Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

EEN ONDERZOEK NAAR DE NEERSLAGMETING OP TWEE VERSCHILLENDE HOOGTEN
(onderzoekproject 70/22)

Ina Oosterhaven

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding
van Dr. Ir. R.W.R. Koopmans

oktober 1971

CELOS rapporten vormen een serie interne verslagen van werk verricht door studenten en leden van de wetenschappelijke staf van het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname.

I N H O U D

Blz.

1. Samenvatting 5
2. Voorwoord 5
3. Inleiding 5
4. Methodiek 6
   4.1. De registrerende grondregenmeter 6
5. Resultaten 7
6. Konklusie 9
7. Literatuur 11

1. SAMENVATTING

Neerslagmeting kan gestoord worden door windinvloeden, die zich meer doen gelden naarmate de regenmeter hoger boven maaiveld is opgesteld.

De regencijfers van twee regenmeters, waarvan één 1,50 meter boven maaiveld is opgesteld en waarvan de andere een grondregenmeter is, zijn voor dit onderzoek over een periode van een jaar vergeleken.

De konklusie is dat de resultaten van de beide meters met elkaar overeenkomen, hetgeen verklaard kan worden door een kombinatie van de in Suriname voorkomende geringe windkrachten en grote regenintensiteiten.

2. VOORWOORD

Dit onderzoek werd verricht als onderdeel van mijn praktijktijd in Suriname, onderleiding van Dr.Ir. R.W.R. Koopmans, wetenschappelijk medewerker van het CELOS.

3. INLEIDING

Als instrumentarium om neerslaghoeveelheden te meten is in Suriname gebruikelijk een regenmeter met een oppervlakte van 4 dm^2, die op 1,50 meter boven maaiveld is opgesteld. De ervaring in andere gebieden met deze hoge opstelling is dat deze regenmeter bij enige wind minder neerslag opvangt dan een laag opgestelde regenmeter, doordat rond het instrument zodanige luchtturbulenties optreden dat de regendruppels tijdelijk blijven zweven en dan niet allemaal in de opvangtrechter neerslaan.

De gemeten hoeveelheden op beschutte en op niet tegen de wind beschermde plaatsen verschillen dan ook in de regel in die zin dat op laatstgenoemde waarnemingspunten altijd minder neerslag wordt gemeten. De invloeden van de wind op de neerslagmeting doen zich meer gelden naarmate de regenmeter hoger is opgesteld omdat de luchtturbulenties dichtbij het aardoppervlak met de hoogte toenemen.

In Nederland werden afwijkingen t.o.v. grondregenmeters gesignaleerd in de orde van grootte van 2% bij 0,40 m boven maaiveld tot 4% bij 1,50 m boven maaiveld opgestelde meters op een goed beschutte plaats (grootste windsnelheid op regendagen 4-5 m/sec.) en van resp. 8% en 16% op een niet beschutte plaats waarbij de grootste windsnelheid op regendagen 13-14 m/sec. bedroeg, (DE ZEEUW, 1963.)

In Suriname (KAMERLING, 1963-'69) is reeds onderzoek gedaan aan regenmeters met verschillende opstelhoogten. De cijfers door Kamerling genoemd tonen ten opzichte van de regenmeter op 0,40 m boven maaiveld, verschillen aan van -3,0% voor de meter op 1,50 m boven maaiveld en van +1,7% voor een grondregenmeter.

Naast windsnelheid en opstelhoogte zijn er nog andere faktoren die de neerslagmeting kunnen beïnvloeden, zoals het neerslagtype en het oppervlak van de opvangtrechter. In de literatuur wordt algemeen aanvaard dat grotere druppels en een groter trechteroppervlak resultaten zullen bewerkstelligen die meer met de werkelijk gemiddeld op het veld gevallen neerslag overeenstemmen. In ieder geval zal de invloed van de wind kleiner zijn naarmate de neerslag in grotere druppels valt en naarmate het trechteroppervlak groter is.

Om te beoordelen hoe groot de verschillen tussen de resultaten van op verschillende hoogten opgestelde regenmeters onder de Surinaamse omstandigheden zijn, is op het terrein van het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname een grondregenmeter geplaatst op een afstand van ongeveer 8 meter van de reeds langer in gebruik zijnde standaardregenmeter.

4. METHODIEK

In juni 1970 is de grondregenmeter in gebruik gesteld. De regencijfers van de standaardregenmeter en de grondregenmeter worden vergeleken over de periode juni 1970-juli 1971.

De dekadecijfers worden aan een Student toets met nulhypothese "de regenmeters registreren dezelfde hoeveelheid neerslag" onderworpen terwijl ook de dagcijfers van de grote droge tijd (september, oktober, november 1970) en van de grote regentijd (april, mei, juni 1971) op deze manier zijn vergeleken.

In de maanden april t/m augustus 1970 heeft er op het meteoveld van het CELOS een registrerende windwegmeter op 2,50 meter boven maaiveld gestaan.

Om een indruk van de grootte van de windsnelheden tijdens regenbuien te verkrijgen is het regen- en windpatroon tijdens enkele buien nagegaan.

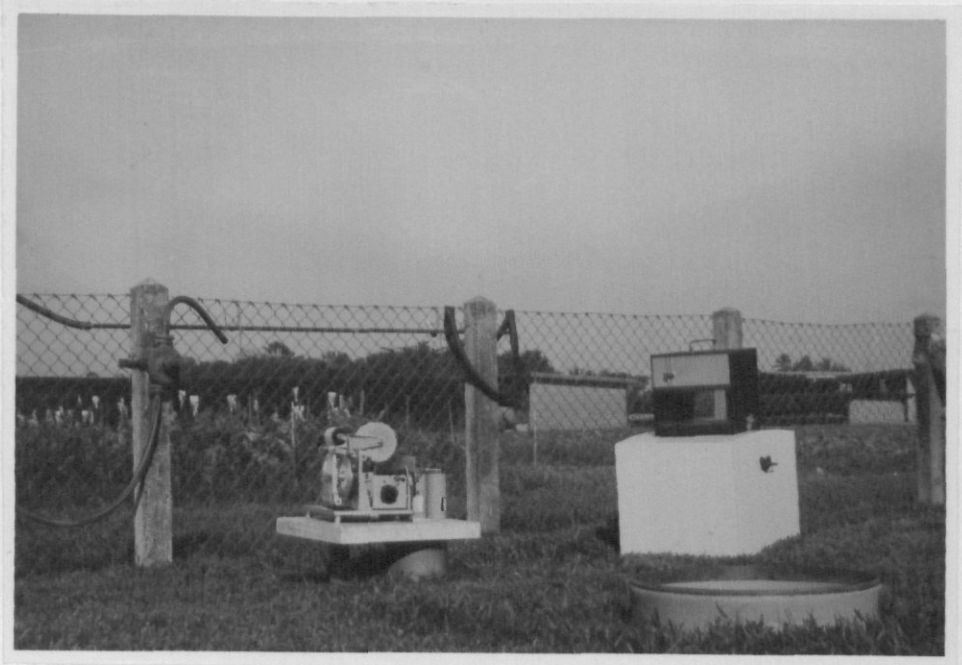
De gemiddelde windsnelheid op het CELOS-terrein wordt gelijk geacht aan de gemiddelden gemeten op Jarikaba, (op ± 15 km afstand); waarvan de verdeling over het jaar 1971 is opgenomen.

4.1. DE REGISTREREnde GRONDREGENMETER

De beschrijving van het type grondregenmeter, dat op het terrein van het CELOS is geplaatst werd gegeven door COLENBRANDER en VERSTRAATE (1966).

Het trechteroppervlak bedraagt 2488 cm^2 en de opstaande rand steekt 10 cm boven maaiveld uit. In de periode tot 2 juni 1971 was de trechter omgeven door grind onder een rooster, daarna is er kort gras om de trechter geplant.

Figuur 1 geeft een overzicht van de opstelling.



Figuur 1.
Overzicht van de grondregenmeter met ponsbandregistratie.

5. RESULTATEN

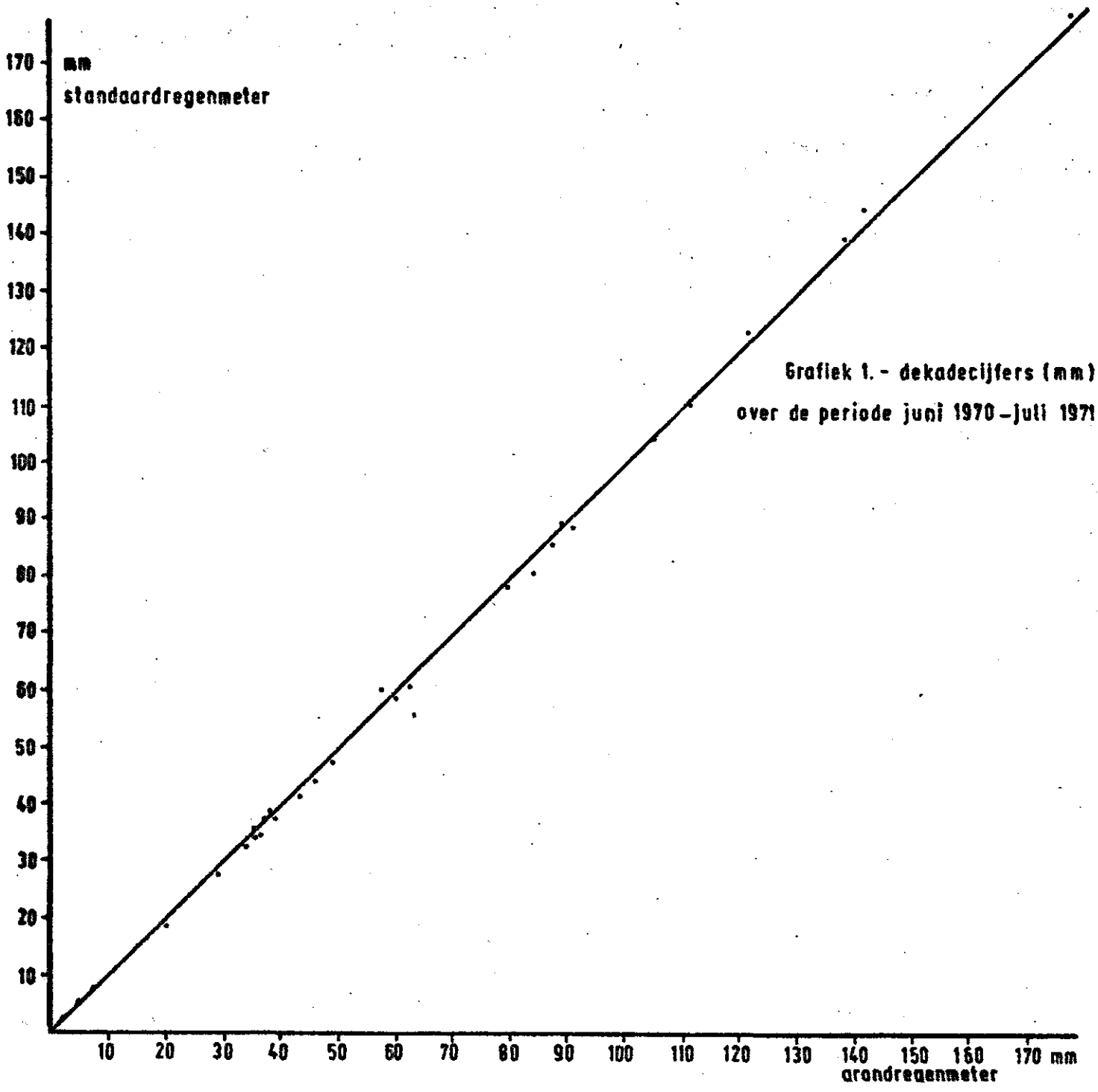
Het cijfermateriaal is in de volgende tabellen en grafieken ondergebracht.

