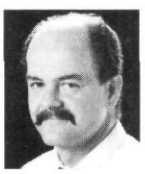
Recente voorbeelden van boorgatmetingen in verbuisde gaten in Nederland

Samenvatting

In dit artikel worden de meetresultaten van een drietal boorgatmetingen met de nieuwe inductie logger(EM39) besproken. De EM39 is speciaal voor milieu-doeleinden ontwikkeld. Door gebruik te maken van het inductie principe kan het geleidingsvermogen van de formatie ook gemeten worden in verbuisde gaten met een kunststof casing en een diameter van twee inch of groter.
Uit de meetresultaten blijkt dat de logger een uitstekend oplossend vermogen heeft. Kleilagen van een halve meter dik kunnen gevonden worden en bovendien kan in de onverzadigde zone gemeten worden.
Toepassingen blijven niet beperkt tot milieu-onderzoek, maar de logger kan ook gebruikt worden als 'zoutwachter', voor controle van bestaande gaten en de opsporing van metalen voorwerpen/bommen. De logger kan ook de natuurlijke gammastraling meten; meetgegevens worden digitaal geregistreerd.

Inleiding

Boorgatmetingen werden tot voor kort vrijwel uitsluitend uitgevoerd om geologische/geotechnische informatie van de bodem te verkrijgen. Door recente ontwikkelingen in de milieuproblematiek is er behoefte ontstaan gegevens over vervuiling te vergaren. Daar vervuiling veelal gepaard gaat met verhoging van het geleidingsvermogen (1.000 mS/m ≈ 1 Ohm·m) van het grondwater, verschaft het verloop van het geleidingsvermogen met de diepte belangrijke informatie.



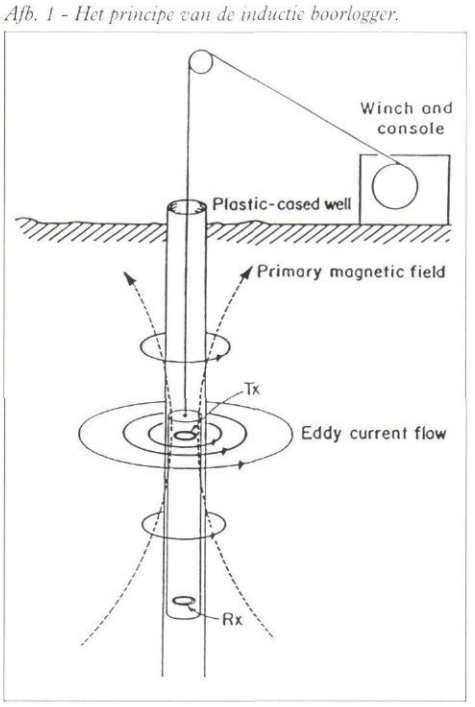
DRS. H. A. DE VOR
Adviesbureau
Geofysica & Geologie
Voorschoten

