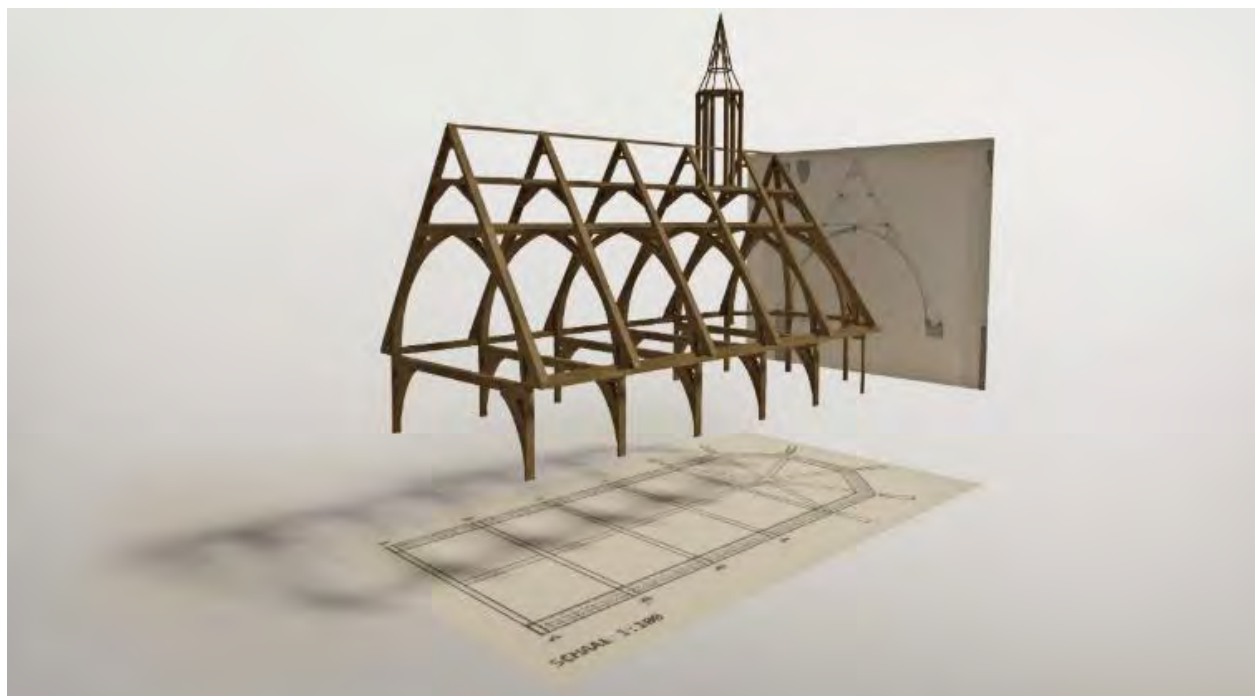


Uitwerking project scannen in de polder



Afbeelding 1: Reconstructie van de kerkkap – folderfoto Jan de Rode

Administratieve gegevens

Projectnaam: Testen het poldergebied
Projectcode: Apa-25
Gemeente: Almere
Toponiem: Hout- en anomalieonderzoek
Werkgebied: Almere Pamus
Kadasterkaart:
RD-centraal-coördinaten: 52.2207 5.1912
Periode onderzoek: 2 april 2025
Auteurs: Henk Burgers/Gerrit de Groot, namens de Werkgroepsleden
Zoompresentatie
Rapportnummer: WGMA-Rapport-APa-25-Versie-3
Rapportdatum: 21 april 2025

Verzendlijst

Werkgroep voor Geofysische Meettechnieken in de Archeologie

In samenwerking met Jan Boes en Archie Ermans AWN afdeling 21 Flevoland

Colofon

GIS: Ruud Raats
Radartechniek, uitwerking en rapportage: Henk Burgers/Gerrit de Groot

Inhoudsopgave

Administratieve gegevens	2
Inhoudsopgave	3
1 Samenvatting, conclusies en aanbeveling.....	4
2 Eerder uitgevoerd onderzoek.....	5
2.1. Kerkkap Almere Pampus	5
2.2. Wrak de parel (Monumentnummer 528005).....	6
2.3. Scanlocatie 3 ZA87-II?.....	7
2.4. Scanlocaties 4 en 5. Onderzoek naar afwijkingen in magnetisch veld.....	7
3 Resultaten van het onderzoek	9
3.1. Geofysische metingen de resultaten van het onderzoek grondradar	9
Locatie Kerkkap.....	9
Locatie wrak de Parel	16
Locatie 3 ZA87-II?	19
Locatie 4 veld 62 nT	23
Locatie 5 veld 45 nT	26
3.2. Archeologische interpretatie van de metingen	34
4 Beantwoording van de onderzoeksvragen	35
5 Literatuur	36
6 Bijlage 1 Onderzoeksmethoden en technieken	37
6.1. Het fysisch principe van bodemradar	37
6.2. Het fysisch principe van de elektrische weerstandsmeting. In dit onderzoek niet van toepassing.....	40
7 Bijlage 2 De procedure voor het uitwerken.....	41
8 Bijlage 3 Technische specificaties apparatuur en software.	43

1 Samenvatting, conclusies en aanbeveling

De eerste doelstelling is te onderzoeken of met de grondradar hout zichtbaar kan worden gemaakt met een bodemscan. Daarvoor zijn 3 sites aangewezen.

Een tweede doelstelling betrof het onderzoek naar twee anomalieën die zichtbaar werden via een eerder drone onderzoek met een apparaat om het aardmagnetisch veld te meten.

Het is aannemelijk dat de aanwezigheid van hout is aangetoond en dan met name bij het eerste meetvlak t.w. de kerkkap. Daarmee zien wij dit deel van de test als geslaagd. Op de tweede (door ophoging) locatie en de derde (onbekend) locatie zijn geen reflecties zichtbaar die op hout duiden.

Er zijn wel sterke reflecties zichtbaar in bovenstaande die meetgebieden. Niet is duidelijk wat die reflecties veroorzaken. Om hierin duidelijkheid te krijgen is het advies nader onderzoek door bijvoorbeeld te prikken of te boren.

Het onderzoek naar de twee locaties met afwijkingen in het magnetisch veld zien wij eveneens geslaagd. In het eerste veld is op de locatie van de magnetische afwijking, een ook een sterke reflectie zichtbaar via de grondradar.

Het was helaas niet gelukt om de tweede anomalie te scannen. De exacte plek was vanaf de weg zonder juiste informatie niet te lokaliseren. De metingen in dat veld geven wel een aantal sterke reflecties die niet zonder meer te duiden zijn. Ook hier het advies om nader onderzoek te plegen door bijv. te prikken of te boren.

2 Eerder uitgevoerd onderzoek

2.1. Kerkkap Almere Pampus



Afbeelding 2: Foto van de graafwerk kerkkap Omroep Almere).



Afbeelding 3: Foto kerkkap blootgelegd volgens folderfoto.

Op basis van film- en fotomateriaal ligt dit hout op ca 175cm diepte.

2.2. Wrak de parel (Monumentnummer 528005)



Afbeelding 4: Foto wrakheuvel (RCE)



Afbeelding 5: Kaartje van het terrein

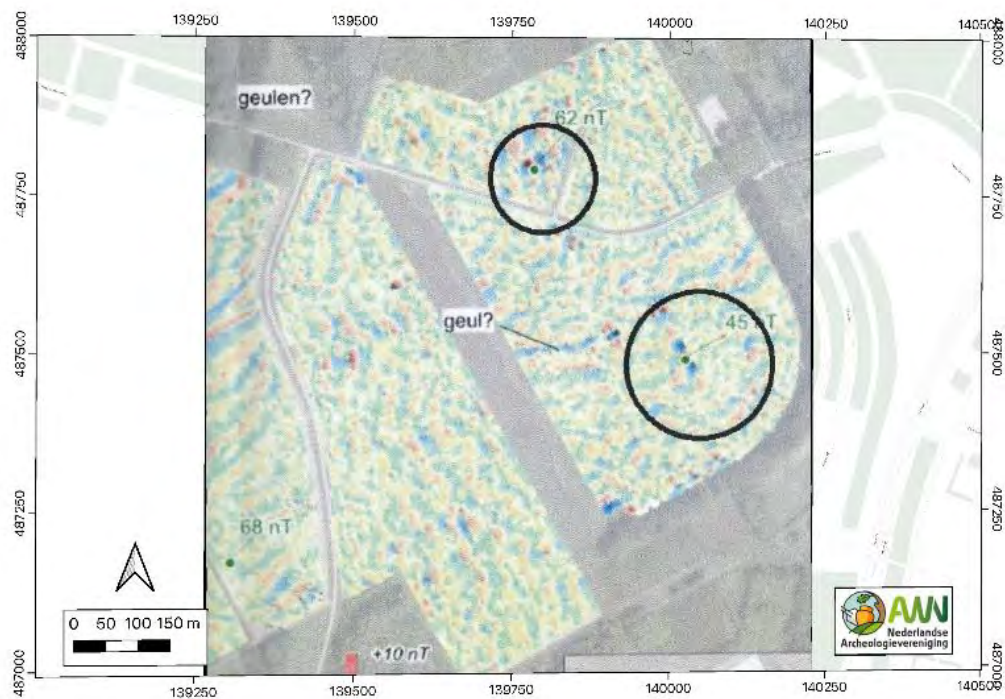
Volgens AHN steekt de "terp" ca 150cm uit boven het maaiveld.

2.3. Scanlocatie 3 ZA87-II?



Afbeelding 6: De rode cirkel betreft de 3^e testlocatie

2.4. Scanlocaties 4 en 5. Onderzoek naar afwijkingen in magnetisch veld



Afbeelding 7: Naderonderzoek van 62 nT en 45 nT. Geplot op de geleverde geogerefererde documentatie



Afbeelding 8: Naderonderzoek van 62 nT en 45 nT. Geplot op de geleverde geogerefererde documentatie en geogerefererde " Hillsade overzicht ui AHN.

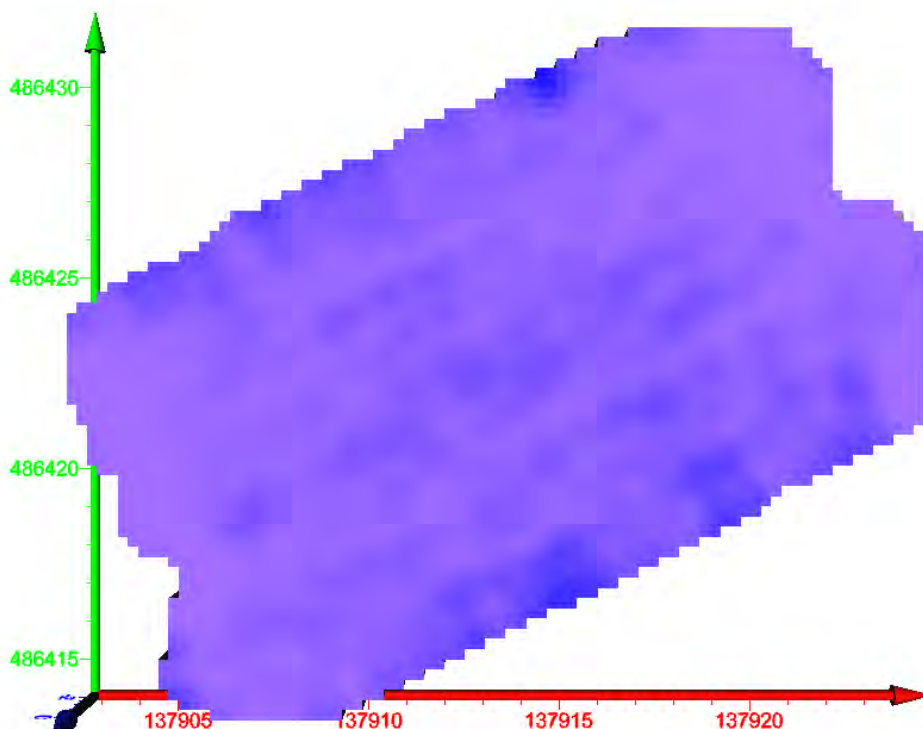
3 Resultaten van het onderzoek

De resultaten worden in twee aparte delen gepresenteerd:

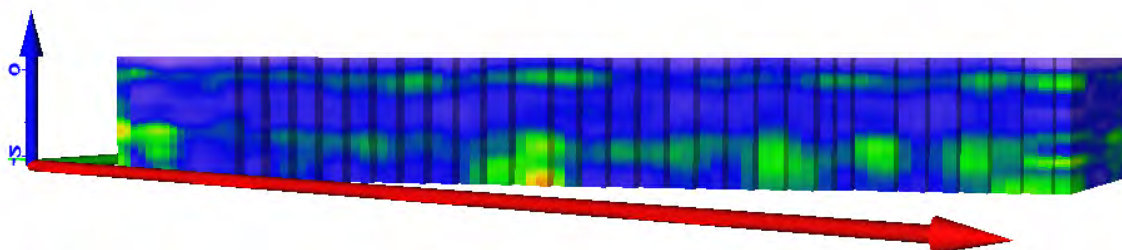
- De geofysische interpretatie, die de reflecties vertaalt naar mogelijk antropogene structuren. Hierbij wordt een aantal reflectiepatronen voor verschillende dieptes geselecteerd en weergegeven als aanzet tot de discussie over de archeologische interpretatie. Tijdens de discussie over de archeologische interpretatie wordt met behulp van het programma Voxler © het 3D model voor meerdere dieptes bekeken en besproken.
- De archeologische interpretatie die de structuren uit de geofysische interpretatie vertaalt naar archeologische structuren. De interpretatie is een resultaat van discussies tussen de opstellers van de geofysische interpretatie, de aanvrager en deskundige(n).

3.1. Geofysische metingen de resultaten van het onderzoek grondradar

Locatie Kerkkap.

