

# Het gebruik van geofysische prospectietechnieken in de Nederlandse archeologie

*Inventarisatie, analyse en evaluatie van uitgevoerde onderzoeken tussen 1996 en 2010*



**Rapportnummer:** V887

**Projectnummer:** V10-1968

**ISSN:** 1573 - 9406

**Status en versie:** Definitief, versie 2.0

**In opdracht van:** SIKB

**Rapportage:** C.A. Visser, C. Gaffney, W.A.M. Hessing

**Plaats en Datum:** Amersfoort, 30 juni 2011

*Niets uit dit werk mag worden vereenvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze dan ook, daaronder mede begrepen gehele of gedeeltelijke bewerking van het werk, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Vestigia BV*





## Inhoud

1	Samenvatting.....	5
2	Inleiding.....	7
2.1	Aanleiding.....	7
2.2	Opdracht.....	7
2.3	Projectproces.....	8
2.4	Dankwoord.....	8
2.5	Leeswijzer.....	9
3	Opzet van de inventarisatie, analyse en evaluatie.....	11
3.1	Onderzoeksvragen.....	11
3.2	Werkwijze.....	12
4	De aanloop tot het toepassen van geofysische prospectie in de Nederlandse archeologie.....	13
5	Kort overzicht van beschikbare geofysische prospectiemethoden op land.....	15
5.1	Inleiding.....	15
6	Kort overzicht beschikbare geofysische prospectiemethoden op water.....	23
6.1	Echolood.....	23
6.2	Penetrerend echolood (Pinger).....	24
6.3	Chirp sub-bottom profiler.....	24
6.4	Boomer.....	25
6.5	Side scan sonar.....	25
6.6	Multibeam echolood.....	26
6.7	Recente ontwikkelingen.....	26
7	De actuele toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie.....	27
7.1	Kwantitatieve analyse van de in Nederland uitgevoerde onderzoeken tussen 1996 en 2010.....	27
7.2	Het gebruik van geofysica in Nederland in vergelijking met andere landen.....	35
7.3	Toepassingsbereik, prestatiekenmerken en succesfactoren in Nederland.....	38
7.4	Casussen.....	41
7.5	Plaats van het geofysisch onderzoek in het AMZ-proces.....	43
7.6	Wijze van rapporteren, kennisinfrastructuur en kennisuitwisseling.....	45
7.7	Discussie richtlijnen en specificaties.....	47
8	Conclusies en aanbevelingen.....	49
	Literatuur.....	53
	Digitale bronnen.....	57
	Bijlagen.....	59



## I Samenvatting

In 2010 is door SIKB een Projectplan opgesteld om te komen tot een Leidraad Integrale benadering vooronderzoek en een Plan van Aanpak voor Deelopdracht I Uitwerken Geofysisch onderzoek in de archeologie. In dit kader heeft Vestigia BV *Archeologie & Cultuurhistorie* een inventarisatie, analyse en evaluatie uitgevoerd van geofysische onderzoeken uit de afgelopen 15 jaar (1996-2010), ten einde meer zicht te krijgen op het eigenlijke gebruik van geofysische prospectietechnieken in de Nederlandse archeologie. Hierover doen binnen het werkveld betrekkelijk veel meningen en geruchten de ronde, die niet altijd op feiten zijn gebaseerd. In de voorliggende studie zijn de gangbare geofysische prospectiemethoden op land en op water in kaart gebracht, is een kwantitatieve analyse uitgevoerd van zowel de geïnventariseerde geofysische onderzoeken op land, als die op het water, en zijn een aantal casussen (37) nader bekeken.

De kwantitatieve analyse had ten doel om de omvang van de toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie vast te stellen en daarbinnen te kijken naar de geografische en landschappelijke spreiding, de verdeling naar onderzoeksmethode, naar het type onderzoek (verkennend of karterend) en de objecten van onderzoek (type vindplaatsen). In de kwalitatieve analyse van de geselecteerde casussen is met name gekeken naar de wijze van rapporteren en de toetsbaarheid van het rapport, naar de toegankelijkheid van de onderzoeksgegevens (rapport en ruwe meetdata) en de rol en plaats van het geofysisch onderzoek in de AMZ-cyclus.

Op basis van de inventarisatie, analyse en evaluatie kan worden geconstateerd dat de toepassing van geofysische prospectietechnieken in de Nederlandse archeologie nog volop in ontwikkeling is. Als het gaat om de voortgang op technisch gebied en het wetenschappelijk fundament voor dit soort onderzoek in het vakgebied van de archeologie loopt Nederland zeker niet voorop. De specifieke eigenschappen van de Nederlandse bodem, de veelal hoge grondwaterstand en de bijzondere kenmerken van het Nederlandse bodemarchief zorgen op dit moment nog vaak voor evenzovele beperkingen ten aanzien van een brede toepassing. De snelle technische ontwikkeling die vooral in de landen om ons heen, en ook buiten de archeologie plaatsvindt, schept echter de verwachting dat veel van deze problemen in de nabije toekomst oplosbaar zijn. Zo gauw het toepassingsbereik en de betrouwbaarheid van de verschillende geofysische prospectietechnieken verder toeneemt, wordt geofysica ook kostentechnisch een steeds aantrekkelijker alternatief, of een interessante aanvulling op, de in Nederland welhaast traditionele prospectiemethoden als booronderzoek en het graven van proefsleuven.

Wil geofysische prospectie een volwaardige en optimale rol kunnen gaan spelen binnen de Nederlandse archeologische monumentenzorg, dan is het belangrijk dat in Nederland geïnvesteerd blijft worden in, en meer ervaring wordt opgedaan met, de verschillende facetten van deze vorm(en) van prospectie. Ook zal er meer uitwisseling van opgedane kennis en ervaringen moeten plaatsvinden. Veel van de aanbieders van geofysische prospectie in ons land opereren in de marge van het Nederlandse professionele veld en nemen nauwelijks deel aan het wetenschappelijk debat. Hun core business ligt, in tegenstelling tot de situatie in bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk, buiten de archeologie. Specialisatie en innovatie binnen het specifieke werkveld van de archeologie op een (Noordwest-)Europese schaal is essentieel. Juist in relatie hiertoe is de constatering dat er met name op het gebied van archivering, deponering en presentatie van onderzoeksresultaten in ons land nog veel te winnen valt, van groot belang.

In het licht van deze constatering adviseert Vestigia om – naast, of liever in aansluiting op, het bestaande KNA Protocol Specialistisch Onderzoek en de specificatie Uitvoeren geofysisch onderzoek uit het Protocol Inventariserend Veldonderzoek – een ontwikkelingsgerichte richtlijn geofysische prospectie op te stellen, met het accent op de optimalisering van aspecten als uniformering van rapportage, databeheer en kennisuitwisseling. Zo'n ontwikkelingsgerichte richtlijn zou zich dus (nog) niet zozeer moeten richten op het nader specificeren of vastleggen van protocollen als het gaat om de methodisch-technische toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie, maar eerder een faciliterende werking moeten nastreven ten aanzien van de ontsluiting van informatie, het communiceren van *best practices* naar opdrachtgevers en betrokken onderzoekers, en op die manier ruimte bieden voor innovatie en ontwikkeling. Vestigia acht het verstandig en efficiënt dat bij het ontwikkelen van zo'n richtlijn gebruik wordt gemaakt van reeds bestaande voorbeelden uit de landen om ons heen.

Ons advies aan het Centraal College van Deskundigen ten aanzien van de verder besluitvorming zou concreet als volgt kunnen worden samengevat :

- Onderschrijft het Centraal College van Deskundigen op basis van de uitgevoerde inventarisatie, analyse en evaluatie de noodzaak tot het verder ontwikkelen van een Leidraad en/of Protocol op het gebied van de archeologische prospectie?
- Zo ja, gaat daarbij de voorkeur uitgaat naar een Leidraad met een meer voorlichtend karakter, in de lijn van de handreiking *Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation* uitgegeven door English Heritage; of naar een Leidraad die vooral een doelspecificatie is, in lijn met de *Standard and Guidance for archaeological geophysical survey* uitgegeven door IFA. Beide documenten zijn zonder al teveel aanpassingen in principe te vertalen naar de Nederlandse situatie.<sup>1</sup>
- Onderschrijft de CCvD daarbij het standpunt zoals uitgesproken in dit rapport dat een dergelijke Leidraad in dit stadium vooral ontwikkelingsgericht en stimulerend moet zijn en dat daar in een Leidraad extra aandacht aan moet worden besteed?
- Onderschrijft de CCvD daarnaast de conclusie dat de registratie en archivering van geofysische prospectie onderzoeken verbetering behoeft? Zo ja, dan zou met het veld, en met name de betrokken bedrijven en de RCE en bijvoorbeeld DANS, overlegd moeten worden hoe dit het beste te realiseren.

---

<sup>1</sup> Een ander voorbeeld is: *Standards zur Durchführung geophysikalischer Prospektion in der Archäologie in Bayern*, München.

## 2 Inleiding

### 2.1 Aanleiding

In 2010 is door SIKB een Projectplan gemaakt voor het opstellen van een Leidraad Integrale benadering vooronderzoek en een Plan van Aanpak voor Deelopdracht I Uitwerken Geofysisch onderzoek in de archeologie. Beide plannen zijn respectievelijk in maart 2010 en in september 2010 vastgesteld door het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Archeologie. Bij de uitvoering van het SIKB-project wordt waar relevant inhoudelijk en organisatorisch aangehaakt aan het project Prospectie archeologie van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE), dat onderdeel uitmaakt van het Kennisprogramma 'Wat is Erfgoed?'.<sup>2</sup>

Doelstelling is om uiteindelijk tot een integrale Leidraad Inventariserend Veldonderzoek te komen. *“Deze leidraad moet de gebruiker ervan in staat stellen om de juiste (combinatie van) methoden en technieken te kiezen om aan de vraagstellingen van het PvE, gericht op het opsporen en/of waarderen van vindplaatsen, te kunnen voldoen.”*<sup>2</sup> Op dit moment bestaan er reeds een Leidraad Booronderzoek en een Leidraad Proefsleuvenonderzoek. Ook de toepassing van geofysische prospectiemethoden in de archeologie is de laatste jaren volop in ontwikkeling. Omdat deze methoden en technieken tot op heden onderbelicht zijn gebleven in de huidige AMZ-cyclus, wordt het zinvol geacht deze te evalueren en te bezien of- en welke bijdrage ze kunnen leveren bij bijvoorbeeld het toetsen in het veld van een algemene, of meer gespecificeerde verwachting, of aan het opsporen en mogelijk zelfs het waarderen van nieuwe vindplaatsen.<sup>3</sup>

### 2.2 Opdracht

Uit de resultaten van actuele toepassingen van geofysische methoden en wetenschappelijk onderzoek blijkt dat de mogelijkheden van geofysisch onderzoek als non-destructieve opsporingsmethode aanmerkelijk verbeterd zijn.<sup>4</sup> Wat echter precies de mogelijkheden en beperkingen binnen de huidige AMZ-cyclus zijn, is nog niet precies onderzocht.<sup>5</sup> Begonnen zou moeten worden om hierover een duidelijker beeld te verkrijgen.

De oorspronkelijke opdracht was door SIKB als volgt geformuleerd: *“Gestart wordt met een inventarisatie van beschikbare geofysische technieken in Nederland. Hierbij wordt geïnventariseerd welke prestatiekenmerken zij hebben (wat wordt er geclaimd ten aanzien van archeologisch onderzoek, wat zijn de beperkingen). Vervolgens wordt hier een beperkt aantal projecten (2 á 3 praktijkvoorbeelden) uitgelicht met als doel deze uitvoeriger te evalueren.”*<sup>6</sup> SIKB heeft Vestigia BV Archeologie & Cultuurhistorie opdracht gegeven tot het uitvoeren van de eerste fase van de evaluatie. Onderhavig rapport is het resultaat van deze eerste fase. Daarnaast zijn in het rapport de resultaten opgenomen van een globale inventarisatie van de stand van zaken rond de toepassing van geofysische prospectiemethoden op water. Deze inventarisatie is uitgevoerd in opdracht van de RCE.

---

<sup>2</sup> SIKB 4 oktober 2010: Pan van Aanpak PRJ 157 Leidraad integrale benadering vooronderzoek, Deelopdracht I Uitwerken Geofysisch onderzoek in de archeologie, 3.

<sup>3</sup> ibid.

<sup>4</sup> Zie bijvoorbeeld het proefschrift van Alette Kattenberg 2008: *The Application of Magnetic Methods for Dutch Archaeological Resource Management*.

<sup>5</sup> SIKB 4 oktober 2010: Pan van Aanpak PRJ 157 Leidraad integrale benadering vooronderzoek, Deelopdracht I Uitwerken Geofysisch onderzoek in de archeologie, 6.

<sup>6</sup> ibid.

## 2.3 Projectproces

Tussentijds heeft over de vorderingen van de evaluatie en de voorlopige resultaten, afstemming plaatsgevonden met de bij het project betrokken begeleidingscommissie en de SIKB. Aan de overleggen nam Esther Wieringa deel namens SIKB. De begeleidingscommissie bestond verder uit (alfabetisch op achternaam): Arjen de Boer (ADC ArcheoProjecten), Rick Ghauharali (Ecoflight), Henk Kars (IGBA-VU), Jan-Willem de Kort (RCE), Gert Kortekaas (gemeente Groningen), Joep Orbons (ArcheoPro), Eelco Rensink (RCE) en Marten Verbruggen (RAAP). Namens Vestigia waren aanwezig: Wilfried Hessing en Caroline Visser.

In het tweede overleg zijn in overleg tussen Vestigia, SIKB en de begeleidingscommissie uit de geïnventariseerde geofysische onderzoeken drie casussen geselecteerd voor nadere beschouwing. Belangrijkste voorwaarde voor de te selecteren casussen was dat volgend op het geofysisch prospectieonderzoek gravend onderzoek (proefsleuven of opgraving) had plaatsgevonden. Daarnaast is met de selectie van de drie casussen enige variatie betracht in de gekozen onderzoeksmethode. Aanvankelijk was eveneens tot doel gesteld drie casussen te selecteren uit de drie globale landschappelijke regio's: pleistoceen Nederland; holocene Nederland – rivierengebied; holocene Nederland – West-Nederlands kustgebied. Dit bleek niet haalbaar in combinatie met de overige twee selectiecriteria. Bovendien ontstond gaandeweg het inzicht dat voorkomen moest worden dat de in het kader van dit project uitgevoerde evaluatie zou gaan uitmonden in de evaluatie van een bepaalde methodiek op basis van een enkele casus. Dit zou onverantwoord zijn gezien de uiterst beperkte dataset. De evaluatie zou zich moeten beperken tot een evaluatie op projectniveau van de toepassing van geofysische prospectiemethoden en de plaats die deze methoden innemen in het onderzoeks- c.q. archeologisch monumentenzorgproces. Regionale variatie werd daarmee minder relevant.

Tijdens het derde overleg kwamen de betrokkenen echter tot de gezamenlijke conclusie dat op basis van de beschikbare gegevens onvoldoende diepgang bereikt kon worden via de geselecteerde casussen alleen. De toegevoegde waarde van de analyse van deze casussen bleek om verschillende redenen te gering. Daarom werd besloten de selectie van casussen uit te breiden en bij de analyse van casussen te kiezen voor breedte in plaats van diepgang. Het rapport vormt de weerslag hiervan.

## 2.4 Dankwoord

In de eerste plaats is Vestigia veel dank verschuldigd aan Chris Gaffney van de University of Bradford voor het ter beschikking stellen van zijn expertise, zijn observaties en adviezen bij de uitvoering van onze inventarisatie, de analyse en het opstellen van conclusies en aanbevelingen.

Verder dankt Vestigia alle deelnemers aan de tussentijdse overleggen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van dit rapport: Arjan de Boer (ADC ArcheoProjecten), Rick Ghauharali (Ecoflight), Henk Kars (IGBA-VU), Jan-Willem de Kort (RCE), Gert Kortekaas (gemeente Groningen), Joep Orbons (ArcheoPro), Eelco Rensink (RCE), Marten Verbruggen (RAAP), Esther Wieringa (SIKB) en Alette Kattenberg.

Daarnaast dankt Vestigia ook de volgende personen voor het aanleveren van informatie en bestanden: Karin Anderson en Marten Verbruggen (RAAP), Marc de Bie (Vlaams Instituut voor Onroerend Erfgoed, VIOE) Pär Karlsson (Swedish National Heritage Board), Joep Orbons (ArcheoPro), Masja Parlevliet (gemeente Apeldoorn), Frieda Zuidhoff (ADC ArcheoProjecten), Seger van den Brenk (Periplus Archeomare), Peter



Vos (TNO-NITG), Fenny van Egmond (Medusa), Mark van der Gulik (T&A Survey), Ferry van den Oever (Saricon), Patrick de Smedt (Teccon), David Wilbourn (DW Consulting) en Mara van Eck van der Sluijs (Grontmij).

## 2.5 Leeswijzer

In het hierna volgende hoofdstuk 3 worden de onderzoeksvragen gedefinieerd en is een toelichting op de gevolgde werkwijze opgenomen. In hoofdstuk 4 wordt een korte schets gegeven van de geschiedenis van de toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie. De op dit moment beschikbare geofysische prospectiemethoden op land worden uiteengezet in hoofdstuk 5 en de methoden voor opwateronderzoek in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 zijn de resultaten opgenomen van de kwantitatieve analyse van het in Nederland uitgevoerde geofysisch onderzoek op land en op water in de afgelopen 15 jaar (1996-2010). Daarnaast wordt in dit hoofdstuk ook de nadere beschouwing van een aantal (37) casussen besproken en wordt getracht de in hoofdstuk 3 geformuleerde onderzoeksvragen te beantwoorden. In hoofdstuk 8, tenslotte, worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan voor het vervolgtraject.



### 3 Opzet van de inventarisatie, analyse en evaluatie

#### 3.1 Onderzoeksvragen

De evaluatie is onderverdeeld in twee delen: 1) een algemene kwantitatieve analyse van het in Nederland uitgevoerde prospectief archeologisch onderzoek met behulp van geofysische methoden in de afgelopen 15 jaar; en 2) een kwalitatieve beschouwing van een aantal casussen, waarbij op projectniveau gekeken wordt naar de toepassing van geofysische prospectietechnieken binnen het onderzoeksproces.

In het kader van de kwantitatieve analyse zijn de volgende vragen gedefinieerd:

1. Wat is de omvang van het gebruik van geofysische prospectietechnieken in de Nederlandse archeologie geweest in de afgelopen 15 jaar en welke trends zijn zichtbaar?
2. Hoe is het uitgevoerd prospectief archeologisch onderzoek met behulp van geofysische methoden verdeeld over Nederland?
  - a. Wat is de verdeling naar provincie?
  - b. Wat is de verdeling naar globale landschappelijke regio:
    - pleistoceen Nederland;
    - holoceen Nederland - rivierengebied;
    - holoceen Nederland – West-Nederlands kustgebied?
3. Welke specifieke geofysische methoden zijn gebruikt in het prospectief archeologisch onderzoek in Nederland in de afgelopen 15 jaar en welke trends zijn zichtbaar?
4. Welke vindplaatstypen zijn in de afgelopen 15 jaar onderzocht met behulp van geofysische prospectietechnieken en bij welk onderzoekstype (verkenkend of karterend) zijn geofysische prospectietechnieken ingezet?

Ten behoeve van de nadere beschouwing van de geselecteerde casussen zijn de volgende vragen gedefinieerd:

##### *Onderzoeksmethode en onderzoeksstrategie*

1. Wordt duidelijk uit het rapport op basis waarvan voor een bepaalde geofysische prospectiemethode is gekozen?
2. Wat waren de onderzoeksvragen en hoe verhouden die zich tot de gekozen onderzoeksmethode?

##### *Rapportage*

3. Zijn in het rapport details opgenomen omtrent de dataverzameling (zoals frequentie, interval, elektrodenafstand)?
4. Hoe worden de onderzoeksresultaten gepresenteerd?
  - a. Worden de resultaten onafhankelijk van de interpretatie gepresenteerd?
  - b. Wordt uit het rapport duidelijk welke filtering en interpolatie heeft plaatsgevonden en waarom?
  - c. Zijn de afbeeldingen voorzien van coördinaten, toelichting, legenda, schaal en noordpijl?
5. Hoe worden de onderzoeksresultaten geïnterpreteerd en wordt uit het rapport duidelijk welke afwegingen daarbij gemaakt (m.a.w.: is de interpretatie toetsbaar)?

##### *Archivering en ontsluiting*

6. Zijn de ruwe meetdata duurzaam gearchiveerd?
7. Zijn de ruwe meetdata ontsloten?

#### Algemeen

8. Hoe verhouden de resultaten van het geofysisch prospectieonderzoek zich tot de resultaten van het gravend onderzoek?
9. In welke mate hebben de resultaten van het geofysisch prospectieonderzoek richting gegeven aan het vervolgonderzoek? Welke rol heeft het geofysisch prospectieonderzoek gespeeld in het totale onderzoeksproces (AMZ-proces)?

#### 3.2 Werkwijze

Ten behoeve van de kwantitatieve analyse is begonnen met het inventariseren van alle in Archis geregistreerde geofysische onderzoeken op land en alle zogenaamde opwateronderzoeken. Omdat al snel bleek dat lang niet alle geofysische onderzoeken met een archeologisch onderzoeksdoel (als zodanig) in Archis zijn of worden geregistreerd, is besloten in aanvulling hierop Nederlandse bedrijven die geofysisch prospectieonderzoek uitvoeren ook nog eens zoveel mogelijk aan te schrijven en hun reacties toe te voegen aan de inventarisatie. Een lijst van de aangeschreven bedrijven is opgenomen in *bijlage 2*. Hoewel met de uitgevoerde inventarisatie ongetwijfeld niet alle geofysische onderzoeken uitgevoerd in het kader van archeologische prospectie in de periode 1996-2010 in beeld zijn gebracht, bestaat de indruk dat met de opgebouwde dataset een voldoende representatief beeld kan worden geschetst van de stand van de toepassing van geofysische prospectie binnen de Nederlandse archeologie. Voor de geselecteerde casussen zijn de bij het onderzoek behorende rapportages bestudeerd en – indien van toepassing – de rapportages van het vervolgonderzoek.

## 4 De aanloop tot het toepassen van geofysische prospectie in de Nederlandse archeologie

Het toepassen van geofysische opsporingsmethoden in de Nederlandse archeologie is een betrekkelijk nieuw fenomeen. Voor zover bekend stamt de eerste gepubliceerde toepassing in ons land uit het einde van jaren '60 van de vorige eeuw. Met apparatuur van de toenmalige Rijks Geologische Dienst (RGD) is toen getracht de Romeinse castella van Zwammerdam en Leiden-Roomburg in kaart te brengen.<sup>7</sup> Hoewel de uitkomsten niet geheel overtuigend waren, kreeg dit experiment een vervolg toen de eveneens toenmalige Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB), op een aantal plaatsen in Wijk bij Duurstede, voorafgaand aan de opgravingen, probeerde sporen van Dorestad in kaart te brengen door middel van elektrische-weerstandsmetingen.<sup>8</sup> Ook dit experiment had maar zeer gedeeltelijk succes, in het havengebied konden - met name achteraf – de lineaire structuren van de steigers in de binnenbocht van de Kromme Rijn nog wel herkend worden, maar op de plekken waar later de Karolingische bewoning van Dorestad overtuigend in kaart kon worden gebracht, viel uit de kaartbeelden weinig op te maken. Of dit de reden is geweest dat het daarna nog lange tijd stil bleef rond het geofysisch onderzoek in Nederland, weten we niet. Maar we moeten tot het midden van de jaren '80 van de vorige eeuw wachten tot dit soort onderzoek in Nederland nieuwe impulsen kreeg. Het is vooral aan RAAP, en het geloof van diens toenmalige directeur Roel Brandt in technische innovatie, te danken dat met de inmiddels verbeterde apparatuur en bijbehorende software duidelijkere resultaten konden worden geboekt.<sup>9</sup>

In tegenstelling tot een aantal landen om ons heen, waar geofysische prospectietechnieken van het begin af waren ingebed in, en ook uitgevoerd door, universitaire instituten en de nationale erfgoedinstellingen, ligt het zwaartepunt in Nederland voor wat betreft de uitvoering van dit onderzoek na de beginjaren eigenlijk bij de commerciële sector. Pas rond 2005 krijgt het zijn vaste academische inbedding bij het instituut voor Geo- en Bioarcheologie van de Vrije Universiteit Amsterdam, wat in 2008 resulteerde het eerste academische proefschrift op dit gebied van Nederlandse bodem.<sup>10</sup>

De experimenten van RAAP met elektrische-weerstandsmetingen en elektromagnetische metingen in de jaren '80 en jaren '90 vinden vooral plaats binnen de (ruimtelijke) grenzen van commerciële opdrachten. Ze zijn vooral succesvol in kleinschalige en doelgerichte toepassingen, met name kasteelterreinen. Bij de inzet in grotere gebieden en met een bredere vraagstelling, zoals de Boshoverheide, en ook de experimenten van RAAP in het buitenland (Duitland, Frankrijk, Portugal) loopt men aan tegen de beperkingen van de bestaande apparatuur niet alleen waar het gaat om de computer soft- en hardware, maar ook het nog beperkte ontwikkelingsstadium van GPS.

Vanaf het midden jaren '90 komt geleidelijk uit het buitenland meer en betere apparatuur beschikbaar. Andere bedrijven, veelal met een achtergrond in de opsporing van explosieven of funderingsonderzoek, oriënteren zich eveneens op archeologische toepassingen en gaan hun diensten aanbieden. Met de introductie van het veroorzakerprincipe rond dezelfde tijd, ontstaat tegelijk een veel breder pallet van opdrachtgevers en daarmee een grotere behoefte aan snellere en goedkopere vormen van archeologische informatie. Het is op dat moment dat wij onze inventarisatie laten aanvangen.

---

<sup>7</sup> Van der Kley 1968 en 1970.

<sup>8</sup> Overzee 1978.

<sup>9</sup> Zie Orbons 2005.

<sup>10</sup> Kattenberg 2008.

De archeologische toepassing van geofysische opsporingstechnieken onderwater – het zogenaamde opwateronderzoek – heeft in Nederland een nog kortere voorgeschiedenis. Hoewel het gebruik van bijvoorbeeld sonar bij het opsporen van scheepswrakken vrijwel net zo oud is als het bestaan van deze techniek, is van officiële aandacht voor archeologische prospectie onderwater tot 1985 eigenlijk geen sprake. In dat jaar werd de Afdeling Archeologie Onderwater (AAO) bij het toenmalige Ministerie van WVC opgericht, die belast werd met de zorg voor dat deel van het archeologisch erfgoed. Vanuit deze afdeling zijn tot de samenvoeging met het NISA in 1997, de eerste onderzoeken geïnstigeerd en begeleid. Bekende voorbeelden hiervan zijn het onderzoek in het kader van de aanleg van de Slufter bij Europoort in 1985-1987<sup>11</sup> en het side scan sonar onderzoek naar de Romeinse brug in Cuijk in 1991.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Adams, Van Holk en Maarleveld 1990.

<sup>12</sup> Mioulet en Barten 1994.

## 5 Kort overzicht van beschikbare geofysische prospectiemethoden op land

### 5.1 Inleiding

De geofysica onderzoekt de fysische eigenschappen van de bodem. Met behulp van geofysische technieken kunnen geologische anomalieën en (antropogene) verstoringen van de natuurlijke ondergrond worden gekarteerd.<sup>13</sup> Bij archeologische prospectie met behulp van geofysische methoden worden de fysische eigenschappen van het aardoppervlak onderzocht door middel van niet-bodemverstorende oppervlakteprospectie met het doel archeologische sporen, vindplaatsen en landschappen in kaart te brengen.<sup>14</sup> Hoewel het een kwestie van definiëring is of methoden voor geochemische analyse en remote sensing (metingen op afstand) hiertoe ook zouden moeten worden gerekend, worden ze in dit overzicht buiten beschouwing gelaten. Overigens bestaat over de stand van zaken rond de toepassing van remote sensing technieken in de Nederlandse archeologie al een redelijk recent overzicht.<sup>15</sup> Ook daar gaan de ontwikkelingen echter snel en lijkt juist de combinatie van remote sensing en geofysische technieken in de archeologie veelbelovend. Initiatieven op dat gebied zijn in ons land van zeer recente datum en kunnen daarom in dit overzicht geen rol spelen. Het is echter van groot belang – ook in de discussie rond de integrale Leidraad prospectie – om de wisselwerking en integratie tussen beide soorten toepassingen in de archeologie op de voet te blijven volgen.

De verschillende geofysische prospectietechnieken toegepast in de archeologie zijn te verdelen in passieve en actieve methoden. Bij een passieve methode vindt alleen een directe meting plaats. Bij een actieve methode wordt het instrument eerst gebruikt om een fenomeen te veroorzaken, naar aanleiding waarvan meting plaatsvindt.<sup>16</sup> Onderstaande uiteenzetting van de verschillende methoden zal dit verschil verduidelijken.

Grofweg zijn er voor toepassing binnen de archeologie 12 typen geofysisch prospectieonderzoek te onderscheiden:<sup>17</sup>

#### *Elektrische- weerstandsmetingen (actief)*

Hierbij wordt elektrische stroom de ondergrond in gestuurd en de weerstand van de ondergrond gemeten. Daarbij worden zones met een hoge en zones met een lage weerstand in kaart gebracht. De methode is gebaseerd op het feit dat de bodem elektrische stroom geleidt. De geleidingskwaliteit hangt direct samen met het water dat de bodem vasthoudt en de zouten die hierin aanwezig zijn. De weerstand (in Ohm) kan worden bepaald door de elektrische stroom (in Ampère) te meten die de door de ondergrond gaat en de verandering in spanning (in Volt) door de ondergrond heen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de Wet van Ohm waarbij  $R$  (weerstand) =  $U$  (spanning) /  $I$  (stroom). Als de stroom (die de ondergrond in gestuurd wordt) gelijk gehouden wordt, kan de weerstand worden afgeleid uit de variaties in de spanning. De weerstandsmeting is een bulkmeting en is het resultaat van zowel de eigenschappen van het materiaal waar de elektrische stroom doorheen gaat als van de hoeveelheid van dat materiaal die in de ondergrond aanwezig is. Naast de weerstand, kan ook het weerstandsvermogen van het materiaal in de ondergrond

---

<sup>13</sup> NOaA, paragraaf 6.3.2.4.

<sup>14</sup> Gaffney / Gater 2003, 12.

<sup>15</sup> Sueur 2006.

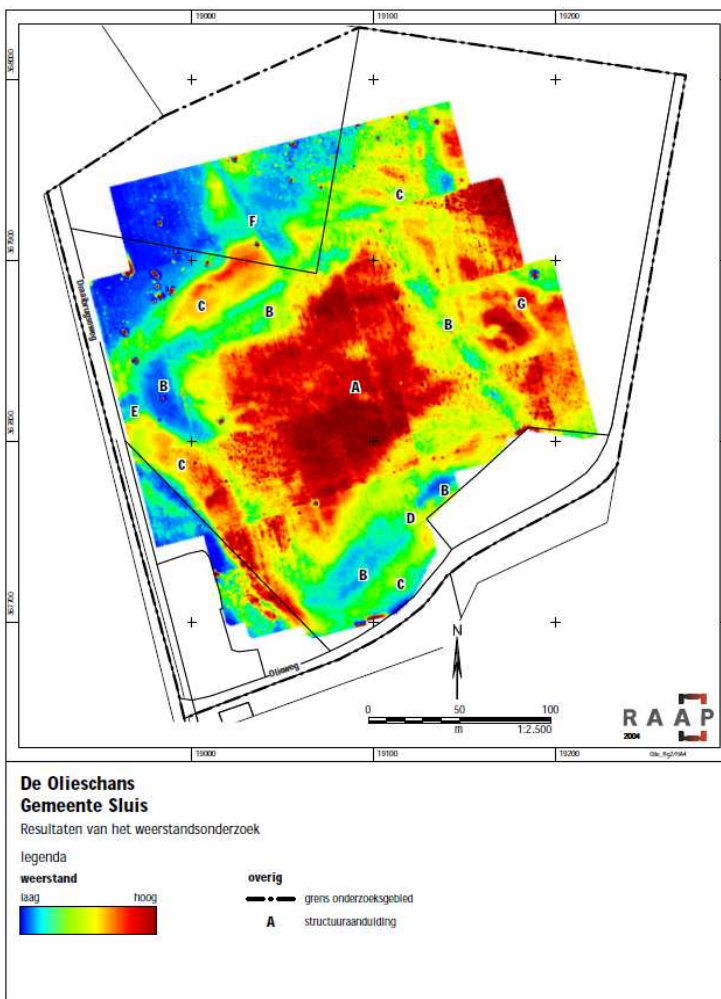
<sup>16</sup> Gaffney / Gater 2003, 25.

