anomalieën ten noorden ervan (Figuur 10-9) zijn slechts vaag herkenbaar en dus onzeker maar houden misschien verband met deze structuur. Ook een rechthoekige reflector ten noorden ervan kan mogelijk een stenen vloer of puinrijke kuilvulling zijn, die eraan gerelateerd kan worden.

De met grootste zekerheid en meest detail interpreteerbare anomalieën bevinden zich in het noorden van het surveygebied. Waar deze op lage diepte eerder amorf zijn (Figuur 10-10), worden de anomalieën orthogonaal lineair naarmate de diepte toeneemt en vervolgens quasi-rechthoekig (Figuur 11-10,12,13). Deze kunnen als stenen vloeren/funderingen/puinlagen geïnterpreteerd worden, waartussen nog staande (funderings)muren herkenbaar zijn. Deze zijn vervolgens afgedekt met een ruimer pakket waarin vrij veel steenpuin aanwezig is.

Op de kaart van Vandermaelen (1846-1854; Digitaal Vlaanderen, 2025) staat in deze hoek van het surveygebied een structuur aangeduid. Ook tijdens archeologisch onderzoek door Sadones et al. (2017) werden aansluitend op deze anomalieën vondsten aangetroffen, geïnterpreteerd als afkomstig van het Zaalhof. Een alternatieve, maar minder waarschijnlijke, interpretatie is dat werken op de werfzone herkenbaar op orthofoto's uit de winter van 2022 hier een diepe bodemimpact gehad hebben.

Ten slotte zijn in het zuiden van het surveygebied verschillende quasi-rechthoekige tot amorfe reflecterende anomalieën aanwezig die gezien hun begravingsdiepte als niet-recent zouden kunnen geïnterpreteerd worden. Deze hebben geen grote dikte en kunnen dus mogelijk stenige (resten van) vloertjes zijn of ondiepe kuilen met steenpuin. Met uitzondering van de structuren in het noorden lijken de diepste reflecties zich te concentreren in een enigszins L-vormige zone met meer puinrijk of grover bodemmateriaal (Figuur 11-stippelijn). Gezien de beperkte oppervlakte van de survey en het discontinue karakter van de dataset langs de noordoostelijke rand van het onderzoeksgebied, blijft dit slechts een voorlopige indruk.

V. Conclusie en aanbevelingen voor verder onderzoek

Het onderzochte gebied kent een complexe archeologische context: een bijna stedelijke omgeving met mogelijk ingewikkelde stratigrafie, verstoord door de aanleg van een modern park. Deze situatie is verder bemoeilijkt door de grote diepte van de te onderzoeken lagen en de ongunstige bodemcondities, zoals hoge vochtgehalte, waardoor de effectiviteit van GPR sterk beperkt is. Daarnaast zorgt de talrijke aanwezigheid van puntreflectoren door steenpuin in de bodem in stadscontexten ervoor dat het GPR-signaal verstrooid wordt, waardoor structuren moeilijker kunnen worden afgebakend. Hierdoor is de kans om de onderzoeksvraag, namelijk het in kaart brengen van de tweede grafelijke burcht van Ieper, succesvol te beantwoorden vrij klein.

Het ontbreken van duidelijke reflectoren in delen van het surveygebied, vooral vanaf dieptes meer dan 1,4 m, kan daarom worden toegeschreven aan deze moeilijke omstandigheden maar betekent niet noodzakelijk het ontbreken van archeologische resten. Tot die diepte werden immers reflectoren waargenomen die waarschijnlijk verband houden met de reeds opgegraven resten van het Zaalhof langs de noordrand van het surveygebied. Ondiepe reflectoren zijn vermoedelijk gerelateerd aan recentere bodemverstoringen, terwijl diepere anomalieën met grotere waarschijnlijkheid wijzen op archeologische structuren. Een sluitende interpretatie blijft echter vaak onmogelijk op basis van morfologie en contextinformatie.

Anomalieën die mogelijk archeologisch van aard zijn, moeten nog gevalideerd worden door reeds bestaande archeologische gegevens grondig te bestuderen. Mogelijk zijn er immers reeds proefsleuven in het surveygebied uitgevoerd. Voor resterende vragen is minimaal invasief onderzoek, zoals handboringen, aangewezen om een eerste beeld van stratigrafie en archeologische lagen te krijgen. Op verharde zones of bij veel puin kunnen mechanische boringen worden ingezet. Gerichte proefsleuven of -putten blijven de meest betrouwbare methode om archeologische interpretaties te bevestigen en de hypothese rond het Zaalhof te toetsen.

Indien aanvullend geofysisch onderzoek wordt overwogen, dient dit bij drogere bodemomstandigheden plaats te vinden om betere GPR resultaten te verkrijgen. Daarbij kan een lagere frequentie-antenne (100–250 MHz) worden gebruikt voor betere penetratie en detectie van diepere structuren, zij het met een lagere ruimtelijke resolutie. 2D of 3D Elektrische weerstandstomografie met transecten of gericht op bepaalde structuren kan worden gebruikt om niet-invasief op grotere dieptes inzicht in de opbouw van de archeologische eenheden te verkrijgen.

VI. Geofysische onzekerheid

De geofysische metingen gebruikt in deze studie zijn uitgevoerd in een configuratie om potentiële archeologische sporen te detecteren. Ook de verwerking gebeurde met het oog hierop. Ondanks deze kwaliteitsbetrachting is geen enkele, en daarom ook niet de hier toegepaste, geofysische techniek of combinatie daarvan in staat alle fenomenen in de ondergrond te detecteren en sluitend te interpreteren. De interpretatie van de metingen is gebaseerd op uitgebreide theoretische wetenschappelijke kennis, gecombineerd met praktische terreinervaring. Gezien de inherente onzekerheid van geofysische meetdata en de archeologische en materiaalkundige interpretatie ervan, zeker wanneer invasieve validatiedata niet of beperkt voorhanden zijn, blijft het niet-detecteren van structuren en sporen in de bodem of een afwijkende interpretatie steeds waarschijnlijk.

VII. Databeschikbaarheid en -archivering

De meetgegevens en daarvan afgeleide datasets zijn in deze studie meegegeven als digitale bijlagen. Deze bestaan uit:

- rasterdata (geotif, EPSG:31370 (Belge Lambert 72)):
 - Geotiffs van de verwerkte datasets
- vectordata (geosjon, EPSG: 31370 (Belge Lambert 72)) met:
 - de omtrek van het surveygebied ('blanks');
- alle figuren opgenomen in dit rapport.

Referenties

Conyers, L. B., 2023. *Ground-penetrating radar for archaeology*. Rowman & Littlefield.

Digitaal Vlaanderen. 1846–1854. *Vandermaelen kaart: Carte topographique de la Belgique à l'échelle de 1 à 20.000*. Koninklijke Bibliotheek van België (KBR). Geraadpleegd 28 november 2025.

Sadones S., Van Remoorter O., Vanoverbeke R., 2017: Archeologische opgraving Ieper, Ieperlee (centrumstraten Aquafin fase 1), BAAC Vlaanderen Rapport 493.

Appendices

Appendix 1: dataplots alle GPR diepte-doorsneden van 0 tot 105 cm diepte