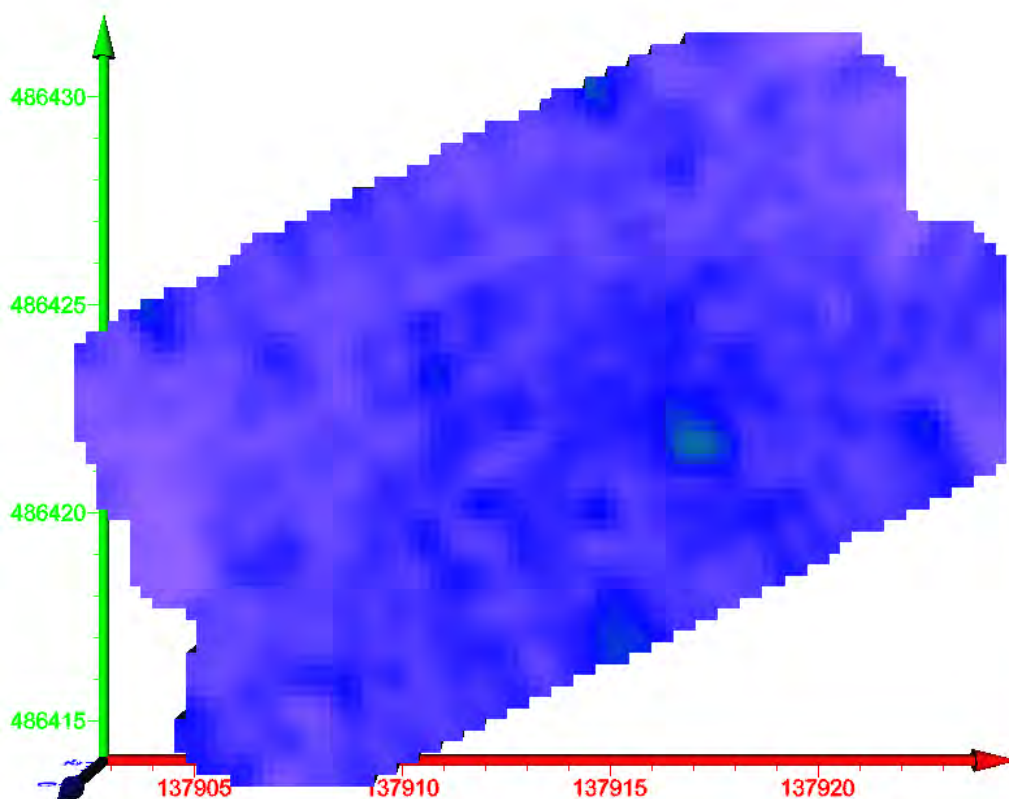


Afbeelding 9: Meting Begane grond. Het beeld is verstoord door de oneven bodem.

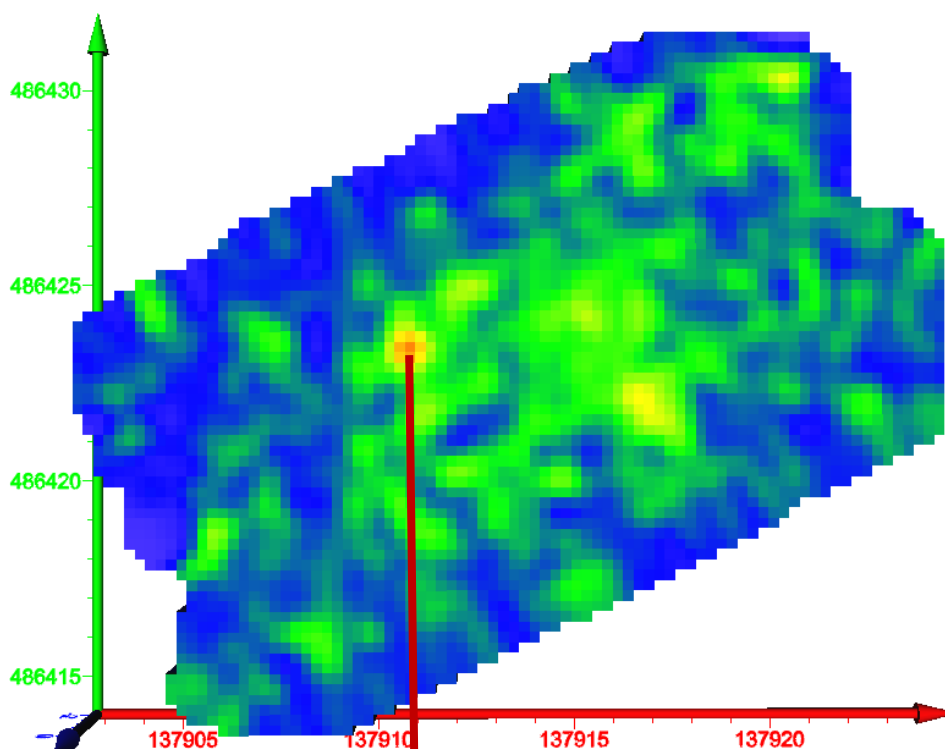


Afbeelding 10: Doorsnede van de metingen kijkend naar het Noorden. Verstoringen in de grondlaag lijken duidelijk aanwezig. Op 10cm diep verschijnt de eerste reflecties. Die reflecties worden drastisch minder vanaf 50cm diep. Op ca 125cm diep verschijnt de volgende laag reflecties

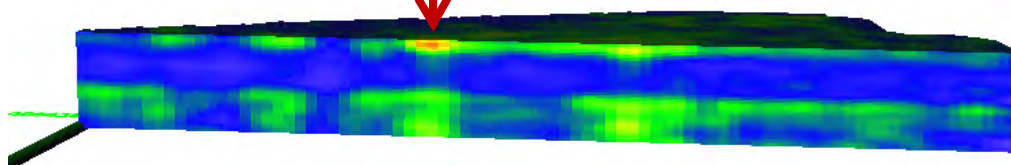
Dit beeld is consistent indien vanuit de andere richtingen wordt gekeken.



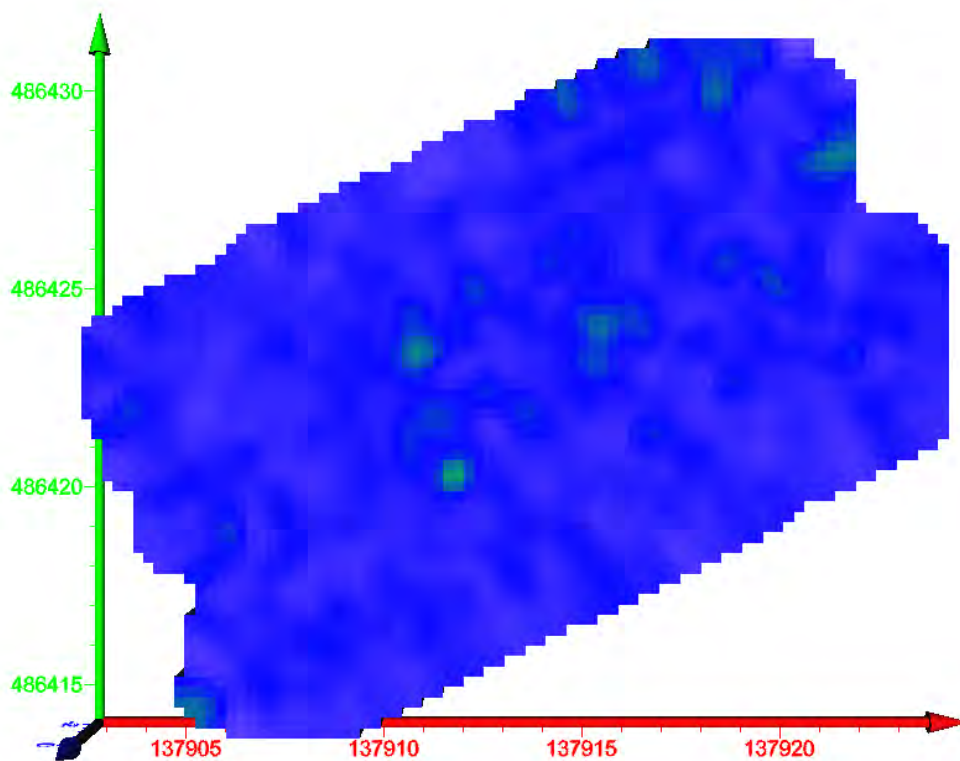
Afbeelding 11: Op ca 10cm diepte verschijnt de eerste reflectie



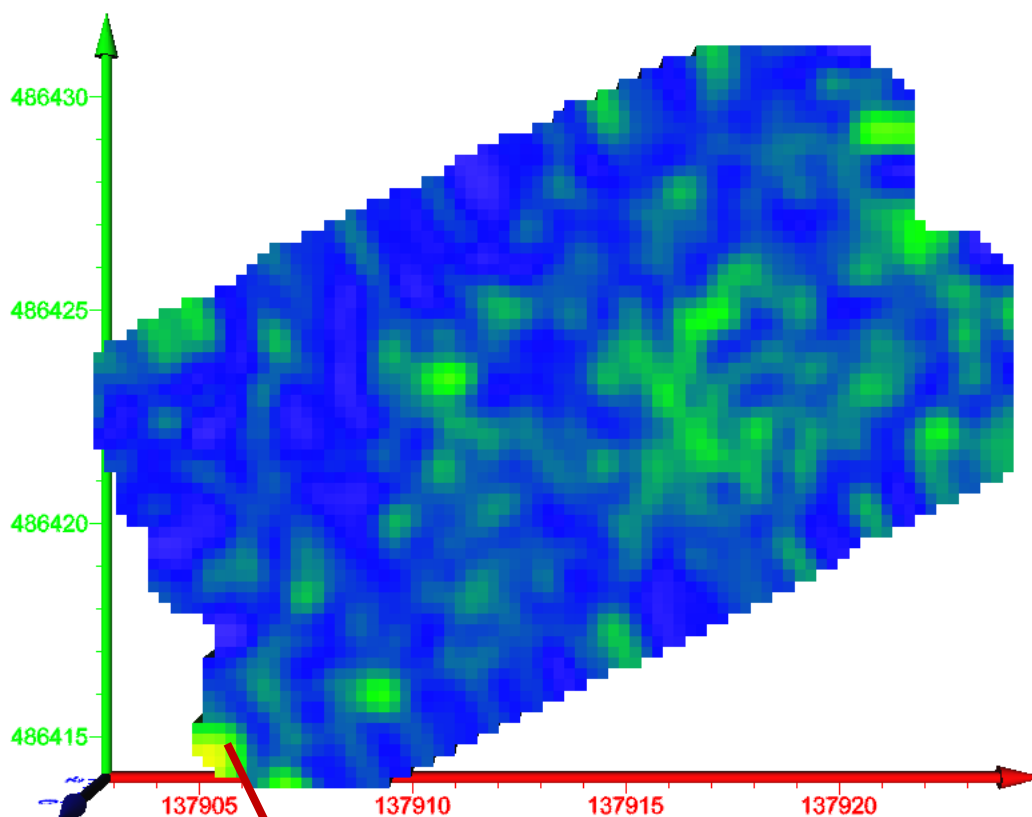
Afbeelding 12: Op ca 25cm diepte zijn meer reflecties. Er is een plek met hogere aanwezigheid. Die plek is ca 25 cm diep



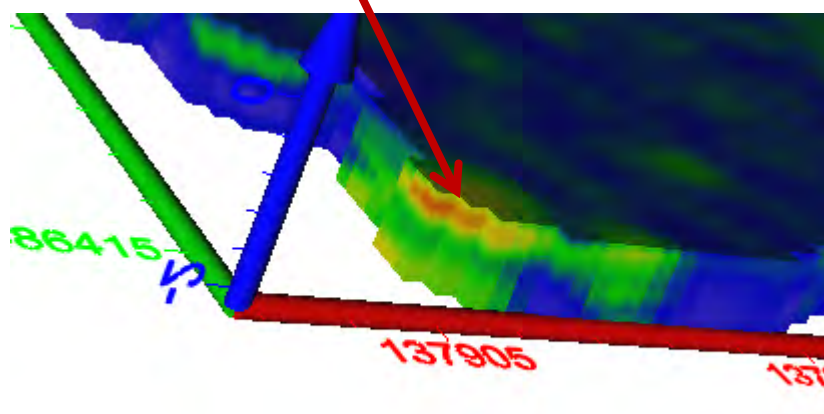
Afbeelding 12a: dwarsdoornede



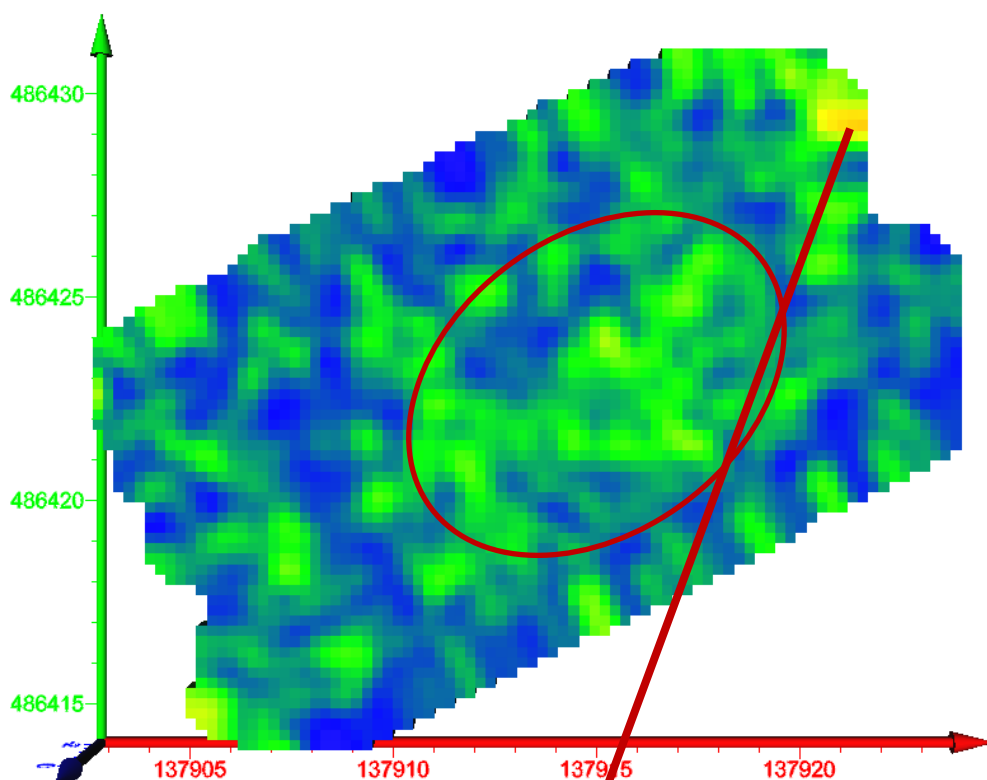
Afbeelding 13: Op ca 75cm diepte zijn de reflecties vrijwel verdwenen