<sup>17</sup> De beschrijving van de technieken is gebaseerd op Gaffney / Gater 2003, 26-54 (tenzij anders aangegeven).

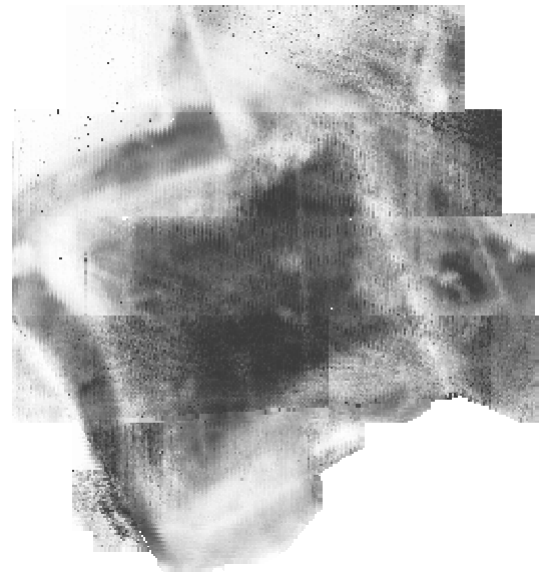
worden afgeleid (in Ohm-meter). Dit getal is afhankelijk van de eigenschappen van het materiaal zelf, maar niet van de hoeveelheid of de vorm van het aanwezige materiaal.



*Figuur 1:*  
Onderzoek wordt uitgevoerd met een RM15 weerstandsmeter in de gemeente Genneep (ArcheoPro 2008)



*Figuur 2:*  
Resultaten van een weerstandsonderzoek uitgevoerd op de locatie van de voormalige Olieschans in de gemeente Sluis; onder de ruwe data plot en links de bewerkte data (RAAP 2004, RAAP-rapport 986).





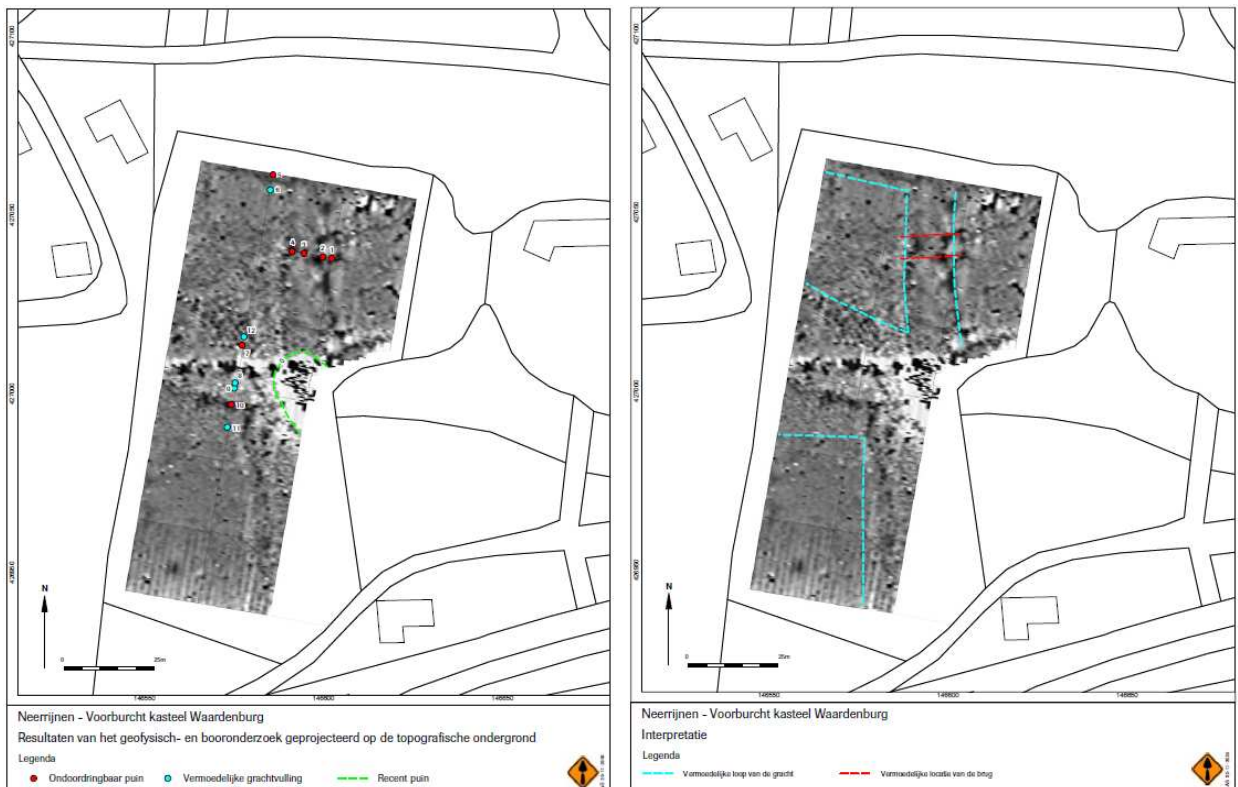
**Magnetometrie (magnetometer) (passief)**

Met een magnetometer worden anomalieën in het magnetisch veld van de aarde gemeten, die in verband kunnen worden gebracht met archeologie in de ondergrond. De methode is gebaseerd op de aanwezigheid in de bodem van zwak gemagnetiseerde ijzeroxiden.



**Figuur 3:**  
Onderzoek wordt uitgevoerd met een Grad601-2 fluxgate gradiometer (magnetometer)  
(<http://www.archaeologicalgeophysics.co.uk/magnetometry.htm>).

**Figuur 4:** Resultaten van een onderzoek met een Grad601 fluxgate gradiometer (magnetometer) uitgevoerd in de gemeente Neerijnen; links resultaten en rechts resultaten met interpretatie (ADC ArcheoProjecten 2005, ADC-rapport 497).



*Elektromagnetische technieken (actief)*

Hierbij worden elektromagnetische golven de ondergrond in gestuurd en een alternerend magnetisch veld gecreëerd dat ervoor zorgt dat er elektrische stromen door de bodem gaan lopen. Deze stromen worden geschaald op het geleidingsvermogen van de ondergrond. De stromen produceren een secundair magnetisch veld dat wordt gemeten. Het magnetische veld wordt gerelateerd aan het geleidingsvermogen van de bodem. Met deze methode kan zowel het geleidingsvermogen van de ondergrond als de magnetische ontvankelijkheid van de ondergrond worden gemeten.

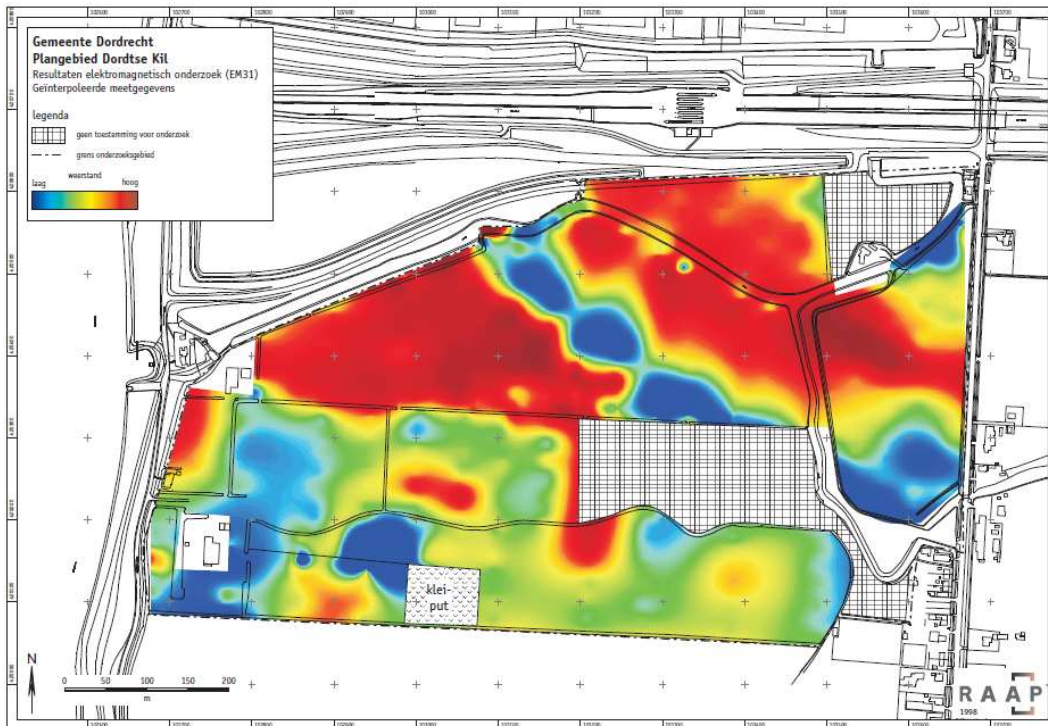


*Figuur 5:  
Elektromagnetisch onderzoek wordt  
uitgevoerd met een EM31 in de  
gemeente Steenberg (ArcheoPro  
2010, ArcheoPro-rapport 978).*

*Figuur 6: Resultaten van een elektromagnetisch onderzoek uitgevoerd met een EM31 in de gemeente Dordrecht  
(RAAP 1998, RAAP-rapport 349).*



Figuur 7: Geïnterpoleerde resultaten van een elektromagnetisch onderzoek met een EM31 in de gemeente Dordrecht; in kaart gebracht is een stroomrug van een voormalige Maasloop (RAAP 1998, RAAP-rapport 349).



#### Magnetische ontvankelijkheid (actief)

Hierbij wordt een alternerend magnetisch veld gecreëerd in een spoel. De bodem die aan dit magnetisch veld wordt blootgesteld, beïnvloedt de frequentie van het magnetisch veld naar gelang de magnetische ontvankelijkheid van de bodem. Uitgangspunt daarbij is dat menselijk handelen een grote impact heeft op de magnetische ontvankelijkheid van de bodem.

#### Metaaldetectors (actief)

Hierbij wordt door stroom in de zender een magnetisch veld gegenereerd en een golf de ondergrond ingezonden. Als er zich geleidend materiaal in de ondergrond bevindt onder de sensor, wordt een zwak magnetisch veld gegenereerd. De sterkte van het signaal is gerelateerd aan de diepteligging van het materiaal. Een faseverschuiving tussen de frequenties van de twee spoelen kan worden gebruikt om verschillende materialen van elkaar te onderscheiden.

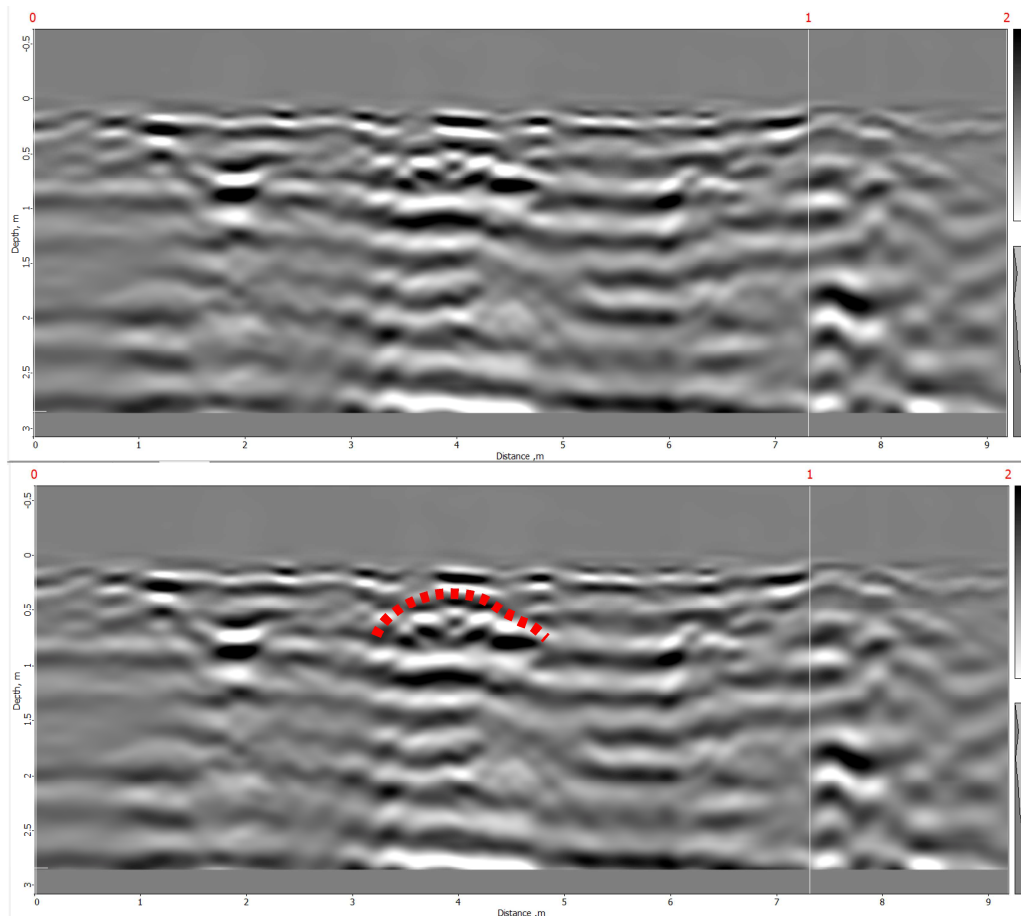
#### Ground-Penetrating Radar (GPR) / georadar / grondradar (actief)

Hierbij worden hoge frequentie radiogolven (VHF = Very High Frequency) de ondergrond in gestuurd door een zender. Radiogolven zijn elektromagnetische golven op het radiofrequentiegedeelte van het elektromagnetisch spectrum. Wanneer deze golven in de ondergrond stuiten op onregelmatigheden of een oppervlak, worden sommige golven weerkaatst, terwijl anderen dieper doordringen en weerkaatst worden door dieper gelegen fenomenen. De weerkaatste signalen worden opgevangen door een ontvanger. Door de tijd te meten tussen de zending van de golf en het opvangen van de reflectie, kan de diepteligging van de fenomenen worden geschat. Op deze manier is het mogelijk een 3D-reconstructie te maken van de ondergrond.



Figuur 8:  
Grondradar onderzoek  
wordt uitgevoerd met een  
groundtracer in de  
gemeente Son en Breugel  
(ArcheoPro 2010,  
ArcheoPro-rapport 832).

Figuur 9: Radargram van een grondradar onderzoek uitgevoerd in de gemeente Maastricht; boven de resultaten en onder de resultaten met interpretatie; in kaart gebracht zijn muurresten in de ondergrond (ArcheoPro 2010, ArcheoPro-rapport 1021).



#### *Seismische technieken (actief)*

Hierbij worden seismische golven de ondergrond in gestuurd en worden de reflecties opgevangen. Ook hier wordt de tijd tussen het uitzenden van de golf en het opvangen van de reflectie gemeten. Naast het opvangen van de reflectie kan ook de refractie van de seismische golven op overgangen tussen verschillende materialen in de ondergrond worden gemeten.

#### *Microzwaartekracht (passief)*

De Gravitatiewet van Newton luidt:  $F = G \times ((m_1 \times m_2) / r^2)$ . Daarbij is F de zwaartekracht tussen twee voorwerpen, G de gravitatieconstante,  $m_1$  de massa van het eerste object,  $m_2$  de massa van het tweede object, en r de afstand tussen de twee objecten. Een massa van een bepaald materiaal of een holte heeft een andere dichtheid dan het omringende materiaal en deze contrasten in dichtheid zorgen voor afwijkingen in het plaatselijke zwaartekrachtveld en dus voor een zwaartekrachtanomalie.

#### *Geïnduceerde polarisatie (actief)*

Hierbij wordt elektrische stroom door de vloeistoffen in de poriën gestuurd door middel van ionische geleiding. De geïnduceerde polarisatie (polarisatie = het ontstaan van een elektrisch veld door een spanningsverschil) wordt gemeten door de variaties in het weerstandsvermogen te vergelijken met de frequentie van de uitgezonden stroom, waarbij de ondergrond dienst doet als condensator (= een elektrische component die elektrische lading en elektrische energie opslaat). Als de stroom wordt uitgeschakeld, kan er een klein potentiaalverschil (elektrische spanning) worden gemeten dat langzaam naar nul zakt.

#### *Spontane polarisatie (passief)*

Hierbij worden oppervlaktemetingen gedaan van natuurlijke potentiaalverschillen die het gevolg zijn van elektrochemische reacties in de directe ondergrond.

#### *Thermale prospectie (passief)*

Archeologische fenomenen in de ondergrond kunnen resulteren in temperatuurverschillen in het aardoppervlak. Deze kunnen met een sonde worden gemeten.

#### **MEDUSA**

Met MEDUSA wordt gammastraling gemeten. De gammafotonen worden geteld en van de gammafotonen wordt de energie bepaald om zo een gammaspectrum op te bouwen. Dit noemt men gammaspectroscopie of ook wel gammaradiometrie. De bodemfysische eigenschappen worden vervolgens gedetermineerd door een correlatieanalyse uit te voeren tussen spectrale karakteristieken en bodemeigenschappen (*fingerprints*). Op deze manier kunnen textuur, korrelgrootte en chemische samenstelling van de toplaag van de bodem bepaald worden. Bij meting van gammastraling uit de bodem moet men rekening houden met achtergrondstraling vanuit andere bronnen. Een belangrijke storingsbron is gammastraling uit de kosmos.<sup>18</sup>

Van deze 12 geofysische prospectiemethoden zijn er 5 het meest gangbaar in de archeologie: elektrische-weerstandsmetingen, magnetometrie, elektromagnetische technieken, magnetische ontvankelijkheid en grondradar. Deze 5 methoden worden nader beschreven in *bijlage 1*.

---

<sup>18</sup> Rijkswaterstaat 2001; persoonlijke mededeling Rick Ghauharali 26 april 2011.



## 6 Kort overzicht beschikbare geofysische prospectiemethoden op water

Vestigia heeft in 2005 in samenwerking met TNO-NITG en Wessex Archaeology de verschillende prospectietechnieken voor opwateronderzoek geïnventariseerd in het kader van de eerste fase van het archeologische vooronderzoek in relatie tot de Maasvlakte 2.<sup>19</sup> Onderstaand overzicht van de akoestische methoden is hierop gebaseerd.

Bij akoestische meetmethoden op zee worden een geluidsbron en één of meerdere ontvangers doorgaans achter of naast het schip gesleept. Meestal is de sleepdiepte hooguit 5 meter onder de zeespiegel, maar sommige akoestische systemen worden over de bodem gesleept en andere aan drijvers een paar decimeter onder het wateroppervlak.

Bij sommige systemen met één bron en één ontvanger zijn deze onderdelen in feite één en hetzelfde apparaat. Deze systemen zijn veelal piëzo-elektrisch en worden pingers genoemd met transducers als bron en ontvanger.

Bij reflectieseismiek wordt met behulp van een bron en één of meerdere ontvangers een akoestisch profiel van de ondergrond verkregen. Afgezien van het multipleprobleem<sup>20</sup>, heeft elk akoestisch systeem een dieptebereik waarover het optimaal inzetbaar is. Een systeem dat honderden meters diep penetreert, zal niet goed bruikbaar zijn voor de bovenste paar meter onder de zeebodem. Samen met bodemmonsters en boorgegevens, kan uit reflectieseismische data de geologie van een gebied bepaald worden. Sommige systemen zijn geschikt voor het opsporen van (begraven) wrakken. Hieronder volgt een opsomming van enige akoestische systemen met de mate van geschiktheid voor wrakkendetectie en indicaties van penetratiediepte en oplossend vermogen ten behoeve van geologisch onderzoek. Het voordeel van penetrerende systemen is dat daarmee afgedekte wrakken kunnen worden opgespoord, een nadeel van deze systemen is dat het signaal een gering(er) horizontaal bereik heeft waardoor in dichte raaien gevaren zal moeten worden bij het opsporen van objecten in plaats van het karteren van bodemlagen.

### 6.1 Echolood

Dit is een piëzo-elektrisch systeem, in het water gesleept of ingebouwd in het schip, dat een korte puls van één, meestal instelbare, frequentie (bijvoorbeeld 250 kHz) uitzendt. Ook de pulslengte is meestal instelbaar. Er bestaan ook diverse systemen die met twee frequenties werken (duale systemen). Dit is omdat de reflectiekarakteristiek van de bodem en de grootte van het 'aangestraalde' oppervlak op de bodem frequentieafhankelijk zijn. Het hoog-frequente signaal reflecteert aan de zeebodem maar penetreert niet. Sommige van de duale systemen gebruiken naast de hoge ook wel lagere frequenties zoals 12 kHz om een beetje penetratie (enkele meters) te krijgen. Objecten op of vlak onder de bodem zijn in principe hiermee detecteerbaar maar in de praktijk, door de moeilijk waarneembare diffractiehyperbolen niet goed inzetbaar. Ook digitale verwerking achteraf biedt onvoldoende mogelijkheden ter verbetering hiervan.

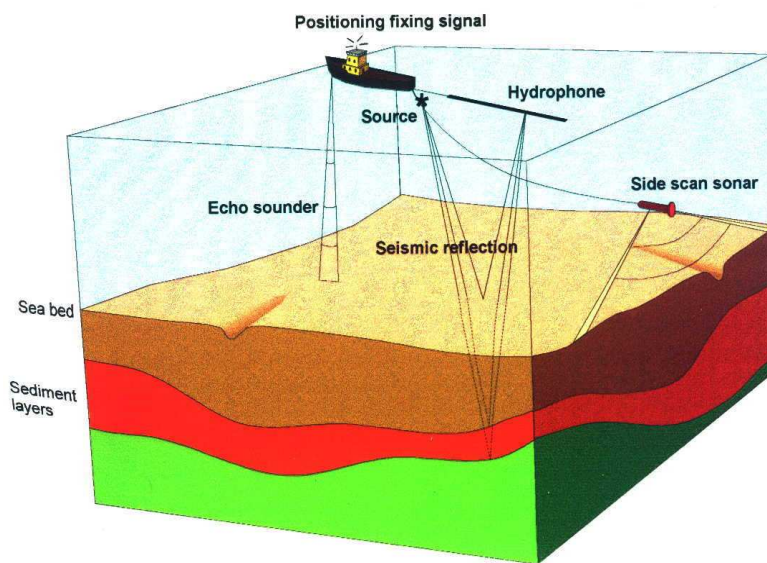
---

<sup>19</sup> Hessing / Sueur / Vos / Webster 2005.

<sup>20</sup> Een multiple treedt op door herhaling van de zeebodemecho waardoor het seismisch record hieronder onleesbaar wordt.

## 6.2 Penetrerend echolood (Pinger)

Dit is eigenlijk hetzelfde systeem als het hierboven beschreven echolood, behalve dat de frequentie veel lager ligt, namelijk meestal bijvoorbeeld 3.5 kHz. Deze frequentie is vaak ook instelbaar, zoals bijvoorbeeld 3.5, 6, 12, 24 kHz. Het penetrerend echolood is (voor het werk op de Noordzee) meestal niet in het schip ingebouwd, maar wordt in een sleeplichaam achter of naast het schip gesleept of aan het schip vastgemaakt. De pulslengte is eveneens instelbaar, bijvoorbeeld tussen 0.1 en 10 m per sec., waardoor verschillende diepten kunnen bereikt. Ook deze systemen kennen een duale frequentie-instelling. Begraven wrakken en objecten zijn herkenbaar aan de diffractiehyperbool waarvan de top de positie markeert. Ook hiervoor geldt dat deze hyperbolen vaak moeilijk zichtbaar zijn op de papierregistraties. Door de lagere frequenties is het 'aangestraalde' oppervlak groter en daardoor de hyperbolen langer dan voor de echolood. Hierdoor kan digitale verwerking van het signaal de zichtbaarheid van de hyperbolen verbeterd worden.



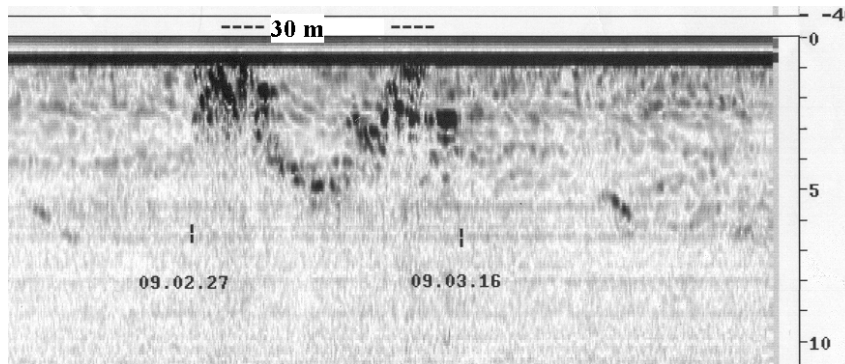
Figuur 10:  
Visuele weergave van de  
toepassing diverse akoestische  
technieken.

## 6.3 Chirp sub-bottom profiler

Dit systeem zendt een signaal uit met een bepaalde tijdsduur (bijvoorbeeld 40 msec) waarbinnen de frequentie lineair toeneemt. In de akoestiek wordt dit signaal een 'sweep' of 'chirp' genoemd. Het signaal wordt opgewekt door piëzo-elektrische transducers en opgevangen door korte in het sleeplichaam verwerkte hydrofoonstreamer(s). Het ontvangen signaal wordt doorgegeven aan een computer die het signaal meteen verwerkt en eventueel digitaal op disk of tape opslaat. De computerverwerking komt erop neer dat de lange sweep teruggebracht wordt naar een korte, scherpe puls. Het resultaat is dat nu een bodemprofiel is verkregen alsof er met een zeer goed penetrerend echolood onder ruisarme omstandigheden is gevaren. De hoogst bereikbare resolutie wordt bepaald door de bandbreedte in Hz. Voor een 40 msec puls met frequenties van 1 tot 6 kHz is de resolutie dus theoretisch ca. 20 cm, maar in de praktijk 30 cm. De penetratie op de Noordzee is meestal 20-40 m (vaak beperkt door de multiple). Deze cijfers gelden voor de X-Star chirp sub-bottom profiler met de SB-408 of SB512i als sleeplichaam. Een voordeel van de X-Star is de door de computer gestuurde golfcompensatie waarvan de mate van succes eenvoudig te beïnvloeden is. Met de X-Star is ervaring met de detectie van begraven wrakken verkregen, onder andere in de Nederlandse Waddenzee. De succesvollere toepassing van de X-Star tegenover de 3.5



kHz pinger ligt aan het feit dat de X-Star, door de chirp-technologie, meer energie in het signaal kan brengen met een hogere verticale en horizontale resolutie. Begraven wrakken zijn dan duidelijker zichtbaar in het sediment. Op *figuur 11* is een wrak te zien waarbij de X-Star in een sleeplichaam over de bodem gesleept werd (opnamen op de Waddenzee).



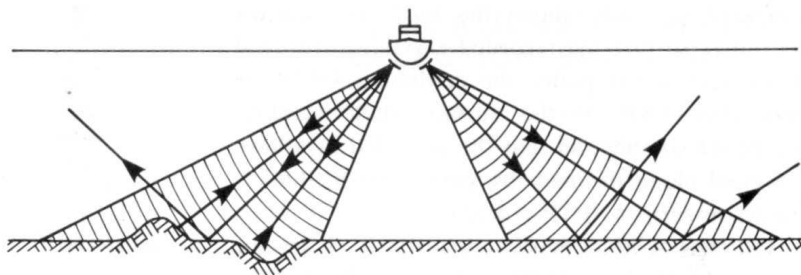
*Figuur 11:*  
Weergave van het resultaat van een X-Star opname met de aanwezigheid van een wrak.

#### 6.4 Boomer

Dit is een geluidsbron waarbij een ronde plaat onder water door middel van een plotseling optredend magnetisch veld wordt afgestoten. Het resultaat is een korte geluidspuls met een dominante frequentie tussen 1 en 7 kHz, een penetratie van enkele meters tot 20 m en een resolutie van 10 cm tot 1 m. De penetratie is optimaal als de dominante frequentie laag is en wordt veelal beperkt door de waterbodemmultiple. Voor detectie van begraven wrakken is de boomer vergelijkbaar met het 3.5 kHz pingersysteem.

#### 6.5 Side scan sonar

Hierbij wordt een akoestisch signaal van één frequentie (bijvoorbeeld 375 kHz) door een sleepvis schuin naar beneden, naar stuur- en bakboord, uitgezonden. De signalen worden aan de zeebodem gereflecteerd en verstrooid, zodat een (klein) deel ervan terug bij de sleepvis aankomt. De hellingshoek en de ruwheid van de 'aangestraalde' zee bodem is hierbij van belang (zie figuur hieronder). De side scan sonar is zeer geschikt om bodenvormen te detecteren en wordt vaak gebruikt voor geomorfologische doeleinden en om scheepswrakken en andere objecten op de bodem te detecteren. Objecten op de zeebodem zijn vaak goed zichtbaar door de op de registraties aanwezige slagschaduw.



*Figuur 12:*  
Visuele weergave van de werking van side scan sonar.

## 6.6 Multibeam echolood

In een dergelijk systeem wordt gebruikgemaakt van een reeks individuele bundels. Evenals bij de single-beam systemen wordt de voortplantingssnelheid van het geluid door het water gebruikt voor het converteren van de looptijd naar afstand (maar hier een snelheidsprofiel). Het resultaat is vaak een digitaal terreinmodel (grid) waaruit bathymetrische contouren van de zeebodem kunnen worden berekend. Veel softwarepakketten ondersteunen ook 3D-visualisatie. Deze techniek is alleen geschikt voor het opsporen van objecten aan het oppervlak van de zeebodem.

## 6.7 Recente ontwikkelingen

Conclusie van het IMAGO project in 2003 was dat er nog geen goede prospectiemethode is om begraven objecten op te sporen en dat een degelijk bureauonderzoek in combinatie met oppervlaktescantechnieken (side scan sonar en multibeam) het meest effectief waren. Aan deze situatie is niet veel veranderd. Wel is er in de afgelopen jaren geëxperimenteerd met technieken zoals georadar en subbottom profiler om objecten begraven in de waterbodem te prospecteren, maar dit is nog steeds geen succes. Deze technieken kunnen nuttig zijn als je zeker weet dat ergens iets begraven ligt, maar zijn niet geschikt als prospectietechniek in relatief onbekend gebied. In Amerika en bij de marine is men wel bezig met de ontwikkeling van 3D-technieken om in de bodem te kijken, maar vooralsnog zijn deze technieken kostentechnisch niet inzetbaar in gebieden groter dan 1 hectare. Bij de oppervlaktescantechnieken heeft vooral hoge resolutie multibeam een ontwikkeling doorgemaakt, waardoor het nu mogelijk is om in zeer hoge dichtheid (1x1 cm) objecten onder water te 'scannen'.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Persoonlijke mededeling Seger van den Brenk 3 mei 2011.

## 7 De actuele toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie

### 7.1 Kwantitatieve analyse van de in Nederland uitgevoerde onderzoeken tussen 1996 en 2010

In totaal zijn 273 geofysische onderzoeken uitgevoerd op land tussen 1996 en 2010, geïnventariseerd. De geïnventariseerde onderzoeken zijn opgenomen in *bijlage 3*. Hiervan staan er 149 als zodanig geregistreerd in Archis; 59 onderzoeken staan niet geregistreerd in Archis en 65 onderzoeken staan wel geregistreerd in Archis, maar niet als geofysisch onderzoek (maar als booronderzoek, proefsleuvenonderzoek, opgraving of fysisch geografisch onderzoek). Daarnaast is er sprake van een onbekend aantal onderzoeken met een andere dan archeologische doelstelling die toch archeologische informatie hebben opgeleverd. Te denken valt aan de ontdekking van archeologische fenomenen bij geofysisch onderzoek in het kader van de opsporing van niet-gesprongen explosieven of bij geologische karteringen door bijvoorbeeld TNO-NITG.<sup>22</sup> Ook deze onderzoeken worden helaas niet in Archis opgenomen.