Tabel 1. Student toets toegepast op overeenkomstige dekadecijfers.
" 2. Student toets toegepast op dagcijfers van de droge tijd.
" 3. Student toets toegepast op dagcijfers van de regentijd.
" 4. Maandgemiddelde windsnelheden van CELOS en Jarikaba.

Grafiek 1. Dekadecijfers van de grondregenmeter versus overeenkomstige dekadecijfers van de standaard-regenmeter.
" 2. Regen- en windpatroon tijdens enkele regenbuien.

Enkele dekadecijfers ontbreken door defekten aan de registratie of doordat het leegpompen van de verzamelbuis niet op korrekte wijze is geschied.

Grafiek 1 waar de dekadecijfers van de standaardregen-meter tegen die van de grondregenmeter zijn uitgezet, toont duidelijk hoe weinig de afzonderlijke punten afwijken van de lijn onder een hoek van 45°. De vergelijking van de regressielijn is $y = 1{,}0015x$, indien y de dekadecijfers van de standaardregenmeter en x die van de grondregenmeter voorstellen. De standaardafwijking van de regressiecoëfficiënt



Grafiek 1. - dekadecijfers (mm)
over de periode juni 1970 – juli 1971

bedraagt 0,004, zodat 70% van de punten ligt tussen de lijnen y = 0,9975 x en y = 1,0055 x.

Uit de verwerking van het cijfermateriaal (Student toets tabel 1) blijkt dat enig verschil in resultaten bij verschillende opstelhoogten aan het toeval toegeschreven kan worden. Het gemiddelde van de dekade verschillen is, wanneer totalen beneden 10,0 mm buiten beschouwing worden gelaten kleiner dan 2%.

Een verschil van 5,0 mm meer neerslag bij een totale neerslag van 1964,7 mm (in de grondregenmeter) kan bijzonder klein genoemd worden.

Voor de droge tijd (september-november, tabel 2) en voor de natte tijd (april-juni, tabel 3) afzonderlijk is er geen tendens aan te tonen dat de grondregenmeter meer neerslag noteert, hoewel in laatstgenoemde periode 4,5 mm meer neerslag door de grondregenmeter is geregistreerd bij een totale regen van 740 mm (4,5 mm bij 740 mm is 0,6%).

De Student t toets is eigenlijk niet geschikt om de uitspraak te doen: " er is geen verschil", maar juist om aan te tonen of verschillen significant zijn. Verwerping van de hypothese "er is verschil", betekent niet zonder meer dat we met een bepaalde zekerheid kunnen stellen dat er geen verschil is. Het resultaat van de bewerking der dekadeverschillen luidt dus eigenlijk: De hypothese "er is verschil", wordt verworpen bij een 10% onbetrouwbaarheid; echter de waarde van de toetsingsgrootheid doet de indruk ontstaan dat er wel een afwijking in de beide metingen zou kunnen bestaan.

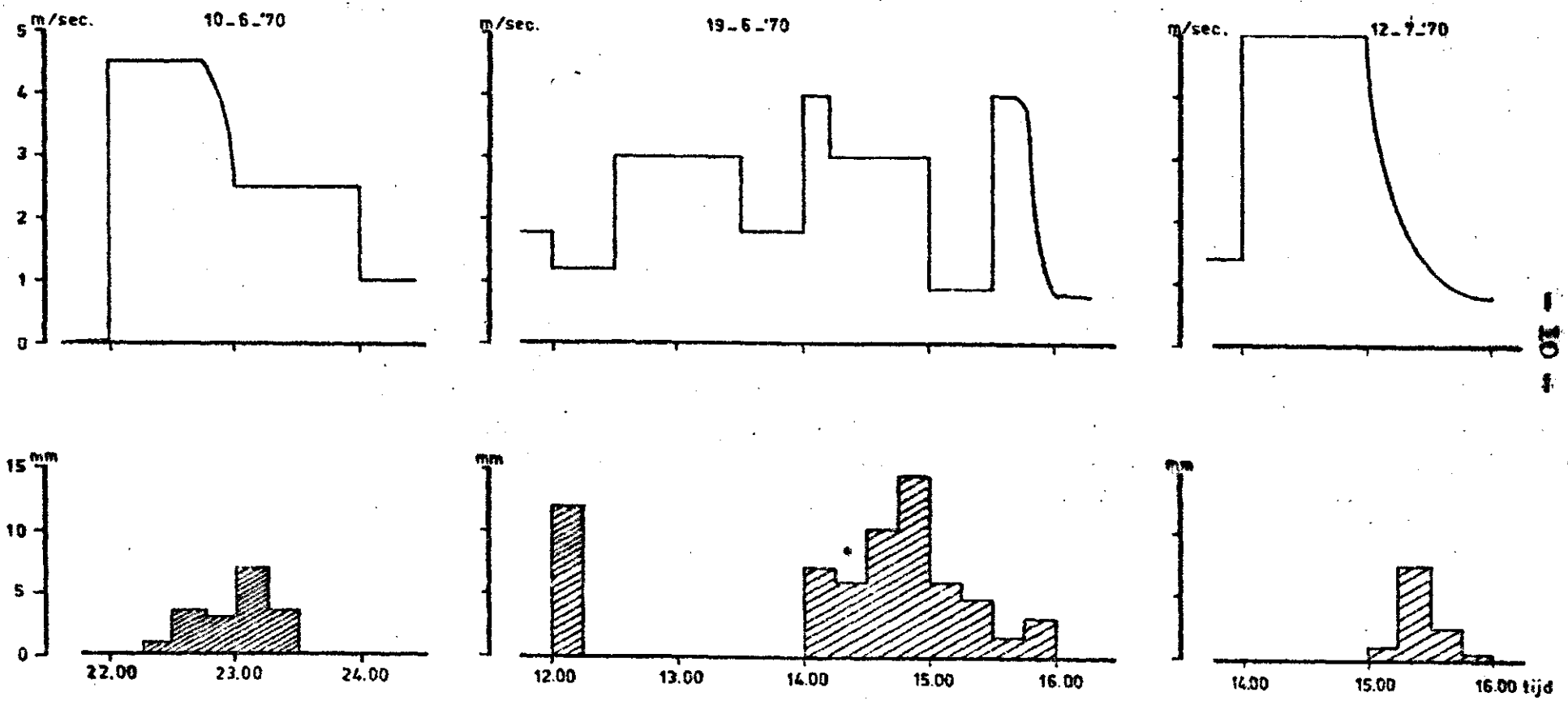
Uit grafiek 2 blijkt dat de grootste windsnelheid op regendagen 4-5 meter/sec. bedraagt, terwijl de windvlagen die tijdens regen optreden nog wel grotere snelheden ontwikkelen, maar deze kunnen uit de kontinue registratie niet worden achterhaald.

Een aantal maandgemiddelden van de windsnelheid, gemeten op het terrein van het CELOS en te Jarikaba vindt men in tabel 4. In 1971 was de gemiddelde windsnelheid in de grote droge tijd, (1,5 m/sec.) slechts weinig lager dan in de regentijd (1,7 m/sec.)

6. KONKLUSIE

Deze resultaten tonen aan dat voor de Surinaamse kustvlakte de hoge standaardregenmeter bevredigende resultaten oplevert. En aangezien een hoge opstelling van regenmeters om praktische redenen, zoals het vermijden van moeilijkheden met flora en fauna, juist gewenst is kan het gebruik ervan zonder bezwaar worden gekontinueerd. Waarom dit resultaat niet met de bevindingen van Kamerling overeenkomt is niet duidelijk, terwijl ook het in Nederland gemeten verschil van 4% op een station met maximale windsnelheid tijdens regenbuien van 4-5 m/sec. tijdens dit onderzoek niet gekonstateerd is. Ter kontrole werd oppervlakte van de opvangtrechters nogmaals geplanimetreerd. Dat de twee met

GRAFIEK 2- REGEN - EN WIND PATROON TIJDENS ENKELE REGENBUIEN



elkaar vergeleken meters geen verschillende uitkomsten geven moet dan ook verklaard worden met de veronderstelling dat de windsnelheden van de NO-passaat te klein zijn om de metingen te verstoren en dat het neerslagtype van veel zware buien (grote regendruppels) minder door eventuele windstoten beïnvloed kan worden. Zelfs in de kleine droge tijd als de wind doorgaans iets sterker is, ondervindt de standaardregenmeter hiervan nog geen gevolgen.

Uit de lage windsnelheden en de in het algemeen in grote druppels vallende neerslag is ook te verklaren dat het verschil in oppervlakte van de trechters geen invloed op de meting heeft uitoefend. Want indien er verstoringen door de wind zouden plaats hebben mag aangenomen worden dat de zes maal kleinere opvangtrechter van de standaardregenmeter hiervan extra last zou ondervinden.

7. LITERATUUR

COLENBRANDER, H.J. en J.M.I. VERSTRAATE, 1966. Een registrerende grondregenmeter, waarvan de gegevens automatisch kunnen worden verwerkt. Cultuurtechnisch Tijdschrift, 6 : 83 - 93.

KAMERLING, G.E., 1963 - '69. Landbouwproefstation Paramaribo. Bodemfysisch en Agrohydrologisch Onderzoek. Interne rapporten.

ZEEUW, J.W. de, 1963. Over de werkelijkheidsbenadering van gemeten neerslagen. Landb. Tijdschrift, 75 : 815 - 832.