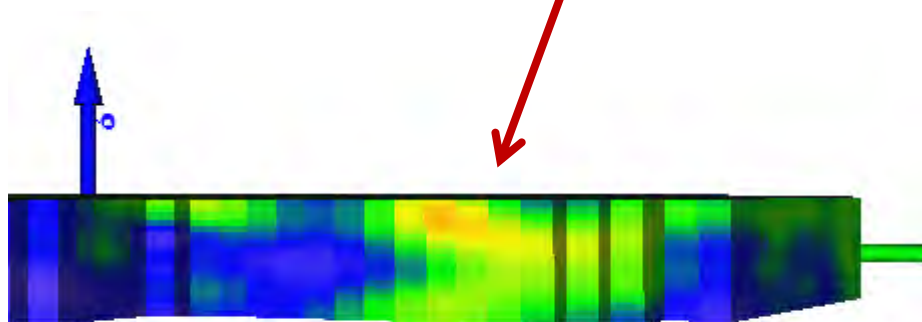
Afbeelding 14: Tussen ca 75cm diep en 125cm diep zijn er bijna geen reflecties. Deze afbeelding is van ca 125 cm diep



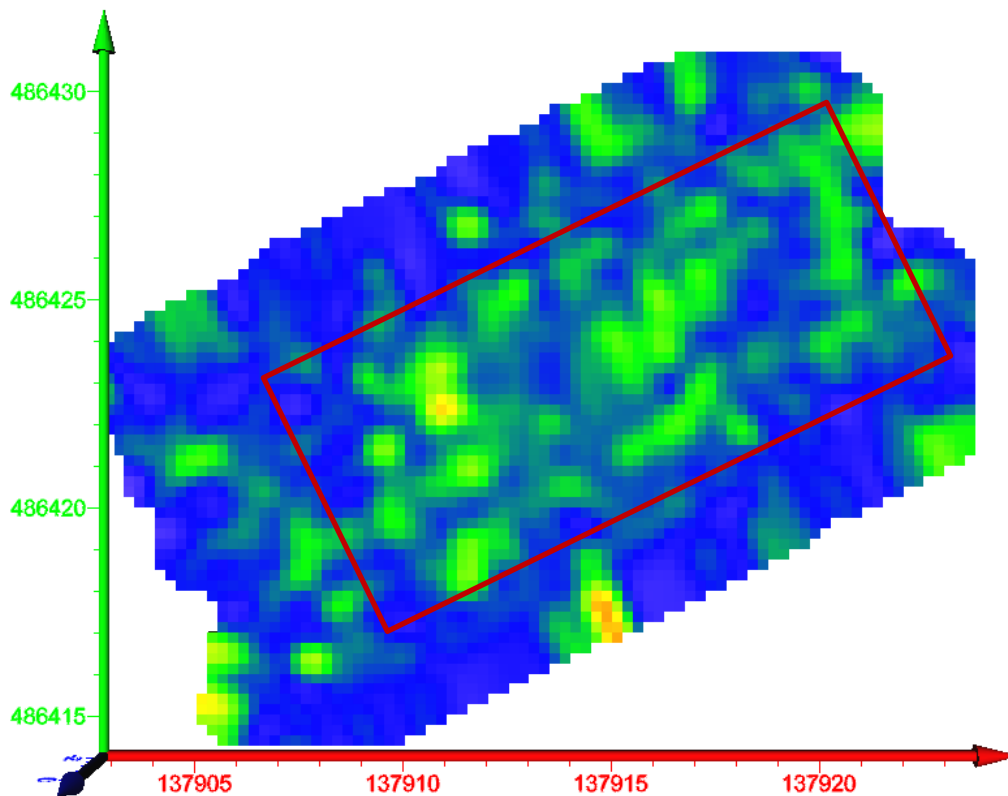
Afbeelding 14a: Een plek van ca 20cm "dikte" met een grotere aanwezigheid in de reflecties.



Afbeelding 15: Deze afbeelding is van ca 145 cm diep. Een grotere concentratie van reflecties.

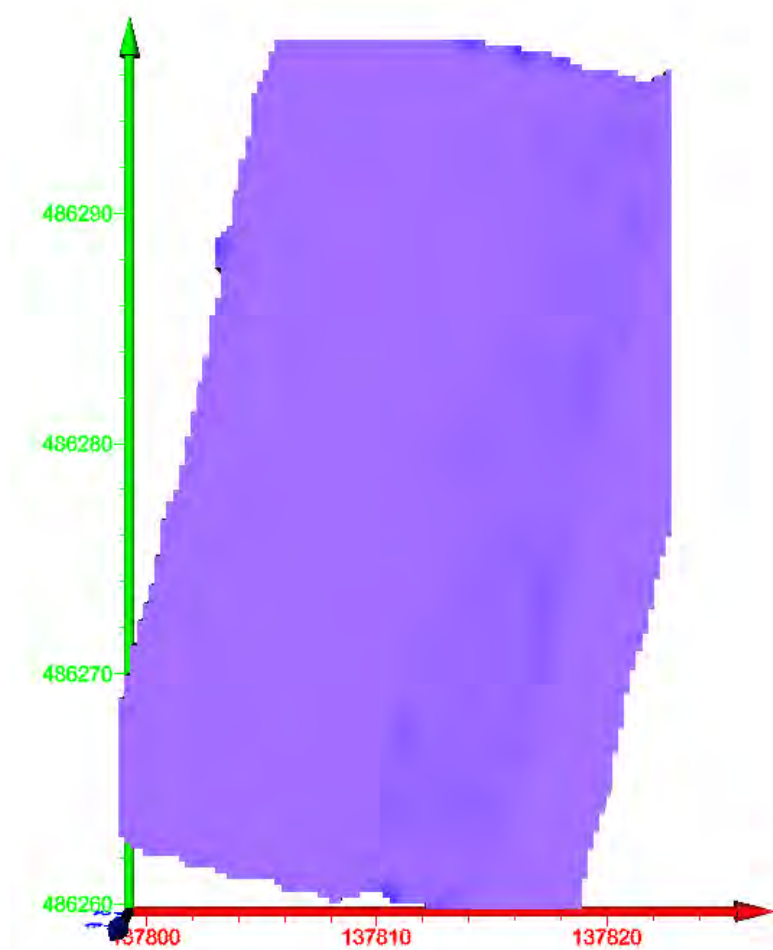


Afbeelding 15a: Deze plek met een grotere aanwezigheid in de reflecties tot maximale scandiepte.

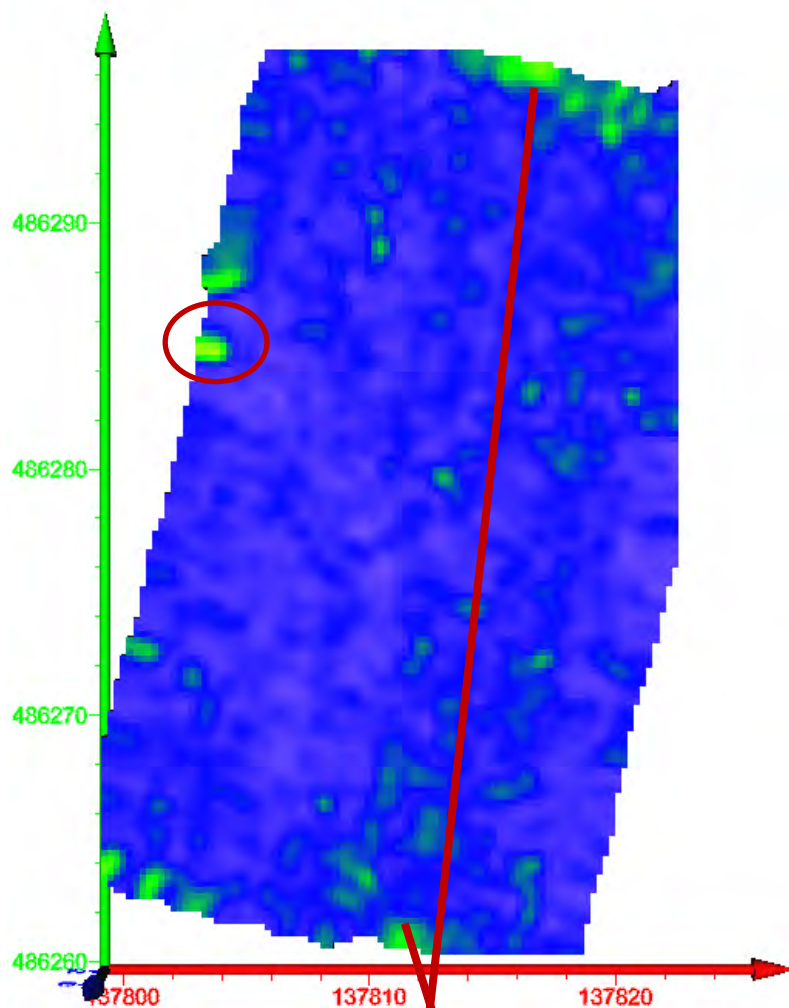


Afbeelding 16: Maximale scandiepte ca 180 diep. De vermoedelijke restanten van de kerkkap. Zie ook afbeelding 2 en 3.

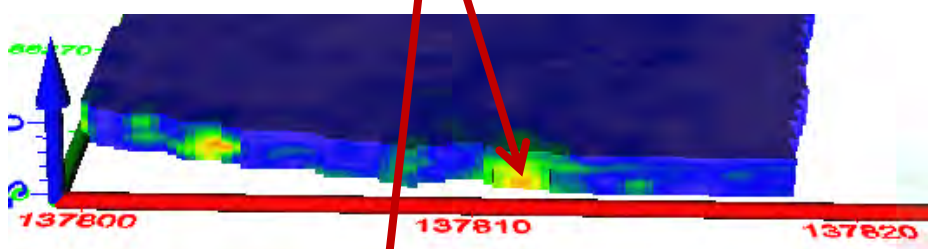
Locatie wrak de Parel



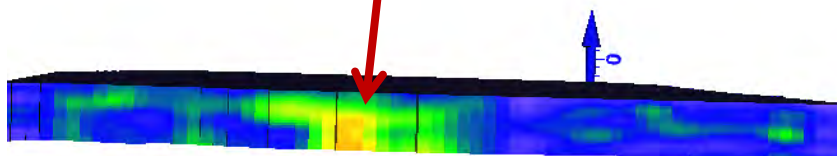
Afbeelding 17: Meting Begane grond.



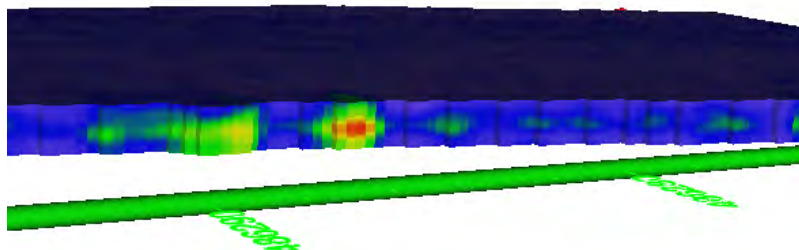
Afbeelding 18: Vanaf 125cm diepte verschijnen de eerste reflecties. Met name aan de uiteinden zijn de reflecties sterker



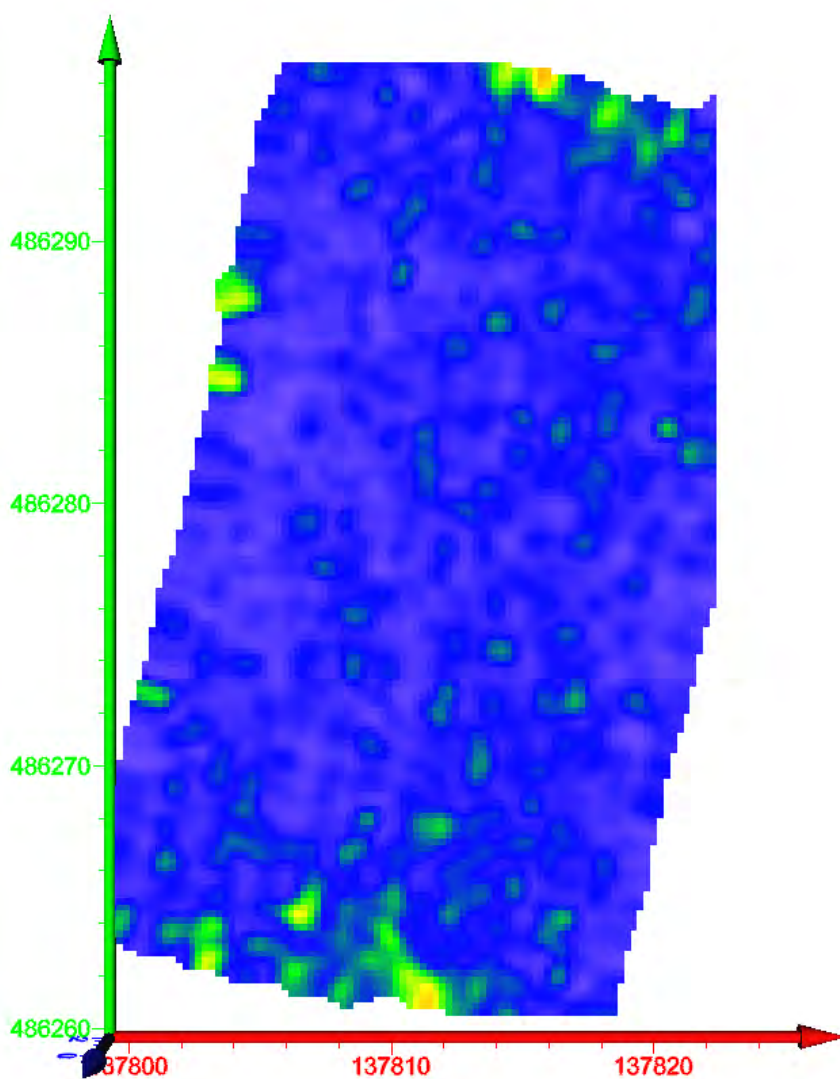
Afbeelding 18a: Doorsnede aan de Zuidzijde van de terp



