

RIVM rapport nr. 714851003

**Resultaten van de metingen aan de sprengen en het
grondwater van de Veluwe**

C.R. Meinardi, A. Rolf
G. Klaver*, B. van Os*

april 1999

* Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
Postbus 6012, 2600 JA Delft

VERZENDLIJST

- 1-5 Directeur van de Directie Drinkwater, Water en Landbouw van het Directoraat-
Generaal Milieubeheer van het Ministerie van VROM -mr A.B. Holkamp
- 6 plv. Directeur-Generaal Milieubeheer - dr ir B.C.J. Zoeteman
- 7 ir A. Roos, DGM/DWL
- 8 ir H.O. Hooghoudt, DGM/DWL
- 9 dr H. van Dam, Aquasense, Wageningen
- 10 drs F.W. Prins, Afdeling Onderzoek en beheersplannen, Natuurmonumenten
- 11 ir W. Zeeman, Staatsbosbeheer
- 12 dr.ir J.J. Kuper, Koninklijke Houtvesterij Het Loo, Apeldoorn
- 13 dr.ir H.A.J. van Lanen, LandbouwUniversiteit Wageningen
- 14 ir W.M.J. de Boer, Directeur Stichting Gelders landschap
- 15 dr G. Klaver, NITG/RGD, Haarlem
- 16 dr B. van Os, NITG/RGD, Haarlem
- 17 Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie
- 18 Directie RIVM
- 19 sectordirecteur Milieu - ir F. Langeweg
- 20 hoofd Laboratorium Bodem en Grondwateronderzoek - ir R. van den Berg
- 21 plv.hoofd Laboratorium Bodem en Grondwateronderzoek - drs A. van der Giessen
- 22 clustercoördinator Drinkwater, Water en Landbouw - ir A.H.M. Bresser
- 23 hoofd afdeling CBG - ir W. van Duijvenbooden
- 24 projectleider Zoet Oppervlaktewater - dr L. van Liere
- 25 ir L.J.M. Boumans
- 26 dr ir J.J.B. Bronswijk
- 27 ir B. Fraters
- 28 ir G. van Drecht, LWD
- 29 drs F.G. Wortelboer, LWD
- 30 dr W. Verweij
- 31 dr H.F.R. Reijnders
- 32 A. Rolf, stagiaire
- 33 E. Smit, LAC
- 34 D. Wever
- 35 drs W.J. Willems
- 36-45 Auteurs
- 46 Hoofd Bureau Voorlichting en Public relations
- 47 Bureau Rapportenregistratie
- 48-49 Bibliotheek RIVM
- 50-70 Reserve exemplaren t.b.v. Bureau Rapportenbeheer
- 70-75 Reserve exemplaren

SAMENVATTING

Sprengen zijn de in vroeger tijden gegraven waterlopen die het grondwater van de Veluwe draineren. Bij een onderzoek in 1996 zijn monsters genomen uit de sprengen langs de oost- en de zuidrand, uit boringen met filters op verschillende diepten en uit hand-boringen naast de sprengen om de relatie te bestuderen tussen de samenstelling van de neerslag, van het grondwater en van de sprengen. Aan de monsters zijn door het RIVM de concentraties van de hoofdcomponenten geanalyseerd. Het NITG heeft de concentraties van een groot aantal micro-componenten bepaald. Hydrologisch onderzoek is uitgevoerd voor de bepaling van de verblijftijden in de bodem van het grondwater en van het door de sprengen afgevoerde water, met inbegrip van geofysisch onderzoek van de bodem, metingen van de afvoer en bepaling van de concentraties aan de isotopen ^2H , ^3H en ^{18}O in het water. Het onderzoek van de sprengen en het grondwater sluit aan bij eenzelfde type onderzoek in 1986. Het onderhavige rapport bevat alle meet-gegevens van het onderzoek in 1996. In RIVM rapport nr.714851004 wordt de interpretatie van de metingen gegeven.

Trefwoorden: Veluwe, sprengen, hydrologie, hydrochemie, microcomponenten

SUMMARY

The "sprengen" are water courses dug centuries ago in the Netherlands to discharge groundwater from the Veluwe hills. Natural vegetation has always prevailed in the recharge areas, agriculture and villages being nearly absent. An investigation in 1996 (continuing from a similar investigation in 1986) comprised the sampling of sprengen and groundwater in the surroundings. It was aimed at studying the relationship between the chemical composition of precipitation, groundwater and the water from the sprengen. The concentrations of the major components and many micro-components in the water were determined by the Netherlands Institute for Applied Geosciences, NITG-TNO. Hydrological investigations, including geophysical soundings of the soil, discharge measurements and determinations of isotope concentrations in the water, were executed to study the residence times of the water in the soil. All measurement data are documented in this report, while the observations are discussed in a follow-up report.

Key words: nature reserves, hydrology, hydrochemistry, micro-components

INHOUD

1. Doel en opzet van de metingen	6
2. Onderzoeksmethoden	9
2.1. Algemeen	9
2.2. Afvoermetingen	9
2.3. Isotoop-bepalingen	10
2.4. Geofysica	11
3. Resultaten	12
3.1. Fysieke kenmerken	12
3.2. Isotopen	13
3.3. Hoofcomponenten	16
3.4. Micro-componenten	17
4. Onderzoek aan en bij de sprengen	21
4.1. De Heerderspreng	21
4.2. De Heidebeek	22
4.3. De Horsthoeker beek	23
4.4. De Tongerense beek	24
4.5. De Hartensche Molenbeek	25
4.6. De Koppelsprengen	27
4.7. De Vrijenbergerspreng	28
4.8. De Eerbeekse beek	29
4.9. De Soerense beek	30
4.10. De Beekhuizer beek	33
4.11. De Rozendaalse sprengen	34
4.12. De Heelsumse sprengen	35
4.13. De Renkumse Molenbeek	37
5. Boorbeschrijvingen	40
Referenties	46

1. DOEL EN OPZET VAN DE METINGEN

Sprengen zijn de gegraven waterlopen die het grondwater van de Veluwe draineren. De Veluwe is een zeer waardevol natuurgebied omdat het een groot gebied is met voedselarme condities; de sprengen vormen daarin een uniek element. Ze geven een getrouw beeld van het water in de bodem van de Veluwe. In 1986 zijn de sprengen bemonsterd en is hydrologisch en geofysisch onderzoek uitgevoerd bij de bronnen (de sprengkoppen). In juni 1996 zijn de sprengen weer eenmalig bemonsterd en bemeten op vrijwel dezelfde plaatsen als in 1986 (Fig.1). Verder is in 1996 het grondwater bemonsterd uit twee zogenaamde LMG-putten en de ernaast staande N-putten met meerdere filters die bij twee van de sprengen aanwezig zijn. In najaar 1996 is bovenstrooms van drie sprengen een aantal ondiepe handboringen gezet om het bovenste grondwater te bemonsteren. Ook zijn metingen uitgevoerd gedurende een periode van een half jaar bij 8 geselecteerde sprengen langs de oost- en zuidrand van de Veluwe om een idee te krijgen van de variatie in de afvoer van water en stoffen door de sprengen. Het betreft de Heerderspreng(1), de Horsthoekerbeek(3), de Hartensche Molenbeek(5), de Vrijenbergerspreng(9), de Soerense beek(11), de Rozendaalse beek(13), de Heelsumse beek(17) en de Renkumse beek(20, 21). Doel van het onderzoek was om de relatie te bestuderen tussen de veranderende neerslag (atmosferische depositie), het grondwater en de sprengen in een situatie waarin alleen de atmosferische depositie invloed heeft op het grondwater. Het onderzoek maakte uitspraken mogelijk over de invloed van veranderingen in de tijd in de atmosferische depositie op het grondwater en op de sprengen. Als zodanig zijn de resultaten voor heel Nederland van belang. De cijfermatige uitkomsten van de metingen in 1996 zijn hierna gerapporteerd. De interpretatie van de gegevens is separaat gerapporteerd in RIVM rapport 714851004, getiteld: "Stroming en samenstelling van de sprengen en het grondwater van de Veluwe".

De aard van de metingen door het RIVM is samengevat in Tabel 1. De hydrologische situatie is afgeleid uit metingen van de afvoer en uit geofysische metingen aan de bodem. Zuurgraad en elektrische geleidbaarheid zijn in het veld en in het laboratorium gemeten. Concentraties van de natuurlijke isotopen ^2H ; ^3H en ^{18}O in het water zijn bij de bemonstering in juni 1996 bepaald door het Centrum voor Isotopen Onderzoek (CIO) in Groningen. Door het Isotopenlaboratorium van de Faculteit Aardwetenschappen van de Universiteit Utrecht zijn ^2H en ^{18}O in het water van de 8 geselecteerde sprengen bepaald tijdens regelmatige bemonsteringen in het voorjaar van 1996. Concentraties van een groot aantal micro-componenten zijn gemeten door het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen (NITG) (Tabel 2).

Tabel 1 RIVM metingen aan de sprengen en het grondwater van de Veluwe

Q	Afvoer	T	Temperatuur	EC	Electrische geleidbaarheid
pH	Zuurgraad	Ca^{2+}	Calcium	Cl	Chloride
Mg^{2+}	Magnesium	Na^+	Natrium	K^+	Kalium
NH_4^+	Ammonium	SO_4^{2-}	Sulfaat	NO_3^-	Nitraat
Al	Aluminium	Zn	Zink	Cd	Cadmium

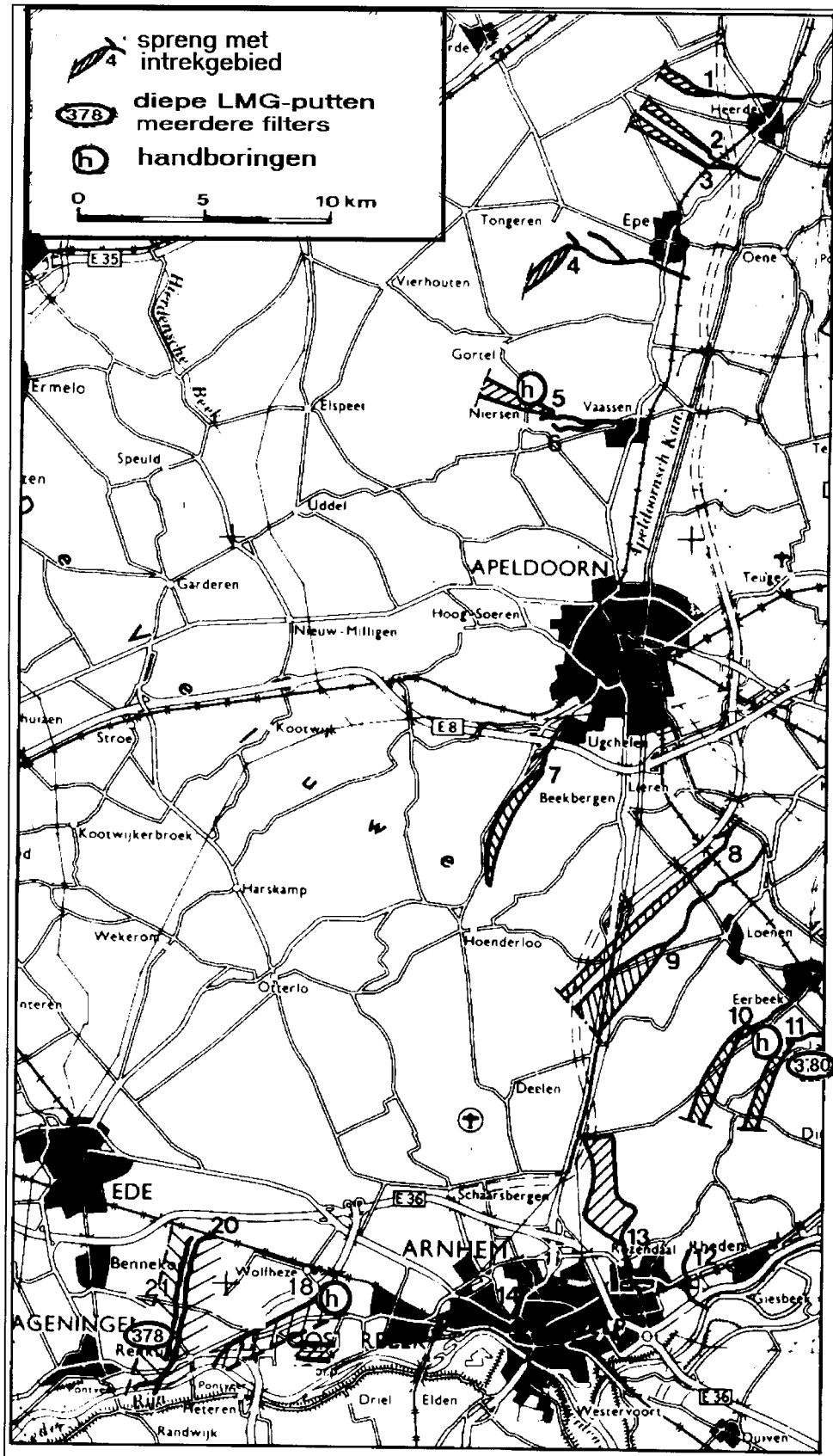


Fig.1 Overzicht van onderzoekslokaties en de intrekgebieden van de sprengen
(h=handboringen; LMG378 en LMG380=diepe potten, meerdere filters)

Tabel 2 Door het NITG gemeten micro-componenten in sprengen en grondwater

L 7	Lithium	Be 9	Beryllium	B 11	Borium
Al 27	Aluminium	Ti 48	Titaan	Cr 52	Chroom
Mn 55	Mangaan	Fe 56/57	IJzer	Co 59	Cobalt
Ni 60	Nikkel	Cu 63/65	Koper	Zn 64/66	Zink
Ga 69	Gallium	As 75	Arseen	Se 77	Selenium
Rb 85	Rubidium	Sr 88	Strontium	Y 89	Yttrium
Zr 90	Zirconium	Nb 93	Niobium	Mo 95	Molybdeen
Ag 107	Zilver	Cd 111/114	Cadmium	In 115	Indium
Sn 120	Tin	Sb 121	Antimoon	Cs 133	Cesium
Ba 138	Barium	La 139	Lantaan	Ce 140	Cerium
Pr 141	Preseodymium	Nd 146	Neodymium	Sm 147	Samarium
Eu 151/153	Europium	Gd 155	Gadolinium	Tb 159	Terbium
Dy 162	Dysprosium	Ho 165	Holmium	Er 166	Erbium
Tm 169	Thulium	Yb 174	Ytterbium	Lu 175	Lutetium
Hf 178	Hafnium	Ta 181	Tantalium	W 184	Wolfram
Pt 195	Platina	Au 197	Goud	Pb 208	Lood
Bi 209	Bismut	Th 232	Thorium	U 238	Uranium

De nummering van de monsterlokatie is in 1996 anders opgezet dan in 1986. Uiteindelijk is, overeenkomend met 1986, een nummering gebruikt die bestaat uit het nummer van de spreng en een volgrete die de plaats van de bemonstering aangeeft. In de Tabellen 3a en 3b zijn de gebruikte benamingen gegeven. De gedetailleerde lokaties zijn aangegeven in Hoofdstuk 4.

Tabel 3a Benamingen van overeenkomstige sprengmonsters in 1986 en in 1996

noordoost 1986	noordoost 1996	zuidoost 1986.	zuidoost 1996	zuid 1986	zuid 1996
1a	1.1	7a	7.3	12	12.1
2a	2.1	7c	7.4	13a	13.1
3a	3.2	9a	9.1	13b	13.2
3b	3.3	9c	9.2	18a	17.1
3c	3.1	10a	10.1	18b	17.4
3d	3.4	10b	10.2	20c	20.2
4a	4.1	10c	10.3	21/21a	21.1
4b	4.2	11a	11.2	22/20a	20.4
5a	5.3	11b	11.1		
5b	5.1	11c	11.3		

Tabel 3b Benaming overige lokaties van de sprengen bemonsterd in 1996

noordoost 1986	noordoost 1996	zuidoost 1986.	zuidoost 1996	zuid 1986	zuid 1996
2b	2.2	7b	7.1	18c	17.2
4c	4.3	7d	7.2	18d	17.3
5c	5.2			20b	20.3

2. ONDERZOEKSMETHODEN

2.1. Algemeen

Het onderzoek is gebaseerd op eerdere onderzoeken aan de sprengen door het RIVM. Er is getracht zoveel mogelijk dezelfde onderzoeksmethoden te hanteren als in voorgaande jaren om een vergelijking te kunnen maken met eerdere resultaten. Het onderzoek aan de sprengen heeft zich geconcentreerd zo dicht mogelijk bij de oorsprong van de sprengen, de sprengkoppen, om de effecten van lokale vervuiling te beperken. De volgende eigenschappen zijn bepaald:

- De hoofd-componenten; eenmalig bepaald door het Laboratorium voor Anorganische Chemie (LAC) van het RIVM aan 53 monsters van het juni-veldwerk (36 monsters uit de sprengen en 17 uit de LMG/N-putten).
- Stabiele isotopen; van twee series van elk 8 monsters zijn ^2H en ^{18}O concentraties bepaald m.b.v. de massaspectrometer van de Faculteit Aardwetenschappen van de Universiteit Utrecht. Van 11 sprengmonsters en van 24 monsters van het ondiepe grondwater zijn de ^2H en ^{18}O concentraties bepaald door het Centrum voor Isotopen Onderzoek in Groningen.
- De radio-actieve isotoop tritium; van een selectie van 11 monsters van de sprengen en 13 van het diepe grondwater zijn de concentraties van de ^3H isotoop bepaald door het Centrum voor Isotopen Onderzoek in Groningen.
- Micro-componenten; eenmalig bepaald door het NITG (Rijks Geologische Dienst, RGD) aan de 53 monsters van het juni-veldwerk.
- Enkele fysieke kenmerken zijn gedurende een periode van 6 maanden regelmatig in het veld bepaald, namelijk de temperatuur van het sprengwater, pH, geleidbaarheid en de afvoer. Geleidbaarheid en temperatuur zijn gemeten met een draagbare WTW geleidbaarheidsmeter en de pH is gemeten met een draagbare WTW pH-meter. De meetsonde werd gedurende tenminste een aantal minuten in stromend water gelegd totdat de meting stabiliseerde.

2.2. Afvoermetingen

De debieten zijn gemeten met behulp van de drijvertjes-methode. De methode is gebaseerd op de tijd die een drijvertje nodig heeft om een vast traject met een zo constant mogelijk nat profiel af te leggen. Dit geeft de orde van grootte van de volumestroom aan. Normaal worden daar dobbertjes voor gebruikt die een gewicht bevatten om onder het water-oppervlak te blijven zodat ze niet beïnvloed worden door de wind. Bij de metingen aan de sprengen zijn luciferhoutjes gebruikt en geen dobbertjes omdat de sprengen zeer ondiep zijn en de dobbertjes gemakkelijk vast kunnen lopen. De lucifershoutjes waren geschikt omdat de sprengen meestal omringd worden door een wal die de sprengen in een luwte leggen. De invloed van de wind was daarom zeer beperkt. Er zijn steeds vijf metingen gedaan over een

vast traject, waarbij het gemiddelde van de middelste drie tijden werd genomen. Hieruit kon het debiet berekend worden door het oppervlak van het natte profiel te vermenigvuldigen met de drijfsnelheid van het drijvertje. Het resultaat is vermenigvuldigd met een correctiefactor k , die afhangt van de bodemruwheid (Stowa rapport 94-13). Tijdens het juni-veldwerk zijn van alle sprengen van dit programma de debieten bepaald met zowel de drijvertjes methode als met de Ottmeter (type 01"10.152", no. 16751), een meter die de stroomsnelheid meet op een bepaalde plaats in de spreng. Op deze meter werd gebruik gemaakt van propellor 1-77577. De relatie tussen het aantal omwentelingen (n) en de stroomsnelheid (v) is als volgt:

Als $n < 7.65$ dan $v = 0.0552 * n + 0.036$ [m/s]

En als $n \geq 7.65$ dan $v = 0.0535 * n + 0.049$ [m/s]

Er is standaard op $0.4 * d$ meter vanaf de bodem gemeten, waarbij d de totale diepte van de spreng is, omdat op deze diepte de gemiddelde snelheid van het verticale snelheidsprofiel optreedt (Stowa rapport 94-13). Vervolgens is het horizontale snelheidsprofiel geïntegreerd over het oppervlak van de natte doorsnede. Het horizontale snelheidsprofiel kon meestal benaderd worden met een parabolische functie die werd opgehangen aan drie metingen; één gemeten op een kwart van de breedte, één halverwege de spreng en één op driekwart van de breedte van de spreng. Het diepteprofiel kon soms beschouwd worden als een rechte bak als er sprake was van een goed onderhouden spreng zoals het geval is bij de Vrijenbergerspreng. Maar in een aantal andere gevallen is het diepteprofiel benaderd met een parabolische functie als er sprake was van een slecht onderhouden spreng zoals de Soerense beek of als de metingen werden verricht bij een duiker, een betonnen buis die het sprengwater onder een weg leidt, zoals het geval is bij de Hartensche Molenbeek. Het gebruik van de Ott-molen is gecalibreerd door het debiet tevens te meten op plekken waar dat mogelijk was door het afgevoerde water op te vangen in een opvangvat (een emmer) met een bekend volume en de tijd nodig voor het vullen op te nemen. De overeenkomst bleek relatief goed te zijn.

2.3. Isotoop-bepalingen

De isotopen ^2H en ^{18}O zijn door de Faculteit Aardwetenschappen geanalyseerd. Voor de ^{18}O analyse werd in het laboratorium 1ml van het watermonster in een speciaal vacuumsysteem ontgast en daarna bij 25°C in isotopenevenwicht gebracht met CO_2 . Na uitwisseling tot evenwicht werd een fractie van de CO_2 afgetapt en geanalyseerd op de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -verhouding met een massaspectrometer. Alle monsters, inclusief de standaard VSMOW, ondergingen deze behandeling, de fractionering tussen CO_2 en H_2O ($\pm 41\%$) is daarom niet relevant. Voor de deuterium bepaling werden van het zelfde monster enkele druppels water onder vacuum gebracht, waarin het als damp door uranium werd geleid. Hierbij reduceert het water tot waterstof dat gebruikt werd voor de ^2H -bepaling in de massaspectrometer. De metingen door het CIO zijn uitgevoerd volgens de bij het CIO gebruikelijke methoden. De concentraties van de isotopen ^2H en ^{18}O zijn uitgedrukt als afwijkingen in ‰ t.o.v. SMOW (Standard Mean Ocean Water) en die van ^3H als TU (Tritium Units), zie ook (Mook, 1969).

