

Geotechniek & archeologische prospectie: een overzicht van mechanische boor- en elektrische sondeertechnieken voor archeologie

Jeroen VERHEGGE, Michiel VANHECKE,
Mick VAN DEN WIJNGAERT & Philippe CROMBÉ

1. Inleiding

Door een combinatie van boor- en sondeeronderzoek en andere technieken zoals geofysische survey kunnen in het kader van het archeologisch vooronderzoek met minimale ingreep in de bodem afgedekte landschappen gekarteerd worden. In een volgende fase, het vooronderzoek met ingreep in de bodem, kunnen archeologisch relevante lagen en locaties die gekend zijn uit de landschappelijke kartering meer invasief bemonsterd worden met een verkennend en waarderend booronderzoek. Hierbij worden bodemstalen genomen met een groot volume met als doel het zeven van de stalen ter analyse van vuursteenresten, artefacten, pollen, veenresten, enz.

Meer invasief vervolgonderzoek (proefputten, sleuven, opgraving) kan bijgevolg doelgerichter ingeschat worden.

2. Archeologisch onderzoek zonder ingreep in de bodem

2.1. Cone Penetration Testing

De toepassing van geotechnische sonderingen of *cone penetration tests* (CPT) is ontstaan in de grondmechanica. Deze data zijn dan ook vaak beschikbaar in publieke databanken zoals de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) of uit bouwtechnisch vooronderzoek. Bij elektrische CPTs meten druksensoren elke centimeter de puntweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand op een conus die door een zwaar (rups-)voertuig de grond wordt ingeduwd met een gelijkmatige snelheid. Hierdoor kunnen in zachte bodems snel ondergrondgegevens verzameld worden tot op grote diepte, met een lagere prijs dan mechanische boringen. De gemeten waarden kunnen tot '*soil behaviour types*' omgezet worden door classificatieschema's zoals Robertson (1986). Deze zijn gebaseerd op het grondmechanische gedrag van verschillende textuurklassen. De toepassing van CPTs voor prehistorische landschapskartering in de overstromingsvlakte van de Schelde werd reeds uitgebreid besproken door Missiaen *et al.* (2015). Dit toonde ook aan dat deze classificatieschema's niet zonder controle kunnen worden toegepast. Lokale variaties op deze globaal afgeleide *soil behaviour types* zijn immers mogelijk. Zo kan bijvoorbeeld afgedekt en geconsolideerd veen afwijkende waarden vertonen (Koster, 2016) en is het grondmechanisch gedrag van glauconiethoudende zanden afwijkend (Van Alboom *et al.*, 2012). Hoewel elke cm data worden verzameld, betekent dit niet dat lagen van deze dikte correct zullen geïdentificeerd worden. De conus heeft immers afhankelijk van zijn afmetingen en de sedimenten een invloedssfeer dit tot 20 keer die conusdiameter kan bedragen, waardoor op de overgang tussen lagen of bij dunnere lagen de gemeten waarden niet representatief zijn voor het sediment (Lunne *et al.*, 1997). Hierdoor ligt de minimale identificeerbare dikte van een laag met een standaard conus rond 20 cm. Dunnere lagen worden gekenmerkt door pieken in het sondeerdiagram die zonder

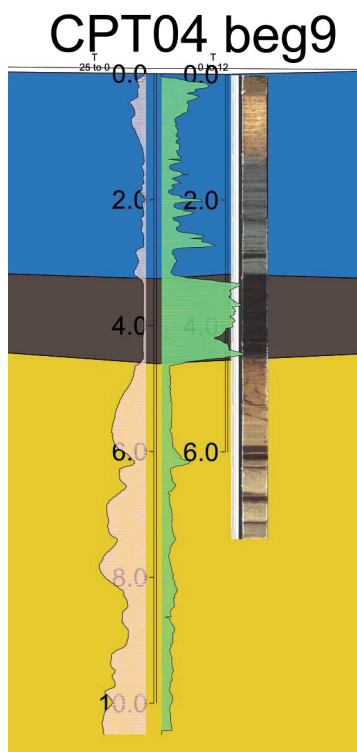


Fig. 1 – CPT-E puntweerstand (MPa, 25-0) in het roos en Wrijvingsgetal (% 0-12) in het groen naast een gescande Begemann boring.