Archis kent geen categorie 'opwateronderzoek'. Inventariserende veldonderzoeken op water met behulp van akoestische methoden zijn daarom in Archis meestal geregistreerd als geofysisch onderzoek of als onderwateronderzoek, en een enkele keer als 'niet-archeologisch, onbepaald'. In totaal zijn 67 opwateronderzoeken uitgevoerd tussen 1996 en 2010 met behulp van akoestische methoden, geïnventariseerd. De geïnventariseerde onderzoeken zijn opgenomen in *bijlage 4*. Behalve deze onderzoeken met een primair archeologische doelstelling, worden in Nederland ook weer de nodige op- en onderwateronderzoeken uitgevoerd met andere doelstellingen, die wel degelijk van nut kunnen zijn voor de archeologie. Naast de zogenaamde "obstakel"-onderzoeken van Rijkswaterstaat en de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine, gaat het bijvoorbeeld om de geologische karteringen van TNO-NITG en Deltares. Het geogenetisch lagenmodel dat hierbij mede op basis van de inzet van geofysische technieken wordt gegenereerd, levert belangrijke informatie op over archeologische verwachtingen. Recente voorbeelden hiervan zijn het Yangtse-haven project in Europoort en de kartering van het Zeeuwse kustgebied.<sup>23</sup> Helaas worden dit soort onderzoeken niet in Archis geregistreerd en konden ze ook niet worden meegenomen in de inventarisatie.

De verdeling van het aantal uitgevoerde geofysische prospectieonderzoeken op land laat een aantal pieken zien (*figuur 13*). De piek eind jaren '90 van de vorige eeuw is het gevolg van het grote aantal onderzoeken dat door RAAP in deze periode is uitgevoerd in het kader van haalbaarheidsstudies. De piek in de jaren 2003/2004 wordt veroorzaakt door de geofysische onderzoeken uitgevoerd in het kader van het promotieonderzoek van Alette Kattenberg. De piek in de jaren 2008/2009 wordt mogelijk (deels) veroorzaakt door een opleving in de toepassing van grondradar in deze periode, al is op basis van de beschikbare gegevens niet aan te geven wat hiervan het effect op de totale piek is omdat van de meeste in deze jaren uitgevoerde geofysische onderzoeken niet bekend is welke methode is toegepast.

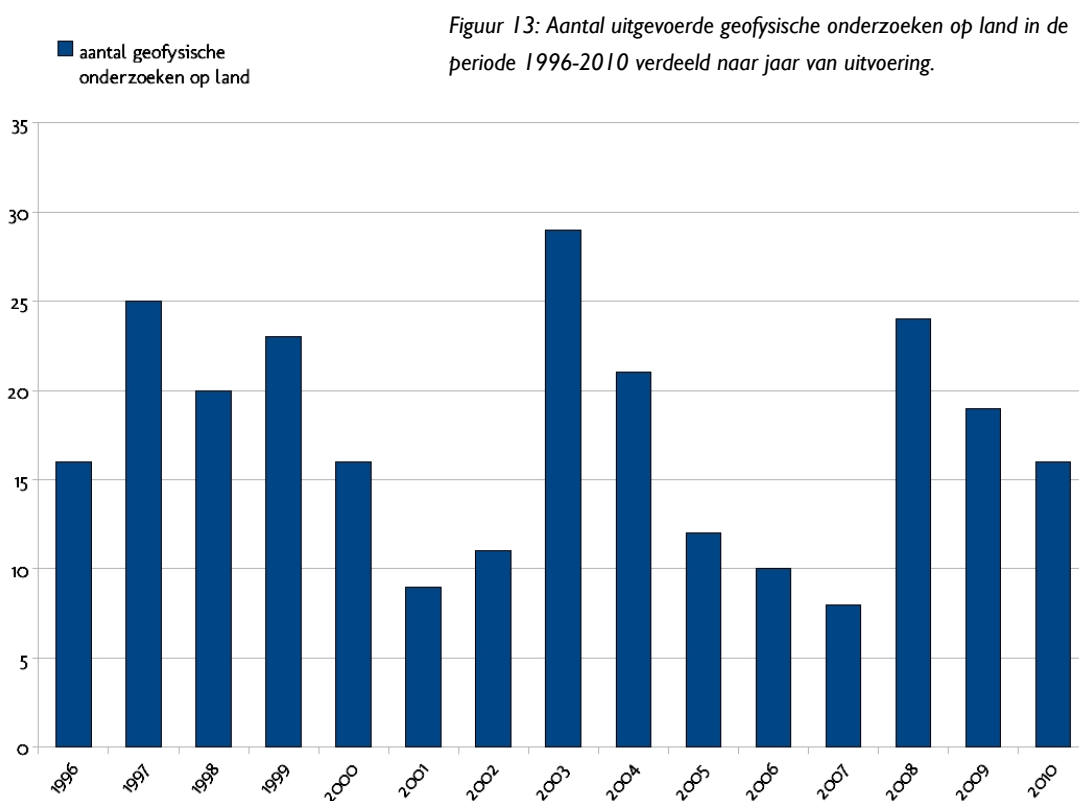
Opwateronderzoeken komen pas vanaf 2008 met wat grotere regelmaat voor in Archis (*figuur 14*). Die trend kondigt zich al voorzichtig aan vanaf 2003. Vóór 2003 beperkt het aantal onderzoeken zich tot hooguit 1 per jaar en is het overzicht op basis van Archis absoluut onvolledig. Veruit de meeste recente

---

<sup>22</sup> Een recent voorbeeld daarvan is de inzet van grondradar bij de kartering van de diepere ondergrond onder de duinen van Schoorl en Castricum in Noord-Holland.

<sup>23</sup> Met dank aan Peter Vos (TNO-NITG).

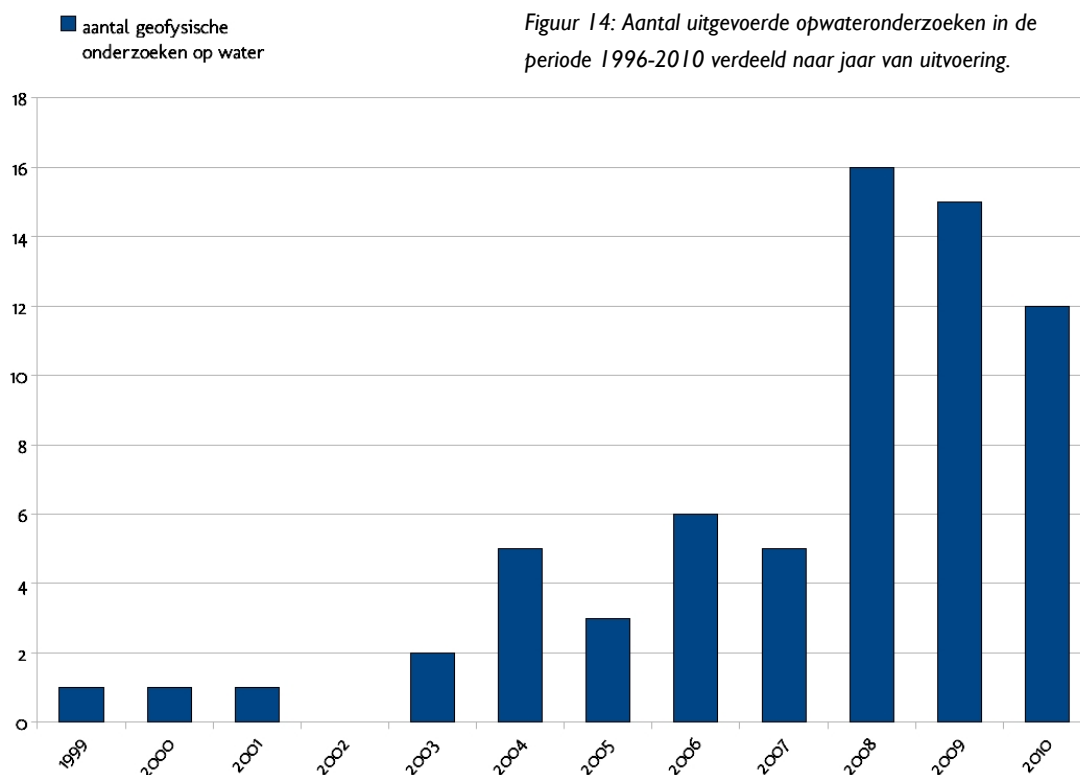
onderzoeken (41) zijn uitgevoerd door, of in samenwerking met, Periplus Archeomare, een commerciële partij die vanaf eind 2005 actief is in het archeologische opwateronderzoek.<sup>24</sup> Daarnaast zijn een aantal onderzoeken (13) uitgevoerd door de Rijksoverheid: de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE; voorheen RACM, ROB, NISA) en/of Rijkswaterstaat. De resterende onderzoeken (13) zijn uitgevoerd door archeologische bedrijven die ook op land werkzaam zijn. Het eerste geregistreerde onderzoek op water stamt uit 1989. Het ging hierbij om het in kaart brengen van de verdrongen funderingsresten van kasteel Hulkestein met behulp van een penetrerend echolood (Archis-onderzoeksmelding 3.886).<sup>25</sup> Het eerstvolgende onderzoek is uitgevoerd in 1995 en betreft een verkennend side scan sonar onderzoek uitgevoerd door Rijkswaterstaat naar aanleiding van de vondst van een mastvoet (Archis-onderzoeksmelding 9.326; Archis-waarneming 47.263).<sup>26</sup>



<sup>24</sup> Wellicht zijn dit er meer dan 41. Niet van alle onderzoeken kon het rapport achterhaald worden. Het is waarschijnlijk dat onderzoeken die op naam staan van een archeologisch bedrijf dat zelf niet de benodigde apparatuur in huis heeft, ook in samenwerking met Periplus Archeomare zijn uitgevoerd.

<sup>25</sup> Anderson 1992 (RAAP-notitie 43).

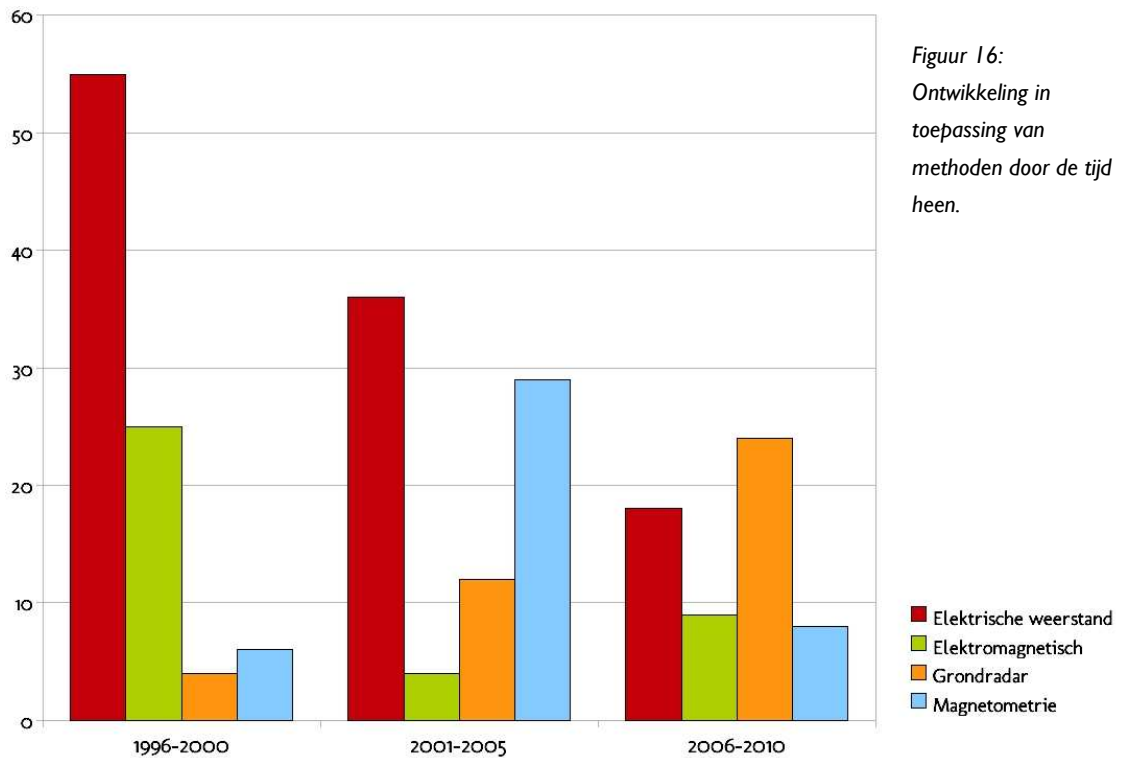
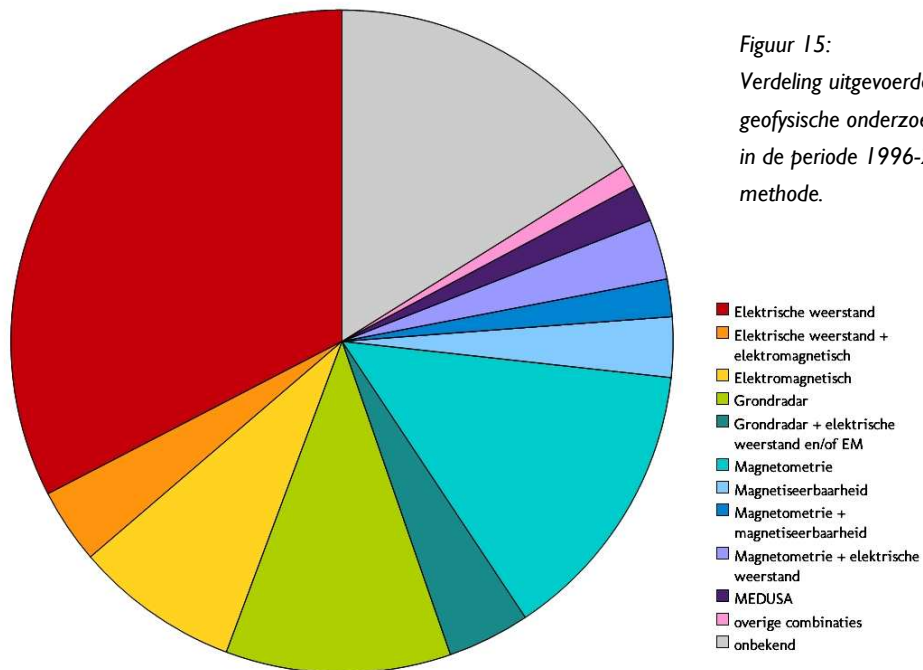
<sup>26</sup> Maarleveld / Stassen 1993.



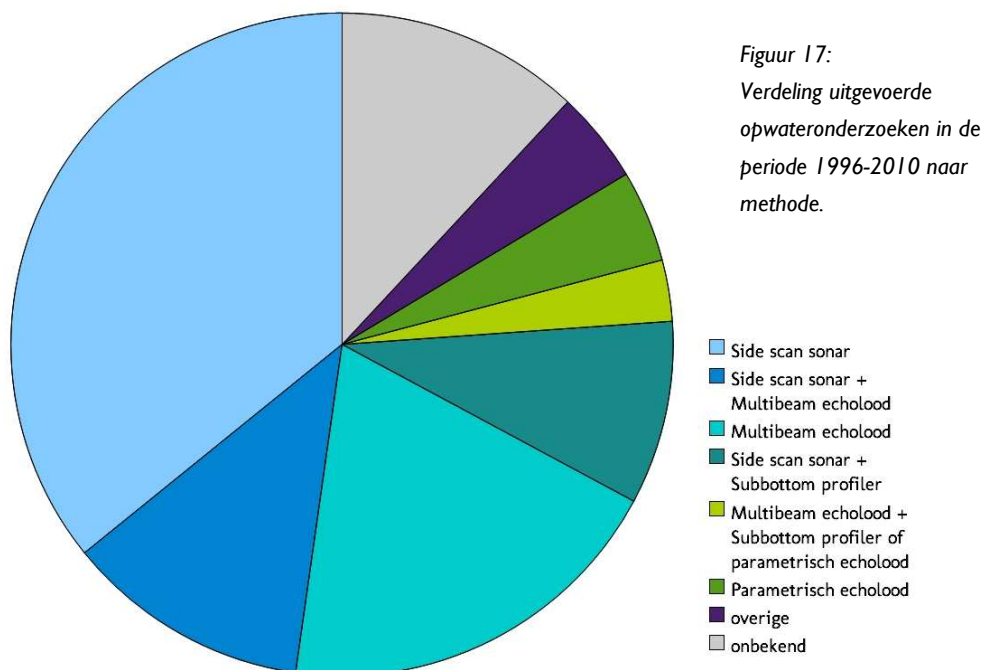
Van een groot aantal in Archis geregistreerde onderzoeken op land is niet bekend welke geofysische prospectiemethode(n) is (zijn) gebruikt. In de gevallen waarin dit wel bekend is, betreft het meestal elektrische-weerstandsonderzoek (89 gevallen). Met 38 gevallen is magnetometrie de tweede meest voorkomende methode (figuur 15). Dit beeld wordt echter erg vertekend door het promotieonderzoek van Alette Kattenberg waartoe 20 van de 38 in Archis geregistreerde magnetometeronderzoeken behoren. Ditzelfde geldt ook in sterke mate voor het magnetiseerbaarheidsonderzoek (magnetische susceptibiliteit) en de combinatie van magnetiseerbaarheidsonderzoek met magnetometrie. Deze onderzoeken kunnen respectievelijk allemaal en grotendeels aan dit promotieonderzoek worden toegeschreven.

Als we kijken naar de trends in de toepassing van verschillende methoden door de tijd heen dan zijn de meest opvallende ontwikkelingen de afname van elektrische-weerstandsonderzoek en de gestage toename van grondradaronderzoek (figuur 16). Een verklaring hiervoor moet wellicht gezocht worden in de ontwikkeling van grondradar in de afgelopen jaren en de mate waarin er over grondradar is gepubliceerd.<sup>27</sup> Daarnaast is de trend waarschijnlijk ook het gevolg van het aanboren van de archeologische markt door grondradarbedrijven. De archeologie heeft grondradar ontdekt en grondradar heeft de archeologie ontdekt. Grondradar is een relatief snelle methode die ook in een urbane context kans van slagen heeft.

<sup>27</sup> Leckebusch 2003; Conyers 2006; Greal 2006; Weaver 2006; Booth et al. 2008; Conyers / Leckebusch 2010; Trinks et al. 2010.

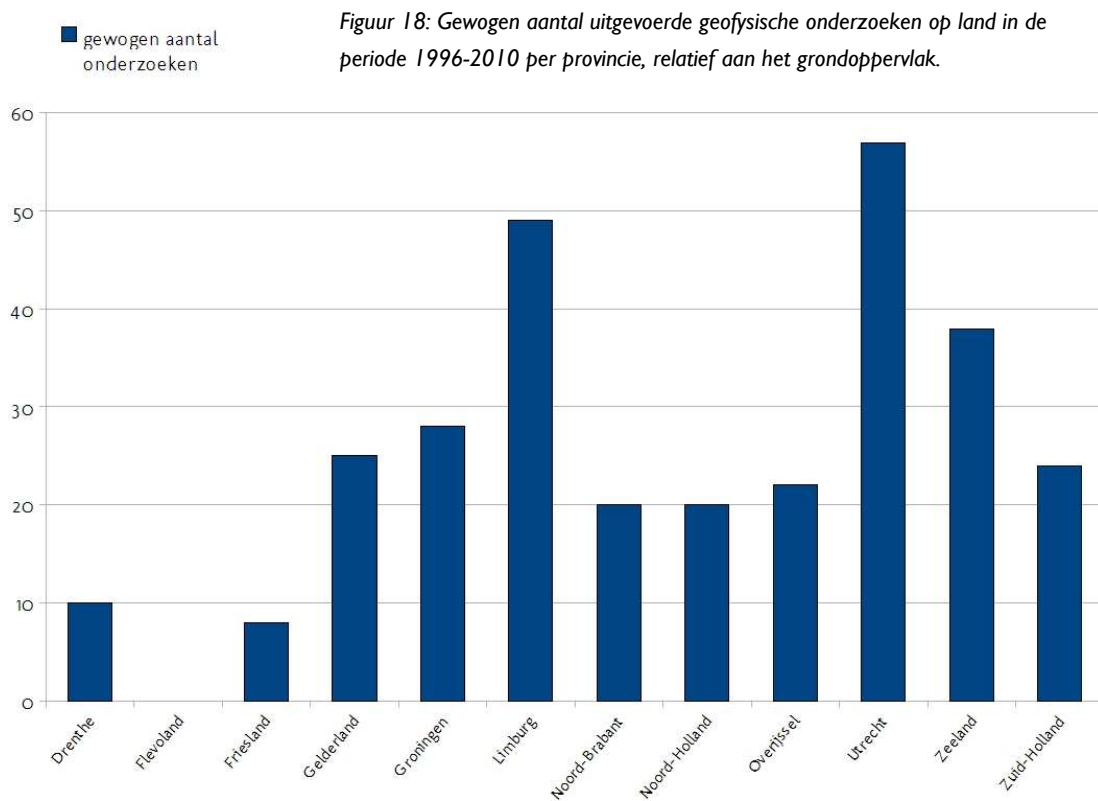


Van de 67 geïnventariseerde opwateronderzoek is in 8 gevallen niet bekend welke methode is toegepast. In de gevallen waarin de methode wel bekend is, is de side scan sonar het meeste toegepast (40 gevallen). Vaak is het de enige methode, maar soms wordt hij ook in combinatie met andere methoden gebruikt. Met 24 gevallen is het multibeam echolood na de side scan sonar het meest toegepast (figuur 17).



De regionale verdeling naar provincie van de uitgevoerde geofysische onderzoeken op land is weergegeven in figuur 18. Hierbij zijn niet de absolute aantallen uitgevoerde onderzoeken per provincie gebruikt. Eerst is gekeken naar de relatieve oppervlakten van de provincies. Op basis daarvan is voor elke provincie een wegingsfactor bepaald. De wegingsfactor van een provincie is de gemiddelde grootte van de provincies gedeeld door de grootte van de betreffende provincie. Het aantal in een provincie uitgevoerde geofysische onderzoeken is vermenigvuldigd met deze wegingsfactor om een getal te krijgen dat de onderzoeksintensiteit in relatie tot het grondoppervlak weergeeft. Uit de figuur komt onder andere naar voren dat er relatief weinig onderzoek heeft plaatsgevonden in Friesland. Mogelijk heeft dit te maken met het feit dat er vóór 1996 door RAAP al heel veel onderzoek in Friesland is gedaan in het kader van een groot provinciaal project.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Persoonlijke mededeling Joep Orbons 1 mei 2011.

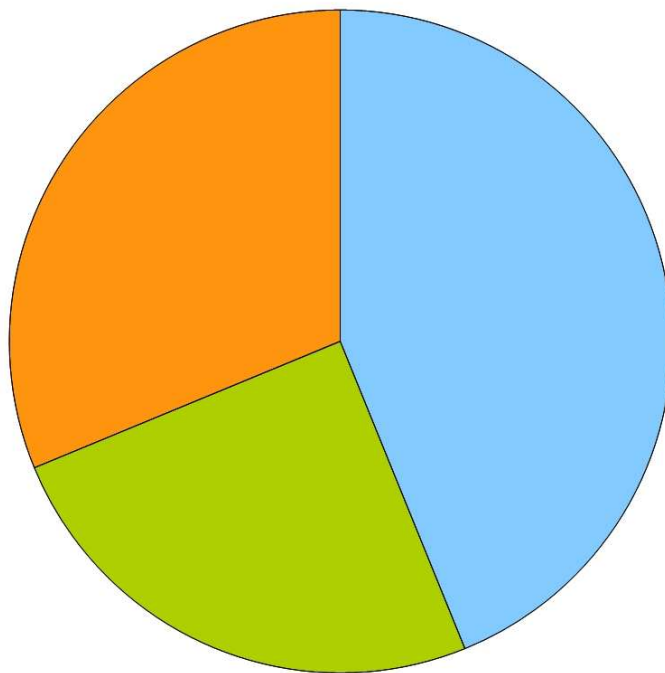


De regionale verdeling naar globale landschappelijke regio van de uitgevoerde geofysische onderzoeken op land is weergegeven in *figuur 19*.

Het merendeel van de in de periode 1996-2010 uitgevoerde geofysische prospectieonderzoeken was gericht op het karteren van kasteelterreinen, kloostercomplexen, kerken en buitenhuizen. Ook het in kaart brengen van verdedigingswerken zoals restanten van aarden wallen, forten, schansen en linies is een regelmatig voorkomend onderzoeksdoel. Naast deze en andere gevallen van karterend onderzoek is slechts in een enkel geval (13 maal) sprake van een verkennend onderzoek met een meer algemene of bredere vraagstelling of een landschappelijk (geomorfologisch) onderzoek (5 maal). De verdeling van de uitgevoerde onderzoeken naar vindplaatstype is opgenomen in *figuur 20*.

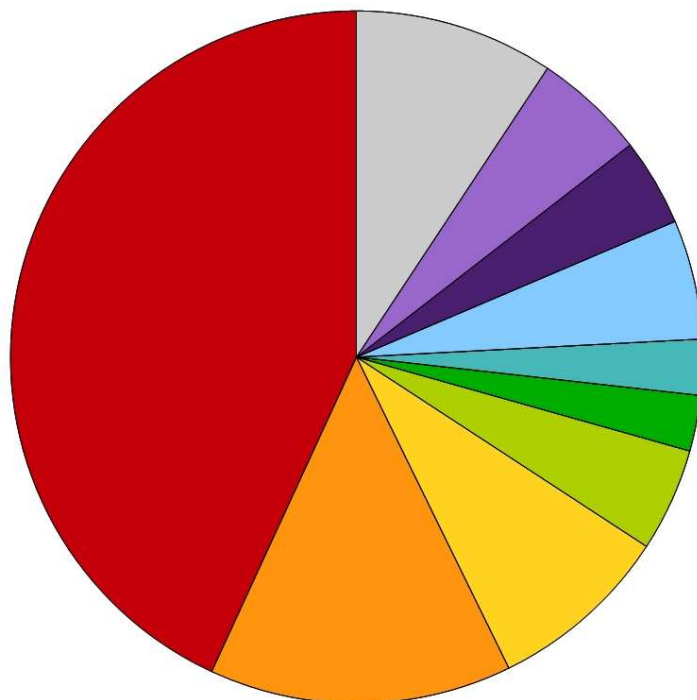
Voor de opwateronderzoeken geldt dat de meeste onderzoeken zijn uitgevoerd op de rivieren, direct gevolgd door het IJsselmeer en omgeving (*figuur 21*). Tot deze laatstgenoemde categorie worden ook gerekend het Markermeer, het IJmeer, de Veluwerrandmeren et cetera. Anders dan bij het geofysisch onderzoek op land is bij het opwateronderzoek verkennend onderzoek het meest voorkomende onderzoekstype (*figuur 22*).





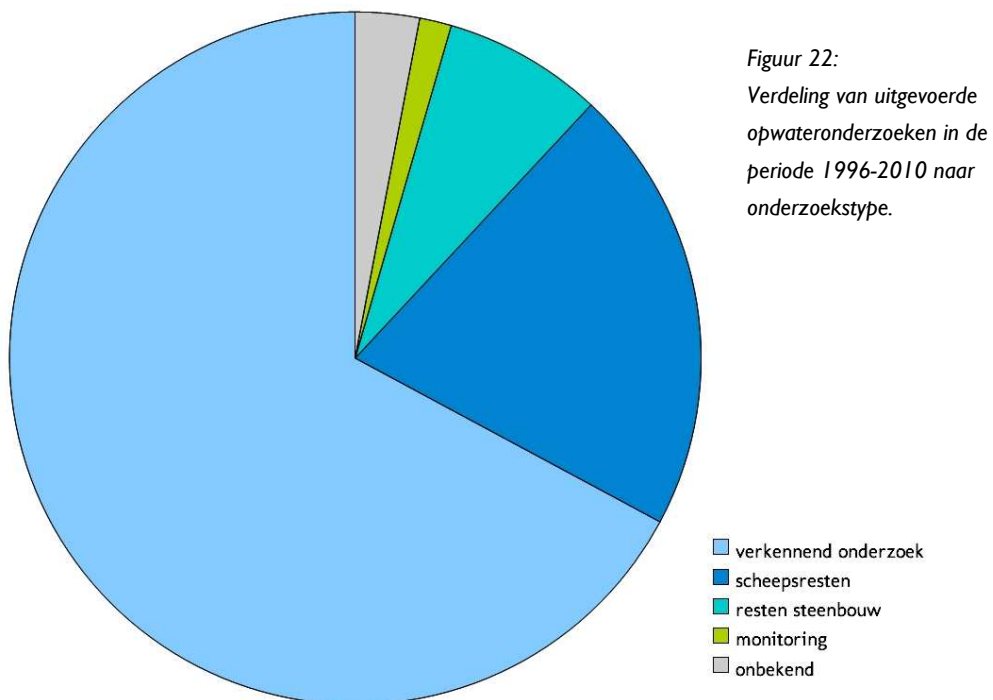
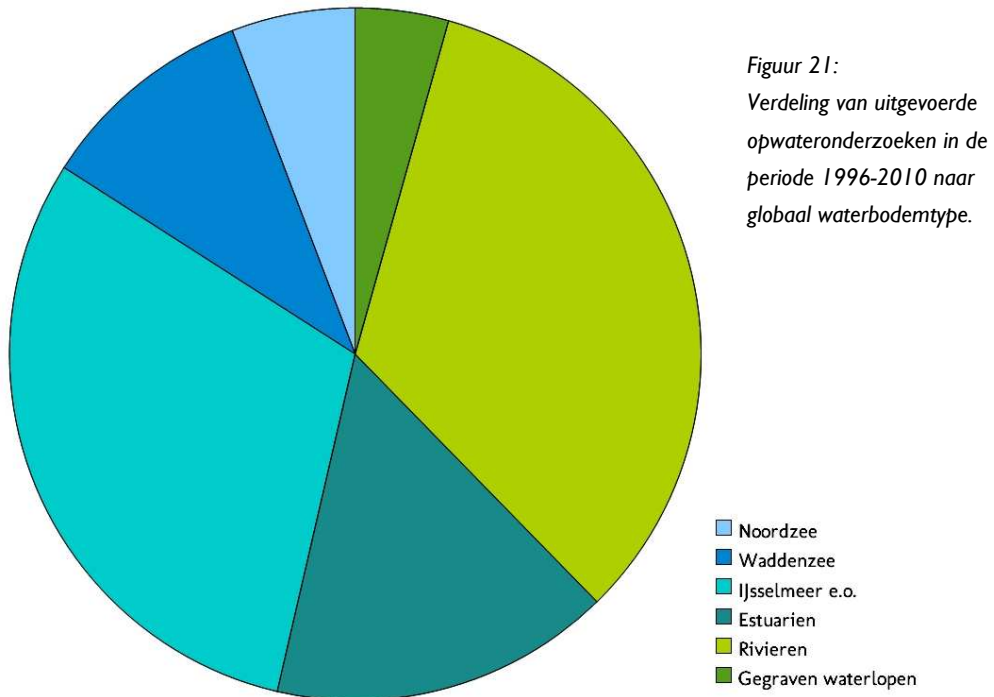
Figuur 19:  
Verdeling van uitgevoerde  
geofysische onderzoeken op  
land in de periode  
1996-2010 naar globale  
landschappelijke regio.

- pleistoceen
- holoceen-rivierengebied
- holoceen-kustgebied



Figuur 20:  
Verdeling van uitgevoerde  
geofysische onderzoeken op  
land in de periode  
1996-2010 naar  
vindplaatstype.