2.4. Geofysica

In de omgeving van de sprengkoppen van de noordoostelijke Veluwe is geofysisch onderzoek uitgevoerd in de vorm van electro-magnetische (EM) en geo-electrische (VES) oppervlakte-metingen. De metingen hadden tot doel om de ondiepe (EM metingen) en de diepe bodem (VES) in de omgeving van de sprengen te verkennen. De electromagnetische metingen zijn in 1986 uitgevoerd met een GEONICS-EM31 (1979). In 1996 zijn deze laatste metingen niet opnieuw gedaan, vooral omdat in 1986 was gebleken dat het beschikbare apparaat minder geschikt was om betrouwbare waarden te verkrijgen bij diepe standen van het grondwater zoals bij de sprengen. De metingen uit 1986 zijn besproken in (Meinardi, 1994). Deze metingen zullen hier niet verder worden behandeld.

De geo-electrische oppervlakte-metingen zijn uitgevoerd met een ABEM Terrameter in combinatie met een BGS-128 multicore kabel (Barker, z.j.). Hiermee is het mogelijk om Offset-Wenner metingen te doen (Telford, 1976). De interpretaties van de resulterende Wenner-series zijn verricht met een programma van Hemker (1988). In 1996 is nogmaals geo-electrisch onderzoek uitgevoerd op de Noordoostelijke Veluwe om te verifieëren of de eerder geconstateerde kleilaag op een diepte van ca. 50 m terug gevonden zou worden. Dit bleek zo te zijn. Daarnaast zijn de interpretaties van de metingen in 1986 aangehouden voor een eerste benadering van de diepte van de doorstroomde aquifer. In Fig.2 is een voorbeeld gegeven. De meetwaarden zijn aangegeven met (+). De kromme lijn is het resultaat van de interpretatie die hoort bij de laagopbouw die met de horizontale blokken is aangegeven. De verticale as geeft de schijnbare weerstand van de metingen en de werkelijke weerstanden van de geïnterpreteerde lagen in ohmmeter. Weerstanden groter dan 100 ohmm zullen zandlagen vertegenwoordigen, weerstanden tussen 50 en 100 ohmm leemlagen en nog kleinere weerstanden kleilagen. Op de horizontale as staat zowel de aangehouden waarden voor a (afstand tussen de elektroden) als de diepte van de lagen in meter onder maaiveld. Interpretaties voor de afzonderlijke sprengen zijn opgenomen in Hoofdstuk 4.

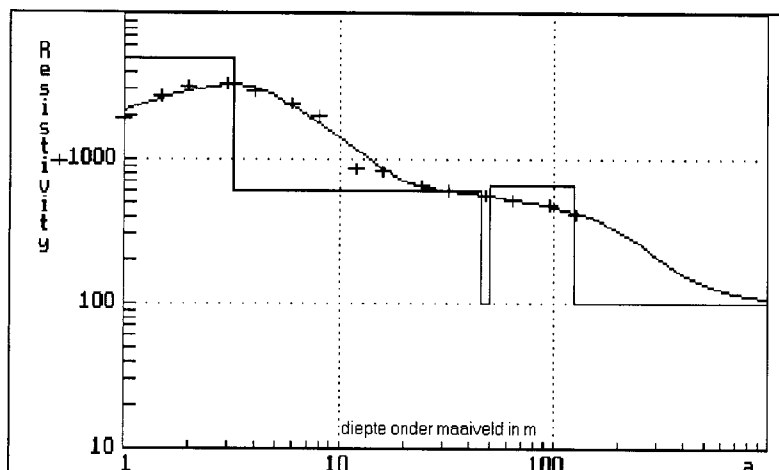


Fig.2 Geo-electrische meting bij de Heidebeek (VES-Heidebeek96)

3. RESULTATEN

3.1. Fysieke kenmerken

In april 1996 is aangevangen met het onderzoek van 8 geselecteerde sprengen dat gedurende tenminste 6 maanden is uitgevoerd om een indruk te krijgen in welke mate de afvoer van de sprengen tijd-afhankelijk is. Bij ieder veldbezoek zijn de temperatuur, pH, de geleidbaarheid en de afvoer gemeten. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 4a.

De temperaturen van het water in de sprengkoppen zijn vrij constant en ze zijn in de zomer vaak lager dan de luchttemperatuur. Dit werd ook verwacht aangezien de temperatuur van het voedende grondwater een constante waarde zal hebben. De trend is dat er vaak een piek op te merken is in juni. Op deze temperatuurmetingen zal verder niet worden ingegaan. Ook in de afvoermetingen valt een piek waar te nemen in de afvoer in juni (Tabel 4a). Daarbij is echter voorzichtigheid geboden omdat de afvoergegevens geen absolute waarden zijn maar een benadering. Het meten van de afvoeren met de twee verschillende methoden leverde een duidelijke correlatie op, die echter alleen opgaat voor waterlopen van soortgelijke aard. Dat wil zeggen waterlopen die 1 tot 2.5 m breed zijn en 0.05-0.25 m diep, waarin laminaire stroming plaats vindt. Voor dit soort waterlopen gaat de correlatie op tussen de debietmeting met de drijvertjes-methode, die eenvoudig maar onnauwkeurig is, en de debietmeting met de Ottmolen-methode, die omslachtiger maar nauwkeuriger is. Voor de uitgevoerde metingen geldt bij benadering (Meinardi, 1998):

$$Q_{Ott} = (Q_{drijvertje} / 1.4) \text{ [m}^3\text{/dag]}$$

De gemeten pH waarden zijn per spreng relatief constant met uitzondering van de metingen in september. Vermoedelijk is de afwijking in september te wijten aan een calibratie fout. De pH-waarden van de monsters in september zijn gemeten met een andere (draagbare) elektronische pH-meter dan in de overige metingen. Verder is er een verschil tussen de gemeten pH met behulp van een draagbare veld pH-meter en de pH bepaling uit het RIVM laboratorium. De geleidbaarheid per spreng is zeer constant gebleven tijdens de metingen over een half jaar aan de 8 geselecteerde sprengen. Dit is weer een aanwijzing dat de samenstelling van het water in de sprengen relatief constant is in de tijd. Zie verder het rapport over de interpretaties van de metingen (Meinardi, 1998).

De temperatuur en de geleidbaarheid (EC) zijn ook bepaald in het veld (Tabel 4b) tijdens het veldwerk in juni naast de bepaling van de geleidbaarheid in het RIVM laboratorium. De geleidbaarheid gemeten in het veld is gemiddeld 10% lager dan de geleidbaarheid gemeten in het laboratorium, met een tamelijk constant verschil tussen de beide waarden. De verschillen tussen de gemeten veld-pH en de gemeten lab-pH en de verschillen tussen de gemeten EC in het veld en in het laboratorium komen nader aan de orde in het aansluitende rapport (Meinardi, 1998) waarin de interpretaties van de metingen zijn gegeven.

Tabel 4a *Temperatuur, veld-pH, veld-EC en afvoer van 8 sprengen in 1996*

spreng 1	1-Apr	25-Apr	16-May	4-Jun	13-Jun	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	9	7	13.7	14	-	-
pH	-	5.79	5.82	-	6.14	-	-
EC (uS/cm)	-	121.6	127	124.3	121.9	-	-
Q (m3/dag)	115	165	15	0	0	0	0

spreng 11	1-Apr	25-Apr	16-May	4-Jun	26-Jun	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	9.8	10.2	10.2	10.1	10.1	9.7
pH	-	6.13	6.19	-	6.15	7.04	6.48
EC (uS/cm)	-	110.8	110	111.3	110.5	111	111.2
Q (m3/dag)	2850	2242	2630	2320	3080	2360	1226

spreng 3	18-Apr	25-Apr	16-May	4-Jun	13-Jun	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	14.5	11.4	9.5	13.8	-	10.9	11.8
pH	5.49	5.60	5.31	-	5.42	6.48	5.77
EC (uS/cm)	119.2	114.3	117	116.1	-	120.2	121.7
Q (m3/dag)	1100(?)	545	422	555	600	330	425

spreng 13	-	25-Apr	16-May	4-Jun	1-Jul	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	9.8	9.1	10.6	10.2	10.2	9.4
pH	-	6.5	6.47	-	6.75	7.1	6.71
EC (uS/cm)	-	190	190	189.8	187.7	191	184.1
Q (m3/dag)	-	642	410	523	690	348	356

spreng 5	1-Apr	25-Apr	16-May	4-Jun	18-Jun	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	10.7	10.8	10.9	11.2	10.7	10.1
pH	-	6.67	6.7	-	6.73	7.13	6.98
EC (uS/cm)	-	148.5	150	150.9	148.8	150	152
Q (m3/dag)	1735	2185	1882	2306	2420	1387	948

spreng 17	-	25-Apr	16-May	4-Jun	4-Jul	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	12.1	11.9	13.9	12.6	12.1	10.4
pH	-	5.64	5.63	-	5.65	5.97	5.7
EC (uS/cm)	-	312	311	311	312	315	320
Q (m3/dag)	-	1628	1680	-	1600	1570	-

spreng 9	1-Apr	25-Apr	16-May	4-Jun	18-Jun	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	10.5	8.9	10.4	9.7	10.2	9.9
pH	-	6.3	6.26	-	6.27	7.14	6.74
EC (uS/cm)	-	132.6	130	128.7	130.5	134	134.8
Q (m3/dag)	4865	-	5606	4942	4650	5511	4630

spreng 21	-	25-Apr	16-May	4-Jun	4-Jul	16-Sep	25-Oct
T (celsius)	-	15.9	17	23.9	16.4	-	-
pH	-	7.13	7.26	-	6.84	-	-
EC (uS/cm)	-	232	236	229	232	-	-
Q (m3/dag)	-	1013	1600	1372	1920	0	0

Tabel 4b *Veld temperatuur, veld-pH en veld-EC van het sprengwater; juni 1996*

	veld T (°C)	veld pH pH	veld EC (uS/cm)		veld T (°C)	veld pH pH	veld EC (uS/cm)
1a	14,0	6,1	121,9	10a	10,1	4,5	91,1
2a	15,5	5,6	78,6	10b	10,0	4,6	97,3
2b	13,3	5,0	86,2	10c	10,4	6,6	117
3a	12,2	4,2	112,8	11a	9,8	6,6	127,3
3b	12,7	5,7	112,7	11b	10,1	5,6	110,5
3c	11,5	4,8	112,1	11c	10,3	6,2	114
3d	19,9	5,4	-	12	10,9	7,1	247
4a	9,5	5,2	123,9	13a	10,2	6,8	187,7
4b	10,2	6,2	149,5	13b	9,5	7,4	181,9
4c	11,5	6,3	169,8	18c	11,8	4,9	216
5a	11,2	6,7	148,8	18d	15,3	6,7	215
5b	10,5	5,2	116,7	18a	10,2	4,4	230
5c	8,7	6,6	143	18b	12,6	5,7	312
7a	9,8	6,7	90,9	20a	10,8	5,0	252
7b	9,4	6,2	103	20c	11,8	4,8	135,6
7d	9,8	6,2	103,6	20b	15,4	6,4	176,4
7.2	10,1	5,4	99,2	21a	16,4	6,8	232
9a	10,4	6,3	137,3				
9c	9,7	6,3	130,5				

3.2. Isotopen

Aan de april- en juni-monsters zijn ^2H en ^{18}O bepalingen gedaan omdat naar aanleiding van de ^{18}O metingen opgenomen in (Meinardi, 1994) mogelijk aan te tonen was dat er verdamping op zou zijn getreden van interceptiewater vanaf bomen. Door ook de ^2H isotoop te bepalen en die vervolgens uit te zetten tegen de ^{18}O isotoop zou een effect van verdamping uit interceptie aangetoond kunnen worden. Dit is mogelijk door deze isotoopgegevens (zie Tabel 5) tegen elkaar uit te zetten en het verband te vergelijken met de *Meteoric Water Line* (Mook, 1989), zie verder (Meinardi, 1998). Hierbij moet echter in acht genomen worden dat de meetfout bij deze bepalingen ca. 1 ‰ is voor ^2H en ca. 0.1 ‰ voor ^{18}O .

Tabel 5 Isotoopgegevens, geanalyseerd aan de Faculteit Aardwetenschappen

spreng no.	^{18}O (‰)	^2H (‰)
25/4/96-1	-7,4	-51
25/4/96-3	-7,7	-52
25/4/96-5	-7,5	-52
25/4/96-9	-7,4	-49
25/4/96-11	-7,6	-50
25/4/96-13	-7,7	-50
25/4/96-17	-7,5	-50
25/4/96-21	-7,3	-49
4/6/96-1	-7,1	-50
4/6/96-3	-7,7	-53
4/6/96-5	-7,6	-50
4/6/96-9	-7,6	-50
4/6/96-11	-7,7	-52
4/6/96-13	-7,8	-50
4/6/96-17	-7,6	-50
4/6/96-21	-7,4	-48

Het Centrum voor Isotopen Onderzoek heeft ^2H en ^{18}O bepalingen verricht aan monsters, die op exact dezelfde plaatsen en op dezelfde momenten zijn genomen in juni (zie Tabel 6). In Tabel 6 zijn de door het CIO gemeten ^3H concentraties opgenomen. De interpretatie van de isotoop-gegevens wordt verder besproken in (Meinardi, 1998).

Tabel 6 Isotoopgegevens bepaald door het CIO

spreng no.	^{18}O (‰, tov SMOW)	^2H (‰, tov SMOW)	^3H (TU)
1a	-5,85	-41,7	20.33
3a	-7,27	-48,8	10.54
3d	-7,44	-50,9	16.64
4a	-7,55	-51	38.47
5a	-7,36	-48,6	1.76
7c	-7,56	-49,6	11.30
9c	-7,39	-53,1	4.63
10c	-7,44	-52,3	11.88
11c	-7,55	-51,2	11.73
18b	-7,37	-48,1	19.44
20a	-7,24	-50,4	18.72
lmg380-1	-7,47	-47,5	13.79
lmg380-2	-7,5	-47,1	18.25
lmg380-3	-7,64	-49	16.75
n380-4	-7,23	-45,9	9.80
n380-6	-7,17	-48,6	10.27
n380-8	-7,21	-50,6	11.08
n380-11	-7,51	-47,8	4.42
lmg378-1	-7,42	-48,3	11.30
lmg378-2	-7,55	-49,1	13.62
n378-3	-7,05	-47,9	8.18
n378-5	-7,22	-50,4	11.22
n378-6	-7,36	-50,5	12.02
n378-7	-7,42	-49,3	12.72

De resultaten van de analyses die uitgevoerd werden door de Faculteit Aardwetenschappen verschiden enigszins van de resultaten van het Centrum voor Isotopen Onderzoek. De beschouwde analyses zijn uitgevoerd aan verschillende monsterseries die wel beide in de juni zijn genomen. Voor ^{18}O vielen de waarden, bepaald door het CIO, 0.15 tot 0.25 ‰ (SMOW) minder negatief uit dan de waarden van de Faculteit Aardwetenschappen. Wat ^2H betreft was dat verschil van 8 ‰ minder negatief tot 4 ‰ (SMOW) meer negatief. Wat de oorzaak is van deze systematische verschillen is nog onduidelijk.

Tijdens het aanvullende november-veldwerk zijn ondiepe boringen gezet in zowel bos- als heidegebieden met als doel om het ondiepe grondwater te bemonsteren. Aan deze monsters zijn ook concentraties van de isotopen bepaald. Hieruit volgen weinig duidelijke signalen die duiden op verdamping vanuit interceptie. Als bijvoorbeeld voor de monsters genomen in de Heelsumse beek de waarden van ^2H en ^{18}O tegen elkaar uit wordt gezet, dan liggen alle punten onder de Meteoric Water Line. Het optreden van een verdamping uit open water mag dus niet worden uitgesloten, maar een verdere uitwerking is nauwelijks mogelijk. De resultaten van deze analyses zijn opgenomen in Tabel 7 en ze worden nader besproken in (Meinardi, 1998).

Tabel 7 *Isotoopgegevens (CIO) van monsters uit handboringen; november 1996*

spreng no.	^{18}O (‰)	^2H (‰)
spreng 5, A1	-7,23	-49,1
spreng 5, A2	-7,44	-47,4
spreng 5, A3	-7,35	-52,5
spreng 5, B1	-7,51	-47,8
spreng 5, B2	-7,75	-52,1
spreng 5, B3	-7,6	-48,8
spreng 5, B4	-7,26	-50,5
spreng 11, A1	-7,37	-51,3
spreng 11, A2	-7,71	-51,7
spreng 11, A3	-7,44	-50,5
spreng 11, A4	-7,73	-52,1
spreng 11, B1	-7,55	-52,1
spreng 11, B2	-7,49	-51
spreng 17, A1	-7,4	-49,3
spreng 17, A2	-7,53	-52,2
spreng 17, A3	-7,2	-50,5
spreng 17, B1	-7,34	-50,2
spreng 17, B2	-7,38	-50,2
spreng 17, B3	-7,09	-49,3
spreng 17, B4	-7,42	-50,8
spreng 17, C1	-7,32	-50,7
spreng 17, C2	-7,11	-48,6
spreng 17, C3	-7,31	-50,9
spreng 17, P1	-7,07	-52,2

3.3. Hoofcomponenten

De hoofdcomponenten zijn bepaald door het Laboratorium voor Anorganische Chemie (LAC) van het RIVM. De resultaten voor de verschillende sprengmonsters uit juni 1996 zijn samengevat in Tabel 8. De in Tabel 8 en in de volgende tabellen weergegeven resultaten zijn aangeduid met een monsternummer: het cijfer geeft het nummer van de spreng in Fig.1 aan en de volgreter de specifieke monsterpunten. De resultaten per spreng zijn herhaald in Hoofdstuk 4, waarin ook de ligging van de afzonderlijke monsterpunten is aangegeven.

Tabel 8 De concentraties van de hoofdcomponenten in de monsters uit de sprengen

monster no.	pH-lab pH	EC uS.m ⁻¹	Ca ²⁺ mg.l ⁻¹	Mg ²⁺ mg.l ⁻¹	Na ⁺ mg.l ⁻¹	K ⁺ mg.l ⁻¹	NH ₄ ⁺ (N) mg.l ⁻¹	Cl ⁻ mg.l ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ (N) mg.l ⁻¹
1a	6.9	113	6	2.1	10.4	4.3	1.74	11.7	16	0.01
2a	6.7	72	4	1.3	8.6	0.5	0.00	10.0	8	0.55
2b	5.5	76	3	1.3	8.9	1.0	0.00	11.0	10	1.08
3a	4.4	108	2	1.5	8.9	0.9	0.00	13.7	11	0.55
3c	5.3	96	4	2.3	9.4	0.9	0.07	13.7	22	0.63
3b	6.3	134	7	3.0	14.7	1.2	0.01	17.7	18	3.30
3d	6.3	106	5	2.4	11.5	1.0	0.03	15.0	19	1.34
4a	6.1	102	9	1.8	8.6	0.9	0.01	10.3	17	2.09
4b	7.0	138	17	2.1	8.2	0.9	0.00	10.4	16	0.81
4c	7.0	156	20	2.2	8.8	1.7	0.01	12.1	17	1.15
5b	6.5	106	13	1.7	6.6	0.7	0.01	11.8	18	0.10
5c	7.1	137	16	1.9	8.1	0.6	0.00	11.3	19	0.83
5a	7.2	134	18	2.0	7.8	0.7	0.00	9.6	22	0.11
7b	6.9	91	8	1.9	7.1	1.3	0.07	9.6	22	1.48
7d	6.8	89	8	2.1	6.9	1.1	0.01	9.1	12	0.34
7a	6.7	83	7	1.4	7.6	0.6	0.00	9.4	9	0.83
7c	6.6	93	7	2.2	7.5	0.9	0.00	9.4	10	1.23
9a	6.9	124	14	2.4	8.8	0.8	0.01	12.4	18	0.78
9c	6.9	119	13	2.1	8.4	0.8	0.01	11.1	12	0.53
10a	6.4	87	8	1.7	6.0	0.7	0.03	8.1	26	0.73
10b	5.1	80	8	1.4	5.2	0.6	0.00	6.9	17	1.75
10c	6.9	100	11	1.7	6.3	0.6	0.03	8.7	17	0.97
11b	6.1	114	9	3.0	8.1	1.0	0.00	10.2	22	2.18
11a	6.7	97	9	1.8	6.9	0.7	0.00	8.5	24	0.64
11c	6.4	99	9	1.9	7.1	0.7	0.00	9.0	15	0.80
12a	7.7	224	34	4.7	10.8	0.9	0.22	13.8	15	0.48
13a	7.2	173	20	3.5	9.8	0.7	0.01	14.3	22	1.71
13b	7.3	168	22	3.2	8.2	0.6	0.01	12.9	28	0.80
18a	4.5	214	11	3.7	13.6	4.9	0.01	21.9	52	6.29
18c	5.1	92	8	1.8	5.5	0.9	0.03	7.0	39	2.62
18d	6.9	193	24	2.2	11.8	0.9	0.00	28.7	19	3.96
18b	6.0	283	22	4.3	24.8	3.7	0.08	38.5	13	10.53
20c	5.1	119	6	1.9	8.9	2.7	0.17	13.9	29	1.15
20a	4.8	208	18	3.1	10.2	2.8	0.14	16.5	24	7.55
20b	7.3	208	25	3.4	11.3	2.9	0.04	16.2	41	5.38
21a	6.8	161	13	4.0	11.2	3.4	0.35	16.0	32	2.73

3.4. Micro-componenten

De door het NITG in de monsters uit de sprengen bepaalde concentraties van de 51 geanalyseerde micro-componenten zijn samengevat in Tabel 9a, b, c, d. Voor dezelfde elementen zijn waarden bepaald in de monsters uit de LMG/N-putten. Deze zijn vermeld in Hoofdstuk 4 bij de bespreking van de resultaten voor de afzonderlijke sprengen, waar ook de resultaten van de RIVM bepalingen van Al, Cd en Zn zijn opgenomen.

