

# Geotechniek en milieu

Philip van Diest

**Het maken van sonderingen is in ons land een veel gebruikte methode om de grondsoort en gelaagdheid te bepalen. Sondeertechnieken worden echter ook gebruikt als hulpmiddel om verontreiniging in de bodem vast te stellen. Zo is het mogelijk de temperatuur en elektrische geleidbaarheid van het grondwater te meten. De sondeertechniek wordt in dit artikel kort beschreven gevolgd door enige toepassing bij milieu-onderzoek.**

Bij milieu-onderzoek zijn een aantal stappen te onderkennen. In eerste instantie worden alle gegevens betreffende de te onderzoeken lokatie verzameld en gerangschikt. Het gaat dan niet alleen om historische gegevens uit archieven maar ook om de geohydrologische en geologische informatie. Gebaseerd op deze gegevens wordt een strategie voor veldwerk en chemische analyses opgesteld. Over het algemeen bestaat het veldonderzoek uit het verzamelen van grond- en grondwatergegevens door middel van boorgaten en het installeren van peilbuizen. Regelmatig wordt het terreinonderzoek aangevuld door het gebruik van verschillende sensoren in een sondering. Bij dergelijke onderzoek wordt tegelijkertijd met de bodemgegevens aanvullende informatie omtrent milieuaspecten verzameld.



Fig. 1. Een sondeerwagen.

## Sondering en conussen

De basistechniek voor het uitvoeren van een sondering is voor de voor de verschillende types sondering nagenoeg gelijk. De standaardsondering bestaat uit het wegdrukken van een conus in de bodem met een vaste snelheid, waarbij de krachten worden gemeten die hiervoor nodig zijn. De krachten kunnen worden onderscheiden in conusweerstand en mantelwrijving. In de loop der jaren is de meettechniek uitgebreid met sensoren voor het meten van temperatuur, waterspanning en elektrische geleidbaarheid. De registratie van parameters vindt elektronisch plaats. Deze elektronische conussen zijn uitgerust met een hellingmeter, zodat de afwijking van de verticaal wordt geregistreerd. De hoofdvorm van de verschillende conussen is in principe gelijk, alleen de positie en het type van de sensor verschilt. Figuur 2 geeft een indruk van een aantal veel voorkomende types sondeerconussen.

## Sondering met mantelwrijving

Als bij een sondering zowel conus-

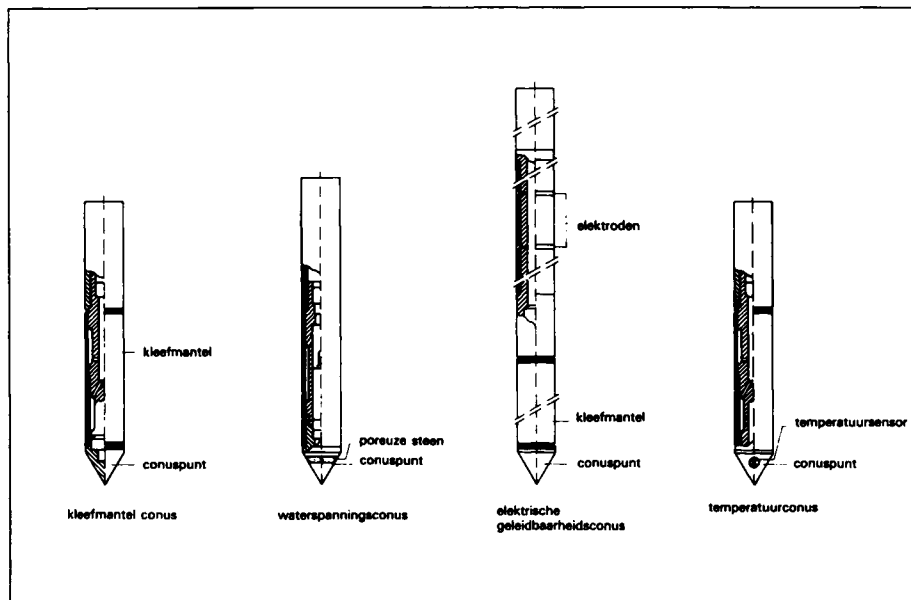


Fig. 2. Een viertal veelgebruikte sondeerconussen.

weerstand als mantelwrijving (of plaatselijke kleef) is gemeten dan kunnen wrijvingsgetal en wrijvingsindex worden berekend. Het wrijvingsgetal is de verhouding tussen mantelwrijving en

conusweerstand, uitgedrukt in procenten. De wrijvingsindex is de reciproque van het wrijvingsgetal. De correlatie tussen wrijvingsgetal, wrijvingsindex en grondsoort is empirisch bepaald.