- kasteelterrein / kerk / klooster / huis
- versterking
- nederzettingsterrein
- Romeins villaterrein / castellum
- ovens
- historische kern
- verkennend onderzoek
- geomorfologisch onderzoek
- overig
- onbekend



## 7.2 Het gebruik van geofysica in Nederland in vergelijking met andere landen

Gesteld kan worden dat het aantal in Nederland uitgevoerde geofysische onderzoeken in het kader van archeologische prospectie op land in de afgelopen 15 jaar, met 273 gevallen relatief beperkt is, zeker wanneer we dit vergelijken met de in totaal 19.401 prospectieve booronderzoeken die in Archis zijn aangemeld.<sup>29</sup> De dataset voor deze evaluatie is daardoor beperkt en trends worden in grote mate beïnvloed door 'individuele' gebeurtenissen (zoals een grootschalige haalbaarheidsstudie of een promotieonderzoek). Geofysisch onderzoek op land is op dit moment zeker nog geen algemeen ingeburgerde prospectietechniek in Nederland.

De situatie is anders bij het opwateronderzoek. Ook hier is de dataset met 67 gevallen klein te noemen. Maar gezien de kortere geschiedenis van prospectief onderzoek (in zijn algemeenheid en met gebruik van geofysische methoden) op water in het kader van de AMZ in Nederland en de beperktere (hoewel groeiende) druk op de ruimte (in vergelijking met land) bij waterbodems, is dit minder diagnostisch. Het behoeft geen uitleg dat de alternatieven voor de prospectie van waterbodems anders dan via geofysische methoden beperkt zijn.

In Vlaanderen werden tot voor kort geofysische prospectiemethoden maar beperkt toegepast. Met uitzondering van een enkele specialist bij het VIOE was en is er op overheidsniveau of binnen andere archeologische instellingen of bedrijven geen specialistische expertise of onderzoekscapaciteit in Vlaanderen aanwezig. Enkel de laatste jaren, ruwweg vanaf 2003, is er sprake van een toenemende interesse voor de mogelijkheden van geofysische prospectie, zowel vanuit academische hoek als in functie van beheer. Een positieve ontwikkeling is het methodologisch onderzoek dat op dit moment aan de Universiteit van Gent wordt uitgevoerd. In de Vlaamse onderzoeksbalans zijn verwijzingen te vinden naar ca. 50 recente rapporten waar geofysische prospectie deel heeft uitgemaakt van het onderzoek.<sup>30</sup> Het aantal vermeldingen in de CAI is 24, maar waarschijnlijk is hier sprake van een vergelijkbare situatie als met Archis. Geconstateerd wordt dat ook in Vlaanderen de behoefte aan een zekere mate van regulering van deze vormen van onderzoek, toeneemt.<sup>31</sup>

Het aantal in het Verenigd Koninkrijk uitgevoerde geofysische onderzoeken in het kader van de archeologische prospectie op land ligt rond het tienvoudige van het aantal in Nederland uitgevoerde onderzoeken. De bekendheid met de techniek is dankzij populaire televisieprogramma's als *Time Team*, zelfs bij het grote publiek, groot. Dit heeft er toe geleid dat er wat betreft de mogelijkheden en successen in den brede een veel positiever verwachtingsbeeld heerst. Desalniettemin is geofysische prospectie ook in Groot-Brittannië – in tegenstelling tot de gedachte onder veel Nederlandse archeologen – nog steeds geen standaardonderdeel van het archeologische onderzoeksproces. De meest gebruikte methode voor archeologische vooronderzoek in Groot-Brittannië is nog altijd het proefsleuvenonderzoek als vervolgstap op (uitgebreid) bureauonderzoek.<sup>32</sup> Anders dan in Nederland wordt er relatief weinig booronderzoek uitgevoerd. Bij de inzet van geofysica in het Verenigd Koninkrijk is ook sprake van duidelijke regionale verschillen. In Schotland, Noordwest-Engeland en Wales wordt veel minder geofysische prospectie

---

<sup>29</sup> Actualiteit: 10 mei 2011. Dit zijn alle in Archis aangemelde booronderzoeken, dus niet alleen van de afgelopen 15 jaar.

<sup>30</sup> <http://www.onderzoeksbalans.be>

<sup>31</sup> Met dank aan Marc de Bie van de VIOE.

<sup>32</sup> In veel Engelse "Desk top surveys" maken luchtfoto analyse en andere remote sensing toepassingen wel degelijk deel uit van het "Bureau onderzoek".

toegepast dan in Zuidoost-Engeland. De belangrijkste oorzaak hiervoor is de hogere bouw- en ontwikkelingsintensiteit in deze laatste regio. Geofysische prospectie wordt daar bij de grotere projecten nogal eens ingezet als een tussenstap tussen desktop surveys en gravend onderzoek, zowel uit oogpunt van proces- en risicomangement als om betere sturing te kunnen geven aan het proefsleuvenonderzoek. De nadruk komt daarbij de laatste jaren steeds meer te liggen op onderzoek met een bredere landschapsgerichte archeologische vraagstelling.<sup>33</sup> In de dunbevolkte regio's bestaat er duidelijk minder affiniteit met deze technieken.

De studie van David Jordan uit 2007 (*Evaluating Aggregate in North West England. The Effectiveness of Geophysical Survey*) wijst uit dat het overheersende gevoel binnen het archeologische werkveld dat geofysische prospectie niet werkt in Noordwest Engeland, niet gestoeld is op feiten. Slechts in 10% van de gevallen levert geofysische prospectie niet het gewenste resultaat - dat wil zeggen dat op basis van de resultaten van de geofysische prospectie de aan- of afwezigheid van archeologie niet kan worden vastgesteld. De redenen voor het niet succesvol zijn van de geofysische prospectie zijn vaak voor de hand liggend, te voorspellen en te vermijden, wordt in het rapport gesteld. Meestal is het te wijten aan het feit dat de archeologische resten te diep liggen, worden gemaskeerd door moderne anomalieën of aan het feit dat het contrast tussen de sporen en de omliggende matrix te klein is. Van dat laatste is slechts sprake bij een klein aantal moedermaterialen. Dergelijke faalfactoren kunnen gemakkelijk bij de bureaustudie al worden geïdentificeerd. Daarnaast constateert Jordan dat het aantal methoden, instrumenten en technieken dat in het veld wordt toegepast, beperkt is, zeker in relatie tot de grote diversiteit in archeologie en bodems. De reden hiervoor is dat de toegepaste technieken voldoen aan wat er op dit moment van ze gevraagd wordt. Een andere oorzaak is dat bij archeologisch onderzoek in het kader van de ruimtelijke ordening, vaak behoudende keuzes worden gemaakt. Er wordt gekozen voor de bekende methoden, de veilige optie.<sup>34</sup>

In het rapport wordt gesteld dat geofysische prospectie een waardevol onderdeel is van het archeologisch prospectief instrumentarium in Noordwest-Engeland en dat het van belang is een integraal model te ontwikkelen op basis waarvan in een bepaalde casus de juiste prospectieve methode kan worden gekozen, geofysisch of anderszins. Om de toepassing van geofysische prospectie te verbeteren en de toepassingsmogelijkheden uit te breiden, is het van belang om meer inzicht te krijgen in de geofysische eigenschappen van archeologische vindplaatsen en natuurlijke bodems. Hiertoe zou op grote schaal een aantal geofysische metingen (magnetische susceptibiliteit, elektrische weerstand en diëlektrische permittiviteit) moeten worden geïncorporeerd in het archeologisch onderzoek om op die manier een brede dataset op te bouwen. Ook wordt gesteld dat de neerwaartse druk op de prijs van prospectief onderzoek moet worden tegengegaan met een opwaartse druk vanuit de professie, in de vorm van goed geformuleerde eisen ten aanzien van de kwaliteit van de prospectie en de data. Dit om te voorkomen dat er een neerwaartse spiraal ontstaat waarbij prospectief (geofysisch) onderzoek steeds goedkoper wordt uitgevoerd, maar ook steeds minder oplevert.<sup>35</sup>

Dankzij de langere traditie, die in het Verenigd Koninkrijk in feite al in de jaren '50 van de vorige eeuw is begonnen, is de geofysische prospectie ook beter ingebed in de universitaire setting. Aan verschillende universiteiten wordt onderzoek gedaan en gericht onderwijs gegeven op dit gebied. In uitvoerende zin zijn

---

<sup>33</sup> Persoonlijke mededeling Chris Gaffney, 23 februari 2011.

<sup>34</sup> Jordan 2007, 1-2.

<sup>35</sup> Jordan 2007, 98-102.

er in Groot-Brittannië ongeveer 25 gespecialiseerde archeologische bedrijven en bedrijfjes actief op dit gebied. Dit zijn over het algemeen kleine bedrijven met 1-10 personeelsleden, die zich in tegenstelling tot Nederland wel specifiek in archeologische toepassingen hebben gespecialiseerd. Binnen de brancheorganisatie IFA wordt sterk samengewerkt op het gebied van kwaliteitsverbetering, kennisuitwisseling en het opstellen van praktische richtlijnen. Voorbeelden daarvan zijn de *Standard and Guidance for archaeological geophysical survey (IFA 2010)* en de *Guidelines for Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation (English Heritage 2008)*.

Veel van de bedrijven werken als (vaste) onderaannemer van de grotere archeologische opgravingsbedrijven. Britse bedrijven zijn buiten Engeland ook sterk vertegenwoordigd in Ierland en in toenemende mate op het continent (Frankrijk, mediterrane gebied). De geofysische prospectie kreeg in Ierland de afgelopen decennia een enorme impuls als gevolg van het enorme tempo waarin tussen 1995 en 2005 de Ierse economie en dus ook de bouw en infrastructuur zich ontwikkelde. Net als bij vrijwel alle archeologisch onderzoek is ook het geofysisch onderzoek in dit land op dit moment vrijwel tot stilstand gekomen. Op dit moment wordt in opdracht van de National Roads Authority (NRA) door de Universiteit van Bradford een evaluatiestudie uitgevoerd naar de in Ierland uitgevoerde geofysische prospectieonderzoeken in het kader van de National Roads Schemes tussen 2001 en 2010.<sup>36</sup>

Viberg, Trinks en Lidén constateren dat de toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Zweedse archeologie beperkt is.<sup>37</sup> Als mogelijke oorzaken daarvoor wijzen zij op de geo(morfo)logische omstandigheden in Zweden en de aard van de archeologische fenomenen in Zweden, maar ook op de onderzoekstraditie en tradities in onderzoeksmethoden, tegenvallende eerste ervaringen met de toepassing van geofysische methoden ten behoeve van archeologische prospectie in testprojecten en wellicht een reserve van sommige archeologen ten aanzien van technologische ontwikkelingen. Wel wordt door de Zweedse nationale dienst de laatste jaren geëxperimenteerd met de nieuwste grondradarapparatuur waarbij is samengewerkt met Oostenrijkse archeologen.<sup>38</sup>

In Duitsland lijkt vooral Beieren voorop te lopen als het gaat om de toepassing van geofysische technieken in de archeologische monumentenzorg. Het Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege houdt zich ook actief bezig met het introduceren van richtlijnen en leunt daarbij stevig op de Engelse voorbeelden.<sup>39</sup>

Ook in Oostenrijk lijkt de geofysische prospectie goed ingebed in het archeologisch monumentenzorgproces en het academisch onderzoek. Onder andere bij de Universiteit van Wenen loopt een uitgebreid onderzoeksprogramma.

Ook op het gebied van de geofysica is klaarblijkelijk sprake van een duidelijk nationale en regionale voorkeur. Deze voorkeur lijkt meestal geen beredeneerde keuze op basis van de te verwachten archeologie en de landschappelijke kenmerken, maar eenvoudigweg het resultaat van gewenning. Dat geldt evenzeer voor het gebruik van specifieke technieken. In Groot-Brittannië wordt voornamelijk magnetometrie en elektrische-weerstandsonderzoek toegepast, terwijl men in Frankrijk vooral de voorkeur geeft aan elektromagnetisch onderzoek.<sup>40</sup>

---

<sup>36</sup> ISAP News 25 oktober 2010.

<sup>37</sup> Viberg / Trinks / Lidén 2011.

<sup>38</sup> Deze apparatuur is in 2007 ook in Nederland getest door het ADC in Zaltbommel en Wijk bij Duurstede.

<sup>39</sup> Standards zur Durchführung geophysikalischer Prospektion in der Archäologie in Bayern.

<sup>40</sup> Persoonlijke mededeling Chris Gaffney, 23 februari 2011.

Nederland kent slechts enkele geofysici die gespecialiseerd zijn in de archeologie (of archeologen die gespecialiseerd zijn in de geofysica). Een aanzienlijk deel van het geofysische prospectieonderzoek wordt tegenwoordig uitgevoerd door geofysische prospectiebedrijven zonder specifieke archeologische kennis, die voornamelijk actief zijn buiten het archeologisch werkveld. Hierbij bestaat het risico dat er een kloof ontstaat tussen de archeoloog die het opdracht geeft voor de geofysische prospectie en die de resultaten moet vertalen naar de archeologie, en de geofysicus die de data verzamelt en verwerkt.

### 7.3 Toepassingsbereik, prestatiekenmerken en succesfactoren in Nederland

Aandacht van de media voor geofysisch onderzoek in het kader van archeologische prospectie op land (denk bijvoorbeeld aan het programma 'Time Team') heeft, in combinatie met actieve bedrijfsreclame, ook in Nederland gezorgd voor een bepaalde mate van popularisatie van de geofysica. Hierdoor zijn de verwachtingen soms hoog gespannen. Opdrachtgevers verwachten dat met behulp van geofysische methoden eenvoudig in de ondergrond gekeken kan worden. En zien is begrijpen. Maar zo eenvoudig is het meestal niet. De beeldvorming bij, en de onrealistische verwachtingen van, niet-specialisten hebben als gevolg dat ook archeologen geneigd zijn om bij het eerste het beste geofysisch onderzoek dat geen eenduidig resultaat oplevert, de gebruikte methode te diskwalificeren.

Er bestaat geen geofysische methode die altijd en overal bruikbaar is. Succes is afhankelijk van een groot aantal verschillende omstandigheden en voorwaarden. Daarom moet bij elk onderzoek, binnen de kaders van beschikbare tijd en geld, op basis van de te verwachten archeologie, de vraagstelling, de geologische situatie, de bodemgesteldheid en de bestaande inrichting van het onderzoeksgebied een zorgvuldige afweging gemaakt worden om te komen tot de meest geschikte methode. Geofysisch onderzoek in het kader van archeologische prospectie is een specialistisch werkveld met – in ons land – een klein aantal specialisten. Deze specialisten hebben de kennis in huis om in een specifiek geval voor de meest geschikte methode te kiezen. Iedere specialist heeft zijn eigen referentiekader, werkproces, zijn of haar eigen ideeën over de toepasbaarheid van een bepaalde techniek in een bepaalde situatie, al zal op dat punt op grote lijnen wel overeenstemming bestaan. Daarnaast spelen er echter soms ook commerciële belangen ten aanzien van het promoten van bepaalde apparatuur of software.

Hieronder zijn van twee specialisten de matrices weergegeven, zoals zij die hanteren wanneer zij benaderd worden om met behulp van geofysische methoden een archeologische vraag te beantwoorden. De matrices zijn nadrukkelijk niet bedoeld als aanzet voor een richtlijn, maar dienen hier op de eerste plaats als voorbeeld van de werkwijze van twee vooraanstaande archeologisch-geofysische specialisten in het Nederlands werkveld: Alette Kattenberg en Joep Orbons.

**Naar de presentatie 'De toepasbaarheid van geofysische technieken voor de Nederlandse Archeologische Monumentenzorg' van Alette Kattenberg, september 2006<sup>41</sup>**

*Elektrische-weerstandsmethoden*

Gemeten contrast:	Elektrische weerstand, voornamelijk gerelateerd aan vochtverschillen
Vooraf bruikbaar voor:	Greppels / grachten en funderingen / muurresten
Contra-indicaties:	Zandgronden en bestrating
Dieptebereik:	Onbeperkt schaalbaar, maar resolutieverlies op diepte (doorgaans tot 1 meter)
Onderzoeksdichtheid:	Doorgaans 1 x 1 meter grid
Dekking:	0,4 hectare per dag
Landschappen:	Werkt goed in rivierlandschappen (en beekdalen), op de löss en in polderlandschappen; werkt redelijk op de zandgronden

*Magnetometer*

Gemeten contrast:	Magnetisch, gerelateerd aan uiteenlopende processen
Vooraf bruikbaar voor:	Kuilen, greppels, ovens, (bak)steen
Contra-indicaties:	Zeewater, esdekken, metaal en bestrating
Dieptebereik:	Tot ongeveer 1 meter
Onderzoeksdichtheid:	Doorgaans 1 x 0,25 meter grid
Dekking:	1 hectare per dag
Landschappen:	Werkt goed in rivierlandschappen (en beekdalen) en op de löss; werkt redelijk op de zandgronden; werkt slecht in polderlandschappen

*Grondradar*

Gemeten contrast:	Elektromagnetisch
Vooraf bruikbaar voor:	Laagopbouw, profielinformatie
Contra-indicaties:	Klei en veen, onder grondwaterspiegel
Dieptebereik:	Onbeperkt schaalbaar, maar resolutieverlies op diepte
Onderzoeksdichtheid:	Doorgaans parallelle lijnen, hoge resolutie (bijvoorbeeld 5 centimeter) op lijn
Dekking:	75 meter per uur
Landschappen:	Werkt goed op zandgronden; werkt redelijk in rivierlandschappen (en beekdalen) en op de löss; werkt slecht in de polderlandschappen

---

<sup>41</sup> Landschappenindeling naar Berendsen 1997.

## Geofysische onderzoeksmatrix



### Ken de locatie:

- Wat is de verwachte archeologie?
  - o Muren, grachten, ovens, wegen, waterputten, (afval)kuilen, graven, nederzettingen of ander punt- of lijnvormige structuur?
  - o Geologie of bodemkunde als indicator voor archeologie?
  - o Antropogene vergravingen van natuurlijk bodemprofiel (oude terp, dijklichaam)
- Wat is de bodemkundige situatie?
  - o Zand, klei, silt, veen, loss, vast gesteente?
  - o Nat of droog?
  - o Overdekte lagen?
  - o Veranderingen binnen onderzoeksgebied?
- Wat is er na de archeologie met de locatie gebeurt?
  - o Ophoging of afdekking?
  - o Intensief bodemgebruik; boomgaard, park, kassen, diepploegen?
  - o Oppervlaktegesteldheid tijdens onderzoek; grasland, akker, bestraat, overbouwd, parkachtig, aanwezigheid van bomen, sloten, struiken en andere obstakels?
- Wat is de vraagstelling?
  - o Welk detailniveau is gewenst?
  - o Welke diepte is de verwachte archeologie?
  - o Grootte van te onderzoeken terrein. Altijd flink ruimer nemen dan enkel de te onderzoeken structuur.
  - o Welke vooronderzoeken zijn al gedaan?
  - o Welke onderzoeksmethodes worden ingezet om geofysische metingen te verifiëren?

### Bepaald de geschikte methode:

Archeologie	Bestraat	Ongestoord	Gestoord
Muren	EM Grondradar Magnetometer	Weerstandsmeter EM Grondradar Magnetometer	Weerstandsmeter EM Grondradar Magnetometer
Grachten	EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar Magnetometer	Weerstandsmeter EM Grondradar
(afval)kuilen of graven	EM Grondradar	Weerstandsmeter EM	Weerstandsmeter EM
Wegen	EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar
Waterputten	EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar
Ovens	EM Magnetometer	EM Magnetometer	EM Magnetometer
Nederzettingen	EM	EM Susceptibiliteit	EM
Ondiepe geologie	EM	EM	EM
Antropogene vergravingen van natuurlijk bodemprofiel	EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar	Weerstandsmeter EM Grondradar

### Kies de methode:

Methode	Werkt niet
Weerstandsmeter	- Indien geen elektrodecontact - Gevraagde detailniveau kleiner is dan de zoekdiepte - Extreem droge situatie - Verwachte archeologie niet geleidend contrasterend
EM	- Overvloed aan metaal in de omgeving - Gevraagde detailniveau kleiner is dan de zoekdiepte - Gevraagde detailniveau is klein - Verwachte archeologie niet geleidend contrasterend
Grondradar	- Grondwater hoger dan zoekdiepte - Veel verstoring of objecten boven de zoekdiepte - Klei of silt in bovengrond - Verwachte archeologie niet reflectief
Magnetometer	- Overvloed aan metaal in de omgeving - Verwachte archeologie niet magnetisch
Susceptibiliteit	- Overdekte sites - Divers bodemgebruik



Om in evaluerende zin een aantal observaties te kunnen maken over de variatie in toepassing van de verschillende technieken in ons land en iets te kunnen zeggen over succes- en faalfactoren hebben we een selectie van rapportages van recent geofysisch onderzoek gehouden tegen deze beide matrices.

#### 7.4 Casussen

Uit de 273 geïnventariseerde onderzoeken is een selectie gemaakt van rapporten die hieronder nader worden beschouwd. De selectie bestaat uit alle onderzoeken uitgevoerd in 2005 of later waarvan een rapport beschikbaar was. Onderzoeken die voldoen aan deze criteria, maar reeds in het proefschrift van Alette Kattenberg aan bod zijn gekomen, zijn buiten beschouwing gelaten. Deze selectiecriteria hebben geleid tot onderstaande selectie (tabel 1).

**Tabel 1: Geselecteerde onderzoeken**

OMG	Type onderzoek	Gemeente	Provincie	Type onderzoek / vindplaats	Landschappelijke regio
9.256	RM	Boarnsterhim	Friesland	karterend: borg / stins / versterkt huis	holoceen - kustgebied
14.557	magnetometrie (GEM-19 / GEM-30)	Montferland	Gelderland	karterend: ijzersmeltovens	pleistoceen
14.669	magnetometrie (GRAD-601)	Neerijnen	Gelderland	karterend: kasteelterrein	holoceen - rivierengebied
15.076	EM / GPR	Hof van Twente	Overijssel	karterend: poort	pleistoceen
17.430	RM (TRCIA)	Neerijnen	Gelderland	karterend: kasteelterrein	holoceen - rivierengebied
19.054	magnetometrie (GRAD-601)	Raalte	Overijssel	verkennend: ijzerproductie	pleistoceen
19.773	RM-15	Sluis	Zeeland	karterend: fort	holoceen - kustgebied
24.233	RM-15 / EM-38	Venlo	Limburg	verkennend: ijzerproductie	pleistoceen
26.175	GPR	Reeuwijk	Zuid-Holland	karterend: huisplaats	holoceen - kustgebied
27.425	GPR	Bunnik	Utrecht	karterend: Romeins castellum	holoceen - rivierengebied
28.066	RM-15	Haarlemmerliede en Spaarnewoude	Noord-Holland	karterend: huisplaats	holoceen - kustgebied
28.116	GPR	Zaanstad	Noord-Holland	verkennend: scheepswrakken	holoceen - kustgebied
28.533	GPR	Dordrecht	Zuid-Holland	verkennend: geomorfologisch	holoceen - kustgebied
29.152	EM-31	Hulst	Zeeland	karterend: muurresten in stadswal	holoceen - kustgebied
29.842	GPR	Son en Breugel	Noord-Brabant	karterend: borg / stins / versterkt huis	pleistoceen
30.971	GPR / RM-15	Bunschoten	Utrecht	karterend: scheepswrakken	holoceen - kustgebied
31.858	EM-31	Geertruidenberg	Noord-Brabant	karterend: haven	holoceen - kustgebied
31.989	RM-15	Echt-Susteren	Limburg	karterend: gracht	pleistoceen
32.279	EM-38	Putten	Gelderland	karterend: kasteelterrein	pleistoceen

**Tabel 1: Geselecteerde onderzoeken**

OMG	Type onderzoek	Gemeente	Provincie	Type onderzoek / vindplaats	Landschappelijke regio
32.575	RM-15	Terneuzen	Zeeland	karterend: batterij	holoceen - kustgebied
33.485	magnetometrie (GEM-19) / RM	Onderbanken	Limburg	verkennend: pottenbakkersovens	pleistoceen
34.018	RM / EM-38	Maastricht	Limburg	karterend: Romeinse weg	holoceen - rivierengebied
36.101	RM-15	Boxtel	Noord-Brabant	karterend: kerkheuvel / motte	pleistoceen
37.858	GPR	Lith	Noord-Brabant	karterend: scheepswrak	holoceen - rivierengebied
37.907	GPR	Den Haag	Zuid-Holland	karterend: kademuur	holoceen - kustgebied
37.951	RM-15	Margraten	Limburg	karterend: vuursteenmijnen	pleistoceen
39.478	GPR	Leiden	Zuid-Holland	karterend: Romeins castellum	holoceen - kustgebied
40.334	GPR	Deurne	Noord-Brabant	verkennend: gewelfkelders	pleistoceen
40.400	RM	Valkenburg a/d Geul	Limburg	verkennend: Romeinse weg	pleistoceen
42.422	GPR	Maastricht	Limburg	karterend Romeins castellum / stadspoort	holoceen - rivierengebied
45.794	EM-31	Steenbergen	Noord-Brabant	verkennend: geomorfologisch	holoceen - kustgebied
xxx	GPR	Alkmaar	Noord-Holland	karterend: kloostercomplex	holoceen - kustgebied
xxx	GPR	Lochem	Gelderland	karterend: kasteelterrein	pleistoceen
xxx	GPR	Lochem	Gelderland	karterend: kasteelterrein	pleistoceen
xxx	RM-15	Sluis	Zeeland	karterend: schans	holoceen - kustgebied
xxx	EM-31	Valkenburg a/d Geul	Limburg	karterend: kalksteengroeve	pleistoceen
xxx	RM-15 / EM-38	Gennep	Limburg	karterend: gracht	pleistoceen

In overeenstemming met de resultaten uit de kwantitatieve analyse, blijkt ook uit de selectie van casussen opgenomen in *tabel 1* dat het merendeel van de onderzoeken karterende onderzoeken betreft. Verder is de selectie redelijk divers qua gehanteerde onderzoeksmethode, geografische ligging en globale landschappelijke regio.

Zoals uit de matrices opgenomen in paragraaf 7.3 naar voren komt, bepalen verschillende omgevingsfactoren, de aard en diepte van de verwachte archeologie en de vraagstelling van het onderzoek de meest geschikte geofysische methode voor het betreffende onderzoek. Maar de keuzemogelijkheden worden in praktijk vaak aanzienlijk beperkt of gestuurd door het beschikbare budget en de beschikbare tijd. Vervolgens is in de commerciële setting, waarin het Nederlandse onderzoek meestal plaatsvindt, het instrumentarium waar het uitvoerende bedrijf zelf over kan beschikken c.q. de beste ervaring mee heeft, ongetwijfeld ook nog eens een belangrijke factor. Wat de afweging ook (geweest) is, het is belangrijk dat deze wordt geëxpliciteerd in de rapportage. Dit is echter niet altijd het geval. Van de 37 geselecteerde

casussen wordt in slechts 21 gevallen (ca. 57%) uit het rapport duidelijk welke overwegingen bij de keuze voor een methode een rol hebben gespeeld.

Wanneer we tabel 1 vergelijken met de matrices vallen er weinig bijzonderheden op wat betreft gekozen onderzoeksmethode in relatie tot vindplaatstype en landschapstype. Het enige opvallende is de toepassing van grondradar of elektromagnetische methoden in het holoceen kustgebied (polderlandschappen). Uitgaande van de matrices zouden deze methoden niet de voorkeur moeten krijgen. In een aantal van deze gevallen is gekozen voor grondradar of EM vanwege de omstandigheden op de onderzoekslocatie (aanwezige verharding, of oneffen terrein), maar dit is niet altijd in de rapportage geëxpliciteerd. In het geval van onderzoek naar scheepswrakken is waarschijnlijk gekozen voor grondradar omdat die methode geschikt is om de overgang tussen verschillende afzettinglagen in kaart te brengen en scheepswraklocaties gekenmerkt worden door een typische trechtersvorm in de afzettinglagen. Maar zo'n soort redenering is in de rapportages nergens terug te vinden.

Gezien het feit dat de toepassing van geofysische methoden binnen de archeologische prospectie (in Nederland) nog erg in ontwikkeling is, zal in een heel aantal gevallen voor een bepaalde methode gekozen zijn om gewoon eens uit te proberen wat de mogelijkheden zijn van een bepaalde techniek bij bepaalde omstandigheden en een bepaalde vraagstelling. Experimenteel onderzoek is uitermate belangrijk voor de ontwikkeling in de toepassing van geofysische methoden in de archeologie. Ook in dat soort gevallen geldt echter dat alle overwegingen expliciet moeten worden gemaakt in het rapport.

## 7.5 Plaats van het geofysisch onderzoek in het AMZ-proces

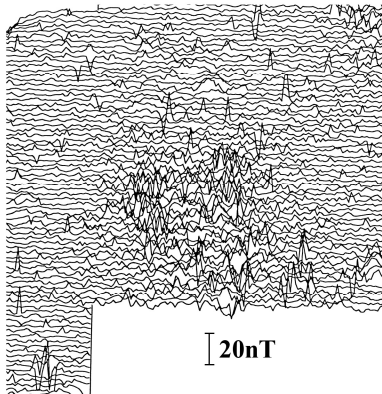
In verreweg de meeste gevallen (247; ca. 92%) waarin geofysische onderzoeksmethoden op land zijn toegepast, had dit als doel om concrete, uit andere bronnen bekende of vermoede archeologische relicten duidelijker in kaart te brengen. Het doel is dan vaak inpassing of voorbereiding van de komende opgraving. Echte verkennende onderzoeken met een brede vraagstelling – “ik wil weten wat hier zit” – zijn in Nederland zeldzaam. Bij het opwateronderzoek daarentegen is geofysische prospectie vrijwel altijd onderdeel van de verkennende fase van het archeologisch vooronderzoek. Een derde toepassing van geofysica in de archeologie ligt op het vlak van de monitoring. Het gaat daarbij om het controleren van archeologische monumenten op hun staat van conservering en het vervolgen van het eventuele verval door de tijd. Deze toepassing is in Nederland nog onbekend.

In Groot-Brittannië verschuift het accent in de laatste jaren steeds meer van objectgericht, karterend onderzoek, naar verkennend, grootschalig landschapsggericht, onderzoek. In plaats van geofysische prospectiemethoden alleen in te zetten om archeologische structuren in beeld te brengen op bekende vindplaatsen, komt er steeds meer aandacht voor het opsporen van activiteitzones. Hierbij worden grote gebieden 'gescand' op sporen van menselijke activiteit, zonder dat daarbij de nadruk ligt op het identificeren van individuele structuren. In technische zin verschuift de aandacht van het identificeren van grotere anomalieën, naar het opsporen van zones met een 'fijne ruis'.<sup>42</sup> Het verschil is subtiel, maar deze verschuiving in focus heeft verstrekkende gevolgen voor de schaal waarop geofysische prospectiemethoden kunnen worden ingezet.

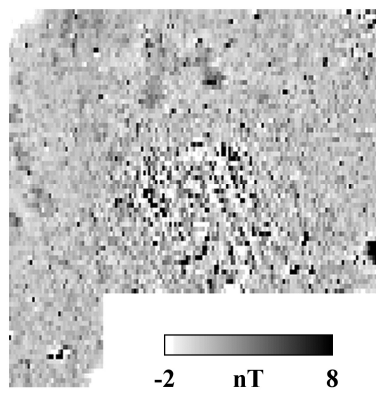
---

<sup>42</sup> “Background noise”: Persoonlijke mededeling Chris Gaffney 23 februari 2011.

Gradiometer Data

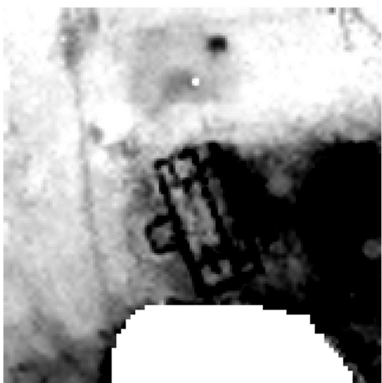


Gradiometer Data



Figuur 23:  
Romeinse villa te  
Wanborough (Hampshire);  
de magnetometerdata  
laten een gebied met ruis  
zien dat correspondeert  
met het villaterrein, terwijl  
uit de weerstandsdata  
duidelijk de plattegrond van  
de villa naar voren komt  
(Gaffney / Gater 2003,  
146).