Tabel 1. Student toets toegepast op de dekadecijfers van de standaard- en de grondregenmeter, over de periode juni 1970-juli 1971.
Nulhypothese Ho = geen verschil tussen standaard- en grondregenmeter. y_i = dekadecijfer standaardregenmeter (mm)
x_i = dekadecijfer grondregenmeter (mm)

dekade		y_i	x_i	$y_i - x_i = z$
juni 1970	III	123,2	121,3	+1,9
juli	I	37,6	37,1	+0,5
	II	35,6	35,1	+0,5
aug.	I	110,5	110,9	-0,4
	III	34,8	35,7	-0,9
sept.	I	58,9	59,3	-0,4
okt.	III	38,5	37,9	+0,6
nov.	I	3,0	2,8	+0,2
	II	23,4	23,4	0
	III	5,4	5,1	+0,3
dec.	I	60,1	57,0	+3,1
	II	34,3	35,0	-0,7
	III	86,7	86,9	-0,2
jan.	I	139,2	138,8	+0,4
1971	II	104,2	104,3	-0,1
	III	60,7	62,1	-1,4
feb.	I	80,8	83,6	-2,8
	II	41,3	42,8	-1,5
	III	18,6	19,3	-0,7
mrt.	I	28,0	28,7	-0,7
	II	78,2	79,1	-0,9
	III	7,5	7,4	+0,1
apr.	II	47,5	48,7	-1,2
mei	I	37,8	38,3	-0,5
	III	44,1	45,5	-1,4
juni	I	85,4	87,0	-1,6
	II	89,2	89,3	-0,1
	III	144,8	141,4	+3,4
juli	I	178,7	177,1	+1,6
1971	II	88,7	90,4	-1,7
	III	33,0	33,4	-0,4

Σy_i = 1959,7 mm
Σx_i = 1964,7 mm
Σz = -5,0 mm

n = 31 dekaden

z = +12,6 - 17,6 = 5,0 mm

$(\Sigma z)^2$ = 25,0

$\frac{\Sigma z}{n}$ = -0,16

Σz^2 = 53,28

$$t_{n-1} = \frac{\bar{z} - E(\bar{z})}{S_{\bar{z}}} \qquad H_o : E(\bar{z}) = 0$$

$$t_{30} = \frac{\bar{z}}{\sqrt{\frac{\Sigma z^2 - (\Sigma z)^2/n}{n(n-1)}}} = \frac{-0,16}{\sqrt{\frac{53,28 - 0,81}{30 \cdot 31}}}$$

t_{30} = 0,6723 H_o niet verworpen

Tabel 2. Student toets, toegepast op de dagcijfers van de standaard- en de grondregenmeter over de periode september - november 1970.
Nulhypothese H_o = geen verschil tussen standaard- en grondregenmeter. y_i = dagcijfer standregenmeter (mm)
x_i = " grondregenmeter (mm)

datum	y_i	x_i	$y_i - x_i = z$
sept. 1	10,3	10,2	+ 0,1
1970 2	19,8	19,9	- 0,1
3	1,7	1,7	nul
4	2,3	2,0	+ 0,3
6	0,6	0,5	+ 0,1
7	24,0	24,4	- 0,4
9	0,2	0,1	+ 0,1
13	6,0	6,1	- 0,1
29	9,4	9,5	- 0,1
okt. 4	0	0,1	- 0,1
18	0	0,1	- 0,1
23	0,3	0,1	+ 0,2
24	5,8	5,9	- 0,1
25	8,1	7,8	+ 0,3
26	22,3	22,4	- 0,1
29	1,4	1,2	+ 0,2
31	0,6	0,5	+ 0,1
nov. 3	0,3	0,1	+ 0,2
4	0,2	0,1	+ 0,1
8	0,8	0,9	- 0,1
9	1,1	1,1	nul
15	2,7	2,9	- 0,2
16	0,4	0,4	nul
17	0,5	0,2	+ 0,3
18	1,5	1,0	+ 0,5
19	18,3	18,7	- 0,4
20	0	0,1	- 0,1
21	3,9	3,7	+ 0,2
30	1,5	1,5	nul

n = 29 waarneminegn
Σz = + 2,7 - 1,9 = + 0,8 mm
$(\Sigma z)^2$ = 0,64
$\frac{\Sigma z}{n}$ = 0,027
Σz^2 = 1,22

$$t_{n-1} = t_{28} \frac{\dot{=}}{} \frac{0,027}{\sqrt{\frac{1,22 - 0,022}{29.28}}} = 0,7964$$

H_o niet verworpen

h.b. - een dag zonder neerslag telt niet mee als waarneming
- gegevens ontbreken van 14-25 september en van 6-17 oktober.

Tabel 3. Student toets toegepast op de dagcijfers van de standaard- en de grondregenmeter over de periode april - juni 1971.
Nulhypothese H_o = geen verschil tussen standaard- en grondregenmeter
y_i = dagcijfer standaardregenmeter (mm)
x_i = " grondregenmeter (mm)

datum	y_i	x_i	$y_i-x_i=z$	datum	y_i	x_i	$y_i-x_i=z$
april 1	1,5	1,6	- 0,1	mei 13	17,6	17,6	nul
1971 2	2,6	2,6	nul	14	57,5	58,2	- 0,7
3	0	0,1	0,1	15	0,9	1,0	- 0,1
6	0,1	0,1	nul	17	1,9	1,7	+ 0,2
7	9,0	9,4	- 0,4	18	0,1	0	+ 0,1
8	4,3	4,9	- 0,6	19	2,5	2,4	+ 0,1
9	16,5	16,3	+ 0,2	20	4,7	5,0	- 0,3
11	24,4	24,8	- 0,4	21	4,7	4,6	+ 0,1
12	6,3	7,1	- 0,8	22	0,3	0,4	- 0,1
16	11,1	11,0	+ 0,1	23	1,0	1,1	- 0,1
20	5,7	5,8	- 0,1	24	2,2	2,3	- 0,1
21	21,5	21,8	- 0,3	25	4,9	5,2	- 0,3
23	0,1	0,1	nul	26	1,8	2,0	- 0,2
24	0,9	1,1	- 0,2	27	3,0	3,1	- 0,1
25	4,0	4,0	nul	28	5,5	5,5	nul
26	20,4	20,5	- 0,1	29	4,4	4,4	nul
29	10,0	9,9	+ 0,1	30	16,0	16,6	- 0,6
30	7,0	7,1	- 0,1	31	0,3	0,1	+ 0,2
mei 1	14,9	14,6	+ 0,3	juni 1	29,5	30,7	- 1,2
2	1,8	2,1	- 0,3	2	0,8	0,8	nul
3	0,6	0,6	nul	3	9,2	9,4	- 0,2
5	0,3	0,4	- 0,1	4	2,4	2,3	+ 0,1
6	1,8	1,8	nul	5	26,4	26,7	- 0,3
7	0,5	0,6	- 0,1	6	5,3	5,1	+ 0,2
8	3,5	3,7	- 0,2	8	6,1	6,3	nul
9	8,9	8,9	nul	9	0	0,1	- 0,1
10	5,5	5,6	- 0,1	10	5,5	5,4	+ 0,1
11	1,7	1,9	- 0,2	11	3,6	3,7	- 0,1
12	58,9	59,5	- 0,6	12	2,4	2,5	- 0,2

(vervolg tabel 3)

datum		y_i	x_i	$y_i - x_i = z$
juni	13	2,7	2,6	+ 0,1
1971	14	22,5	22,9	- 0,4
	15	0,4	0,5	- 0,1
	16	13,3	13,4	- 0,1
	17	2,4	2,6	- 0,2
	18	4,7	4,6	+ 0,1
	19	17,9	17,8	+ 0,1
	20	19,3	18,9	+ 0,4
	21	2,1	1,8	+ 0,3
	22	13,3	13,2	+ 0,1
	24	13,1	12,9	+ 0,2
	25	29,7	29,2	+ 0,5
	26	3,2	3,1	+ 0,1
	27	25,2	25,2	nul
	28	8,6	8,2	+ 0,4
	29	34,7	33,6	+ 1,1
	30	14,9	14,4	+ 0,5

n = 75 waarnemingen

Σz = + 5,8 - 10,3 = -4,5 mm

$(\Sigma z)^2 = 20,25$

$\frac{\Sigma z}{n} = 0,06$

$\Sigma z^2 = 7,57$

$$t_{74} \sqrt{\frac{0,06}{\frac{7,57 - 0,27}{75.74}}} = 1,658$$

H_o niet verworpen

Tabel 4. Gemiddeld maandelijkse windsnelheden (m/sec.) te Jarikaba (1972) & CELOS (1970)

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Jarikaba waarnemingen op 10 m boven maaiveld (1971)	2.6	3.0	3.2	2.7	2.6	2.3	2.1	2.1	2.4	2.0	2.2	2.1
Jarikaba gereduceerd tot 2 m + m.v. volgens log. wind profiel	1.8	2.1	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.7	1.4	1.5	1.5
Waarnemingen CELOS 2.5 m boven maaiveld (1970)	-	-	-	1.7	1.6	1.6	1.4	1.4	-	-	-	-

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

WAARNEMINGEN TEN AANZIEN VAN BODEMGESTELDHEID EN GRONDWATERDIEPTE MET BEHULP VAN DE ELEKTRISCHE WEERSTANDMETHODE

(onderzoekproject 71/8)

Ina Oosterhaven

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding van Dr. Ir. R.W.R. Koopmans

januari 1972

I N H O U D

blz.

1. Samenvatting 5
2. Voorwoord 5
3. Inleiding 5
4. Probleemstelling 5
5. Methodiek 6
   5.1. Het instrumentarium en de meetopstelling 6
   5.2. Theoretische achtergronden 6
   5.3. Verwerking van de meetresultaten 8
   5.4. Interpretatie van de curven 8
6. Meetresultaten en bespreking van de waarnemingen 10
   6.1. Waarnemingen op het CELOS-terrein 10
   6.2. Waarnemingen langs de weg naar Zanderij . 15
   6.3. De beperkingen van de elektrische weerstandmethode 19
7. Literatuur 19

Appendix tabel 1-10

1. SAMENVATTING

De specifieke elektrische weerstand gemeten over een steeds grotere diepte kan informatie verschaffen over de diepte van de grenzen tussen verschillende bodemlagen.

Waarnemingen met behulp van de elektrische weerstandmethode zijn op het CELOS-terrein en langs de weg naar Zanderij verricht.

Dit onderzoek heeft geleid tot de konklusie dat de gebruikte apparatuur niet geschikt is om waarnemingen te doen die dieper dan 15 meter gaan en voorts dat de methode niet geschikt is voor kleine afstanden, omdat dan meestal zeer gedetailleerde gegevens gewenst zijn. Dit laatste doet zich vooral gelden als het geleidingsvermogen van het grondwater, door de aanwezigheid van zouten, vrij hoog is. Uit het onderzoek is juist gebleken dat deze situatie zich reeds op geringe diepte in de Surinaamse kustvlakte voordoet.