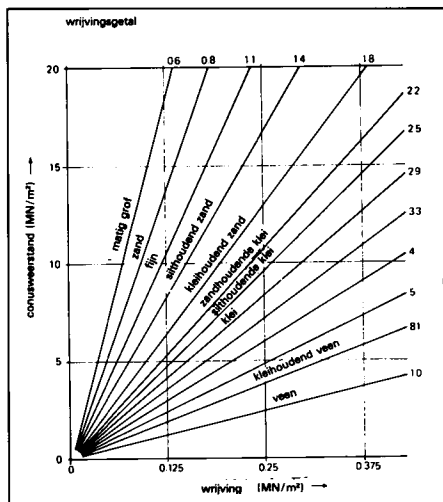


Fig. 3. Uit deze grafiek is de relatie tussen conusweerstand, wrijving en grondsoort af te lezen.

Het verband tussen wrijvingsgetal en grondsoort is gegeven in figuur 3. Uit ervaring blijkt dat het wrijvingsgetal gevoelig is voor cohesieve grondsoorten zoals klei, veen en leem en dat de wrijvingsindex vooral informatie omtrent grofheid van zandlagen kan worden afgeleid. Hoe groter de wrijvingsindex is des te grover en/of grindrijker is het zandpakket.

### Elektrische geleidbaarheid

De elektrische geleidbaarheid kan gedurende het sonderen continu worden gemeten. De gemeten grootte is een functie van de concentraties aan hoofdcomponenten in de poriën-vloeistof, de porositeit, de korrelmatrix van geleidbaarheid bepaald door de bodem en de grondsoort. Bij gelijke bodemeigenschappen wordt de geleidbaarheid bepaald door de concentratie aan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{CO}_3^{--}$  en  $\text{NO}_3^-$ . Zelfs als er sprake is van een sterke verontreiniging zullen stoffen als vluchtige koolwaterstoffen en zware metalen geen meetbare bijdrage leveren aan de geleidbaarheid van de bodem. De concentraties in het poriënwater bereiken zelden het niveau van mg/l, terwijl van de hoofdcomponenten enkele honderden milligrammen per liter aanwezig zijn. In navolgende voorbeelden zal worden aangegeven hoe sonderingen een bijdrage kunnen leveren aan een beter inzicht in de (potentiële) verspreiding van ongewenste stoffen in het milieu.

### Vuilstortplaatsen

In West-Nederland zijn enkele vuilstortplaatsen sterk in de belangstelling komen te staan. Daar opruimen van deze

storten voorlopig niet als haalbaar wordt beschouwd, beperkt het onderzoek zich tot de vraag wat er op deze stort aanwezig is en hoe deze stoffen daar te houden. Met name aan het onderzoek naar de beheers- en controlemaatregelen bij vuilstorten leveren sonderingen een bijdrage.

In figuur 4 zijn de resultaten van een sondering die is verricht ter plaatse van een vuilstort gegeven. Bij deze sondering zijn conusweerstand, plaatselijke wrijving en helling continu gemeten. De eerste 6,5 m worden onregelmatige waarden van conusweerstand en mantelwrijving gemeten. Vergelijking van het wrijvingsgetal met de waarden gegeven in figuur 3, geeft een zeer snelle laagwisseling aan van zand, klei en veenlaagjes. Daar de sondering is verricht vanaf maaiveld in een gebied dat van origine uit Holocene afzettingen bestaat zal het duidelijk zijn dat deze gelaagdheid aan de vuilstort wordt toegeschreven. Hieronder, tot 17,0 m beneden maaiveld, zijn Holocene afzettingen, bestaande uit klei en veen aanwezig. Daaronder worden Pleistocene zandlagen aangetroffen. Deze sonderingen worden uitgevoerd om de dikte van het ondoorlatend pakket vast te stellen. Van belang in deze sondering is dat in het Holocene pakket geen dunne zandlaagjes worden aangetroffen, dus dat er zekerheid is omtrent de slechte doorlatendheid van dit pakket ter plaatse van de sondering.