Resistance Data - Raw



Resistance Data - High Pass Filtered



10 Ohms 33

-1 S.D. 1

0 20 40  
m



Zoals uit *figuur 23* blijkt, levert het magnetometeronderzoek een onvoldoende duidelijk beeld op om de plattegrond van de Romeinse te reconstrueren. Het elektrische-weerstandsonderzoek doet dat wel. Dat wil echter niet zeggen dat de resultaten van het magnetometeronderzoek geen informatie opleveren. Het villaterrein komt duidelijk naar voren in de data, in de vorm van 'noise'. Dat betekent dat wanneer het op basis van geofysische onderzoeksgegevens nauwkeurig willen begrenzen van individuele anomalieën wordt losgelaten, het toepassingsbereik van geofysische methoden groeit en ook de mogelijkheid ontstaat om grotere terreinen met behulp van geofysische methoden voor een veel lagere kostprijs te prospecteren. Dit is enigszins vergelijkbaar met het onderscheid dat bij booronderzoeken gemaakt wordt tussen een verkennende en karterende c.q. waarderende fase.

Voor zover bekend heeft in 14 van de 37 geselecteerde casussen (ca. 38%) gravend onderzoek (proefsleuven en/of opgraving) plaatsgevonden volgend op het geofysisch onderzoek. In 7 gevallen (50%) waren de resultaten van dit gravend onderzoek ook beschikbaar. In 5 van de 7 gevallen (ca. 71%) bevestigden de resultaten van het gravend onderzoek de resultaten van het geofysische onderzoek. In één

geval kon d.m.v. proefsleuven de op basis van de resultaten van het geofysisch onderzoek vermoede structuren niet worden aangetoond. En in één geval konden de resultaten van het proefsleuvenonderzoek moeilijk gerelateerd worden aan de visualisatie van de resultaten van het geofysisch onderzoek. Op deze locatie heeft een opgraving plaatsgevonden, maar de resultaten hiervan zijn (nog) niet beschikbaar. Uit deze beperkte statistische analyse valt dus niet goed op te maken hoe de ligging en oriëntatie van de structuren op basis van de opgravingen te relateren zijn aan de ligging en oriëntatie van structuren zoals die op basis van de resultaten van het geofysisch onderzoek vermoed werden.

Geofysische onderzoek in de archeologie is altijd complementair. Dat wil zeggen dat de resultaten altijd geïntegreerd moeten worden, bijvoorbeeld door middel van een booronderzoek. In 21 gevallen (ca. 57%) werd het geofysisch onderzoek gecombineerd met een booronderzoek. In de gevallen waarin dit niet het geval was, had dit meestal te maken met de specifieke situatie in het onderzoeksgebied (bijvoorbeeld ontoegankelijkheid vanwege de aanwezige verharding) of met de aard van de op te sporen archeologie (bijvoorbeeld scheepswrakken). In 23 gevallen (ca. 62%) heeft het geofysisch onderzoek bijgedragen aan de (in)richting van het vervolgetraject (vrijgave, onderzoek of behoud). Daarvan ging het in 7 gevallen (ca. 30%) om een advies tot deselectie. In de overige gevallen ging het om een advies voor vervolgonderzoek of behoud door inpassing. In de 7 gevallen, waarin de resultaten van het gravend onderzoek beschikbaar zijn, gaat het (in eerste instantie) om een proefsleuvenonderzoek. In 6 van de 7 gevallen (ca. 86%) valt uit de rapportage van het gravend onderzoek af te leiden dat de plaatsing van de proefsleuven (mede) gebaseerd is op de resultaten van het geofysisch onderzoek.

Misschien is het te wijten aan de beperkte diepgang van deze inventarisatie, mede als gevolg van de lastige toegankelijkheid van het relevante bronnenmateriaal, misschien ook is de beschikbare dataset in ons land nog te gering. Het blijkt echter telkens weer enorm lastig om in het algemeen – dus los van individuele gevallen – uitspraken te doen over de effectiviteit van geofysische technieken in het proces van de archeologische monumentenzorg en de besluitvorming die in dat kader plaatsvindt. Deze constatering is ook elders al eerder door anderen gemaakt.<sup>43</sup> De vraag dient echter gesteld in hoeverre we het voor andere methoden en technieken zoals veldkartering, booronderzoek en proefsleuven zoveel beter weten. Nederlandse archeologen zijn met die opsporingsmethodes weliswaar opgegroeid, maar in hoeverre hun vaak veel positievere grondhouding ten opzichte van die methoden door objectieve gegevens gestaafd wordt, is een gewetensvraag. Veel meer vergelijkend onderzoek als het gaat om de beoordeling van methoden en technieken blijft ons inziens onontbeerlijk.

## 7.6 Wijze van rapporteren, kennisinfrastructuur en kennisuitwisseling

De registratie van geofysische onderzoeken op land in Archis laat duidelijk te wensen over. Voor een deel komt dit ongetwijfeld voort uit de onbekendheid van Archis onder de veelal niet-archeologische bedrijven die zich bezig houden met geofysische prospectie binnen de Nederlandse archeologie. Ook bestaat er, in tegenstelling tot bijvoorbeeld archeologisch booronderzoek, geen aanmeldingsplicht voor dit soort onderzoek. Van de geïnventariseerde onderzoeken (273) is ruim 21% (58 gevallen) niet aangemeld in Archis. Van de wel aangemelde onderzoeken (215) is ruim 31% niet aangemeld als geofysisch onderzoek (67 gevallen). Hoeveel onderzoeken zich geheel aan de registratie onttrekken is voornamelijk onduidelijk.

---

<sup>43</sup> Zie bijvoorbeeld Linford & David, in Hey en Lacey 2001, 76-89 en met name 89.

Deze constatering is niet alleen zorgelijk als het gaat om de ontsluiting en toegankelijkheid van archeologische informatie op vindplaatsniveau, maar illustreert ook nog eens de zeer betrekkelijke betrouwbaarheid van Archis als het gaat om het bedrijven van erfgoedstatistiek voor beleid op landelijk niveau aan de hand van de deze databank alleen. Veel relevante informatie komt tegenwoordig helaas niet meer in Archis terecht, waardoor ten aanzien van trends en ontwikkeling een aanzienlijke vertekening in de beeldvorming dreigt te ontstaan.

De indruk bestaat dat de situatie bij het opwateronderzoek zich iets gunstiger ontwikkelt. Daar lijken juist in de laatste jaren de meeste onderzoeken wel te worden aangemeld in Archis. Mogelijk heeft dit te maken met het beperkte aantal uitvoerende partijen en opdrachtgevers dat bij dit type onderzoek is betrokken. De oudere onderzoeken zijn hier nu juist niet of nauwelijks te achterhalen. Over de redenen heeft de inventarisatie geen duidelijkheid kunnen verschaffen.

Van alle geïnventariseerde onderzoeken op land (273) is in een kleine 38% van de gevallen (103 gevallen) geen rapport ontsloten via Archis/Livelink of DANS. Voor het opwateronderzoek (67) geldt dit in ruim 34% van de gevallen (23 gevallen).

Hoewel in bijna alle rapportages van de geselecteerde casussen een toelichting is opgenomen op de gehanteerde methode, waarbij de principes van de methode en de algemene toepasbaarheid uiteen worden gezet, wordt maar in iets meer dan de helft van de casussen details verstrekt over de daadwerkelijke dataverwerking bij het onderzoek waarover gerapporteerd wordt (zoals frequenties, interval, elektrodenafstand). In sommige rapporten wordt ook iets in zijn algemeenheid gezegd over dataverwerking, maar geen enkel rapport verstrekt details over de dataverwerking die heeft plaatsgevonden bij het onderzoek waarover gerapporteerd wordt (zoals filtering en interpolatie). In bijna alle rapportages worden de resultaten van het onderzoek in een afbeelding weergegeven waarbij de in het veld gemeten contrasten worden gevisualiseerd door middel van het gebruik van een kleurenspectrum. De genomen stappen en gemaakte keuzes om te komen van de oorspronkelijk gemeten waarden tot het plaatje zijn echter vrijwel nergens geëxpliciteerd. In verreweg de meeste gevallen (26; ca. 70%) zijn de afbeeldingen voorzien van coördinaten, een schaalbalk, een noordpijl, een legenda en een toelichting, of in het geval van profielen en radargrammen van afstand (x-as) en diepte (y-as) en snelheid (y-as). In enkele gevallen ontbrak(en) één of meerdere van deze essentiële element(en). In één enkel geval waren in het geheel geen afbeeldingen opgenomen en in twee gevallen ontbraken de kaartbijlagen bij het rapport waardoor de afbeeldingen niet beoordeeld konden worden. In een kleine meerderheid van de gevallen waarin wel afbeeldingen beschikbaar waren (18 van 34; ca. 53%) worden de onderzoeksresultaten onafhankelijk van de interpretatie afgebeeld. In de andere gevallen (waarin afbeeldingen beschikbaar waren) zijn de interpretaties direct op de resultaten geprojecteerd, waardoor een onbevooroordeelde kijk op de gevisualiseerde resultaten voor de lezer van het rapport, niet meer mogelijk is. In de meeste gevallen (24; ca. 65%) is uit tekst goed af te leiden hoe de gemaakte interpretatie tot stand is gekomen, welke afwegingen daarbij zijn gemaakt.

Van alle geïnventariseerde geofysische onderzoeken op land is in 170 gevallen (ca. 62%) het rapport ontsloten via Livelink of DANS. De ruwe meetdata zijn in geen enkel geval ontsloten. Het is onduidelijk in hoeverre de ruwe meetdata door bedrijven wel duurzaam gearchiveerd worden. Enkele bedrijven geven aan dit wel te doen. Andere bedrijven laten weten de gegevens slechts een beperkte tijd (1 à 2 jaar) te bewaren. Omdat het aanvankelijk de bedoeling was drie onderzoeken als op zichzelf staande casussen op projectniveau te evalueren, is getracht van de drie geselecteerde onderzoeken de ruwe meetdata te achterhalen om deze nader te kunnen analyseren. In één geval waren de data naar eigen zeggen wel gearchiveerd, maar op de vraag of het ook mogelijk was de data te ontvangen werd niet gereageerd. Er kon

dus niet onomstotelijk worden vastgesteld dat de data inderdaad nog beschikbaar waren. In het tweede geval was een deel van de data gearchiveerd en werd ook beschikbaar gesteld. Een ander deel was slechts korte tijd bewaard en inmiddels niet meer beschikbaar. In het derde geval bleken de ruwe data na het afronden van het project niet te zijn gearchiveerd. Redenen voor het niet (duurzaam) archiveren van de ruwe meetdata moeten waarschijnlijk gezocht worden in de niet-destructieve aard van het geofysisch onderzoek. Het onderzoek zou dus – in theorie althans – probleemloos herhaald kunnen worden. In het geval van bedreigde archeologische vindplaatsen gaat dit argument echter al niet meer op, en is het geofysisch onderzoek dus ook niet meer reproduceerbaar.

Wellicht gaan de ontwikkelingen in de dataverwerking zo snel dat het wellicht interessanter is om op een later moment een locatie opnieuw te onderzoeken (met verbeterde methoden) dan om oude data opnieuw te analyseren. Toch moet uit oogpunt van een betrouwbare kennisinfrastructuur en de kwaliteitsborging de vraag gesteld worden in hoeverre het duurzaam archiveren van ruwe meetdata wenselijk is. Ook in de dataverwerking gaan de ontwikkelingen snel en het verwerken van oude data met nieuwe software kan eventueel tot nieuwe inzichten leiden zonder dat hiervoor opnieuw het veld in hoeft te worden gegaan. Het archiveren en ontsluiten van ruwe meetdata kan bovendien bijdragen aan de transparantie en controleerbaarheid van het geofysisch onderzoek.

## 7.7 Discussie richtlijnen en specificaties

Uit de hierboven gemaakte observaties blijkt wel dat er grote verschillen bestaan als het gaat om de voorbereiding, de wijze van uitvoering en het presenteren en archiveren van de uitkomsten van geofysisch onderzoek. Voor niet ingewijden zijn kwaliteit en betrouwbaarheid lastig te beoordelen, laat staan dat het mogelijk is verschillende onderzoeken in detail met elkaar te vergelijken. Onbekend maakt onbemind. En dat geldt waarschijnlijk ook voor het geofysisch onderzoek binnen de archeologie in Nederland. Binnen een bestel waarin andere onderdelen van het archeologisch proces via KNA en Leidraden wel in detail vastgelegd zijn, kan een bepaalde mate van regulering van dit onderdeel zowel voor opdrachtgevers als uitvoerders meer houvast en duidelijkheid bieden. In een fase waarin methoden en technieken nog volop in ontwikkeling zijn kunnen (te) strikte richtlijnen en specificaties echter ook een negatief effect bewerkstelligen. Zo kent Ierland tegenwoordig een vrij nauwgezette regulering op het gebied van geofysisch onderzoek. Volgens sommigen heeft dit geresulteerd in een verlies aan momentum in de ontwikkeling en toepassing van technieken: er is geen sprake meer van innovatie. Als gevolg hiervan is het geofysisch prospectieonderzoek in Ierland zelfs op zijn retour.<sup>44</sup>

Desalniettemin is er ons inziens wel een noodzaak voor een leidraad op het gebied van geofysische prospectie in de Nederlandse archeologie. Vooral is er een noodzaak voor het reguleren van de wijze waarop wordt gerapporteerd over geofysisch onderzoek en het reguleren van het deponeren en archiveren van onderzoeksdata. Het onderdeel VS04 'Uitvoeren geofysisch onderzoek' van het Protocol 4003 'Inventariserend Veldonderzoek' en het Protocol 4006 'Specialistisch Onderzoek' (waaronder ook geofysisch onderzoek wordt begrepen) voorzien onvoldoende in deze behoefte. Het doel van deze regulering is het beter toetsbaar en controleerbaar maken van onderzoeken om zo 1) te waarborgen dat een toename in verzamelde onderzoeksdata ook leidt tot een toename in kennis, en 2) de mogelijkheid te creëren om geofysische prospectiemethoden een volwaardig onderdeel uit te laten maken het prospectief

---

<sup>44</sup> Persoonlijke mededeling Chris Gaffney, 23 februari 2011.

archeologisch onderzoek in Nederland (toetsbaar door het bevoegd gezag), zonder de ruimte voor innovatie en ontwikkeling weg te nemen.

English Heritage heeft in 2008 een redelijk uitgebreide handreiking *Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation* uitgegeven. Hierin worden niet alleen concrete aanbevelingen gedaan bij het kiezen voor bepaalde methoden, en het toepassingsbereik, maar ook wordt veel aandacht geschonken aan de noodzaak van objectief presenteren van analyseresultaten, data-opslag, archivering etc. Deze handleiding is duidelijk niet alleen gemaakt voor de uitvoerders in het veld, maar voorziet ook in de informatiebehoefte van bijvoorbeeld opdrachtgevers en toezichthoudende overheden. Het document heeft dus veel meer een informierend en voorlichtend karakter.

De *Standard and Guidance for archaeological geophysical survey* van de IFA (2010) is veel meer gericht op uitvoerders van geofysische onderzoeken. Het legt een verband met de ethische beginselen van de archeologische beroepsgroep, legt sterk de nadruk op objectiviteit en gaat vervolgens veel meer in op het proces: Programma van Eisen, Plan van aanpak, veldwerk, analyse, rapportage, deponering en archivering. Het document is veel bondiger dan dat van English Heritage en benadert ook veel meer de opzet en inhoud van de Nederlandse KNA.

Bij de verdere afweging of en in hoeverre in Nederland een Leidraad voor de geofysische prospectie ontwikkeld dient te worden, wordt aanbevolen beide genoemde documenten grondig te bestuderen. Onze indruk is in ieder geval dat beiden zonder al te veel aanpassingen toepasbaar te maken zijn op, en te vertalen zijn naar de Nederlandse situatie.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Op vergelijkbare wijze lijkt ook de recente richtlijn in Beieren tot stand te zijn gekomen.



## 8 Conclusies en aanbevelingen

De toepassing van geofysische methoden in de archeologische prospectie op land (en op het water) is in Nederland nog volop in ontwikkeling. In het afgelopen decennium zijn enkele honderden onderzoeken uitgevoerd, waarbij veel kennis is opgedaan over de toepassing van verschillende methoden in diverse contexten. Ook zijn al enkele pogingen gedaan om de stand van kennis samen te vatten. Belangrijke voorbeelden zijn onder andere het proefschrift van Alette Kattenberg en de haalbaarheidsstudies van RAAP. Het resultaat daarvan is terug te vinden in de matrices van Alette Kattenberg en Joep Orbons zoals die zijn opgenomen in paragraaf 7.3. Deze hebben de nodige zeggingskracht als het gaat om de toepasbaarheid en kans op succes van de beschikbare geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie.

De ervaring met geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie is echter in absolute zin nog steeds beperkt. Zeker wanneer we het vergelijken met andere prospectieve technieken, zoals het archeologisch booronderzoek. De bestaande dataset van geofysisch prospectief onderzoek is dus relatief klein. Derhalve is het eigenlijk nog te vroeg om de toepassing van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie en de bijdrage van deze methode aan de archeologische prospectie methodisch-technisch te evalueren. Het gevaar bestaat dan dat methoden (gedeeltelijk) worden afgeserveerd voordat de toepassing ervan ten dienste van de archeologie volledig tot wasdom is gekomen. Deze studie heeft ook nadrukkelijk een ander doel dan het vellen van enig inhoudelijk of methodische technisch oordeel.

In het onderhavig rapport is wel getracht globaal aan te geven wat de status quo is als het gaat om gebruik van geofysische methoden in de Nederlandse archeologie. De volgende stap is om te bepalen waar de archeologische professie op dit gebied naartoe wil. Uit de conclusie dat de ervaring met geofysische prospectie in Nederland beperkt is, dat er in de landen om ons heen en op andere toepassingsgebieden veel interessante ontwikkelingen plaatsvinden, volgt dat het belangrijk is dat de ingeslagen weg verder bewandeld wordt. Naarmate er meer geëxperimenteerd wordt met de toepassing van verschillende geofysische prospectietechnieken in uiteenlopende omstandigheden zal onze kennis over de toepasbaarheid, de beperkingen en de toegevoegde waarden ervan toenemen. De vraag is hoe dit proces in banen te leiden. Is het nodig en nuttig (nu al) een leidraad op te stellen?

Het gevaar van het opstellen van een leidraad in dit stadium – zo dat al mogelijk is – is dat het gebruik van geofysische methoden in een te vroeg stadium teveel wordt dichtgetimmerd waardoor er geen ruimte meer is voor innovatie. Anderzijds is het om kenniswinst te garanderen belangrijk dat de resultaten van de onderzoeken zo ruim mogelijk beschikbaar, begrijpbaar en toetsbaar zijn. Alleen dan is het mogelijk om bij een snel groeiende hoeveelheid onderzoeksgegevens de ontwikkelingen te kunnen blijven volgen en die informatie daadwerkelijk in nieuwe kennis om te zetten.

Geofysische prospectie is een zeer specialistische werkveld. Het is echter belangrijk dat de resultaten ook voor niet-specialisten te begrijpen zijn. Dit houdt niet alleen in dat de rapportages in begrijpelijke taal zijn opgesteld en dat deze een minimum aan achtergrondinformatie over de gehanteerde methode bevatten, het betekent ook dat de rapportage controleerbaar moet zijn en dus inzicht verschaft in (details van) methoden van dataverwerving en dataverwerking. Het feit dat het om een specialistisch werkveld gaat, mag niet betekenen dat de niet-specialistische lezer de conclusies getrokken uit het onderzoek blind moet accepteren 'omdat de specialist het zegt'. Het is de geofysicus die in een bepaalde situatie voor een bepaalde methode kiest en die aan de onderzoeksresultaten bepaalde conclusies verbindt c.q. anomalieën of ruis constateert. Dat is zijn of haar vak. Maar de redenering daarbij moet expliciet worden gemaakt in het

rapport. In de specifieke Nederlandse situatie van dit moment zullen de conclusies van die specialist in veel gevallen ook nog eens door een ander in termen van archeologische structuren of fenomenen 'vertaald' moeten worden. De behoefte aan een eenduidige terminologie is daarbij groot. Alleen zo staan de onderzoeksresultaten open voor evaluatie of een second-opinion en is er ruimte voor discussie en ideevorming. Bovendien is het in het kader van de AMZ belangrijk dat een rapport toetsbaar is voor het bevoegd gezag. Dit zal in de meeste gevallen ook geen specialist zijn.

Alles overwegende zou een ontwikkelingsgerichte richtlijn met het accent op de optimalisering van aspecten als uniformering van rapportage, databeheer en kennisuitwisseling in combinatie met een heldere vraagspecificatie een positief effect voor zowel het prospectief onderzoek als de archeologische monumentenzorg in den brede kunnen hebben. Met een ontwikkelingsgerichte richtlijn wordt dus niet zozeer bedoeld het nader specificeren en vastleggen van protocollen als het gaat om de methodisch-technische toepassingen van geofysische prospectiemethoden in de Nederlandse archeologie, maar juist een richtlijn die ruimte biedt voor innovatie en ontwikkeling. Wel zou bijvoorbeeld een algemeen geaccepteerd begrippenkader kunnen worden vastgelegd, inclusief een soort thesaurus van omschrijvingen en beschrijvingen die bij de analyse en rapportage kan worden gehanteerd. Bij een dergelijke richtlijn zouden de beide bestaande Engelse richtlijnen van English Heritage en de IFA als uitgangspunt en inspiratiebron kunnen dienen. De initieel benodigde investering hoeft dan ook niet zo groot te zijn.

Om ervoor te zorgen dat de resultaten van toekomstig geofysisch onderzoek in de archeologie toegankelijk blijven is het van belang dat registratie van geofysisch onderzoek in Archis verplicht gesteld wordt. Daarnaast is het aan te bevelen om na te denken over de mogelijkheden van archivering en ontsluiting van ruwe meetdata in/via DANS.

Hoewel de verplichting tot het deponeren van digitale gegevens en het beschikbaar stellen van het specialistisch (deel)rapport zijn opgenomen in het bestaande Protocol 4006 Specialistisch Onderzoek (waaronder geofysisch onderzoek valt) binnen de KNA, moet geconstateerd worden dat op dit punt verduidelijking mogelijk en noodzakelijk is. Het Protocol Specialistisch Onderzoek heeft een zeer algemeen karakter, aangezien het van toepassing is op zeer uiteenlopende vormen van specialistisch onderzoek. Als gevolg daarvan zijn de eisen ten aanzien van deponering en rapportage zeer globaal en summier. Vastgelegd is *dat* er gedeponerd moet worden en binnen welke termijn, maar niet *wat* er gedeponerd moet worden en in welke vorm. 'Digitale documentatie' is een ruim begrip. Ten aanzien van het specialistisch (deel)rapport zijn wel globale eisen opgenomen ten aanzien van de opbouw en inhoud van het rapport. Maar om de uniformiteit van rapporten te vergroten en zo de kwaliteit en informatiewaarde van de dataset geofysische onderzoeksresultaten te verbeteren, is het aan te bevelen de eisen ten aanzien van de inhoud van de rapportage nader te specificeren. Zo bevat het Protocol de eis dat in het rapport de resultaten van analyse en uitwerking moeten worden gepresenteerd, maar niet *hoe* die moeten worden gepresenteerd. Maar anderzijds moet ook geconstateerd worden dat bijvoorbeeld aan een eis die wel in het protocol staat verwoord, namelijk dat het rapport een beschrijving van de uitwerkingsmethoden moet bevatten, nog niet in alle rapporten van geofysisch onderzoek wordt voldaan. Datzelfde geldt voor de specificatie VS04 Uitvoeren geofysisch onderzoek uit het Protocol 4003 Inventariserend Veldonderzoek. Hierin is onder andere opgenomen dat de ruwe-dataplots tot de te leveren producten behoren en dat de gebruikte instellingen van de apparatuur en de op de data uitgevoerde bewerkingen moeten worden gedocumenteerd. Deze informatie is echter in de rapporten lang niet altijd terug te vinden. Daarnaast geldt echter ook hier dat uitbreiding noodzakelijk is. De eisen die aan de rapportage worden gesteld zijn zeer beknopt geformuleerd en ook ten aanzien van de eisen op het gebied van het weergeven van de dataplots valt nog winst te behalen. Kortom: verduidelijking van de bestaande richtlijnen is mogelijk en wenselijk en daarnaast

behoeft de bekendheid en herkenbaarheid van de richtlijnen onder uitvoerders en opdrachtgevers verbetering.

Het belang van het stimuleren en reguleren van geofysische prospectie ligt er niet in dat geofysische prospectie per se beter zou zijn dan andere prospectiemethoden. Alle prospectiemethoden hebben hun voordelen en hun beperkingen. Het belang ligt in het stimuleren van maatwerkoplossingen: in elke situatie de prospectiemethode (of een combinatie van methoden) kiezen die in dat specifieke geval de meeste potentie heeft, binnen een juiste kosten-batenverhouding. Dit in plaats van het gewoontegetrouw vasthouden aan één of twee beproefde methoden; niet omdat die per se beter zijn, maar uit gewenning. In dat licht is het van belang dat de archeologische professie een breed instrumentarium ter beschikking staat. Hier komt ook de eerder genoemde relatie met remote sensing weer om de hoek kijken, net zoals de nog niet zo nadrukkelijk genoemde potentie van het geofysisch onderzoek om tegelijk voor andere doeleinden dan alleen archeologische te worden ingezet (zie hieronder).

Om de geofysische prospectie in de Nederlandse archeologie de gelegenheid te geven het experimentele niveau te ontstijgen en volwaardig onderdeel uit te gaan maken van het prospectief archeologisch onderzoek in Nederland, zijn goede en complete richtlijnen ten aanzien van het presenteren, archiveren en deponeren van onderzoeksdata van vitaal belang. Daarbij moet wel ruimte blijven bestaan voor ontwikkeling en innovatie. Geofysische prospectie kan met name ook een belangrijke rol gaan spelen in het scannen van grote gebieden op activiteitszones ('noise'), zoals uiteengezet in paragraaf 7.5. Het maken van een kostenvergelijking tussen de verschillende prospectiemethoden valt buiten het kader van deze studie. In het algemeen kan wel worden gesteld dat het prospecteren van grote plangebieden met behulp van bepaalde geofysische onderzoeksmethoden (in combinatie met controleboringen) wellicht een beperktere investering in tijd en geld vraagt dan het volledig uitboren van grote plangebieden. Daarnaast kan voordeel behaald worden doordat de bij het geofysisch onderzoek verzamelde data ook gebruikt kunnen worden voor andere doeleinden (milieuonderzoek, onderzoek naar niet gesprongen conventionele explosieven, funderings- en obstakelonderzoek). Of voor andere doeleinden met behulp van geofysische methoden verzamelde gegevens ook gebruikt kunnen worden voor archeologische prospectie, zal per geval bekeken moeten worden. Dergelijke gegevens worden in de fase van het bureauonderzoek verzameld en beoordeeld op hun bruikbaarheid. Die bruikbaarheid is grotendeels afhankelijk van de gehanteerde instellingen van de meetapparatuur en het gehanteerde grid bij het verzamelen van de data. Om de archeologische vragen te kunnen beantwoorden zijn vaak andere instellingen (gevoeligheid, afstand tussen de sensoren/elektroden, frequentie etc.) en een ander grid noodzakelijk dan de standaardinstellingen en het voor andere doeleinden gehanteerde grid.

Het advies aan het Centraal College van Deskundigen ten aanzien van de verder besluitvorming zou wat ons betreft als volgt kunnen worden samengevat :

- Onderschrijft het Centraal College van Deskundigen op basis van de uitgevoerde inventarisatie, analyse en evaluatie de noodzaak tot het verder ontwikkelen van een Leidraad en/of Protocol op het gebied van de archeologische prospectie?
- Zo ja, gaat daarbij de voorkeur uitgaat naar een Leidraad met een meer voorlichtend karakter, in de lijn van de handreiking *Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation* uitgegeven door English Heritage; of naar een Leidraad die vooral een doelspecificatie is, in lijn met de *Standard and Guidance for archaeological geophysical survey* uitgegeven door IFA. Beide documenten zijn zonder al teveel aanpassingen in principe te vertalen naar de Nederlandse situatie.

- Onderschrijft de CCvD daarbij het standpunt zoals uitgesproken in dit rapport dat een dergelijke Leidraad in dit stadium vooral ontwikkelingsgericht en stimulerend moet zijn en dat daar in een Leidraad extra aandacht aan moet worden besteed?
- Onderschrijft de CCvD daarnaast de conclusie dat de registratie en archivering van geofysische prospectie onderzoeken verbetering behoeft? Zo ja, dan zou met het veld, en met name de betrokken bedrijven en de RCE en bijvoorbeeld DANS, overlegd moeten worden hoe dit het beste te realiseren.

## Literatuur

ADAMS, J., A.F.L. VAN HOLK EN TH. J. MAARLEVELD, 1990: *Dredgers and Archaeology, Shipfinds from the Slufter, Archeologie onder water*, 2<sup>e</sup> onderzoeksrapport Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur, Alphen aan de Rijn.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE, 2011: *Standards zur Durchführung geophysikalischer Prospektion in der Archäologie in Bayern*, München.

BENJAMINS, M., 2010: *Spui-kademuren, gemeente Den Haag: Bureauonderzoek en geofysisch onderzoek (Inventariserend veldonderzoek - overig)* (Rapport 1006), Den Haag.

BERENDSEN, H.J.A., 1997: *Landschappelijke Nederland*, Assen.

DE BOER, G.H., 2005: *De Hans Vriezenschans, gemeente Sluis; archeologisch vooronderzoek: een bureau- en inventariserend veldonderzoek (waardering)* (RAAP-rapport 1088), Amsterdam.

DE BOER, P.C., 2005: *Voorburch, kasteel Waardenburg, gemeente Neerijnen* (ADC-rapport 497), Amersfoort.

BOOTH, A. / N.T. LINFORD / R.A. CLARK / T. MURRAY, 2008: 'Three-dimensional, multi-offset ground-penetrating radar imaging of archaeological targets', *Archaeological Prospection*, 15 (2), 93-112.

DE BRUIN, J. / C. BRANDENBURGH / D. VAN DER ROEST, 2009: *Geofysisch onderzoek in Leiden-Roomburg 2009* (Bodemonderzoek in Leiden 27), Leiden.

CONYERS, L.B., 2006: 'Innovative ground-penetrating radar methods for archaeological mapping', *Archaeological Prospection*, 13 (2), 139-141.

CONYERS, L.B. / J. LECKEBUSCH, 2010: 'Geophysical archaeology research agendas for the future: some ground-penetrating radar examples', *Archaeological Prospection*, 17 (2), 117-123.

DIEPEVEEN-JANSSEN, M. / R. SCHRIJVERS, 2006: *Walhof te Goor, gemeente Hof van Twente: een inventariserend veldonderzoek (IVO) door middel van boringen en geofysisch onderzoek* (Vestigia-rapport V274), Amersfoort.

DEVILLE, T. / S. HOUBRECHTS / J. ORBONS, 2010: *Vroenhof, Valkenburg, gemeente Valkenburg a/d Geul: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Bureauonderzoek, karterend booronderzoek en elektrische weerstandsmetingen* (ArcheoPro-rapport 1026), Maastricht.

ENGLISH HERITAGE, 2008: *Geophysical Survey un Archaeological Field Evaluation*, Swindon.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2010: *AFC Dinteloord, gemeente Steenberg. Voorlopige resultaten boor- en meetonderzoek* (ArcheoPro-rapport 978), Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2010: *Kerkheuvel, Boxtel, gemeente Boxtel: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Bureauonderzoek en karterend booronderzoek* (ArcheoPro-rapport 964), Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS 2010: *IKEA, Ekkersrijt, gemeente Son en Breugel: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Geofysisch onderzoek en karterend booronderzoek (ArcheoPro-rapport 832)*, Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2009: *Kasteel Bijstein, Putten, gemeente Putten: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Geofysisch onderzoek en karterend booronderzoek (ArcheoPro-rapport 8106)*, Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2009: *Jeroen Boschstraat Raamsdonksveer, gemeente Geertruidenberg: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); geofysisch onderzoek en verificatieboringen (ArcheoPro-rapport 885)*, Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2008: *Wallen, Hulst, gemeente Hulst: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Bureauonderzoek, geofysisch onderzoek en karterend booronderzoek (ArcheoPro-rapport 837)*, Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2005: *Onderzoek Heekerbeek en omgeving, gemeente Valkenburg a/d Geul (ArcheoPro-rapport 503)*, Maastricht.