bijkomende informatie (bv. boordata) moeilijk kunnen geïnterpreteerd worden. Het sondeeronderzoek levert dus een dataset met hoge verticale resolutie maar met een beperkt aantal meetlocaties op. Deze ruimtelijke beperkingen kunnen evenwel worden gecompenseerd door een combinatie met bijkomende geofysische survey, waarbij een hoge horizontale resolutie beschikbaar is (Verhegge et al., 2016). De combinatie van beide prospectiemethoden is nieuw in het kader van een archeologisch vooronderzoek in Vlaanderen en heeft reeds zijn nut bewezen op omvangrijke onderzoeksgebieden, zoals Prosperpolder Zuid en het tracé van het Saetinghedok. In de Code van Goede Praktijk voor archeologie en metaaldetectie wordt CPT niet als methode bij naam vermeld, maar het kan beschouwd worden als een variant op geofysisch onderzoek.

2.2. Landschappelijk booronderzoek

Landschappelijke boringen worden uitgevoerd ter validatie van sondeergegevens of in plaats van de sonderingen. De bodemstalen die aan de hand van deze boringen bekomen worden, leveren een fysiek staal van het bodemprofiel op. Ze bieden ook een bevestiging van de sedimentologische interpretatie van de sonderingen en extra informatie omtrent bodemvorming, profielontwikkeling, profieltype, veensoort en andere bodemkundige kenmerken die van belang zijn in deze fase van het vooronderzoek. Op onderzoeksgebieden met een beperkte oppervlakte (terreinen < 5-10 ha) is een landschappelijk booronderzoek zonder voorafgaand sondeeronderzoek dan ook soms efficiënter. Een vergelijkende studie van de gutsboor, Edelmanboor, Begemannboring, Spitsmuisboring Sonic Drill werd reeds uitgevoerd door Hissel & Van Londen (2004). Deze paper steunt hier dan ook sterk op maar werd aangevuld met ervaringen bij het boren in het alluvium en de polders langs de Schelde.

2.2.1. Geoprobe steekboring

De basistechniek voor het uitvoeren van mechanisch landschappelijk booronderzoek is de steekboring. Steekboringen zijn bij voorkeur verbuisde boringen die door middel van hameren en duwen een ongeroerd bodemstaal opleveren in secties van 1 tot 1,5 m. De bodemstalen kunnen daarbij worden genomen in plastic monsterbussen (liners) met verschillende diameters (van 3 mm tot 50 mm). De liners zijn afsluitbaar en kunnen zowel in het veld als achteraf in het labo geopend en beschreven worden maar vertonen vaak tekenen van compressie.

Het voordeel van de bodemstalen met een kleine diameter (bv. 30 mm) ligt voornamelijk in de snelheid van de uitvoering. Daarnaast is er een geringe invloed van het grondwater en is het mogelijk om, omwille van de kleine weerstand van de boorpunt, grote dieptes te bereiken in verschillende bodemtypes. Bodemstalen met een grotere diameter (bv. 50 mm) bieden een betere leesbaarheid van de bodemkundige processen en zijn bovendien minder onderhevig aan compressie aangezien het oppervlak van het bodemstaal proportioneel groter is in vergelijking met de afmetingen van de snijschoen (de AREA-ratio). Steekboringen leveren de beste resultaten op in geconsolideerde lemige en kleiige gronden. Door middel van nieuwe ontwikkelingen wordt er op zoek gegaan om compressie te minimaliseren. De keuze voor de diameter van het bodemstaal is afhankelijk van de vraagstelling en het onderzoeksgebied. Het doel is om het maximum aan informatie te winnen door zo weinig mogelijk te verstoren. Boringen met een grotere diameter veroorzaken een grotere bodemverstoring en kennen een lagere snelheid van uitvoering.