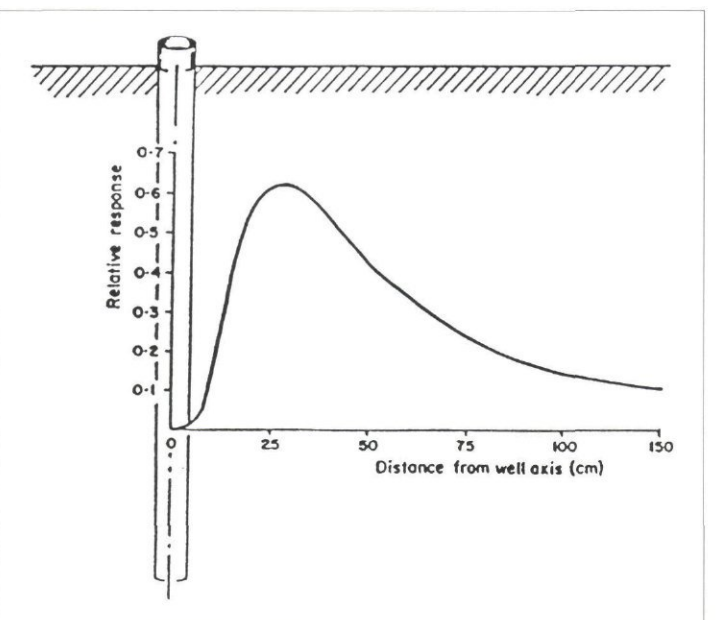


DR. D. T. BIEWINGA
Adviesbureau
Geofysica & Geologie
Voorschoten

Om in deze behoefte te voorzien heeft de firma GEONICS (Canada) de EM39 ontwikkeld. Deze boorgatlogger (afb. 1) berust op het inductie principe en kan zodoende het geleidingsvermogen van de formatie ook meten in een boorgat met een kunststof casing. De probe diameter is slechts 3,8 cm, zodat in een gat met een diameter van twee inch of groter gelogd kan worden. De EM39 meet het geleidingsvermogen in een zone van 20 tot 150 cm (afb. 2) vanaf het centrum van het boorgat en is daardoor ongevoelig voor het geleidingsvermogen van de vloeistof in het boorgat. Bij boorgaten met een diameter minder dan 20 cm wordt het ware geleidingsvermogen van de formatie gemeten. Een inductie logger meet uiteraard ook in de onverzadigde zone, en reageert bovendien zeer sterk op metalen. Door deze eigenschap kan de logger tevens als metaal detector gebruikt worden. Bovendien kan de EM39 uitgerust worden met een probe voor het uitvoeren van gammametingen.

Afb. 1 - Het principe van de inductie boorlogger.

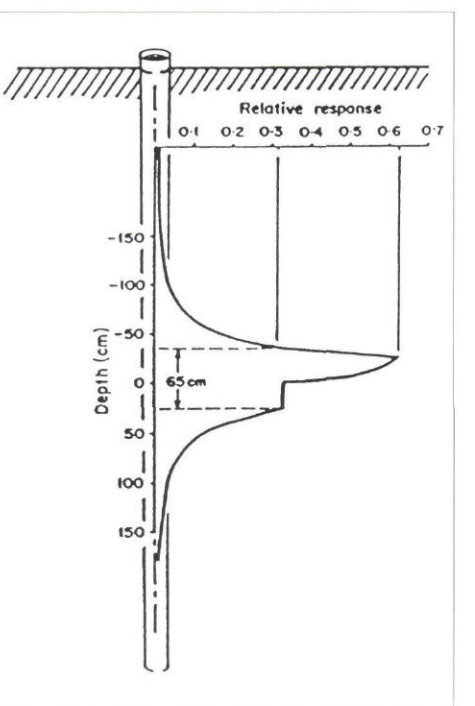




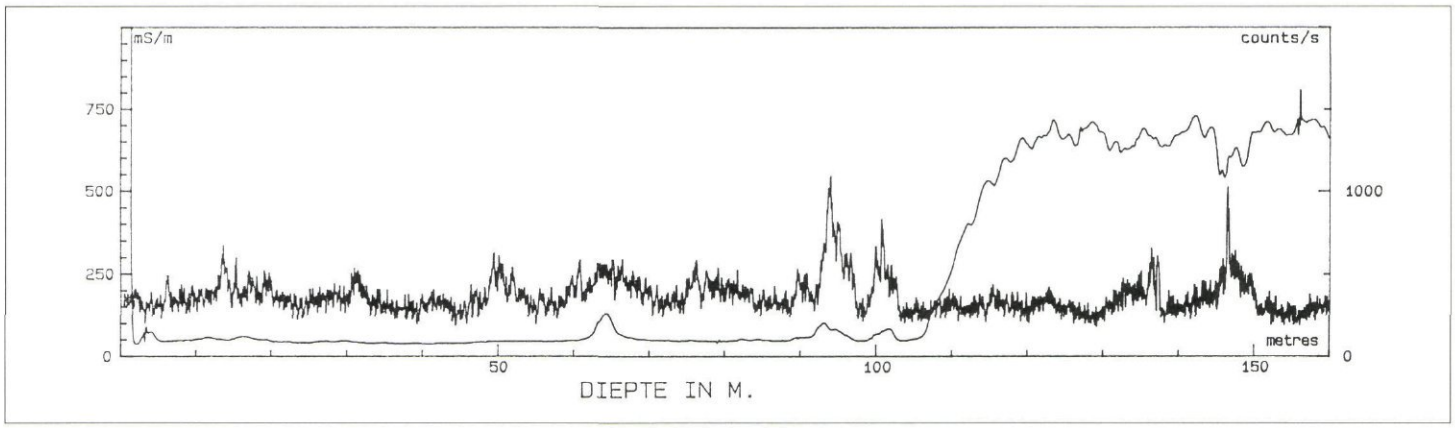
Afb. 2 - De relatieve responsie als functie van de radiale afstand tot het centrum van het boorgat.

