



Rapport

Geofysisch onderzoek Bernikkewallestraat Ieper (Provincie
West-Vlaanderen),

Projectcode 2019K54

8 november 2019

gericht aan RAAP België BVBA

Ter attentie van Mevr. Mieke Van de Vijver en Mevr. Caroline Ryssaert

Project:

Geofysisch onderzoek aan de Bernikkewallestraat te Ieper, projectcode 2019K54

Opdrachtgever:

RAAP België BVBA
Begoniastraat 13
9810 Eke

Plangebied:

ca. 0.3 ha ten noorden van de Bernikkewallestraat te Ieper, terrein van de Provincie West-Vlaanderen, en onverharde weg naar het achterliggende veld ten oosten daarvan

Contactpersonen:

Mevr. Mieke Van de Vijver
Mevr. Caroline Ryssaert

Uitvoering:

3Dsoil
Ropamate International BVBA
Rouwbergskens 3/2
2340 BEERSE

Datum veldwerk:

4 november 2019

Datum rapportage:

8 november 2019

1. Doelstellingen en studiegebied

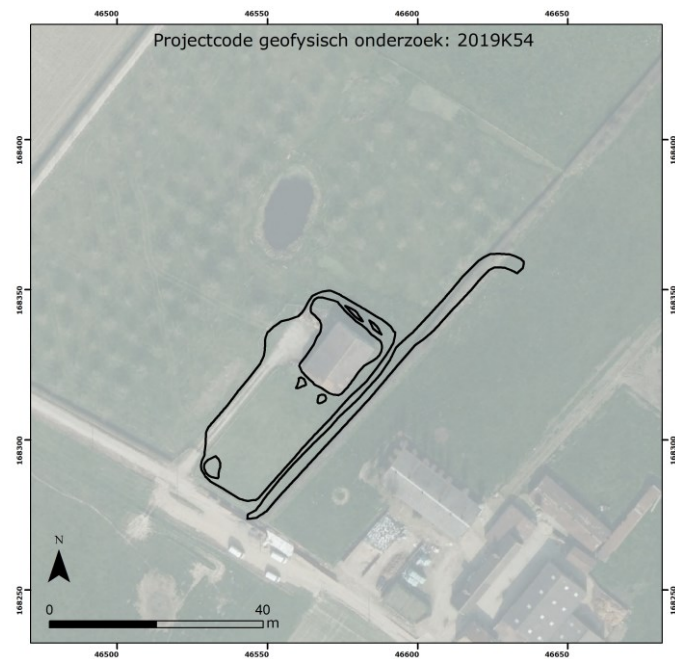
Naar aanleiding van een geplande stedenbouwkundige vergunningsaanvraag, wordt een archeologisch onderzoek uitgevoerd op een terrein (grasland) van ca. 0.3 ha ten noorden van de Bernikkewallestraat te Ieper. Met behulp van niet-destructieve geofysische prospectie op basis van elektromagnetische inductie (EMI) dient deze zone gescand te worden met oog op de detectie van mogelijk aanwezige archeologische relictten van verschillende ouderdom in de ondergrond. Voorafgaand historisch onderzoek heeft aangetoond dat er kans is dat er relictten en ook overgebleven munitie van Wereldoorlog 1 (WO1) in de ondergrond aanwezig kunnen zijn. Het projectgebied situeert zich immers in het Domein de Palingbeek, dat zich gedurende de Eerste Wereldoorlog nabij zowel de Britse als Duitse frontlijn uit 1914 en de Mesenslag uit 1917 bevond.

De concrete doelstellingen van dit geofysisch onderzoek zijn:

- Welke sporen of anomalieën kunnen opgemerkt worden?
- Kunnen locaties van explosieven onderscheiden worden?
- Wat is de densiteit aan metalen voorwerpen?
- Kunnen structuren uit de Eerste Wereldoorlog gedetecteerd worden?

Het geofysisch onderzoek kan uitsluitsel geven in welke mate WO1 activiteiten relictten en onontplofte explosieven hebben nagelaten in het bodemarchief. 3Dsoil dient een hoge-resolutie elektromagnetische inductie (EMI) survey uit te voeren op de toegankelijke delen van de vooropgestelde zone. Daarenboven is het ook de bedoeling om begraven ferro- en non-ferro metalen objecten, die mogelijk onontplofte munitie voorstellen, te onderkennen via de EMI scan. Deze techniek werd reeds veelvuldig met succes ingezet voor archeologische prospectie in de voormalige WO1 frontzone. 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.

Kadastraal werd het studiegebied gedefinieerd als deel van Ieper, afdeling 14, sectie C, perceel 30C met lambert 72 coördinaten Xmin: 45510 m, Ymin: 168270 m, Xmax: 46634 m, Ymax: 168365 m. De gescande zone werd gevisualiseerd op Figuur 1. In de loods kon zoals aangegeven niet worden gescand. Door de aanwezigheid van een grote hoop steenpuin (in het zuiden) en een zone met houtafval (in het noorden), en door het voorkomen van een afsluiting met het ontoegankelijke perceel ten het oosten van het gescande perceel, kon niet de volledige vooropgestelde zone ingemeten worden.



Figuur 1: Aanduiding van de gescande zone op een hedendaagse (Informatie Vlaanderen) (boven) en impressiefoto's van het terrein op het moment van de scan (onder).