Afbeelding 18b: Doorsnede aan de Noordzijde van de terp

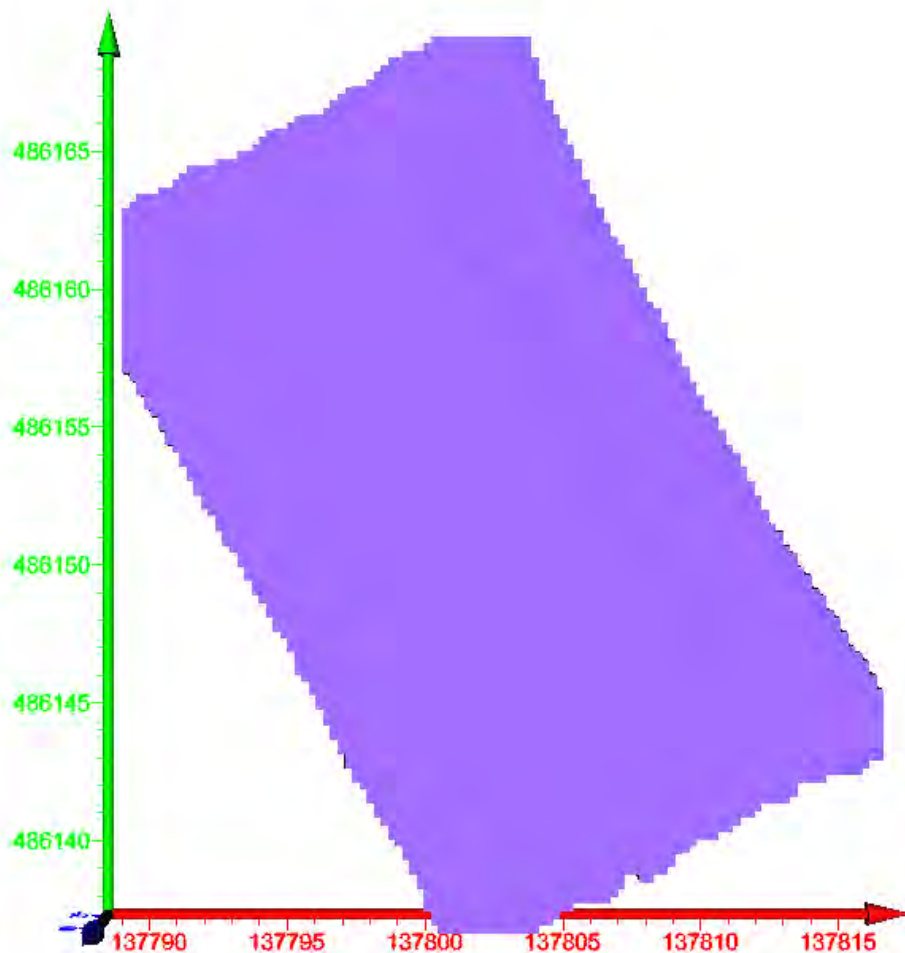


Afbeelding 18c: Doorsnede aan de Westzijde van de terp. Zie ook de cirkel in Afbeelding 18

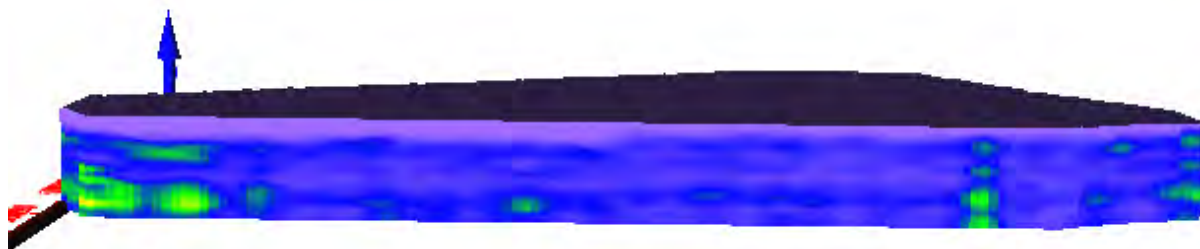


Afbeelding 19: Op de diepste metingen ca 180cm is een identiek beeld als in afbeelding 18. Aangezien het niet mogelijk is met de huidige apparatuur dieper te scannen, kunnen we niet met vaststellen dat de "uiteinden" onderdeel zijn van het wrak.

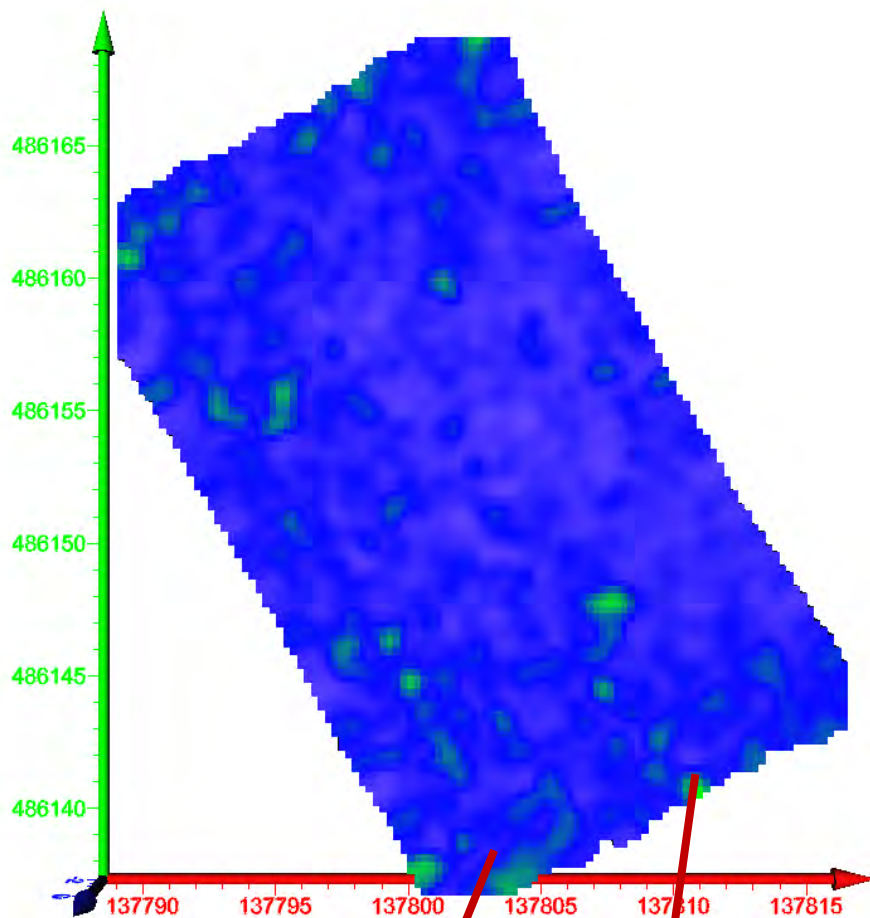
Locatie 3 ZA87-II?



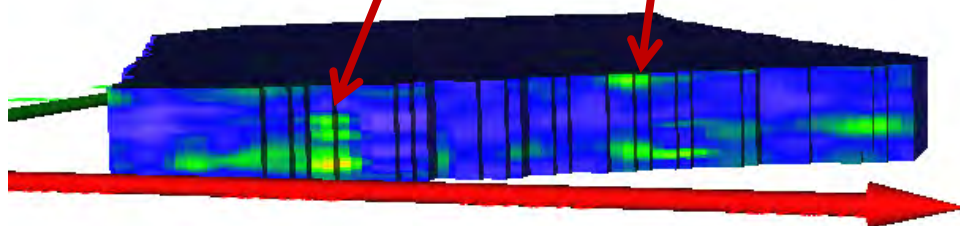
Afbeelding 20: Meting Begane grond.



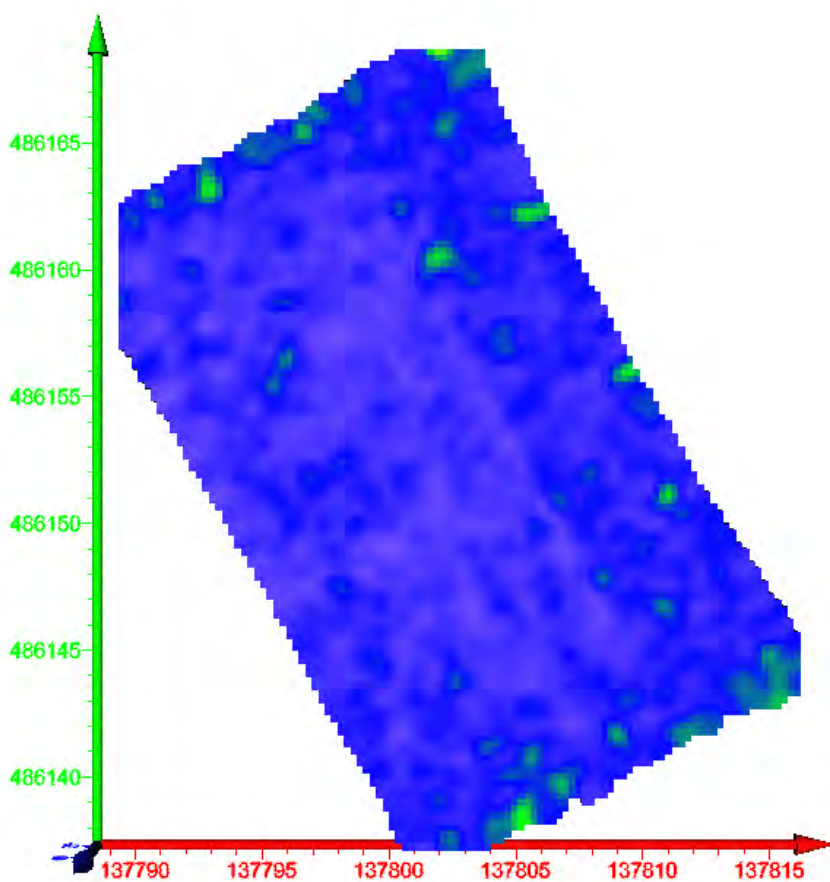
Afbeelding 21: Doorsnede op ongeveer halverwege de metingen. Duidelijk zichtbaar zijn de verschillende lagen.



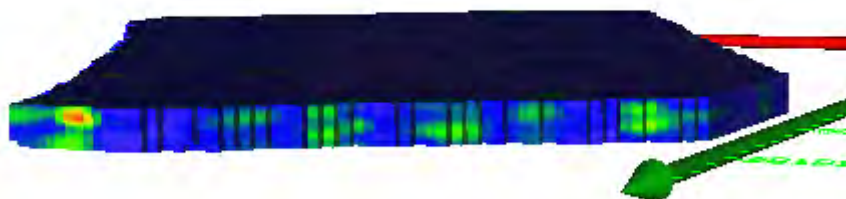
Afbeelding 22: Meting op ca 50cm diepte. Met name in de Zuidzijde verschijnen reflecties



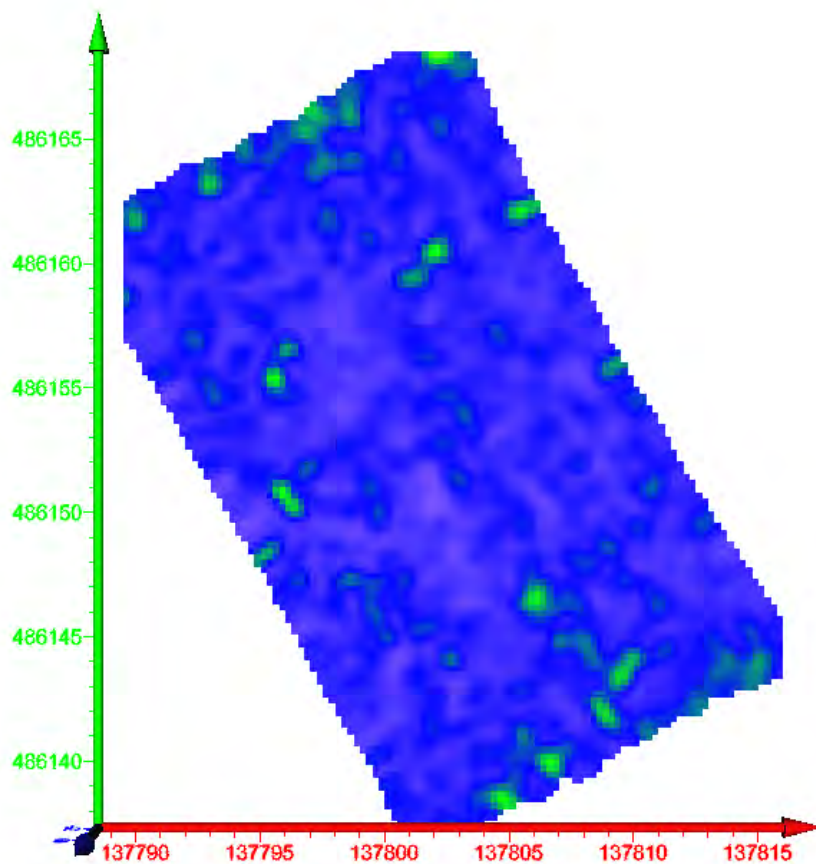
Afbeelding 22a: Doorsnede Zuidzijde



Afbeelding 23: Meting op ca 125cm diepte.