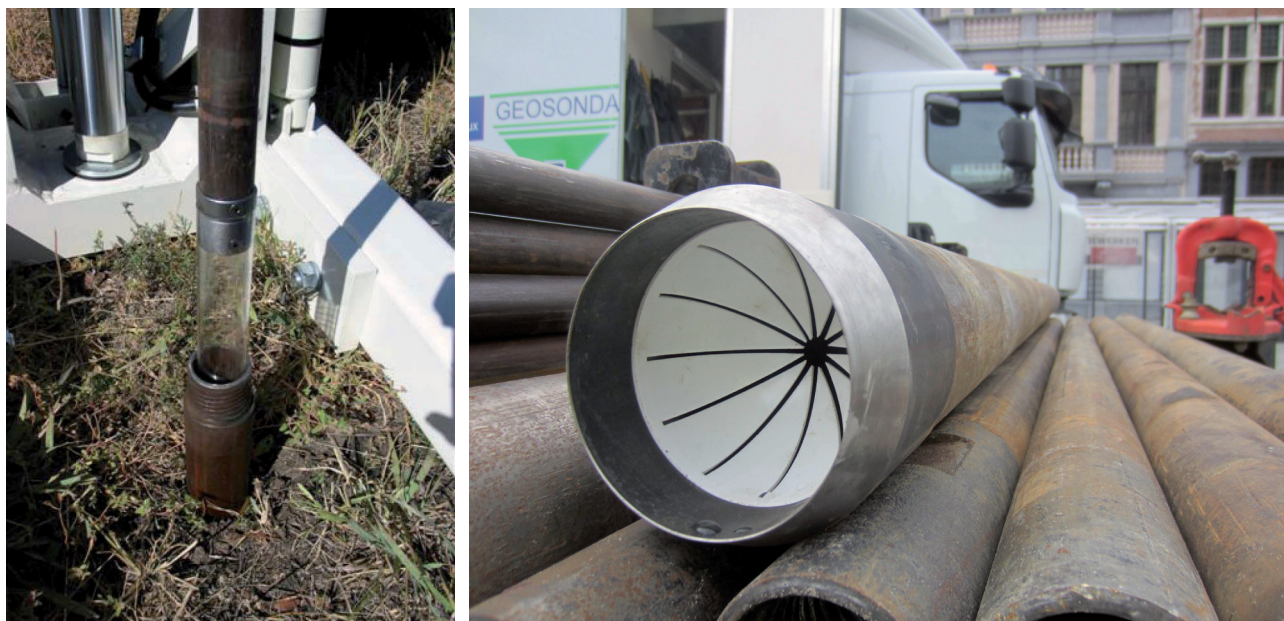


Fig. 2 – Geoprobe steekboring met liner (links) en core catcher (rechts).

2.2.2. (Sonische) piston boring

Bij sonisch boren worden de boorbuisen door middel van vibratie en rotatie de grond ingebracht.

De ongeroerde bodemstalen zijn beschikbaar in verschillende diameters (50 tot 100 mm) en meten, afhankelijk van de vraagstelling, twee, drie of vier meter lang. Deze stalen kunnen in liners geduwd worden of in een goot waardoor het bodemstaal ook op het terrein kan beschreven of bemonsterd worden. Het Aqualock systeem is vergelijkbaar met een dikwandige *piston sampler* (~spitsmuis/mostap) maar gebruikt een systeem met waterdruk om het monster in de boorkern te laten duwen. De Aqualock *piston* zorgt er wel voor dat per boorkern 10-20 cm sediment verloren gaat en dus geen volledig continu staal gerecupereerd wordt. Sonische boringen worden best ingezet in alluviale afzettingen, bij veenbemonstering en in de zandstreek. De maximale diameter van 100 mm laat toe dat subtiele bodemhorizonten makkelijker herkenbaar zijn.