2. Elektromagnetische inductie

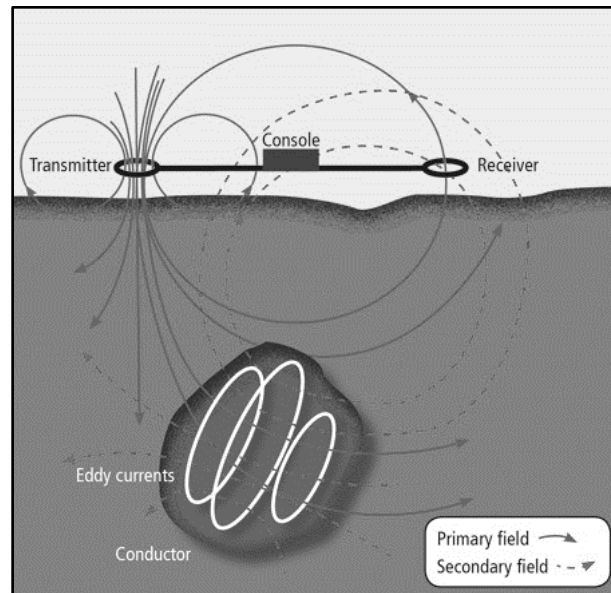
1. Principe

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 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.

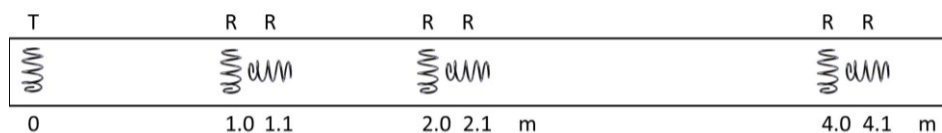
Zowel de EG als de MG metingen reageren dus op verstoringen van (recente of oude) bodems door opvulling met materiaal met een verschillende textuur (vergravingen in of net onder de bouwvoor), vochtgehalte of gehalte aan organisch materiaal. In functie van de vraagstelling zouden dus mogelijke oudere 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 3 tot 6 m onder de sensor.



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

3. Meetdetails

De scan van de toegankelijke gebieden in de vooropgestelde zone werd uitgevoerd in erg natte bodemomstandigheden. De bodemsensor werd in een mobiele configuratie voortgetrokken door een quad aan een gemiddelde snelheid van 8 km/u. 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 0.3 meter tussen de meetlijnen werd aangehouden om het gebied in erg hoge resolutie op te meten om de mogelijk aanwezige WO1 archeologische sporen en begraven metalen objecten 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 0.01 m bij 0.01 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.

De toegankelijke delen van het vooropgestelde gebied konden systematisch gescand worden. De zones met bovengrondse obstakels (bomen met metalen afrastering, hoop steenpuin, hoop houtafval, loods, afsluitingen) konden niet worden ingemeten omdat deze niet bereikbaar waren voor onze mobiele sensorconfiguratie.

2. Elektrische geleidbaarheid

Figuur 5 toont 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 volledige studiegebied waarden rond 30 mS m^{-1} , waardoor de bovenlaag in het overgrote deel van dit gebied als vrij homogeen en lemig van textuur beschouwd kan worden. De EG verschillen in de metingen van de diepere spoelconfiguraties zijn iets groter, wat doet vermoeden dat de meest prominente variaties in bodemsamenstelling zich dieper dan 0.5 m in het bodemprofiel bevinden.

In het uiterste westen en oosten van het gebied, rond en nabij de loods en rondom de bomen met metalen afrastering net ten zuiden van de loods werden afwijkende zones met waarden tot 150 mS m^{-1} waargenomen (2 en 4 op Figuur 18). Deze verhoogde EG is vrijwel zeker veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van bovengronds metaal, dat de metingen in een zone van enkele meter errond verstoort. In afwijkende zones 2 tot en met 7 op Figuur 18 zijn zones met sterk verhoogde en/of verlaagde achtergrondwaarde aanwezig, waarin anomalieën met extreme EG en MG waarden werden waargenomen. Deze zones verraden de ondiepe aanwezigheid van metaalhoudend puinmateriaal, concentraties aan gewapend materiaal of grote massieve metalen objecten in de ondergrond. Vermoedelijk zijn deze eerder te wijten aan recent aangebracht metaalpuin en –stortafval, maar deze zones kunnen ook op de ondiepe aanwezigheid van grotere metaalhoudende WO1 structuren zoals bunkers en dug-outs wijzen (2, 3, 5, 6 en 7 op Figuur 18).

Over de gehele zone blijkt een groot aantal kleine puntvormige anomalieën met lage of negatieve EG waarden waarneembaar, veroorzaakt door de aanwezigheid van ondiep aanwezige, kleine metalen

objecten. Het overgrote deel van deze anomalieën vertoont echter niet de signatuur van potentieel onontplofte munitie uit WO1 (Figuren 15, 16 en 17). De meeste van deze anomalieën blijken ook magnetisch sterk afwijkende waarden te vertonen, waardoor bevestigd wordt dat deze begraven metaal in de bovengrond voorstellen. Mogelijk zijn deze veroorzaakt door overgebleven puin en gestort materiaal van eerder recente oorsprong. Vrijwel alle anomalieën in deze meting lijken dus eerder van recente origine vermits hun signatuur, vorm en oriëntatie er niet op wijst dat deze veroorzaakt zijn door overblijfselen of relictten van oudere (WO1) activiteiten.

Op basis van deze meting kunnen door de overvloedige aanwezigheid van verstoringen vrijwel geen subtiele afwijkingen, die de locatie van oudere archeologische sporen verraden, onderkend worden. Dit aanzienlijk aantal verstoringen zorgt er immers voor dat de subtiele verschillen in EG in grote mate gemaskeerd worden. In het studiegebied vallen vrijwel geen fenomenen met duidelijke vorm of signatuur, die mogelijk als van WO1 archeologische origine geïnterpreteerd kunnen worden, te onderkennen. Er lijken dus geen duidelijke loopgrachtstructuren en andere WO1 constructies in de ondergrond van het studiegebied aanwezig. Er konden ook geen (oudere) uitgravingssporen met een karakteristieke vorm of patroon (loopgrachten?), opgevuld met conductiever (klei- of organisch rijker) materiaal ten opzichte van het omgevende bodemmateriaal, aangeduid worden op basis van deze EG meting.

Er kan echter op basis van dit signaal niet uitgesloten worden dat de overblijfselen van gebouwresten of nederzettingssporen, die zich enkel manifesteren door variaties in gehalte aan organisch materiaal, in die zone aanwezig zijn in de ondergrond. Muurresten, funderingen en grotere variaties in organisch materiaal komen immers vooral tot uiting in de MG metingen.