2. VOORWOORD

Deze waarnemingen zijn verricht in het kader van de praktijktijd voor de studie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen (Ned.) en onder leiding van Dr. Ir. R.W.R. Koopmans.

3. INLEIDING

Geohydrologisch onderzoek kan verricht worden door boringen in de grond te maken. Uit een boorgat kunnen door bemonstering over de gehele diepte van zowel grond als water vele direkte gegevens worden verkregen. Dit soort onderzoek is gedetailleerd, maar ook kostbaar. Er bestaat echter ook behoefte aan een meer globale informatie, die op een snellere manier verkregen zou moeten worden. Eén van de geohydrologische onderzoekmethoden die verricht kunnen worden zonder te boren is de elektrische weerstandmethode waarbij de mogelijkheid bestaat om zowel over de bodemgesteldheid als over het zoutgehalte van het grondwater informatie te verkrijgen. De elektrische weerstandmethode kan alleen aanvullende informatie verschaffen als er uit boringen al enkele gegevens over de ondergrond bestaan.

4. PROBLEEMSTELLING

Daar er in Suriname nog geen gebruik gemaakt is van de elektrische weerstandmethode is het de bedoeling van dit praktijkonderzoek om enkele oriënterende metingen te verrichten, zodat enig inzicht in de mogelijkheden van deze methode kan worden verkregen.

5. METHODIEK

5.1. HET INSTRUMENTARIUM EN DE MEETOPSTELLING

Het instrumentarium bestaat uit een geohm-aardingsmeter van fabrikant Gossen, en 4 elektroden. De geohm-aardingsmeter is een apparaat om weerstanden in het meetgebied van 0,05 - 5000 ohm te meten, terwijl een batterij van 4,5 Volt de stroombron vormt. De vier elektroden bestaan uit 75 cm lange stalen pennen met een koperen buitenkant.

De elektroden worden bij de methode van Wenner in een rechte lijn geplaatst op steeds groter wordende gelijke afstand van elkaar (zie fig. 1). Een andere manier is de methode Schlumberger, waarbij de elektroden eveneens in een rechte lijn symmetrisch ten opzichte van het middelpunt in de grond gestoken worden, terwijl alleen de twee buitenste steeds verder worden verwijderd. De spanning wordt op de buitenste twee elektroden aangelegd (de stroomelektroden) terwijl telkens tussen de twee middelste elektroden de weerstand wordt gemeten (de meetelektroden).
De geohm-aardingsmeter zendt een wisselspanning met een frekwentie van 108 Hz door de bodem zodat geen storingen van eventuele andere stroombronnen kunnen worden ondervonden.

5.2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN

Uit de wet van Ohm volgt het volgende verband

$$\rho_f = \frac{R\,(L/2)^2-(a/2)^2}{a}\,\pi$$

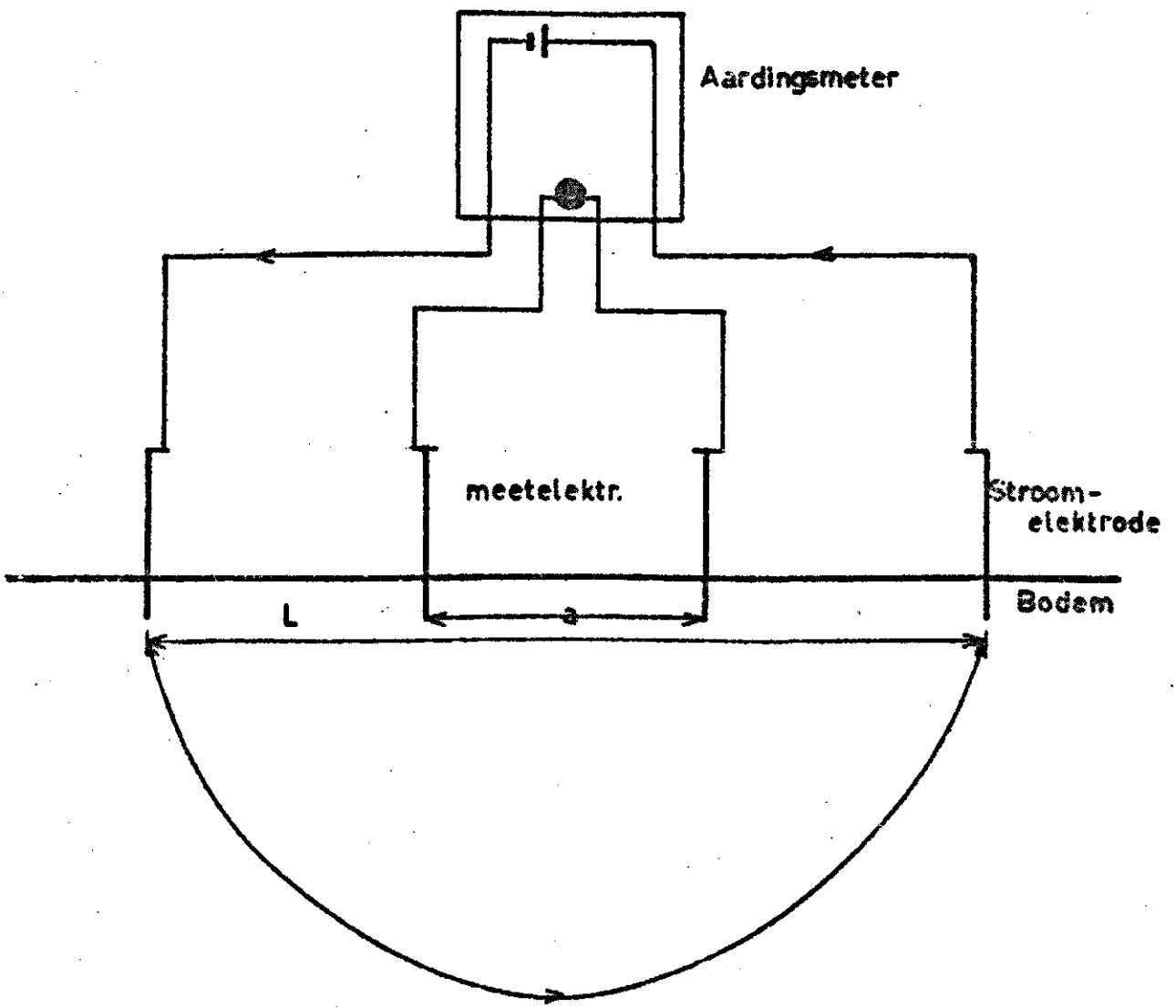
waarin ρ_f = specifieke elektrische weerstand ohm
R = gemeten weerstand (ohm)
L = afstand tussen stroomelektroden (m)
a = afstand tussen de meetelektroden (m)

Indien de vier elektroden op gelijke afstand worden verplaatst, dus als L = 3a, kan deze formule vereenvoudigd worden tot:

$$\rho_f = 2.R.a.\pi\ .$$

ρ_f is de specifieke elektrische weerstand van een bodemlaag, waarvan de dikte in verband met de elektrodenafstand staat. Slechts als de ondergrond homogeen en isotroop is, is ρ_f de werkelijke specifieke elektrische weerstand van die bepaalde formatie, waarin de stroomlijnen alle een deel van een cirkel vormen. In andere gevallen zal de berekende ρ_f een schijnbare specifieke elektrische weerstand van de samengestelde bodemlaag zijn, terwijl de stroomlijnen een buiging vertonen op de grens tussen twee verschillende lagen. De elektrische stroom wordt vrijwel geheel door het poriënwater geleid, terwijl de vaste fase slechts tot het stroomtransport bijdraagt als de deeltjes niet elektrisch neutraal zijn zoals bij kleimineralen en humus.

Fig. 1 – De meet opstelling



Zodat ρ_f afhankelijk is van:
- de hoeveelheid water in de bodem,
- waterkwaliteit, met name het zoutgehalte,
- geologische faktoren, zoals porositeit, sortering en korrelgrootte en het aanwezig zijn van geleidende bodemdeeltjes zoals kleimineralen.

Daar bij zandgronden de stroom door de ionen van het porienwater wordt getransporteerd is het duidelijk dat de specifieke elektrische weerstand van de grond altijd groter is dan de specifieke elektrische weerstand van het water. In formule: $\rho_f = F.\rho_w$. waarin F dus een vermenigvuldigingsfaktor groter dan 1 is, die afhankelijk van porositeit e.d. is.

In figuur 2 is dit grafisch voorgesteld, waarbij voor klei F afhankelijk is van de geleidbaarheid van het grondwater, omdat de zoutconcentratie invloed heeft op de bijdrage aan het stroomtransport door de kleideeltjes zelf.

De diepte waarover de schijnbare specifieke elektrische weerstand geacht wordt te gelden, wordt bepaald door de afstand tussen de elektroden, omdat daar de doorsnede van de stroomlijnenbundel van afhankelijk is. In de literatuur worden echter verschillende verhoudingen tussen elektrodenafstand en diepte gegeven, die wisselen van 1/3 - 1/5 van de afstand tussen de stroomelektroden bij de methode Wenner terwijl voor de methode van Schlumberger het dieptebereik gelijk wordt gesteld aan de halve afstand tussen de stroomelektroden (dit komt overeen met een verhouding van $\frac{1}{4}$ in de eerstgenoemde methode).

5.3. VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN

De overgang naar een bodemlaag met een andere ρ_f oefent geleidelijk met het groter worden van de elektrodenafstand invloed uit op de schijnbare specifieke weerstand, zodat, wanneer de uit de bij een bepaalde elektrodenafstand gemeten weerstand berekende specifieke elektrische weerstand wordt uitgezet tegen die elektrodenafstand een vloeiende lijn wordt verkregen. Slechts als een laag dik genoeg is zullen de boven- en onderliggende lagen weinig bijdragen tot het stroomtransport, zodat dan de werkelijke specifieke elektrische weerstand van de laag gemeten kan worden.

5.4. INTERPRETATIE VAN DE CURVEN

De interpretatie van de vloeiende lijn tot het onderscheid van de dikten en bijbehorende specifieke elektrische weerstanden van de verschillende lagen kan geschieden aan de hand van een standaardkollektie van reeds berekende kurven. De op het CELOS ter beschikking staande standaardkollektie is berekend door Rijkswaterstaat en uitgegeven door European Association of Exploration Geophysists, 1969.