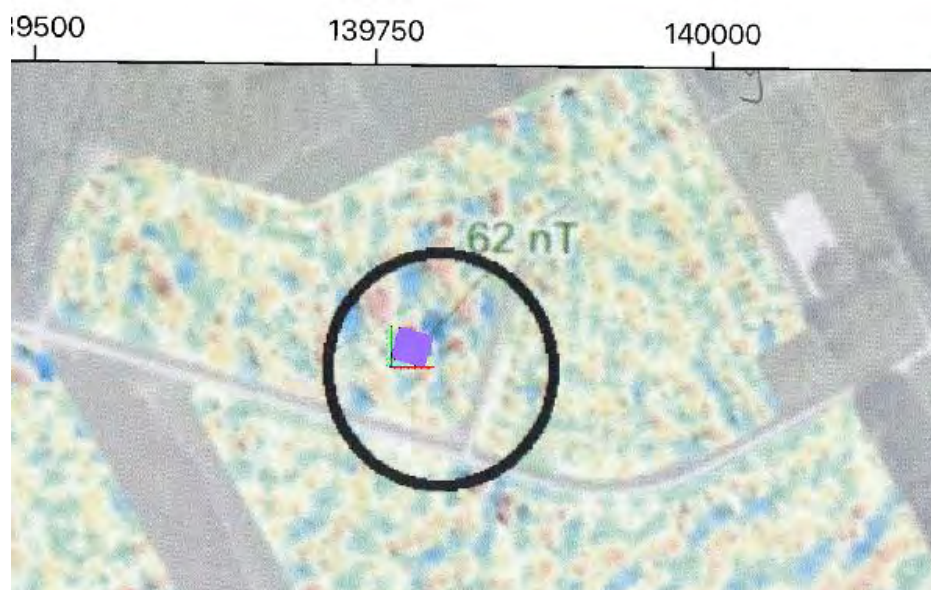


Afbeelding 23a: Doorsnede van de Noordzijde. Ook hier is nader onderzoek nodig om te bepalen wat de reflecties aangeven

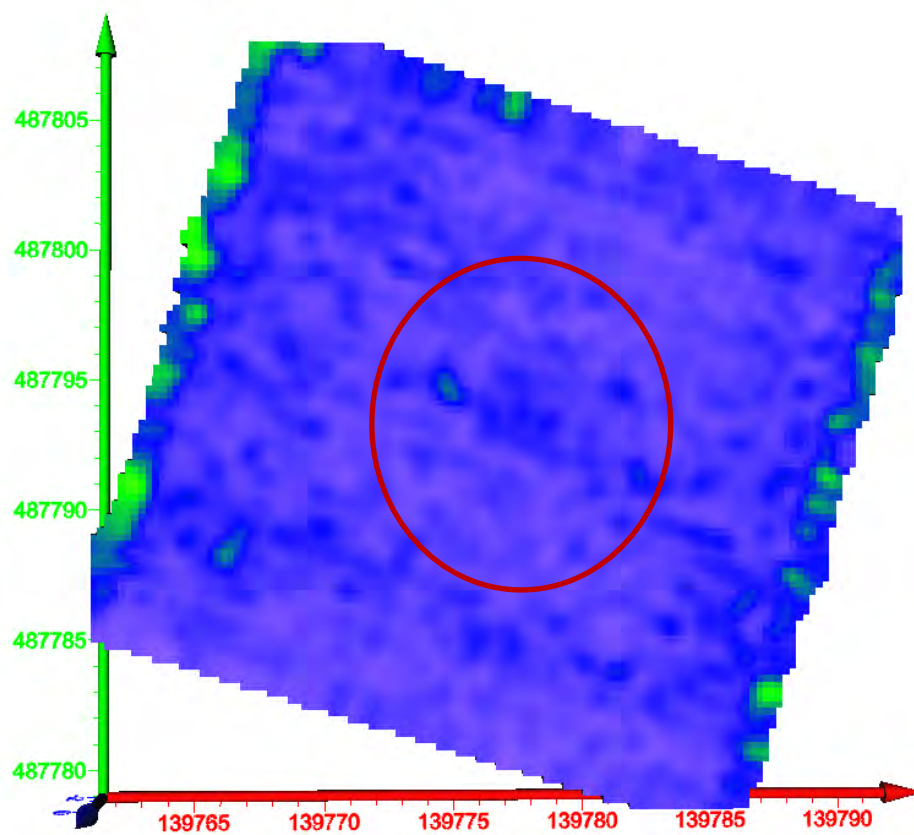


Afbeelding 24: Op de diepste metingen ca 180cm. Er zijn meer reflecties zichtbaar

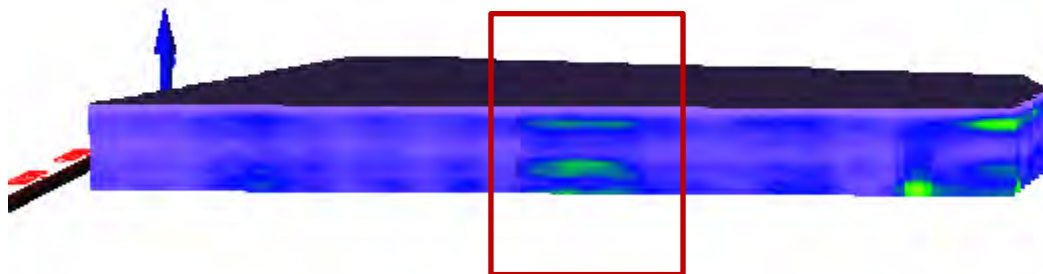
Locatie 4 veld 62 nT



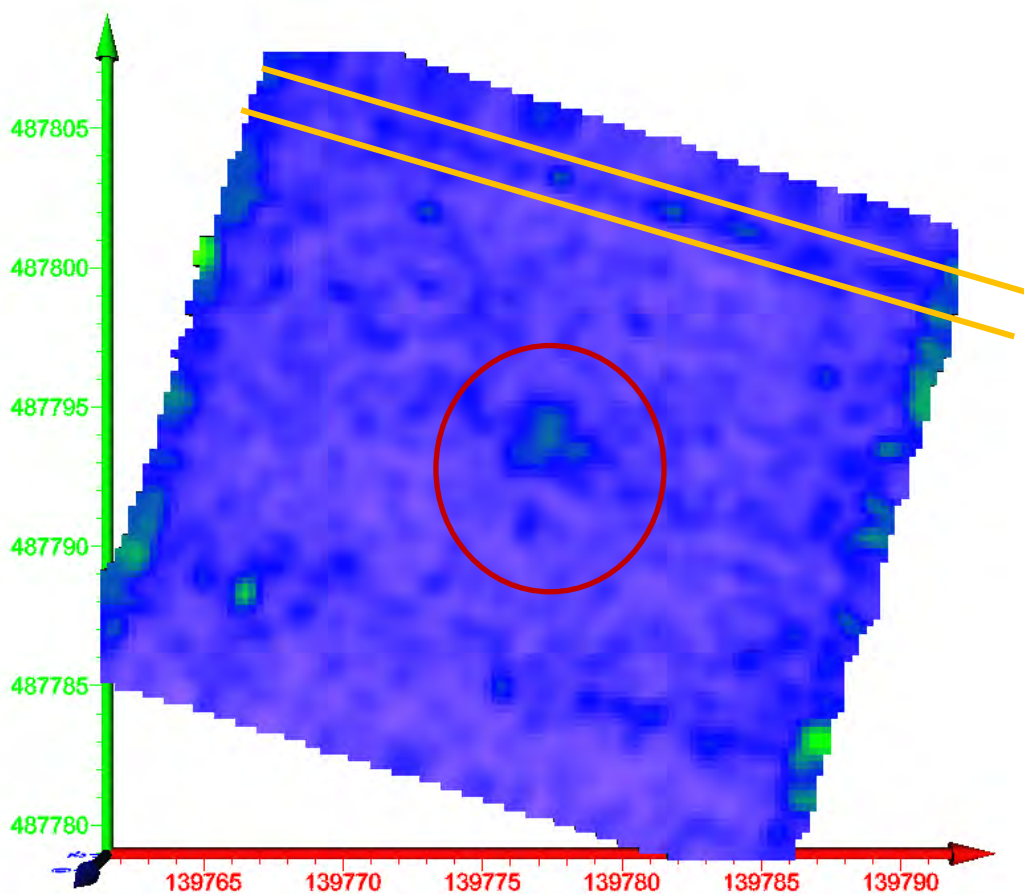
Afbeelding 25: scan geplot op onderzoek. Onderzoek naar de magnetische afwijking.



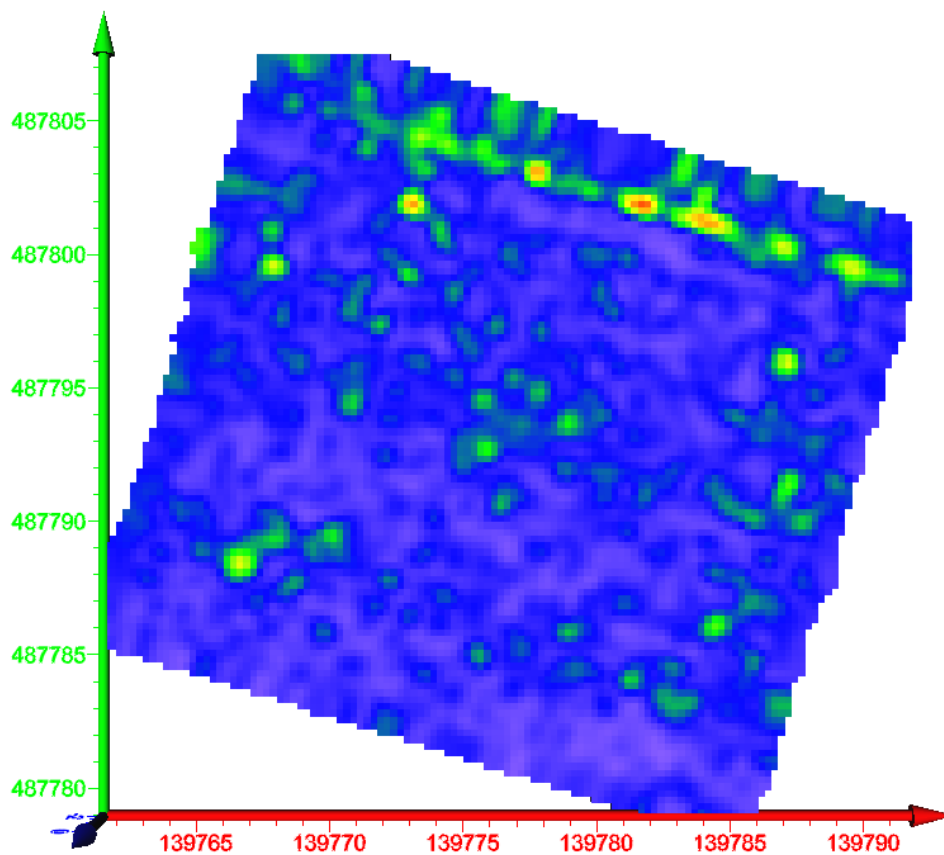
Afbeelding 26: diepte ca 25cm. In het midden verschijnen reflecties



Afbeelding 26a: Doorsnede van de locatie

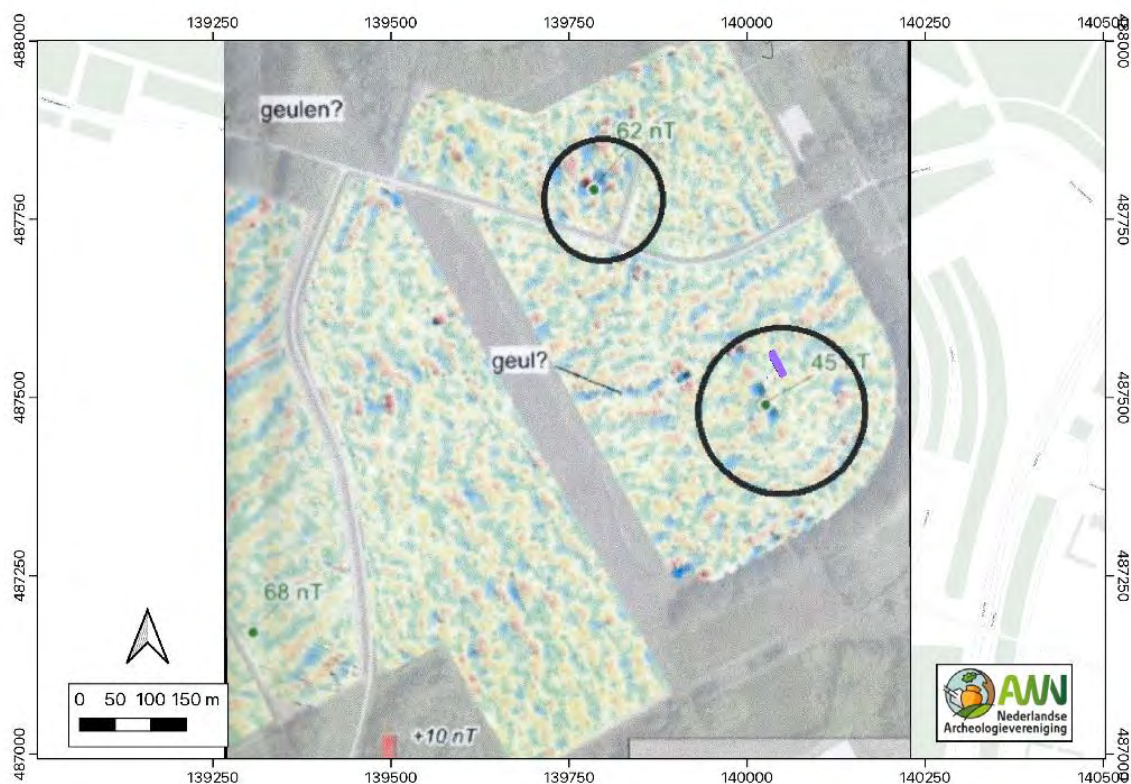


Afbeelding 27: Diepte ca 125cm. Naast de reflecties in de cirkel is waarschijnlijk ook een drainage leiding zichtbaar

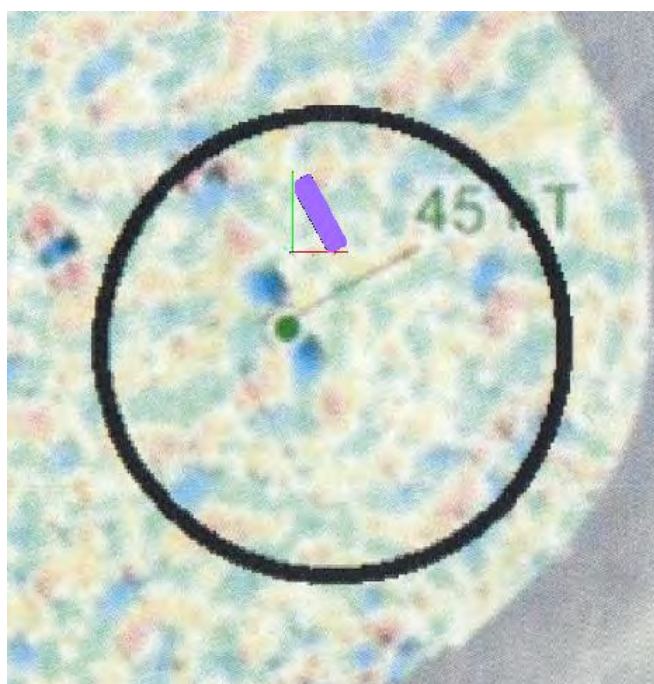


Afbeelding 28: Diepte ca 180cm Er zijn meer reflecties zichtbaar. De mogelijke drainage leiding is goed zichtbaar