Het percolaat van een vuilstort heeft een hoge geleidbaarheid. Met name het sulfaatgehalte, maar ook chloride en nitraat zijn sterk verhoogd. Dit vertaalt zich in een hoge geleidbaarheid van het water. Het gedrag van chloride en sulfaat is conservatief, dat betekent dat deze stoffen bij verspreiding niet worden geremd door adsorptie of vorming van minder oplosbare neerslagen. Indien een vuilstort lekt zal in eerste instantie het zoutgehalte toenemen en pas later zullen de meer toxi-

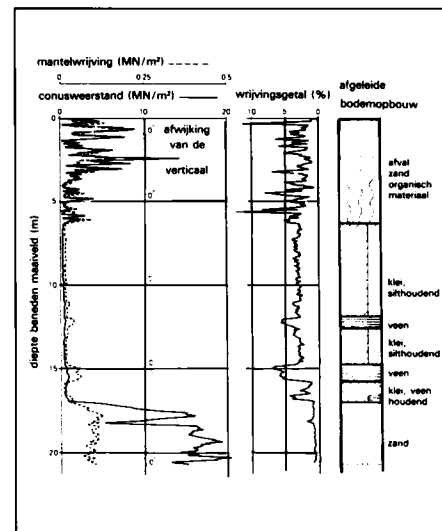


Fig. 4. Een sonderingsgrafiek van een vuilstortplaats. Duidelijk is te zien waar een kleilaag begint door de lage weerstand die de conus hierin ondervindt.

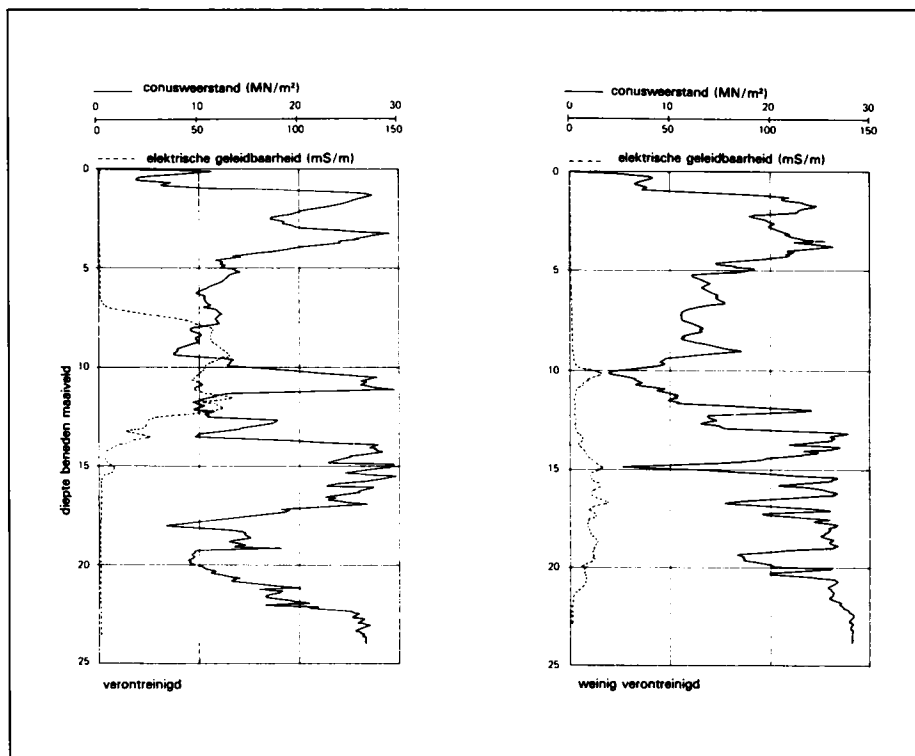


Fig. 5. Sondering met meting van elektrische geleidbaarheid nabij vuilstort, in de verontreinigde grond neemt de elektrische geleidbaarheid toe in vergelijking met de sondering in de weinig vervuilde grond.