Rijkswaterstaat heeft de kurven slechts berekend voor de Schlumberger methode. Deze kurven zijn gebaseerd op

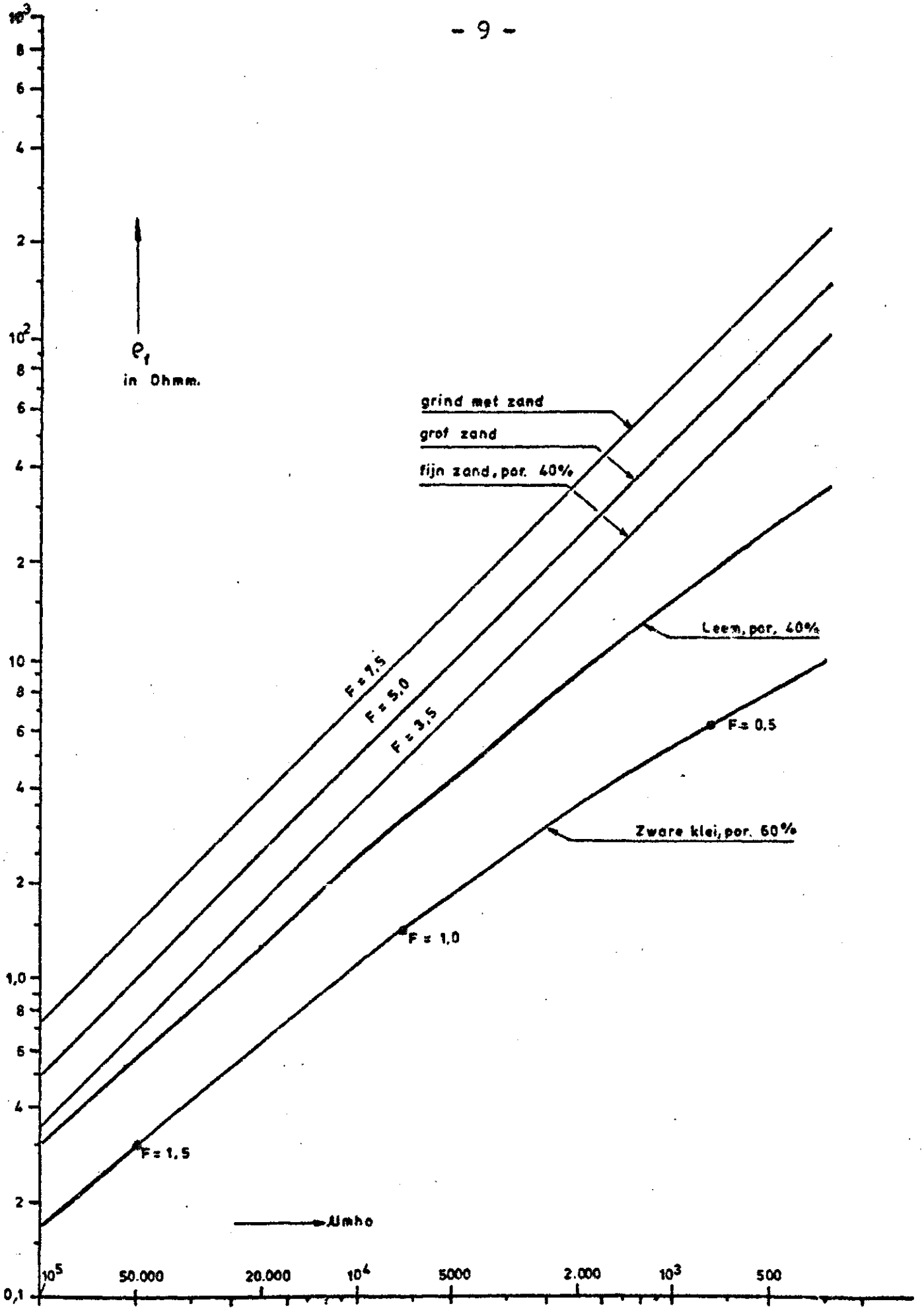


Fig. 2 – Verband tussen spec. el. formatieweerstand (ρ_f) en geleidbaarheid van het poriënwater (µmho)

drie lagen met verschillende verhoudingen tussen de specifieke elektrische weerstanden. Bij een gegeven kombinatie van de verhouding tussen drie specifieke elektrische weerstanden worden 14 kurven, afhankelijk van de diepte tot de tweede overgang, gegeven, waarbij inbegrepen de mogelijkheid tot twee lagen doordat de middelste laag geen óf een oneindig grote dikte heeft. Waarbij er op gewezen moet worden dat indien de overgang van bodemgesteldheid en waterkwaliteit tegelijk plaatsvindt, dit niet kan worden achterhaald aan de hand van de grootte der specifieke elektrische weerstand van een laag. Een andere moeilijkheid bij de interpretatie der gemeten kurven ligt ook in het feit dat er meer dan één oplossing mogelijk is, terwijl bepaalde lagen vaak niet tot hun recht kunnen komen. Om deze problemen uit de weg te kunnen gaan blijft externe informatie altijd noodzakelijk. Omdat slechts dan de grootte van de specifieke elektrische weerstand kan worden gekorreleerd aan een bepaalde grondsoort en/of waterkwaliteit.

6. MEETRESULTATEN EN BESPREKING VAN DE WAARNEMINGEN

In de grafieken 1 t/m 10 zijn de kurven weergegeven, die zijn verkregen met de methode Wenner. De elektrodenafstand is uitgezet versus de bijbehorende berekende specifieke elektrische weerstand (dubbellogaritmisch). Tevens is op de grafieken in die gevallen dat de meetplaats langs de weg naar Zanderij ligt, de dichtbij zijnde G.M.D.-boring weergegeven. Grafiek 5b & 5c zijn vgls. de methode Schlumberger.

De gemeten weerstanden zijn in tabellen ondergebracht.

6.1. WAARNEMINGEN OP HET CELOS-terrein

Blok 9, het drainageproefveld, heeft een bovengrond van zware klei ter dikte van ongeveer één meter; hieronder bevindt zich zeer fijn zand tot een diepte die vermoedelijk groter is dan de gebruikte elektrodenafstanden.

De grondwaterspiegel varieert ongeveer tussen 80 cm -m.v. in de regentijd en 150 cm -m.v. in de droge tijd, terwijl er in de regentijd vaak schijnwaterspiegels in de kleilaag voorkomen.

WALTER (1968) geeft voor klei onder Nederlandse omstandigheden een waarde voor de specifieke elektrische weerstand die varieert tussen 20 ohmm en 1 ohmm bij zout grondwater. Indien het grondwater echter een hoge zoutconcentratie heeft, beïnvloedt de grondsoort de specifieke weerstand nauwelijks meer, zodat de verschillen tussen het zeer fijne zand in de ondergrond en de zware klei bij hoge zoutconcentratie steeds kleiner zullen zijn.

De grondwaterspiegel en de overgang tussen klei en zand liggen in de regentijd op ongeveer dezelfde diepte en voor de specifieke weerstand betekent dit twee tegengestelde invloeden; meer water komt overeen met een lagere specifieke weerstand terwijl zandkorrels minder goed geleidend voor elektriciteit zijn dan klei.

Het geleidingsvermogen van het grondwater op het CELOS-terrein bedroeg in september 1000 à 1200 µmho bij metingen dicht onder het wateroppervlak. Uit figuur 2 blijkt dat de waarde van de specifieke elektrische weerstand van verzadigde zware klei met 60% poriënvolume dan ongeveer 5 ohmm bedraagt. De klei op blok 9 heeft echter een poriënvolume van bijna 50% en zij is niet altijd verzadigd, zodat de te verwachten waarde van de specifieke weerstand groter dan 5 ohmm is.

De kurven beginnen allemaal op 1 meter elektrodenafstand omdat de eerste meter op de dubbellogaritmische schaal erg wordt uitgerekt. In de tabellen staan de waarnemingen bij kleinere elektrodenafstanden wel vermeld. De diepte van de elektroden in de grond speelt op korte afstanden natuurlijk een onbetrouwbare rol.

De insteekdiepte bedroeg steeds 5 cm.

Grafiek 1, blok 9, elektroden langs drain no. 92, meetdatum 29-6-1971

De grondwaterstand was deze dag 90 cm -m.v. en het terrein was door de regens vrij drassig. De kurve vertoont een geleidelijk dalende lijn, die bij zeer lage waarden van de specifieke elektrische weerstand ligt. (Van 9 ohmm bij 30 cm naar 2,5 ohmm bij 10 cm.)

De invloed van de toename van de hoeveelheid water in de poriën moet sterker zijn dan de invloed van de overgang klei/zand omdat er geen stijging van de specifieke weerstand plaatsvindt. Maar vooral op grond van de lage waarde van deze weerstand zou de blijvende daling kunnen worden toegeschreven aan een verhoging van de geleidbaarheid van het grondwater zelf.

Grafiek 2, blok 9 elektroden langs drain no. 82, meetdatum 5-7-1971

De terreinomstandigheden waren gelijk aan die op 29-6-'71. De verkregen kurve heeft een piek bij 1,75 m; of deze de werkelijkheid aangeeft of dat deze aan de invloed van het zand moet worden toegeschreven is niet duidelijk. Dat de lijn daarna weer blijft dalen zal wederom alleen verklaard kunnen worden door een toename van de zoutconcentratie van het grondwater. Opmerkelijk is dat de kurve in zijn geheel hoger ligt dan grafiek 1, terwijl bij afstanden kleiner dan een meter de waarde van de specifieke elektrische weerstand konstant in de buurt van 25 ohmm ligt. Van een verlaging van ρ door de grondwaterspiegel kan niet gesproken worden.

Grafiek 3, blok 9, elektroden langs drain no. 73, meetdatum 5-7-1971

Wat betreft de orde van grootte van ρ, deze komt overeen met grafiek 2. Het maximum in deze lijn is meer betrouwbaar dan bij grafiek 2, vooral ook omdat de lijn reeds vanaf 30 cm begint te stijgen. Wat echter de informatie is die hieruit verkregen kan worden is niet duidelijk. Dat er op iets grotere elektrodenafstand ook hier weer een daling

plaatsvindt, is de enige duidelijke overeenkomst van alle waarnemingen op het CELOS-terrein.