Wel kan er een zuidwest-noordoost georiënteerde lineaire structuur met extreme afwijking in het oostelijk deel van het gescande gebied onderscheiden worden (1 op Figuur 18). Op basis van de diepere EG metingen kan deze erg nauwkeurig afgelijnd worden. Deze stelt een elektrische of metalen leiding in de ondergrond voor, die mogelijk als van WO1 origine aanzien kan worden.



Figuur 5: 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 iets diepere variaties in bodemsamenstelling (bodemtextuur) wordt gefocust. Hier komen vrijwel geen afwijkende zones met gradueel hogere EG tot uiting. Er kan besloten worden dat er tot minstens 1 m onder het bodemoppervlak lemig bodemmateriaal teruggevonden kan worden, vermits de EG waarden niet stijgen in vergelijking met de 1PRP-EG meting.

Daarnaast kunnen in deze meting de oppervlakkige, grotere metaalanomalieën in het oosten en centraal in het gebied onderscheiden worden (2, 3, 5, 6 en 7 op Figuur 18), wat bevestigt dat op die locaties grote stukken of concentraties ondiep metaal teruggevonden kunnen worden, die heel waarschijnlijk wijzen op het voorkomen van recent aangebracht of gestort puinmateriaal. Ook kan de leiding (1 op Figuur 18), bestaande uit een lineaire zone/band met extreem verhoogde EG ten opzichte van de omgeving in deze meting erg duidelijk onderscheiden worden. Door de assymetrie in de meting komt deze leiding niet als een perfect lineair spoor tot uiting, wat wel het geval is bij de diepere EG metingen.



Figuur 6: 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 Figuur 7 en Figuur 8 (gefilterd om te focussen op de kleine, lokaal afwijkende anomalieën). Globaal stijgt de EG vrijwel niet in vergelijking met de 2PRP en 1PRP metingen, waardoor vermoedelijk weinig tot geen conductiever (kleinrijker) bodemmateriaal tussen 1.0 m en 1.5 m onder het maaiveld aanwezig is.

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 aanwezig in deze meting blijken samen te vallen met die in het 1PRP signaal, wat bevestigt dat deze metalen objecten of metaalhoudend puinmateriaal voorstellen in de bovenste (halve) meter van de ondergrond. Deze meting blijkt echter verzadigd aan metaal anomalieën, wat wil zeggen dat in de bovenlaag erg veel metaalstukjes (waarvan sommige shrapnel voorstellen?) teruggevonden kunnen worden. Verder komt in deze meting de lineaire structuur 1 op Figuur 18 duidelijk tot uiting, door de aanwezigheid een ± 6 m brede band met positieve EG met daarin een lineaire structuur met extreem negatieve signatuur. Net ten noorden van deze leiding komt een grote zone met extreem verhoogde en verlaagde EG tot uiting (3 op Figuur 18), te wijten aan metaalhoudend materiaal of gestort puin op die locatie. Op die locatie kan potentieel ook een grote metalen WO1 structuur (dugout, bunker) teruggevonden worden indien deze anomalie

niet te wijten is aan recent metaalhoudend puinmateriaal, vermits deze zone een sterk positieve EG afwijking vertoont in dit signaal.

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. Deze kunnen ook gemaskeerd zijn door de overvloedige aanwezigheid aan kleinere metalen objecten, shrapnel of splinters in de ondergrond. Door hun afwezigheid in de meer oppervlakkigere EG metingen lijkt het echter weinig waarschijnlijk dat er WO1 structuren met een duidelijk patroon en vorm (zoals bijvoorbeeld loopgrachten) in de ondergrond aanwezig zijn.



Figuur 7: EG opgemeten met de 1HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 1.6 m diepte).



Figuur 8: Gefilterde 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 9 en 10. Met de EG van de deze spoelconfiguratie kan een duidelijke inschatting gemaakt worden van de continue, graduele en diepere bodemvariaties binnenin het volledige studiegebied. Er kunnen op basis van dit signaal diepere textuurvariaties achterhaald worden, maar toch blijkt het studiegebied vrij homogeen van bodemsamenstelling. De EG van het volledige gebied stijgt hierbij substantieel ten opzichte van de EG van de 1HCP spoelconfiguratie (tot waarden van meer dan 50 mS m^{-1} in vergelijking met de EG-1HCP met waarden rond 30 mS m^{-1}) waardoor besloten kan worden dat daar materiaal met een hogere klei- en vochtgehalte dieper dan 1.5 m onder het maaiveld aangetroffen kan worden. Er kan aangenomen worden dat in de ondergrond van dit terrein een Tertiaire kleilaag aanwezig is, die een groter aandeel heeft in het opgemeten bodemvolume van de 2HCP meting in vergelijking met de 1HCP meting.

Na het wegfilteren van deze grote variaties in EG, blijken in Figuur 10 weinig tot geen mogelijke oppervlakkige bodemverstoringen waarneembaar. Een ontdebelling van oppervlakkige en eerder subtiele sporen, kleiner dan de spoelafstand en erg ondiep aanwezig, zorgt ervoor dat deze beter zichtbaar worden in deze meting. In deze meting blijken vrijwel geen sporen met subtiele afwijking zichtbaar. Indien deze aanwezig zijn in de ondergrond komen deze tot uiting als anomalieën met

subtiel hogere of lagere EG, veroorzaakt door nuances in bodemtextuur, gehalte aan organisch materiaal en/of vochttoestand ten opzichte van het omgevende bodemmateriaal net onder de bouwvoor, dat zich daar lokaal dieper onder het bodemoppervlak uitstrekt.