2.2.3. Begemannboring

Het *Begemann* boorsysteem van Fugro (ontwikkeld door Deltares) bestaat uit een continue boorkern waarbij het staal in de steekbuis ook continu in 1 m liners wordt geduwd. Dankzij een nylon 'boorkous' in de boorkop en een steunvloeistof kan de volledige sedimentkolom in 1 penetratie in de liners geduwd worden. Deze worden ook achtereenvolgend gerecupereerd waarbij deze kous elke meter doorgesneden wordt en in liners kunnen getransporteerd worden. Dit systeem is beschikbaar in 29 en 66 mm diameter, waarbij voornamelijk de laatste toepassing in archeologie kent. Dankzij de continuïteit, maatvastheid en ongestoordheid van de sedimentkolom is deze boortechniek optimaal voor paleo-ecologisch onderzoek zoals bv. pollenanalyse.

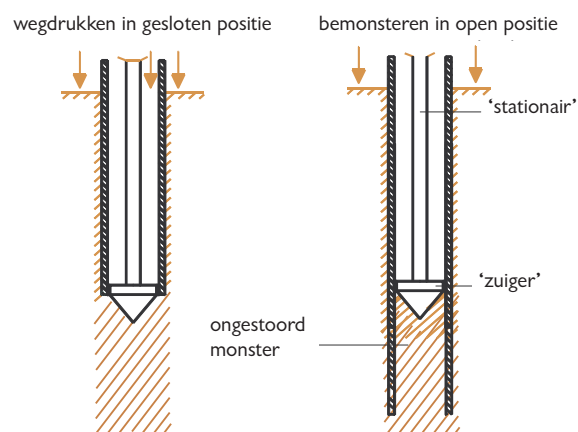


Fig. 3 – Werkprincipe van de piston sampler (Hissel & Van Londen, 2004).



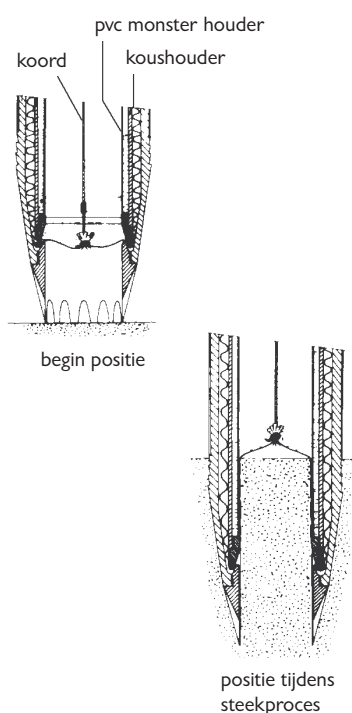
Fig. 4 – Het Sonic Drill Aqualock boormonster kan zonder liner uitgeduwd en ter plekke bestudeerd worden.

Aangezien de boorkern enkel gestoken wordt, is de toepassing beperkt tot slappe lagen. Harde lagen of fijne zanden kunnen het dieptebereik beperken.

3. Archeologisch onderzoek met ingreep in de bodem

Na de uitvoering en de verwerking van het landschappelijk booronderzoek dienen potentieel archeologische lagen bemonsterd te worden ten behoeve van de detectie van archeologische sites. Dit gebeurt meestal door het zeven van de opgeboorde bodemstalen en het uitslecteren van archeologische indicatoren. Vergelijkend onderzoek (Crombé & Verhegge, 2015) heeft uitgewezen dat voor de detectie van steentijdsites bodemstalen moeten voldoen aan een minimum diameter van 100 mm. Gezien de bodemopbouw gekend is uit het karterend onderzoek is er in de fase van het waarderend onderzoek zowel continue als discontinue bemonstering mogelijk. Bij discontinue boringen worden de archeologisch minder of niet relevante lagen niet bemonsterd. Gezien de snelheid van het boren is sonisch boren hiervoor de meest geschikte techniek. Analoog aan het karterend onderzoek kunnen ook de steekboringen

een oplossing bieden voor archeologische lagen die zich niet als artefactenspreidingen manifesteren.



