



Rapport

Geofysisch onderzoek Twaalfbunderweg Bilzen,

Projectcode 2021I85

9 november 2021

gericht aan Studiebureau Archeologie

Ter attentie van Dhr. Wouter Yperman en Mevr. Annelies De Raymaeker

Project:

Geofysisch onderzoek aan de Twaalfbunderweg te Bilzen, projectcode 2021l85

Opdrachtgever:

Studiebureau Archeologie bv
Bietenweg 20
3300 Tienen

Plangebied:

ca. 4.8 ha aan de Twaalfbunderweg en Taunusweg te Bilzen

Contactpersonen:

Dhr. Wouter Yperman
Mevr. Annelies De Raymaecker

Uitvoering:

3Dsoil (dr. ir. Timothy Saey)
Ropamate International nv
Triphonstraat 9
9060 Zelzate

Datum veldwerk:

25 oktober 2021

Datum rapportage:

9 november 2021

1. Doelstellingen en studiegebied

Naar aanleiding van een geplande aanvraag voor een omgevingsvergunning voor de bouw van een industriehal met kantoren in kader van de ontwikkeling van een groter bedrijventerrein ('De Kieleberg'), dient een archeologisch onderzoek uitgevoerd te worden op een terrein (deels grasland en deels gerooid bos) van ca. 4.8 ha gelegen tussen de Twaalfbunderweg en de Taunusweg te Bilzen. Naast een industriehal met kantoren, worden ook enkele groene zones, verhardingen en een hemelwaterput voorzien. Voorafgaand aan de bouwwerken werd de helft van het projectgebied bijna volledig ontbost. Dit komt overeen met een oppervlakte van ca. 21.500 m².

Het archeologisch bureauonderzoek heeft aangetoond dat er archeologische verwachtingen bestaan voor (pre)historische waarden vanaf de metaaltijden tot aan het einde van de Tweede Wereldoorlog (WO2). Door het vastgestelde potentieel aan kenniswinst wordt een archeologisch vervolgonderzoek noodzakelijk en nuttig geacht. Voor de historiek en landgebruik binnen de gemeente Bilzen zou een mogelijke opgraving van groot wetenschappelijk belang kunnen zijn. Er werden in de omgeving namelijk zeer weinig archeologische vindplaatsen teruggevonden.

In de periode net voor de Tweede Wereldoorlog (WO2) werd de zuidelijke helft van het vergunningsgebied ontbost en werd er door het Belgisch leger een defensieve loopgraaf aangelegd. De loopgraaf was een onderdeel van de recente aangelegde dekkingstellingen rondom het Albertkanaal (de eerste verdedigingslinie voor een mogelijke Duitse inval). Ook in de zuidwestelijke hoek van projectgebied werd een dekkingstelling van het Belgisch leger uit de periode voor de tweede wereldoorlog teruggevonden. Dit werd vastgesteld door middel van een veldprospectie in 2011. De stelling is zichtbaar op de luchtfoto die genomen werd door het Amerikaans leger in het najaar van 1944. Na de oorlog werden deze gronden terug in gebruik genomen als naaldboomkwekerij, wat weergegeven wordt op de topografische kaart van 1969. De loopgraaf is op het oostelijk deel van het terrein hedendaags nog duidelijk te onderscheiden als depressie in het bodemoppervlak. Verder onderzoek naar de loopgraaf die dwars over het vergunningsgebied loopt, zou nuttig zijn. Er valt dus een groot potentieel aan kenniswinst te behalen. Voor een uitvoerige beschrijving van de geschiedenis van het opdrachtgebied en het archeologisch potentieel, verwijzen we naar de archeologienota opgesteld door Studiebureau Archeologie bv met projectcode 2021D161.

Voorafgaand historisch onderzoek a.d.h.v. luchtfoto's uit WO2 heeft dus aangetoond dat er kans is dat er relictten in de ondergrond aanwezig kunnen zijn, vermits het plangebied tijdens WO2 deel uitmaakte van een dekkingstelling aan het Albertkanaal. De luchtfoto's en het DTM tonen de aanwezigheid van de defensieve loopgraaf op het terrein waardoor er een sterke kans is op de aanwezigheid van onontplofte explosieven en munitie in de ondergrond. Er komen dus mogelijk ook schuttersputten in het terrein voor.

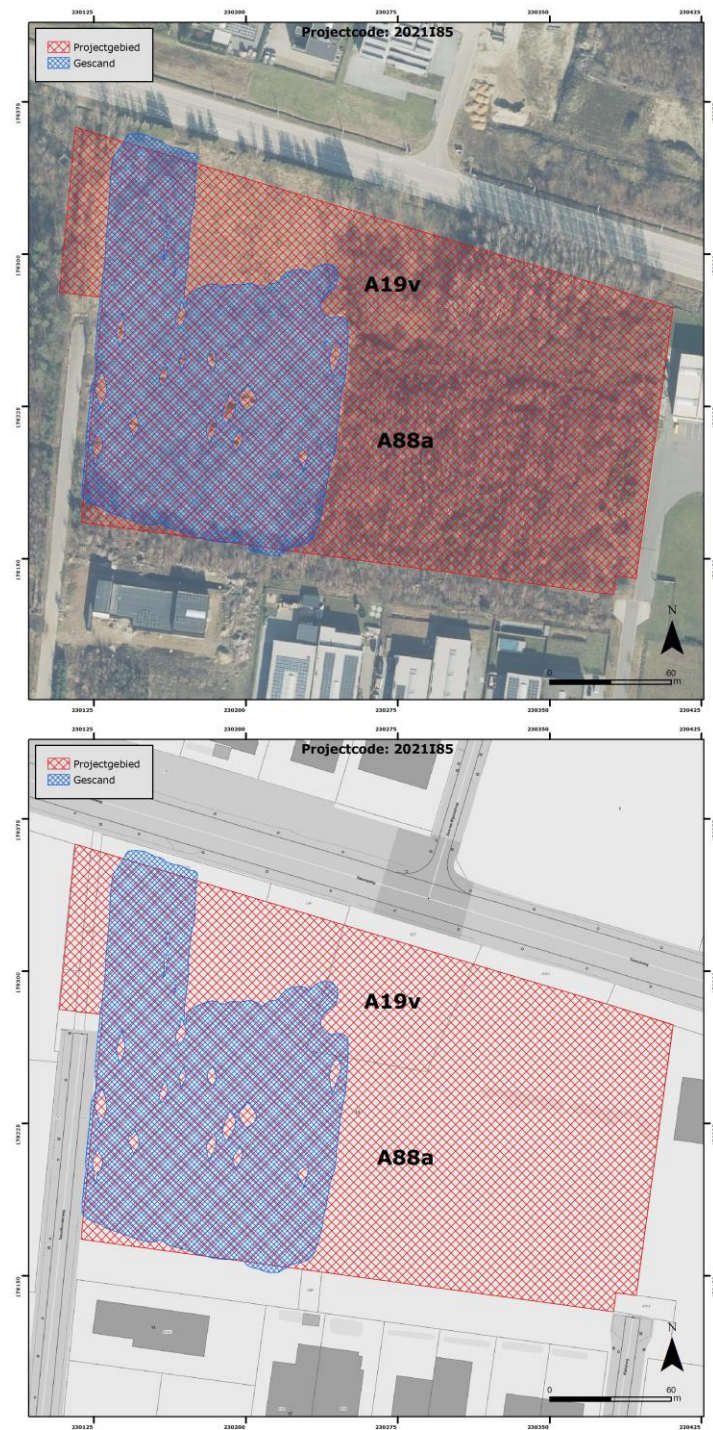
In kader van het verdergezet archeologisch onderzoek wordt aan 3Dsoil gevraagd om een geofysisch onderzoek uit te voeren op het terrein. Door 3Dsoil werd een hoge-resolutie elektromagnetische inductie (EMI) survey voorgesteld met focus op de detectie van mogelijke archeologische restanten van verschillende ouderdom in de ondergrond. Daarenboven zullen ook begraven ferro- en non-ferro metalen objecten, die mogelijk onontplofte munitie voorstellen gedetecteerd worden met EMI. Deze techniek werd reeds veelvuldig met succes ingezet voor archeologische prospectie in de voormalige frontzone van Wereldoorlog 1. In deze verstoorde gebieden kan EMI naast (al dan niet) subtiele

afwijkingen van mogelijke archeologische oorsprong nog steeds afzonderlijke anomalieën veroorzaakt door ondergrondse metalen objecten aanduiden.

Het geofysisch onderzoek kan uitsluitsel geven in welke mate WO2 structuren relictten hebben nagelaten in het bodemarchief en of er nog andere sporen aanwezig zijn die niet zichtbaar waren op luchtfoto's genomen tijdens WO2, of enkel ondergronds aanwezig gedurende die periode. Vermits er in de regio gevochten werd gedurende WO2, moet er zeker ook rekening gehouden worden met de aanwezigheid van onontplofte explosieven in de ondergrond. De vaststelling van mogelijke onontplofte munitie of opslagplaatsen van munitie wordt dus een mede hoofddoelstelling van het geofysisch onderzoek. Daarnaast bezit het terrein ook een potentieel voor het aantreffen van grondsporensites uit de metaaltijden, maar de kans op het terugvinden wordt eerder laag ingeschat omdat het bebossen en ontbossen hoogstwaarschijnlijk een negatieve impact heeft gehad op de bodembewaring. Gezien de landschappelijke en bodemkundige ligging (geanalyseerd in de archeologienota) en de beperkte bewaring van de podzollaag wordt de kans op het aantreffen van grondsporen vanaf de metaaltijden tot en met de middeleeuwen dus als eerder laag ingeschat.

Kadastraal werd het studiegebied gedefinieerd als Bilzen, afdeling 1, sectie A, percelen 88A en 19V, met lambert 72 coördinaten van de gescande zone Xmin: 230115 m, Ymin: 178150 m, Xmax: 230250 m, Ymax: 178360 m. De gescande en vooropgestelde projectzones werden gevisualiseerd op Figuur 1.

Enkel het westelijk deel van kadastraal perceel 88A kon in de praktijk worden gescand vermits de het oostelijk gedeelte vroeger bos was en niet toegankelijk was voor de mobiele meetconfiguratie vermits de afgezaagde boomstammen en overgebleven struiken hindernissen bleken die niet verwijderd konden worden. Ook het noordoosten van het westelijk deel van het perceel kon niet worden ingescand wegens te nat en ontoegankelijk. Ook het uiterste noordwestelijk deel kon niet worden ingemeten door het voorkomen van een groot aantal bovengrondse obstakels, struiken en bomen. Het geofysisch onderzoek werd dus uitgevoerd op het volledige beschikbare terrein, wat dus enkel het westelijk deelgebied van het vooropgestelde gebied betrof.



Figuur 1: Aanduiding van de vooropgestelde (rood) en gescande (blauw) zone op een hedendaagse luchtfoto (boven) en aanduiding van de vooropgestelde zone op het GRB (Informatie Vlaanderen) met aanduiding van de kadastrumnummers van de gescande percelen (onder).

2. Elektromagnetische inductie

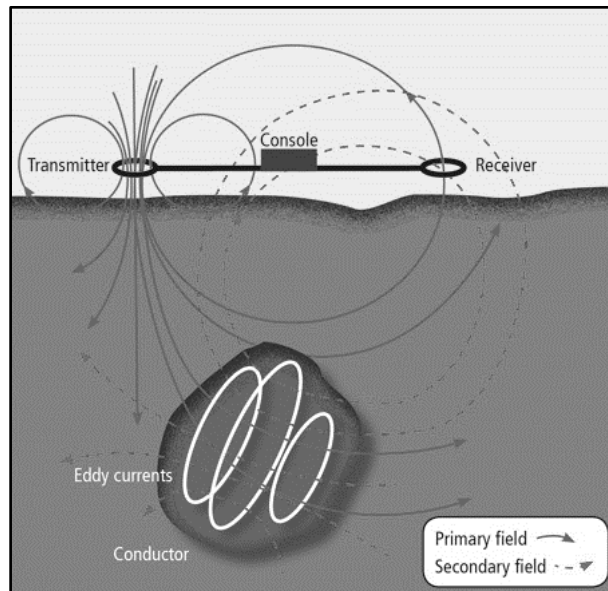
1. Principe

Het uitvoeren van een geofysische meting op basis van EMI laat toe om simultaan de elektrische geleidbaarheid en magnetische gevoeligheid van een welbepaald bodemvolume in te schatten. De meest gebruikte configuratie maakt gebruik van een zend- en ontvangstspoel op 1 m afstand van elkaar. Door de zendspoel wordt een elektrische stroom gestuurd, waardoor een magnetisch veld wordt opgewekt (het primaire magnetisch veld) rond de spoel die in de bodem dringt. Daardoor ontstaan in de bodem elektrische stroompjes (wervelstroompjes) die op hun beurt een eigen magnetisch veld opwekken (het secundair magnetisch veld). Een deel van zowel het primaire en secundaire magnetisch veld wordt opgevangen in de ontvangstspoel, waar in de spoel een elektrische stroom ontwikkelt (Figuur 2). De verhouding tussen het opgevangen magnetisch veld (som van het primair en secundair magnetisch veld) en het uitgezonden magnetisch veld (primair magnetisch veld) kan lineair gerelateerd worden aan de elektrische geleidbaarheid (EG) van de bodem.