Grafiek 4, blok 9 elektroden langs drain no. 73, meetdatum 9-9-1971

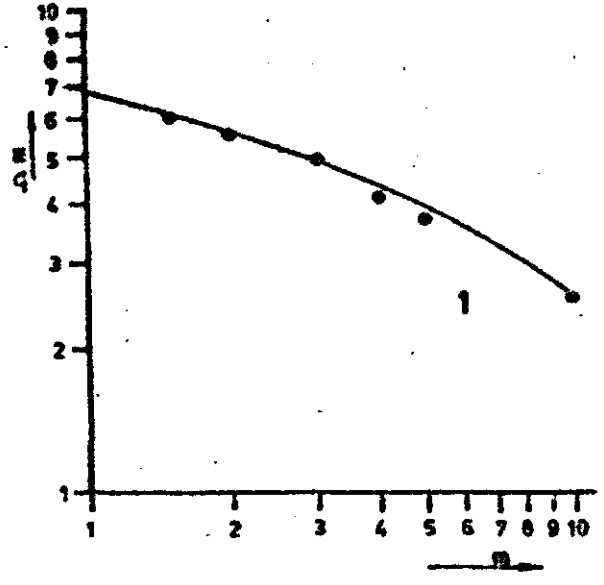
De bovengrond is nu duidelijk uitgedroogd en als gevolg van het frezen was het niet goed mogelijk de elektroden tussen de kluiten 5 cm in de grond te steken.
De orde van grootte komt overeen met grafiek 2 en 3. Er is nu echter eerst een duidelijke daling van ρ te bebemerken tot 1,75 m. Ondanks de niet sterk verhoogde waarde van ρ bij de korte afstanden die verwacht zou worden door het lage vochtgehalte in de bouwvoor is deze eerste daling toch mogelijk toe te schrijven aan het feit dat de grondwaterstand zich op 1,20 m -m.v. bevond. Daarna loopt de lijn een paar meter horizontaal om bij 4 meter precies dezelfde daling als in grafiek 3 te vertonen. Dat tussen 2 en 3 meter elektrodenafstand de specifieke weerstand in grafiek 3 gemiddeld 33 en in deze grafiek 27 bedraagt heeft geen betekenis of kan er op duiden dat het grondwater in de droge tijd, vlak onder de grondwaterspiegel een iets verhoogde zoutconcentratie heeft, doordat er dan geen aanvulling door regenwater plaatsvindt.

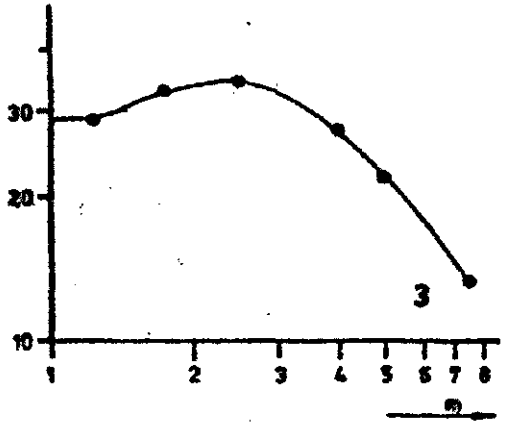
Grafiek 5, elektroden langs de CELOS hoofdweg, meetdatum 9-7-1971

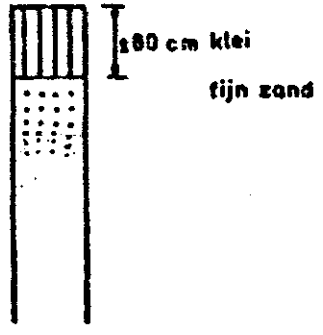
Er loopt op 1,5 m van de meetplaats verwijderd een slootje, dat de stroomlijnenbundel wel zal beïnvloeden. De kurve ligt weer bij even lage waarden van ρ als grafiek 1 (beneden 10 ohmm). Zij vertoont een geleidelijke daling, terwijl tussen 3 en 5 m elektrodenafstand de kurve even horizontaal blijft. Uit tabel 5a, die als meetdatum 9-9-71 in de droge tijd heeft blijkt dat op 1,75 m hetzelfde niveau van ρ is bereikt, maar dat ρ bij kleinere elektrodenafstanden erg veel hoger is gelegen door de uitdroging van de bovengrond.
Tabel 5b en 5c zijn op 9-7-71 verkregen met de andere, de Schlumberger methode met resp. a/2 = 0,5 m en a/2 = 1 m. De te meten weerstanden zijn bij deze methode bij dezelfde elektrodenafstand kleiner, zodat de afstand waarover gemeten kan worden ook kleiner is. Maar 5b en 5c ontlopen elkaar vrijwel niet, terwijl ze ongeveer evenwijdig aan 5a lopen met een afstand van ruim een meter naar rechts. Deze drie lijnen zijn niet op logaritmische schaal getekend.

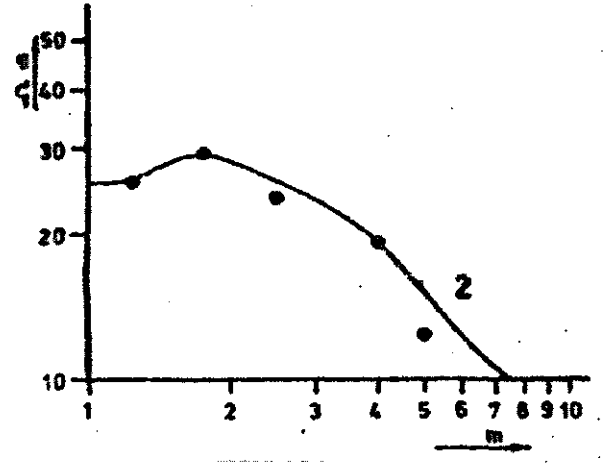
GRAFIEK 1 t/m 5 CELOS - TERREIN

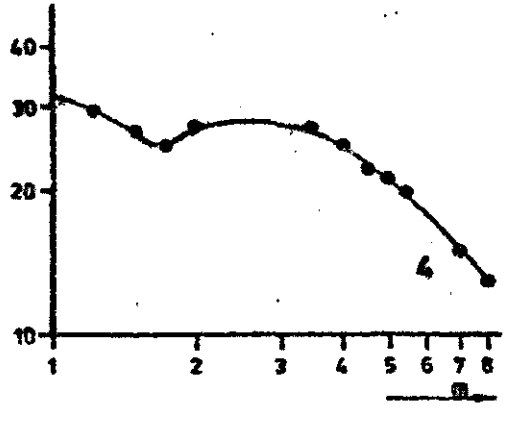
Specifieke elektrische weerstand (Ω m) versus elektrodenafstand (m)

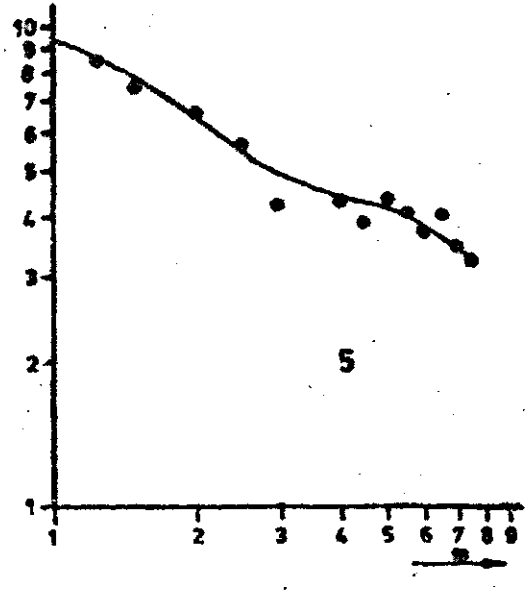






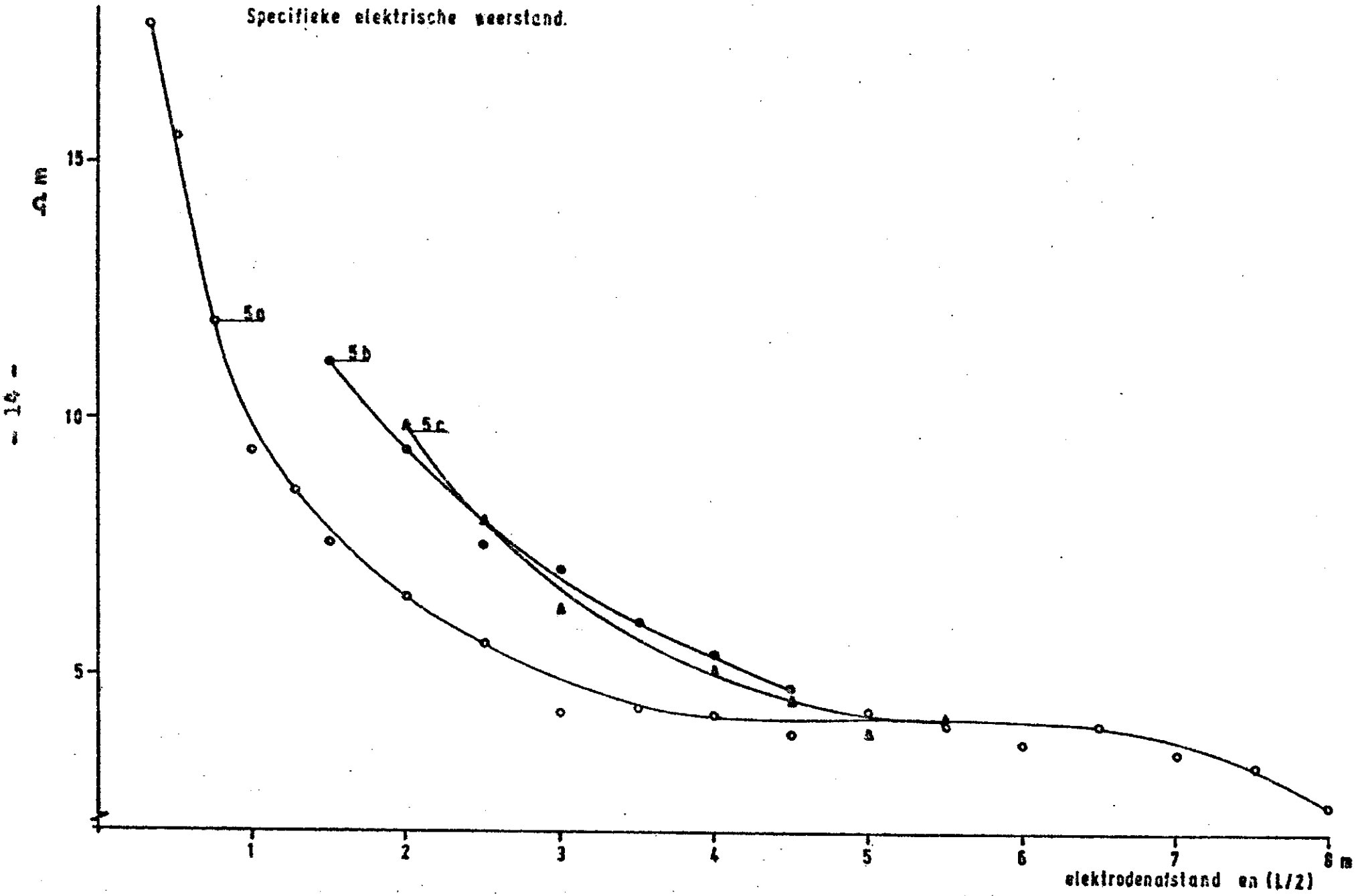






Grafiek 5a, 5b, en 5c. Celos, langs de hoofdweg 9-9-'71 en 9-7-'71

Specifieke elektrische weerstand.