Op basis van deze meting kunnen enkele grote door metaalanomalieën verstoorte zones onderkend worden (2, 3, 5, 6 en 7 op Figuur 18) (2, 3, 5, 6 en 7 op Figuur 18). Die kunnen potentieel gerelateerd worden aan ondiep aanwezige bunkers of dug-outs, maar evengoed recente aangebrachte gewapende of metalen structuren of objecten voorstellen. Het centraal deel van de meting blijkt gedomineerd door de ondergrondse elektrische of metalen leiding meting die het terrein doorkruist, en in een brede zone rond de leiding de meting sterk beïnvloedt of verstoort (1 op Figuur 18).



Figuur 9: EG opgemeten met de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 3.2 m diepte).

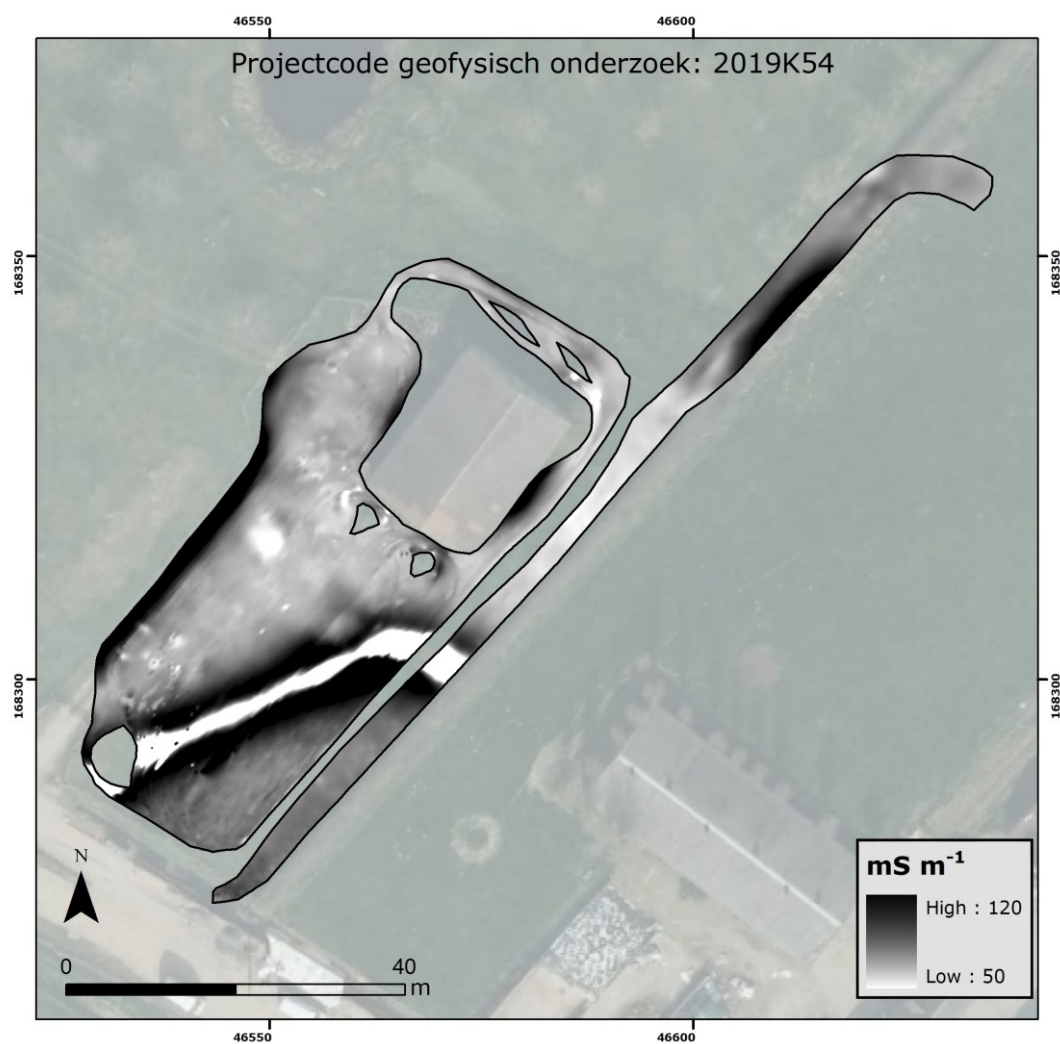


Figuur 10: Gefilterde EG opgemeten met de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 3.2 m diepte).

In de EG meting van de diepste spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 6.4 m) in Figuur 11 blijken geen extra sporen, bijvoorbeeld veroorzaakt door een diepe grachtopvulling of vroegere uitgravingen, zichtbaar.

Over het algemeen stijgt de EG over het volledige gebied met ongeveer 10 mS m^{-1} waardoor een toename in klei- en/of vochtgehalte in de diepte verwacht wordt. Vermoedelijk is er dus een groter aandeel van het vochtigere en kleigere bodemmateriaal in het groter opgemeten bodemvolume ten opzichte van het 2HCP signaal.

In de opgemeten zone blijken over het algemeen weinig tot geen antropogene sporen met contrasterende opvulling en afwijkende oriëntatie of patroon ten opzichte van de huidige percellering aanwezig. Er kan dus worden aangenomen dat er weinig gedempte grachten of opgevlude vergravingen en dus sporen met contrasterende vulling (en mogelijk van oudere oorsprong) aanwezig zijn in het studiegebied, omdat er vrijwel geen subtiele sporen of patronen gedetecteerd werden in de EG metingen. De leiding centraal in het gebied (1 op Figuur 18) verhindert de detectie van diepere structuren in dit gebied, vermits een brede zone rond de leiding verstoord blijkt. In die zone kunnen daardoor geen minder prominent afwijkende structuren of sporen waargenomen worden.



Figuur 11: EG opgemeten met de 4HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 6.4 m diepte).