De elektrische geleidbaarheid van een bodem wordt vooral beïnvloed door verschillende fysische bodemparameters. In hoofdzaak zijn dit het gehalte aan klei, het vochtgehalte en de hoeveelheid organisch materiaal en de bodemdichtheid. De aanwezigheid van zout doet de elektrische geleidbaarheid in de hoogte schieten, net als de aanwezigheid van begraven metalen (ferro en non-ferro) objecten. Elk spoor of structuur aanwezig in de ondergrond die een afwijking van deze bodemparameters in de ondergrond veroorzaakt kan resulteren in een lokaal verhoogde of verlaagde EG.

Een ander deel van het opgevangen secundair magnetisch veld kan gerelateerd worden aan de magnetische eigenschappen van het bodemmateriaal. De magnetische gevoeligheid (MG) geeft de magnetiseerbaarheid van het onderzochte (bodem)materiaal weer, oftewel de mate waarin materiaal kan worden aangetrokken door een magneet. Vermits de bovenste, organisch rijke laag van de bodem sterk magnetisch is, reageren de MG metingen vooral op verstoringen van bodems door ingrepen in deze bovenste laag van de bodem, of door verstoring van de iets diepere lagen en opvulling met organisch-rijk bodemmateriaal. Verhit of verbrand bodemmateriaal (bijvoorbeeld brandplaatsen, oventjes, bakstenen structuren, ...) leveren een sterke verhoging van het MG signaal op. Aanzienlijke veranderingen in diepte of concentratie aan organisch materiaal blijken ook in dit signaal aanwezig te zijn. Enorme uitwijkingen zijn terug te vinden wanneer begraven metalen objecten of metaalslakken in de ondergrond aanwezig zijn.

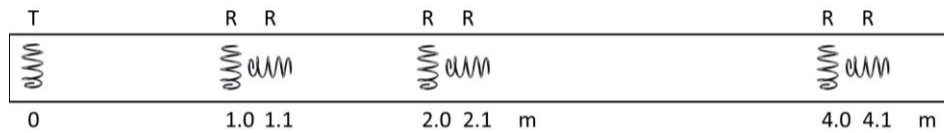
Zowel de EG als de MG metingen reageren dus op verstoringen van (recente of oude) bodems door opvulling met materiaal met een verschillende textuur (vergravingen in of net onder de bouwvoor), vochtgehalte of gehalte aan organisch materiaal. In functie van de vraagstelling zouden dus mogelijke oudere grachtstructuren of muurrestanten allerhande gedetecteerd kunnen worden via hun afwijkende bodemsamenstelling en/ of magnetische eigenschappen ten opzichte van de omgeving. Verder kunnen met EMI zowel ferro (ijzer) als non-ferro (goud, koper, aluminium) metalen objecten in de ondergrond gedetecteerd worden.



Figuur 2: Principe van elektromagnetische inductie.

2. Multi-signaal EMI instrument

De gebruikte EMI sensor voor het scannen van het studiegebied bestaat uit één zendspoel en zes ontvangspoelen op een verschillende afstand van de zendspoel (Figuur 3). In elke zendspoel wordt de 'quadrature-phase' en 'in-phase' respons van het secundair magnetisch veld gemeten. Uit de 'quadrature-phase' respons kan de EG afgeleid worden, terwijl de 'in-phase' respons een proxy is voor de MG van de bodem. De EG kan gerelateerd worden aan de natuurlijke bodemkundige variabiliteit (textuur, organisch materiaal, vochtgehalte), terwijl de MG een aanduiding geeft van mogelijke menselijke verstoringen. Omdat de ontvangspoelen op verschillende afstanden staan van de zendspoel en in een verschillende oriëntatie staan ten opzichte van de zendspoel worden de EG en MG opgemeten van verschillende bodemvolumes tot een diepte van 6.4 m. Concreet bevat de sensor 6 ontvangspoelen die zich op drie verschillende afstanden (op 1, 2 en 4 m) van de zendspoel bevinden. Op elke afstand zijn twee ontvangspoelen met verschillende oriëntatie ten opzichte van het bodemoppervlak aanwezig: horizontaal coplanair (HCP) of loodrecht (perpendicular of PRP)). Door de combinatie worden dus zes EG en zes MG signalen gelijktijdig gemeten met een verschillende dieptegevoeligheid (waarvan de PRP MG signalen meestal erg ruisgevoelig en weinig bruikbaar zijn). De dieptegevoeligheid van de verschillende spoelconfiguraties wordt standaard gezien als de diepte waarbinnen 70 % van het totale gemeten signaal (de opgetelde respons) afkomstig is. Hieruit kan afgeleid worden dat voor de vier EG metingen de dieptes van dominante respons variëren van 0-0.5 m (1PRP), 0-1.0 m (2PRP), 0-1.6 m (1HCP), 0-2.0 m (4PRP), 0-3.2 m (2HCP) en 0-6.4 m (4HCP) en voor de drie meest informatieve MG metingen: 0-0.4 m (1HCP), 0-0.8 m (2HCP) en 0-1.6 m (4HCP). Eenvoudig gesteld wordt zo informatie bekomen van zowel oppervlakkige als diepere elektrische en magnetische fenomenen tot op een diepte van ongeveer 6.4 m onder de sensor.



Figuur 3: De opbouw van de gebruikte meerspooelige EMI sensor (T = zendspoel en R = ontvangspoel).

3. Meetdetails

De scan van een zone van in totaal ongeveer 2 ha werd eind oktober 2021 uitgevoerd in erg natte bodemomstandigheden. De bodemsensor werd in een mobiele configuratie voortgetrokken door een quad aan een gemiddelde snelheid van 8 km/u (Figuur 4). Zowel de EG als de MG van de bodem werden opgemeten aan een meetfrequentie van 8 metingen per seconde (d.w.z. een meetafstand binnenin de lijn van 20-30 cm). Alle metingen werden gegeorefereerd met een RTK gecorrigeerde GPS met een horizontale fout in de orde van 1 cm. Een afstand van 0.5 meter tussen de meetlijnen werd aangehouden om het gebied in erg hoge resolutie op te meten om de mogelijk aanwezige WO2 archeologische sporen en begraven metalen objecten die mogelijk explosieven voorstellen in detail te detecteren en aan te duiden.



Figuur 4: Mobiele sensorconfiguratie met de EMI sensor in de slede en RTK-GPS.

3. Resultaten

1. Duiding gebruikte schaal

De ruwe EMI data werden gegeorefereerd door lineaire interpolatie van de RTK-GPS data en gecorrigeerd voor de afstand tussen de GPS antenne en het middelpunt tussen zend- en ontvangspoel van de sensor. Vervolgens werden de data gecorrigeerd voor instrument-drift, d.w.z. voor veranderingen in de metingen door externe invloeden (zoals temperatuurschommelingen gedurende een dag).

De EG en MG waarden werden geïnterpoleerd naar een erg fijn grid van 0.025 m bij 0.025 m. Het contrast van de zwart-wit kaarten werd aangepast in functie van het visualiseren van subtielere patronen en structuren in de data. Hierbij stellen donkere zones of afwijkingen in het algemeen hoge waarden voor (sterk geleidend of sterk magnetisch), terwijl de lichte kleuren lage waarden voorstellen (laag geleidend of laag magnetisch). Er wordt opgemerkt dat de kleurenschalen van de onderstaande figuren niet steeds het volledige bereik van de data-range weergeven. De MG metingen van de PRP spoelconfiguraties werden gedomineerd door ruis en werden daarom ook niet weergegeven in dit rapport.

Zoals gezegd was de oostelijke (vroeger beboste) zone niet toegankelijk voor onze mobiele configuratie door het erg oneffen oppervlak en de aanwezigheid van afgezaagde stammen en struiken, net als de erg natte en zompige zone in het noordoosten van het braakliggende westelijke gedeelte van het studiegebied. Uiteindelijk werd op die manier een gebied met een oppervlakte van ongeveer 2 ha ingemeten.

2. Elektrische geleidbaarheid

Figuren 5 en 6 tonen de EG meting met de 1PRP spoelconfiguratie. Deze EG meting is in theorie geconcentreerd in de bovenste 0.5 m van de bodem. De EG heeft in het noordelijk en centraal deel van het opgemeten gebied waarden rond de 20 mS m^{-1} , waardoor de bovenlaag in het dit deel van dit gebied als zandig tot zandlemig beschouwd kan worden, terwijl in het zuidelijk deel van het gescande gebied waarden rond de 5 mS m^{-1} werden opgetekend, waardoor die zone als erg zandig aanzien kan worden. De verhoogde EG in het noorden en noordwesten van het gebied kan dus te wijten zijn aan een hoger vochtgehalte, of kan veroorzaakt zijn door een iets lemigere bovengrond.

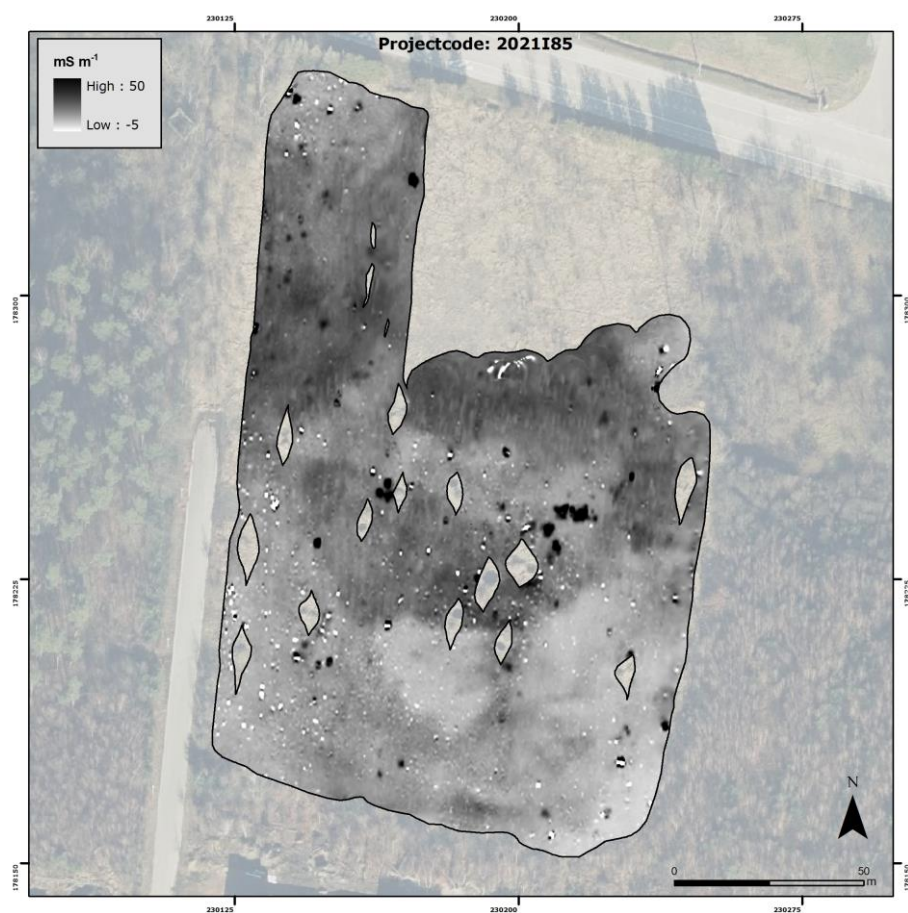
In deze meting kunnen centraal in het gebied twee scherp afgelijnde, min of meer rechthoekige ($3.0 \times 4.0 \text{ m}$ grote) zones met extreme waarden waargenomen kunnen worden (1 op Figuur 21). Deze zijn vrijwel zeker veroorzaakt zijn door enkele een tweetal massief metalen objecten of gewapende betonelementen die zich net onder de bouwvoor (bovenste 40 cm) bevinden. Net ten zuiden daarvan werden daarenboven twee min of meer vierkante anomalieën ($3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$) met extreme EG gedetecteerd (2 op Figuur 21). Vermits op die locaties extreme EG en MG waarden werden waargenomen kunnen dit locaties van kleine bunkers, dugouts of met metaal verstevigde schuilplaatsen in de ondergrond voorstellen. Het kan dus zijn dat deze schuttersputten uit WO2 voorstellen, die afgedekt zijn of verstevigd met metaal. Het kan ook zijn dat op die locaties opslagplaatsen van munitie in de ondergrond voorkomen. Doordat deze anomalieën tekenen als extreme anomalieën met scherp afgelijnde vorm kan aangenomen worden dat deze vrij intact in de ondergrond zijn achtergebleven. Ook ongeveer 40 m meer naar het oosten worden een geclusterd drietal geclusterde anomalieën door grotere metalen of gewapende objecten in de ondergrond waargenomen (3 op Figuur 21). Deze kunnen ook gerelateerd zijn aan het voorkomen van met metaal verstevigde schuilplaatsen, dugouts, schuttersputten of geschutsopstellingen daterend uit WO2. Het lijkt eerder onwaarschijnlijk dat deze begraven munitie-artikelen voorstellen, alhoewel het kan zijn dat deze grote onontplofte WO2 vliegtuigbommen of opslagplaatsen van munitie voorstellen.