sche stoffen arriveren. Met behulp van geleidbaarheidsonderingen kan het front van verontreiniging worden getraceerd. In figuur 5 is het resultaat van twee sonderingen weergegeven nabij een vuilstort op zandig materiaal. Sondering 1 is gemaakt op de rand van een vuilstort, sondering 2 100 m verder, in de richting van de grondwaterstroming. In sondering 1 is een aanmerkelijke verhoging van de geleidbaarheid te zien, in sondering 2 slechts een lichte verhoging. Uit sondering 1 blijkt dat een peilbuis ter bemonstering van het grondwater geplaatst dient te worden met het filter rond 10 m beneden maaiveld.

### Bodemsanering

Bodemverontreiniging kan in principe op drie manieren worden aangepakt, verwijderen, in situ saneren of isoleren. In de praktijk is gebleken dat in situ saneren van verontreinigingen in slecht doorlatende Holocene afzettingen zelden tot de gewenste resultaten leidt. Het verwijderen van verontreinigingen door middel van afgraven en het uitvoeren van bemalingen in Holocene afzettingen is aan vele randvoorwaarden gebonden. Gebouwen op samen-drukbare afzettingen zijn over het algemeen op palen gefundeerd. Houten palen mogen niet droogvallen. Historische bebouwingskernen zijn echter vaak op net wat steviger ondergrond gesitueerd, zoals kreekkruggen, oeverwallen, strandwallen, donken en oude dijken. Op deze gronden werd vaak op staal (dus zonder palen) gefundeerd.

Dit betekent dat ontgravingen moeten worden ontworpen, waarbij slechts een minimale grondwaterstandsverlaging wordt toegestaan. Het droogvallen van veen en kleilagen leidt tot onacceptabele zettingen. In figuur 6 zijn twee sonderingen weergegeven gemaakt ter voorbereiding van een sanering van een benzineverontreiniging. Van ca. 6 m beneden maaiveld tot het einde van de sondering zijn de afzettingen van Calais aanwezig. Het betreft wadafzettingen waarin in elk geval twee transgressiefasen zijn te herkennen. Op deze afzettingen is het Hollandveen afgezet, de dikte varieert. Boven het Hollandveen zijn de afzettingen van Duinkerke, een snelle afwisseling van kleilig zand en zandige klei, afgedekt door een geroerde toplaag van een meter aangetroffen. Het elektrisch geleidingsvermogen in sondering 5 neemt sterk toe in het Hollandveen en blijft op dit niveau in de afzettingen van Calais. Vanaf 4 meter beneden maaiveld is dus sprake van zout grondwater. Bij sondering 2 wordt echter een lager geleidingsvermogen onder de veenlaag gemeten, een aanwijzing voor infiltratie van oppervlakkig zoet, dus verontreinigd water onder de veenlaag. Onder andere uit deze sonderingen werden de volgende randvoorwaarden van sanering opgesteld: Het droogzetten van de in dikte variërende veenlaag zal tot schade aan op staal gefundeerde woningen in de omgeving leiden. Slechts door middel van een grond-en waterkerende damwand van meer dan 13 meter kan tot op de veenlaag worden ontgraven. Rond 13 m

beneden maaiveld, de basis van de afzettingen van Calais, is een ondoorlatende laag aanwezig. Deze laag voorkomt een te hoge waterdruk aan de onderzijde van het veen waardoor de bodem van de put kan opbarsten.