Een avegaarboring is de derde boortechniek die bij het waarderend booronderzoek soelaas kan brengen. Deze niet-verbuisde boortechniek maakt het mogelijk om door middel van rotatie geroerde stalen te nemen. De mechanisch aangedreven schroef van Archimedes heeft verschillende diameters, tot 200 mm. Deze methode is geschikt om oppervlakkige stratigrafische eenheden in grotere bulkstalen te bemonsteren met het oog op het detecteren van sites met lage vondstendensiteit, maar geroerde stalen resulteren in minder nauwkeurige stratigrafische informatie.

4. Wat met verhardingen, muurresten en natuursteenformaties

Niet elke boring wordt in een onverstoorde bodem uitgevoerd. Er zijn enkele oorzaken die de uitvoering van een steek- of sonische boring kunnen belemmeren zoals puinhoudende lagen, harde formaties of constructies uit natuursteen. In urbane contexten komen er vaak oppervlakkige en dieper liggende puinhoudende lagen, ophogingspakketten of muurresten voor. Deze lagen zijn van een poreuze of fragmentarische aard en kunnen doorboord worden met een kernboring door middel van een druk- en snijtechniek. Wegens de vaak sterk verweerde samenstelling van deze stratigrafische eenheden wordt er een geroerd monster genomen. Zo zijn de boven- en ondergrens van de laag gekend en kan de continuïteit van de boring gegarandeerd worden.

Fig. 5 – Het Begemann steekapparaat (Hissel & Van Londen, 2004).



Fig. 6 – Recuperatie en doorsnijden van het Begemann staal.



Fig. 7 – Avegaarboring.

	<i>Edelman</i>	<i>Guts</i>	<i>Sonic Drill</i>	<i>Spitsmuis</i>	<i>Begemann</i>	<i>Geoprobe</i>	<i>Avegaar</i>	<i>CPT-E</i>
Maatvastheid	-	±	±	++	+++	±	-	+++
Ongestoordheid	-	+	+	++	+++	++	-	n.v.t.
Diameter	+++	-	++	+	+	+	+++	n.v.t.
Verpakking	-	-	+++	+++	+++	+++	-	n.v.t.
Gebruik > Inspanning	±	±	+++	++	+++	++	++	+++
Gebruik > Expertise	+++	+++	-	-	-	+	+	+
Mobiliteit	+++	+++	+	±	±	++	++	++
Uitvoeringstijd	+++	+++	++	-	±	++	+++	+++
Kosten	+++	+++	++	-	±	++	++	+++

Tab. 1 – Vergelijking van de eigenschappen van verschillende boor- en sondeertechnieken (Hissel & Van Londen 2004 aangevuld met eigen expertise).

5. Conclusie

De combinatie van mechanisch booronderzoek en prospectie door middel van sonderingen kent een recente intrede in het archeologisch vooronderzoek. In de fase zonder ingreep in de bodem leveren sonderingen en validatieboringen in combinatie met geofysische data resultaten waardoor het landschap snel, correct en met een beperkte destructieve ingreep kan worden gereconstrueerd. Aansluitend op het landschappelijk onderzoek biedt het archeologisch booronderzoek met ingreep in de bodem een oplossing om grotere bodemstalen te nemen van diep begraven stratigrafische eenheden. Afhankelijk van het bodemtype en de context kunnen verschillende boortechnieken ingezet worden om specifieke onderzoeksvragen te beantwoorden.

Dankwoord

Dit onderzoek werd onder andere gefinancierd door het VLAIO in kader van het innovatiemandaat 'Geotechniek & Archeologische prospectie' (n° 150265) in samenwerking met Geosonda bvba. Het Renard Centre of Marine Geology, Vakgroep Geologie, Universiteit Gent wordt bedankt voor het gebruik van de core logger voor Figuur 1.