Ook in het noordwesten en westen van de gescande zone kunnen een aantal grote metaalanomalieën met extreme signatuur onderscheiden worden, die veroorzaakt zijn door ondergrondse metalen objecten en potentieel onontplofte munitie uit WO2 kunnen voorstellen (5, 6, 9, 10 en 11 op Figuur 21). De meeste van deze anomalieën blijken ook magnetisch sterk afwijkende waarden te vertonen, waardoor bevestigd wordt dat deze begraven metaal in de ondergrond voorstellen. Door de relatief grote vorm en extreme uitwijking kunnen deze anomalieën evengoed massieve metalen objecten of kleinere gewapende betonelementen voorstellen en dus ook wijzen op het voorkomen van afzonderlijke met metaal verstevigde schuilplaatsen, dugouts of schuttersputten.

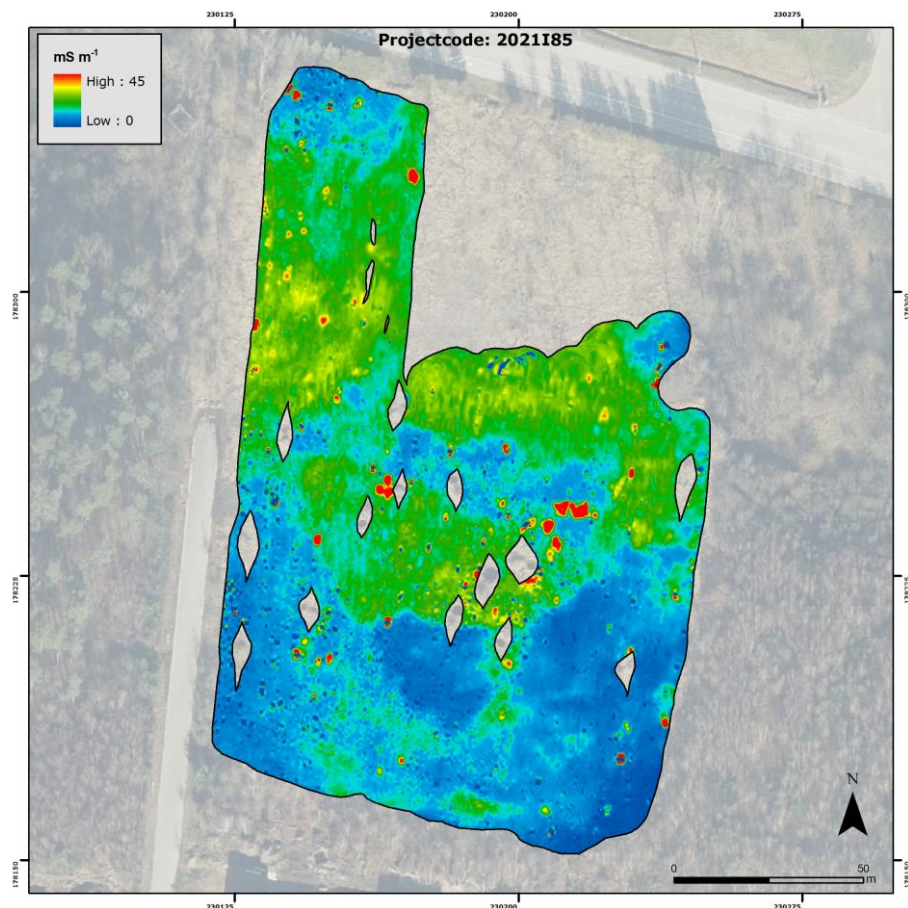
Daarnaast zijn over het gehele gebied kleinere zones met een negatieve EG te zien die veroorzaakt zijn door ondiepe, kleinere metalen objecten in de ondergrond. In die zones kunnen kleine stukjes metaal in de bovengrond aanwezig zijn. Deze zones met erg lokaal verlaagde EG wijzen hoogstwaarschijnlijk op de aanwezigheid van recent aangebracht metaalhoudend puinmateriaal of shrapnel van ontplofte WO2 munitie. De voornaamste van deze anomalieën werden op basis van deze en de 2HCP-MG meting aangeduid in Figuur 21. In het zuidwesten van het opgemeten gebied kan een heterogene concentratie van kleinere anomalieën met extreme uitwijking onderkend worden, dewelke het voorkomen van recent metaalhoudend puinmateriaal kan verraden (6 op Figuur 21). Deze anomalieën zijn waarschijnlijk veroorzaakt door ondergrondse metalen objecten van antropogene

oorsprong want deze kunnen niet direct gecorreleerd worden aan mogelijke archeologische sporen in de directe nabijheid.

In het studiegebied vallen dus enkele extreme anomalieën met duidelijke vorm en signatuur te onderkennen, die mogelijk als van WO2 archeologische origine kunnen geïnterpreteerd worden. Er konden dus enkele grotere metaal anomalieën met extreme uitwijking onderscheiden worden, die grotere massieve metalen of gewapende objecten in de ondergrond voorstellen, maar evengoed te wijten kunnen zijn aan grotere onontplofte WO2 munitie. Deze dienen in het kader van de vraagstelling best gericht onderzocht te worden in het kader van het onderzoek naar WO2 relictten om uit te sluiten dat zij onontplofte WO2 munitie in de ondergrond voorstellen.

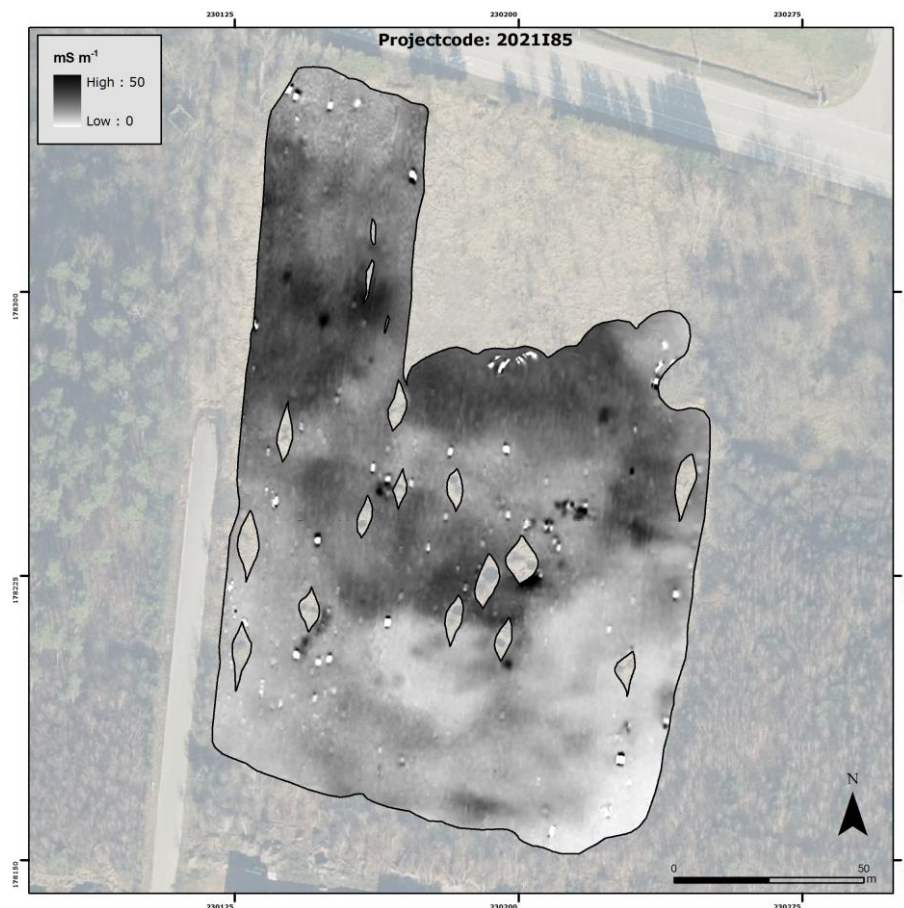


Figuur 5: EG opgemeten met de 1PRP speelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 0.5 m diepte).



Figuur 6: EG opgemeten met de 1PRP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 0.5 m diepte).

Figuur 6 toont de EG meting met de 2PRP spoelconfiguratie (opgemeten bodemvolume 0- 1.0 m). In het algemeen blijkt dit signaal beduidend minder puntanomalieën en randverstoringen te bevatten. Deze kleinere gevoeligheid voor begraven en bovengrondse metalen objecten zorgt ervoor dat er meer op de subtiele en iets diepere variaties in bodemsamenstelling (bodemtextuur) wordt gefocust. Hier komen de zones met extreem verhoogde EG (1, 2 en 3 op Figuur 21) centraal in het gebied duidelijk tot uiting, wat bevestigt dat op die locaties grote stukken metaal en dus mogelijk schuttersputten, dugouts, bunkers, geschutsofstellingen of opslagplaatsen met munitie teruggevonden kunnen worden in de ondergrond. Daarnaast kan een hoger leem- en/of vochtgehalte in het noordwestelijk deel van het gescande gebied aangenomen worden op basis van dit signaal. In het zuidoostelijk daarentegen worden de laagste EG waarden opgemerkt in gebieden met scherp grenzen ten opzichte van de iets conductievere omgeving, waardoor het aannemelijk is dat er daar in het verleden uitgravingen gebeurd zijn die nadien opgevuld werden met homogeen zandig materiaal.



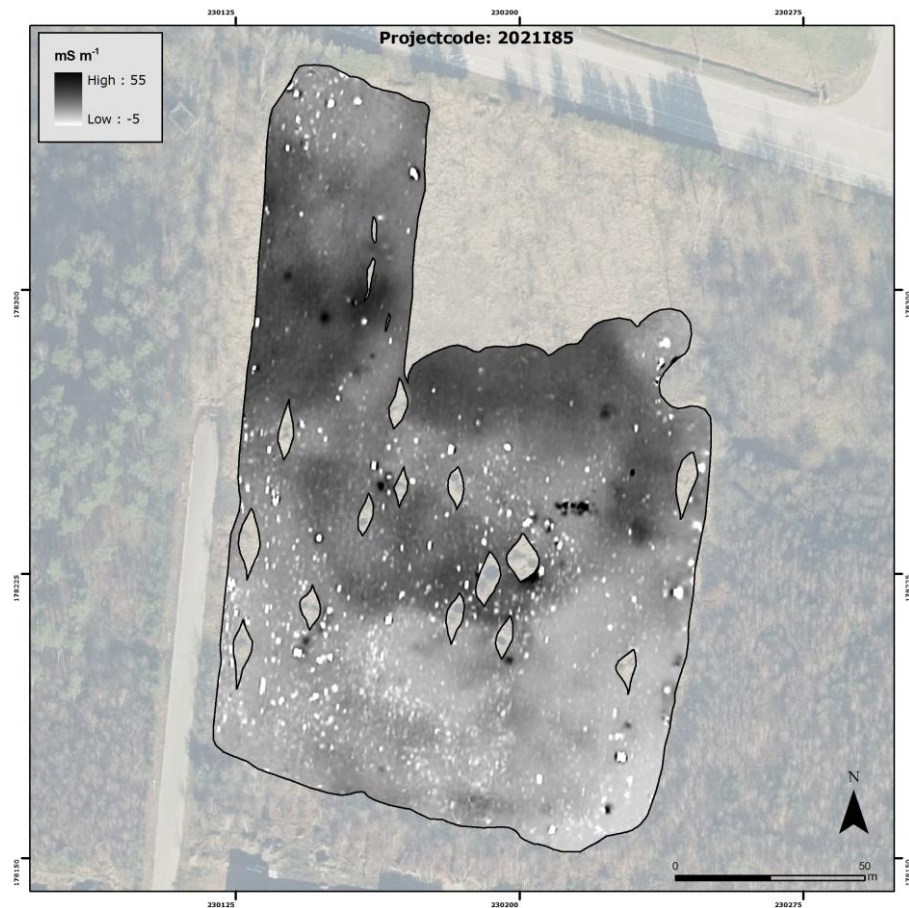
Figuur 7: EG opgemeten met de 2PRP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 1.0 m diepte).

De resultaten van de meting met de 1HCP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0- 1.6 m) zijn te zien in Figuren 8 en 9. Globaal stijgt de EG licht in vergelijking met de 2PRP en 1PRP metingen en dit vooral in de gebieden met hogere EG in het noorden en noordwesten, waardoor daar iets conductiever bodemmateriaal tussen 1.0 m en 1.5 m onder het maaiveld aanwezig is. Deze verhoging is hoogstwaarschijnlijk te wijten aan een hoger vochtgehalte of ondiepe grondwatertafel.