6.2. WAARNEMINGEN LANGS DE WEG NAAR ZANDERIJ

Grafiek 6, meetdatum 29-7-1971

Bij km 24 van de weg naar Zanderij, links af (oostelijk) en na ongeveer 500 m rechts van het pad zijn de waarnemingen verricht. Met behulp van een grondboor werden de bovenste lagen van het profiel onderzocht:

0 tot 50 cm -m.v. fijn humushoudend zand en
van 50-100 cm -m.v. fijn geel zand en hierbeneden werd er roodijzeroxide in het fijne zand gevonden. Op ongeveer 80 cm -m.v. werd een grondwaterspiegel aangetroffen.

De waarnemingen resulteren in een klein maximum van 1200 ohmm bij een afstand van 1,5 meter; hierna zet een daling in die gaat tot 130 ohmm bij een afstand van 16 meter. De diepte van de elektroden in de grond bedroeg 15 cm.

Welke G.M.D.-boring hierbij hoort is niet bekend, daar er een nieuwe kilometering van de weg heeft plaatsgevonden, maar in ieder geval is er een meer of minder dikke bovenlaag van fijn zand met daaronder klei, beide van de Lelydorpserie.

Verwacht zou kunnen worden dat door de invloed van de grondwaterspiegel de kurve bij de kleinste elektrodenafstanden een daling vertoont, terwijl hier juist geen sprake van is. Dat na het maximum direkt een geleidelijke daling intreedt zou veroorzaakt kunnen worden door een overgang naar een laag met zeer kleine specifieke weerstand (maar de zandlaag is vermoedelijk dikker dan een paar meter) of ook door een geleidelijk hoger wordende geleidbaarheid van het grondwater. Opmerkelijk is dat de daling bij 16 meter afstand nog niet de tendens vertoont af te nemen.

Grafiek 7, meetdatum 10-8-1971

In de bocht van de weg naar Zanderij tussen km 44 - 45 is aan de westelijke kant van de weg gemeten. Een G.M.D.-boring heeft hier ook plaatsgevonden en de bovenste 11 meter van het profiel bestaan uit grof gebleekt zand van de Coesewijne-formatie. Op deze diepte vindt een overgang naar klei plaats. In dit gebied bevinden zich humusinspoelingsbanken in het zand, die op sommige plaatsen zo ondiep ($\pm$ 0.4 m) en uitgestrekt zijn dat daarop een zwamp ontstaan is.

Bij de ondiepe grondboring bleek de grondwaterstand op 110 cm -m.v. aangetroffen te worden. Hierboven bevindt zich van 0-60 cm -m.v. grijsgekleurd matig grof zand en vanaf 60 cm -m.v. werd er grover wit zand aangeboord.

De punten die berekend zijn uit de gemeten weerstanden vertonen een zeer grillig beeld, zeker geen vloeiende lijn. De waarde van ρ bij kleine afstanden liggen hoog; de ruim tienduizend ohmm bij een elektrodenafstand van een halve meter (niet in de grafiek) komt overeen met droog grof zand en de eerste inzet tot dalen zou door de toename van de hoeveelheid bodemvocht veroorzaakt kunnen worden.

Globaal bekeken is de waarde van ρ tussen 3 en 8 m konstant op een niveau van ongeveer 2500 ohmm (dit komt overeen met grof zand gekombineerd met water van zeer lage geleidbaarheid).

De scherpe daling van de grafiek, die inzet op een diepte van ca. 16 m, reflecteert wel duidelijk het begin van de zachte kaolienlaag (zie grafiek 7 en boorstaat 7). De onregelmatige stijging die tussen 10 en 16 m optreedt wordt hier kennelijk veroorzaakt door de afwisselende dunne lagen zand en klei.

Grafiek 8, meetdatum 20-8-1971

De meetplaats bevindt zich ongeveer 1,5 km voorbij het vliegveld van Zanderij aan de rechterkant van de weg. Hoewel er geen humuslaag kon worden aangeboord was er een grondwaterspiegel op 10 cm -m.v. en de bovenste 10 à 20 cm dikke laag bestaat uit iets humushoudend (lichtgrijs) zand, daaronder is de kleur van het grove zand wit. De G.M.D.-boring die hier in de buurt plaatsvond laat een 9 m dikke grofzandige laag (Coesewijne-formatie) zien, die direkt op het verweerde moedergesteente (klei) rust.

Dat deze meetplaats een zeer hoge grondwaterstand heeft zou kunnen verklaren waarom de weerstand bij korte afstand zoveel lager is dan bij grafiek 7, ondanks de aanwezigheid van hetzelfde soort zand. Maar hieruit blijkt ook dat de daling van de kurve bij deze afstanden niet kan worden toegeschreven aan de invloed van de grondwaterstand.

De verkregen lijn gaat vervolgens tussen 3 en 5 meter ongeveer horizontaal lopen ter hoogte van 1000 ohmm en dan volgt een kleine toename tot 1200 ohmm. Na een elektrodenafstand van 15 m daalt de specifieke elektrische weerstand van deze 1200 ohmm naar 900 ohmm bij 20 m elektrodenafstand.

De waarde van de specifieke weerstand van 1000 ohmm zou, vergeleken met de 2500 ohmm in grafiek 7, bij dezelfde zandsoort betekenen dat de geleidbaarheid van het grondwater 2½ maal zo laag is, hetgeen bij de zeer lage waarde van de geleidbaarheid geen groot verschil in zoutconcentratie betekent.

De G.M.D.-boring (zie boorstaat 8) geeft op een diepte van ca. 9,5 m een overgang van zand naar klei te zien. Te verwachten is dus dat ρ op die diepte een daling zal vertonen, het omgekeerde is echter het geval, er treedt nl. een lichte stijging op. Dit is wellicht het gevolg van een verdichting van de klei waardoor het porienvolume sterk daalt.

Nadere beschouwing van de boorstaat geeft dan ook inderdaad een verdichte kleilaag te zien, waaronder op ca. 12 m diepte de zachte klei begint. Dit komt redelijk goed overeen met grafiek 8 waar ook de daling van ρ bij die elektrodenafstand begint op te treden welke moet worden toegeschreven aan de zachte kleilaag van grote dikte.

Grafiek 9, meetdatum 2-9-1971

Rechts van de weg naar Zanderij bij km 42 - 43 is ook een G.M.D.-boring verricht. De gelijktijdig met de weerstandmeting verrichte ondiepe boring bracht zeer veel kleihoudende zand aan het licht, waarin zich beneden 50 cm -m.v. rood gekleurd ijzeroxide bevond en minder klei. De grondwaterstand bedroeg 130 cm -m.v.

De G.M.D.-boring toont een zeer dunne laag van kleihoudend grofzand aan en van 1-9 m -m.v. grof zand, daaronder bevindt zich een 5 meter dikke kleilaag, terwijl beneden 14 meterdiepte afwisselend wat grof zand en klei aangetroffen werd, waarna op 20 m diepte de zachte kaoliënlaag begint.

De kurve begint bij 900 ohmm en stijgt dan tot 1300 ohmm bij 4 m elektrodenafstand, waarna meer of minder snel de daling tot 700 ohmm bij 18 m inzet. Dan volgt opnieuw een afname van de specifieke weerstand tot 550 ohmm bij 20 m.

Het grove zand is van de Coesewijne-formatie en de specifieke weerstand van deze laag komt meer overeen met die van grafiek 8 dan met die van grafiek 7. De stijging die de kurve te zien geeft, tot een niveau ongeveer gelijk aan dat van grafiek 8 voor dit zand, kan worden toegeschreven aan een lager kleigehalte op grotere diepte. De overgang naar een kleilaag op 9 meter diepte is door de geleidelijke daling van de grafiek niet goed uit de kurve af te lezen, hoewel de vrij abrupte daling tussen 10 en 11 m wel de invloed van de kleilaag moet zijn.

De sterke daling bij een elektrodenafstand van 20 m moet zonder twijfel worden toegeschreven aan de invloed van de zachte kaolienlaag die op deze diepte begint.

Het onregelmatige verloop van de grafiek tussen 14 en 20 m is een gevolg van afwisselende lagen klei en zand.

Grafiek 10, meetdatum 2-9-1971

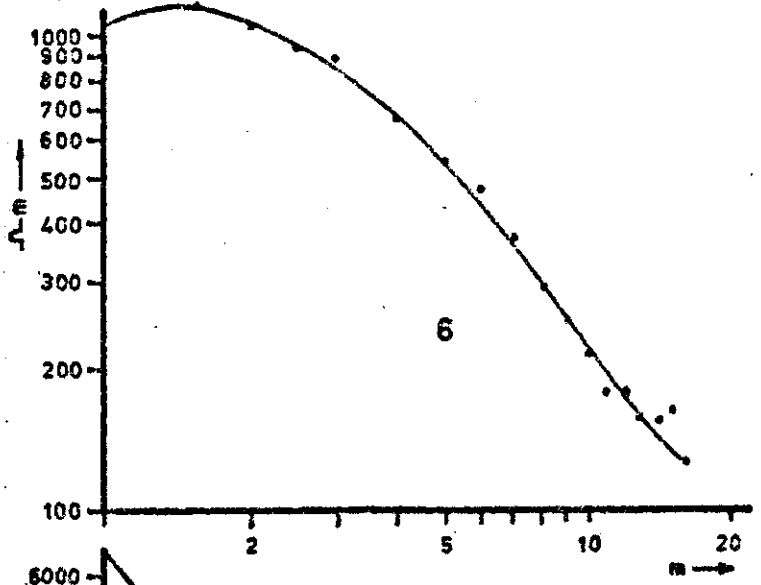
Bij km 26 van de weg naar Zanderij ligt de Rijsdijkweg, waar de waarnemingen verricht zijn, die bij deze grafiek behoren. Bij de ondiepe boring kwam tot 60 cm diepte zeer humeus (zwart) fijn zand naar boven, daar onder werd het fijne zand in zijn gele hoedanigheid aangetroffen. Dit zand is te vergelijken met dat van de meetplaats van grafiek 6, met dien verstande dat nu geen rode ijzerkonkreties aanwezig waren. Het grondwater werd op 110 cm -m.v. aangeboord.