3. Magnetische gevoeligheid

Figuur 12 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 ondiep begraven metalen objecten gecategoriseerd worden. Ook blijkt de ondergrondse leiding (1 op Figuur 18) in deze meting niet zichtbaar, waardoor aangenomen kan worden dat deze zich dieper dan 0.5 m onder het maaiveld bevindt. In deze meting blijken vrijwel geen magnetische anomalieën met sterk afwijkende signatuur en abrupte grenzen zichtbaar, waardoor geen niet-metaalhoudende concentraties aan baksteen of massieve bakstenen structuren verondersteld kunnen worden in de ondergrond van het opgemeten gebied.



Figuur 12: MG opgemeten met de 1HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 0.4 m diepte).

Figuren 13 en 14 tonen de MG meting van de 2HCP spoelconfiguratie (respons tussen 0 en 0.8 m diepte) en van de 1PRP spoelconfiguratie (respons tussen 0 en 1.0 m). In deze metingen blijken vrijwel geen extra sporen of anomalieën zichtbaar. Enkel de zones met metaalhoudend puinmateriaal, gewapende structuren of massieve metalen objecten (bunkers, dugouts, beschoeide schuilplaatsen?) blijken zichtbaar in vooral de 2HCP meting (3, 5, 6 en 7 op Figuur 18) Vermits deze in zowel de EG als

MG metingen tot uiting komen kunnen deze aanzien worden als bodemverstoringen opgevuld met metaalhoudend en conductief materiaal en niet als zones waar bijvoorbeeld enkel verbrand of gebakken puinmateriaal in de ondergrond aanwezig is. Zo blijken er in het gehele studiegebied geen bakstenen structuren of zones met baksteenpuin of verbrand materiaal aanwezig in de ondergrond vermits vrijwel alle MG sporen ook tekenen in de EG metingen. Er blijken in deze magnetische signalen dus geen zones of afwijkende structuren met al dan niet subtiel hogere MG waarneembaar waarvan de signatuur kan wijzen op de aanwezigheid van archeologische restanten.

Zoals hierboven reeds vermeld komt de leiding (1 op Figuur 18) duidelijk tot uiting in de 2HCP-MG meting. In een zone van ongeveer 5 m aan weerszijden van deze leiding werden subtiële MG sporen of bodemverstoringen gemaskeerd door de erg sterke afwijking veroorzaakt door deze leiding.



Figuur 13: MG opgemeten met de 2HCP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 0.8 m diepte).

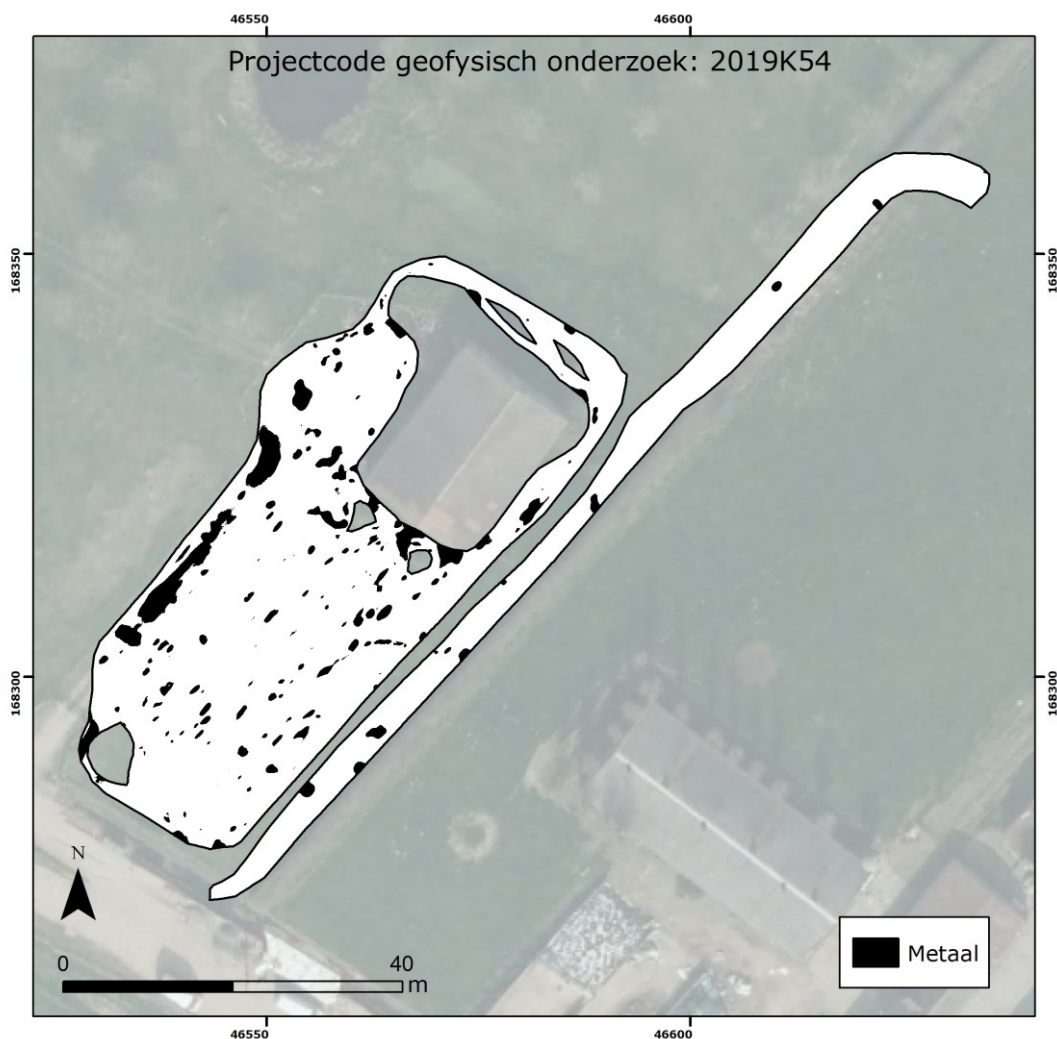


Figuur 14: MG opgemeten met de 1PRP spoelconfiguratie (dominante respons tussen 0 en 1.0 m diepte).