Tabel 9a Door het NITG gemeten micro-componenten, concentraties in ppb

nr	L	Be	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
1a	2.10	0.001	9.0	220	2.7	2.65	17	2528	1.12	5.9	3.91	8.6	0.18
2a	1.42	0.000	2.7	56	1.3	0.99	6	35	0.17	1.4	0.41	6.3	0.15
2b	1.82	0.078	4.4	566	1.3	1.42	13	53	0.53	2.3	1.23	26.2	0.35
3a	1.73	1.635	7.0	2730	1.8	0.82	126	49	2.80	11.3	1.56	36.3	0.89
3c	1.58	0.455	4.8	657	1.4	0.90	14	97	0.79	4.0	2.94	27.5	0.57
3b	2.02	0.001	4.1	149	1.7	0.93	11	48	0.07	2.6	0.02	3.8	0.19
3d	2.57	0.445	7.8	137	1.6	0.64	39	91	1.61	5.0	0.45	10.8	0.36
4a	1.89	0.233	3.0	331	1.6	1.07	10	73	0.83	3.0	0.44	5.6	0.36
4b	2.07	0.024	5.7	35	2.0	0.31	45	654	0.40	1.4	0.25	3.5	0.22
4c	1.56	0.719	3.7	50	2.8	0.76	42	198	2.06	3.9	1.54	9.7	0.47
5b	0.89	0.571	5.5	1262	2.5	0.28	66	157	2.35	3.2	1.32	10.4	0.41
5c	0.20	0.001	3.7	18	2.4	0.93	1	118	0.08	0.4	0.01	1.1	0.13
5a	1.52	0.001	2.5	9	1.6	0.08	197	2632	0.24	0.9	0.13	1.4	0.13
7b	1.24	0.019	3.8	36	1.5	0.49	43	164	0.15	1.1	2.84	3.1	0.23
7d	1.81	0.027	3.2	9	1.4	0.32	279	214	0.19	1.1	0.39	5.2	0.26
7a	1.12	0.013	3.6	32	1.4	0.57	7	83	0.12	0.7	2.82	4.6	0.17
7c	1.03	0.076	5.3	92	1.6	0.34	9	63	0.21	1.4	3.04	3.6	0.37
9a	1.62	0.056	2.6	11	1.4	0.08	452	509	0.37	1.1	0.19	4.3	0.24
9b	1.63	0.049	3.1	16	2.3	0.16	429	541	0.32	1.7	2.84	5.4	0.17
10a	0.66	0.123	3.9	106	11.3	0.23	17	655	0.53	1.4	3.46	6.5	0.23
10b	0.84	0.967	6.1	985	1.4	0.02	39	64	1.32	2.6	0.53	37.8	0.48
10c	0.65	0.123	3.5	47	11.1	0.21	22	635	0.60	1.4	2.75	13.7	0.22
11b	0.90	0.259	6.1	84	1.8	0.47	45	81	0.16	2.3	1.38	9.0	0.21
11a	1.24	0.014	2.7	3	2.7	0.31	217	707	0.87	1.5	0.68	1.1	0.09
11c	1.16	0.033	2.7	14	1.2	0.28	161	550	0.69	1.6	3.03	2.9	0.10
12a	1.72	0.014	4.0	11	2.8	0.00	40	335	0.14	1.4	0.41	1.7	0.13
13a	0.80	0.048	2.2	14	2.6	0.28	57	161	0.16	1.8	0.31	6.1	0.17
13b	1.38	0.098	2.6	37	2.6	0.21	43	182	0.12	1.7	1.03	10.6	0.16
18a	2.78	2.334	13.1	3016	2.8	1.16	160	104	7.49	5.7	2.17	36.2	0.64
18c	0.80	1.381	6.9	982	1.2	0.01	44	54	0.61	1.6	0.30	3.6	0.95
18d	0.58	0.137	4.7	31	3.8	0.00	15	195	0.32	0.8	1.57	3.7	0.37
18b	1.85	1.089	40.0	324	4.8	0.00	221	185	2.89	4.5	1.38	14.7	0.83
21a	0.57	0.103	17.2	75	3.6	0.14	70	141	0.32	1.4	2.12	6.5	0.42
20a	1.12	0.905	10.4	959	8.9	0.41	75	1747	3.82	1.8	2.52	9.6	0.48
20c	1.97	1.236	16.7	3293	3.0	0.23	100	140	7.62	4.8	2.07	46.6	0.51
20b	1.58	0.036	12.1	62	2.8	0.01	10	229	0.31	4.0	0.56	2.9	0.31

Tabel 9b Door het NITG gemeten micro-componenten, concentraties in ppb

nr	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs
1a	3.52	0.15	7.96	38	1.6	0.21	0.005	0.137	0.002	0.082	0.016	0.072	0.047
2a	0.64	0.17	0.40	22	0.4	0.04	0.000	0.000	0.000	0.038	0.000	0.015	0.004
2b	0.66	0.37	1.47	22	1.6	0.23	0.002	0.003	0.000	0.170	0.000	0.037	0.004
3a	0.77	0.78	1.79	22	41.8	0.28	0.002	0.007	0.000	0.774	0.000	0.037	0.005
3c	0.74	0.28	1.13	32	4.5	0.26	0.000	0.004	0.000	0.266	0.000	0.035	0.006
3b	1.10	0.41	0.72	43	1.1	0.02	0.000	0.009	0.000	0.043	0.000	0.012	0.003
3d	0.92	0.48	0.74	34	4.0	0.04	0.000	0.025	0.000	0.124	0.000	0.016	0.004
4a	0.55	0.40	1.25	40	11.2	0.09	0.000	0.015	0.000	0.090	0.000	0.012	0.004
4b	1.25	0.27	0.68	55	2.0	0.07	0.000	0.064	0.000	0.035	0.000	0.013	0.003
4c	0.93	0.32	1.65	61	7.4	0.08	0.000	0.033	0.000	0.107	0.000	0.025	0.005
5b	1.06	0.38	1.72	35	10.6	0.07	0.000	0.035	0.000	0.133	0.013	0.139	0.007
5c	0.99	0.44	0.59	48	0.2	0.01	0.000	0.025	0.000	0.011	0.000	0.024	0.003
5a	2.22	0.25	0.45	50	0.2	0.02	0.000	0.074	0.000	0.013	0.004	0.013	0.003
7b	0.64	0.31	0.92	33	0.5	0.03	0.000	0.026	0.000	0.035	0.005	0.015	0.004
7d	0.85	0.09	0.91	34	0.1	0.11	0.000	0.041	0.000	0.041	0.021	0.036	0.005
7a	0.48	0.39	0.47	27	0.3	0.04	0.000	0.040	0.000	0.034	0.003	0.015	0.003
7c	0.44	0.30	0.79	39	1.8	0.02	0.000	0.028	0.000	0.042	0.005	0.015	0.003
9a	0.62	0.31	0.72	45	1.5	0.01	0.000	0.047	0.000	0.024	0.000	0.015	0.002
9b	1.18	0.23	0.86	42	0.8	0.04	0.002	0.063	0.000	0.037	0.000	0.016	0.004
10a	1.20	0.24	1.06	30	1.5	2.02	0.047	0.004	0.004	0.061	0.000	0.023	0.003
10b	0.49	0.32	1.59	28	41.5	0.05	0.000	0.000	0.000	0.291	0.000	0.039	0.002
10c	0.48	0.23	1.09	35	3.0	1.59	0.039	0.041	0.004	0.130	0.009	0.025	0.003
11b	0.50	0.39	0.69	47	5.7	0.01	0.000	0.011	0.000	0.112	0.000	0.016	0.002
11a	2.26	0.18	0.24	32	0.1	0.07	0.005	0.033	0.000	0.016	0.000	0.011	0.001
11c	1.87	0.20	0.27	32	0.5	0.01	0.000	0.027	0.000	0.023	0.000	0.009	0.001
12a	1.13	0.23	0.83	82	0.1	0.03	0.001	0.093	0.000	0.014	0.005	0.058	0.003
13a	1.06	0.50	0.60	58	0.3	0.01	0.000	0.066	0.000	0.054	0.000	0.030	0.002
13b	0.73	0.43	0.33	56	0.3	0.02	0.001	0.132	0.000	0.147	0.000	0.016	0.001
18a	0.82	0.33	7.31	41	38.3	0.22	0.004	0.000	0.001	0.549	0.000	0.043	0.020
18c	0.31	0.18	1.53	36	27.7	0.05	0.000	0.000	0.000	0.245	0.000	0.026	0.007
18d	0.75	0.36	1.17	77	2.3	0.01	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.037	0.005
18b	1.09	0.71	4.03	99	24.4	0.05	0.000	0.001	0.000	0.238	0.002	0.034	0.017
21a	0.73	0.10	5.12	61	2.0	0.08	0.002	0.032	0.003	0.070	0.018	0.099	0.023
20a	0.79	0.31	4.84	38	15.8	1.51	0.040	0.018	0.004	0.055	0.000	0.063	0.021
20c	0.59	0.33	2.78	70	12.1	0.17	0.001	0.000	0.000	0.928	0.000	0.054	0.009
20b	0.53	0.19	2.08	86	0.6	0.04	0.001	0.036	0.000	0.016	0.000	0.071	0.007

Tabel 9c Door het NITG gemeten micro-componenten, concentraties in ppb

nr	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
1a	14.0	1.20	3.23	0.36	1.51	0.31	0.077	0.24	0.051	0.30	0.053	0.15
2a	11.3	0.21	0.45	0.05	0.20	0.04	0.008	0.02	0.008	0.05	0.011	0.03
2b	27.9	1.21	2.61	0.29	1.27	0.27	0.060	0.19	0.043	0.27	0.051	0.16
3a	69.7	20.72	38.22	5.13	22.48	4.68	1.225	4.39	0.957	5.74	1.143	3.30
3c	45.0	2.79	6.56	0.66	2.66	0.55	0.137	0.52	0.106	0.65	0.130	0.38
3b	15.8	0.64	1.45	0.13	0.54	0.09	0.022	0.09	0.022	0.13	0.027	0.08
3d	29.4	1.59	4.09	0.39	1.70	0.34	0.094	0.39	0.080	0.51	0.102	0.29
4a	28.6	8.50	14.66	2.08	8.35	1.60	0.389	1.36	0.279	1.71	0.324	0.94
4b	17.4	1.74	2.60	0.37	1.49	0.26	0.062	0.26	0.045	0.27	0.052	0.15
4c	37.1	2.55	5.33	0.66	2.98	0.61	0.168	0.63	0.118	0.76	0.161	0.49
5b	32.4	8.23	17.71	1.62	6.06	1.05	0.257	1.19	0.236	1.45	0.273	0.75
5c	10.2	0.17	0.25	0.03	0.10	0.02	0.002	0.01	0.003	0.02	0.004	0.01
5a	10.1	0.08	0.16	0.02	0.08	0.02	0.003	0.01	0.003	0.02	0.004	0.01
7b	18.0	0.31	0.33	0.07	0.30	0.05	0.013	0.03	0.010	0.06	0.013	0.04
7d	20.0	0.05	0.06	0.01	0.04	0.01	0.001	0.01	0.002	0.02	0.003	0.01
7a	13.1	0.24	0.31	0.05	0.19	0.03	0.003	0.02	0.005	0.04	0.007	0.02
7c	29.0	1.32	1.27	0.29	1.16	0.21	0.048	0.20	0.039	0.24	0.049	0.13
9a	19.3	0.75	1.26	0.18	0.78	0.15	0.036	0.14	0.028	0.17	0.035	0.10
9b	13.2	0.44	0.63	0.09	0.38	0.07	0.017	0.06	0.013	0.08	0.017	0.05
10a	18.4	1.02	1.66	0.21	0.86	0.16	0.035	0.17	0.031	0.19	0.039	0.11
10b	38.2	27.73	44.02	7.23	31.68	6.46	1.595	4.80	1.056	6.50	1.259	3.69
10c	17.6	2.34	2.43	0.42	1.67	0.27	0.061	0.31	0.051	0.34	0.067	0.19
11b	16.5	3.56	3.76	0.74	2.94	0.51	0.130	0.57	0.115	0.71	0.129	0.34
11a	7.4	0.09	0.14	0.02	0.08	0.01	0.005	0.01	0.003	0.02	0.003	0.01
11c	7.6	0.27	0.31	0.06	0.24	0.05	0.011	0.04	0.010	0.06	0.011	0.03
12a	10.0	0.11	0.17	0.03	0.12	0.02	0.006	0.01	0.003	0.02	0.004	0.01
13a	14.2	0.18	0.15	0.04	0.16	0.03	0.006	0.02	0.006	0.03	0.006	0.02
13b	12.7	0.32	0.20	0.04	0.14	0.02	0.002	0.02	0.005	0.03	0.007	0.02
18a	52.6	10.15	16.07	2.34	11.76	2.71	0.734	2.62	0.626	3.84	0.781	2.05
18c	78.4	7.50	6.88	0.98	3.82	0.64	0.180	1.26	0.321	2.16	0.460	1.18
18d	29.6	1.78	1.48	0.27	0.97	0.11	0.026	0.19	0.031	0.19	0.038	0.10
18b	64.8	5.54	7.07	1.76	8.95	2.01	0.520	1.90	0.452	2.82	0.573	1.61
21a	33.0	1.04	0.96	0.22	0.98	0.17	0.033	0.15	0.033	0.22	0.045	0.14
20a	39.5	6.81	7.55	1.75	7.76	1.63	0.414	1.44	0.312	1.98	0.404	1.26
20c	41.8	13.07	11.86	2.06	7.69	1.34	0.325	1.45	0.278	1.67	0.306	0.85
20b	25.6	0.42	0.44	0.09	0.36	0.06	0.018	0.05	0.013	0.08	0.017	0.05

Tabel 9d Door het NITG gemeten micro-componenten, concentraties in ppb

nr	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Pt	Au	Pb	Bi	Th	U
1a	0.020	0.108	0.015	0.007	0.002	0.164	0.005	0.007	1.722	0.000	0.017	0.001
2a	0.005	0.024	0.004	0.001	0.000	0.071	0.004	0.004	0.010	0.000	0.002	0.000
2b	0.022	0.130	0.019	0.011	0.001	0.038	0.003	0.003	0.299	0.000	0.016	0.000
3a	0.422	2.401	0.345	0.033	0.008	0.052	0.003	0.002	0.679	0.000	0.015	0.001
3c	0.050	0.296	0.043	0.010	0.001	0.050	0.002	0.001	0.472	0.000	0.007	0.012
3b	0.010	0.053	0.007	0.001	0.000	0.043	0.002	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001
3d	0.035	0.200	0.030	0.003	0.001	0.178	0.002	0.001	0.070	0.000	0.001	0.000
4a	0.118	0.682	0.096	0.012	0.002	0.093	0.001	0.003	0.151	0.000	0.003	0.000
4b	0.020	0.108	0.016	0.003	0.000	0.042	0.004	0.000	0.035	0.000	0.004	0.000
4c	0.061	0.361	0.055	0.006	0.001	0.015	0.002	0.000	0.118	0.000	0.003	0.046
5b	0.088	0.452	0.062	0.010	0.002	0.166	0.001	0.000	0.924	0.000	0.009	0.098
5c	0.001	0.007	0.001	0.000	0.000	0.123	0.001	0.000	0.080	0.000	0.000	0.000
5a	0.002	0.009	0.001	0.000	0.000	0.059	0.002	0.000	0.015	0.000	0.002	0.000
7b	0.005	0.027	0.004	0.001	0.000	0.128	0.002	0.000	0.149	0.000	0.001	0.001
7d	0.001	0.007	0.002	0.002	0.001	0.060	0.003	0.002	0.266	0.002	0.001	0.002
7a	0.003	0.015	0.002	0.001	0.000	0.014	0.004	0.000	0.219	0.003	0.000	0.001
7c	0.016	0.093	0.013	0.002	0.000	0.063	0.002	0.000	0.267	0.002	0.000	0.003
9a	0.012	0.068	0.009	0.001	0.000	0.005	0.002	0.000	0.085	0.000	0.000	0.004
9b	0.007	0.035	0.005	0.001	0.000	0.179	0.002	0.000	0.327	0.001	0.001	0.004
10a	0.014	0.078	0.011	0.041	0.001	0.085	0.002	0.000	2.433	0.017	0.011	0.007
10b	0.468	2.792	0.387	0.039	0.012	0.071	0.002	0.000	0.450	0.000	0.000	0.003
10c	0.024	0.127	0.018	0.030	0.002	0.028	0.003	0.001	2.266	0.023	0.010	0.006
11b	0.039	0.191	0.025	0.003	0.001	0.055	0.001	0.000	0.043	0.000	0.000	0.002
11a	0.001	0.006	0.001	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.064	0.002	0.006	0.002
11c	0.004	0.019	0.002	0.000	0.000	0.105	0.000	0.000	0.026	0.001	0.000	0.001
12a	0.001	0.007	0.001	0.000	0.000	0.025	0.002	0.005	0.114	0.001	0.002	0.060
13a	0.003	0.015	0.002	0.000	0.000	0.051	0.002	0.000	0.104	0.000	0.000	0.012
13b	0.003	0.010	0.002	0.000	0.000	0.109	0.001	0.000	0.133	0.002	0.000	0.046
18a	0.241	1.279	0.186	0.028	0.007	0.114	0.002	0.001	0.573	0.001	0.008	0.092
18c	0.115	0.445	0.061	0.014	0.003	0.149	0.001	0.000	0.387	0.000	0.000	0.006
18d	0.010	0.039	0.006	0.000	0.000	0.150	0.000	0.000	0.182	0.001	0.000	0.002
18b	0.192	1.078	0.164	0.018	0.005	0.181	0.000	0.000	0.329	0.001	0.000	0.007
21a	0.018	0.106	0.017	0.003	0.000	0.130	0.000	0.005	0.770	0.004	0.007	0.004
20a	0.157	0.912	0.125	0.037	0.005	0.038	0.001	0.000	2.328	0.016	0.015	0.012
20c	0.101	0.540	0.070	0.015	0.003	0.067	0.001	0.000	0.530	0.001	0.004	0.010
20b	0.006	0.039	0.006	0.001	0.000	0.148	0.000	0.000	0.178	0.000	0.003	0.007

4. ONDERZOEK AAN EN BIJ DE SPRENGEN

4.1. De Heerderspreng

De Heerderspreng (Fig.3) is de meest noordelijke spreng van de Veluwe die water voert. De afvoer is echter laag, vermoedelijk als gevolg van de aanleg van het recreatie-park "Heerder Strand". Vanaf mei 1996 voerde de beek helemaal geen water meer. De afvoer is gemeten bij punt S1-1. De geo-electrische meting geeft nagenoeg hetzelfde patroon als tien jaar geleden (Figs.4 en 5); de totale watervoerende laag bestaat vermoedelijk uit grof zand tot een diepte van ca.100 meter, waar de basis van de aquifer ligt. Op diepte van ca.15 meter is een klei- of leemlaag van enkele meters dikte aanwezig met een lage weerstand.

beek		pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn
			uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
S1-1	13-6-96	6,9	113	6,0	2,11	10,4	4,25	1,74	11,7	16,4	0,0	0,1	10,6	0.0005	0,1

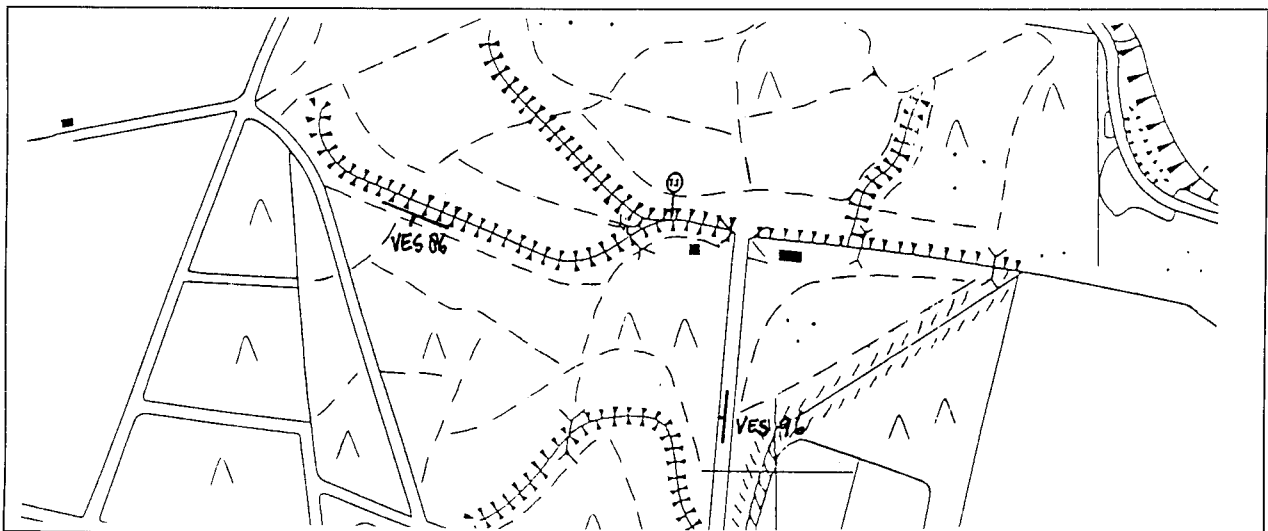


Fig.3 Situatie Heerderspreng (nr.1)