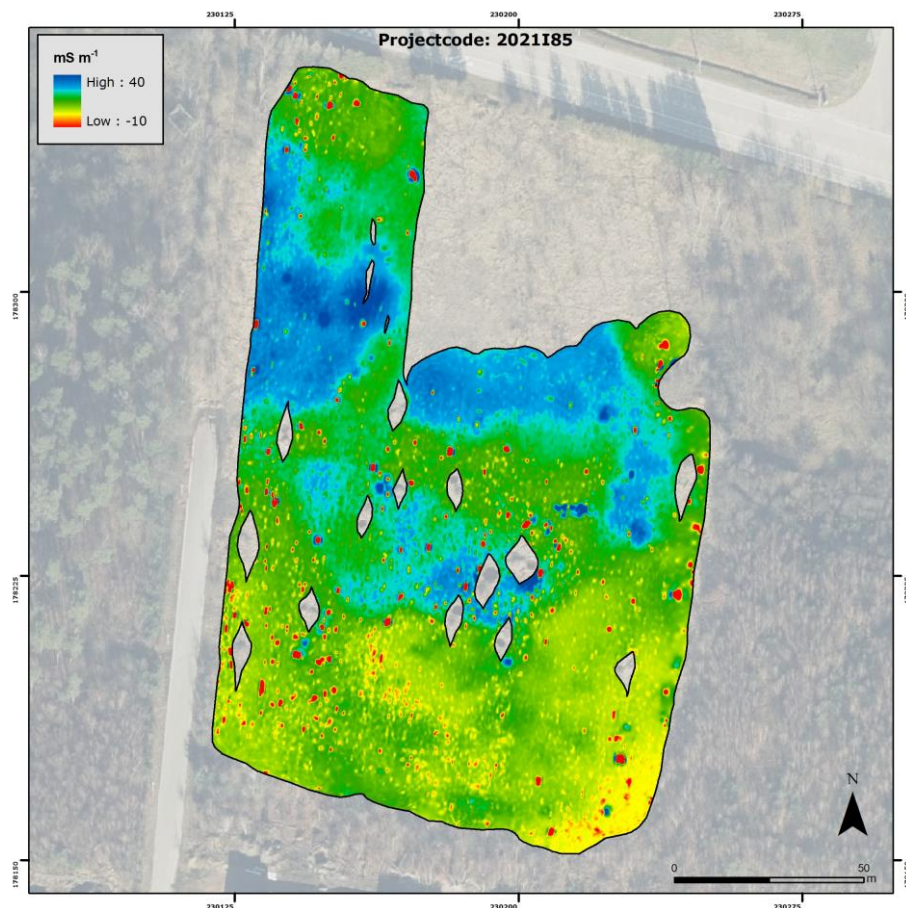
De 1HCP meting is heel gevoelig voor ondiepe metalen objecten die tot uiting komen als extreme anomalieën in de data. Veel van de puntvormige anomalieën met negatieve afwijking ten opzichte van de omgeving blijken samen te vallen met die in het 1PRP signaal, wat bevestigt dat deze begraven metalen objecten voorstellen in de bovenste (halve) meter van de ondergrond. Deze meting blijkt in tegenstelling tot de hierboven besproken metingen echter verzadigd aan kleinere metaal anomalieën, wat wil zeggen dat in de bovenlaag erg veel kleinere metaalstukjes of schrapnel teruggevonden kunnen worden, en dit vooral in het centraal deel van het opgemeten gebied (tussen 1, 2 en 3 op Figuur 31) en het zuidwesten van het gescande terrein (6 op Figuur 31).

Globaal gezien is het patroon van de EG variaties vrij analoog aan dat van de 2PRP spoelconfiguratie, met uitzondering van het 'spikkelige' patroon te wijten aan de puntvormige, oppervlakkige metaal anomalieën en blijkt deze meting geen extra sporen van mogelijke archeologische origine te bevatten. De aanwezige loopgracht en bomkraters zijn in dit signaal gemaskeerd door de overvloedige aanwezigheid aan metalen objecten, schrapnel of splinters in de ondergrond, terwijl het contrasterend materiaal niet genoeg doorweegt in het groter opgemeten bodemvolume waardoor deze sporen niet

meer onderscheiden worden. Enkel de grotere metaal anomalieën 1, 2, 3 en 9 op Figuur 21 komen tot uiting als grotere zones met extreem verhoogde EG, wat wil zeggen dat daar grote en iets diepere metalen of gewapende objecten of structuren teruggevonden kunnen worden, terwijl de anomalieën 5, 6, 10 en 11 op Figuur 21 zichtbaar zijn als anomalieën met een negatieve signatuur, wat wil zeggen dat deze zich minder diep onder het bodemoppervlak (binnen de bovenste 0.50 m à 0.70 m) situeren.



Figuur 8: EG opgemeten met de 1HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 1.6 m diepte).



Figuur 9: EG opgemeten met de 1HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 1.6 m diepte).

De resultaten voor de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 3.2 m) zijn te zien in Figuren 10 en 11. Met de EG van de deze spoelconfiguratie kan een duidelijke inschatting gemaakt worden van de continue, graduele en diepere bodemvariaties binnenin het volledige studiegebied. Enkel in het uiterste noordwesten kan een verhoogde EG opgemerkt worden, waardoor daar kleirijker materiaal in de diepte verondersteld kan worden. De EG van de gescande zone stijgt hierbij licht ten opzichte van de EG van de 1HCP spoelconfiguratie, waardoor besloten kan worden dat in het gehele studiegebied vochtiger en mogelijk ook kleirijker materiaal dieper dan 1.5 m onder het maaiveld aangetroffen kan worden.

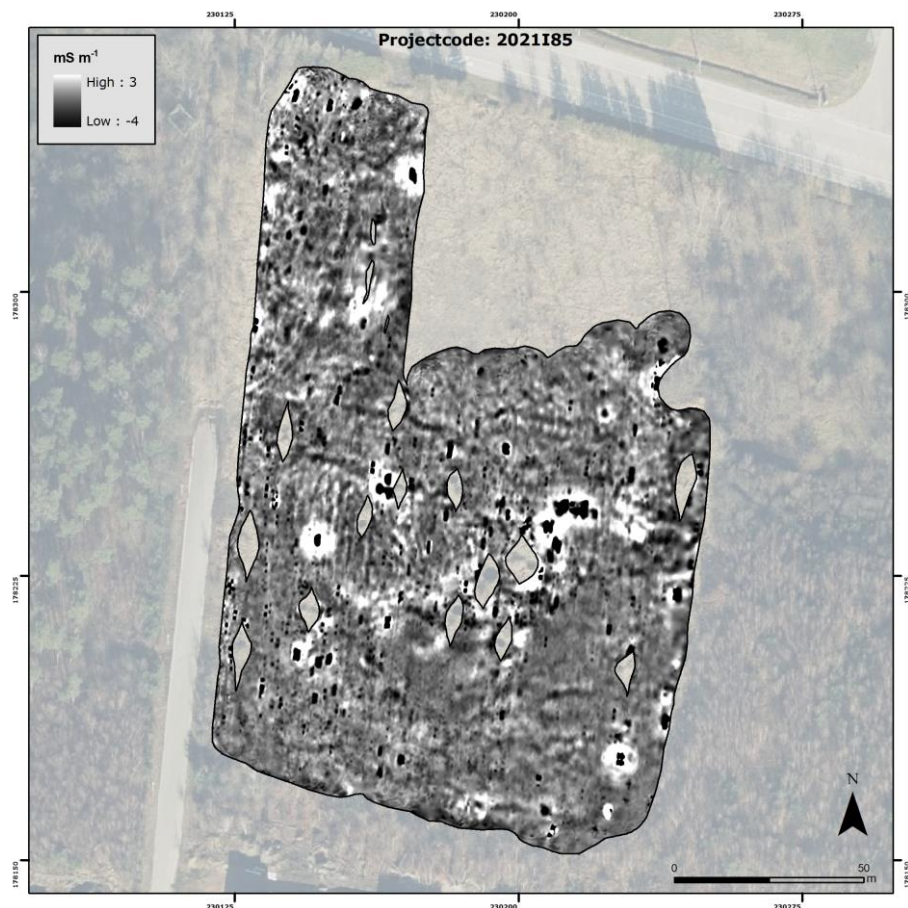
In dit signaal blijken anomalieën 1 op Figuur 31 tot uiting te komen als twee rechthoekige zones met extreem negatieve EG, terwijl net ten zuidwesten daarvan anomalieën 2 ook duidelijk zichtbaar zijn als scherp afgelijnde anomalieën met extreme amplitude. Op de locatie van 3 op Figuur 31 blijkt een patroon van 3 min of meer cirkelvormige anomalieën zichtbaar. Deze zijn dus vrijwel zeker veroorzaakt door grote metalen of gewapende objecten of structuren en kunnen dus versterkte WO2 schuilplaatsen, dugouts of bunkers in de ondergrond van het gescande terrein voorstellen, maar evengoed onontpofte vliegtuigbommen of opslagplaatsen voor munitie voorstellen. Het kan ook zijn dat deze veroorzaakt zijn door eerder recente activiteiten en daar dus gewapende betonelementen of metaalhoudend puinmateriaal werd aangebracht. Gezien hun positie in de nabijheid van de WO2 loopgracht is de kans groot dat deze gerelateerd kunnen worden aan WO2 activiteiten. Verder blijken ook vooral de metaal anomalieën 5, 10 en 11 op Figuur 21 duidelijk te tekenen als negatieve anomalieën, terwijl de bodemverstoringen/gedempte uitgravingen (aanrijkingen in organisch

materiaal en concentraties metaalsplinters) weinig tot geen contrast veroorzaken in het groot opgemeten bodemvolume.

Sommige van die anomalieën met subtiel afwijkende signatuur komen duidelijk tot uiting op basis van de gefilterde meting in Figuur 11. Deze kunnen kleinere uitgravingen in de ondergrond voorstellen of gerelateerd zijn aan eerder recente activiteiten en dus als relictten van recente graaf- en nivelleerwerken beschouwd worden (zoals 7 en 8 op Figuur 21?).



Figuur 10: EG opgemeten met de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 3.2 m diepte).



Figuur 11: 'High-pass' gefilterde EG opgemeten met de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 3.2 m diepte).

In Figuur 12 wordt de EG meting van het bodemvolume tot 6.4 m weergegeven. In Figuur 12 blijken een aantal uitgravingssporen, gedempte putten en klei-aanrijkingen waarneembaar en dit vooral in het centraal en zuidelijk deel van het gescande gebied. Daarenboven tekenen de grotere metaal anomalieën 1, 2 en 3 op Figuur 21 als gebieden met negatieve uitwijkingen, waarbij bevestigd wordt dat deze dus grotere en/of dieper gewapende betonelementen of metalen structuren, al dan niet van WO2 oorsprong, voorstellen. Deze anomalieën kunnen dus met metaal verstevigde schuilplaatsen, schuttersputten of geschutopstellingen in de buurt van de loopgracht voorstellen, of het voorkomen van grote onontpofte munitie-artikelen of stockages van munitie in de ondergrond verraden. Op basis van deze meting kunnen weinig tot geen erg kleine metaalanomalieën onderkend worden, enkel de ondiepe grotere metalen objecten blijken zichtbaar als een sequentie van twee negatieve puntvormige anomalieën. Hoogstwaarschijnlijk hebben de kleinere metalen objecten en -concentraties slechts een verwaarloosbaar aandeel in het opgemeten bodemvolume en werden deze dus niet opgemerkt als lokale afwijkingen in de EG van dit groot opgemeten bodemvolume.

Een ontdebelling van subtiele bodemsporen, kleiner dan de spoelafstand en erg ondiep aanwezig, zorgt ervoor dat deze beter zichtbaar worden in deze diepere meting. Na het wegfilteren van de grote variaties in EG, blijken in Figuur 13 een groot aantal sporen met lokaal verhoogde EG zichtbaar. Deze sporen met hogere EG kunnen uitgravingen of putten voorstellen opgevuld met materiaal met een andere bodemtextuur of contrasterende, kleirijkere opvulling. Het voorkomen in dit signaal doet vermoeden dat deze net onder de bouwvoor (dus in de laag van 0.40 m tot 1.00 m) aanwezig zijn.