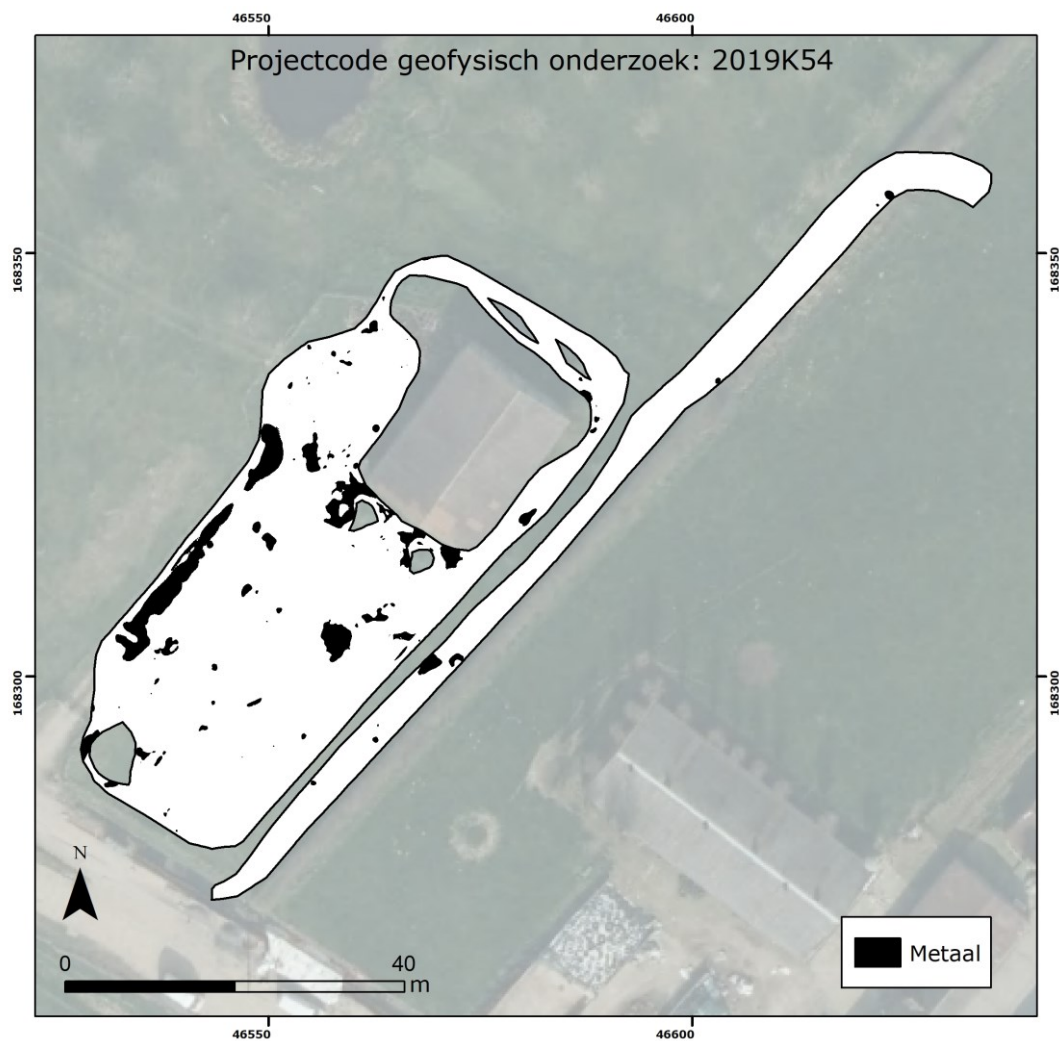
4. Metaalaanduiding

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 15 en 16 tonen de kleinere metalen verstoringen in de data veroorzaakt door ondiepe (0 – 0.4 m) en diepere (> 0.4 m) metalen objecten terwijl op Figuur 17 de locaties met hoogste EG waarden werden aangeduid en de anomalieën als ondiep en diep werden gecategoriseerd. De grotere zones met afwijkende, iets diepere signatuur (bijv. 3 en 7 op Figuur 18) kunnen wijzen op het voorkomen van metaalhoudende WO1 structuren zoals bunkers of dug-outs maar evengoed metaalhoudend stortmateriaal in de ondergrond betekenen.