De meetgegevens worden digitaal geregistreerd, naar keuze om de 5, 10 of 20 cm gemeten. De interpretatie van het gemeten geleidingsvermogen geschiedt op eenzelfde wijze als bij geo-elektrische metingen. Uitgaande van een aardlagen-

Afb. 3 - De 'piek responsie' van het geleidingsvermogen van een dunne, goed geleidende laag, als functie van de verticale afstand van het centrum van de probe tot de laag.



▶



Afb. 4 - Gamma- en conductivity boorlog in de duinen; met dank aan de Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

model wordt de responsie berekend en vergeleken met de gemeten waarden van het geleidingsvermogen van de boorgatmeting. Bij de bespreking van de boorgatmeting op de Utrechtse heuvelrug komen we daar op terug. De overige twee metingen worden slechts kwalitatief besproken.

De EM39 is zeer geschikt voor het opsporen van dunne goed of slecht geleidende lagen, de verticale resolutie is namelijk zeer goed. De afwijking van het ware geleidingsvermogen van een dunne laag van 1,5 m is maximaal 20%. Een dunne kleilaag van 0,75 m zal een piekresponsie te zien geven met een grootte die gelijk is aan het produkt van dikte en het contrast van het geleidingsvermogen (t.o.v. de achtergrond) [Mc Neill *et al.*, 1990]. De vorm van de piekresponsie is goed te herkennen, zie afbeelding 3. De toepasbaarheid van de logger zullen wij demonstreren aan de hand van enkele boorgatmetingen in Nederland.