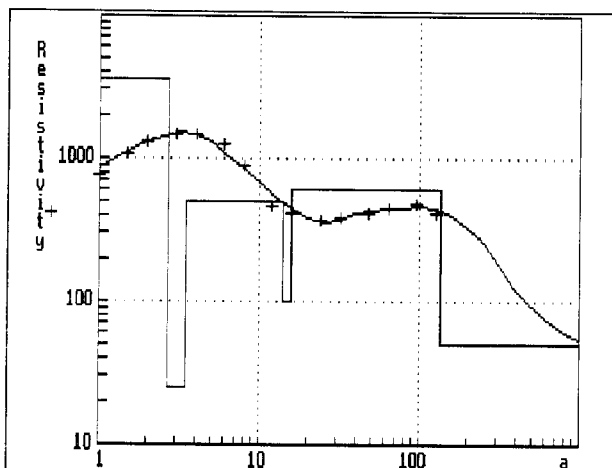


Fig.4 VES Heerdersprengen (1986)

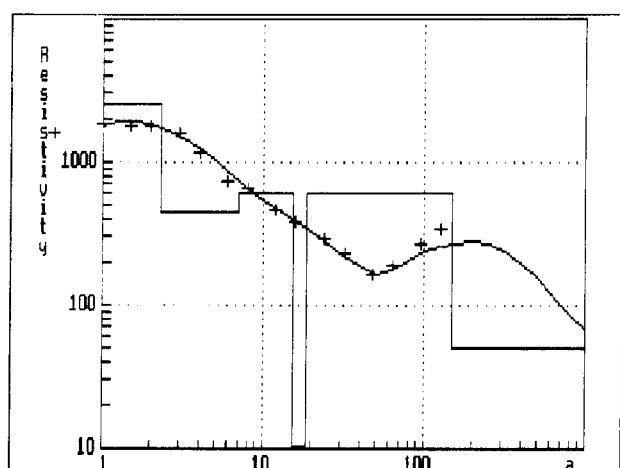


Fig.5 VES Heerdersprengen (1996)

4.2. De Heidebeek

De koppen van de Heidebeek (Fig. 6) liggen op de overgang van de met bos bedekte heuvels van de Veluwe en de weilanden in het IJsseldal. Vroeger waren bovenstrooms uitgestrekte heidevelden aanwezig. De Heidebeek is tijdens het veldwerk in juni bezocht en op dat moment was er nauwelijks een meetbare afvoer. Wel kwelde het water nog op diverse plaatsen op. De interpretatie van de geo-electrische meting levert het zelfde beeld op als tien jaar geleden (Fig. 7 en 8); een watervoerend pakket bestaande uit vrij grof zand met de basis op een diepte van ongeveer 110-120 m. Tevens zit in beide interpretaties een laag met een lagere weerstand op een diepte tussen 40 en 50 meter. Dit zou een lemige of kleiige laag kunnen zijn.

beek		pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn
			uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
S2-1	13-6-96	6,7	72	3,7	1,32	8,6	0,55	0,00	10,0	8,2	0,5	2,4	3	0,001	0,1
S2-2	13-6-96	5,5	76	2,9	1,27	8,9	1,01	0,00	11,0	9,6	1,1	4,8	21,6	0,002	0,4

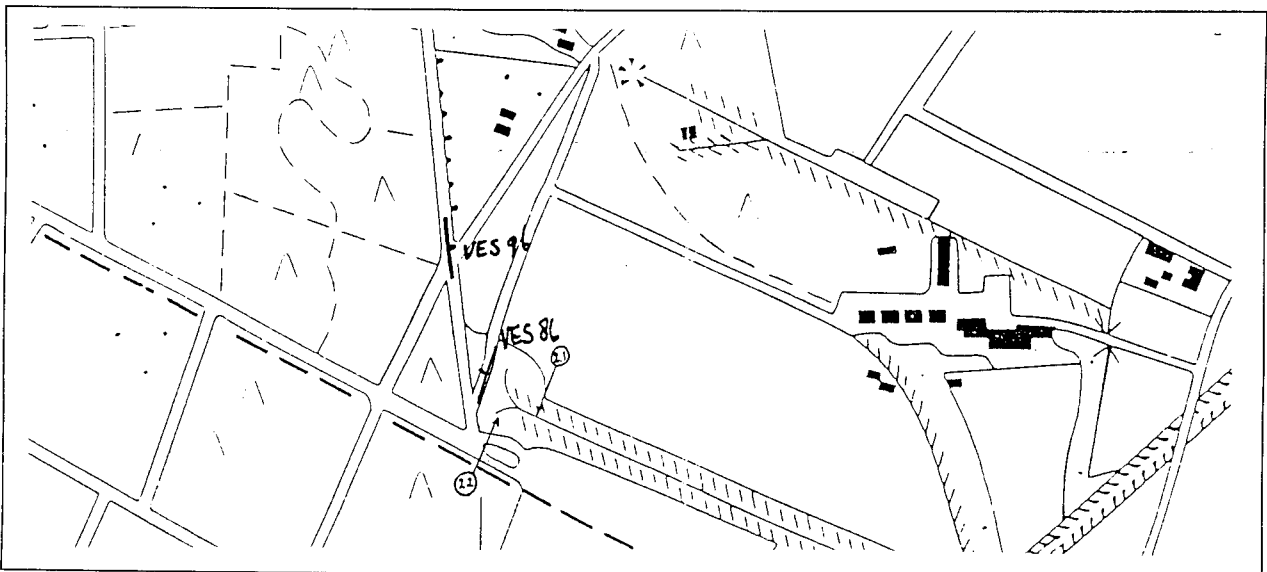


Fig.6 Situatie Heidebeek (nr.2)

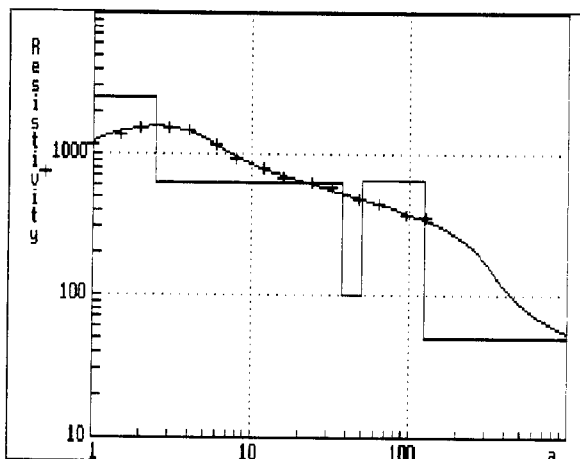


Fig.7 VES Heidebeek (1986)

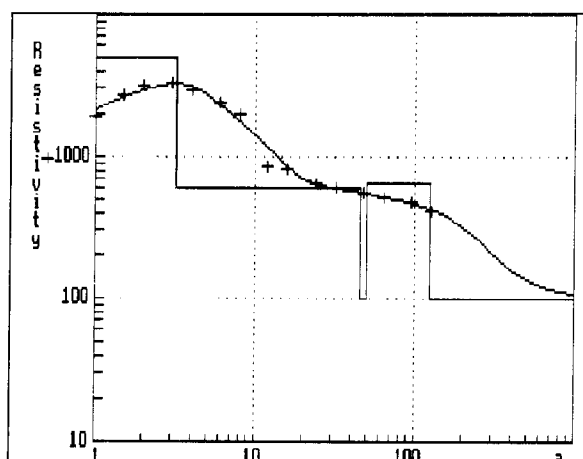


Fig.8 VES Heidebeek (1996)

4.3. De Horsthoeker beek

De koppen van de Horsthoeker beek (Fig.9) aan de rand van het Veluwe massief. liggen in bos, maar ongeveer 200 meter naar het oosten beginnen weilanden en bebouwing. Het bos bovenstrooms van de sprengkoppen is relatief jong, vroeger was het gebied begroeid met heide. De afvoeren van de Horsthoeker beek zijn gemeten in het verzamelpunt (S3-4) van de drie voedende koppen. De vierde kop stond steeds droog. De geo-electrische meting in 1996 vertoont overeenkomst met de meting in 1986 (Fig.10 en 11) met uitzondering van de basis. In 1986 is de basis geïnterpreteerd op een diepte van 100 meter, in 1996 is deze basis niet herkenbaar, vermoedelijk doordat de totale weerstand van de bodem te groot is. Er is een laag met een lagere weerstand geïnterpreteerd op een diepte van ca. 40 meter.

beek		pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ -N	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	NO ₃	Al	Cd	Zn
			uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
S3-1	13-6-96	4,4	108	2,1	1,51	8,9	0,86	0,00	13,7	10,9	0,5	2,4	100,2	0,007	0,5
S3-2	13-6-96	5,3	96	4,1	2,30	9,4	0,94	0,07	13,7	21,8	0,6	2,8	26,4	0,003	0,4
S3-3	13-6-96	6,3	134	6,6	3,05	14,7	1,17	0,01	17,7	17,7	3,3	14,6	6,6	0,0004	0,1
S3-4	13-6-96	6,3	106	5,1	2,45	11,5	1,01	0,03	15,0	18,5	1,3	6,0	6,1	0,001	0,2

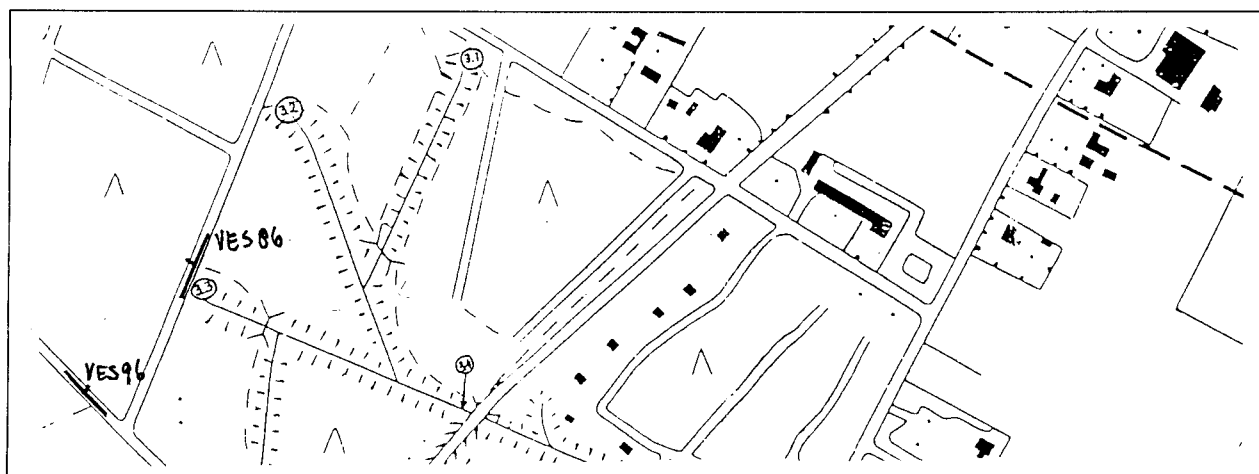


Fig.9 Situatie Horsthoekerbeek (nr.3)

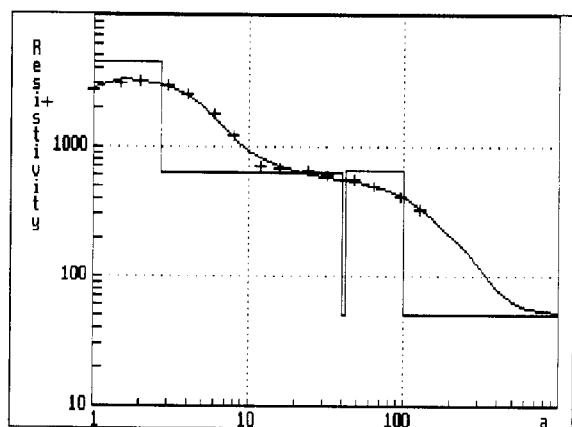


Fig.10 VES Horsthoekerbeek (1986)

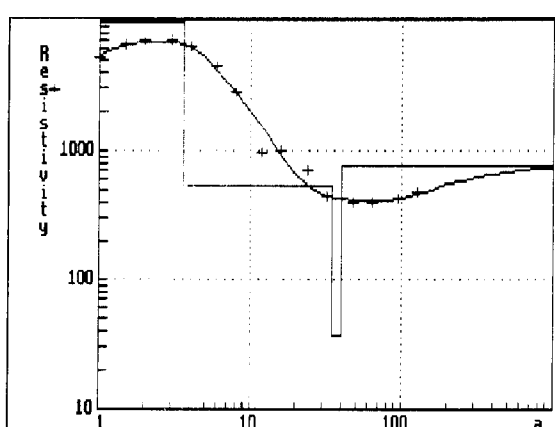


Fig.11 VES Horsthoekerbeek (1996)

4.4. De Tongerense beek

De Tongerense beek (Fig.12) ligt in een relatief vlak dal waar de noordelijke Woldberg overgaat in de heuvels van de centrale Veluwe. De oorsprong van de beek ligt relatief ver naar het westen. De onderzochte kop is aangelegd in een bosperceel waarnaast weilanden liggen. Het debiet is eenmalig bepaald in punt S4-2. De geo-electrische meting geeft eenzelfde interpretatie als de meting uit 1986 (Fig.13 en 14), een matig grof zand pakket tot een diepte van ongeveer 100 meter en daarin een 10 meter dikke laag met lagere weerstand, in 1986 op een diepte van 42-52 meter en in 1996 van 31-40 meter. Interpretatie van de geo-electrische meting uit 1996 leverde geen basis van het watervoerende pakket op.

beek	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn	
															uS/cm
S4-1	18-6-96	6,1	102	8,8	1,75	8,6	0,90	0,01	10,3	17,0	2,1	9,2	13,6	0,001	0,1
S4-2	18-6-96	7,0	138	17,4	2,14	8,2	0,90	0,00	10,4	16,3	0,8	3,6	1,4	0,0006	0,1
S4-3	18-6-96	7,0	156	20,0	2,21	8,8	1,68	0,01	12,1	17,5	1,1	5,1	1,9	0,001	0,2

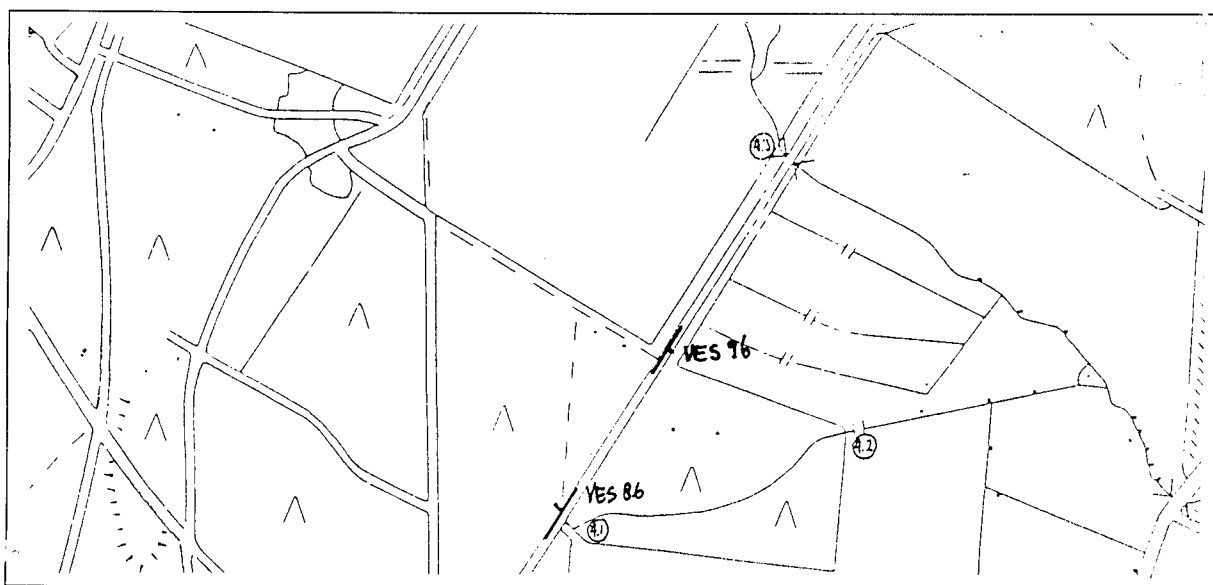


Fig.12 Situatie Tongerense beek (nr.4)

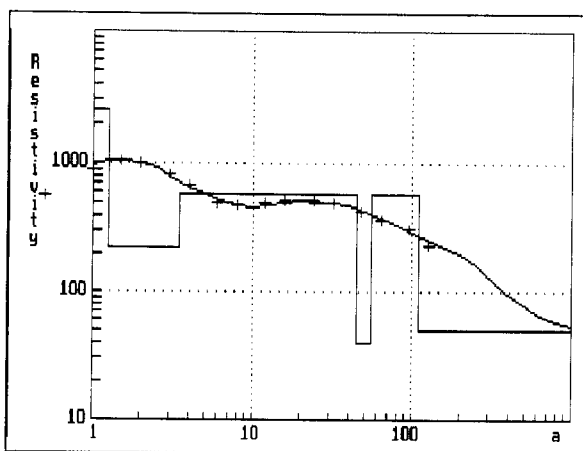


Fig.13 VES Tongerense beek (1986)

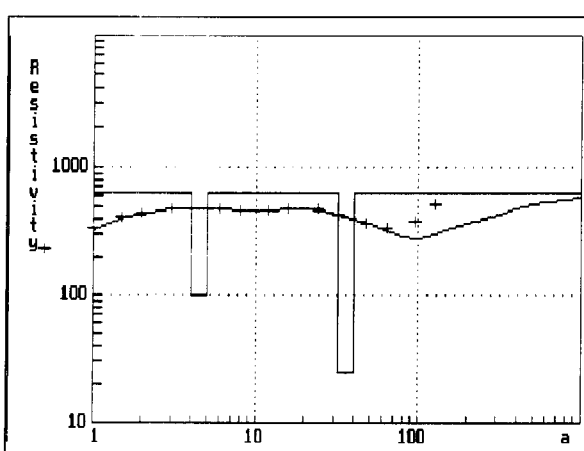


Fig.14 VES Tongerense beek (1996)

4.5. De Hartensche Molenbeek

De Hartensche Molenbeek (Fig. 15) ligt in een diep ingesneden dal. De sprengkoppen zijn naar het noorden gericht op een plaats waar de wand van het dal vrij steil is. De heuvels zijn bebost, terwijl in het dal zelf weilanden liggen. De afvoer van de Hartensche Molenbeek is gemeten in S5-3, het verzamelpunt van de vier voedende koppen. De middelste tak stond gedurende het onderzoek droog. De beek heeft een relatief grote afvoer. De geo-electrische meting in 1996 verschilt op het eerste gezicht behoorlijk met die in 1986 (Fig. 16 en 17). In 1996 is echter gemeten ten zuiden van het bosperceel waarin de sprengkoppen liggen en in 1986 ten noorden ervan. De grote weerstand van het watervoerende pakket geeft een indicatie van een dik pakket relatief grof zand. Bij de zuidelijke meting is er een 2½ meter dikke laag met een lagere weerstand geïnterpreteerd op een diepte van 3-5 meter, terwijl in de noordelijke meting van 1986 een 5 meter dik pakket met een lagere weerstand geïnterpreteerd is op een diepte van 15-20 meter. De verschillen zullen vermoedelijk te wijten zijn aan verschillen in de hoogte van het maaiveld.

beek	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn	
															uS/cm
S5-1	18-6-96	6,5	106	13,3	1,66	6,6	0,66	0,01	11,8	18,0	0,1	0,4	53,7	0,003	0,3
S5-2	18-6-96	7,1	137	16,3	1,92	8,1	0,59	0,00	11,3	18,5	0,8	3,7	0,8	0,0002	0,1
S5-3	18-6-96	7,2	134	17,8	1,99	7,8	0,70	0,00	9,6	22,4	0,1	0,5	0,80	0,00	0,10

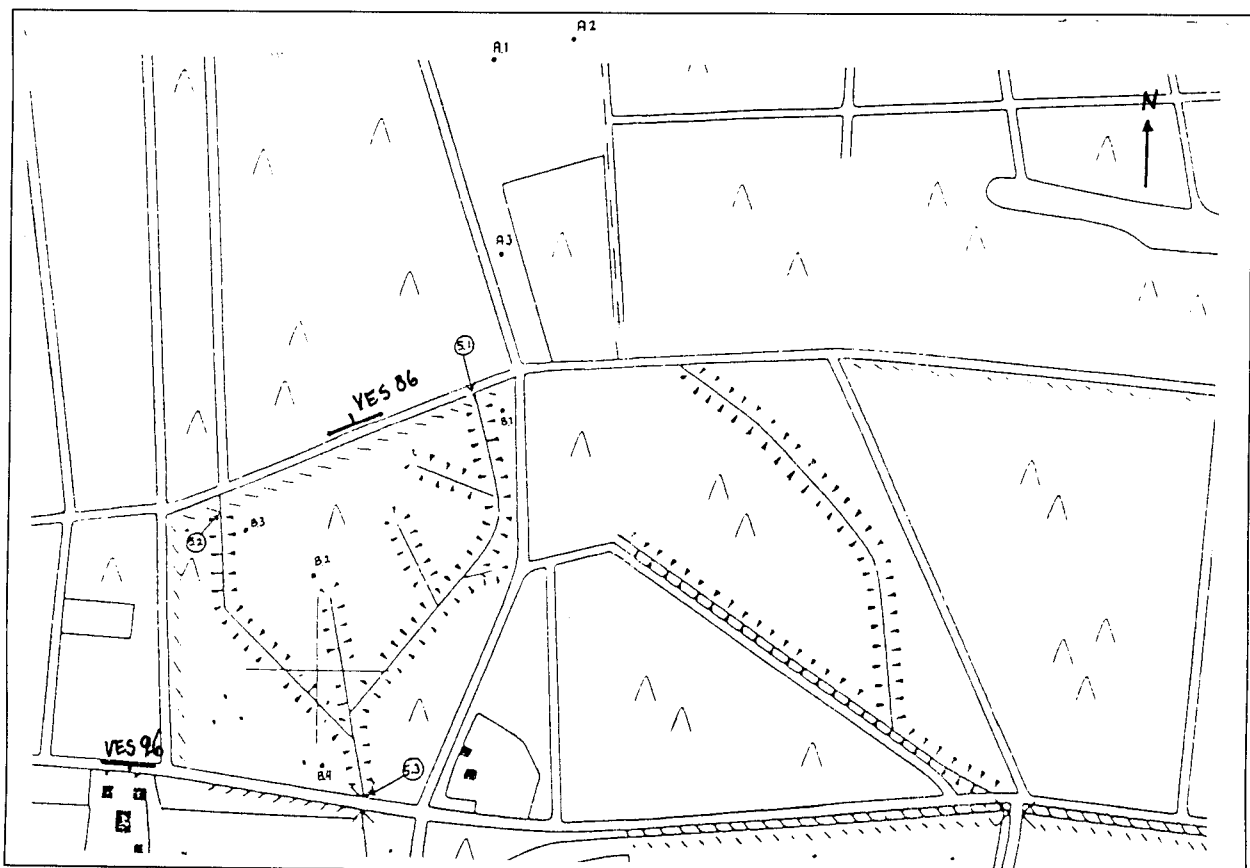


Fig. 15 Situatie van de Hartensche Molenbeek (nr.5)