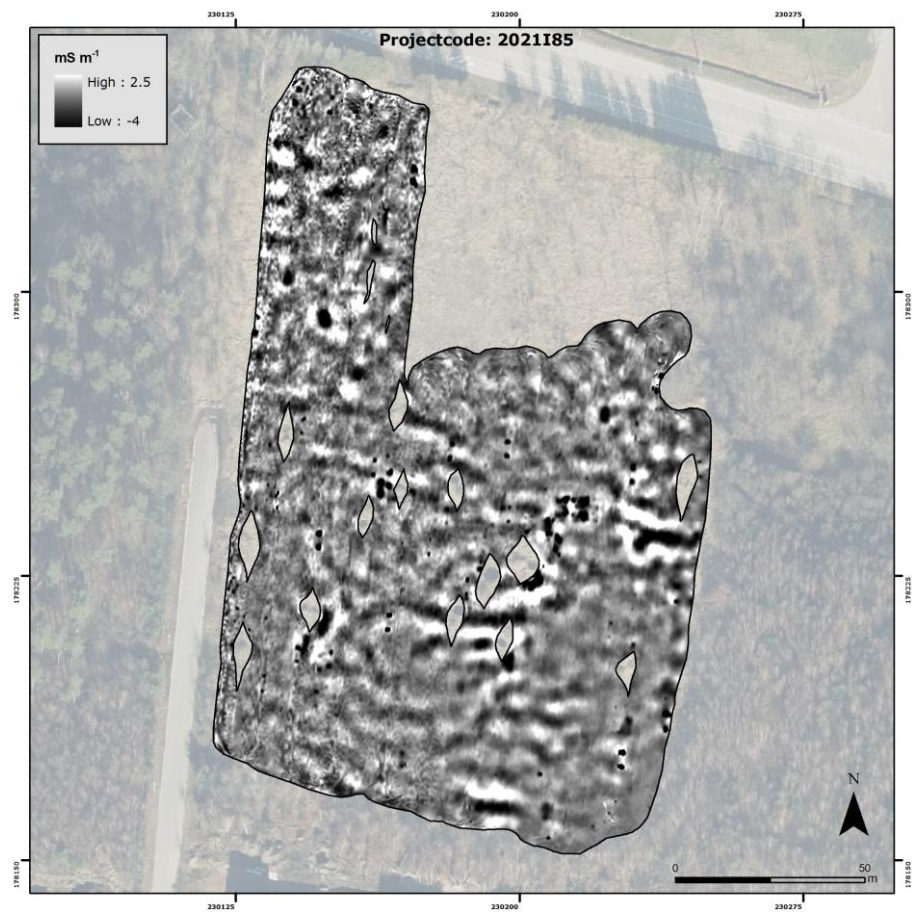
Deze kunnen dus als sporen met vrij beperkte verticale (en laterale) dimensies beschouwd worden waardoor deze enkel opgemerkt werden als subtiele afwijkingen van de EG in dit signaal.

De teruggevonden bodemsporen met duidelijke signatuur centraal in het gescande gebied zijn dus vermoedelijk veroorzaakt door nuances in kleigehalte, gehalte aan organisch materiaal en/of vochttoestand ten opzichte van het omgevende bodemmateriaal net onder de bouwvoor en stellen dus vermoedelijk de opgevulde loopgracht voor (4 op Figuur 21). Vermits deze weinig overeenkomst vertonen met de bodemsporen op basis van de 1PRP-EG meting lijkt het erop dat deze diepere bodemsporen of klei-aanrijkingen voorstellen en niet veroorzaakt zijn door hogere concentraties aan kleine stukjes metaal of schrapnel. Voor wat betreft de mogelijke loopgracht 4 op Figuur 21 blijkt het noordelijke stuk in het oosten van het opgemeten gebied erg prominent tot uiting te komen en zich in het verlengde te bevinden van de loopgracht op de WO2 luchtfoto (zie Figuur 23). Het zuidelijke deel lijkt geconnecteerd te zijn aan het noordelijke en zich naar het westen toe op te splitsen in twee delen. Dit zuidelijk deel bevindt zich in het verlengde van de loopgracht op de WO2 luchtfoto, die nog steeds zichtbaar is als depressie/gracht in het terrein. Centraal in het gebied kan dus een loopgrachtstructuur onderscheiden worden doordat de verschillende lineaire/kronkelende sporen met elkaar verbonden kunnen worden tot een groter geheel. Deze potentiële loopgrachtstructuren 4 op Figuur 21 konden dus aangeduid worden op basis van hun specifieke signatuur en vorm in dit signaal dat vooral op de bodemlagen net onder de bouwvoor focust. Het lijkt minder waarschijnlijk dat deze sporen in de bouwvoor voorstellen vermits het terrein vroeger geploegd is geweest.

Bovendien komen in dit signaal nog enkele prominente kleinere, cirkelvormige en lineaire sporen tot uiting, en dit vooral in het zuidelijk en oostelijk deel van het gescande gebied. Sommige van deze sporen kunnen bomkraters voorstellen of kunnen gedempte putten, greppels of grachten betekenen. Sommige grotere bomkraters in het noordwesten van de gescande zone 9 op Figuur 21 blijken in dit signaal aanwezig als cirkelvormige anomalieën met hogere EG. Die gedempte bomkraters zijn zichtbaar zijn door hun opvulling met materiaal met een afwijkende bodemtextuur. Daarenboven komen er in het zuidelijk deel van het opgemeten gebied een groot aantal oost-west georiënteerde (8 op Figuur 21) en grotere cirkel- of ellipsvormige sporen (7 op Figuur 21) tot uiting, dewelke van natuurlijke oorsprong kunnen zijn en opgevulde depressies, greppels of grachten van diverse ouderdom kunnen voorstellen. Een andere mogelijkheid is dat deze veroorzaakt zijn door eerder recente nivelleringswerken. De aangeduide bodemverstoringen in Figuur 29 stellen dus mogelijk vroegere putten, depressies, greppels, grachten of uitgravingen voor die opgevuld zijn met materiaal met ander gehalte aan organisch materiaal, dat zich daar lokaal dieper onder het bodemoppervlak uitstrekt.



Figuur 12: EG opgemeten met de 4HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 6.4 m diepte).

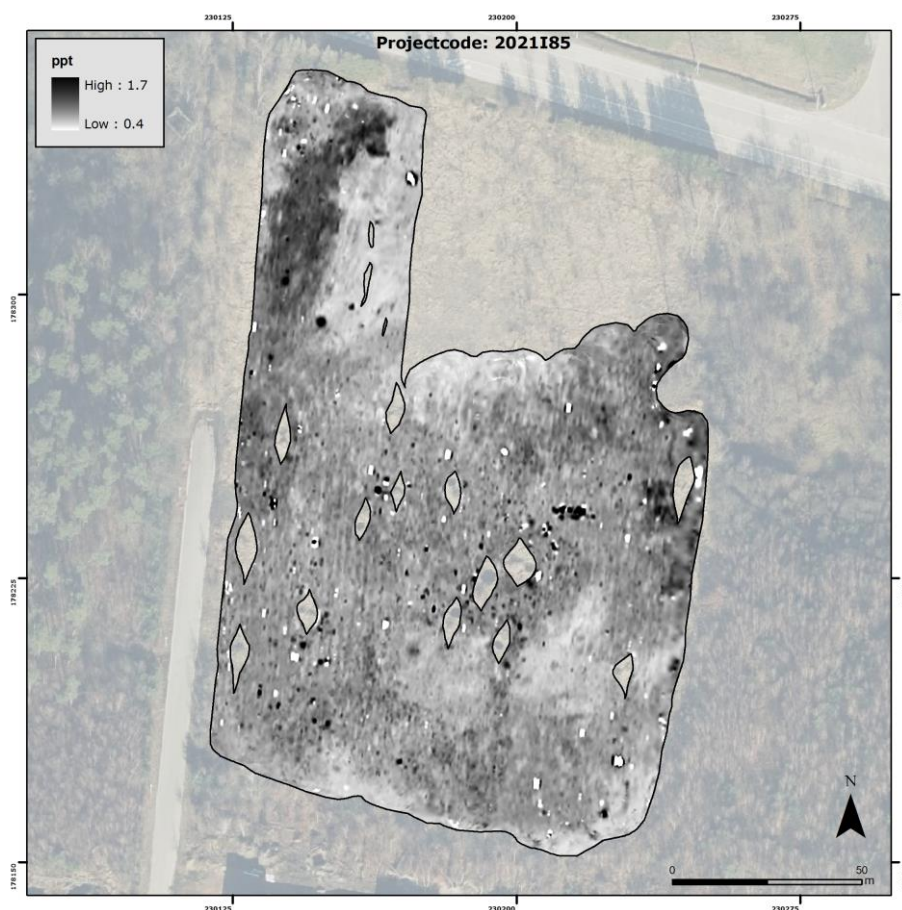


Figuur 13: 'High-pass' gefilterde EG opgemeten met de 4HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 6.4 m diepte).

3. Magnetische gevoeligheid

Figuur 14 toont de MG meting van de 1HCP spoelconfiguratie (respons tussen 0 en 0.4 m diepte). Deze MG meting vertoont een aantal puntanomalieën die dezelfde origine hebben als die in de 1PRP- en 1HCP-EG metingen. Diegene met een extreme EG én MG signatuur kunnen vrijwel zeker als begraven metalen objecten gecategoriseerd worden. Ook blijkt de grotere metalen of gewapende objecten of structuren in het centraal deel van het gescande gebied duidelijk zichtbaar als zones met extreme MG (1, 2 en 3 op Figuur 21), wat bevestigt dat deze grotere objecten of structuren in de ondergrond voorstellen. Ook de anomalieën 5 en 11 op Figuur 21 veroorzaakt door ondiepe massieve metalen objecten blijken in dit signaal duidelijk te tekenen.

Centraal in het opgemeten gebied blijken enkele anomalieën aanwezig die niet in de EG metingen tekenen, wat wil zeggen dat daar concentraties baksteen in de bouwvoor aanwezig zijn. Hoogstwaarschijnlijk wijzen deze niet op het voorkomen van WO2 archeologische sporen vermits deze eerder verspreid en ondiep voorkomen, maar zijn deze van recentere origine en stellen deze gestort baksteenpuin in de ondergrond voor. Ook blijkt er een grotere zone met antropogeen (baksteenhoudend?) materiaal aanwezig in het noordwesten van het opgemeten gebied, waardoor aangenomen kan worden dat daar baksteenpuin in de bouwvoor werd verspreid.



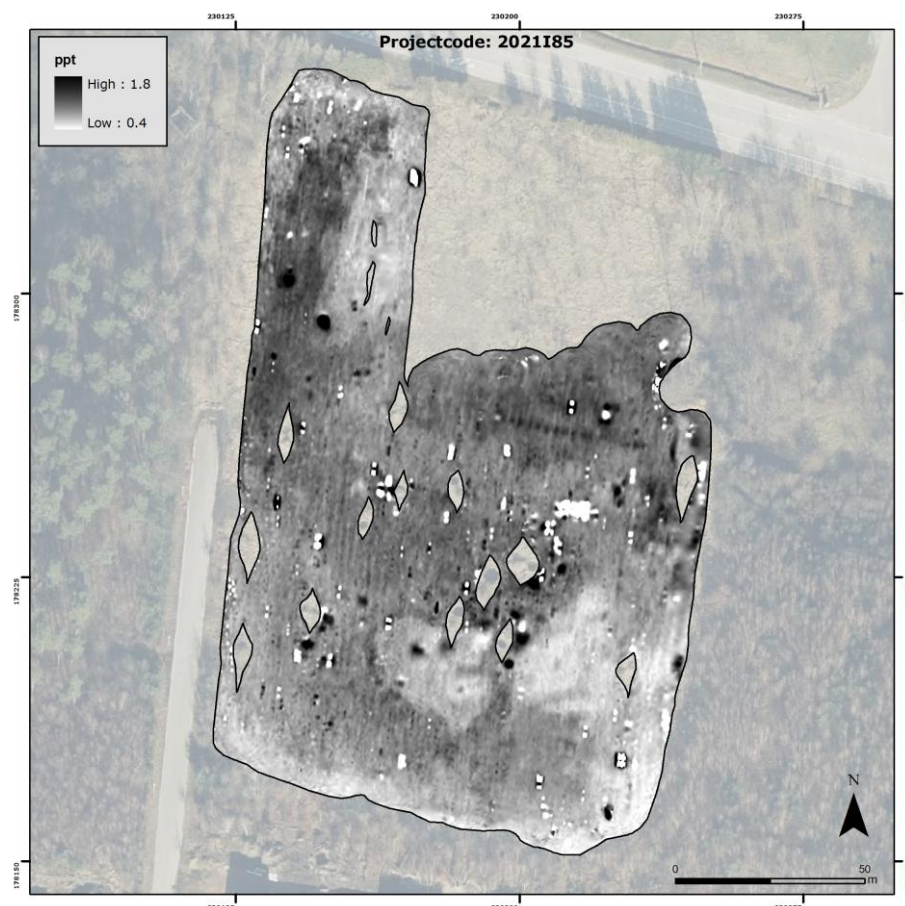
Figuur 14: MG opgemeten met de 1HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 0.4 m diepte).