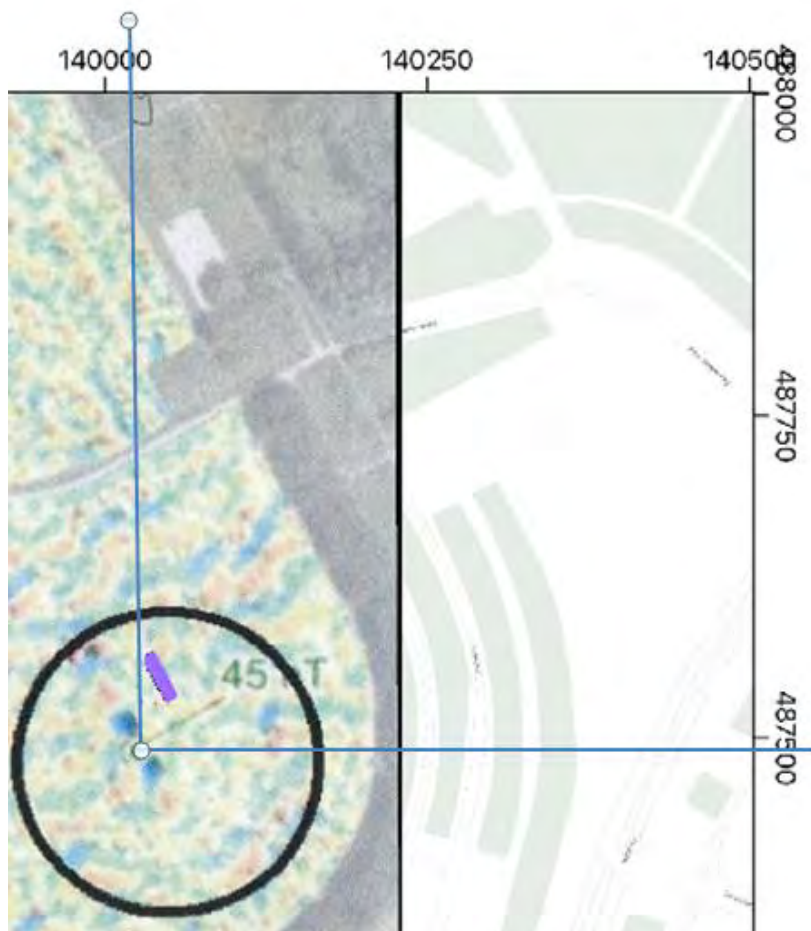
Locatie 5 veld 45 nT



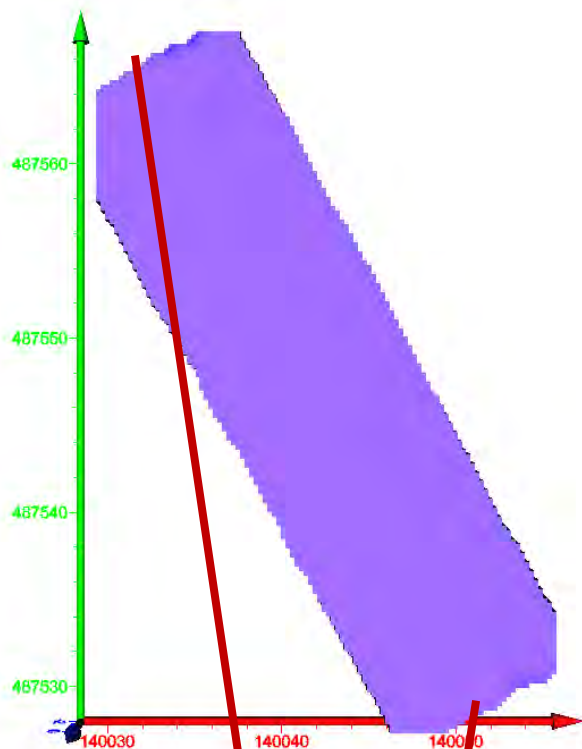
Afbeelding 29: scan geplot op onderzoek. Onderzoek naar de magnetische afwijking



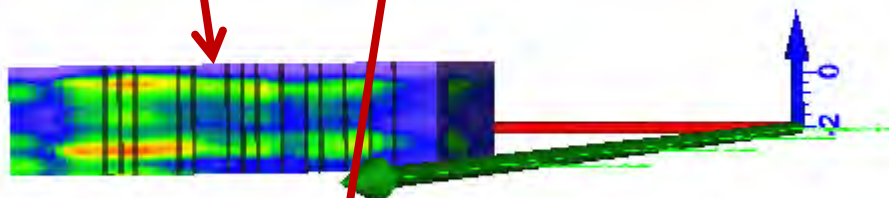
Afbeelding 29a: scan geplot op onderzoek. Het lijkt erop dat 45 nT niet is gemeten. Circa 25m te ver naar recht en bijna 100m te "hoog".



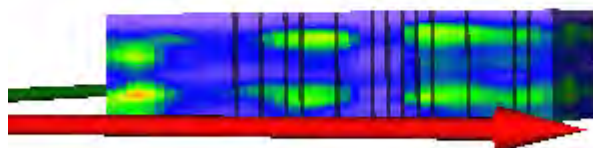
Afbeelding 29b: scan geplot op onderzoek.



Afbeelding 30: De scan met de Rijksdriehoekskoördinaten.

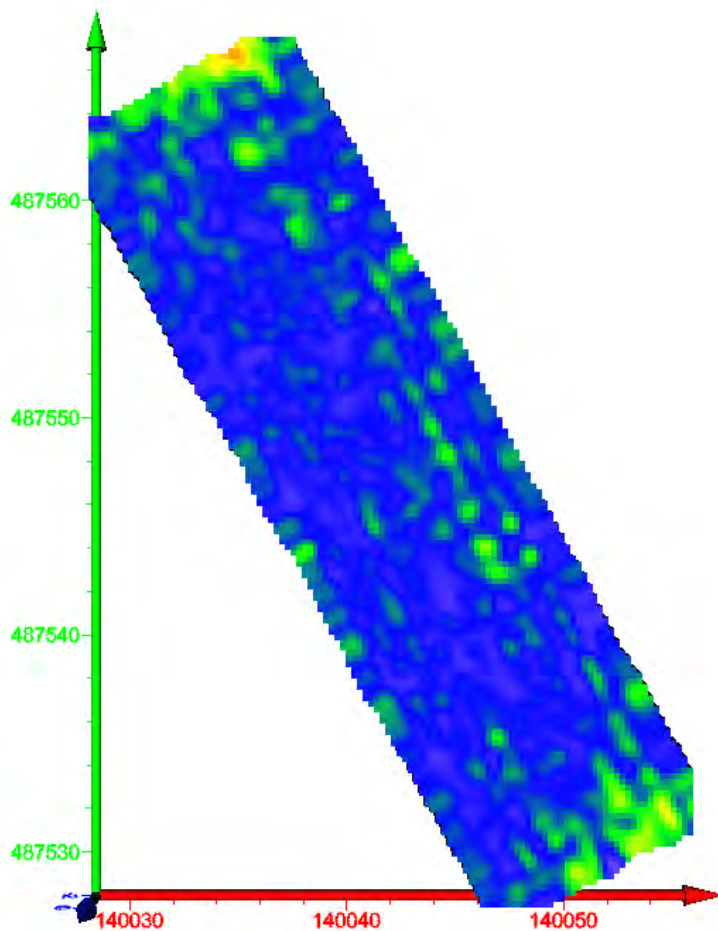


Afbeelding 30a: Doosnede Noord-West einde van de scan

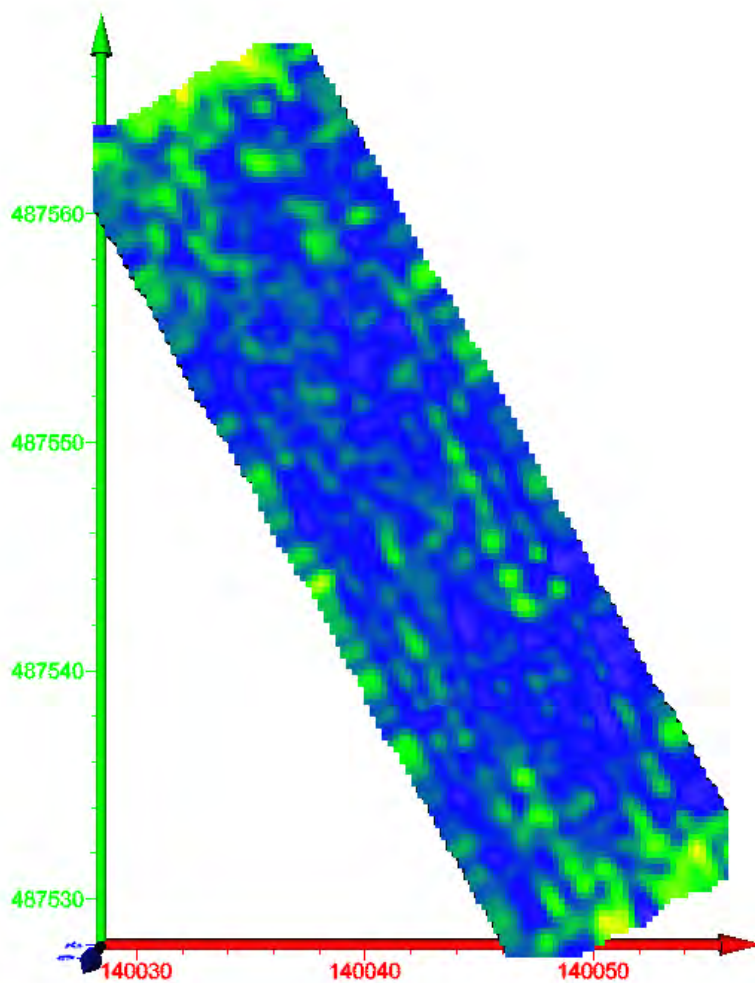


Afbeelding 30b: Doosnede Zuid-Oost einde van de scan

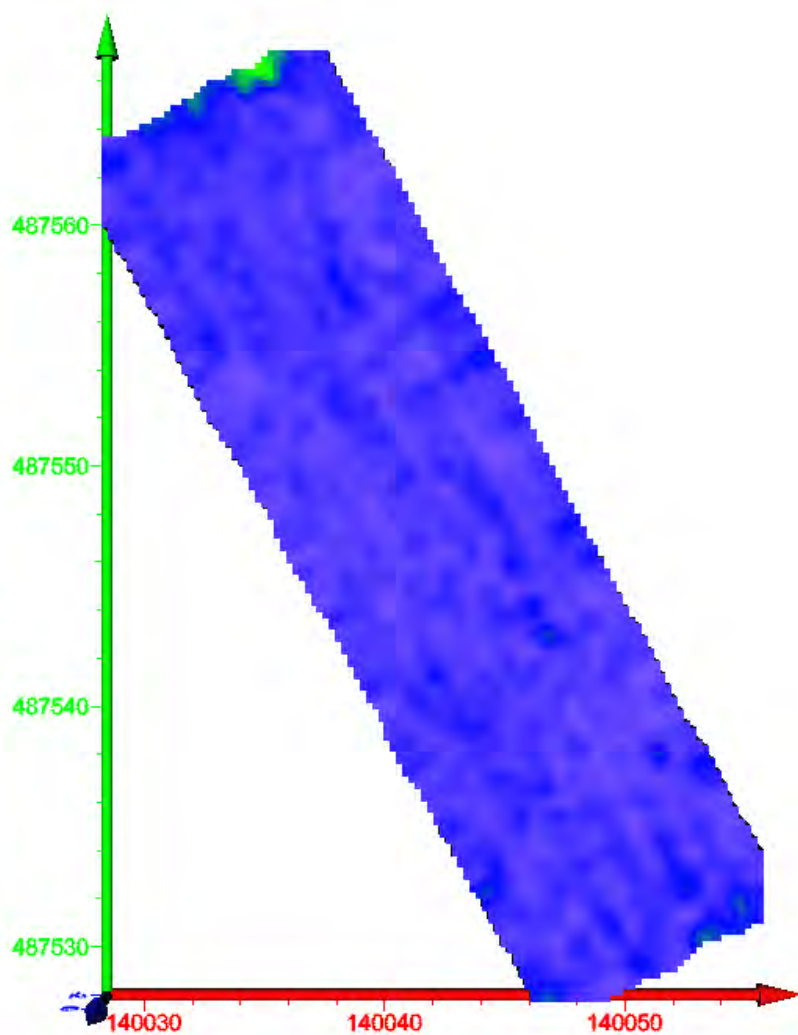
In beide doorsnedes is op ca 25cm diep een sterkere reflectie. Dezelfde reflecties zijn waarschijnlijk als echo te zien vanaf ca 125cm diep.



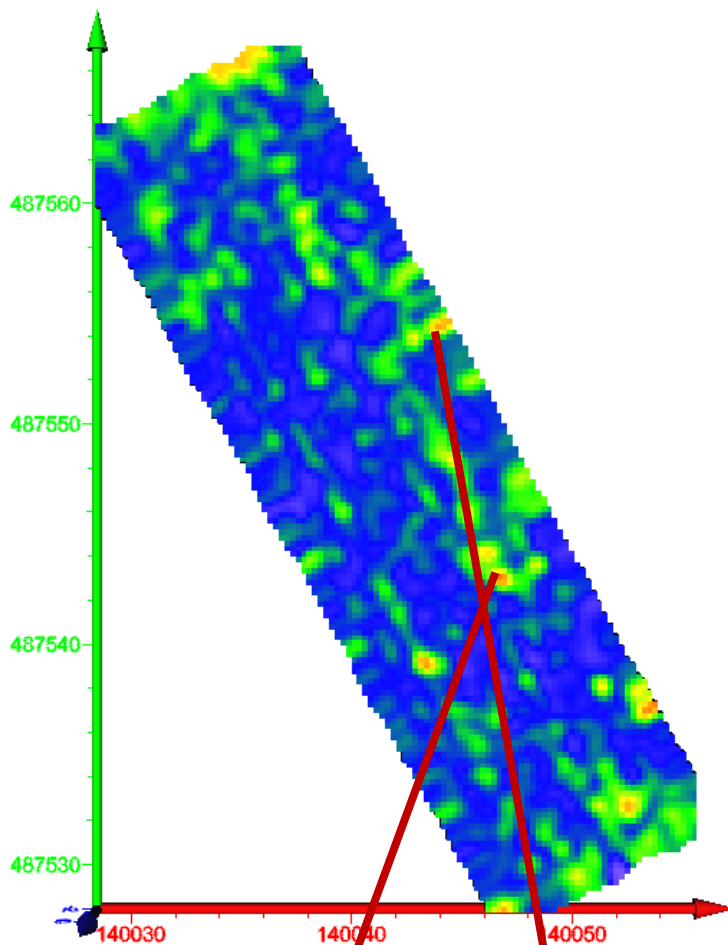
Afbeelding 31: Vanaf ca 25cm zijn vermoedelijk ploegsporen zichtbaar. De twee uiteinden zijn erg duidelijk. Grondboren of iets vergelijkbaars is nodig om te bepalen wat deze plekken “verbergen”.