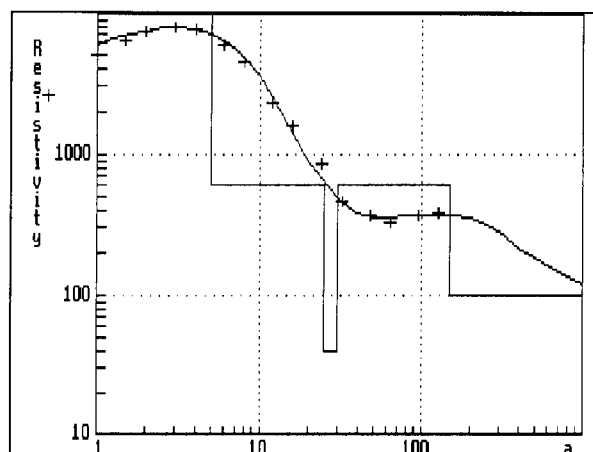


Fig.16 VES Hartensche beek (1986)

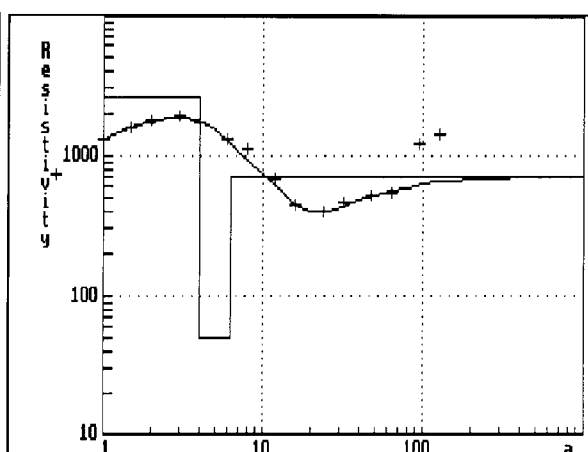


Fig.17 VES Hartensche beek (1996)

Tijdens een aanvullend veldwerk in november 1996 is ook een aantal handboringen gezet rond de sprengkoppen in het bosperceel en ten noorden van dit bosperceel in een heideveld met als doel om het ondiepe grondwater te monstern. De boringen zijn beschreven in het volgende hoofdstuk. De analyse van de grondwatermonsters toont een verschil in concentratie van de chemische elementen voor intrekgebieden met heide en met bos waarbij de concentraties in het bos hoger liggen dan in de heide, vermoedelijk als gevolg van verschillen in verdamping.

hand- boringen	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4	Cl	SO4	NO3	NO3	Al	Cd	Zn	
		uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l(N)	mg/l	mg/l	mg/l(N)	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l	
5-A1	5-11-96	5,54	103	8	1,2	8	1,6	0,2	13	21	0,3	1,364	14	0,008	11,2
5-A2	5-11-96	4,72	56	2	0,7	3	1,2	0,0	5	10	1,1	4,65	54	0,004	7,5
5-A3	5-11-96	4,49	96	1	0,7	7	1,0	0,0	10	23	0,2	1,054	118	0,009	1,9
5-B1	5-11-96	4,42	92	0	0,6	7	0,4	0,0	10	19	0,3	1,426	166	0,002	1,1
5-B2	5-11-96	7,05	167	21	2,2	6	1,1	0,0	12	22	0,6	2,666	32	0,001	0,2
5-B3	5-11-96	5,93	121	9	3,7	7	0,9	0,0	13	17	3,5	15,56	16	0,002	1,3
5-B4	5-11-96	6,48	174	11	3,1	13	2,3	0,0	16	46	0,9	4,03	25	0,012	2,9

4.6. De Koppelsprengen

De Koppelsprengen (Fig.18) liggen in een groot dal in de Veluwe heuvels nabij Ugchelen. De naam geeft al aan dat een aantal sprengen zijn samengevoegd. De spreng heeft het karakter van een kopspreng doordat de bovenloop duidelijk drainerende oevers heeft. Deels is het ook een flankspreng want de hoofdloop wordt ook gevoed door korte zijtakken die haaks op de beek staan. Het debiet is bepaald tijdens het veldwerk in juni. Er is geen geo-electrische meting gedaan in 1996, maar wel in 1986 (Fig.19), waaruit een diepe basis van het pakket volgt.

beek		pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn
			uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
S7-1	21-6-96	6,9	91	7,7	1,92	7,1	1,29	0,07	9,6	22,3	1,5	6,6	1,5	0.0004	0,1
S7-2	21-6-96	6,8	89	8,1	2,06	6,9	1,05	0,01	9,1	12,3	0,3	1,5	0,6	0.0004	0,1
S7-3	21-6-96	6,7	83	7,3	1,44	7,6	0,62	0,00	9,4	9,1	0,8	3,7	1,6	0.0003	0,1
S7-4	21-6-96	6,6	93	7,3	2,23	7,5	0,90	0,00	9,4	9,5	1,2	5,5	4,3	0.0004	0,1

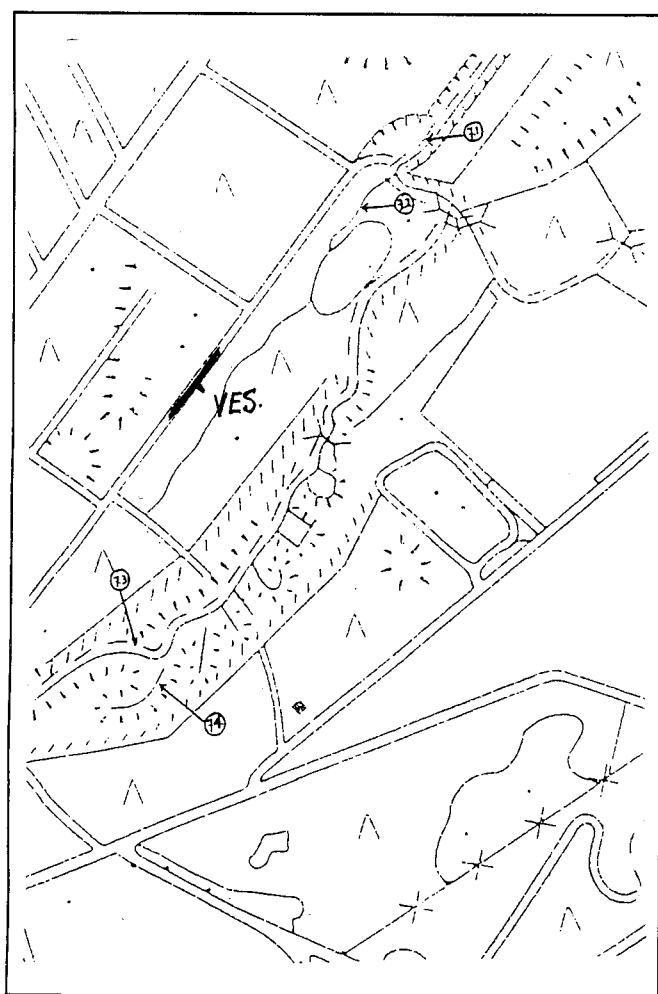


Fig.18 Situatie Koppelsprengen (nr.7)

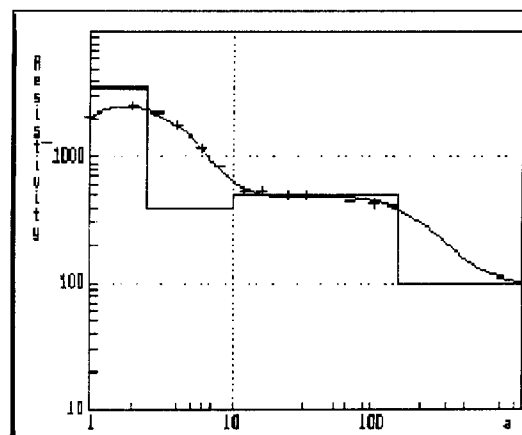


Fig.19 VES Koppelsprengen (1986)

4.7. De Vrijenbergerspreng

De Vrijenbergerspreng (Fig. 20) is in de vorige eeuw aangelegd met als doel om het Apeldoorns kanaal te voeden. De oevers zijn recht en de spreng is diep ingegraven. De kop, die bestaat uit een driehoekig kanaal om kwelwater in te vangen, ligt in een bosgebied. Ernaast ligt een landbouwperceel en bovenstrooms een kampeergebied. De afvoer werd door het gehele jaar heen gemeten in punt S9-2, waar tevens een continue afvoermeting wordt verricht door het Zuiveringsschap Veluwe. Er is geen geo-electrisch onderzoek uitgevoerd in 1996 en de meting in 1986 heeft geen interpreteerbaar resultaat opgeleverd, vermoedelijk vanwege een te grote dikte van de onverzadigde zone (met een zeer grote weerstand).

beek	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ -N	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	NO ₃	Al	Cd	Zn	
															uS/cm
S9-1	21-6-96	6,9	124	14,3	2,38	8,8	0,78	0,01	12,4	17,7	0,8	3,5	0,9	0,0002	0,1
S9-2	21-6-96	6,9	119	13,4	2,14	8,4	0,82	0,01	11,1	11,9	0,5	2,4	1,2	0,0003	0,1

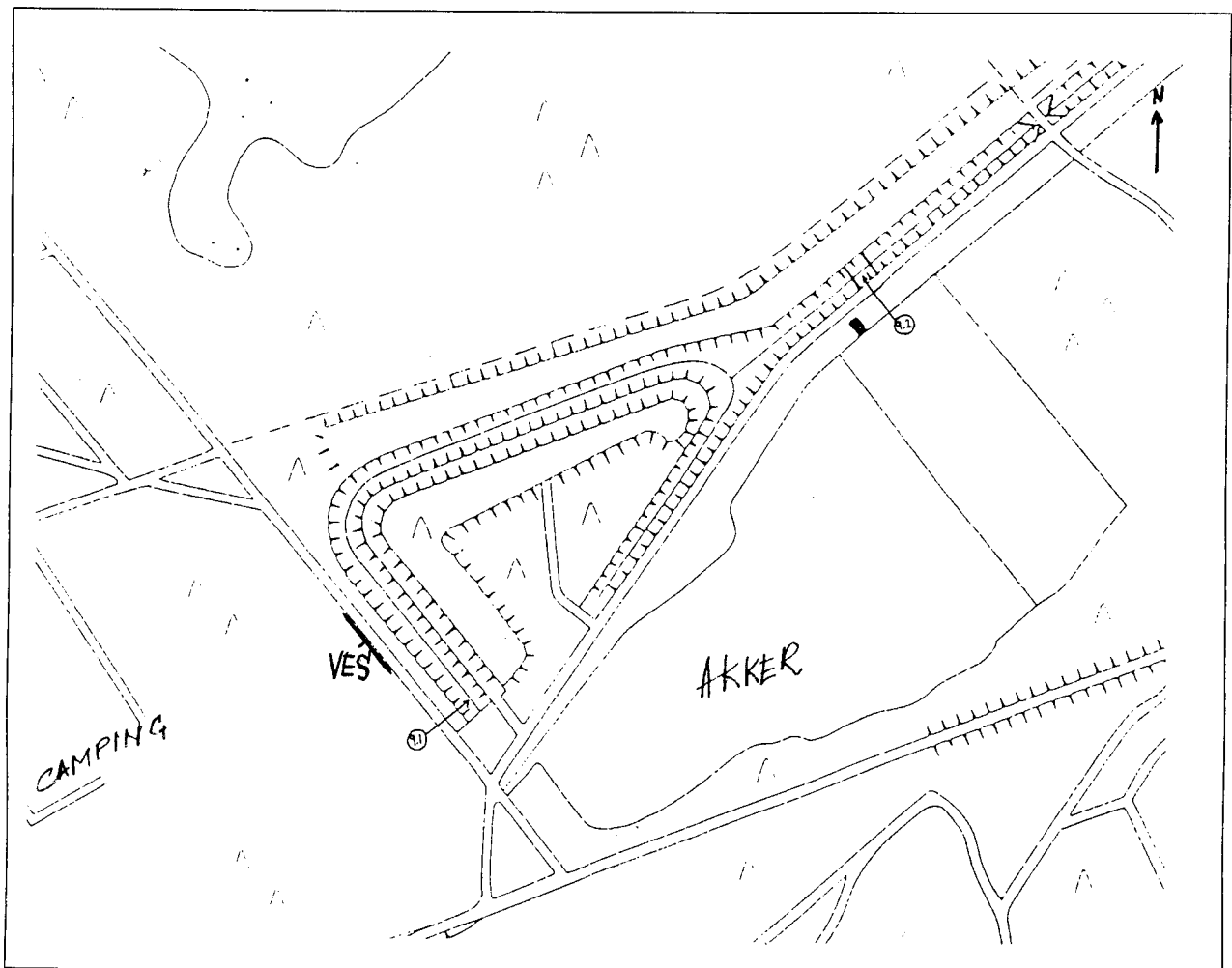


Fig.20 De situatie van de Vrijenberger spreng

4.8. De Eerbeekse beek

De Eerbeekse beek (Fig.21) is lang geleden gegraven waarschijnlijk ten behoeve van de papierindustrie. De spreng is licht gaan meanderen en heeft een natuurlijk aanzien behalve de bovenloop die diep is ingegraven. De bovenloop van de spreng ligt in een bosgebied maar iets verder naar het westen zijn nog de resten van een vroeger veel groter heideveld aanwezig. De afvoer is tijdens het veldwerk eenmalig gemeten in punt S10-3. Er is geen geo-electrisch onderzoek verricht in 1996. De resultaten van de meting in 1986 zijn hier niet weergegeven, aangezien ook in Eerbeek de interpretatie moeilijkheden opleverde vanwege een te grote dikte van de onverzadigde zone.

beek	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ -N	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	NO ₃	Al	Cd	Zn	
															uS/cm
S10-1	1-7-96	6,4	87	8,3	1,70	6,0	0,70	0,03	8,1	25,7	0,7	3,2	6,1	0	0,1
S10-2	1-7-96	5,1	80	7,8	1,37	5,2	0,59	0,00	6,9	16,5	1,8	7,8	34,8	0,003	0,6
S10-3	1-7-96	6,9	100	11,4	1,70	6,3	0,62	0,03	8,7	17,2	1,0	4,3	1,7	0,001	0,2

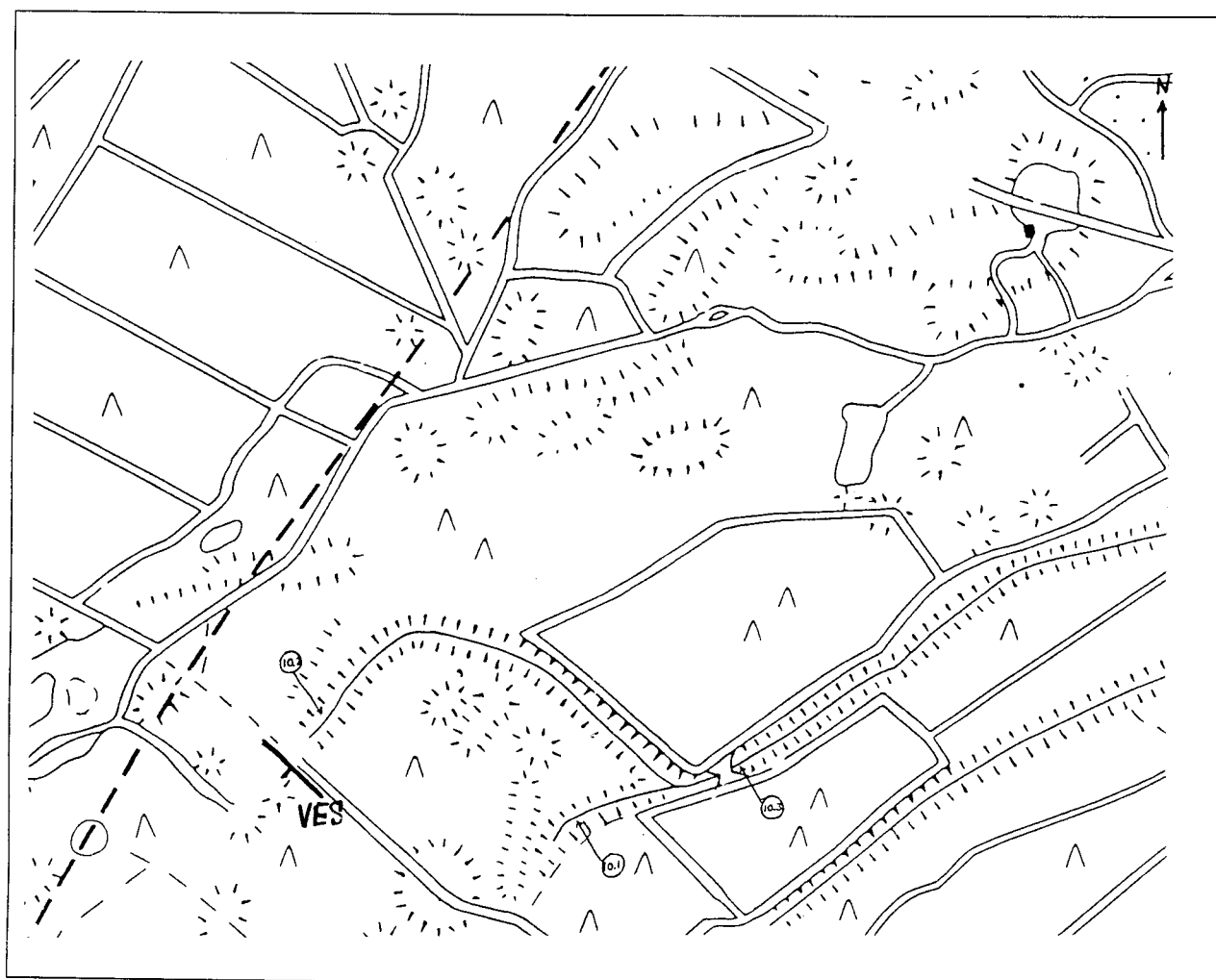


Fig.21 Situatie van de Eerbeekse spreng

4.9. De Soerense beek

De Soerense beek (Fig.22) is waarschijnlijk lang geleden gegraven ten behoeve van industriële doeleinden. Nog steeds ligt er een wasserij aan de beek (Fig.23) die van het water gebruik maakt. De afvoer van de Soerense beek is gemeten in S11-3, het verzamelpunt van de drie koppen. De afvoer is relatief groot. Bij de Soerense beek is in 1996 geen geo-electrische meting uitgevoerd, maar wel meerdere in 1986 (Fig.24 en 25). Meting VES-1 bij de koppen geeft de situatie aan de flank van de heuvels en meting VES-2 die in het dal. De metingen verschillen aanzienlijk, blijkbaar is de dalopvulling met een lagere weerstand enkele tientallen meters (ca.40 m) diep. Tijdens het veldwerk in november zijn bij de Soerense beek hand-boringen gezet om het ondiepe grondwater te bemonsteren. Ten zuiden van LMG-380 zijn 4 boringen gezet in een bosperceel en ten westen van de sprengkoppen zijn 2 boringen gezet in een heideveld. Zie de Figuren 22 en 23.

beek		pH	EC uS/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	NH4-N mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3-N mg/l	NO3 mg/l	Al umol/l	Cd umol/l	Zn umol/l
S11-1	26-6-96	6,1	114	8,6	3,00	8,1	1,01	0,00	10,2	21,8	2,2	9,7	3,8	0,001	0,2
S11-2	26-6-96	6,7	97	9,3	1,78	6,9	0,66	0,00	8,5	24,2	0,6	2,9	0,1	0	0
S11-3	26-6-96	6,4	99	9,4	1,94	7,1	0,70	0,00	9,0	14,7	0,8	3,5	0,6	0,0002	0,1

LMG 380		pH	EC uS/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	NH4-N mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3-N mg/l	NO3 mg/l	Al umol/l	Cd umol/l	Zn umol/l
380-4	26-6-96	5,3	76	1,2	0,34	5,4	0,98	0,74	10,1	21,1	0,0	0,0	8,9	0,0001	0,1
380-5	26-6-96	4,9	80	2,4	0,79	6,5	0,90	0,78	10,6	13,6	0,0	0,0	12,8	0	0,1
380-6	26-6-96	4,7	72	1,9	0,60	5,7	0,98	0,70	10,4	15,7	0,0	0,0	14,7	0	0,1
380-7	26-6-96	4,7	70	1,9	0,58	5,6	0,98	0,71	10,3	12,2	0,0	0,1	14,6	0	0
380-8	26-6-96	4,8	60	2,0	0,50	5,1	0,82	0,43	9,6	12,1	0,0	0,0	11,1	0	0,1
380-9	26-6-96	5,6	91	3,8	0,94	7,1	0,55	0,67	10,0	9,1	0,0	0,0	4,1	0,0002	0,3
380-11	26-6-96	6,5	110	9,6	2,50	4,7	0,62	0,03	7,8	21,2	0,0	0,0	0,2	0,0002	0,1
380-10	26-6-96	6,4	106	9,7	2,30	6,4	0,62	0,10	10,0	13,3	0,0	0,1	0,4	0,0003	0
380-15	26-6-96	5,7	114	10,9	2,14	8,0	0,74	0,00	11,4	21,9	0,3	1,4	0,3	0,0001	0
380-25	26-6-96	6,4	112	10,9	1,94	8,2	0,82	0,00	11,5	23,7	0,0	0,0	0,5	0,0001	0,1

hand boringen		pH	EC uS/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	NH4 mg/l(N)	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l(N)	NO3 mg/l	Al umol/l	Cd umol/l	Zn umol/l
11-B1	31-10-96	4,7	103	6	2,8	5	1,2	0,0	7	28	1,8	7,75	50	0,012	3,6
11-B2	31-10-96	4,39	153	6	3,2	13	1,9	0,0	12	28	5,9	26,29	112	0,010	6,9
11-A1	31-10-96	5,54	106	7	1,9	5	1,7	0,1	11	30	0,0	0	58	0,000	0,2
11-A2	31-10-96	5,75	87	6	1,5	5	1,2	0,3	8	22	0,1	0,248	62	0,000	0,3
11-A3	31-10-96	5,93	78	4	0,9	7	0,9	1,0	11	9	0,0	0	37	0,000	0,1
11-A4	31-10-96	4,84	77	4	0,8	5	1,0	0,2	8	21	0,0	0,124	21	0,001	0,6