Figuren 15 en 16 tonen de MG meting van de 2HCP spoelconfiguratie (respons tussen 0 en 0.8 m diepte) en van de 4HCP spoelconfiguraties (respons tussen 0 en 1.6 m). In deze metingen blijken de

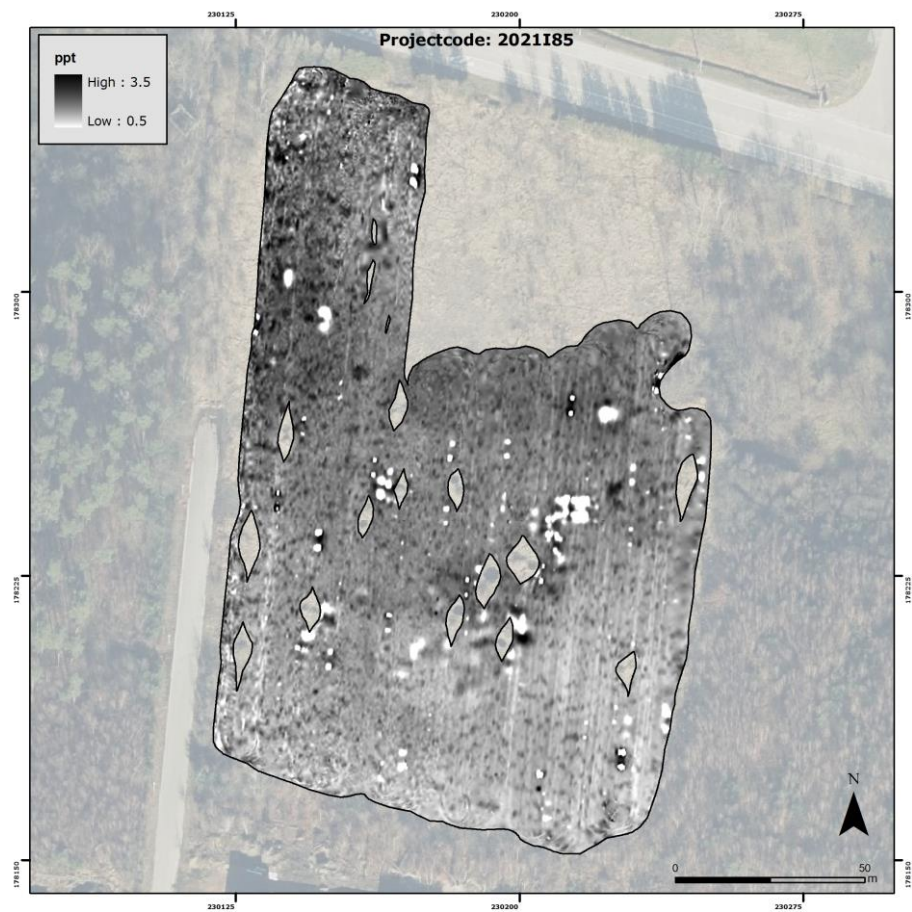
bodemverstoringen/bomkraters 9 op Figuur 21 en enkele heterogene zones met baksteenpuin centraal en in het noordwesten van het gescande gebied duidelijk aanwezig. Vermits enkele mogelijke bomkraters in het noordwesten en centrum van het terrein dus zowel in de 4HCP-EG als 2HCP-MG als duidelijk afwijkende zones worden onderkend kan besloten worden dat deze vroegere uitgravingen voorstellen opgevuld met 'metaalsplinters' of schrapnel en/of organische bovengrond en dus te wijten zijn aan opgevulde bomkraters

Op basis van deze diepere signalen kunnen zones met enkel baksteenhoudend puinmateriaal in de ondergrond aanwezig afgebakend worden. Zo blijken er in het gehele studiegebied vooral in de buurt van de mogelijke loopgracht 4 op Figuur 21 concentraties baksteenpuin of verbrand materiaal voor te komen vermits enkel daar de MG anomalieën niet tekenen in de EG metingen. Het kan dus zijn dat deze met baksteenpuin opgevulde bomkraters voorstellen. Verder komen de grote metalen of gewapende massieven, structuren of onontpofte explosieven 1, 2 en 3 en ook 5 en 11 op Figuur 21 duidelijk tot uiting als anomalieën met extreem negatieve uitwijking, waardoor daar met metaal verstevigde schuilplaatsen, schuttersputten of dugouts verondersteld kunnen worden, of daar (meerdere) munitie-objecten teruggevonden kunnen worden.

In de 4HCP-MG meting komen weinig tot geen extra MG sporen tot uiting, wat wil zeggen dat de meeste bodemsporen, metalen objecten en verstoringen binnenin de bovenste 0.8 m à 1.0 m onder het maaiveld voorkomen vermits deze in de 4HC-MG metingen niet tot uiting komen.



Figuur 15: MG opgemeten met de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 0.8 m diepte).

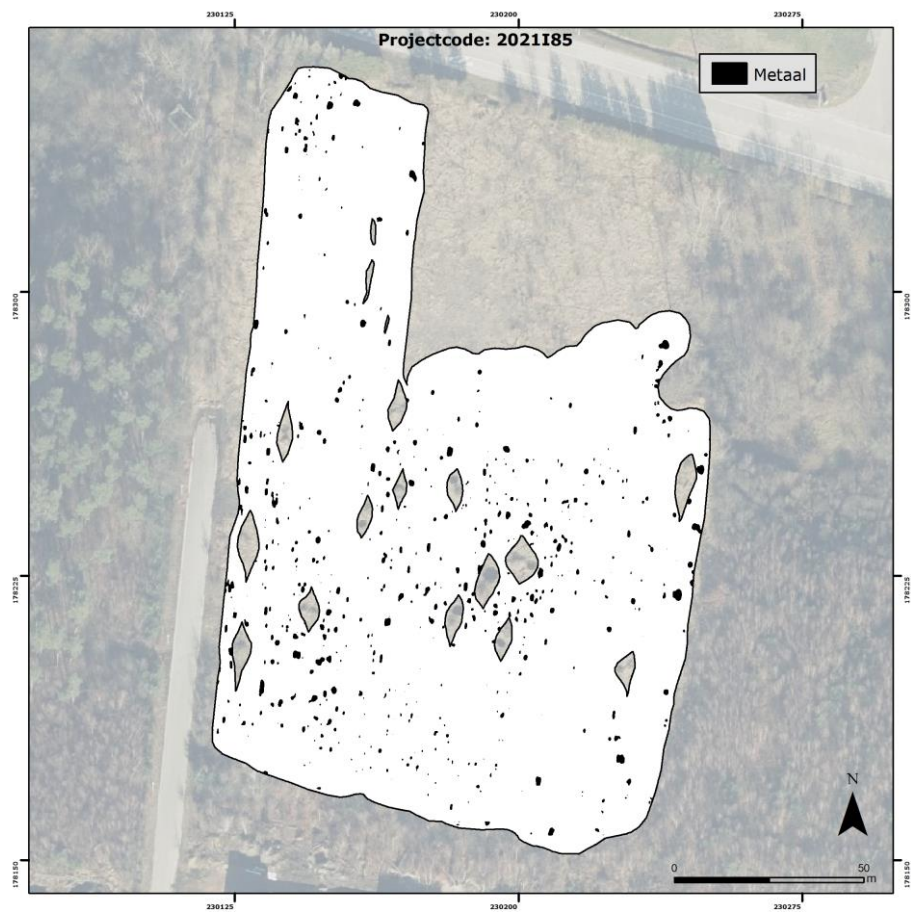


Figuur 16: MG opgemeten met de 4HCP speelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 1.6 m diepte).

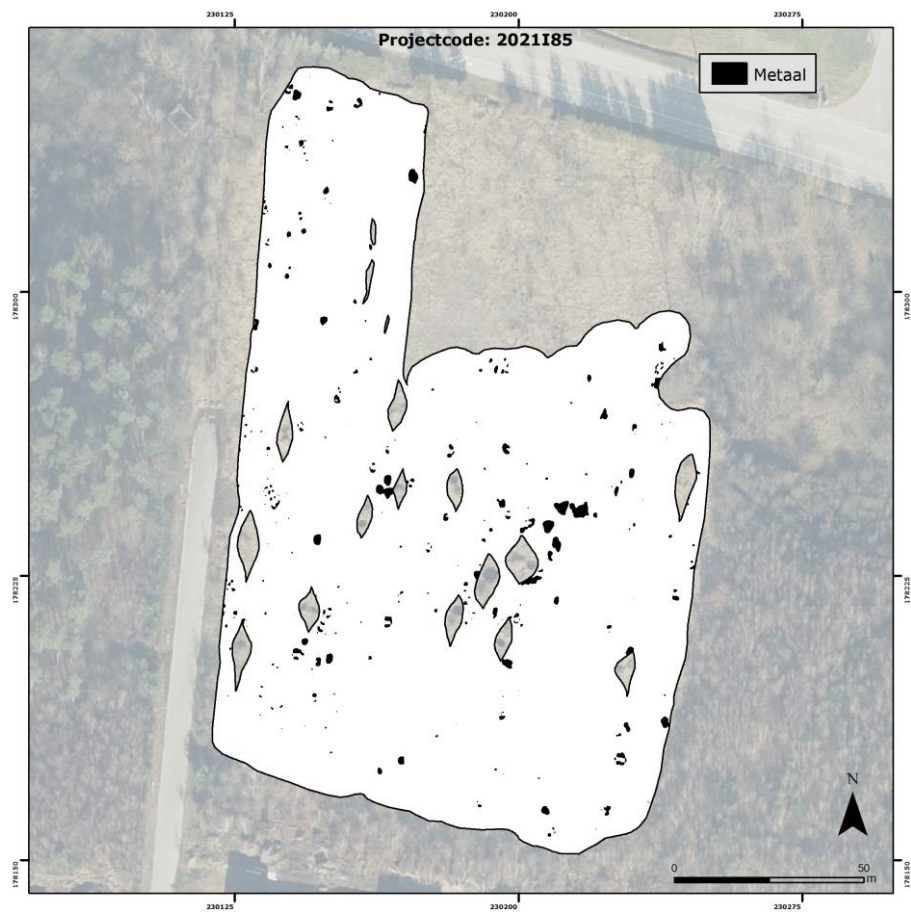
4. Metaalaanduiding

Op basis van de verschillende EG metingen kunnen extreme verstoringen als puntanomalieën veroorzaakt door begraven metalen objecten aangeduid worden. Na filtering en integratie van de EG metingen kunnen locaties met ondergrondse metalen objecten (in de bovenste meter van de ondergrond) aangeduid worden. Figuren 17 en 18 tonen de kleinere en grote metalen verstoringen in de data veroorzaakt door ondiepe (0 – 0.7 m) en grotere of diepere (> 0.7 m) metalen objecten terwijl op Figuur 17 de locaties met hoogste EG waarden werden aangeduid en de anomalieën als ondiep en diep werden gecategoriseerd op basis van hun signatuur in de EMI signalen. Vermoedelijk zijn de meeste van deze veroorzaakt door recent metaalhoudend puinmateriaal, sommige daarvan kunnen ook overblijfselen zijn van WO2 activiteiten en munitie-objecten betreffen. De meeste van de geselecteerde anomalieën kunnen potentieel als munitie van een middelgroot tot groot kaliber geïdentificeerd worden. Niet aangeduide metaalanomalieën kunnen in de meeste gevallen geïdentificeerd worden als metaalscherven of klein schroot. Afhankelijk van de diepte van uitgraving die met de bouwwerkzaamheden gepaard gaat kunnen deze metalen objecten op voorhand benaderd en veiliggesteld worden of kunnen de graafwerken begeleid worden door een explosieven deskundige.

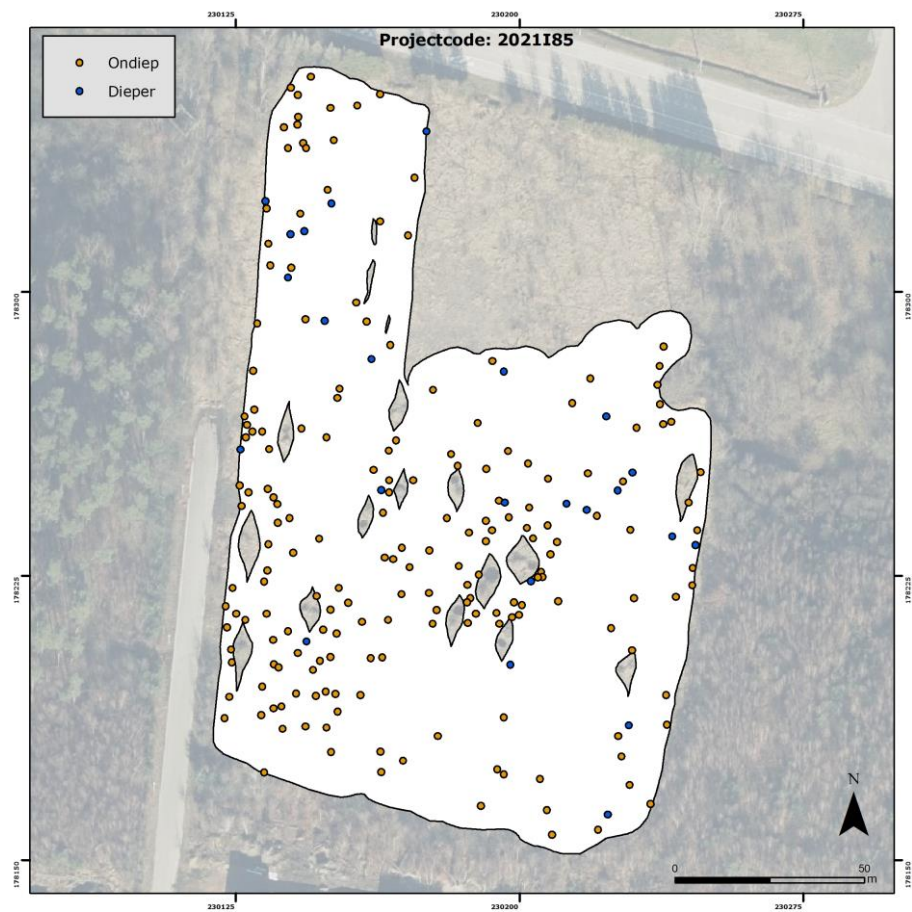
Vooraf de ondiep gecategoriseerde anomalieën kunnen dus potentieel als puinmateriaal en shrapnel en dus kleinere stukken metaal geïdentificeerd worden, en dit verspreid over het gehele gescande gebied. In Figuur 19 werden enkele sterkere anomalieën geselecteerd die kunnen wijzen op het voorkomen van grotere of massieve metalen objecten in de bovenste meter à anderhalve meter in de ondergrond. Vooral centraal en in het noordwesten van het gescande gebied blijken enkele grote, ondiepe en diepere metalen objecten aanwezig (1, 2, 3, 5, 6, 9, 10 en 11 op Figuur 21). Deze anomalieën kunnen dus op de aanwezigheid van metalen (ferro en non-ferro, dus ook bijvoorbeeld koperen) objecten wijzen, en dus het voorkomen van (al dan niet onontplofte) WO2 munitie in de ondergrond verraden, maar evengoed wijzen op massieve stukken metaal of gewapend beton, vooral die met grote EG en MG uitwijkingen 1, 2, 3, 5, 10 en 11 op Figuur 21 zoals proportioneel weergegeven op Figuur 20.