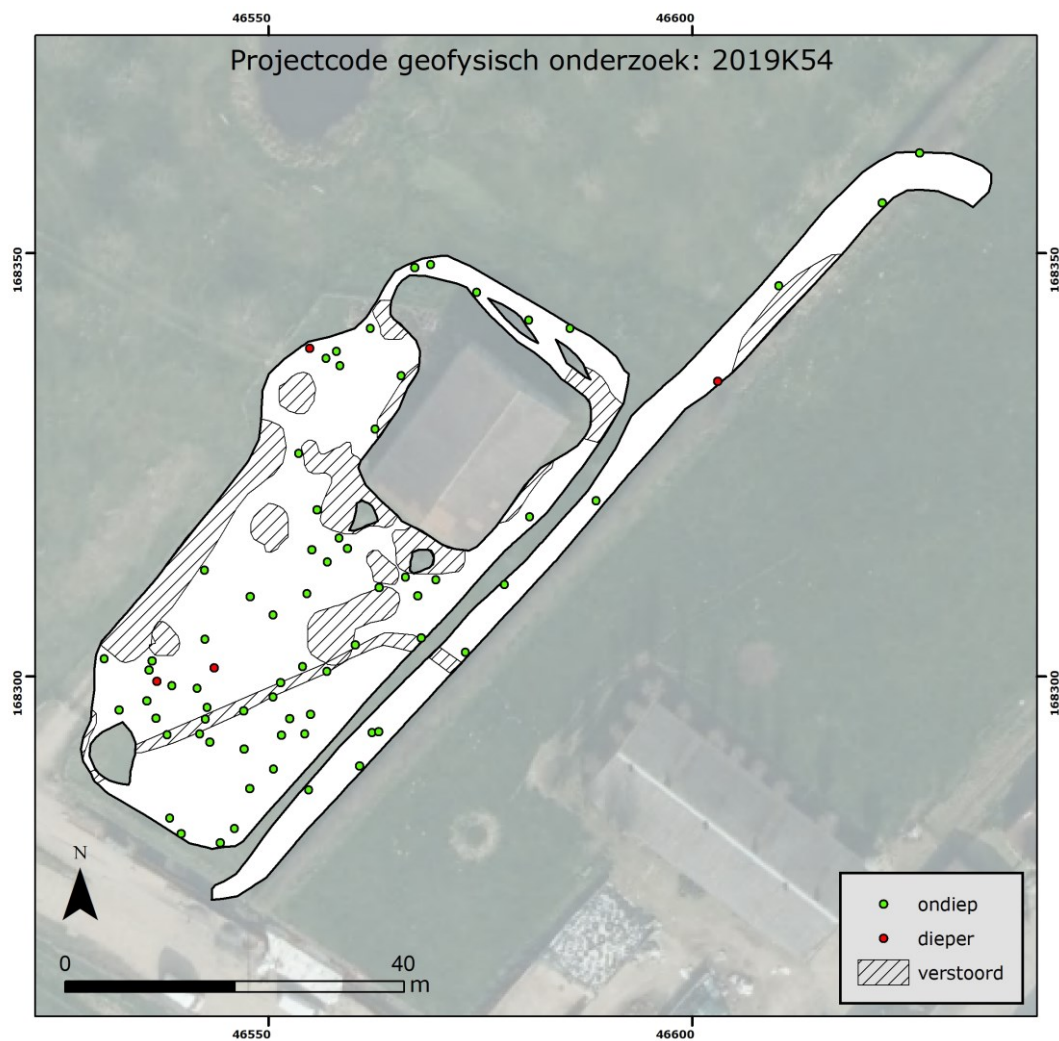
Vrijwel zeker zijn de meeste van deze anomalieën echter niet veroorzaakt door kleinere en grotere restanten van WO1 munitie, maar eerder gerelateerd aan recente activiteiten nabij de loads. Sommige van de ondiepe anomalieën kunnen mogelijk geïdentificeerd worden als metaalscherven, kleiner schroot of klein-kaliber munitie (bijvoorbeeld handgranaten dieper dan 50 cm onder het maaiveld), maar zoals hierboven vermeld is op basis van hun signatuur en diepte van voorkomen de kans eerder klein dat deze onontplofte WO1 munitie voorstellen.



Figuur 15: Aanduiding van de door ondiepe begraven metalen objecten verstoorde zones.



Figuur 16: Aanduiding van de door diepere begraven metalen objecten verstoorde zones.



Figuur 17: Locaties van de ondiepe (0 – 0.4 m) en diepere (> 0.4 m) grotere of massieve metalen objecten en aanduiding van de grotere verstoorde zones waarin geen anomalieën konden worden afgezonderd.

5. Aanduiding anomalieën met afwijkende EG en MG signatuur

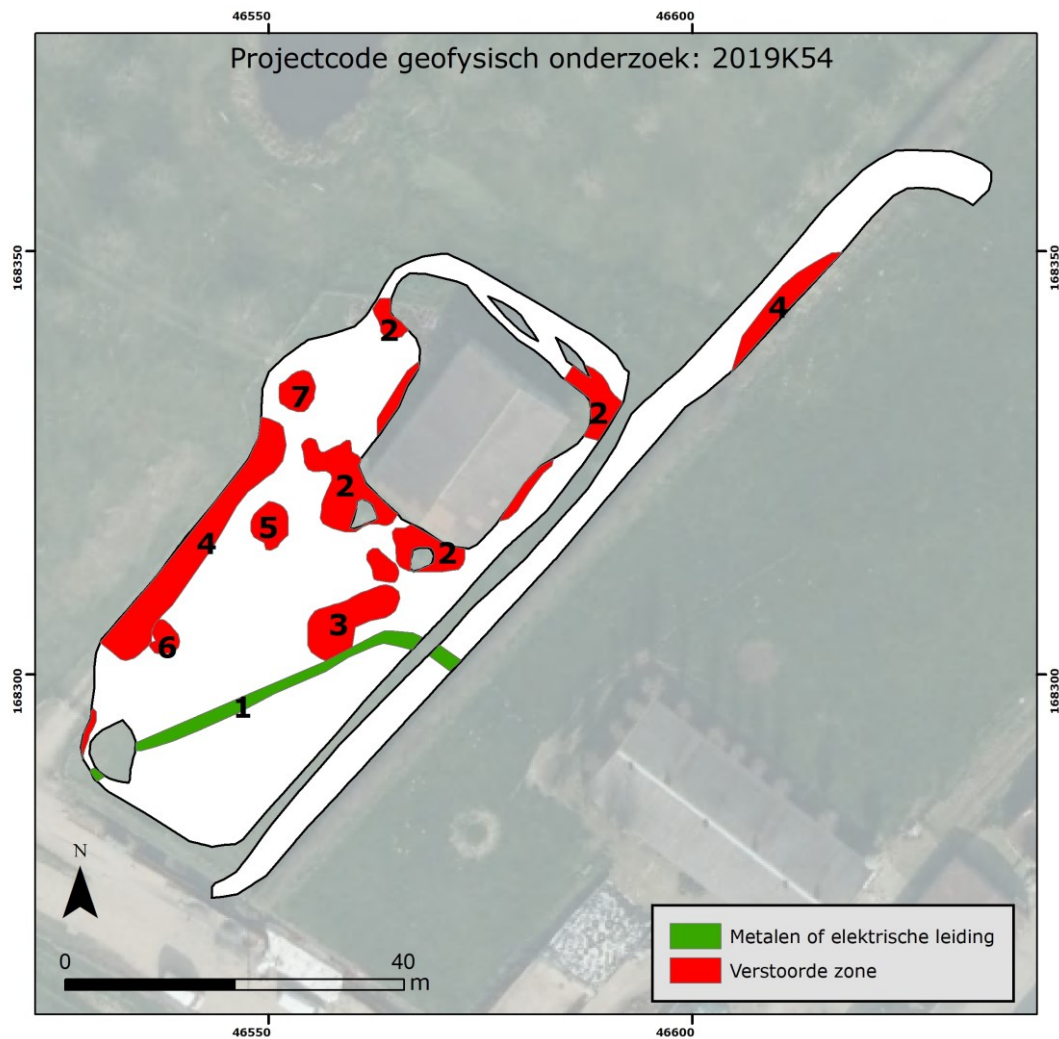
Op basis van zowel de EG als de MG metingen konden in het studiegebied een 7-tal verstoorde zones en/of structuren met lokaal afwijkende waarden aangeduid worden. De verstoorde zones zijn hoogstwaarschijnlijk niet gerelateerd aan WO1 activiteiten, terwijl de leiding mogelijk van WO1 origine kan zijn.