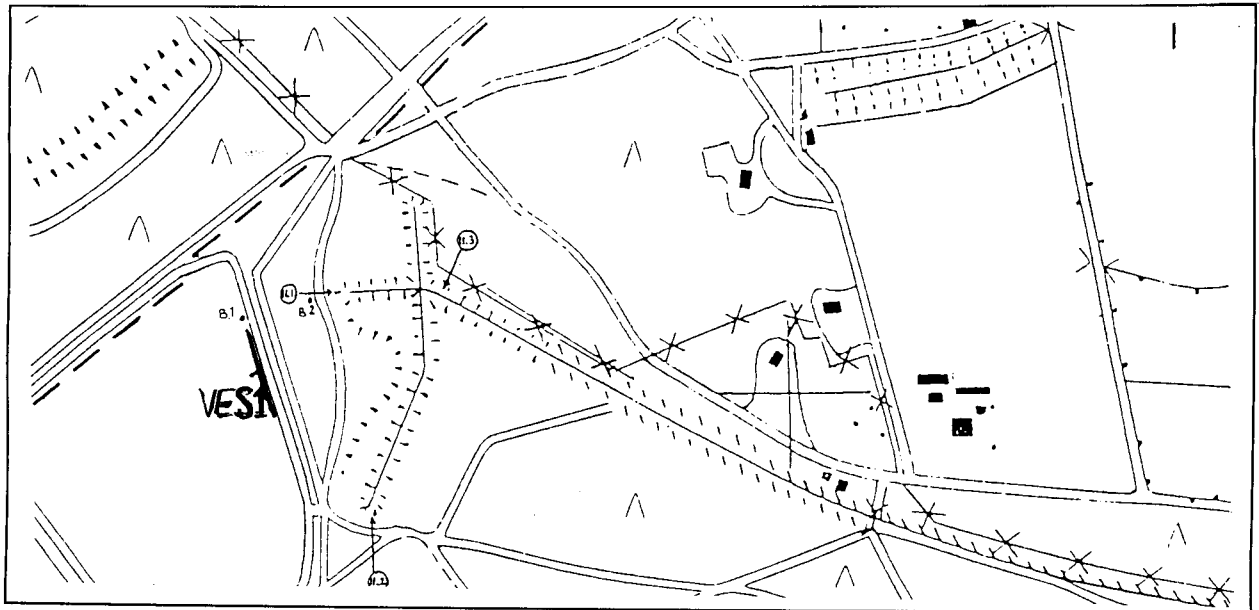


Fig.22 De koppen van de Soerense beek en de lokaties van de handboringen

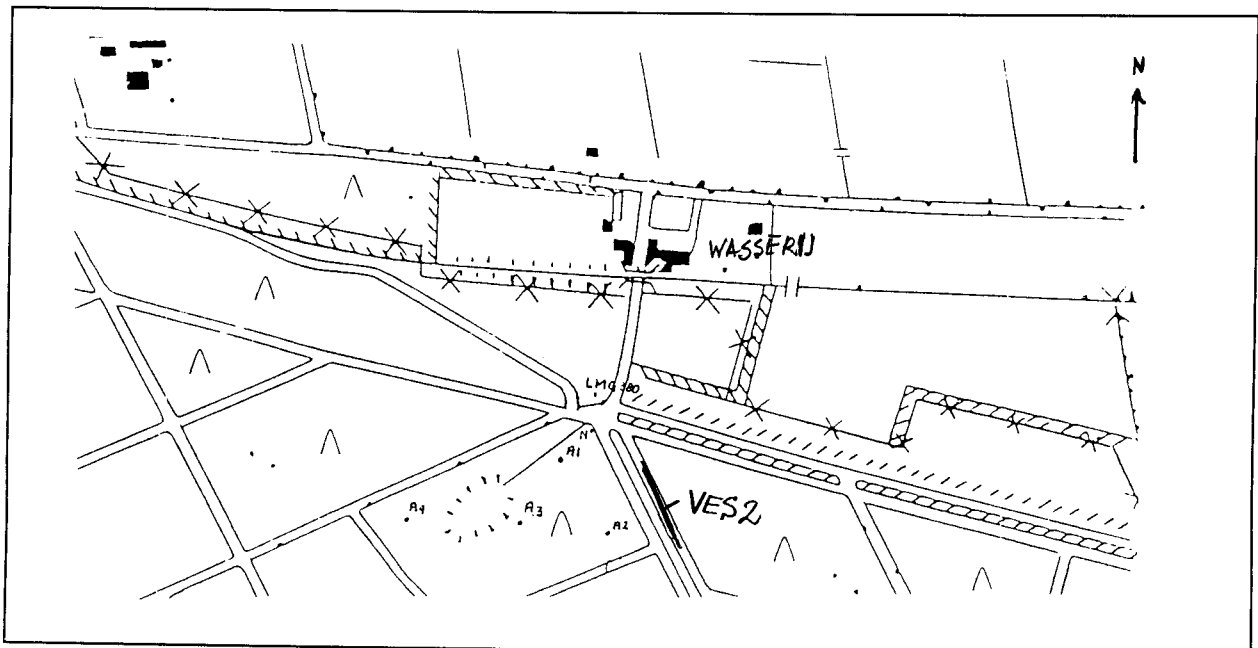


Fig.23 De middenloop van de Soerense beek en de lokaties van LMG380 en de handboringen

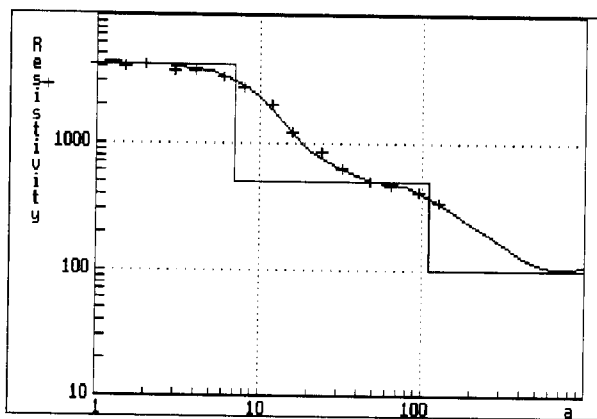


Fig.24 VES Soeren1 (flank) (1986)

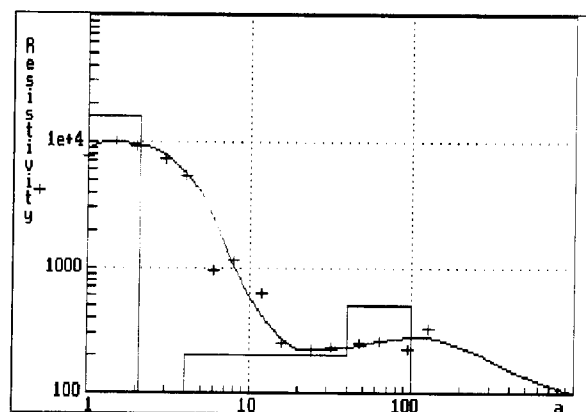


Fig.25 VES Soeren2 (dal) (1986)

Tabel 10 Door NITG in LMG-380 gemeten microcomponenten, concentraties in ppb

nivo mv-m	L	Be	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
4	0.56	0.027	11.1	217	2.7	1.73	23	7818	0.59	1.4	0.27	8.6	0.20
5	0.56	0.077	14.5	312	1.5	0.83	70	2446	2.39	2.7	0.33	5.4	0.36
6	0.75	0.252	12.4	354	1.3	0.84	46	1942	0.13	0.6	0.01	1.0	0.79
7	0.95	0.256	11.5	370	1.1	0.89	44	2054	0.16	0.7	0.51	1.3	0.66
8	1.66	0.291	10.1	266	0.7	0.94	44	2031	0.43	12.8	0.09	3.2	0.44
9	4.17	0.590	9.9	86	0.9	0.16	241	5438	5.89	7.9	0.33	15.2	0.07
10	2.20	0.003	2.5	8	1.7	0.15	1858	89	0.04	1.1	1.14	2.0	0.02
11	1.36	0.001	3.6	1	1.0	0.00	281	7302	1.80	1.2	0.04	3.1	0.03
15	2.70	0.002	2.5	2	1.7	0.07	7	81	0.02	0.3	0.01	0.5	0.02
25	2.95	0.007	2.2	12	2.9	0.00	696	202	0.40	1.2	0.60	3.3	0.13
nivo mv-m	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs
4	18.75	0.10	3.09	4	1.9	0.85	0.010	0.033	0.001	0.011	0.016	0.086	0.010
5	0.57	0.07	2.66	10	2.6	0.48	0.003	0.000	0.000	0.010	0.005	0.052	0.010
6	0.66	0.01	3.04	7	3.2	0.39	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.006
7	0.66	0.05	3.06	7	3.2	0.37	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.042	0.006
8	0.93	0.06	2.29	8	2.5	0.33	0.002	0.000	0.000	0.001	0.011	0.042	0.006
9	1.99	0.04	0.39	19	0.1	0.04	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.022	0.004
10	0.46	0.14	0.26	38	0.0	0.02	0.000	0.024	0.000	0.029	0.000	0.006	0.003
11	18.52	0.08	0.09	32	0.0	0.00	0.000	0.130	0.000	0.014	0.000	0.010	0.001
15	0.46	0.10	0.09	39	0.0	0.00	0.000	0.014	0.000	0.005	0.000	0.006	0.000
25	0.74	0.10	0.10	37	0.1	0.03	0.003	0.046	0.000	0.006	0.000	0.012	0.004
nivo mv-m	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	
4	15.5	0.83	2.56	0.36	1.73	0.42	0.083	0.27	0.053	0.34	0.065	0.22	
5	28.7	1.25	4.24	0.44	1.97	0.46	0.094	0.35	0.067	0.44	0.090	0.30	
6	66.5	1.40	6.52	0.63	2.91	0.67	0.152	0.37	0.092	0.60	0.126	0.43	
7	50.2	1.53	6.47	0.62	2.85	0.63	0.135	0.42	0.088	0.57	0.117	0.39	
8	34.0	1.08	4.56	0.45	2.22	0.50	0.108	0.37	0.072	0.46	0.092	0.32	
9	5.1	0.05	0.14	0.02	0.09	0.02	0.005	0.01	0.003	0.02	0.004	0.02	
10	1.7	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.001	0.00	0.001	0.00	0.001	0.00	
11	2.0	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.001	0.00	0.001	0.00	0.001	0.00	
15	1.1	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.001	0.00	0.000	0.00	0.001	0.00	
25	10.5	0.07	0.19	0.02	0.09	0.02	0.002	0.01	0.003	0.01	0.003	0.01	
nivo mv-m	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Pt	Au	Pb	Bi	Th	U	
4	0.035	0.235	0.035	0.020	0.000	0.133	0.002	0.002	0.869	0.003	0.127	0.286	
5	0.047	0.307	0.046	0.018	0.000	0.054	0.004	0.000	0.165	0.000	0.023	0.088	
6	0.070	0.480	0.075	0.015	0.001	0.003	0.002	0.000	0.242	0.000	0.009	0.085	
7	0.063	0.443	0.069	0.014	0.001	0.019	0.002	0.006	0.652	0.001	0.024	0.063	
8	0.049	0.349	0.056	0.011	0.002	0.002	0.004	0.003	0.250	0.001	0.019	0.018	
9	0.002	0.015	0.003	0.000	0.000	0.088	0.001	0.000	0.036	0.001	0.001	0.002	
10	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.076	0.002	0.000	0.093	0.001	0.000	0.003	
11	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.010	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.002	0.000	0.066	0.000	0.000	0.003	
25	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	0.063	0.001	0.000	0.335	0.001	0.003	0.017	

4.10. De Beekhuizer beek

De Beekhuizer beek (Fig.26) is een beek aan de zuidflank van de Veluwe. De afvoer is bepaald met behulp van de volumetrische methode in punt S12-2 waar het sprenghwater onder de weg geleid wordt via een duiker. Het water is opgevangen in een emmer. De afvoer bedroeg op dat moment 95 m³/dag. Er is geen geo-electrisch onderzoek uitgevoerd.

beek		pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn
			uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
S12-1	1-7-96	7,7	224	33,7	4,73	10,8	0,86	0,22	13,8	15,0	0,5	2,1	2	0,0002	0,1

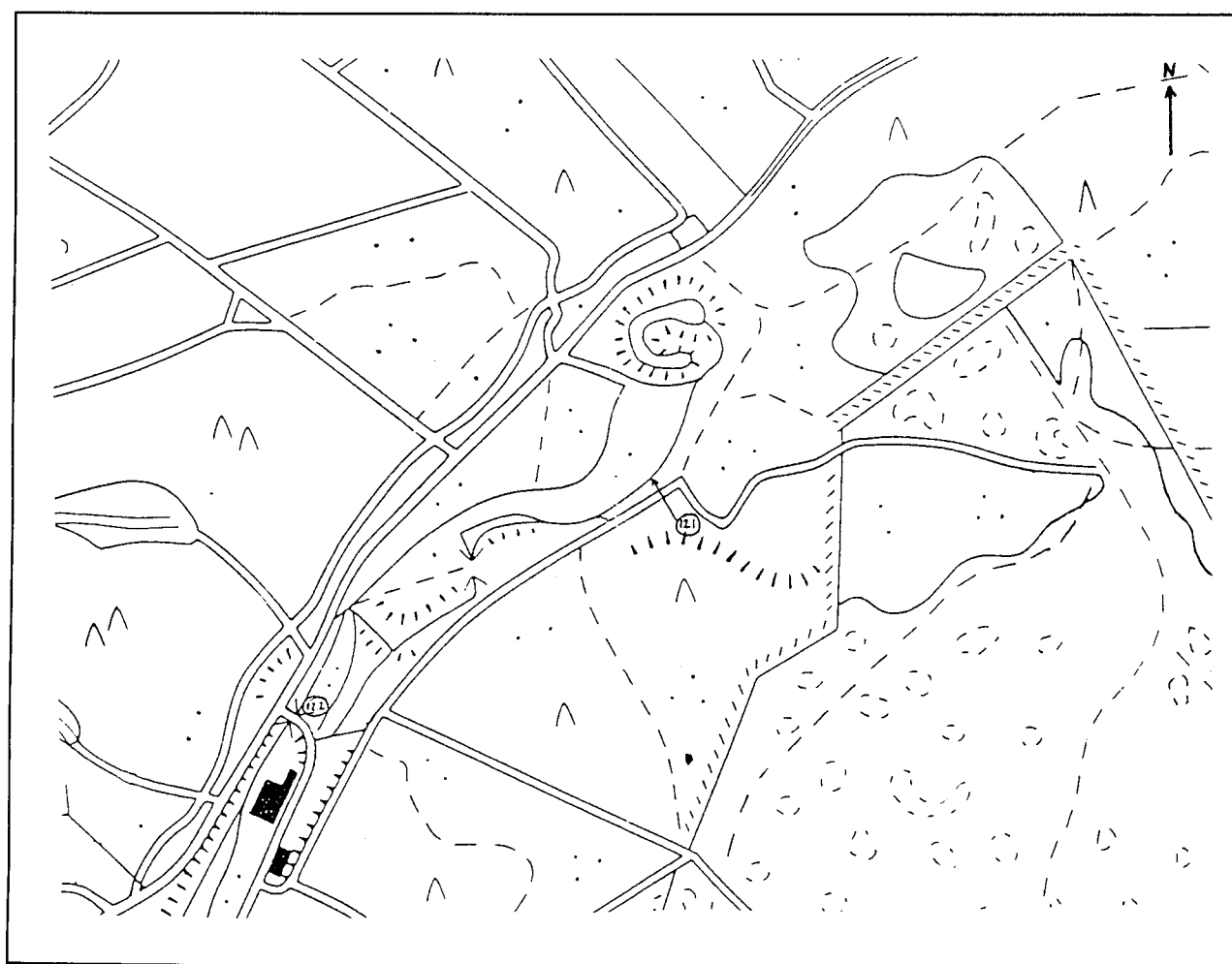


Fig.26 Situatie van de Beekhuizer beek

4.11. De Rozendaalse sprengen

De spreng bij kasteel Rozendaal (Fig.27) is waarschijnlijk aangelegd om de waterpartijen rond het kasteel van water te voorzien en wellicht de bewoners. Een bekend onderdeel van de kasteeltuinen zijn de zogenaamde 'bedriegertjes'. Van het verval wordt gebruik gemaakt om een hoeveelheid kleine fonteintjes te laten opspuiten. De afvoer is gemeten in punt S13-1. De spreng bij S13-2 voedt daarnaast de waterpartijen rond het kasteel. De geo-electrische meting in 1986 (Fig.28) leverde op dat een relatief slecht doorlatende laag aanwezig was op een diepte van ca.20 m onder maaiveld en dat de basis op een diepte van ca. 80 m ligt.

beek		pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn
			uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
S13-1	1-7-96	7,2	173	20,0	3,48	9,8	0,66	0,01	14,3	22,0	1,7	7,6	0,8	0,0006	0,1
S13-2	1-7-96	7,3	168	22,0	3,19	8,2	0,62	0,01	12,9	28,1	0,8	3,5	1,2	0,002	0,2

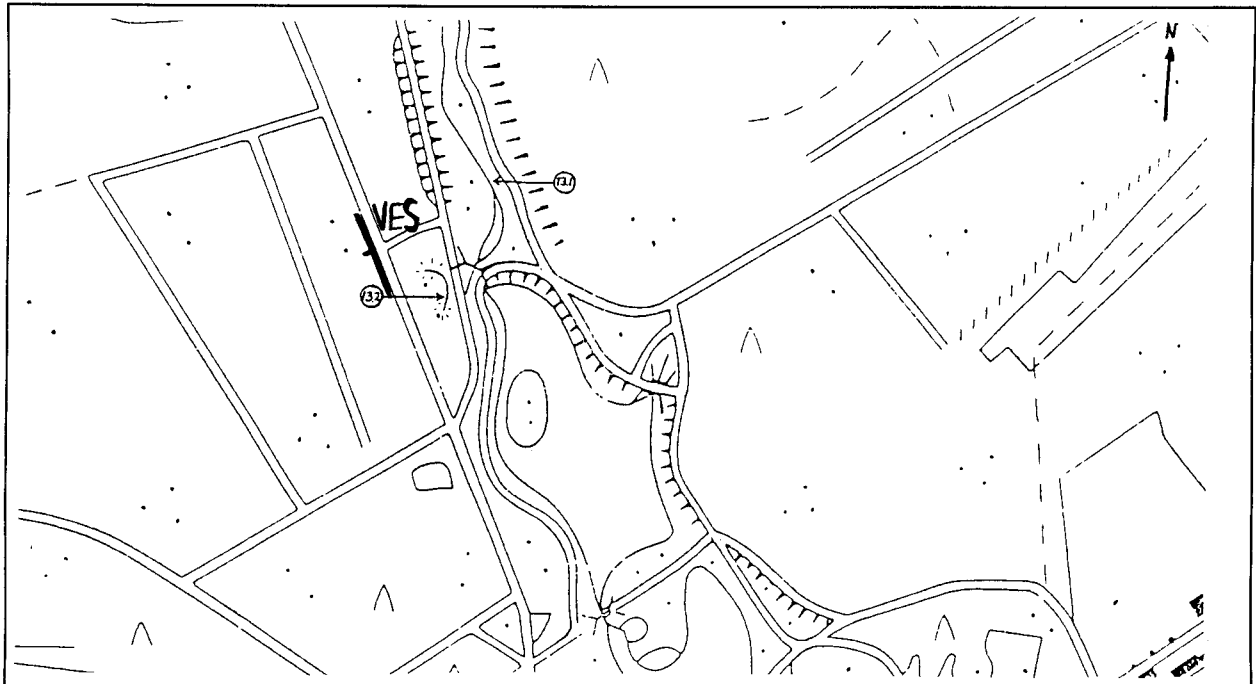


Fig.27 De situatie bij Kasteel Rozendaal

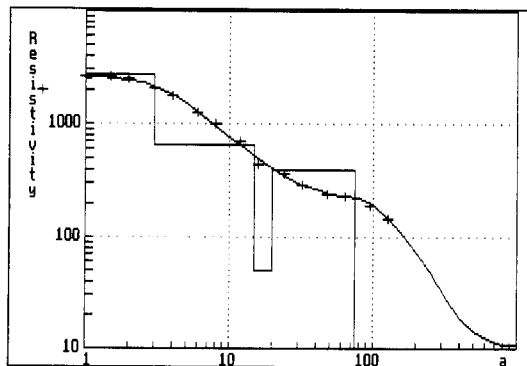


Fig.28 VES Rozendaal 1986

4.12. De Heelsumse sprengen

De Heelsumse beek is een voorbeeld van een flanksprengh. De sprengh volgt de zuidelijke stuwwal van Arnhem en ontvangt regelmatig water uit zijtakken die kwelwater opvangen. De sprengh is tweeledig uitgevoerd met een noordelijke en een zuidelijke beek. Oorspronkelijk zullen tussen de lopen molens zijn geplaatst. In 1986 zijn beide takken op meerdere plaatsen bezocht, maar in 1996 heeft het onderzoek zich geconcentreerd op de koppen van de zuidelijke beek (Fig.29). Deze koppen liggen in een uitgestrekt natuurgebied dat open wordt gehouden. Vroeger is dat wellicht ook het geval geweest maar iets meer bovenstrooms is een drukke weg aangelegd waaraan bebouwing is ontstaan. De afvoer van de beek is gemeten in S17-4, een paar honderd meter benedenstrooms van de bovenste kop. De afvoer van de Heelsumse beek is zeer constant. De noordelijke tak stond in het jaar 1996 droog. De interpretatie van de geo-electrische meting in 1996 verschilt enigszins van de meting in 1986, maar dat is vooral het gevolg van een andere ligging, waardoor de hoogte van het maaiveld en de ondiepe bodem verschillen. De diepere lagen komen wel overeen.