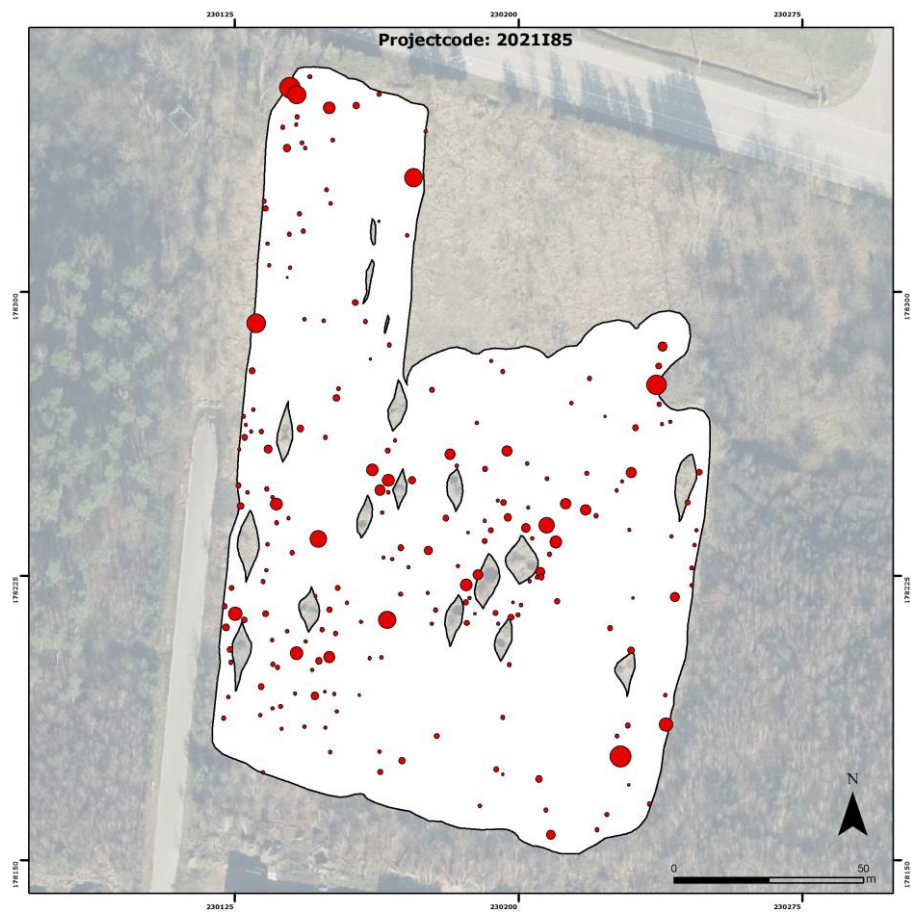
Figuur 17: Aanduiding van de door ondiepe (< 0.7 m) begraven metalen objecten verstoorte zones.



Figuur 18: Aanduiding van de door diepere (> 0.7 m) en grotere begraven metalen objecten verstoorde zones.



Figuur 19: Locaties van de ondiepe (0 – 0.7 m) en diepere (> 0.7 m) metalen objecten.



Figuur 20: Metaal-anomalieën weergegeven als proportionele symbolen op basis van de EMI uitwijkingen.

5. Aanduiding anomalieën met afwijkende EG en MG signatuur

Op basis van zowel de EG als de MG metingen konden in het studiegebied een 10-tal zones, anomalieën en/of structuren met lokaal afwijkende waarden aangeduid worden. De meeste daarvan zijn hoogstwaarschijnlijk gerelateerd aan WO2 activiteiten en dienen daarom in beschouwing genomen te worden bij de archeologische evaluatie van de advieszone.

Figuur 21 toont een overzicht van alle aangetroffen sporen. Vooral met de 1PRP-EG, 4HCP-EG en 2HCP-MG metingen konden deze sporen/structuren in erg hoog detail achterhaald worden, en dit als lichte of sterk verhoogde (of verlaagde) EG en MG ten opzichte van de omgeving. De complementariteit tussen de EG en MG signalen blijkt uit het feit dat met de EG gedempte uitgravingen of putten wijzende op bomkraters en loopgrachten in kaart konden worden gebracht (4, 7, 8 en 9 op Figuur 21), terwijl enkele zones met verbrand of gebakken materiaal of bij uitbreiding baksteenpuin aangetroffen werden via het magnetisch signaal. Verder konden ook drie clusters van grote scherp afgelijnde metalen of gewapende structuren in alle EG en MG signalen onderkend worden, dewelke kunnen wijzen op het intacte voorkomen van met metaal verstevigde schuilplaatsen of schuttersputten, geschutopstellingen, dugouts, bunkers in de ondergrond. Zo kunnen op de locaties van anomalieën 1 en 2 op Figuur 21 een 5-tal vierkante/rechthoekige metalen structuren/objecten teruggevonden worden, terwijl afwijkende zone 3 op Figuur 21 uit een drietal geclusterde anomalieën bestaat. Vermits deze zich allemaal in de nabijheid van de (opgevolde) loopgracht bevinden kunnen deze vermoedelijk gerelateerd worden aan WO2 activiteiten op de site, waardoor deze ook onontplofte munitie of opslagplaatsen van munitie kunnen voorstellen.

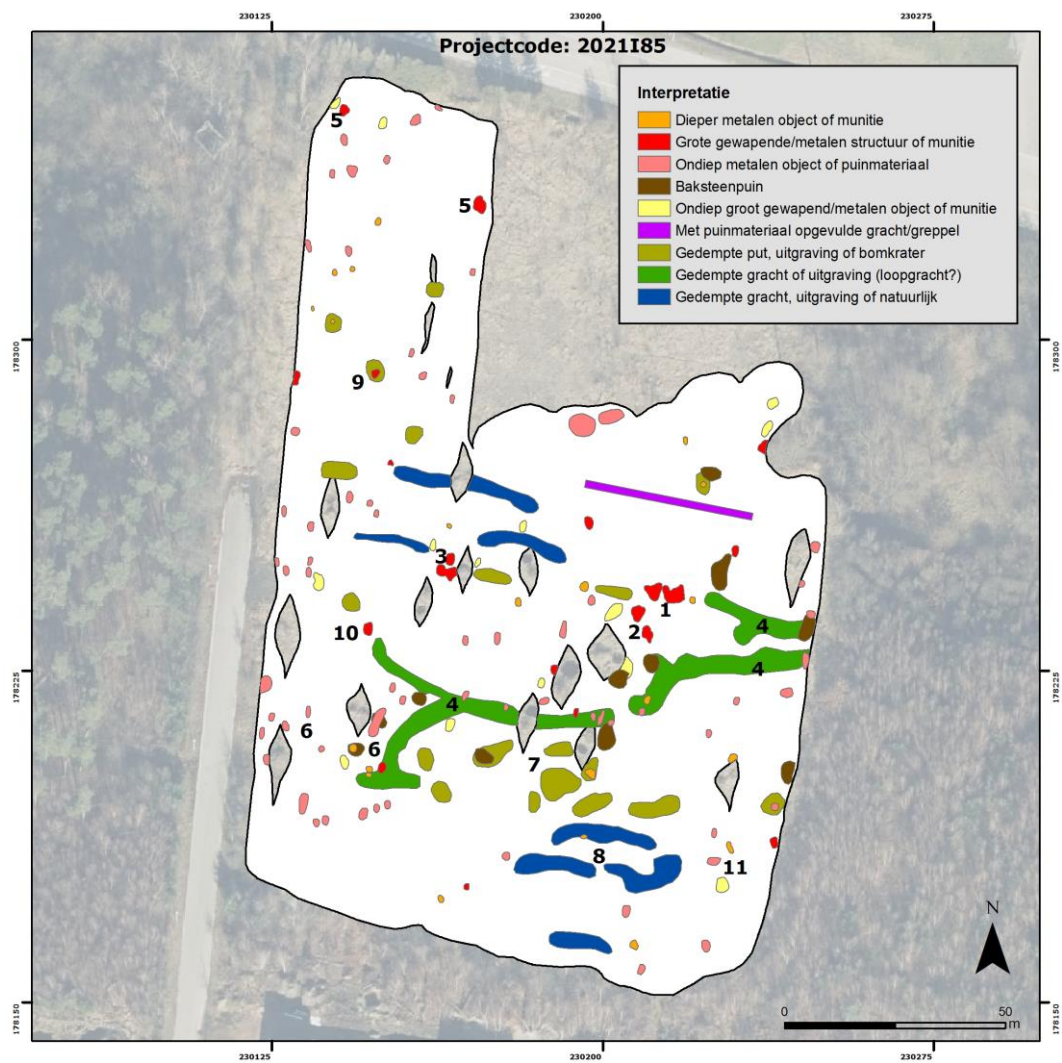
Zoals hierboven vermeld konden daarnaast een erg groot aantal anomalieën die begraven ferro en non-ferro metalen voorwerpen in de ondergrond voorstellen worden gedetecteerd. De meeste van deze ondiepe metalen objecten zijn veroorzaakt door gestort puinmateriaal en bevinden zich in de bouwvoor. Daarenboven konden met de EG metingen centraal en in het noordwesten een aantal grotere anomalieën met sterk afwijkende signatuur aangeduid worden (5, 6, 9, 10 en 11 op Figuur 21), vermoedelijk veroorzaakt grotere massieve metalen of gewapende objecten waarvan sommigen onontplofte WO2 munitie kunnen voorstellen. Deze afgezonderde anomalieën kunnen ook WO2 structuren zoals schuttersputten of schuilplaatsen voorstellen alhoewel de kans daarop beduidend kleiner is.

Verder konden een aantal subtielere sporen of bodemverstoringen afgebakend worden op basis van de 4HCP-EG metingen (4, 7, 8 en 9 op Figuur 21). Met deze en ook de 2HCP-EG konden deze bodemverstoringen met beperkte laterale dimensies en afwijking ten opzichte van de achtergrondwaarde in hoog detail achterhaald worden. Dit wil zeggen dat deze hoogstwaarschijnlijk op het voorkomen van bomkraters of loopgrachten, opgevuld met materiaal met een licht hogere concentratie aan klei, vocht en/of organisch materiaal wijzen. Zo werd centraal in het studiegebied een grotere opgevolde uitgraving 4 op Figuur 21 gedetecteerd, dewelke lijkt te bestaan uit een noordelijk en zuidelijk deel dat geconnecteerd lijkt. Deze kunnen dus de gedempte loopgrachtstructuur voorstellen in het westelijk deel van het vooropgestelde studiegebied, en liggen min of meer in het verlengde van de loopgrachtstructuur die in het oostelijk deel nog steeds open ligt. Zo lijkt het noordelijk deel zich exact op de locatie te bevinden van de loopgracht op de WO2 luchtfoto, terwijl het zuidelijk deel min of meer in het verlengde ligt van de loopgracht in het oostelijk deel van het gebied, dewelke zich lijkt uit te strekken naar het westen en op het eind vertakt in een noordelijk en een zuidelijk stuk. Het kan dus zijn dat dit zuidelijk deel reeds gedempt was op het moment dat de