Figuur 18 toont een overzicht van alle aangetroffen afwijkende zones en anomalieën. Vooral met de 1PRP-EG, 2HCP-EG en 2HCP-MG metingen konden deze afwijkende zones afgebakend worden, en dit als sterk verhoogde EG en MG ten opzichte van de omgeving. De complementariteit tussen de EG en MG signalen blijkt uit het feit dat met beide signalen metaalanomalieën in kaart konden worden gebracht, terwijl geen bakstenen structuren of brandplaatsen aangetroffen werden via het magnetisch signaal. Verder bleken ook weinig tot geen grachtstructuren, uitgravingssporen of diepere grotere metalen of gewapende structuren in de EG metingen te onderkennen. Alle grote verstoringen bleken zich vrij ondiep onder het maaiveld te bevinden (2 tot en met 7 op Figuur 18). Sommige daarvan (2, 3, 5, 6 en 7 op Figuur 18) kunnen mogelijk ondiepe metalen of gewapende structuren voorstellen (bunkers, dugouts, beschoeide loopgrachten...), maar zijn meer waarschijnlijk eerder gerelateerd aan recent gestort metaalhoudend puinmateriaal. Vooral anomalieën 3, 6 en 7 blijken de signatuur van een massief metalen object of structuur voor te stellen en dienen daarom best nader onderzocht worden. Zoals hierboven vermeld kon buiten die grotere verstoorde zones een erg groot aantal anomalieën, die ondiep begraven ferro en non-ferro metalen voorwerpen in de ondergrond voorstellen, worden gedetecteerd.

Er konden door de overvloedige aanwezigheid van metalen objecten en puinmateriaal vrijwel geen minder prominent afwijkende sporen of bodemverstoringen afgebakend worden in de meest informatieve EG en MG metingen. In de metingen die minder gevoelig zijn voor begraven metaal bleken geen subtiel afwijkende sporen of fenomenen in de metingen zichtbaar.

Vooral met de diepere EG metingen kon dwars overheen het gebied een elektrische of metalen leiding gedetailleerd aangeduid en gelokaliseerd worden op basis van zijn signatuur en vorm in de scanresultaten (1 op Figuur 18). Deze leiding kan van WO1 of recentere origine zijn, waardoor zeker met de aanwezigheid van deze leiding rekening gehouden dient te worden bij het opengraven van het gebied. In de buurt van deze leiding zijn in de diepere metingen alle onderliggende EG en MG variaties gemaskeerd vermits een band van meerdere meter rond de leiding beïnvloed of verstoord blijkt.

Om aan al deze veronderstellingen een diepgaandere interpretatie te koppelen dienen terreinobservaties (via al dan niet systematische of gerichte proefsleuven) uitsluitel 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 levert meestal complementaire resultaten op, 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.



Figuur 18: Sporen met nummering van 5 afwijkende zones op basis van de EG en MG metingen.

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

Anomalie	Interpretatie	Geofysisch	Beschrijving
1	Metalen of elektrische leiding	EG en MG	Extreme EG en MG in een lineaire zone/band
2, 3, 5, 6 en 7	Metaal- en baksteenhoudend puinmateriaal, gewapende structuren en massieve metalen objecten (dug-outs, bunkers, ...?)	EG en MG	Extreme EG en MG in puntvormige anomalieën in grotere zones met sterke uitwijking

2 en 4	Verstoringen door bovengronds metaal	EG en MG	Extreme EG en MG in zones naast metalen bovengrondse objecten
--------	---	----------	---

4. Conclusie

Er kan besloten worden dat aan de hand van een niet-invasief, gebiedsdekkende multi-signaal EMI detectie een eerder beperkt aantal artefacten van mogelijke WO1 oorsprong konden worden afgelijnd. Zo konden een groot aantal verstoorde zones, die mogelijk ondiep aanwezige gewapende of metalen structuren voorstellen (bunkers, dugouts, ...) worden onderkend, net als een zuidwest-noordoost georiënteerde ondergrondse leiding onder het gebied. De extreme puntafwijkingen die kleinere en ondiep aanwezige begraven metalen objecten voorstellen kunnen potentieel onontplofte WO1 munitie in de ondergrond betekenen of gerelateerd zijn aan het voorkomen van recent aangebracht puinmateriaal. Op basis van het geofysisch onderzoek kan besloten worden de kans op het voorkomen van goed bewaarde WO1 archeologische structuren eerder laag is, vermits het gebied en de metingen zwaar verstoord blijken en vermits er ook geen prominente WO1 structuren zoals loopgraven, dugouts, bunkers... aanwezig blijken in de scanresultaten van het gebied.

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 niet drastisch bijgesteld worden omdat er weinig tot geen relevante archeologische structuren werden aangetroffen. Er dient echter wel rekening gehouden worden met de aanwezigheid van de leiding en de grotere zones met metaal in het gebied, die best op voorhand gericht onderzocht worden vermits die op de locatie van WO1 structuren kunnen duiden.

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.