EXALTUS, R. / J. ORBONS, 2005: *Archeologisch onderzoek Kilder: Zinderberg, gemeente Montferland (ArcheoPro-rapport 501)*, Maastricht.

GAFFNEY, C. / J. GATER, 2003: *Revealing the buried past. Geophysics for archaeologists*, Stroud.

GREALY, M., 2006: 'Resolution of ground-penetrating radar reflections at differing frequencies', *Archaeological Prospection*, 13 (2), 142-146.

HESSING, W.A.M. / C. SUEUR / P. C. VOS / S. WEBSTER, 2005: *Maasvlakte 2: Archeologisch vooronderzoek Fase 1. Bureauonderzoek, risicoanalyse en aanbevelingen voor vervolgstappen (Vestigia-rapport 165)*, Amersfoort.

HEY, G. / M. LACEY, 2001: *Evaluation of Archaeological Decision-making Processes and Sampling Strategies*, Oxford Archaeological Unit/Planarch,

INSTITUTE OF FIELD ARCHAEOLOGISTS (IFA), 2010: *Standard and Guidance for archaeological geophysical survey*.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR ARCHAEOLOGICAL PROSPECTION, 2010: *ISAP News*, 25 (October 2010), 3-4.

JANSEN, B. / I.R.P.M. BRIELS / A.J. TOL, 2008: *Castellum-terrein Fectio, gemeente Bunnik: een archeologisch onderzoek in het kader van de publieksopenstelling (RAAP-rapport 1778)*, Amsterdam.

JANSEN, B. / Y. RACZYNSKI-HENK / G.H. DE BOER, 2008: *Plangebied Louisapolder, gemeente Dordrecht; archeologisch vooronderzoek: een bureau- en inventariserend veldonderzoek (grondradar- en booronderzoek) (RAAP-rapport 1720)*, Amsterdam.

JORDAN, D., 2007: *Evaluating aggregate in North West England: the effectiveness of geophysical survey*, Bern.

JORDANOV, M.S., 2009: *Batterij Zwartenhoek, gemeente Terneuzen; archeologisch vooronderzoek: een bureau- en inventariserend veldonderzoek (geofysisch) (RAAP-rapport 1885)*, Amsterdam.

JORDANOV, M.S. / F. STEVENS, 2006: *Onderzoeksgebied Slikpoort te Retranchement, gemeente Sluis; archeologisch vooronderzoek: een bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek (geofysisch onderzoek) (RAAP-notitie 1488)*, Amsterdam.

KATTENBERG, A.E., 2008: *The application of magnetic methods for Dutch archaeological resource management (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies Vol. 9)*, Amsterdam (Institute for Geo and Bioarchaeology, Vrije Universiteit).

KATTENBERG, A.E., 2008: *Magnetische prospectie in de Maasvallei. Een methodologisch onderzoek (IGBA-rapport 2004-1)*, Amsterdam.

VAN KEMPEN, P.A.M.M., 2005: *Plangebied Paardenmarkt te Alkmaar, gemeente Alkmaar; een archeologisch vooronderzoek (RAAP-rapport 1149)*, Amsterdam.

DE KRUIF, S., 2010: *Plangebied Oostmaat en Kuststrook-Oost te Spakenburg, gemeente Bunschoten; archeologisch vooronderzoek: een aanvullend bureau- en inventariserend veldonderzoek (verkennde en karterende fase) (RAAP-rapport 1955)*, Amsterdam.

VAN DER KLEY, J., 1968: *De ontdekking van het Romeinse castellum Nigropullo bij Zwammerdam, Westerheem 17, 117-125.*

VAN DER KLEY, J., 1970: *Opnieuw een Romeins castellum gelokaliseerd door systematisch bodemonderzoek, Westerheem 19, 22-23.*

LECKEBUSH, J. 2003: 'Ground-penetrating radar : a modern three-dimensional prospection method', *Archaeological Prospection*, 10 (4), 213-240.

MAARLEVELD, TH.J. / P. STASSEN 1993: 'An exceptionally huge rider-mast-step from the Brouwershavensche Gat', *The International Journal of Nautical Archaeology*, 22 (3), 283-285.

MANDERS, M. / R. OOSTING / W. BROUWERS (EDS.), 2009: *Managing Cultural Heritage Underwater (MACHU): Final report (nr. 3)*, Rotterdam.

MIOULET, J. / C. BARTEN, 1994: *De Romeinse brug tussen Cuijk en Middelaar. Van Ontdekking tot reconstructie*, Utrecht.

NALES, T. / B.A. CORVER, 2009 : *De Paaldere, Het Wild, gemeente Lith: Inventariserend Veldonderzoek, karterende fase (d.m.v. geofysisch onderzoek) (B&G rapport 835)*, Noordwijk.

NEDERPELT, S.J. / M.K. BOONSTRA / F. VAN DEN OEVER, 2010: *Grondradaronderzoek Liesselseweg 141 te Deurne: ruimtelijk advies op basis van een inventariserend veldonderzoek (IVO) door middel van grondradar en controleboringen (Vestigia-rapport V848)*, Amersfoort.

ORBONS, J., 2010: *Bonne Femme Maastricht, gemeente Maastricht. Geofysisch onderzoek (ArcheoPro-rapport 1021)*, Maastricht.

ORBONS, J. 2010: *Vuursteenmijn en Michelsbergnederzetting, Rijkholt-Sint Geertruid, gemeente Margraten: Archeologisch-Geofysisch onderzoek (ArcheoPro-rapport 984)*, Maastricht.

ORBONS, J., 2009: *Meerssenerweg, Maastricht, gemeente Maastricht: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Geofysisch onderzoek (ArcheoPro-rapport 736)*, Maastricht.

ORBONS, J., 2008: *Elsenewal, Nieuwstadt, gemeente Echt-Susteren: Inventariserend Veldonderzoek (IVO-O); Geofysisch onderzoek (ArcheoPro-rapport 886)*, Maastricht.

ORBONS, J., 2008: *Gennep, Locatie 4; Gracht/greppel uit 1640: Geofysisch onderzoek (ArcheoPro notitie)*, Maastricht.

ORBONS, J., 2005: *Van Ideeën, via improvisaties, naar innovaties in prospectiemethoden*, in: M.H. van den Dries & W.J.H. Willems (red.): *Innovatie in de Nederlandse Archeologie*, uitgave SIKB.

ORBONS, J., 2001: *Potentie voor geofysisch onderzoek in sturing van archeologische opgravingen (Souterrains Rapport)*, Maastricht.

OVERZEE, B., 1978: 'Toepassing van geo-elektrische weerstandsmethode bij archeologisch vooronderzoek', *Spiegel Historiae*, 13 (4), 215-221.

ORBONS, J. / R. PAULUSSEN, 2009: *Sportvelden, Schinveld, gemeente Onderbanken: Inventariserend*

RIETKERK, M., 2008: *Plangebied jachthaven Lagedijk te Penningsveer, gemeente Haarlemmerliede en Spaarnwoude; archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (RAAP-rapport 1729)*, Amsterdam.

RIETKERK, M., 2008: *Onderzoeksgebied Zoutmansweg te Reeuwijk, Gemeente Reeuwijk; archeologisch vooronderzoek: een aanvullend bureauonderzoek en een inventariserend veldonderzoek (geofysisch) (RAAP-rapport 1722)*, Amsterdam.

RIJKSWATERSTAAT, 2001: *Metten met MEDUSA (RIKZ-rapport 2001.035)*, Den Haag.

RIJKSWATERSTAAT, DIRECTIE IJSELMEERGEBIED, 2002: *IMAGO Rapport Informatiestrategie (RDIJ-rapport 2002-5)*, Lelystad.

RINGENIER, H. / W.J. BLOEMINK, 2005: *Huis De Nettelhorst, gemeente Lochem; archeologisch vooronderzoek: een bureau-, bouwhistorisch en inventariserend veldonderzoek (RAAP-rapport 11860)*, Amsterdam.

SCHEPERS, M. / R. EXALTUS / J. ORBONS, 2008: *Koelesweg, Belfeld, gemeente Venlo: Inventariserend Veldonderzoek (IVO); Bureauonderzoek, oppervlaktekartering, karterend booronderzoek en geofysisch onderzoek (ArcheoPro-rapport 743)*, Maastricht.

SCHIFERLI, R. / J. MOLEMA / T.J. TEN ANSCHER, 2005: *Jongemastate, gemeente Boarnsterhim; archeologisch vooronderzoek: een geofysisch onderzoek (RAAP-rapport 1027)*, Amsterdam.

SCHOLTE LUBBERINK, H.B.G., 2005: *Onderzoeksgebied Landgoed Ampsen te Lochem, gemeente Lochem; archeologisch vooronderzoek: een bureau- en inventariserend veldonderzoek (RAAP-rapport 1204)*, Amsterdam.



SIKB, 4 OKTOBER 2010: *Plan van Aanpak PRJ 157 Leidraad Integrale benadering vooronderzoek, Deelopdracht I Uitwerken Geofysisch onderzoek in de archeologie*, Gouda.

SOONIUS, C.M., 2008: *Plangebied Kanaaldijk in de Westzanerpolder, gemeente Zaanstad; archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek m.b.v. georadar (RAAP-notitie 2760)*, Amsterdam.

STIEKEMA, M. / H.M. VAN DER VELDE / F.S. ZUIDHOFF, 2006: *Raalte – De Zegge VII: Een bureauonderzoek en Inventariserend Veldonderzoek in de vorm van boringen en geofysisch onderzoek (ADC-rapport 796)*, Amersfoort.

SUEUR, C., 2006: *Remote sensing voor archeologische prospectie en monitoring*, RAAP-rapport 1261 in samenwerking met Vestigia BV Archeologie & Cultuurhistorie, Amsterdam.

VERHELST, E. / B. TOPS / A. KATTENBERG, 2006: *Inventariserend Veldonderzoek door middel van elektrische weerstandsmetingen in het plangebied Varik – Molenblok, gemeente Neerijnen. Karterende fase (ZAN 72)*, Amsterdam.

VIBERG, A. / I. TRINKS / K. LIDÉN, 2011: 'A review of the use of geophysical archaeological prospection in Sweden', *Archaeological Prospection*, 18 (1), 43-56.

WEAVER, W., 2006: 'Ground-penetrating radar mapping in clay: success from South Carolina, USA', *Archaeological Prospection*, 13 (2), 147-150.

## Digitale bronnen

- Archeologisch Informatiesysteem (Archis): <http://archis2.archis.nl/archisii/html/index.html>
- Centraal Archeologisch Informatiesysteem (CAI): <http://www.vioe.be>
- Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie Landbodems 3.2, Protocol 4003 Inventariserend Onderzoek: <http://www.sikb.nl>
- Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie Landbodems 3.2, Protocol 4006 Specialistisch Onderzoek: <http://www.sikb.nl>
- Nationale Onderzoeksagenda Archeologie, Hoofdstuk 6 Archeologische prospectie, Deel 3 Onderzoeksmethodieken, Paragraaf 3.2 Inventariserend Veldonderzoek (IVO), Subparagraaf 3.2.4 Geofysische methoden: <http://www.noaa.nl>
- Onderzoeksbalans Vlaanderen: <http://www.onderzoeksbalans.be>



## Bijlagen

- Bijlage 1: Nadere beschrijving 5 in de archeologie meest gangbare geofysische prospectiemethoden
- Bijlage 2: Lijst van benaderde bedrijven
- Bijlage 3: Lijst van geïnventariseerde geofysische onderzoeken op land
- Bijlage 4: Lijst van geïnventariseerde opwateronderzoeken



## Bijlage I: Nadere beschrijving 5 in de archeologie meest gangbare geofysische prospectietechnieken

### *Elektrische-weerstandsonderzoek*

De kwaliteit van de resultaten van elektrische-weerstandsonderzoek hangt vooral af van het contrast tussen de matrix en het te karteren object. Belangrijk bij deze methode zijn niet zozeer de werkelijk gemeten waarden, maar het contrast tussen de gemeten waarden binnen het onderzoeksgebied.<sup>1</sup> Omdat de methode vrij arbeidsintensief is, is deze niet geschikt als verkennende prospectie methode.<sup>2</sup> Omdat er uiteenlopende factoren zijn die het vochtgehalte in de bovengrond bepalen en het vochtgehalte ook sterk kan fluctueren, kan het interpreteren van de verzamelde data soms lastig zijn. Over het algemeen leveren fenomenen zoals puinbanen, muurresten, een kunstmatig oppervlak, wegen en paden, en askisten of sarcofagen van steen een anomalie van hoge weerstand op. Grachten, greppels, kuilen, sloten, graven en pijpen van metaal leveren een anomalie van lage weerstand op. Problematisch is hierbij dat de normale uitslag van de matrix kan variëren naar gelang het seizoen. In de winter zal het verschil in weerstand tussen een greppel in de ondergrond en de verzadigde matrix beperkt zijn. Een ander probleem kan optreden wanneer sprake is van een brede greppel. In dat geval kan het vocht in de greppel naar bodem worden getrokken waardoor de bovenste lagen juist erg droog zijn (vooral in bodems met een hoog kleigehalte). Het zal niet vaak voorkomen dat een fenomeen met een hoge weerstand, zoals muurresten, een lage weerstand opleveren in de metingen. Het is echter wel mogelijk dat een dergelijk fenomeen toch moeilijk te 'lezen' is, als gevolg van een droge matrix waardoor het contrast in vochtgehalte te beperkt is.

De methode wordt uitgevoerd met een opstelling waarbij men wisselstroom doet gaan tussen twee elektroden die in de grond worden gestoken. Naast deze twee stroomsondes worden twee potentiaalsondes gebruikt die de spanning meten. De vier sondes kunnen op verschillende wijzen worden geconfigureerd. Een veel gebruikte methode is de zogenaamde Twin Probe, waarbij één sondepaar (stroomsonde en potentiaalsonde) op een vaste plaats buiten het onderzoeksgebied worden geplaatst en één sondepaar mobiel wordt gebruikt om de metingen mee te verrichten. De meeste weerstandsonderzoeken in de archeologie worden uitgevoerd met een configuratie waarbij er sprake is van een constante afstand tussen de sondes en waarbij in een vast grid (bijvoorbeeld 1 x 1 meter) data worden verzameld. Bij een afstand van 1 m tussen de twee sondes kan data worden verzameld tot ongeveer 1 m - mv. Hoe groter de afstand tussen de sondes, hoe dieper er gemeten kan worden. Maar hoe groter de afstand tussen de sondes, hoe groter het bodemvolume dat de weerstandsmeting bepaalt, en dus hoe onnauwkeuriger het resultaat.

Met een weerstandsmeter kan ook een pseudoprofiel gemaakt worden. Hierbij wordt een lange lijn elektroden uitgezet op een vaste afstand van elkaar. Er worden verschillende metingen gedaan op deze lijn waarbij de afstand tussen de elektroden uit één configuratie steeds iets vergroot wordt. Van elk meetpunt wordt de weerstand berekend en omgezet naar weerstandsvermogen. De waarde wordt toegekend aan een geschatte diepte. Het aldus gegenereerde beeld van weerstandsvermogen van de ondergrond naar geschatte diepte wordt een pseudoprofiel genoemd. Door middel van inversieberekeningen is verdere uitbreiding mogelijk.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Persoonlijke mededeling Joep Orbons 1 mei 2011.

<sup>2</sup> NOaA, paragraaf 6.3.2.4.

<sup>3</sup> Persoonlijke mededeling Joep Orbons 1 mei 2011.

Een voorbeeld van elektrische-weerstandsonderzoek in Nederland is het onderzoek naar de restanten van het Huis Varik binnen het plangebied Varik – Molenblok in de gemeente Neerijnen. Hierbij konden door middel van weerstandsmetingen zowel de hoofdburcht met muurresten en een vermoedelijk brug over de slotgracht, als de voorburcht omgeven door een tweede gracht, in kaart worden gebracht.<sup>4</sup>

#### *Elektromagnetische technieken (EM)*

Met elektromagnetische (EM) technieken wordt met name het geleidingsvermogen van de ondergrond gemeten en de toepassing van de methode is daarom vergelijkbaar met die van het elektrisch weerstandsonderzoek. De methode is geschikt om de overblijfselen van aarden heuveltjes en wallen op te sporen, opgevulde grachten, greppels en kuilen, restanten van steenbouw en puin in de ondergrond en metaalhoudend objecten. Het voordeel van de elektromagnetische methode is dat de elektrische stroom in de ondergrond wordt opgewekt zonder dat er fysiek contact hoeft te worden gemaakt met de bodem. Dit betekent dat de methode ook kan worden toegepast in gebieden waar contact met het oppervlak niet overal even goed mogelijk is, of waar de contactweerstand groot is (zoals bij zand). Elektromagnetische methoden zijn beter geschikt voor gebieden met een droge bovengrond dan elektrische weerstandsmetingen. Daarnaast is het van belang dat met moderne elektromagnetische methoden ook de magnetische ontvankelijkheid kan worden gemeten. Nadeel van elektromagnetische technieken is dat ze minder scherpe beelden opleveren dan elektrische-weerstandsonderzoek.<sup>5</sup>

Een voorbeeld van de toepassing van elektromagnetische technieken is een onderzoek in Dinteloord in de gemeente Steenbergen, waarbij met behulp van elektromagnetisch onderzoek inzicht werd verkregen in de geologische overgangen van zand naar veen en klei binnen het plangebied. De methode is uitermate geschikt voor het in beeld brengen van dergelijke grootschalige fenomenen.<sup>6</sup>

#### *Ground-penetrating radar (GPR)*

Grondradar behoort tot de familie van de elektromagnetische technieken. Radiogolven worden de grond in gestuurd en die weerkaatsen op de overgangen tussen de verschillende bodemlagen met uiteenlopende permittiviteit (diëlektrische constante). De weerkaatsingen worden opgevangen en de tijd tussen uitzenden van de golven en het opvangen van de weerkaatsingen wordt geregistreerd. Op basis daarvan wordt de diepte van het oppervlak dat de golf heeft weerkaatst, geschat. De reikdiepte van de grondradar is afhankelijk van de frequentie van de radiogolven. Meestal ligt de centrale frequentie tussen de 200 en 500 MHz, maar er worden ook zendantennes geproduceerd en gebruikt met een centrale frequentie van slechts 80 MHz tot antennes met een centrale frequentie van maar liefst 1 GHz. Hoe hoger de centrale frequentie van de antenne, hoe kleiner het apparaat en hoe beperkter de reikdiepte. De antennes met een lagere centrale frequentie zijn vaak zo groot dat ze met een gemotoriseerd voertuig moeten worden voortbewogen. De keuze voor een antenne is dus het resultaat van archeologisch inhoudelijke overwegingen (geologie in het onderzoeksgebied, verwachte diepte van archeologisch lagen, verwachte omvang van archeologische sporen) en praktische overwegingen (toegankelijkheid van het onderzoeksgebied).

De resolutie van het beeld dat met grondradar van de ondergrond wordt verkregen is afhankelijk van de golflengte van de elektromagnetische puls. Met een antenne met een hoge centrale frequentie en dus korte golflengte kunnen anomalieën die samenhangen met kleinere fenomenen in kaart worden gebracht. De golflengte en de snelheid waarmee het signaal zich voortbeweegt worden echter ook beïnvloed (verkleind) door de relatieve permittiviteit van de bodem. Hierdoor kan met antennes met een lagere centrale

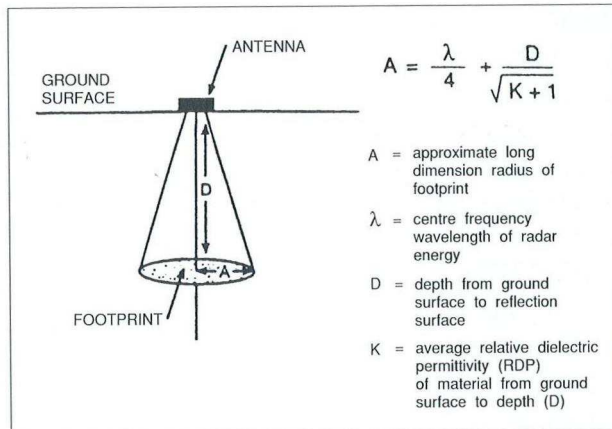
---

<sup>4</sup> Verhelst / Tops / Kattenberg 2006.

<sup>5</sup> Persoonlijke mededeling Joep Orbons 1 mei 2011.

<sup>6</sup> Exaltus / Orbons 2010.

frequentie, met een theoretische grote golflengte, toch een geschikt resolutie worden bereikt die geschikt is voor archeologische prospectie. De resolutie wordt echter verder vertroebeld door het feit dat het beeld van de ondergrond dat wordt verkregen niet het resultaat is van een blik recht naar beneden. Op elk punt is het gemeten gebied niet cilindrisch, maar conisch. Het beeld dat verkregen wordt van een bepaalde diepte is ovaal en wordt groter naarmate de diepte toeneemt (figuur 1).



Figuur 1:  
De signaalbundel van de GPR antenne behoudt niet zijn vorm, maar spreid uit naarmate deze dieper reikt (Gaffney / Gater 2003, 51).

De belangrijkste succes- of faalfactoren bij grondradar onderzoek (evenals bij andere soorten elektromagnetische prospectie) zijn de elektrische eigenschappen van de bodem. In geval van bodemmateriaal met een groot geleidingsvermogen (zoals klei), zal verstrooiing optreden. Ook in water met een hoog zoutgehalte wordt het signaal gedempt. Grondradar werkt het beste in gebieden met goede contrasten in elektrische weerstand en is bijvoorbeeld geschikt voor het in kaart brengen van stenen funderingen en bakstenen structuren. De weerkaatsingen die gelijkstaan aan veranderingen in relatieve permittiviteit kunnen wijzen op een interface tussen afzettinglagen of materialen. Reflecties met een hoge amplitude worden geproduceerd wanneer de verandering in snelheid op een overgang groot is. Met de techniek zouden ook opgefulde kuilen en greppels, graven, afgedekte wegoppervlakken, met lucht gevulde ruimtes en metalen en houten artefacten opgespoord moeten kunnen worden. Variatie in relatieve permittiviteit hoeft niet het gevolg te zijn van een overgang tussen lagen of materialen, maar kan ook samenhangen met een verandering in vochtgehalte.

Om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van de diepte waarop waargenomen fenomenen zich bevinden, is het van belang dat de snelheid waarmee de golven zich door de ondergrond bewegen nauwkeurig wordt geschat.

Een voorbeeld van grondradaronderzoek in Nederland is het onderzoek naar de ligging van het Romeins castellum en de middeleeuwse stadspoort Onze Lieve Vrouw in Maastricht. Hoewel, waarschijnlijk door het grote aantal kabels en leidingen in de ondergrond, de ligging van de stadspoort met behulp van grondradar niet vastgesteld kon worden, konden wel de muurresten van het castellum binnen het plangebied in kaart worden gebracht.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Orbons 2010.

### *Magnetometrie*

Het voordeel van magnetometer onderzoek is dat met het in kaart brengen van kleine variaties in het aardmagnetisch veld een gedetailleerd beeld van een vindplaats kan worden verkregen waarbij in de ondergrond aanwezige sporen of structuren met een verticale component (features) meestal redelijk kenmerkende anomalieën opleveren in vorm en in sterkte van de afwijking. De methode is sneller dan elektrische weerstandsmetingen en is daarom wel geschikt voor verkennend onderzoek.<sup>8</sup> De methode is met name geschikt om sporen en structuren op te sporen waarin verbranding heeft plaatsgevonden bij een dusdanig hoge temperatuur dat de magnetische eigenschappen van de matrix zijn veranderd (haarden en ovens), om baksteen en baksteenstructuren in kaart te brengen, en ook om sporen en structuren zoals kuilen greppels in kaart te brengen. Op basis van de studie van Alette Kattenberg (2008) wordt echter het gebruik van de magnetometer op getijdenafzettingen afgeraden, tenzij de sporen zich onder de grondwaterspiegel bevinden en organisch materiaal bevatten, omdat deze door de formatie van ijzersulfiden juist een groot magnetische contrast kunnen krijgen. Ook het dekzandgebied lijkt niet geschikt voor magnetische prospectie van archeologische resten. In het duin- en lössgebied is de magnetometer waarschijnlijk wel goed bruikbaar, evenals in het riviereengebied. De aanwezigheid van overliggende lagen, zoals een plaggendek, resulteert in een grotere afstand tussen de magnetometer en de archeologische resten. Deze afstandsvergroting veroorzaakt een reductie van het signaal en heeft een negatieve invloed op de detecteerbaarheid van archeologische sporen. De variabiliteit van niet-archeologische lagen in de matrix kan ervoor zorgen dat een aanwezig archeologisch signaal niet in de data te onderscheiden is. Voorbeelden van lagen met een variabele magnetische susceptibiliteit zijn de bouwvoor, het plaggendek in afdekkende lagen en het voorkomen van ijzersulfiden en roodzand in onderliggende lagen.<sup>9</sup>

Bij magnetometeronderzoek worden anomalieën in het aardmagnetisch veld gemeten die samenhangen met de aanwezigheid van zwak gemagnetiseerde ijzeroxiden in de ondergrond. Ook bij deze methode is de kwaliteit uiteraard afhankelijk van het contrast tussen de matrix en het te karteren archeologisch fenomeen. Dit contrast kan het resultaat zijn van thermoremanent magnetisme, van verschillen in magnetische susceptibiliteit, of van een combinatie van beide. Beide fenomenen zijn uiteraard afhankelijk van de hoeveelheid ijzeroxiden in de bodem. In bodems met een laag ijzeroxidegehalte zullen slechts kleine anomalieën kunnen optreden. Gelukkig kunnen met magnetometers zeer kleine variaties worden gemeten.

In het geval van thermoremanent magnetisme zijn zwak magnetische materialen verhit tot voorbij het Curiepunt en hebben daardoor een permanente magnetisatie gekregen die samenhangt met de richting van het magnetisch veld waarin het materiaal is afgekoeld. Wanneer het Curiepunt wordt gepasseerd, wordt het ijzer gedemagnetiseerd: de magnetische eigenschappen van het materiaal worden gewist. Wanneer het materiaal afkoelt, wordt het opnieuw gemagnetiseerd en krijgt nieuwe en permanente magnetische eigenschappen eigen aan de relatieve positie van het materiaal ten opzichte van het aardmagnetisch veld. Deze eigenschappen contrasteren daardoor met het omliggende niet-verhitte materiaal.

Bij magnetische susceptibiliteit (magnetische ontvankelijkheid) gaat het om de mate waarin blootstelling aan een magnetisch veld leidt tot magnetisering. Hoe meer gemagnetiseerd een materiaal wordt wanneer het wordt blootgesteld aan een magnetisch veld, hoe groter de magnetische susceptibiliteit. Dit magnetisme is een tijdelijke reactie op de blootstelling aan een magnetisch veld. Vanwege de aanwezigheid van het aardmagnetisch veld is er echter permanent sprake van een dergelijke reactie. Daarom is het ook mogelijk om met een passief instrument als een magnetometer variatie in magnetische susceptibiliteit te meten. Gegevens over de magnetische susceptibiliteit zijn essentieel voor het verkrijgen van coherente resultaten uit magnetometer onderzoek. Informatie over verschillen in magnetische susceptibiliteit van de bovengrond

---

<sup>8</sup> NOaA, paragraaf 6.3.2.4.

<sup>9</sup> Kattenberg 2008, 229.



en de ondergrond kan worden gebruikt om een inschatting te maken of magnetometeronderzoek succesvol kan worden toegepast. Daarnaast kan ruimtelijke variatie in magnetische ontvankelijkheid van de bovengrond zelf ook een indicatie zijn van de aanwezigheid van archeologie in de ondergrond.

Het is belangrijk in gedachten te houden dat alle magnetische eigenschappen die aan archeologische fenomenen kunnen worden toegekend, zijn ingebed in het aardmagnetisch veld, en dat dit magnetisch veld zowel lokale variaties als variaties door de tijd heen kent.

De meest voorkomende magnetometer maakt gebruik van een fluxgate sensor. Deze sensor is gemaakt van een zeer ontvankelijke metalen kern die magnetisch verzadigd raakt door het aardmagnetisch veld. Rondom de kern zijn twee spoelen gewonden, een primaire en een secundaire. Wisselstroom gaat door de primaire spoel en de kern raakt onder invloed van de stroom altemeerend verzadigd, waarbij het veld steeds van polariteit verandert. De verandering van polariteit veroorzaakt een stroom door de secundaire spoel. De frequentie hiervan is afhankelijk van de snelheid waarin de kern magnetisch verzadigt raakt.

Meestal wordt bij de fluxgate instrumenten gebruik gemaakt van een gradiometer configuratie. Hierbij zijn de twee sensoren verticaal boven elkaar geplaatst, op een afstand van 0,5 of 1 m van elkaar. Met de bovenste sensor wordt het aardmagnetisch veld gemeten. Met de onderste sensor wordt datzelfde veld gemeten, maar hier worden de metingen beïnvloed door eventueel in de ondergrond aanwezige resten. Door de meetresultaten van de bovenste en de onderste sensor met elkaar te vergelijken, kan de waargenomen anomalie die kan worden toegeschreven aan archeologische sporen, worden bepaald. Wanneer er geen sprake is van archeologische resten die voor een magnetische afwijking zorgen en ook geen sprake van recent puin aan het oppervlak, zal het verschil tussen de meetresultaten van de twee sensoren op hetzelfde punt nihil of zeer klein zijn. Deze methode biedt een aantal voordelen: 1) de methode is snel; 2) de resultaten van het onderzoek worden niet beïnvloed door variaties in het aardmagnetisch veld omdat beide sensoren in gelijke mate beïnvloed worden door deze variaties; 3) de resultaten van het onderzoek worden niet beïnvloed door geologische en vergelijkbare variaties: het meetresultaat van de achtergrond waartegen gemeten wordt is immers altijd 0 omdat beide sensoren hetzelfde registreren. Hoe kleiner de afstand tussen de twee sensoren, hoe beperkter de reikdiepte.

Met behulp van magnetometeronderzoek worden in Nederland bijvoorbeeld ijzersmeltovens of pottenbakkersovens opgespoord en gekarteerd. Maar bij een onderzoek in de gemeente Neerijnen is met behulp van magnetometrie de voorburcht van kasteel Waardenburg gekarteerd. Daarbij kon het verloop van de grachten en de locatie van twee bakstenen brughoofden in kaart gebracht worden.<sup>10</sup>

#### *Magnetische susceptibiliteit*

Menselijke activiteit kan een groot effect hebben op de magnetische susceptibiliteit van de bodem. In de nabijheid van een archeologische vindplaats is de susceptibiliteit van de bovengrond vaak groter dan die van de achtergrond waartegen gemeten wordt. Deze toename is vaak het gevolg van het roeren van de vindplaats als gevolg van ploegen of bioturbatie. In feite wordt dus de mate waarin een archeologische vindplaats is opgenomen in de bouwvoor gemeten. Onderzoek naar de magnetische susceptibiliteit kan gebruikt worden bij het opsporen van grote nederzettingen of vindplaatsen waar langdurig gewoond is.