Bibliografie

- CROMBÉ P. & VERHEGGE J., 2015. In search of sealed Palaeolithic and Mesolithic sites using core sampling: the impact of grid size, meshes and auger diameter on the discovery probability. *Journal of Archaeological Science*, 53: 445-458.
- HISSEL M. & VAN LONDEN H., 2004. *De kwaliteit van de waarneming. Een vergelijking van boormethoden voor archeologisch inventariserend veldonderzoek. Project TSA02001, 70.* Amsterdams Archeologisch Centrum, Amsterdam.
- KOSTER K., 2016. Cone Penetration Testing: A Sound Method for Urban Archaeological Prospection. *Archaeological Prospection*, 23(1): 55-69.
- LUNNE T., ROBERTSON P. K. & POWELL J. J. M., 1997. *Cone penetration testing in Geotechnical Practice.* Spon Press Taylor & Francis Group.
- MISSIAEN T., VERHEGGE J., HEIRMAN K. & CROMBÉ P., 2015. Potential of cone penetrating testing for mapping deeply buried palaeolandscapes in the context of archaeological surveys in polder areas. *Journal of Archaeological Science*, 55: 174-187.
- VAN ALBOOM G., DUPONT H., MAERTENS J. & HAELTERMAN K., 2012. Glauconiethoudende zanden. *Geotechniek*, April 2012.
- VERHEGGE J., MISSIAEN T. & CROMBÉ P., 2016. Exploring Integrated Geophysics and Geotechnics as a Paleolandscape Reconstruction Tool: Archaeological Prospection of (Prehistoric) Sites Buried Deeply below the Scheldt Polders (NW Belgium). *Archaeological Prospection*, 23(2), 125-145.

Samenvatting

Manuele boringen worden frequent ingezet voor archeologische prospectie van afgedekte prehistorische landschappen en sites. Mechanische boor- en sondeertechnieken kunnen echter een oplossing bieden waar het paleolandschap (te) diep gelegen is of om andere redenen niet adequaat kan bemonsterd worden met handmatige boringen. *Cone penetration tests* bieden, al dan niet in combinatie met geofysische prospectie, een goed alternatief met minimale ingreep in de bodem maar vereisen steeds beperkte validatie door booronderzoek. Landschappelijk bodemonderzoek kan ook gebeuren middels steekboringen, pistonboringen of Begemannboringen. Voor archeologisch booronderzoek met ingreep in bodem kunnen sonische boringen of avegaarboringen aan een hoge snelheid bodemstalen met grotere volumes opleveren. De voor- en nadelen van de mechanische boor- en sondeertechnieken worden besproken op basis van ervaringen in archeologische prospectie van prehistorische landschappen langs de oevers van de Schelde.

Sleutelwoorden: Geotechniek, archeologische prospectie, mechanische boringen, elektrische sondering, paleolandschap, artefactenclusters.

Abstract

Handcoring is frequently used for archaeological survey of covered prehistoric landscapes and sites. Mechanical coring and cone penetration testing methods can provide a solution when the paleolandscape is buried to deep or cannot be sampled adequately using manual augering. Cone penetration tests provide, possibly in combination with geophysical survey, suitable data for minimally invasive archaeological landscape research but always require minimal validation through coring. Suitable paleolandscape coring techniques are direct-push coring, piston sampler coring or Begemann coring. Sonic coring methods or spiral augering for more invasive archaeological core sampling provide larger samples in a shorter timeframe. The advantages and disadvantages of these different mechanical coring and sounding techniques are discussed based on data from the Scheldt floodplain in NW Belgium.

Keywords: Geotechnics, archaeological prospection, mechanic coring, electrical cone penetration test, palaeolandscape, artefact scatters.

Jeroen VERHEGGE
Philippe CROMBÉ
Universiteit Gent
Vakgroep Archeologie
35, Sint-Pietersnieuwstraat
BE - 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be
jeroen.verhegge@ugent.be

Michiel VANHECKE
Mick VAN DEN WIJNGAERT
Geosonda België
57, Kontichsesteenweg
BE - 2630 Aartselaar
michiel.vanhecke@geosonda.be
mick.vandenwijngaert@geosonda.be