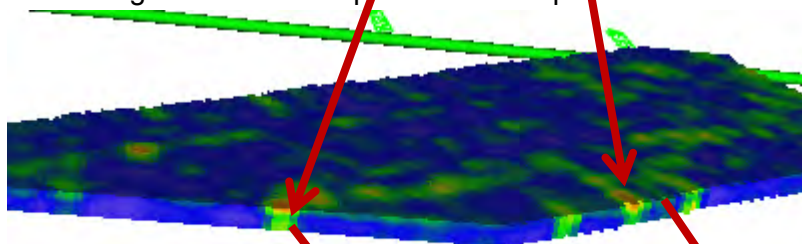
Afbeelding 32: Op ca 50cm zijn vermoedelijk ploegsporen duidelijker zichtbaar. Overigens vanaf pakweg 85cm verdwijnen die sporen.



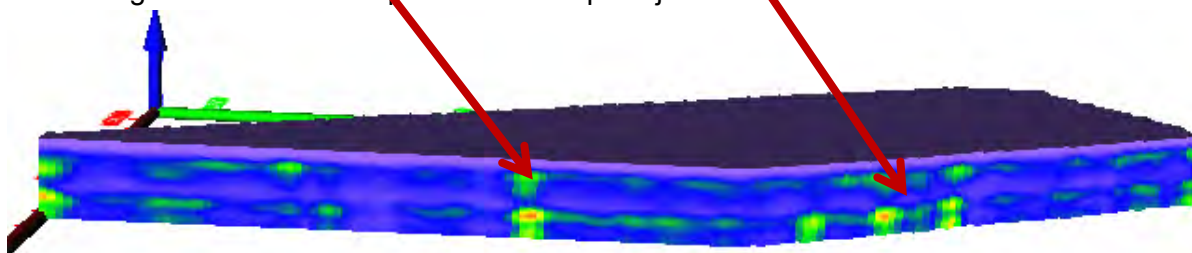
Afbeelding 33: Het beeld op ca 100cm diepte



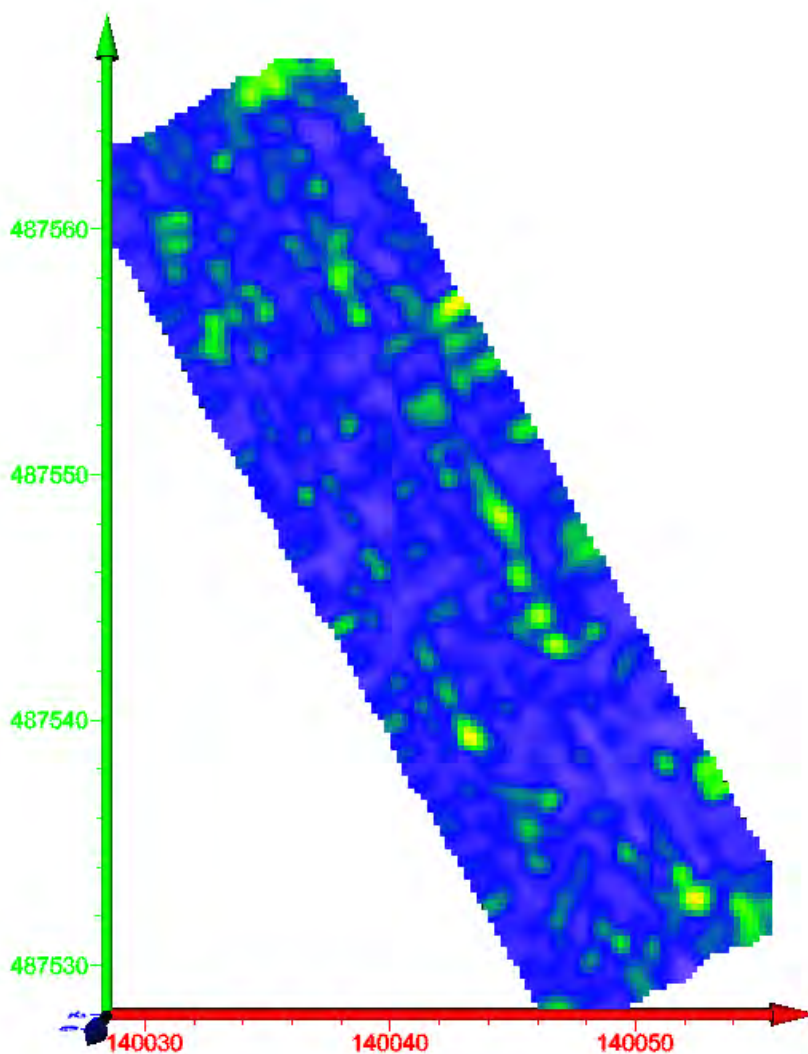
Afbeelding 34: Het beeld op ca 140cm diepte



Afbeelding 34a: Doorsnede op ca 140cm diepte zijn twee sterkere reflecties zichtbaar



Afbeelding 34b: Doorsnede op ca 140cm diepte zijn 2 á 3 sterkere reflecties zichtbaar



Afbeelding 35: Diepte ca 180cm, zie voorgaand commentaar

3.2. Archeologische interpretatie van de metingen

Locatie 1 Kerkkap

Afbeelding 10: Doorsnede van de metingen kijkend naar het Noorden. Verstoringen in de grondlaag lijken duidelijk aanwezig. Op 10cm diep verschijnt de eerste reflecties. Die reflecties worden drastisch minder vanaf 50cm diep. Op ca 125cm diep verschijnt de volgende laag reflecties. Dit beeld is consistent indien vanuit de andere richtingen wordt gekeken.

Afbeelding 12: Op ca 25cm diepte zijn meer reflecties. Er is een plek met hogere aanwezigheid. Die plek is ca 25 cm diep

Afbeelding 14: Tussen ca 75cm diep en 125cm diep zijn er bijna geen reflecties. Deze afbeelding is van ca 125 cm diep

Afbeelding 16: Maximale scandiepte ca 180 diep. De vermoedelijke restanten van de kerkkap. Zie ook afbeelding 2 en 3.

Locatie 2 De Parel

Afbeelding 18: Vanaf 125cm diepte verschijnen de eerste reflecties. Met name aan de uiteinden zijn de reflecties sterker

Afbeelding 19: Op de diepste metingen ca 180cm is een identiek beeld als in afbeelding 18. Aangezien het niet mogelijk is met de huidige apparatuur dieper te scannen, kunnen we niet met vaststellen dat de "uiteinden" onderdeel zijn van het wrak.

Locatie 3 ZA87-II?

Afbeelding 21: Doorsnede op ongeveer halverwege de metingen. Duidelijk zichtbaar zijn de verschillende lagen.

Afbeelding 22: Meting op ca 50cm diepte. Met name in de Zuidzijde verschijnen reflecties

Afbeelding 23: Meting op ca 125cm diepte.

Afbeelding 23a: Doorsnede van de Noordzijde. Ook hier is nader onderzoek nodig om te bepalen wat de reflecties aangeven

Locatie 4 veld 62 nT

Afbeelding 26: diepte ca 25cm. In het midden verschijnen reflecties

Afbeelding 27: Diepte ca 125cm Naast de reflecties in de cirkel is waarschijnlijk ook een drainage leiding zichtbaar

Locatie 5 veld 45 nT

Afbeelding 29a: scan geplot op onderzoek. Het lijkt erop dat 45 nT niet is gemeten. Circa 25m te ver naar recht en bijn 100m te "hoog".

Afbeelding 30a: Doorsnede Noord-West einde van de scan

Afbeelding 30b: Doorsnede Zuid-Oost einde van de scan

In beide doorsnedes is op ca 25cm diep een sterkere reflectie. Dezelfde reflecties zijn waarschijnlijk als echo te zien vanaf ca 125cm diep.

Afbeelding 31: Vanaf ca 25cm zijn vermoedelijk ploegsporen zichtbaar. De twee uiteinden zijn erg duidelijk. Grondboren of iets vergelijkbaars is nodig om te bepalen wat deze plekken "verbergen".

Afbeelding 34: Het beeld op ca 140cm diepte

Afbeelding 34b: Doorsnede op ca 140cm diepte zijn 2 á 3 sterkere reflecties zichtbaar

4 Beantwoording van de onderzoeksvragen

Locatie 1 Kerckap

De vraag was: Kan de grondradar hout detecteren?

Bij deze scan worden vanaf ca 145cm diepte reflecties zichtbaar die worden op grotere diepte duidelijker. De reflecties komen ook overeen met eerder onderzoek zoals is te zien in afbeelding 3.

Naast bovenstaande reflecties zijn aan de Noord- en Zuidkant plekken met grotere weerstand. Voor meer duidelijkheid daarover is nader onderzoek met bijvoorbeeld prikken of boren aan te bevelen.

Locatie 2 De Parel

Ook op deze locatie geprobeerd hout (het wrak) te detecteren. Aangezien de grondradar (afhankelijk van de grondsoort) een maximale diepte van zo'n 180cm heeft, was het op deze locatie niet echt mogelijk iets substantieels zichtbaar te maken. Het wrak heeft een extra afdeklaag van ca 150cm waardoor de radar niet diep genoeg kan "kijken" om een wrak aan te treffen.

Aangezien het niet mogelijk is met de huidige apparatuur dieper te scannen, kunnen we niet vaststellen dat de "uiteinden" onderdeel zijn van het wrak.

Locatie 3 ZA87-II?

De grond was hier niet opgehoogd en er bestond een mogelijkheid, dat het wrak, dat hier behoort te liggen duidelijk werd op de grondscan. Helaas dat is niet gelukt. Waardoor dat komt is niet duidelijk. Mogelijke oorzaken zijn bijv. rot of grondwater niveau.

Naast bovenstaande reflecties zijn aan de Noord- en Zuidkant plekken met grotere weerstand. Voor meer duidelijkheid daarover is nader onderzoek met bijvoorbeeld prikken of boren aan te bevelen.

Locatie 4 veld 62 nT

Het meetgebied was erg duidelijk. In het midden van het veld was een afwijking in het gewas zichtbaar. Die plek kwam precies overeen met de opgegeven anomalie in magnetisch veld.

Die magnetische afwijking was ook duidelijk zichtbaar in de scanresultaten. Het is niet bekend wat die reflecties zijn. Voor meer duidelijkheid daarover is nader onderzoek met bijvoorbeeld prikken of boren aan te bevelen.

Overigens is het waarschijnlijk dat een drainage leiding door het veld loopt.

Locatie 5 veld 45 nT

De scan is geplot op het onderzoeksdocument. Helaas is "45 nT" niet nader met de grondradar onderzocht. Circa 25m te ver naar recht en bijna 100m te "hoog".

Er zijn wel sterke reflecties zichtbaar op het Noord-West einde van de scan en het Zuid-Oost einde van de scan

Grondboren of iets vergelijkbaars is nodig om te bepalen wat deze plekken "verbergen".

5 Literatuur

Conyers, L.B., 2012, Interpreting Ground-penetrating Radar for Archaeology, Left Coast Press, Walnut Creek California.

Verbeek B., Seinen, P.A., Hemelaar, R., 2018, Echo's uit het verleden, bodemradar in de archeologie: toverij of wetenschap, Boekscout.

6 Bijlage 1 Onderzoeksmethoden en technieken

De werkgroep gebruikt momenteel twee soorten geofysische technieken: de bodemradar en de elektrische weerstandsmeting. In dit hoofdstuk worden de globale fysische principes besproken, die nuttig kunnen zijn om de resultaten beter te kunnen interpreteren. Voor dit specifieke onderzoek werd alleen de bodemradar ingezet.

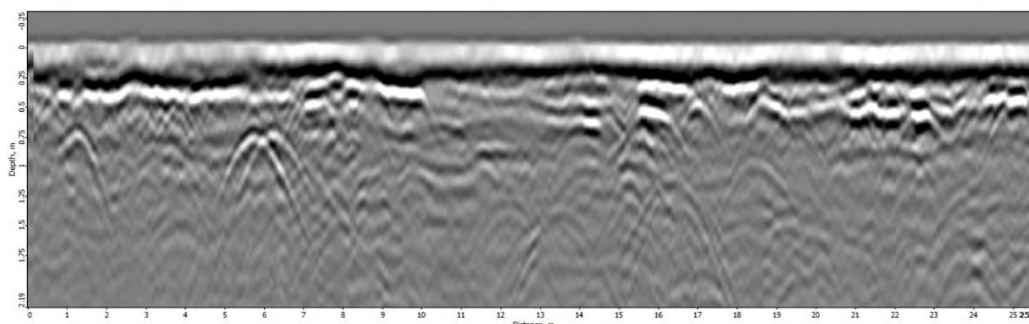
6.1. Het fysisch principe van bodemradar

Archeologie bestaat doorgaans uit structuren en artefacten die vaak uit materialen bestaan met een andere samenstelling dan de bodemmatrix. De grensvlakken tussen die materialen en de bodemmatrix kunnen reflecties van radarstraling geven, zoals zichtbaar licht op het grensvlak van lucht en water een reflectie geeft. Door pulsen radarstraling de bodem in te sturen en de reflecties te meten, kunnen die grensvlakken in kaart worden gebracht. Die geven dan informatie over de locatie en vorm van de structuren in de bodem.

De apparatuur en uitvoering

De bodemradar bestaat uit twee antennes. De ene antenne kan radarpulsen de bodem inzenden en de andere kan de reflecties ontvangen. Met een GPS antenne wordt de positie van de bodemradar geregistreerd. Voor locaties waar geen betrouwbaar GPS beschikbaar is, wordt handmatig met een odometer gemeten. Deze methode wordt omwille van specifieke voordelen (Bijlage 4)¹ steeds vaker toegepast, ook als GPS in principe wel beschikbaar is.

Tijdens de meting zendt de ene antenne een radarpuls de bodem in. Op ieder grensvlak wordt een deel van de straling gereflecteerd en dringt de rest dieper in de bodem door, tot het volgende grensvlak dat ook weer een deel reflecteert. Uit de gemeten tijdsduur tussen het uitzenden en ontvangen van de reflectie kan de diepte, waarvan deze afkomstig is, worden berekend. Door de bodemradar voort te bewegen wordt een bodemscan in het verticale vlak verkregen. Dit wordt een radargram genoemd en laat in een wit-zwart zebrapatroon de golven van gereflecteerde radarstraling zien (Afbeelding 9).