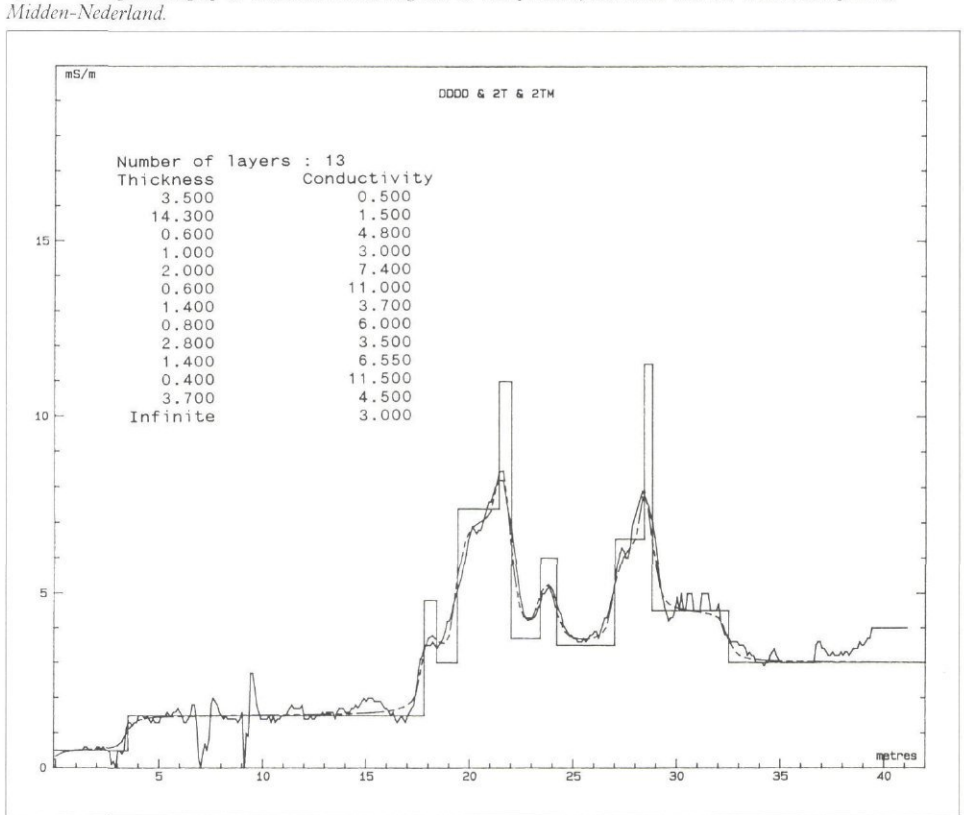
Een boorgatmeting in een duingebied

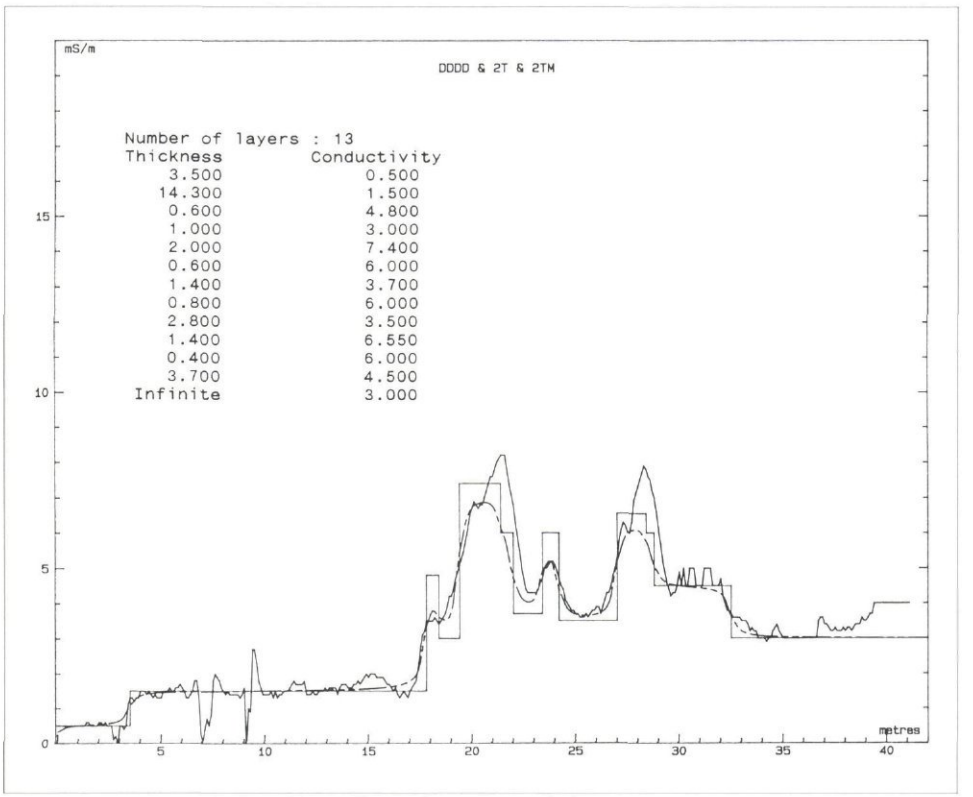
In afbeelding 4 ziet men een voorbeeld van een conductiviteits-(dunne getrokken lijn) en een gammameting (dikke lijn), uitgevoerd in een boorgat met PVC casing en een diameter van 2 inch (de ophaalsnelheid van de gammalog was 3 m/min en de tijdconstante is 1 sec).
Zeer duidelijk waarneembaar is de overgang van zoet (50 mS/m ≈ 20 Ohm·m) naar zout water (750 mS/m) op een diepte van 108 meter. De overgangszone van zoet naar zout water bedraagt terplaatse 12 m. Tussen 120 m-160 m fluctueert het geleidingsvermogen; de waarden rond 145 m zijn relatief laag.
Aan het verloop van de gammalog is te zien dat zich hier kleihoudende lagen bevinden. Met een 'gewone' weerstandslog wordt door gebrek aan oplossend vermogen het meetgebied in het zoute water meestal als een rechte lijn geregistreerd, waardoor deze informatie verloren gaat.
Er zijn drie significante pieken in het geleidingsvermogen waar te nemen, namelijk bij 65 m, 90 m en 105 m. De laatste twee hebben relatief een hoge natuurlijke gammastraling en zijn kleilagen. De piek bij 65 m heeft geen bijzonder hoge gammastraling en is vermoedelijk een intrusie van zilt water.