beek	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn	
		uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l	
S17-1	4-7-96	4,5	214	11,1	3,67	13,6	4,88	0,01	21,9	52,3	6,3	27,8	121,7	0,006	0,6
S17-2	4-7-96	5,1	92	8,0	1,78	5,5	0,86	0,03	7,0	39,1	2,6	11,6	40,2	0,006	0,1
S17-3	4-7-96	6,9	193	23,7	2,21	11,8	0,94	0,00	28,7	19,3	4,0	17,5	1,5	0,0004	0,1
S17-4	4-7-96	6,0	283	22,4	4,27	24,8	3,74	0,08	38,5	13,2	10,5	46,6	13,7	0,002	0,2

hand- boringen	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4	Cl	SO4	NO3	NO3	Al	Cd	Zn	
		uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l(N)	mg/l	mg/l	mg/l(N)	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l	
17-P1	31-10-96	4,49	217	12	4,1	14	4,6	0,0	22	40	7,3	32,36	124	0,006	0,3
17-A1	31-10-96	4,65	222	12	4,0	14	9,2	0,0	22	40	7,0	31,06	83	0,007	0,9
17-A2	31-10-96	4,65	185	11	3,6	11	4,1	0,0	17	39	5,2	23,06	105	0,004	0,9
17-A3	31-10-96	4,59	250	18	5,6	12	6,9	0,0	24	36	11,3	49,97	97	0,007	1,2
17-B1	31-10-96	6,74	266	13	4,2	14	4,9	0,0	21	39	6,5	28,89	82	0,006	2,4
17-B2	31-10-96	4,89	230	15	5,0	12	5,4	0,0	22	36	9,8	43,28	127	0,007	2,3
17-B3	31-10-96	4,73	184	13	3,6	10	4,8	0,0	16	32	6,9	30,75	76	0,006	1,5
17-B4	31-10-96	4,69	186	8	2,4	12	11,0	0,1	20	35	4,1	18,35	96	0,006	0,2
17-C1	31-10-96	4,52	70	2	0,6	3	1,2	0,0	4	14	2,3	10,35	112	0,026	0,7
17-C2	31-10-96	4,55	68	1	0,5	3	1,0	0,0	4	17	1,4	6,386	99	0,004	0,4
17-C3	31-10-96	6,85	297	40	3,9	16	1,1	0,0	50	9	5,9	26,04	1	0,000	0

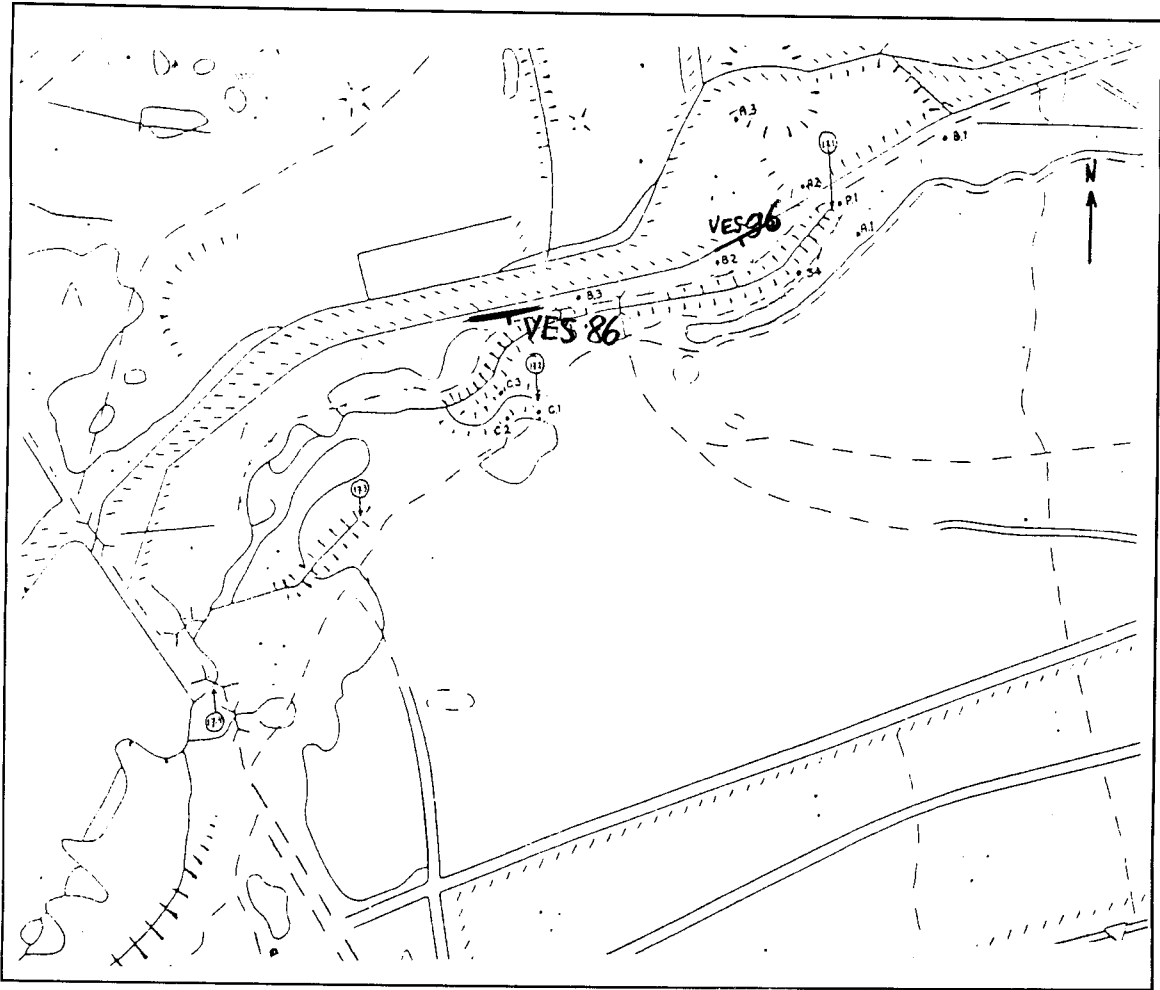


Fig. 29 De koppen van de zuidelijke Heelsumse beek

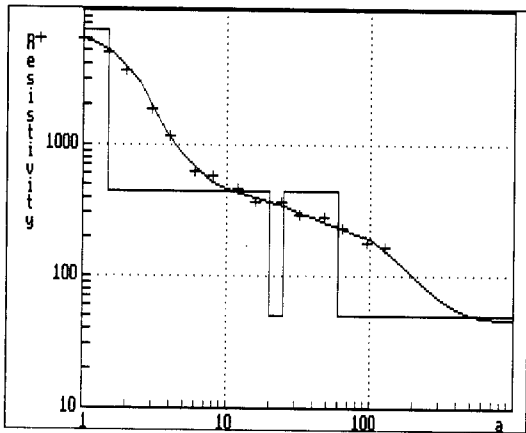


Fig.30 VES Heelsum 1986

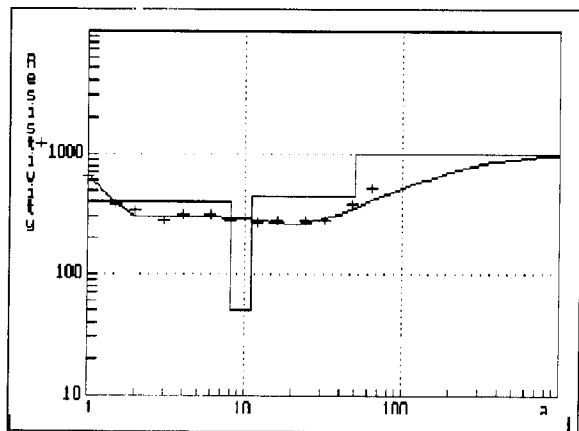


Fig.31 VES Heelsum 1996

4.13. De Renkumse Molenbeek

De Renkumse beek (Fig.32, 33, 34) volgt de stuwwal van Ede-Wageningen en krijgt water uit zijtakken die grondwater opvangen. De benedenloop is uitgevoerd met een bovenbeek en een benedenbeek. Ook hier zullen vroeger molens tussen beide waterlopen geplaatst zijn. De afvoer van de beek is gemeten in punt S20-4, dat 2.5 km. ten zuiden van de bovenste kop ligt. De bovenbeek stond meestal droog, of er was geen debiet te meten. Vanaf september stond de beek om onduidelijke redenen droog. Vermoedelijk is het water bovenstrooms opgestuwd in verband met werkzaamheden aan de beek. De geo-electrische metingen (Fig.35 en 36) zijn op korte afstand van elkaar in het dal en op de flank van de heuvel gezet. Ze lijken op het eerste gezicht sterk verschillend te zijn, maar de opbouw van de diepe bodem is gelijk.

beek	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn	
		uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l	
S20-2	4-7-96	5,1	119	6,3	1,92	8,9	2,69	0,17	13,9	28,8	1,1	5,1	33,4	0,0006	0,1
S20-3	4-7-96	4,8	208	17,7	3,07	10,2	2,77	0,14	16,5	24,0	7,5	33,4	134,5	0,003	0,7
S20-4	4-7-96	7,3	208	25,1	3,41	11,3	2,89	0,04	16,2	40,6	5,4	23,8	4,3	0	0,1
S21-1	4-7-96	6,8	161	12,8	4,03	11,2	3,35	0,35	16,0	31,6	2,7	12,1	2,5	0,0005	0,1

hand- boringen	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	NH4-N	Cl	SO4	NO3-N	NO3	Al	Cd	Zn	
		uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	umol/l	umol/l	umol/l
378-3	8-7-96	5,1	176	14,7	4,13	9,8	1,79	0,00	14,6	25,4	2,3	10,0	11,1	0,009	2,6
378-4	8-7-96	5,1	199	17,0	3,91	10,4	2,15	0,03	23,2	47,0	1,3	5,8	22,8	0,014	5,9
378-5	8-7-96	6,2	247	28,1	4,63	13,6	2,57	0,03	25,1	47,6	2,2	9,8	1,7	0,0005	0,3
378-6	8-7-96	6,8	285	38,4	4,78	13,8	1,33	0,03	24,4	57,8	5,1	22,4	0,5	0,0001	0,1
378-7	8-7-96	7,1	280	39,6	3,84	13,6	0,94	0,00	20,3	56,4	6,1	26,8	0,3	0,0004	0,1
378-10	8-7-96	6,1	310	42,9	4,15	10,2	3,08	0,03	16,7	0,0	20,3	90,1	0,7	0	0
378-15	8-7-96	7,6	197	29,7	2,83	8,0	0,66	0,01	14,0	38,3	1,9	8,6	0,7	0	0

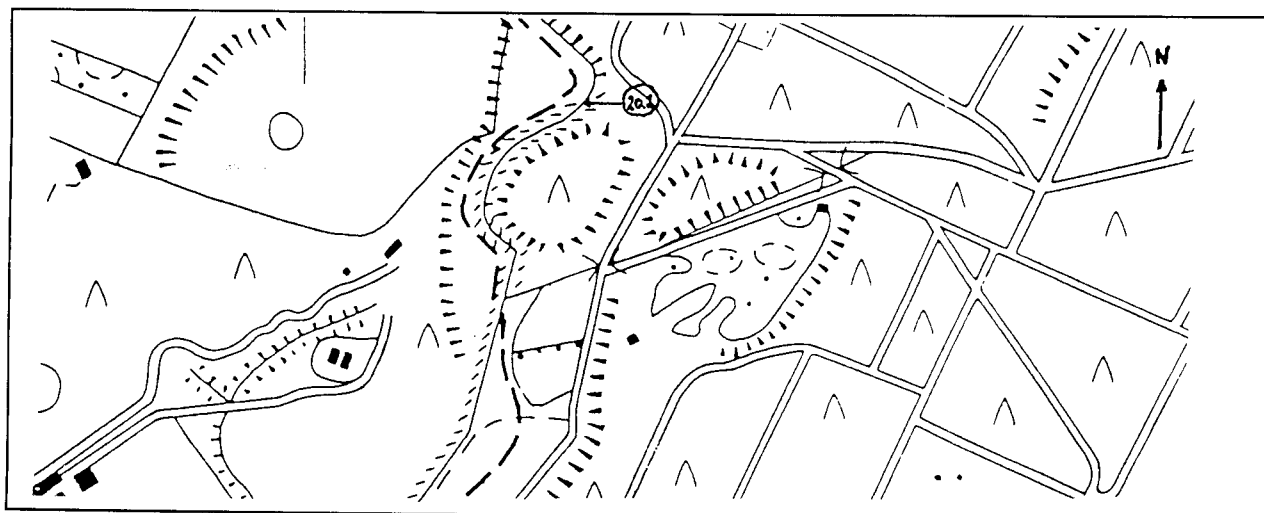


Fig.32 De bovenloop van de Renkumse beek

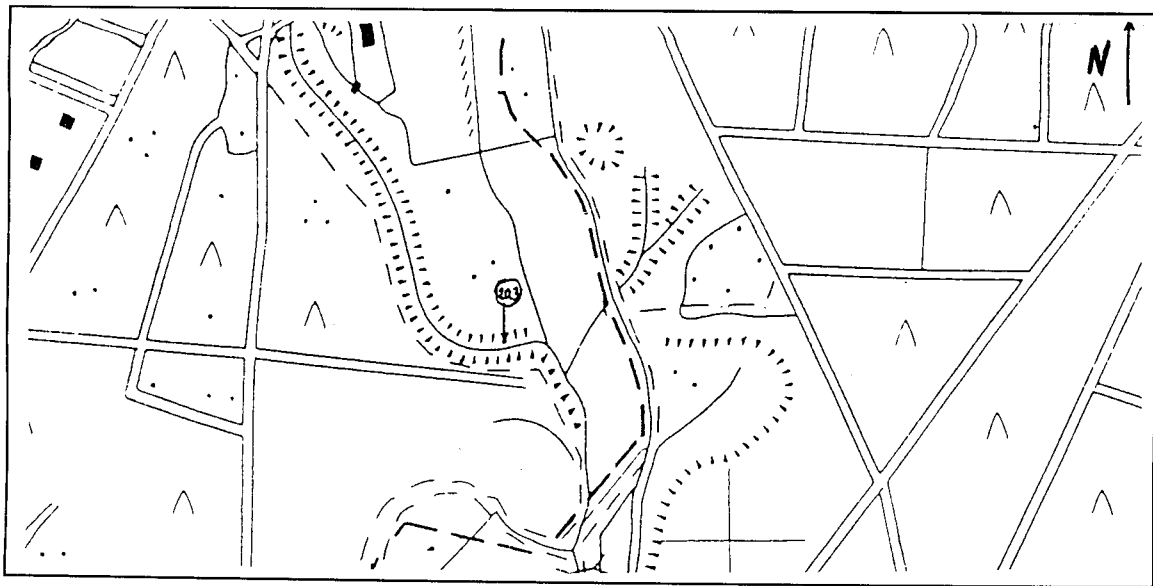


Fig33 Middenloop van de Renkumse Beek

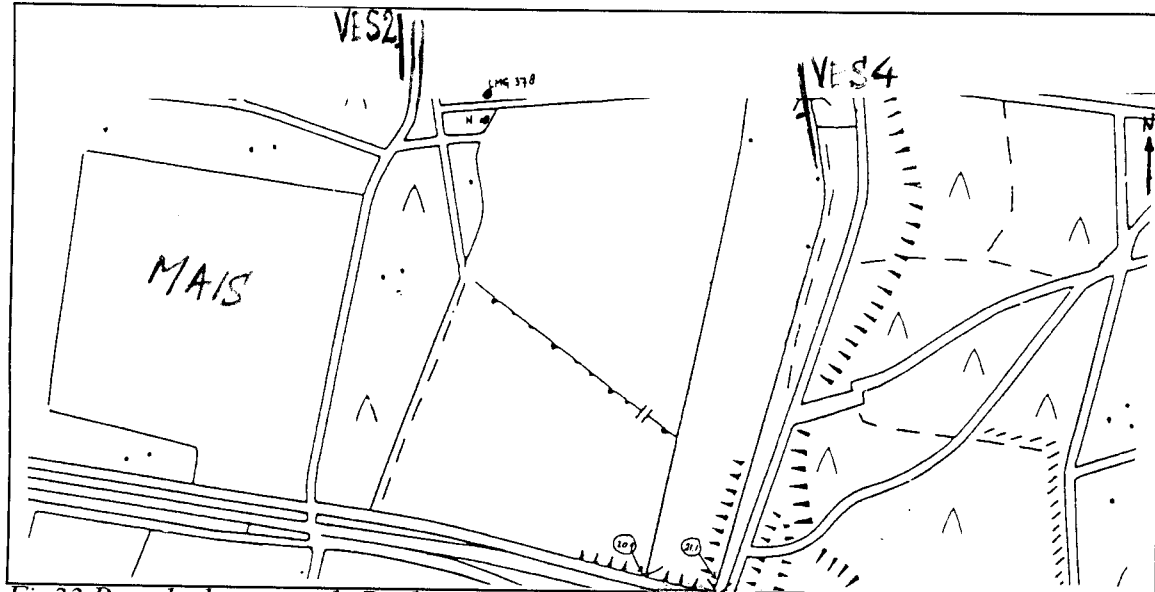


Fig33 Benedenloop van de Renkumse Beek met de lokatie van LMG-378

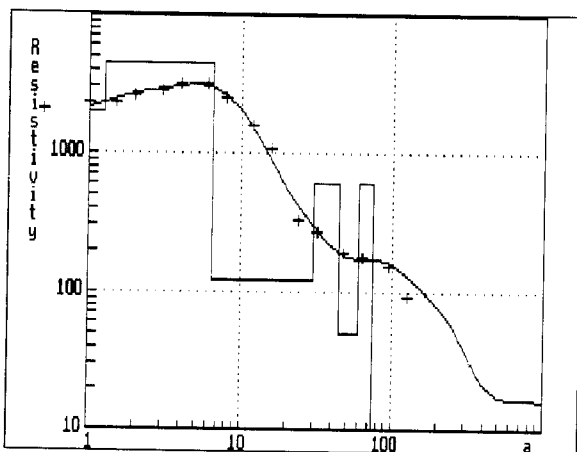


Fig.35 VES-2 Renkum-heuvel-1986

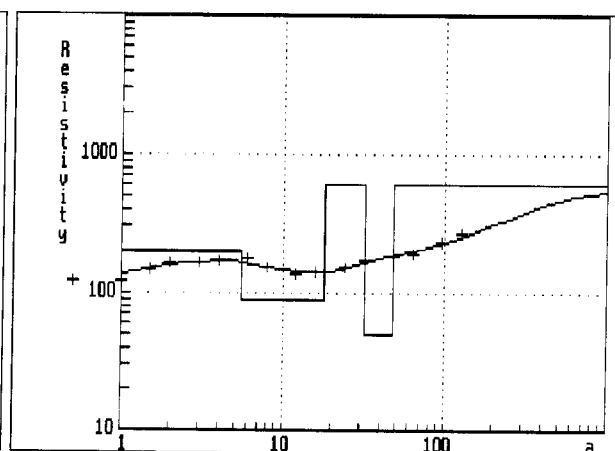


Fig.36 VES-4 Renkum-dal-1986

nivo	L	Be	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
mv-m													
3	8.64	2.892	5.5	250	2.2	1.10	1202	114	0.16	29.7	2.17	165.4	0.45
4	9.56	3.602	5.9	534	2.7	1.41	3052	141	0.14	43.8	1.91	376.0	0.63
5	8.31	0.094	7.1	15	3.8	0.96	7	217	0.10	6.2	0.41	17.7	1.15
6	1.79	0.019	8.7	4	4.4	0.30	1	304	0.09	1.4	0.04	5.0	0.57
7	1.51	0.009	7.1	2	3.9	0.00	0	349	0.10	1.2	0.01	8.3	0.47
10	1.28	0.006	6.4	5	3.0	0.00	0	412	0.11	1.2	0.01	1.1	0.38
15	0.87	0.001	3.6	2	2.7	0.01	46	380	0.14	0.9	0.01	1.1	0.35

nivo	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs
mv-m													
3	0.54	0.37	6.04	74	1.6	0.00	0.000	0.002	0.000	1.071	0.002	0.030	0.001
4	0.88	0.50	4.99	79	0.4	0.02	0.000	0.022	0.000	1.411	0.008	0.036	0.003
5	0.82	0.67	5.07	104	0.2	0.00	0.000	0.011	0.000	0.042	0.000	0.025	0.003
6	0.71	0.99	1.97	126	0.1	0.01	0.000	0.025	0.000	0.007	0.002	0.018	0.001
7	0.56	0.89	0.35	116	0.0	0.00	0.000	0.047	0.000	0.013	0.000	0.018	0.006
10	0.48	0.71	0.87	119	0.2	0.00	0.000	0.048	0.002	0.003	0.000	0.023	0.003
15	0.48	0.82	0.18	78	0.0	0.00	0.000	0.087	0.000	0.001	0.000	0.019	0.002

nivo	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
mv-m												
3	36.2	0.93	0.67	0.20	0.89	0.19	0.044	0.14	0.036	0.22	0.040	0.11
4	51.2	0.39	0.24	0.08	0.35	0.07	0.014	0.04	0.013	0.07	0.014	0.04
5	101.8	0.19	0.20	0.04	0.17	0.03	0.003	0.03	0.006	0.03	0.006	0.02
6	48.4	0.10	0.08	0.02	0.07	0.01	0.001	0.02	0.002	0.01	0.003	0.01
7	37.2	0.03	0.04	0.01	0.03	0.00	0.000	0.02	0.001	0.01	0.001	0.00
10	31.0	0.08	0.09	0.02	0.11	0.02	0.003	0.03	0.006	0.03	0.007	0.02
15	28.0	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.001	0.01	0.001	0.00	0.001	0.00

nivo	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Pt	Au	Pb	Bi	Th	U
mv-m												
3	0.013	0.076	0.009	0.001	0.000	0.179	0.001	0.000	0.967	0.000	0.000	0.006
4	0.005	0.030	0.005	0.001	0.000	0.054	0.001	0.000	0.687	0.000	0.000	0.005
5	0.002	0.015	0.002	0.000	0.000	0.167	0.001	0.000	0.339	0.001	0.000	0.002
6	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	0.027	0.001	0.000	0.041	0.001	0.000	0.003
7	0.001	0.003	0.001	0.001	0.000	0.110	0.002	0.003	0.057	0.000	0.000	0.003
10	0.002	0.012	0.002	0.000	0.000	0.121	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.024
15	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.078	0.001	0.000	0.026	0.001	0.001	0.021

5. BOORBESCHRIJVINGEN

Van de handboringen bij de sprengen zijn steeds in het veld boorbeschrijvingen samengesteld. Een aantal hiervan wordt zonder verder commentaar in de volgende pagina's weergegeven.