### Toekomst

Het blijkt steeds vaker dat een dieper inzicht in de geologische en hydrogeologische gesteldheid van een verontreinigde lokatie van doorslaggevend belang is voor het vinden van een oplossing voor een geval van bodemverontreiniging. Sonderingen, en speciaal sonderingen met meting van verschillende eigenschappen zijn hierbij een belangrijk hulpmiddel. Verwacht mag worden dat het aantal sensoren dat in een conus kan worden geplaatst zal toenemen. Tevens zijn er conussen in ontwikkeling die stofspecifiek kunnen meten.

Gedacht wordt dan aan het continu meten van het oliegehalte in de bodem of het grondwater of het gehalte aan vluchtige stoffen in bodemlucht.

### Adres van de auteur:

Fugro b.v.  
Centrale Adviesafdeling Milieu  
Archimedesbaan 15  
Postbus 1471  
3430 BL Nieuwegein

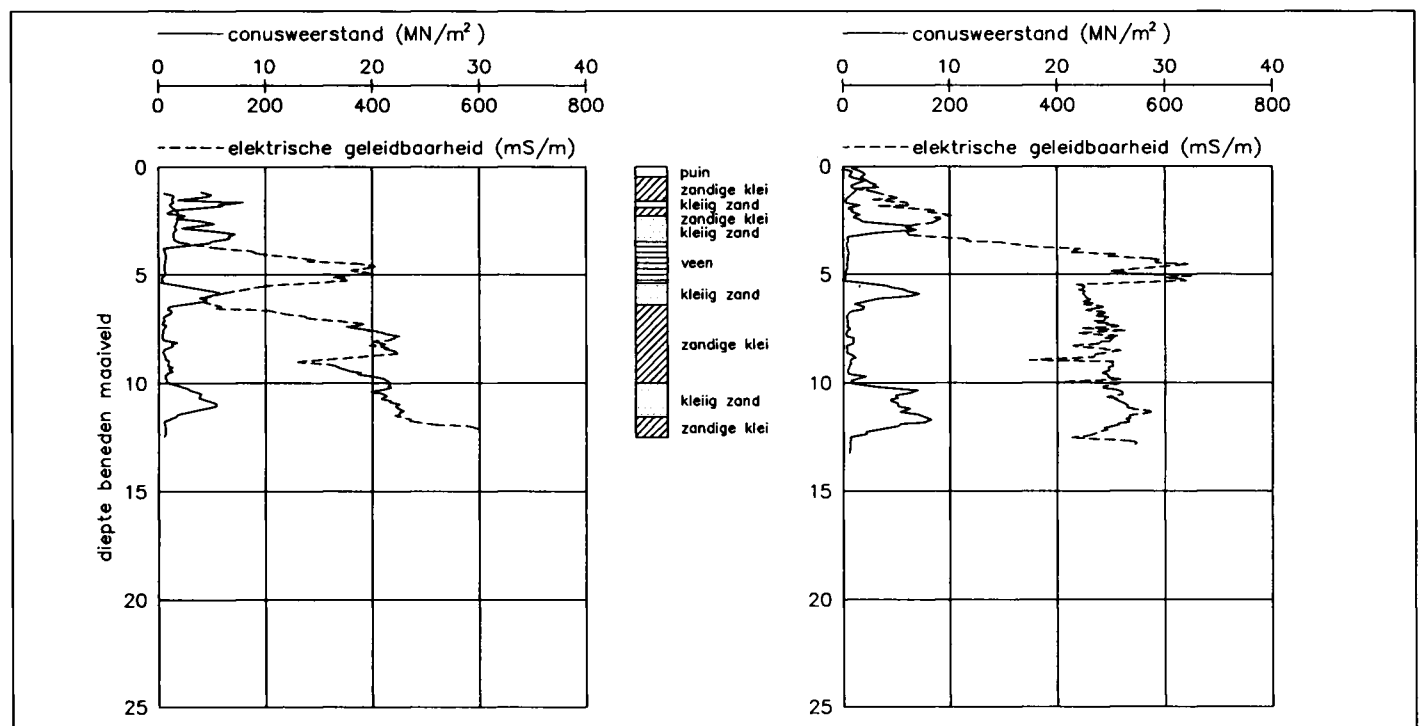


Fig. 6. Sondering met meting elektrische geleidbaarheid bij een bodemsaneringsproject.