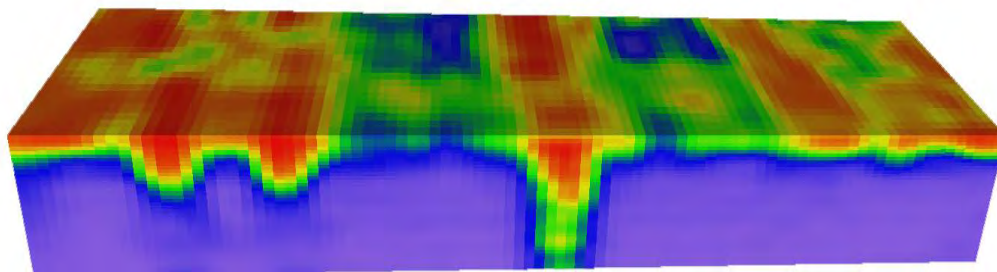
Afbeelding 9: Een voorbeeld van een radardiagram (Peter Seinen).

Door meerdere parallelle scans (raaien) te maken en die met gespecialiseerde software aan elkaar te knopen, wordt een 3D-model (Afbeelding 10) verkregen met de posities van de

¹ Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie
<https://archpro.lbg.ac.at/>

grensvlakken en dus van de structuren². De rode en blauwe kleuren geven respectievelijk sterke en zwakke reflecties weer.

De uitwerkingsprocedure en de daarvoor gebruikte specifieke parameters voor de modellering worden gegeven in Bijlagen 4 en 5.



Afbeelding 10: Een voorbeeld van een 3D-model met sterke (rood) en zwakke (blauw) reflecties

(Peter Seinen).

Omdat de meetdichtheid, en daarmee de detaillering waarmee de structuren kunnen worden weergegeven in de scanrichting (2 cm per meting) veel groter is dan de richting loodrecht daarop (50- 100 cm per meting), verdient het de aanbeveling om in twee meetsessies beide richtingen (orthogonaal) te scannen. Voor dit project hebben we gekozen voor een raaienafstand van 25 cm, waardoor de orthogonaal meting overbodig wordt³.

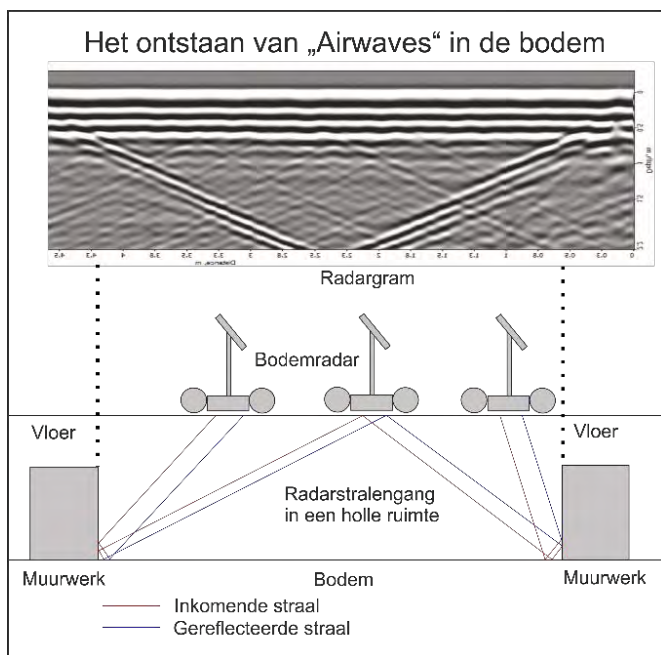
In speciale gevallen, zoals het optreden van holle ruimtes of het voorkomen van metalen in de bodem, geven de radargrammen extra informatie in de vorm van specifieke patronen die zichtbaar worden in het radargram. Deze patronen staan bekend met de begrippen “airwaves” en “ringing”.

Airwaves worden veroorzaakt door reflecties met rechte hoeken. Dit zijn vaak bovengrondse reflecties als gevolg van slechte afscherming van de radarantenne, waardoor straling wegglekt. Airwaves kunnen echter ook in de ondergrond ontstaan (Afbeelding 11a).

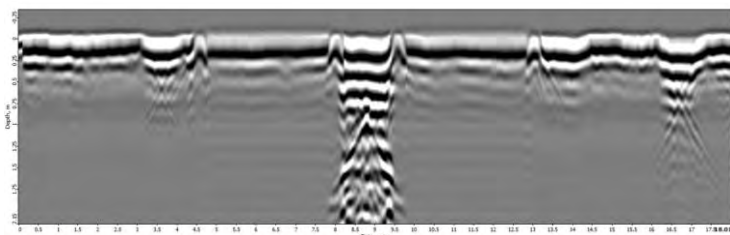
Ringings wordt veroorzaakt door de interactie van de radarzendantenne met een metalen oppervlak (Afbeelding 11b).

² Verbeek, 2019.

³ Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie



Afbeelding 11a: Het patroon van “airwaves” en hun ontstaan (Peter Seinen).



Afbeelding 11b: Het patroon van “ringing” (Peter Seinen).

Beperkingen

Zoals alle meettechnieken, kent ook bodemradar haar beperkingen. Om te beginnen is transparantie van bodemmateriaal sterk wisselend. Zand is goed transparant en klei is slecht transparant. Zelfs bij een goede transparantie neemt de intensiteit van de reflecties, door absorptie, verstrooiing en uitwaaiing, steeds verder af naarmate de radarstraling dieper in de bodem doordringt. Daarnaast geven niet alle grensvlakken een even sterke reflectie. Als de fysische eigenschappen van het materiaal waaruit de structuur en bodemmatrix bestaan weinig verschillen, kan de reflectie onmeetbaar klein zijn. Anderzijds kunnen reflecties ook door echo's of storingen van de apparatuur veroorzaakt worden. Tenslotte is het de kunst om reflecties van archeologische structuren te onderscheiden van die van geologische en biologische structuren of moderne verstoringen, zoals kabels en leidingen. Met bodemradarmetingen krijg je vrijwel altijd meer reflecties te zien dan die relevant zijn voor de vraagstelling.

Ook de opgegeven diepte is onzeker, omdat deze berekend wordt op basis van een vaak onbekende bodemsamenstelling. Er moet rekening gehouden worden met een marge van plusminus dertig centimeter.

Het devies van bodemradar voor toepassing in de archeologie is dan ook dat conclusies onzeker zijn. Het niet optreden van reflecties betekent niet dat er geen structuren in de bodem

zitten. Andersom betekent waarneming van reflecties niet dat die altijd door archeologie veroorzaakt worden.

Er blijft altijd ruimte voor twijfel en het is belangrijk om dat te beseffen.

De bodemmatrix en de eventuele archeologische sporen of objecten moeten wel een voldoende groot verschil in elektrische geleiding hebben.

Hoewel de informatie uit de meetresultaten wel uit de diepte komt, geeft de techniek geen informatie over verschillen in de elektrische geleidbaarheid op verschillende dieptes, zoals dat bij bodemradar wel het geval is. Het resultaat is niet een 3D model van de bodem waaruit doorsnedes op verschillende dieptes genomen kunnen worden, maar is een soort gemiddelde van structuren in de bodem op verschillende dieptes. Hierbij neemt de bijdrage aan de weerstand met toenemende diepte af.

Meer details over de uitwerking van de meetgegevens staan in Bijlagen 4 en 5.

6.2. Het fysisch principe van de elektrische weerstandsmeting. In dit onderzoek niet van toepassing

Ook bij de elektrische weerstandsmeting worden de locaties van inhomogeniteiten in de bodem gemeten. Die inhomogeniteiten kunnen weer van geologische, biologische of antropogene aard zijn. De inhomogeniteiten karakteriseren zich door hun verschil in elektrische geleidbaarheid ten opzichte van die van de bodemmatrix.

De apparatuur en uitvoering

De apparatuur bestaat uit een frame waaraan twee electrode-pennen bevestigd zijn. Die elektroden zijn verbonden met een weerstandsmeter, die de elektrische stroom meet die gaat lopen als de elektroden in de bodem worden geprikt. Door deze metingen op verschillende posities in een meetraster te doen, wordt een patroon zichtbaar

Beperkingen

De bodemmatrix en de eventuele archeologische sporen of objecten moeten wel een voldoende groot verschil in elektrische geleiding hebben.

Hoewel de informatie uit de meetresultaten wel uit de diepte komt, geeft de techniek geen informatie over verschillen in de elektrische geleidbaarheid op verschillende dieptes, zoals dat bij bodemradar wel het geval is. Het resultaat is niet een 3D model van de bodem waaruit doorsnedes op verschillende dieptes genomen kunnen worden, maar is een soort gemiddelde van structuren in de bodem op verschillende dieptes. Hierbij neemt de bijdrage aan de weerstand met toenemende diepte af

7 Bijlage 2 De procedure voor het uitwerken.

De procedure voor het uitwerken van de meetgegevens kan de procedure zoals beschreven in de handleiding worden gevolgd (WGMA-HAN-GPR-2 Versie-2).

Omdat metingen met of zonder GPS positiebepaling kunnen worden uitgevoerd, valt ook het proces voor de meting en uitwerking uiteen in twee procedures.

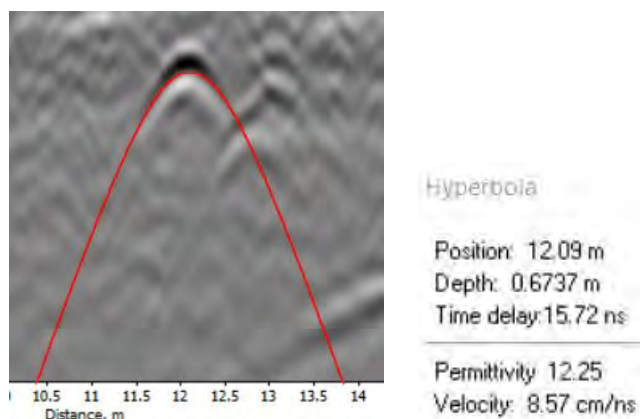
Bij de metingen met inzet van GPS worden tijdens de meting de posities van alle metingen in de meetfile opgeslagen. Hierdoor hoeft in het veld alleen maar een globaal meetvlak te worden uitgezet, dat de te onderzoeken structuren goed afdekt. Bij de uitwerking wordt de instelling van de geometrie (spacing) niet afgestemd op de ware meetdichtheid, maar vastgezet op 0.25 m voor de x- en y-richting en 0.05 m voor de z-richting (diepte).

Bij metingen zonder inzet van GPS worden de metingen opgeslagen in losse delen die corresponderen met de gemeten raaien. De odometer legt de afgelegde afstanden vast. Bij de uitwerking wordt de instelling van de geometrie (spacing) van het raster van de meetdata afgestemd op de ware meetdichtheden van de drie dimensies (looprichting 0.05 m, raaienbreedte 0.25 m en diepte 0.05 m). Hierdoor gaat er vergeleken met de methode die bij GPS-positiebepaling, iets minder informatie verloren. De posities van de meetvlakken, ten opzichte waarvan de raaien gelopen werden, moeten apart met behulp van GPS of ten opzichte van structuren in de omgeving worden vastgelegd. Bij de uitwerking worden losse raaien van de bijbehorende Y-coördinaat voorzien. Voor de huidige raaienbreedte loopt die steeds met 0.25 m op. Omdat gemeten wordt volgens de boustrofedon methode (Grieks voor "zoals een boer ploegt": βουστροφηδόν), moet de meetvolgorde van de even raaien (de 2^{de}, 4^{de}, et cetera) worden omgekeerd. Dit wordt na een van de laatste stappen gedaan door de tekstfiles in te lezen in EXCEL en de volgorde van de X-coördinaten aan te passen en weer weg te schrijven als tekstfile.

De overige bewerkingsstappen, die voor beide procedures uitgevoerd worden, behelzen:

- Het instellen van de zogenaamde RDP waarde
- Het filteren van de ruwe meetdata
- Het versterken van het gemeten signaal op grotere diepte (om absorptie- en verstrooiing-verliezen te compenseren)
- Het omzetten van de gemeten amplitudes van de golven in (reflectie) intensiteiten.

Voor de afschatting van de diepte waarvandaan de reflecties afkomstig zijn, is een zo goed mogelijke afschatting van de zogenaamde RDP waarde nodig. Zonder verdere gegevens wordt deze geschat op 9, maar als de meetdata geschikte hyperbool reflecties bevatten, kan met behulp van hyperbool-fitting een meer realistische schatting verkregen worden.



Hyperboolfitting wordt uitgevoerd met behulp van een functie in het programma Prism2 © en levert een geschatte RDP op waarmee de geschatte diepte van de reflectie kan worden berekend.

De exacte procedure voor het uitwerken met beide technieken met het programma Prism2 © en Voxler-4 © staat punt voor punt beschreven in de WGMA handleiding met documentnummer: WGMA-HAN-GPR-2-Versie-2.

8 Bijlage 3 Technische specificaties apparatuur en software.

Ground Penetrating Radar (GPR):

Fabrikant: GT-Eclipse B.V. en Radar Systems INC.
Radar: Tracer 900
Antenne type: InfraRadar M ZOND

Specificaties:

Frequentie: Single channel 500 MHz gemiddeld (Effectief 250 MHz)
Transmit rate: 115 KHz
Scan rate: Maximaal 56 scans per seconds
Time Range window: 50 ns
Antenne afstand: 30 cm

Global Positioning System (RTK GNSS):

Fabrikant: Radar Systems INC.
Type: z-BELL

Specificaties:

GNSS Technology: 184 channels GPS L1C/A L2C, GLONASS L1OF L2OF, Galileo E1B/C E5b, BeiDou B1I B2I, QZSS L1C/A L1S L2C, SBAS L1C/A
Real-Time Accuracy: RMS Horizontal: 10 mm + 1 ppm, Vertical: 15 mm + 1 ppm
Performance: IP67

Correctiefactoren: 06-GPS met KPN m2m simm

Radar Software:

Fabrikant: GT Eclipse B.V. / Radar Systems INC.
Opname software: Prism2 ©

Processing Software:

Basic Postprocessing: Prism2 ©
Processing ruwe data: Trac ©
Conversie ruwe meetdata naar data-file: Prism2 ©
Geavanceerde Postprocessing: Prism2 ©

Presentatie en 3D modelling software:

Fabrikant: Golden Software
3D Modelling: Voxler-4 ©
Final charting and mapping: Surfer ©

Parameters dataverwerking

RDP bodemmatrix: 9
Signaalversterking (Prism2): 20 / 30 / 40 / 50 / 55 / 60 dB
Radius: 1.0 m
Grid spacing (x / y / z): 0.25 / 0.25 / 0.05 m
Kernel-size: 3
Filtervorm: Gauss
Kleurverdeling: Rainbow