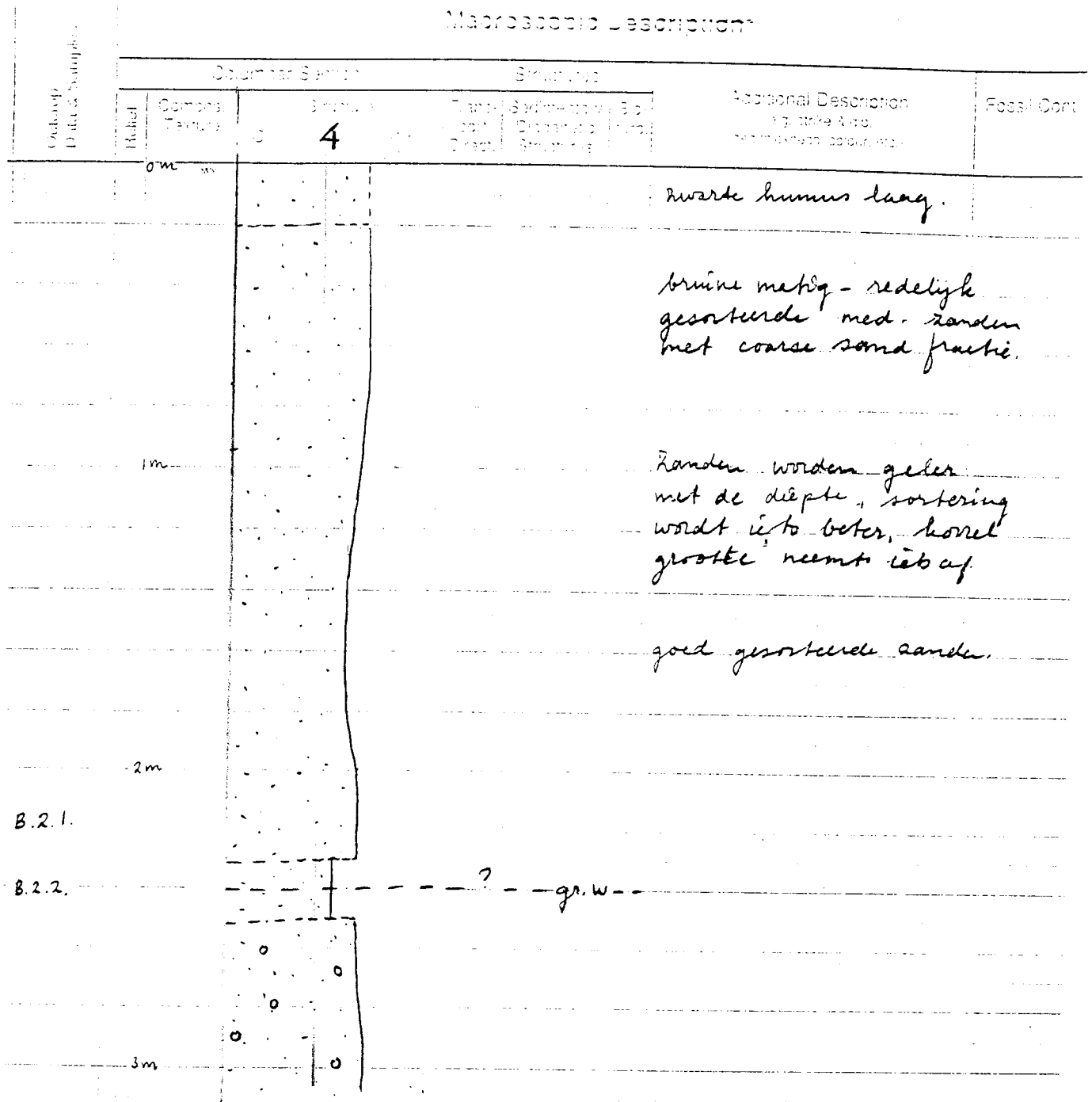


Fig.37 Boorbeschrijving handboring B2 bij de Hartensche molenbeek

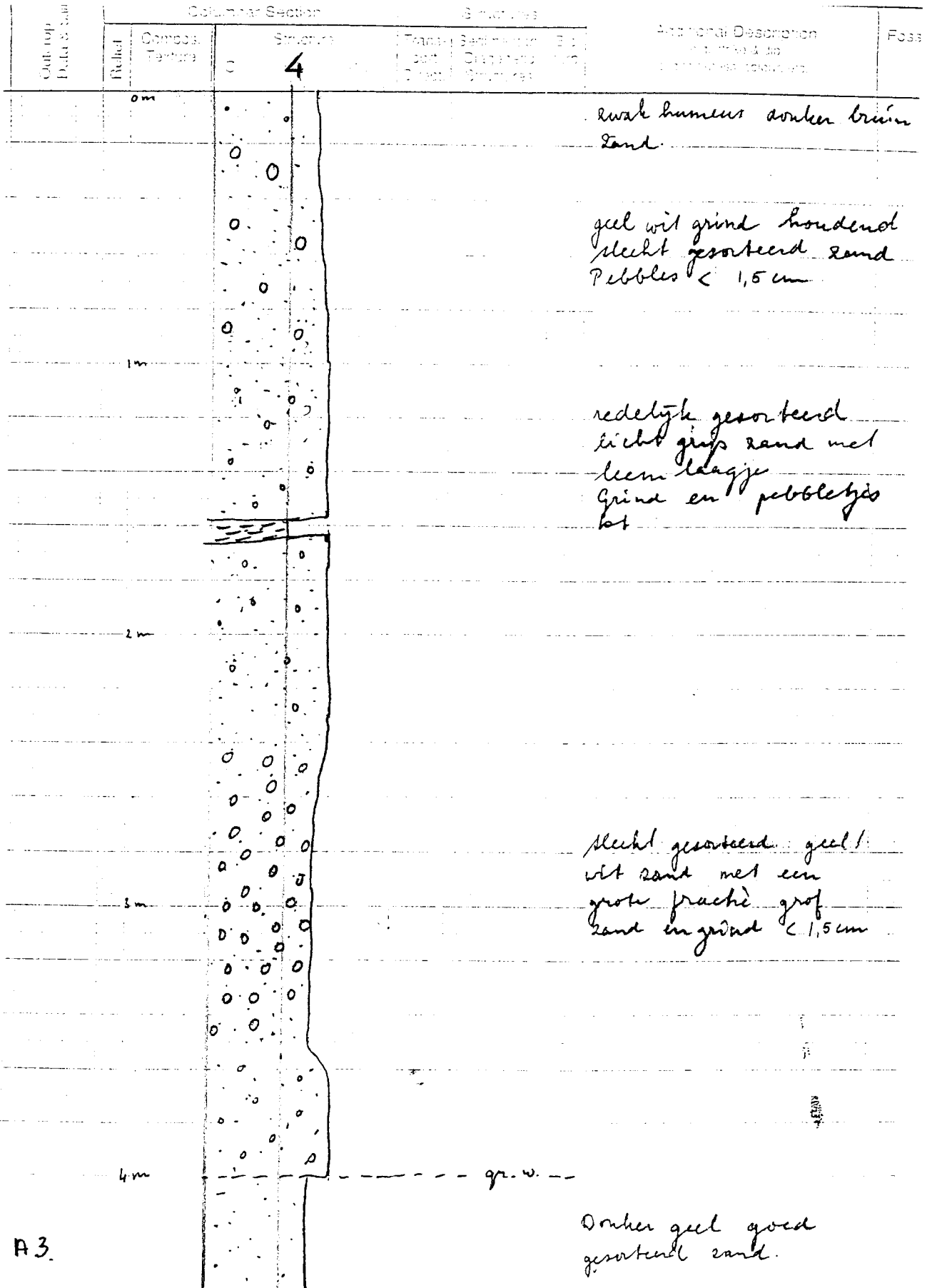


Fig. 38 Boorbeschrijving handboring A3 bij de kopen van de Soerense beek

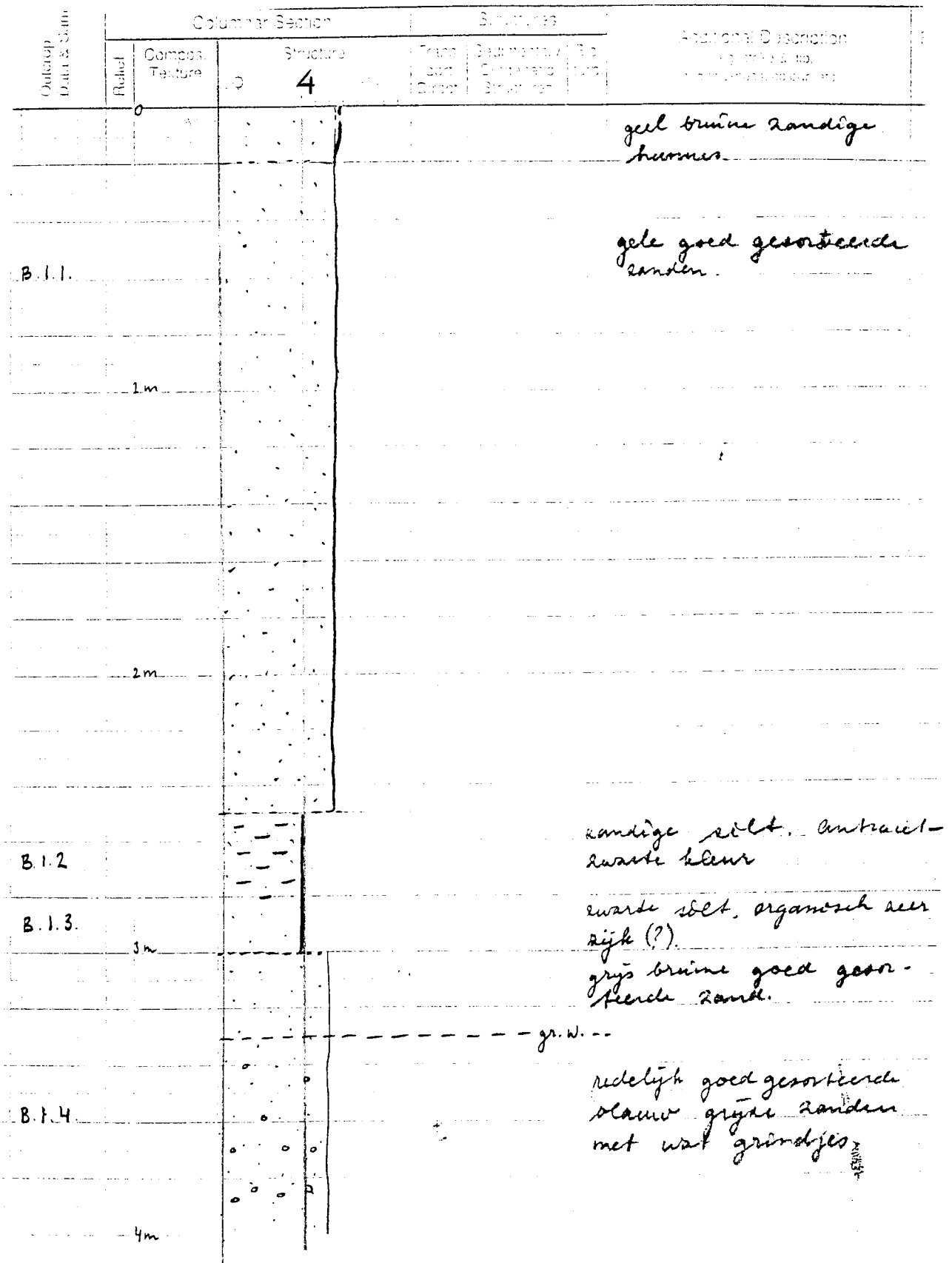


Fig.40 Boorbeschrijving handboring B1 nabij LMG-380 bij de Soerense beek

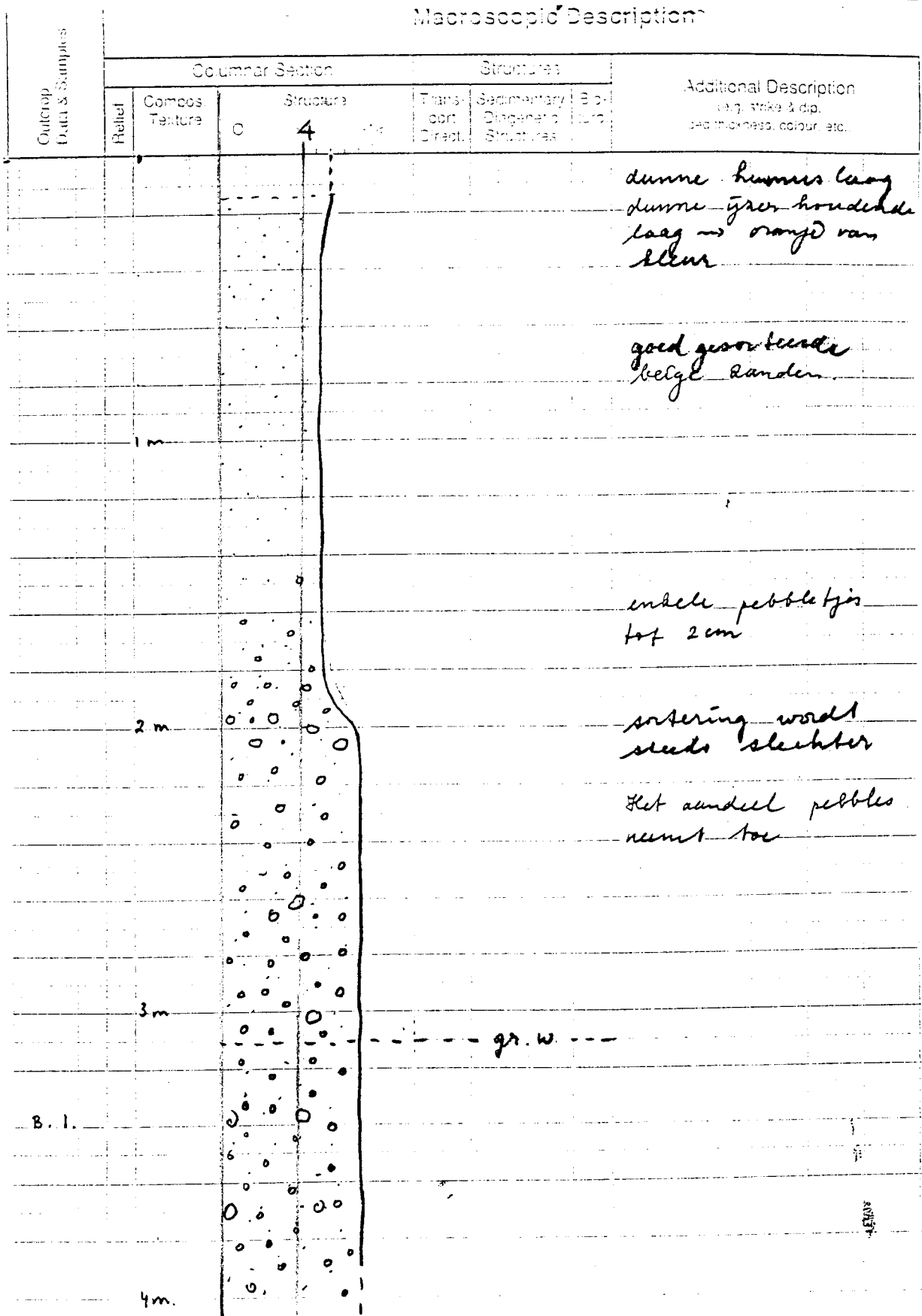


Fig. 41 Boorbeschrijving handboring B1 bij de Heelsumse Beek

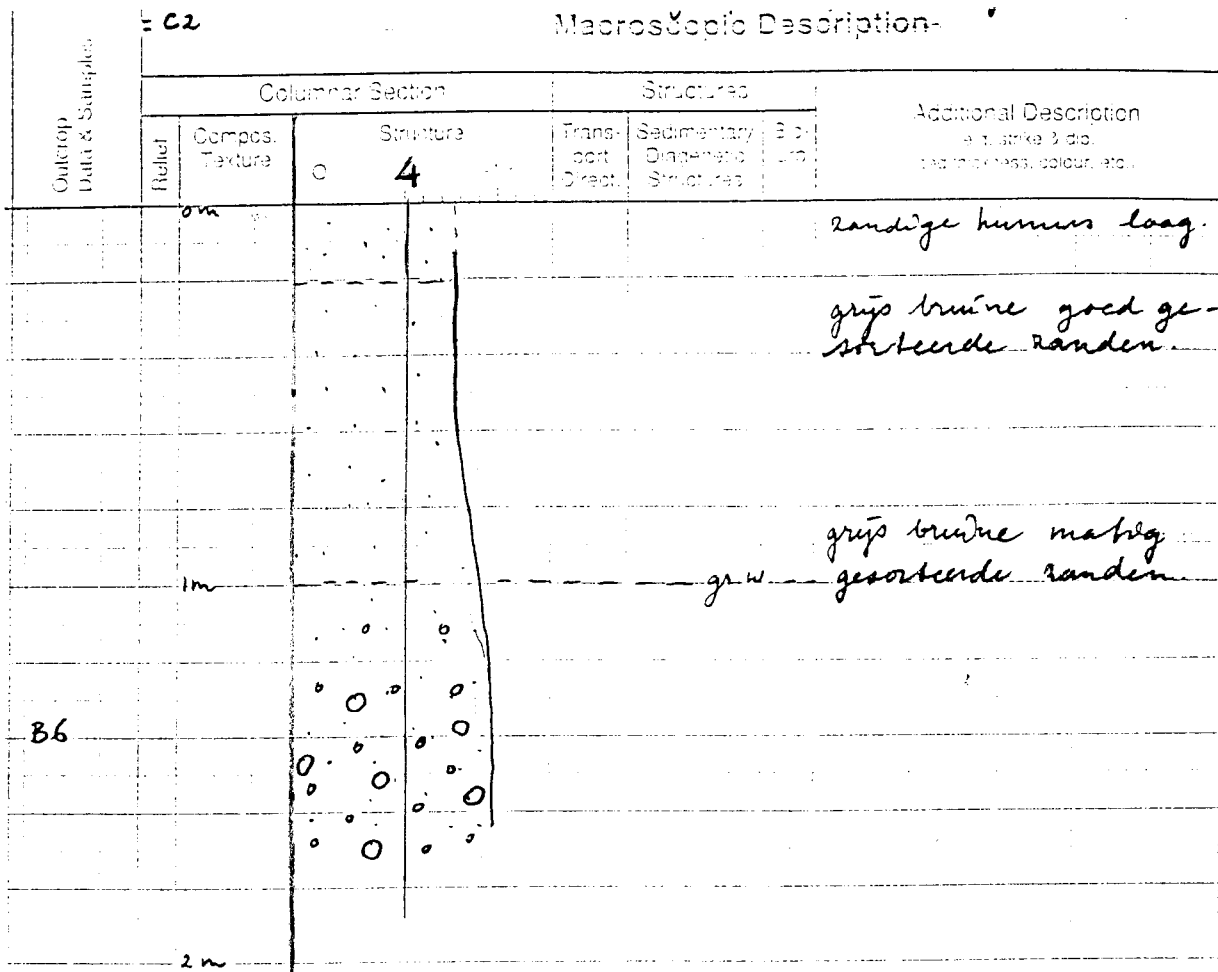


Fig.37 Boorbeschrijving handboring C2 bij de Heelsumse Beek

REFERENTIES

Barker Geophysical Soundings, The BGS Offset Sounding cable, user manual.

Geonics (1979), Operating manual for EM31 non-contacting terrain conductivity meter.

Hemker (1988), The Schlumberger-programme, user manual.

Meinardi C.R. (1988), Veranderingen in het water van de Veluwe sprengen, H2O (21) 1988

Meinardi, C.R. (1994), Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands, RIVM report no. 715501004

Meinardi (1998), Stroming en samenstelling van de sprengen en het grondwater van de Veluwe, RIVM rapport no. 714851004

Mook W.G. (1989), Principles of isotope hydrology, Introductory course on Isotope Hydrology, Dep. of Hydrogeology and Geographical Hydrology, VU Amsterdam.

STOWA-rapport 94-13 (1994)
Handboek debietmeten in open waterlopen

Telford W.M., L.P.Geldart, R.E.Sheriff and D.A.Keys, (1976), Applied Geophysics, Cambridge University Press.

WMO, Guide to Hydrometeorological Practices, World Meteorological Organization, WMO No.168 T.P. 82