Een boorgatmeting op de Utrechtse Heuvelrug

Bij de interpretatie van inductie boorgatmetingen kunnen we gebruik maken van een computerprogramma dat op inversie berust; uitgaande van een geschat model wordt de responsie berekend en geplot. Door het model net zolang aan te passen, tot de gemeten en de berekende kromme samenvallen wordt de oplossing verkregen. Een voorbeeld wordt gegeven in afbeelding 5; de getrokken lijn is het gemeten geleidingsvermogen en de gestippelde lijn de responsie van het berekende model (opgemerkt zij dat de kromme op enkele plaatsen verstoord is, door de aanwezigheid van metalen buiskoppelingen). De rechthoekige geblokte lijn geeft het gebruikte lagenmodel weer. De eerste 3 m heeft een geleidingsvermogen van 0,5 mS/m (≈ 2.000 Ohm·m) is droog-bodemmateriaal.

Afb. 5 - Boorgatmeting op de Utrechtse Heuvelrug met de interpretatie; met dank aan het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland.





Afb. 6 - Boorgatmeting met de berekende responsie zonder de dunne kleilagen.

Tussen 3 en 18 m bevindt zich de onverzadigde zone van 1,6 mS/m (≈ 600 Ohm·m) (een inductie logger meet zoals vermeld ook in de onverzadigde zone).
Daar de meetwaarden niet beïnvloed worden door de vloeistof in het boorgat wordt het ware geleidingsvermogen van de formaties gemeten en bij interpretatie gevonden.
Bij lagen, die dunner zijn dan twee meter, treden echter afwijkingen ten opzichte van het ware geleidingsvermogen op. De gevoeligheid van de inductielogger, voor dunne goed geleidende lagen, wordt gedemonstreerd aan de hand van de boorlog in de afbeeldingen 5 en 6.
In afbeelding 5 bevinden zich tussen 20-22 m en 27-30 m gebieden met een relatief hoog geleidingsvermogen; de vorm van de geplotte meetwaarden is een soort 'piek met schouder'. Dit is de kenmerkende responsie van een inductielog op een dunne relatief goed geleidende laag, die te dun is om met zijn ware geleidingsvermogen geregistreerd te worden (zie ook afb. 3).

Deze twee pieken zijn te interpreteren als twee lagen met een geleidingsvermogen van circa 11 mS/m en met laagdiktes van resp. 0,6 m en 0,4 m.

Dat deze dunne lagen significant zijn kan geverifieerd worden door ze een geleidingsvermogen te geven dat ongeveer het gemiddelde is van de boven- en onderliggende laag. De berekende responsie van dit model is weergegeven in afbeelding 6; de berekende (gestippeld) en de gemeten kromme verschillen nu heel duidelijk. Bedoelde lagen zijn in de boorbeschrijving geregistreerd als zandige kleilagen.

Een boorgatmeting op een vuilstort

In afbeelding 7 is het verloop van het geleidingsvermogen weergegeven zoals dat gemeten is in een boorgat door een vuilstort.
De vuilstort is circa 11 m diep en wordt afgesloten door een kleilaag tussen 11 en 13 m met een geleidingsvermogen van ruim 200 mS/m. Het grillige verloop van het geleidingsvermogen tussen 0-3 m en van 7-9 m wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van metalen voorwerpen in de stort.
Van 13 tot 15 m bevindt zich een laag van ongeveer 25 mS/m, gevolgd door een laag (zandig veen) van circa 40 mS/m op een diepte van 15-19 m. Dieper dan 19 m daalt het geleidingsvermogen tot circa 12 mS/m (≈ 84 Ohm·m). Dat is een normale waarde voor zand, dat met schoon water verzadigd is. Het bovenstaande laat zien dat de vervuiling niet dieper dan 19 meter komt.
Door de meting periodiek te herhalen kan het verloop van het geleidingsvermogen met de tijd geregistreerd worden. Als er lekkage optreedt zal het geleidingsvermogen onder de stort toenemen.

Literatuur

Mc Neill, J. D., Bosnar, M. and Snelgrove, F. B. (1990). *'Resolution of an Electromagnetic Borehole Conductivty Logger for Geotechnical and Ground Water Applications'.* TN-25 (Mississauga, Ontario: Geonics Limited).

● ● ●

Afb. 7 - Het verloop van het geleidingsvermogen van een boorgat door een vuilstort; met dank aan DHV-Argus.