De magnetische susceptibiliteit van de bovengrond is vaak hoger dan die van de ondergrond. Vooral in het lössgebied en de Maasvallei is het verschil in ontvankelijkheid tussen de boven- en ondergrond groot. Negatieve archeologische sporen zoals greppels en kuilen, die na verloop van tijd weer opgevuld zijn geraakt, worden daarom gekenmerkt door een hogere ontvankelijkheid dan de ongeroerde bodem waarin

---

<sup>10</sup> de Boer 2005.

ze zich bevinden. In het zeeleigebied lijkt het verschil in magnetische susceptibiliteit tussen boven- en ondergrond gering te zijn. Hoewel er in het dekzandgebied wel sprake is van een differentiatie in ontvankelijkheid tussen boven- en ondergrond, wordt de toepassing van de methode daar bemoeilijkt door de aanwezigheid van plaggendecken.<sup>11</sup>

De magnetische ontvankelijkheid of susceptibiliteit is het vermogen van een materiaal om tijdelijk gemagnetiseerd te worden. Om hieraan een absolute waarde te kunnen koppelen is een actief instrument nodig. De opgewekte magnetisering is het resultaat van de ontvankelijkheid van het materiaal en het veld dat wordt toegepast. De magnetische susceptibiliteit kan worden bepaald in het veld. De meest gebruikte sensor hiervoor is de MS2D. Dit is een sensor met een enkele spoel. In de spoel wordt een alternerend magnetisch veld opgewekt van 80 Ampère per meter (A/m). De bodem of het materiaal dat aan dit veld wordt blootgesteld zal de frequentie in de spoel beïnvloeden naar gelang de magnetische ontvankelijkheid van de bodem of het materiaal. Veel van de gebruikte instrumenten hebben slechts een beperkt dieptebereik (tot 10 cm –mv). In dit geval is het dus niet mogelijk om met het instrument sporen op het archeologisch niveau in kaart te brengen. Wel kan de verhoogde magnetische ontvankelijkheid van de bovengrond die verband houdt met een archeologische vindplaats (relatief ten opzichte van de bovengrond in de omgeving) worden gekarteerd. Daarnaast kan de magnetische susceptibiliteit van een standaard volume of gewicht aan bodemmateriaal in het laboratorium worden bepaald.

Het resultaat van deze onderzoeksmethode is sterk afhankelijk van bodemgebruik. In een onderzoeksgebied dat gefragmenteerd is in bodemgebruik, zal deze methode nauwelijks resultaat opleveren.<sup>12</sup>

Magnetiseerbaarheidsonderzoek is tot op heden in Nederland uitsluitend uitgevoerd in het kader van haalbaarheidsstudies, bijvoorbeeld in relatie tot De Maaswerken. In de Maasvallei is de methode met succes toegepast.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Kattenberg 2008, 22.

<sup>12</sup> Persoonlijke mededeling Joep Orbons 1 mei 2011.

<sup>13</sup> Kattenberg 2004; Kattenberg 2008.

## Bijlage 2: Benaderde bedrijven

organisatie	reactie	ontvangen informatie
Arcadis	ja	geen onderzoeken uitgevoerd in het kader van archeologische prospectie
DEEP BV	nee	-
Drain Solutions	nee	-
DW Consulting	ja	lijst met uitgevoerde onderzoeken aangeleverd
Fugro	ja	geen onderzoeken uitgevoerd in het kader van archeologische prospectie
GeoDelft	ja	geen informatie ontvangen
Geofox-Lexmond	ja	ca. 10 onderzoeken uitgevoerd in de afgelopen 10 jaar
Grontmij	ja	lijst met uitgevoerde onderzoeken aangeleverd
Saricon	ja	zie reactie hieronder
ICM Groep	ja	geen onderzoeken uitgevoerd in het kader van archeologische prospectie
Medusa	ja	lijst met uitgevoerde onderzoeken aangeleverd
Metaldec Survey BV	nee	-
M.J. Oomen Radartechniek	ja	geen onderzoeken uitgevoerd in het kader van archeologische prospectie
PL Maatvoering en leidingregistratie	nee	-
T&A Survey	ja	ca. 10 onderzoeken uitgevoerd in de afgelopen 10 jaar (grondradar: met name funderingsresten in kaart brengen)
Teccon	ja	lijst met uitgevoerde onderzoeken aangeleverd
Terra Carta	ja	geen onderzoeken uitgevoerd in het kader van archeologische prospectie
ArcheoPro	ja	lijst met uitgevoerde onderzoeken aangeleverd
ACVU-HBS	nee	-
VU – IGBA	ja	niet op grote schaal onderzoek uitgevoerd

### Reactie Saricon:

Nog even nakauwend op je vraag denk ik dat de werkverdeling van Saricon op dit moment als volgt is:

40% archeologie

35% op zoek naar bommen/vliegtuigen

10% op zoek naar obstakels in het algemeen (K&L, funderingen, dumps, etc...)

10% milieugericht: opsporen&bepalen omvang gedempte sloten, stortplaatsen, puinclusters etc.

5% pilots met meest uiteenlopende doelen (grenzen verkennen)

5% risk assesment: verkennend onderzoek, wat zien we en wat betekent dit voor disciplines civiel, milieu, archeo etc.

Archeologie is weer onderverdeeld in:

35% op zoek naar vermoede funderingen huizen, kastelen, (stads)muren

25% bepalen geologie, pleistocene landschap (sterk groeiend)

10% bevestigen structuren gezien in bv lufo's, remote sensing zonder vermoeden van oorzaak

10% vermoeden van grootschalige structuren (niet steen) bevestigen en exacter plaatsen (loopgraven, aarden wallen etc.)

10% resten van houten bouwwerken (sluizen, scheepswrakken etc.)

10% meet maar, en we zien wel wat er in de data verschijnt

Bovenstaande is slechts nu even bedacht en niet gebaseerd op degelijke analyse van opdrachten afgelopen jaar. Geofysica is echter sterk groeiende dus percentages schommelen ook.



Bijlage 3: Geinventariseerde geofysische onderzoeken op land (1996-2010)

OMG	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Combinatieonderzoek	Plaats	Gemeente	Provincie	Type vindplaats	Globale landschappelijke regio	Literatuur	Rapport
1.855	1998	AAC	magnetometrie	opgraving	Broekpolder	Heemskerk	Noord-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
2.033	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	boringen	Vianen	Vianen	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Nuijten / Exaltus 1998 (RAAP-rapport 330)	ja
2.158	1999	Gemeente Maastricht	magnetometrie	opgraving	Borgharen	Maastricht	Limburg	Romeins villaterrein / grafveld	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
2.239	2001	ADC	magnetometrie	opgraving	Heeten	Raalte	Overijssel	nederzetting / ijzerproductie	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
2.626	2002	ADC / DW Consulting	magnetometrie (GRAD-601)	opgraving	Raalte	Raalte	Overijssel	nederzetting / ijzerproductie	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
2.824	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Peize	Noordenveld	Drenthe	borg / stins / versterkt huis	pleistoceen	van Kempen 2000 (RAAP-rapport 534)	ja
2.828	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	nee	Papendrecht	Graafstroom	Zuid-Holland	houtschoolconcentratie	holoceen rivierengebied	Orbons 1997 (RAAP briefrapport)	nee
2.851	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	booronderzoek	Schagen	Schagen	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	van Kempen 2000 (RAAP-rapport 549)	ja
2.859	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	nee	Berg	Maastricht	Limburg	Romeins villaterrein	pleistoceen	Orbons 1998 (RAAP-briefrapport 1998-976/MW)	nee
2.868	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Malden	Heumen	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Orbons 1998 (RAAP-briefrapport 1998-1221/MW)	nee
2.910	1998	RAAP	electromagnetisch onderzoek	nee	Deurne	Deurne	Noord-Brabant	onderaardse gang	pleistoceen	Orbons 1998 (RAAP-briefrapport 1998-1668/MW)	nee
2.928	1998	RAAP	xxx	nee	xxx	Geldermalsen	Gelderland	kloostercomplex	holoceen rivierengebied	Orbons 1999 (RAAP-briefrapport 1999-215/MW)	nee
2.929	1998	RAAP	xxx	nee	xxx	Geldermalsen	Gelderland	kloostercomplex	holoceen rivierengebied	Orbons 1999 (RAAP-briefrapport 1999-215/MW)	nee
2.938	1998	RAAP	xxx	booronderzoek	Goutum	Leeuwarden	Friesland	terp	holoceen kustgebied	Molema 1999 (RAAP-briefrapport 1999-219/MW)	nee
2.960	1999	RAAP	xxx	booronderzoek	Buren	Ameland	Friesland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	Schute 1999 (RAAP-briefrapport 1999-887/MW)	nee
2.972	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Ravenstein	Oss	Noord-Brabant	stadsmuur	holoceen rivierengebied	van Kempen 1999 (RAAP-briefrapport 1999-1005/MW)	nee
2.974	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Ravenstein	Oss	Noord-Brabant	stadsmuur	holoceen rivierengebied	van Kempen 1999 (RAAP-briefrapport 1999-1005/MW)	nee
3.000	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	De Meern	Utrecht	Utrecht	Romeins castellum	holoceen rivierengebied	de Jager 2000 (RAAP-rapport 531)	ja
3.013	1999	RAAP	xxx	booronderzoek	xxx	Nijkerk	Gelderland	stadsgracht en -wal	pleistoceen	van Kempen 1999 (RAAP-briefrapport 1999-1793/MW)	nee
3.039	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Vrouwenpolder	Veere	Zeeland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	Jansen 2000 (RAAP-rapport 585)	ja
3.044	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Serooskerke	Veere	Zeeland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Jansen 2000 (RAAP-rapport 585)	ja
3.045	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Gapinge	Veere	Zeeland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Jansen 2000 (RAAP-rapport 585)	ja
3.046	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Koudekerke	Veere	Zeeland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Jansen 2000 (RAAP-rapport 585)	ja
3.065	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	nee	Leiden	Leiden	Zuid-Holland	kloostercomplex en stadsuitleg	holoceen kustgebied	van Kempen 1999 (RAAP briefrapport 1999-1818/MW)	nee
3.075	2000	RAAP	xxx	booronderzoek	Vragender	Oost Gelre	Gelderland	schans	pleistoceen	Scholte Lubberink 2000 (RAAP-rapport 597)	nee
3.126	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Buren	Buren	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Bente / van Kempen 2000 (RAAP-rapport 611)	ja
3.141	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Sluis	Sluis	Zeeland	schans	holoceen kustgebied	van Kempen 2001 (RAAP-rapport 618)	ja
3.160	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Kuinre	Steenwijkerland	Overijssel	schans	holoceen kustgebied	Bente 2000 (RAAP-rapport 623)	ja
3.161	2000	RAAP	xxx	booronderzoek	Ter Apel	Vlagtwedde	Groningen	kloostercomplex	pleistoceen	van Kempen / Kattenberg 2000 (RAAP-briefrapport)	nee
3.221	2001	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	booronderzoek	Liempde	Boxtel	Noord-Brabant	kapel	pleistoceen	van Kempen 2001 (RAAP-rapport 681)	ja
3.239	2001	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Den Haag	Den Haag	Zuid-Holland	landgoed	holoceen kustgebied	de Kort / Kattenberg 2001 (RAAP-rapport 694)	ja
3.261	2001	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	IJsselstein	IJsselstein	Utrecht	kloostercomplex	holoceen rivierengebied	de Jager 2001 (RAAP-rapport 704)	ja
3.263	2001	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	IJsselstein	IJsselstein	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	de Jager 2001 (RAAP-rapport 704)	ja
3.282	2000	RAAP	xxx	booronderzoek	Baijum	Littenseradiel	Friesland	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Molema 2000 (RAAP-briefrapport 2000-1397/MW)	nee
3.285	1999	RAAP	xxx	booronderzoek	Middelstum	Loppersum	Groningen	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Molema 2000 (RAAP-briefrapport 2000-1626/MW)	nee
3.332	2002	ArcheoMedia / DW Consulting	magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Sint Maartensdijk	Tholen	Zeeland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	ArcheoMedia	nee
3.347	2000	RAAP	xxx	booronderzoek	Hoensbroek	Heerlen	Limburg	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Polman 2000 (RAAP-briefrapport 2000-2440/MW)	nee
3.636	2001	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Groningen	Groningen	Groningen	borg / stins / versterkt huis	pleistoceen	Molema 2001 (RAAP-briefrapport 2001-3507/RT)	nee
3.667	2002	ArcheoMedia / DW Consulting	magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Westenschouwen	Schouwen-Duiveland	Zeeland	motte	holoceen kustgebied	ArcheoMedia	nee
3.690	2003	ADC	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Harnaschpolder	Midden-Delfland	Zuid-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
3.702	2001	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-61) / magnetometrie / metaaldetector	booronderzoek	Glimmen	Haren	Groningen	gefusilleerden na de Meistaking 1943	holoceen kustgebied	Kattenberg / Schute 2002 (RAAP-briefrapport 2002-233/AA)	nee
3.785	2001	RAAP	xxx	booronderzoek	Velserbroek	Velsen	Noord-Holland	kleiputten en steenovens	holoceen kustgebied	Schiferli 2002 (RAAP-briefrapport 2002-371/RT)	nee
3.838	2003	AAC	magnetometrie (FM-36)	proefsleuven	Beugen	Boxmeer	Noord-Brabant	nederzetting	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
3.927	2003	Gemeente Schipluiden	magnetometrie	opgraving	Harnaschpolder	Midden-Delfland	Zuid-Holland	off-site	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
3.995	2003	ARC	magnetometrie	opgraving	Zwaagdijk (Oost)	Wervershoof	Noord-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
4.257	2003	Archol	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Harnaschpolder	Midden-Delfland	Zuid-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
4.355	2003	Gemeente Breda	magnetometrie / magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Ginneken	Breda	Noord-Brabant	nederzetting / off-site / slagveld	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
4.437	2000	RAAP	xxx	booronderzoek	Vijlen	Vaals	Limburg	Romeins gebouw (?)	pleistoceen	van Kempen 2000 (RAAP briefrapport 2000-1498/MW)	nee
4.450	2003	AAC	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Beugen	Boxmeer	Noord-Brabant	nederzetting	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
4.904	2003	ArcheoMedia / DW Consulting	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA)	opgraving	Veere	Veere	Zeeland	historische kern	holoceen kustgebied	ArcheoMedia	nee
5.030	2003	ArcheoMedia / DW Consulting	magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Koudekerke	Veere	Zeeland	vliedberg	holoceen kustgebied	ArcheoMedia	nee
5.100	2003	ACVU	magnetometrie	proefsleuven	Meteren	Geldermalsen	Gelderland	nederzetting	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
5.177	2003	ROB	magnetometrie / magnetiseerbaarheids-onderzoek	proefsleuven	Meerssen	Meerssen	Limburg	Romeins villaterrein	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
6.306	2004	De Steekproef	magnetometrie (GSM-19)	booronderzoek	Oldeberkoop	Ooststellingwerf	Friesland	schans	pleistoceen	Jelsma 2003 (Steekproef-rapport 2003-09/2)	ja
6.509	2004	ADC	magnetometrie / magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Poeldijk	Westland	Zuid-Holland	nederzetting / weg	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
6.575	2003	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / grondradar	booronderzoek	Amerongen	Utrechtse Heuvelrug	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	van Kempen 2003 (RAAP-rapport 1025)	ja

Bijlage 3: Geinventariseerde geofysische onderzoeken op land (1996-2010)

OMG	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Combinatieonderzoek	Plaats	Gemeente	Provincie	Type vindplaats	Globale landschappelijke regio	Literatuur	Rapport
6.576	2003	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / grondradar	booronderzoek	Amerongen	Utrechtse Heuvelrug	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	van Kempen 2003 (RAAP-rapport 1025)	ja
6.662	2004	RAAP	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Uitgeest	Uitgeest	Noord-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
6.788	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Deil	Geldermalsen	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	van Kempen 2005 (RAAP-rapport 1068)	ja
6.879	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Stedum	Loppersum	Groningen	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Schiferli 2004 (RAAP-rapport 1063)	ja
6.888	2004	RAAP	magnetometrie (FM-36)	nee	Apeldoorn	Apeldoorn	Gelderland	veldbrandovens	pleistoceen	Schiferli 2004 (RAAP-notitie 765)	ja
7.175	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Adorp	Winsum	Groningen	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Schiferli 2004 (RAAP-rapport 1077)	ja
7.206	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Raamsdonksveer	Geertruidenberg	Noord-Brabant	kloostercomplex / landhuis	holoceen kustgebied	van Kempen 2005 (RAAP-rapport 1151)	ja
7.309	2003	AWN / DW Consulting	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA) / magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Duno	Veere	Zeeland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	xxx	nee
7.383	2004	ADC / ACVU	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Wijk bij Duurstede	Wijk bij Duurstede	Utrecht	nederzetting	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
7.442	2003	Arcadis / SOB Research	grondradar	booronderzoek	Middelburg	Middelburg	Zeeland	hofstede	holoceen kustgebied	Ras 2004 (SOB-rapport) (vindplaats 14)	nee
7.444	2003	Arcadis / SOB Research	grondradar	booronderzoek	Middelburg	Middelburg	Zeeland	kruitmolen	holoceen kustgebied	Ras 2004 (SOB-rapport) (vindplaats 18)	nee
7.651	2004	ADC	magnetometrie	opgraving	Brakel	Zaltbommel	Gelderland	nederzetting	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
7.756	2004	ADC	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Enspijk	Geldermalsen	Gelderland	nederzetting	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
7.889	2004	ROB	magnetiseerbaarheids-onderzoek	opgraving	Den Dolder	Zeist	Utrecht	grafveld / nederzetting	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
8.029	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Herwijnen	Lingewaal	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Schiferli 2004 (RAAP-rapport 1181)	ja
8.240	2002	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Houten	Houten	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	van Kempen 2002 (RAAP-rapport 815)	ja
8.766	2004	RAAP	magnetometrie	booronderzoek	Smokkelhoek	Kapelle	Zeeland	nederzetting / veenaufgraving	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
8.827	2003	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Burgh-Haamstede	Schouwen-Duiveland	Zeeland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	Schiferli 2003 (RAAP-notitie 526)	ja
8.831	2003	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Warmond	Teylingen	Zuid-Holland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	Schiferli 2003 (RAAP-notitie 527)	ja
8.850	2003	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Kloetinge	Goes	Zeeland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Schiferli 2003 (RAAP-notitie 534)	ja
9.104	2002	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Sluis	Sluis	Zeeland	historische kern	holoceen kustgebied	van Kempen 2002 (RAAP-rapport 841)	ja
9.213	2004	Synthegra	grondradar	booronderzoek	Zaltbommel	Zaltbommel	Gelderland	stadsmuur en -toren	holoceen rivierengebied	Synthegra-rapport 174111	nee
9.256	2005	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Raerd	Boarnsterhim	Friesland	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Schiferli / Molema / ten Anscher 2005 (RAAP-notitie 1027)	ja
10.147	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Heemstede	Heemstede	Noord-Holland	buitenplaats	holoceen kustgebied	Exaltus / Nuijten 1996 (RAAP-rapport 166)	ja
10.148	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Wijdnes	Drechterland	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 1996 (RAAP-rapport 167)	ja
10.149	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Wijdnes	Drechterland	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 1996 (RAAP-rapport 167)	nee
10.159	1996	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Dordrecht	Dordrecht	Zuid-Holland	verdrongen dorp	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons / Nuijten 1996 (RAAP-rapport 178)	ja
10.194	1996	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Kampen	Kampen	Overijssel	geomorfologisch	holoceen kustgebied	Asmussen 1996 (RAAP-rapport 207)	ja
10.203	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / magnetometrie	booronderzoek	Castricum	Castricum	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Soonius / Schute 1997 (RAAP-rapport 219)	ja
10.212	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Westervoort	Westervoort	Gelderland	fort	holoceen rivierengebied	Marinelli 1997 (RAAP-rapport 231)	ja
10.288	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / electromagnetisch onderzoek	booronderzoek	Zevenbergen	Moerdijk	Noord-Brabant	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Exaltus 1997 (RAAP-rapport 285)	ja
10.290	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Kloosterburen	De Marne	Groningen	kloostercomplex	holoceen kustgebied	de Langen / Perger 1997 (RAAP-rapport 288)	ja
10.291	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Kloosterburen	De Marne	Groningen	kloostercomplex	holoceen kustgebied	de Langen / Perger 1997 (RAAP-rapport 288)	ja
10.333	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Heiloo	Heiloo	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	van Kempen 2000 (RAAP-rapport 521)	ja
10.339	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Kampen	Kampen	Overijssel	geomorfologisch	holoceen rivierengebied	Asmussen 1997 (RAAP-rapport 306)	ja
10.358	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Groningen	Groningen	Groningen	stadswal	holoceen kustgebied	Orbons 1997 (RAAP-rapport 332)	ja
10.375	1998	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Dordrecht	Dordrecht	Zuid-Holland	geomorfologisch	holoceen kustgebied	Oude Rengerink 1998 (RAAP-rapport 349)	ja
10.389	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Kootstertille	Achtkarspelen	Friesland	kerk en kerkhof	pleistoceen	Asmussen 1998 (RAAP-rapport 359)	ja
10.390	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	borg / stins / versterkt huis	pleistoceen	Oude Rengerink 1998 (RAAP-rapport 360)	ja
10.400	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Domburg	Veere	Zeeland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Schute 1998 (RAAP-rapport 367)	ja
10.470	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Veenhuizen	Noordenveld	Drenthe	kerk en kerkhof	pleistoceen	Exaltus 1999 (RAAP-rapport 417)	ja
10.482	1999	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	nee	Kampen	Kampen	Overijssel	haven	holoceen rivierengebied	van Kempen 1999 (RAAP-rapport 434)	ja
10.483	1999	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	nee	Kampen	Kampen	Overijssel	stadsmuur met muurtoren en stadspoorten	holoceen rivierengebied	van Kempen 1999 (RAAP-rapport 434)	ja
10.494	1998	RAAP	magnetometrie	booronderzoek	Borgharen	Maastricht	Limburg	Romeins villaterrein / grafveld	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
10.520	1999	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	booronderzoek	Meppel	Meppel	Drenthe	kasteelterrein	pleistoceen	van Kempen 1999 (RAAP-rapport 462)	ja
10.521	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Heeseind	Maasdonk	Noord-Brabant	kerk	pleistoceen	van Kempen 1999 (RAAP-rapport 463)	ja
10.527	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Cadier en Keer	Margraten	Limburg	Romeins villaterrein	pleistoceen	de Jager 1999 (RAAP-rapport 468)	ja
10.553	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Leiden	Leiden	Zuid-Holland	kloostercomplex / Romeins castellum	holoceen kustgebied	van Kempen 1999 (RAAP-rapport 478)	ja
10.570	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38) / grondradar	booronderzoek	Vleuten	Utrecht	Utrecht	Romeinse weg	holoceen rivierengebied	Haarhuis 1997 (RAAP-rapport 319)	ja
10.621	1999	RAAP	xxx	booronderzoek	Zuidbroek	Menterwolde	Groningen	xxx	holoceen kustgebied	Molema 1999 (RAAP-briefrapport 1999-1170/MW)	nee
10.624	1999	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Groningen	Groningen	Groningen	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Molema 1999 (RAAP-briefrapport 1999-2317/MW)	nee
10.627	1998	RAAP	xxx	proefsleuven	Heerlen	Heerlen	Limburg	greppelsysteem	pleistoceen	Orbons 1999 (RAAP-briefrapport 1999-1465/MW)	nee
10.631	1999	RAAP	xxx	booronderzoek	Leiden	Leiden	Zuid-Holland	historische kern	holoceen kustgebied	van Kempen 1999 (RAAP-briefrapport 1999-1833/MW)	nee
10.641	2000	RAAP	xxx	booronderzoek	Amersfoort	Amersfoort	Utrecht	hofstede	pleistoceen	van Kempen 2000 (RAAP-briefrapport 2000-1428/MW)	nee
10.710	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Zuidzande	Sluis	Zeeland	schans	holoceen kustgebied	Jansen / Kattenberg 2001 (RAAP-rapport 627)	ja
10.765	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / electromagnetisch onderzoek (EM-38)	booronderzoek	Roermond	Roermond	Limburg	kloostercomplex	holoceen rivierengebied	Exaltus / Orbons 1997 (RAAP-rapport 308)	ja
10.778	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Axel	Terneuzen	Zeeland	fort	holoceen kustgebied	Marinelli 1997 (RAAP-rapport 320)	ja
10.783	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Gees	Coevorden	Drenthe	motte	holoceen rivierengebied	Scholte Lubberink 1999 (RAAP-rapport 406)	ja

Bijlage 3: Geinventariseerde geofysische onderzoeken op land (1996-2010)

OMG	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Combinatieonderzoek	Plaats	Gemeente	Provincie	Type vindplaats	Globale landschappelijke regio	Literatuur	Rapport
10.791	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Rheebruggen	Westerveld	Drenthe	motte	holoceen rivierengebied	Scholte Lubberink 1999 (RAAP-rapport 406)	ja
10.792	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Rheebruggen	De Wolden	Drenthe	havezathe	holoceen rivierengebied	Scholte Lubberink 1999 (RAAP-rapport 406)	ja
11.014	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek / grondradar	booronderzoek	Breda	Breda	Noord-Brabant	bastion	pleistoceen	Exaltus / Abechri 1997 (RAAP-rapport 296)	ja
11.056	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Winschoten	Winschoten	Groningen	schans	holoceen kustgebied	Exaltus 1995 (RAAP-rapport 110)	ja
11.070	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Sauwerd	Winsum	Groningen	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 1997 (RAAP-rapport 267)	ja
11.077	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Westerwijtwerd	Loppersum	Groningen	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	de Langen / Perger 1996 (RAAP-rapport 224)	ja
11.079	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Oldekerk	Grootegast	Groningen	kloostercomplex	pleistoceen	Exaltus 1998 (RAAP-rapport 323)	ja
11.080	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Oldekerk	Grootegast	Groningen	kerk en kerkhof	pleistoceen	Exaltus 1998 (RAAP-rapport 323)	ja
11.096	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38) / grondradar	booronderzoek	Vorden	Bronckhorst	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	Scholte Lubberink 1996 (RAAP-rapport 227)	ja
11.125	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	booronderzoek	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	hofstede	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.126	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.127	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.128	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.129	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.130	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.131	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.132	1997	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	nee	Ootmarsum	Dinkelland	Overijssel	stadsgracht	pleistoceen	Oude Rengerink 1997 (RAAP-rapport 274)	ja
11.134	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Heino	Olst-Wijhe	Overijssel	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Exaltus / Orbons 1996 (RAAP-rapport 213)	ja
11.230	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Smalle Ee	Smallingerland	Friesland	kloostercomplex	pleistoceen	Langen 1997 (RAAP-rapport 329)	ja
11.254	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Kerk-Avezaath	Buren	Gelderland	borg / stins / versterkt huis	holoceen rivierengebied	Exaltus / Orbons 1996 (RAAP-rapport 179)	ja
11.273	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	s-Gravezande	Westland	Zuid-Holland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 1996 (RAAP-rapport 216)	ja
11.274	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	s-Gravezande	Westland	Zuid-Holland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 1996 (RAAP-rapport 215)	ja
11.316	1996	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / grondradar	booronderzoek	Meerssen	Meerssen	Limburg	historische kern	pleistoceen	Orbons / Rensink 1997 (RAAP-rapport 223)	ja
11.318	1999	De Steekproef	magnetometrie (GSM-19) / magnetiseerbaarheids-onderzoek (MS-2)	nee	Borgharen	Maastricht	Limburg	verkennd onderzoek	holoceen rivierengebied	Jelsma 2000 (De Steekproef-rapport 2000-02/1)	ja
12.668	2005	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Eenigenburg	Harenkarspel	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	xxx	nee
13.410	2005	Archol	magnetometrie	opgraving	Slabroek	Uden	Noord-Brabant	tumuli / urnenveld	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
14.355	2003	AWN / DW Consulting	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA) / magnetometrie (GRAD-601)	booronderzoek	Grijpskerke	Veere	Zeeland	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	xxx	nee
14.557	2005	Archeopro	magnetometrie (GEM-19 / GEM-30)	proefsleuven	Kilder	Montferland	Gelderland	verkennd onderzoek	pleistoceen	Exaltus / Orbons 2005 (ArcheoPro-rapport 501)	ja
14.669	2005	ADC / DW Consulting	magnetometrie (GRAD-601)	booronderzoek	Waardenburg	Neerijnen	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	de Boer 2005 (ADC-rapport 497)	ja
15.076	2006	Vestigia / DEEP	electromagnetisch onderzoek / grondradar	booronderzoek	Goor	Hof van Twente	Overijssel	poort	pleistoceen	Dieveveen-Jansen / Schrijvers 2006 (Vestigia-rapport 274)	ja
15.127	2005	RAAP	xxx	xxx	Koewacht	Terneuzen	Zeeland	fort	holoceen kustgebied	xxx	nee
17.430	2006	ACVU	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA)	booronderzoek	Varik	Neerijnen	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Tops 2006 (ZAN 72)	ja
17.734	2006	RAAP	xxx	booronderzoek	De Meern	Utrecht	Utrecht	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
18.818	2006	ADC	xxx	xxx	Leeuwarden	Leeuwarden	Friesland	xxx	holoceen kustgebied	xxx	nee
19.054	2006	ADC / DW Consulting	magnetometrie (GRAD-601)	booronderzoek	Raalte	Raalte	Overijssel	verkennd onderzoek	pleistoceen	Stiekema 2006 (ADC-rapport 796)	ja
19.773	2005	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	nee	Retranchement	Sluis	Zeeland	fort	holoceen kustgebied	Jordanov 2005 (RAAP-notitie 1488)	ja
19.806	2006	RAAP	xxx	booronderzoek	Geertruidenberg	Geertruidenberg	Noord-Brabant	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Kempens 2007 (RAAP-rapport 1631)	nee
19.865	2006	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Zierikzee	Schouwen-Duiveland	Zeeland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Jordanov 2007 (RAAP-rapport 1454)	nee
20.005	2006	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	nee	IJsselstein	IJsselstein	Utrecht	kloostercomplex	holoceen rivierengebied	Jordanov 2007 (RAAP-rapport 1475)	nee
21.428	2007	VU	elektrische weerstandsmetingen / magnetometrie	booronderzoek	Beesd	Geldermalsen	Gelderland	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
24.233	2007	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-38)	booronderzoek	Belfeld	Venlo	Limburg	verkennd onderzoek	pleistoceen	Schepers / Exaltus / Orbons 2008 (ArchePro-rapport 743)	ja
25.030	2008	Becker en Van de Graaf	xxx	booronderzoek	Tilburg	Tilburg	Noord-Brabant	xxx	pleistoceen	xxx	nee
25.560	2007	RAAP / Groundtracer	grondradar	booronderzoek	Oosterend	Terschelling	Friesland	borg / stins / versterkt huis	pleistoceen	Veenstra 2008 (RAAP-notitie 2630)	nee
26.175	2008	RAAP / Geofox	grondradar	booronderzoek	Reeuwijk	Reeuwijk	Zuid-Holland	huisplaats	holoceen kustgebied	Rietkerk 2008 (RAAP-rapport 1722)	ja
27.169	2008	RAAP	xxx	booronderzoek	Breda	Breda	Noord-Brabant	kasteelterrein	pleistoceen	van Kempen 2009 (RAAP-rapport 1931)	nee
27.388	2008	Grontmij	xxx	xxx	Zutphen	Zutphen	Gelderland	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
27.425	2008	RAAP / Groundtracer	grondradar	booronderzoek	Vechten	Bunnik	Utrecht	Romeins castellum	holoceen rivierengebied	Jansen / Briels / Tol 2008 (RAAP-rapport 1778)	ja
28.066	2008	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Haarlemmerliede	Haarlemmerliede en Spaarnewoude	Noord-Holland	huisplaats	holoceen kustgebied	Rietkerk / Coppens 2008 (RAAP-rapport 1729)	ja
28.116	2008	RAAP / Groundtracer	grondradar	nee	xxx	Zaanstad	Noord-Holland	scheepswrakken	holoceen kustgebied	Soonius 2008 (RAAP-notitie 2760)	ja
28.428	2008	RAAP	grondradar	booronderzoek	Deelen	Arnhem	Gelderland	borg / stins / versterkt huis	pleistoceen	xxx	nee
28.533	2008	RAAP / Groundtracer	grondradar	booronderzoek	Dordrecht	Dordrecht	Zuid-Holland	geomorfologisch	holoceen kustgebied	Jansen / Raczynski / de Boer 2008 (RAAP-rapport 1720)	ja
29.081	2008	RAAP	xxx	booronderzoek	Breda	Breda	Noord-Brabant	kasteelterrein	pleistoceen	Jordanov / Van der Sommen 2010 (RAAP-rapport 2084)	nee
29.109	2008	RAAP	xxx	xxx	Terborg	Oude IJsselstreek	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Ringier 2009 (RAAP-rapport 1871)	nee