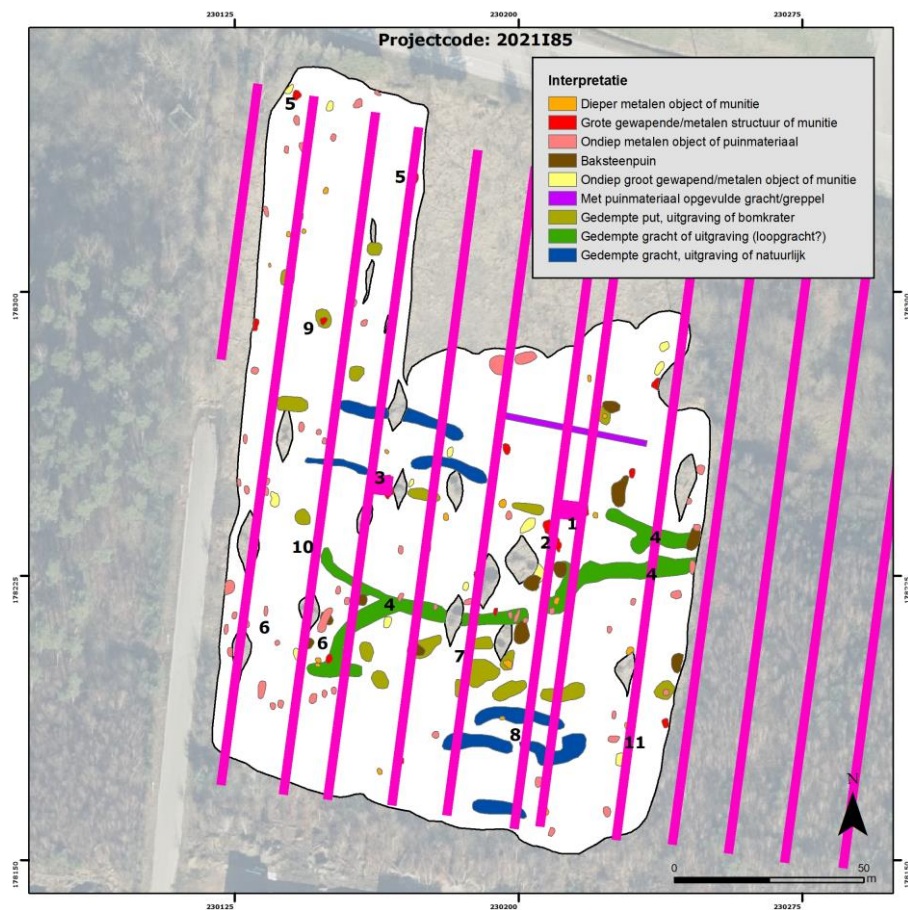
luchtfoto getrokken werd op het eind van WO2. Ook blijken er enkele gedempte putten die mogelijk bomkraters voorstellen aanwezig in het noordoosten (9 op Figuur 21) en centraal in het studiegebied, net als een aantal langwerpige en grotere sporen, die natuurlijke variaties in kleigehalte of opgevulde depressies, grachten of greppels kunnen voorstellen (7 en 8 op Figuur 21).

Om aan al deze veronderstellingen een diepgaandere interpretatie te koppelen dienen terreinobservaties (via al dan niet systematische of gerichte proefsleuven) uitsluitend te geven. De combinatie en integratie van elektromagnetische signalen levert echter een kaart van de ondergrond en dus voorkennis op voorafgaand aan het proefsleuvenonderzoek. De combinatie van de geofysische scan met de resultaten van het proefsleuvenonderzoek blijkt complementaire resultaten op te leveren, vermits de locatie en continuïteit van de sporen of structuren aangeduid en afgebakend kan worden op basis van de geofysische metingen, terwijl de interpretatie en datering uit het proefsleuvenonderzoek en bijhorende analyses kan worden afgeleid.

In Figuur 22 werd een voorstel gemaakt voor het uitvoeren van 8 proefsleuven over het gescande gebied, vertrekkende van het sleuvenplan uit het programma van maatregelen opgesteld door Studiebureau Archeologie, waarbij sommige sleuven licht werden verschoven om de geofysische sporen en anomalieën aan te snijden en waarbij enkele kijkvensters werden aangelegd over de grotere anomalieën.



Figuur 21: Sporen met nummering van 10 afwijkende zones of anomalieën op basis van de EG en MG metingen.



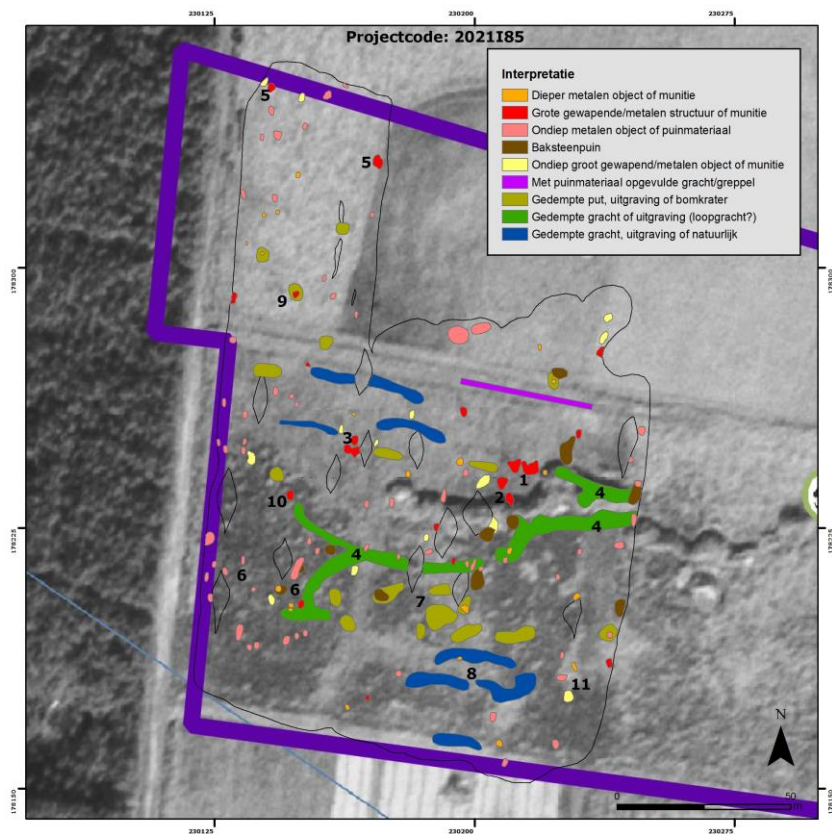
Figuur 22: Voorstel voor het uitvoeren van 8 proefsleuven over de voornaamste sporen in de gescande zone op basis van de EG en MG metingen, rekening houdend met het door Studiebureau Archeologie voorgestelde sleuvenplan.

Een overzicht van de voornaamste anomalieën met een beschrijving van hun corresponderende interpretatie wordt hieronder gegeven:

Anomalie	Interpretatie	Geofysisch	Beschrijving
1 en 2	Schuilplaats, bunker, dugout of geschutsofstelling: gewapend beton of massieve metalen constructies	EG en MG	Extreme EG en MG in grotere, scherp afgelijnde zones
3	Schuilplaats, dugout of geschutsofstelling: gewapend beton, metalen constructies of grote munitieobjecten	EG en MG	Extreme EG en MG in grotere, scherp afgelijnde zones
4	Loopgracht, bestaande uit een noordelijk en een zuidelijk deel	EG	Licht hogere EG en MG, uitgravingen gevuld met metaalsplinters, kleirijk en/of organisch-rijk bodemmateriaal
5, 9, 10 en 11	Massieve metalen objecten: onontpofte munitie of kleine metalen of gewapende constructies (schuilplaats of dugout)	EG en MG	Extreme EG en MG in cirkelvormige anomalieën
6	Ondiep oppervlakkig metaalhoudend puinmateriaal	EG en MG	Cluster van puntvormige en heterogene extreme EG en MG anomalieën
7	Bomkraters, opgevlude depressies	EG	Licht hogere EG en MG, putten gevuld met metaalsplinters, of kleirijk en/of organisch-rijk bodemmateriaal
8	Opgevlude uitgravingen, greppels of depressies	EG	Licht hogere EG en MG, greppels/grachten of depressies gevuld met kleirijk materiaal

6. Vergelijking met WO2 luchtfoto

Wanneer de aangeduide EMI sporen vergeleken worden met de WO2 luchtfoto (Figuur 23), blijkt dat de locatie van de loopgracht niet perfect gelinkt kan worden aan de gedetecteerde EMI anomalieën 4 op Figuur 21. Zo blijkt het noordelijk deel van 4 op Figuur 21 wel perfect overeen te komen met de loopgracht die zichtbaar is op de luchtfoto en dus een opgevuld deel van de loopgracht te betekenen, terwijl het zuidelijk deel in het verlengde ligt van de loopgracht ten oosten van het gescande gebied, maar niet zichtbaar is op de luchtfoto. Vermoedelijk kan dit deel van de loopgracht dus aanzien worden als reeds opgevuld op de moment dat de foto werd getrokken op het eind van WO2. Het noordelijk deel dat niet kon onderkend worden op basis van het geofysisch onderzoek kan opgevuld zijn met weinig contrasterend bodemmateriaal ten opzichte van de omgeving (dus met materiaal met dezelfde textuur en gehalte aan organisch materiaal), waardoor deze opgevulde uitgraving minder duidelijk zichtbaar blijkt in vergelijking met het noordelijke deel 4 op Figuur 21 dat wel prominent tot uiting komt en in vergelijking met het zuidelijk deel 4 op Figuur 21. Sowieso is het zeker dat de loopgracht niet beschoeid is met metalen verstevigingen omdat er geen metaal anomalieën tot uiting komen langsheen het tracé van de loopgracht.



Figuur 23: Sporen met nummering op basis van de EG en MG metingen geplot op de WO2 luchtfoto.

4. Conclusie

Er kan besloten worden dat aan de hand van een niet-invasief, gebiedsdekkende multi-signaal EMI detectie een groot aantal artefacten van mogelijke WO2 oorsprong konden worden afgelijnd. Zo konden een aantal opgevulde uitgravingen of putten worden onderkend, die als mogelijke loopgrachtstructuren of bomkraters aanzien kunnen worden, en dit vooral centraal in het gescande gebied (4, 7, 8 en 9 op Figuur 29). De extreme puntvormige en cirkelvormige afwijkingen die begraven metalen objecten voorstellen kunnen potentieel onontplofte munitie in de ondergrond betekenen of gerelateerd zijn aan het voorkomen van (WO2) archeologische metalen of gewapende structuren (5, 6, 9, 10 en 11 op Figuur 29). Daarenboven konden er echter een aantal scherp afgelijnde metalen of gewapende structuren met sterk afwijkende signatuur en grote omvang onderkend worden in de metingen, die gerelateerd kunnen worden aan het voorkomen van met metaal verstevigde schuilplaatsen, schuttersputten, geschutopstellingen, dugouts of kleine bunkers (1, 2 en 3 op Figuur 29). Deze kunnen echter ook gewapende betonelementen van recentere oorsprong of opslagplaatsen van munitie in de ondergrond voorstellen. Deze (clusters van) scherp afgebakende anomalieën met regelmatige vorm bevinden zich in de nabijheid van de loopgracht (4 op Figuur 29), waardoor deze ondergrondse WO2 relictten kunnen voorstellen en best nader onderzocht worden, net als de aangeduide (dubbele?) loopgracht zelf (4 op Figuur 29).

Op basis van deze gegevens kunnen dus scenario's worden uitgewerkt voor het uitvoeren van het invasief archeologisch onderzoek binnenin de vooropgestelde zone. Het proefsleuvenonderzoek kan op basis van de resultaten van het geofysisch onderzoek bijgesteld worden om de mogelijke loopgrachten, uitgravingen en bomkraters en massieve metalen of gewapende structuren aan te kunnen snijden (zie Figuur 22). Er dient dus rekening gehouden worden met de aanwezigheid van deze anomalieën, die best op voorhand gericht onderzocht worden vermits die op de locatie van WO2 structuren kunnen duiden. Op basis van dit onderzoek wordt dus voorkennis verkregen over de aanwezigheid van mogelijke loopgrachten, bomkraters en de grote metalen of gewapende structuren in het gescande gebied om op die manier een doordachte evaluatie van het aanwezige erfgoed te bewerkstelligen. Verder kan door het lokaliseren en gericht onderzoeken van de hierboven aangeduide extreme puntanomalieën mogelijk onontplofte WO2 munitie en opslagplaatsen van die munitie gericht gelokaliseerd worden. Deze anomalieën dienen voorafgaand aan de invasieve werken op een veilige manier benaderd en opgegraven worden.

Het lijkt daarom van belang om bij het aanleggen van de proefsleuven terugkoppeling te maken met zowel de hier gerapporteerde elektromagnetische resultaten als met de resultaten uit het bureauonderzoek.

5. Opmerking

De geofysische metingen gebruikt in deze studie werden uitgevoerd in een configuratie om zo compleet mogelijk de bodem en ondergrondse structuren in kaart te brengen. Ook de verwerking gebeurde met deze doelstelling voor ogen. Ondanks deze kwaliteitsbetrachting is geen enkele, en daarom ook niet de hier toegepaste, geofysische techniek in staat alle fenomenen in de ondergrond te detecteren. De interpretaties zijn gebaseerd op ervaring met onze sensormetingen. De juistheid ervan kan enkel geverifieerd worden aan de hand van terreinobservaties via boringen of opgravingen.

De uitvoerders stellen zich niet aansprakelijk voor het niet-detecteren van structuren en sporen in de bodem, of voor een afwijkende interpretatie van de sensor-anomalieën.