Bijlage 3: Geinventariseerde geofysische onderzoeken op land (1996-2010)

OMG	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Combinatieonderzoek	Plaats	Gemeente	Provincie	Type vindplaats	Globale landschappelijke regio	Literatuur	Rapport
29.152	2008	Archeopro	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Hulst	Hulst	Zeeland	stadswal	pleistoceen	Exaltus / Orbons 2008 (ArcheoPro-rapport 837)	ja
29.841	2008	Archeopro	xxx	xxx	Son	Son en Breugel	Noord-Brabant	xxx	pleistoceen	xxx	nee
29.842	2008	Archeopro / Groundtracer	electromagnetisch onderzoek (EM-38) / grondradar	booronderzoek	Son	Son en Breugel	Noord-Brabant	borg / stins / versterkt huis	pleistoceen	Exaltus / Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 832)	ja
30.706	2008	RAAP	xxx	booronderzoek	Breukelen	Breukelen	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Kempen 2009 (RAAP-rapport 1816)	nee
30.971	2008	RAAP / Groundtracer	grondradar	booronderzoek	Bunschoten	Bunschoten	Utrecht	scheepswrakken	holoceen kustgebied	de Kruij 2009 (RAAP-rapport 1955)	ja
31.335	2008	RAAP	xxx	booronderzoek	Bredevoort	Aalten	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	Keunen / de Roode 2009 (RAAP-rapport 1809)	nee
31.336	2008	RAAP	xxx	booronderzoek	Bredevoort	Aalten	Gelderland	bastion	pleistoceen	Keunen / de Roode 2009 (RAAP-rapport 1809)	nee
31.526	2008	RAAP	xxx	booronderzoek	Heerde	Heerde	Gelderland	buitenplaats	pleistoceen	Keunen 2009 (RAAP-rapport 1823)	nee
31.688	2008	Archol / Posselt & Zickgraf (D)	magnetometrie	xxx	Maastricht	Maastricht	Limburg	xxx	pleistoceen	xxx	nee
31.858	2008	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Raamsdonksveer	Geertruidenberg	Noord-Brabant	haven	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 2008 (ArcheoPro-rapport 885)	ja
31.989	2008	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Nieuwstadt	Echt-Susteren	Limburg	gracht	pleistoceen	ArcheoPro Rapport 886(2) 2008	ja
32.064	2007	Gemeente Deventer	grondradar	nee	Loo	Deventer	Overijssel	kasteelterrein	pleistoceen	Bartels 2007 in Overijssels Erfgoed. Archeologische en Bouwhistorische Kroniek 2006 (p 87)	nee
32.279	2009	Archeopro	electromagnetisch onderzoek (EM-38)	booronderzoek	Putten	Putten	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	Exaltus / Orbons 2009 (ArcheoPro-rapport 8106)	ja
32.575	2008	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Westdorpe	Terneuzen	Zeeland	batterij	holoceen kustgebied	Jordanov 2009 (RAAP-rapport 1885)	ja
32.828	2009	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / grondradar	booronderzoek	Oss	Oss	Noord-Brabant	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
32.829	2009	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / grondradar	booronderzoek	Macharen	Oss	Noord-Brabant	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
32.880	2009	Arcadis	xxx	xxx	Leek	Noordenveld	Drenthe	xxx	pleistoceen	xxx	nee
33.186	2009	RAAP	elektrische weerstandsmetingen / grondradar	booronderzoek	Spaarnewoude	Haarlemmerliede en Spaarnewoude	Noord-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Jordanov / Rietkerk 2009 (RAAP-rapport 1974)	nee
33.265	2009	RAAP	grondradar / magnetometrie	booronderzoek	Lith	Lith	Noord-Brabant	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
33.485	2009	Archeopro	magnetometrie (GEM-19)	booronderzoek	Schinveld	Onderbanken	Limburg	pottenbakkersovens	holoceen rivierengebied	Paulussen / Orbons 2009 (ArcheoPro-rapport 915)	ja
34.018	2007	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen / electromagnetisch onderzoek (EM-38)	nee	Maastricht	Maastricht	Limburg	Romeinse weg	holoceen rivierengebied	Orbons 2009 (ArcheoPro-rapport 736)	ja
34.482	2009	RAAP	xxx	booronderzoek	Kapelle	Kapelle	Zeeland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Warning 2009 (RAAP-rapport 1963)	nee
36.009	2009	ACVU	grondradar	nee	Neerijnen	Neerijnen	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Lotte 2010 (ZAN 206)	nee
36.101	2010	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Boxtel	Boxtel	Noord-Brabant	kerkheuvel	pleistoceen	Exaltus / Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 964)	ja
36.155	2009	Gemeente Breda	xxx	booronderzoek	Breda	Breda	Noord-Brabant	xxx	pleistoceen	xxx	nee
37.043	2009	RAAP	xxx	booronderzoek	Zalk	Kampen	Overijssel	borg / stins / versterkt huis	holoceen rivierengebied	Warning / Jordanov 2010 (RAAP-rapport 2062)	nee
37.858	2009	Becker en Van de Graaf / Gtfrontline	grondradar	xxx	Lith	Lith	Noord-Brabant	scheepswrak	holoceen rivierengebied	Nales 2009 (BenG-rapport 835)	ja
37.907	2009	Gtfrontline	grondradar	nee	Den Haag	Den Haag	Zuid-Holland	kademuur	holoceen kustgebied	Benamins 2010 (Rapport 1006)	ja
37.917	2010	RAAP	xxx	booronderzoek	Hallum	Ferwerderadeel	Friesland	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Aalbersberg 2010 (RAAP-notitie 3554)	nee
37.951	2009	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	nee	Sint Geertruid	Margraten	Limburg	vuursteenmijnen	pleistoceen	Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 984)	ja
38.590	2004	VU	magnetometrie (FM-36) / magnetiseerbaarheids-onderzoek	nee	Borgharen	Maastricht	Limburg	verkennd onderzoek	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2004 (IGBA-rapport 2004-1)	ja
39.478	2009	Gemeente Leiden / GFT Frontline	grondradar	nee	Leiden	Leiden	Zuid-Holland	Romeins castellum	holoceen rivierengebied	de Bruin et al 2009 (Bodemonderzoek in Leiden 27)	ja
39.954	2009	Archeopro	xxx	xxx	Well	Bergen	Limburg	xxx	holoceen rivierengebied	Paulussen / Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 9114)	nee
40.334	2010	Vestigia / Saricon	grondradar	booronderzoek	Deurne	Deurne	Noord-Brabant	xxx	pleistoceen	Boonstra / Nederpelt 2009 (Vestigia-rapport 690)	ja
40.400	2010	Archeopro	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Valkenburg	Valkenburg a/d Geul	Limburg	Romeinse weg	pleistoceen	Deville / Houbrechts / Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 1026)	ja
42.148	2009	Archeopro	magnetometrie	nee	Nieuwenhagen	Landgraaf	Limburg	pottenbakkersovens	pleistoceen	ArcheoPro in prep.	nee
42.149	2009	Archeopro	magnetometrie	nee	Schinveld	Onderbanken	Limburg	pottenbakkersovens	pleistoceen	ArcheoPro in prep.	nee
42.422	2010	Archeopro / Saricon	grondradar	nee	Maastricht	Maastricht	Limburg	Romeins castellum / stadspoort	holoceen rivierengebied	Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 1021)	ja
42.461	2010	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Beverwijk	Beverwijk	Noord-Holland	molenplaats	holoceen kustgebied	xxx	nee
42.845	2010	Arcadis	magnetometrie	nee	Vianen	Vianen	Utrecht	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
43.054	2010	Grontmij	grondradar	xxx	Enter	Wierden	Overijssel	havezathe	pleistoceen	xxx	nee
43.346	2009	RAAP	xxx	xxx	Sneek	Sneek	Friesland	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Aalbersberg 2010 (RAAP-notitie 3533)	nee
43.686	2010	Grontmij	grondradar	nee	Veenendaal	Veenendaal	Utrecht	historische kern	pleistoceen	Bex 2010 (GAR 100)	nee
44.221	2010	RAAP	xxx	xxx	Mijdrecht	De Ronde Venen	Utrecht	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
44.347	2010	Archeopro	xxx	booronderzoek	Vianen	IJsselstein	Utrecht	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
44.527	2010	Archeopro	grondradar	xxx	Maastricht	Maastricht	Limburg	xxx	holoceen rivierengebied	xxx	nee
45.079	2011	Archeopro	xxx	xxx	Volendam	Edam-Volendam	Noord-Holland	haven	holoceen kustgebied	Orbons 2011 in prep.	nee
45.794	2010	Archeopro	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Dinteloord	Steenbergen	Noord-Brabant	geomorfologisch	holoceen kustgebied	Exaltus / Orbons 2010 (ArcheoPro-rapport 978)	ja
xxx	2007	RAAP	xxx	booronderzoek	Winterswijk	Winterswijk	Gelderland	xxx	pleistoceen	Pronk 2007 (RAAP-rapport 1571)	nee
xxx	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / magnetometrie (FM-36) / grondradar	booronderzoek	diversen	diversen	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	Scholte Lubberink / van Kempen 2004 (RAAP-rapport 962)	ja
xxx	2007	RAAP	xxx	xxx	Maastricht	Maastricht	Limburg	xxx	holoceen rivierengebied	Roymans 2007 (RAAP briefrapport)	nee
xxx	2005	RAAP / T&A Survey	grondradar	booronderzoek	Alkmaar	Alkmaar	Noord-Holland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	van Kempen 2005 (RAAP-rapport 1149)	ja
xxx	2005	RAAP / Geofox	grondradar	booronderzoek	Lochem	Lochem	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	Scholte Lubberink 2005 (RAAP-rapport 1204)	ja
xxx	2005	RAAP / Geofox	grondradar	booronderzoek	Lochem	Lochem	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	Ringier / Bloemink 2005 (RAAP-rapport 1186)	ja
xxx	2005	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	xxx	Sluis	Zeeland	schans	holoceen kustgebied	de Boer 2005 (RAAP-rapport 1088)	ja
xxx	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	xxx	Sluis	Zeeland	schans	holoceen kustgebied	Schiferli 2004 (RAAP-rapport 986)	ja



Bijlage 3: Geïntervieweerde geofysische onderzoeken op land (1996-2010)

OMG	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Combinatieonderzoek	Plaats	Gemeente	Provincie	Type vindplaats	Globale landschappelijke regio	Literatuur	Rapport
xxx	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	xxx	Dordrecht	Zuid-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Schiferli 2004 (RAAP-rapport 998)	ja
xxx	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / magnetiseerbaarheids-onderzoek	booronderzoek	Eck en Wiel	Buren	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Schiferli 2004 (RAAP-rapport 1051)	ja
xxx	2004	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Ysbrechtum	Sneek	Friesland	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	Schiferli 2004 (RAAP-notitie 943)	ja
xxx	2003	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Ophemert	Neerijnen	Gelderland	kerk	holoceen rivierengebied	van Kempen 2003 (RAAP-notitie 459)	ja
xxx	2002	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Groningen	Groningen	Groningen	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Molema / Schiferli 2002 (RAAP-notitie 208)	ja
xxx	2001	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Vleuten	Utrecht	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Kattenberg / Thanos 2001 (RAAP-rapport 700)	ja
xxx	2002	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Rijsenburg	Utrechtse Heuvelrug	Utrecht	kasteelterrein	pleistoceen	van Kempen 2002 (RAAP-rapport 770)	ja
xxx	2000	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15)	booronderzoek	Oosterbeek	Renkum	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Thanos / van Kempen 2000 (RAAP-rapport 516)	ja
xxx	2000	RAAP	xxx	xxx	Nieuwegein	Nieuwegein	Utrecht	xxx	holoceen rivierengebied	Tol 2000 (RAAP-rapport 607)	nee
xxx	1999	RAAP	electromagnetisch onderzoek (EM-31/EM-38)	booronderzoek	diversen	diversen	Friesland	verkennd onderzoek	holoceen kustgebied	Asmussen 1999 (RAAP-rapport 454)	ja
xxx	1999	RAAP	xxx	xxx	xxx	Reiderland	Groningen	kerk	holoceen kustgebied	Molema 1999 (RAAP-briefrapport 1999-350/MW)	nee
xxx	xxx	AAC	magnetometrie	proefsleuven	Harnaschpolder	Midden-Delfland	Zuid-Holland	off-site	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	ROB	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA) / magnetometrie	opgraving	Kolhorn	Anna-Paulowna	Noord-Holland	weg / veenafraving	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	AAC	magnetometrie	opgraving	Limmen	Castricum	Noord-Holland	nederzetting / weg	pleistoceen	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	xxx	magnetometrie (fluxgate)	nee	Ossensisse	Hulst	Zeeland	tumuli	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	Gemeente Bergen op Zoom	magnetometrie	veldkartering	Halsteren	Bergen op Zoom	Noord-Brabant	verdrongen dorp	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	xxx	magnetiseerbaarheids-onderzoek	nee	Stedebroec	Stedebroec	Noord-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	xxx	magnetometrie	nee	Steenbergen	Steenbergen	Noord-Brabant	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	xxx	magnetometrie	nee	Swalmen	Roermond	Limburg	Romeinse weg	holoceen rivierengebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	xxx	magnetometrie	nee	Uitgeesterbroek	Uitgeest	Noord-Holland	nederzetting	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	xxx	xxx	magnetometrie	nee	Waarde	Reimerswaal	Zeeland	verdrongen dorp	holoceen kustgebied	Kattenberg 2008	ja
xxx	2002	VU / DW Consulting	magnetometrie (FM-36)	xxx	Broekpolder	Heemskerk	Noord-Holland	xxx	holoceen kustgebied	VU	nee
xxx	2002	Gemeente Bergen op Zoom / DW Consulting	magnetometrie	xxx	Halsteren	Bergen op Zoom	Noord-Brabant	loopgraven	holoceen rivierengebied	Gemeente Bergen op Zoom	nee
xxx	2003	ArcheoMedia / DW Consulting	magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Oost-Souburg	Vlissingen	Zeeland	vliedberg	holoceen kustgebied	ArcheoMedia	nee
xxx	2003	Vestigia / DW Consulting	magnetometrie (FM-36)	booronderzoek	Sassenheim	Teylingen	Zuid-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	Vestigia-rapport 87	ja
xxx	2003	DW Consulting	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA)	xxx	Zwijndrecht	Zwijndrecht	Zuid-Holland	kasteelterrein	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2003	DW Consulting	magnetometrie (GRAD-601)	xxx	Arnhem	Arnhem	Gelderland	kloostercomplex	pleistoceen	xxx	nee
xxx	2003	DW Consulting	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA)	xxx	Zwijndrecht	Zwijndrecht	Zuid-Holland	kerk	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2003	DW Consulting	elektrische weerstandsmetingen (TRCIA) / magnetometrie (GRAD-601)	xxx	Driehuis	Velsen	Noord-Holland	havezathe	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2002	Medusa	MEDUSA/GARP	xxx	Groningen	Groningen	Groningen	kasteelterrein	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2002	Medusa	MEDUSA/GARP	xxx	Groningen	Groningen	Groningen	kasteelterrein	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2003	Medusa	MEDUSA/GARP	xxx	Euvelgunne	Groningen	Groningen	fossiele kreekkrug	holoceen kustgebied	Limburg 2003 (Medusa-rapport 2003-P-030R2)	ja
xxx	2006	Medusa	MEDUSA/GARP	xxx	Harkstede	Slochteren	Groningen	xxx	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2006	Medusa	MEDUSA/GARP	xxx	Gennep	Gennep	Limburg	gracht	pleistoceen	xxx	nee
xxx	2010	Medusa	grondradar	xxx	Hamdijk	Oldambt	Groningen	borg / stins / versterkt huis	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2010	Medusa	grondradar	xxx	Aduard	Zuidhorn	Groningen	kloostercomplex	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	2011	Medusa	grondradar	xxx	Westdorp	Borger-Odoorn	Drenthe	landgoed	holoceen kustgebied	xxx	nee
xxx	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Libeek	Margraten	Limburg	kasteelterrein	pleistoceen	Exaltus / Orbons 1998 (RAAP-rapport 407)	ja
xxx	2005	Archeopro	electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	Valkenburg	Valkenburg a/d Geul	Limburg	kalksteengroeve	pleistoceen	Exaltus / Orbons 2005 (ArcheoPro-rapport 503)	ja
xxx	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Bemmel	Lingewaard	Gelderland	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Haarhuis 1997 (RAAP-rapport 173)	ja
xxx	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Lidlum	Franekeradeel	Friesland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	Langen 1998 (RAAP-rapport 352)	ja
xxx	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-31)	booronderzoek	diversen	Reimerswaal	Zeeland	fort / kasteelterrein	holoceen kustgebied	Marinelli 1997 (RAAP-rapport 234)	ja
xxx	1997	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Houten	Houten	Utrecht	kasteelterrein	holoceen rivierengebied	Marinelli 1997 (RAAP-rapport 277)	ja
xxx	1998	RAAP	elektrische weerstandsmetingen	booronderzoek	Margraten	Eijsden-Margraten	Limburg	kasteelterrein	pleistoceen	Orbons 1998 (RAAP-rapport 407)	ja
xxx	2008	Archeopro / Medusa	elektrische weerstandsmetingen (RM-15) / electromagnetisch onderzoek (EM-38) / grondradar	proefsleuven	Ottersum	Gennep	Limburg	gracht	pleistoceen	Orbons 2008 (ArcheoPro)	ja
xxx	2004	Vestigia / T&A	electromagnetisch onderzoek (EM-31) / grondradar	xxx	Gouda	Gouda	Zuid-Holland	kloostercomplex	holoceen kustgebied	van den Bos 2004 (T&A)	ja
xxx	2003	Grontmij	grondradar	xxx	Schoonhoven	Schoonhoven	Zuid-Holland	stadswal en stadskasteel	holoceen rivierengebied	xxx	nee
xxx	2007	Grontmij	grondradar	xxx	Schoonhoven	Schoonhoven	Zuid-Holland	stadswal en stadskasteel	holoceen rivierengebied	xxx	nee
xxx	2004	Grontmij	grondradar	xxx	Zaltbommel	Zaltbommel	Gelderland	stadsmuur	holoceen rivierengebied	xxx	nee
xxx	2010	Grontmij	grondradar	xxx	Dinxperlo	Aalten	Gelderland	kasteelterrein	pleistoceen	xxx	nee

### onderzoek aangemeld als geofysisch onderzoek in Archis

### onderzoek aangemeld als andersoortig onderzoek in Archis of niet aangemeld

### onderzoek geëvalueerd door Alette Kattenberg (2008)



Bijlage 4: Geïventariseerde opwateronderzoeken (1996-2010)

OMG	Gemeld als	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Onderwater-onderzoek	Object van onderzoek	Type waterbodembodem	Plaats	Gemeente	Provincie	Literatuur	
2.421	AOW	2001	ROB	parametrisch echolood	xxx	verkenning	rivier	xxx	Roermond	Limburg	Stassen 2005	ja
4.855	AOW	2003	ROB	parametrisch echolood	xxx	kasteel	rivier	Elsloo	Buitenland	Zee/Buitenland	Stassen 2002 / Viersen 2004	ja
6.465	AOW	2004	NISA	echolood	xxx	scheepsresten	Waddenzee	Waddenzee	Texel	Noord-Holland	xxx	nee
6.767	AOW	2004	ROB	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	rivier	Maas	Oss	Noord-Brabant	Stassen 2004	ja
8.005	NXX	2004	RWS	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Markermeer	Drechterland	Noord-Holland	xxx	nee
8.006	NXX	2004	RWS	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	IJsselmeer	Wervershoof	Noord-Holland	xxx	nee
8.007	NXX	2004	RWS	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	IJsselmeer	Enkhuizen	Noord-Holland	xxx	nee
8.011	NXX	2003	RWS	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	IJsselmeer	Lelystad	Flevoland	xxx	nee
12.007	AOW	2000	RWS	side scan sonar / multibeam / parametrisch echolood / magnetometrie	xxx	verkenning	rivier	Maas	Venlo	Limburg	Stassen 2002 (Maaswerken rapportage: DLB 2002/9781)	ja
12.628	AOW	2005	ADC	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	rivier	xxx	Cuijk	Noord-Brabant	Van den Brenk / Otte 2005 (ADC-rapport 448)	ja
12.630	AOW	2005	ADC	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	rivier	xxx	Arcen en Velden	Limburg	Van den Brenk / Otte 2005 (ADC-rapport 448)	ja
14.316	AOW	2005	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	Waddenzee. / IJsselmeer e.o.	Kornwerd	Wunseradiel	Friesland	Van den Brenk 2005 (ADC-rapport 492)	ja
17.804	AOW	2006	Periplus Archeomare / ADC	multibeam	duikinspectie	scheepsresten	rivier	Dordrecht	Strijen	Zuid-Holland	Waldus / van den Brenk / van Mierlo 2006 (ADC-rapport 708)	ja
18.307	AOW	2006	Periplus Archeomare / ADC	multibeam / subbottom profiler	duikinspectie	scheepsresten	rivier	Moerdijk	Moerdijk	Noord-Brabant	Waldus / van den Brenk 2006 (ADC-rapport 727)	ja
18.938	AOW	2006	RACM	multibeam	duikinspectie	scheepsresten	estuariën	Westerschelde	Viissingen	Zeeland	Vos 2008	ja
19.059	AOW	2006	Periplus Archeomare / ADC	multibeam / parametrisch echolood	duikinspectie	scheepsresten	rivier	Moerdijk	Moerdijk	Noord-Brabant	Waldus / van den Brenk 2007 (ADC-rapport 778)	ja
19.414	AOW	2006	Periplus Archeomare / ADC	multibeam	waardering	scheepsresten	rivier	Dordrecht	Strijen	Zuid-Holland	onderzoek de Jonge Jacob	nee
19.925	AOW	2006	ACVU	parametrisch echolood	duikinspectie	Romeinse tempel	rivier	Kessel	Lith	Noord-Brabant	Bouman 2005 (ongepubliceerde notitie VU)	nee
20.447	AOW	2007	Periplus Archeomare / ADC	multibeam	waardering	scheepsresten	rivier	Grave	Cuijk	Noord-Brabant	Houkes 2007 (ADC-rapport 882)	ja
20.448	AOW	2007	Periplus Archeomare / ADC	multibeam	waardering	scheepsresten	rivier	Sambeek	Hook aan de Maas	Limburg	Houkes 2007 (ADC-rapport 882)	ja
21.143	AOW	2007	RAAP	multibeam	kartering	scheepsresten	Noordzee	Rotterdam	Rotterdam	Zuid-Holland	Schute 2007 (RAAP-rapport 1524)	nee
23.422	AOW	2007	RACM	side scan sonar / multibeam	duikinspectie	scheepsresten	IJsselmeer e.o.	IJsselmeer	Dronten	Flevoland	Manders 2007	ja
26.462	AGO	2007	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	gegraven waterloop	xxx	Amsterdam	Noord-Holland	van den Brenk / Boom / Waldus 2007 (Periplus Archeomare Rapport A07_A022)	ja
28.509	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Harderwijk	Dronten	Flevoland	van den Brenk / Waldus 2008 (Periplus Archeomare Rapport 08-A013)	ja
28.919	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Harderwijk	Dronten	Flevoland	van den Brenk / Waldus 2008 (Periplus Archeomare Rapport 08-A013)	ja
28.920	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / subbottom profiler	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Medemblik	Medemblik	Noord-Holland	van den Brenk / van Mierlo / Waldus 2008 (Periplus Archeomare Rapport 08_A009)	ja
29.969	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Amsterdam	Amsterdam	Noord-Holland	van den Brenk / Boom / Waldus 2008 (Periplus Archeomare Rapport 08_A017)	ja
29.971	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / subbottom profiler	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Lelystad	Lelystad	Flevoland	Van den Brenk / Boom / Waldus 2008 (Periplus Archeomare Rapport 08_A016)	ja
30.190	AOW	2008	Periplus Archeomare / ADC	multibeam	waardering	scheepsresten	Noordzee	Rotterdam	Rotterdam	Zuid-Holland	Waldus / van den Brenk / van Campenhout 2009 (ADC-rapport 2087)	ja
30.269	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	Noordzee	Rottum	Noordzee	Zee/Buitenland	Van Mierlo / van den Brenk / Waldus 2009 (08_A019)	ja
30.297	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / subbottom profiler	xxx	verkenning	gegraven waterloop	Voorburg	Leidschendam-Voorburg	Zuid-Holland	Waldus 2009 (ADC-rapport 1746)	ja
30.298	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / subbottom profiler	xxx	verkenning	rivier	Valkenburg	Oegstgeest	Zuid-Holland	Waldus 2009 (ADC-rapport 1746)	ja
30.300	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / subbottom profiler	xxx	verkenning	rivier / gegraven waterloop	Alphen aan den Rijn	Alphen aan den Rijn	Zuid-Holland	Waldus 2009 (ADC-rapport 1746)	ja
30.301	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / subbottom profiler	xxx	verkenning	rivier	Bodegraven	Bodegraven	Zuid-Holland	Waldus 2009 (ADC-rapport 1746)	ja
30.860	AOW	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	Noordzee	Rotterdam	Noordzee	Zee/Buitenland	Van den Brenk / van Mierlo / Waldus 2009 (ADC-rapport 1929)	ja
31.254	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	rivier	Dordrecht	Dordrecht	Zuid-Holland	Van den Brenk / Waldus 2009 (Periplus Archeomare Rapport 08_A020)	ja
31.684	AOW	2008	Periplus Archeomare / ADC	multibeam / sectorscan	monitoring	Romeinse maasbrug	rivier	Middelaar	Mook en Middelaar	Limburg	Waldus / van den Brenk 2009 (ADC-rapport 1836)	ja
31.879	AGO	2008	Periplus Archeomare	side scan sonar	xxx	verkenning	estuariën	Oostvoorne	Westvoorne	Zuid-Holland	xxx	nee
31.942	AOW	1999	ROB	multibeam	monitoring / kartering	Romeinse maasbrug	rivier	Maas	Maastricht	Limburg	Vos 2004 (RAM 100)	ja
32.040	AGO	2008	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Muiden	Muiden	Noord-Holland	Van den Brenk / van Mierlo / Waldus 2008 (Periplus Archeomare Rapport 08_A032)	ja
34.091	AGO	2009	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	estuariën	Terneuzen	Hulst	Zeeland	Waldus / van den Brenk 2009 (ADC-rapport 1857)	ja
34.610	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	onbekend	IJsselmeer e.o.	Markermeer	Lelystad	Flevoland	Kroes / Schute 2010 (RAAP-rapport 1968)	nee
35.917	AOW	2009	RAAP	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Muiden	Muiden	Noord-Holland	Kroes / Schute 2010 (RAAP-rapport 2004); RAAP projectcode DIAP2; DIAP4	nee

Bijlage 4: Geïventariseerde opwateronderzoeken (1996-2010)

OMG	Gemeld als	Jaar	Uitvoerder	Type onderzoek	Onderwater-onderzoek	Object van onderzoek	Type waterbodem	Plaats	Gemeente	Provincie	Literatuur	
36.327	AOW	2009	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	estuariën	Zierikzee	Schouwen-Duiveland	Zeeland	van den Brenk / van Lil / Waldus 2009 (Periplus Archeomare Rapport 09-A011)	ja
36.802	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	verkenning	estuariën	Hulst	Hulst	Zeeland	Kroes / Schute 2009 (RAAP-rapport 2015); RAAP projectcode NSVG	nee
36.804	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	verkenning	estuariën	Hulst	Hulst	Zeeland	Kroes / Schute 2009 (RAAP-rapport 2015); RAAP projectcode NSVG	nee
36.806	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	verkenning	estuariën	Hulst	Hulst	Zeeland	Kroes / Schute 2009 (RAAP-rapport 2015); RAAP projectcode NSVG	nee
36.812	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	verkenning	estuariën	Hulst	Hulst	Zeeland	Kroes / Schute 2009 (RAAP-rapport 2015); RAAP projectcode NSVG	nee
36.813	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	verkenning	estuariën	Hulst	Hulst	Zeeland	Kroes / Schute 2009 (RAAP-rapport 2015); RAAP projectcode NSVG	nee
36.814	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	verkenning	estuariën	Terneuzen	Terneuzen	Zeeland	Kroes / Schute 2009 (RAAP-rapport 2015); RAAP projectcode NSVG	nee
37.207	AOW	2009	RCE / RWS	multibeam	monitoring	scheepsresten	Waddenzee	Waddenzee	Texel	Noord-Holland	MACHU report 3	ja
38.578	AOW	2009	RAAP	onbekend	onbekend	onbekend	IJsselmeer e.o.	Noordoostpolder	Noordoostpolder	Flevoland	Kroes / Schute 2010 (RAAP-rapport 2056)	nee
38.618	AGO	2009	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Zeewolde	Zeewolde	Flevoland	van Lil / van den Brenk / Waldus 2009 (Periplus Archeomare Rapport 09-A017)	nee
38.880	AGO	2009	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar / akoestische camera	duikinspectie	verkenning	Waddenzee	Waddenzee	Eemmond	Groningen	Van Lil / van den Brenk / Waldus 2010 (Periplus Archeomare rapport 09-A026); Campenhout / van den Brenk 2010 (Periplus Archeomare rapport 10-A009)	ja
39.374	AOW	2010	Arcadis / Periplus Archeomare	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Ketelhaven	Dronten	Flevoland	xxx	nee
40.006	AGO	2010	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	rivier	Kampen	Kampen	Overijssel	van Lil / van den Brenk / Waldus 2009 (Periplus Archeomare Rapport 10-A006)	ja
40.097	AGO	2010	Periplus Archeomare	side scan sonar	xxx	verkenning	rivier	Hoogmade	Jacobswoude	Zuid-Holland	van Lil / van den Brenk / Waldus 2010 (ADC-rapport 2285)	ja
40.098	AOW	2010	Periplus Archeomare	side scan sonar	duikinspectie	verkenning	rivier	Jacobswoude	Alkemade	Zuid-Holland	van Lil / van den Brenk / Waldus 2010 (ADC-rapport 2285)	ja
40.394	AGO	2009	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verdrongen dorp	IJsselmeer e.o.	Etersheim	Zeevang	Noord-Holland	Waldus / Bouman / van den Brenk / van Lil 2010 (ADC-rapport 2208)	ja
40.498	AOW	2010	Periplus Archeomare / ADC	multibeam / sectorscan	waardering	scheepsresten	Waddenzee	Waddenzee	Eemmond	Groningen	Waldus / van Campenhout / van den Brenk 2010 (ADC-rapport 2538)	ja
41.233	AGO	2010	Periplus Archeomare / ADC	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Almere	Almere	Flevoland	xxx	nee
41.918	AOW	2010	Periplus Archeomare / ADC	multibeam / sectorscan	waardering	scheepsresten	Waddenzee	Harlingen	Harlingen	Friesland	Van Campenhout / van den Brenk 2010 (ADC-rapport 2435)	ja
42.634	AGO	2010	Periplus Archeomare	side scan sonar / multibeam	xxx	verkenning	estuariën	Hoedenkenskerke	Borsele	Zeeland	Van den Brenk / van Lil 2010 (Periplus Archeomare rapport 10_A018)	ja
43.028	AOW	2010	Periplus Archeomare	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	IJsselmeer	Gaasterlan-Sleat	Friesland	xxx	nee
43.032	AGO	2010	Periplus Archeomare	side scan sonar	xxx	verkenning	IJsselmeer e.o.	Kampen	Dronten	Flevoland	xxx	nee
44.223	AGO	2010	Periplus Archeomare	multibeam	xxx	monitoring	Waddenzee	Waddenzee	Texel	Noord-Holland	Waldus / van den Brenk / van Lil 2009 (Periplus Archeomare rapport 09-A006B)	ja
44.289	AGO	2010	Periplus Archeomare	side scan sonar	xxx	verkenning	rivier	Hattem	Zwolle	Overijssel	van Lil / van den Brenk 2011 (Periplus Archeomare rapport 10-A024)	ja