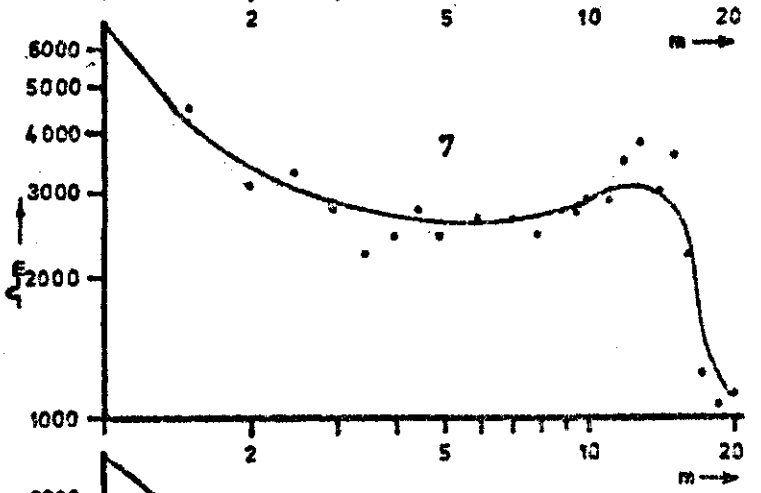
Mede door de verschillen in de gemeten weerstand bij verschillend schaalbereik (x 1 of x 0,1) en door het niet uitslaan van de wijzer van de galvanometer bij het kleinste schaalbereik (x 0,1) bedraagt de grootste elektrodenafstand slechts 8 meter.

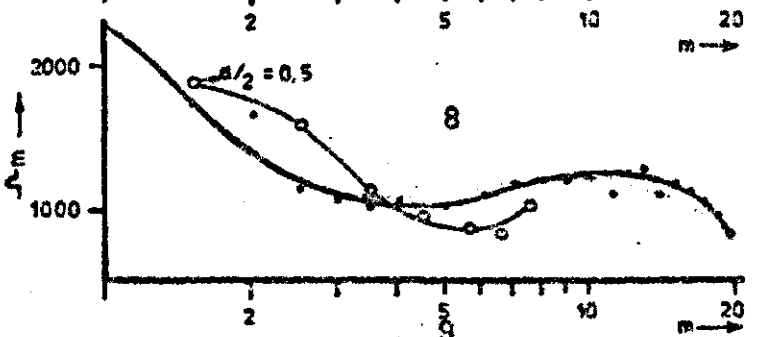
Het begin van de kurve vertoont evenals bij grafiek 6 eerst een kleine stijging, maar deze ligt in de buurt van 2000 ohmm, terwijl grafiek 6 bij 1000 ohmm begint. Na het maximum bij 1,5 m vindt er ook hier een geleidelijke daling plaats tot 250 ohmm bij 8 m elektrodenafstand (grafiek 6: bij 8 m een waarde van 300 ohmm).

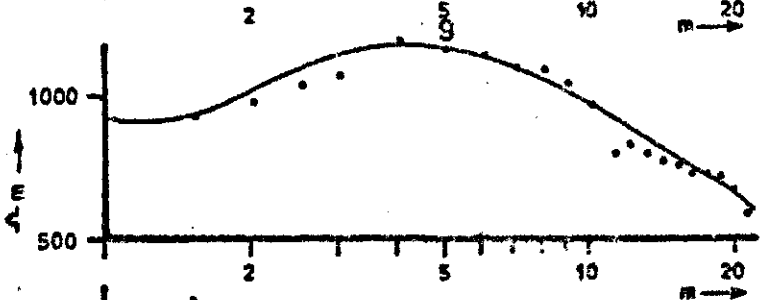
GRAFIEK 6 - 10 WEG NAAR ZANDEMU

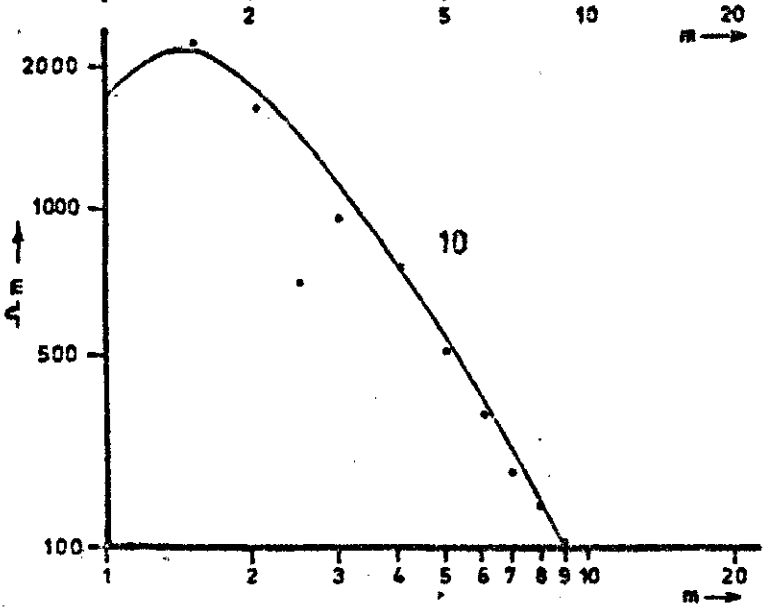
Specifieke elektrische weerstand (Ωm) versus elektrodenafstand (m)

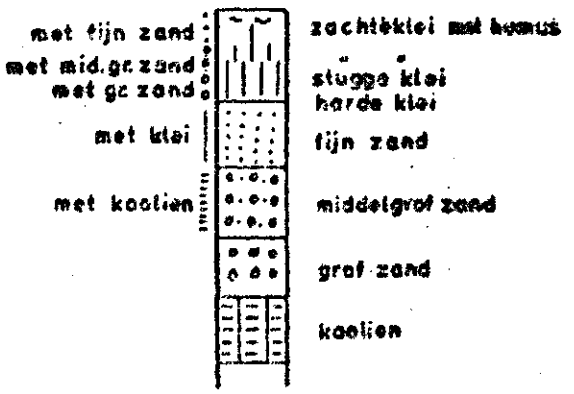


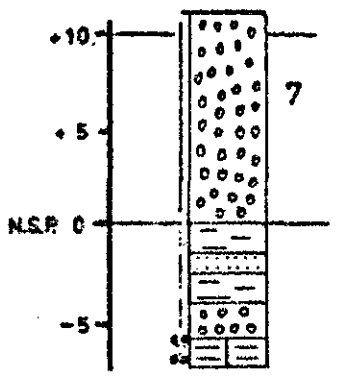


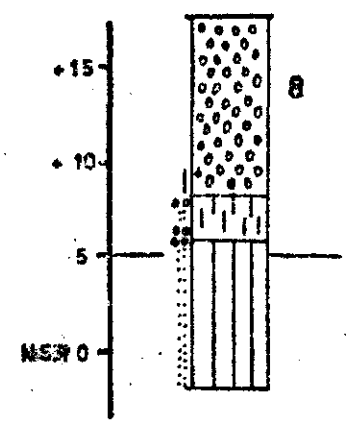


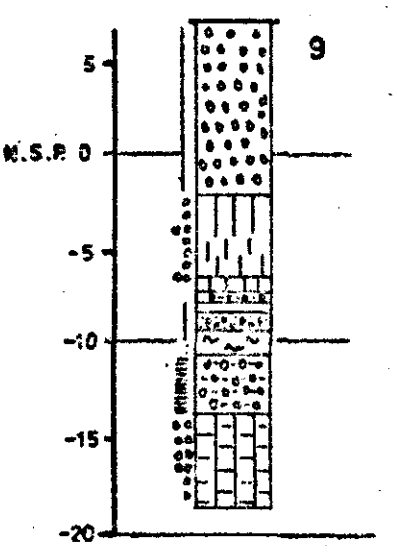












6.3. DE BEPERKINGEN VAN DE ELEKTRISCHE WEERSTANDMETHODE

Zoals uit de bespreking van de afzonderlijke grafieken reeds blijkt, zijn de gevolgtrekkingen uit de verkregen lijnen erg vaag en niet vergelijkbaar met de standaardkollektie door de geringe elektrodenafstanden.

Er zijn nogal wat tegenstrijdige tendenzen die de nauwkeurigheid van de elektrische weerstandmethode erg beperken, althans met de hier gebruikte apparatuur.

Uit figuur 2 blijkt direkt dat het onderscheidend vermogen bij hoge zoutconcentraties van het grondwater erg klein is. Daarbij komt nog dat de te meten weerstanden dan erg laag zijn en dus minder nauwkeurig te meten.

Ook blijkt uit figuur 2 dat bij lage zoutconcentraties van het grondwater het onderscheidend vermogen groot is, maar hierbij dient wel bedacht te worden dat bij lage geleidbaarheid van het water een iets hoger zoutgehalte aanleiding geeft tot een grote verschuiving van de geleidbaarheid op de logaritmische X-as.

Een andere moeilijkheid is dat pas bij grote elektrodenafstand een redelijke vergelijking met standaardkollekties mogelijk is, terwijl juist dan de weerstanden - vooral met de bij deze waarnemingen gebruikte aardingsmeter - te klein zijn om gemeten te worden.

Als we dit alles bedenken dan biedt deze methode zeker geen mogelijkheden bij het grondwaterstandsonderzoek en de waarnemingen ten aanzien van de bodemgesteldheid vereisen in ieder geval een betere apparatuur en meer ervaring in het interpreteren van de kurven.

7. LITERATUUR

Rijkswaterstaat, (1969), The Netherlands. Standard graphs for resistivity prospecting. Published by European Association of Exploration Geophysicists.

Verhandelingen van het Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap. Deel 27, 1969. Proceedings of the Seventh Guiana Geological Conference, November 1966, Paramaribo.

WALTER, F., 1969. Cursus Winning van Grondwater, Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek.

APPENDIX

Tabel 1. CELOS blok 9,// drain 92, 29-6-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,3	46,2 . 0,1	8,7
0,5	25,2 . 0,1	7,9
1	10,9 . 0,1	6,9
1,5	6,5 . 0,1	6,1
2	4,4 . 0,1	5,5
3	2,7 . 0,1	5,1
4	1,8 . 0,1	4,1
5	1,4 . 0,1	3,8
10	0,4 . 0,1	2,6

Tabel 2. CELOS blok 9,// drain 82, 5-7-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,3	13,9	26,9
0,4	10,2	25,7
0,5	8,2	25,8
0,65	5,6	23,0
0,8	47,6 . 0,1	23,9
1	41,2 . 0,1	25,8
1,25	32,7 . 0,1	25,7
1,75	26,9 . 0,1	29,5
2,5	15,1 . 0,1	23,7
4	7,0 . 0,1	19,5
5	4,0 . 0,1	12,6
7,5	2,1 . 0,1	9,9

Tabel 3. CELOS blok 9,// drain 73, 5-7-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,3	12,3	23,2
0,4	9,2	23,2
0,5	8,6	27,0
0,65	6,1	25,0
0,8	5,5	27,6
1	46,8 . 0,1	29,4
1,25	37,2 . 0,1	29,2
1,75	30,8 . 0,1	33,8
2,5	22,0 . 0,1	34,6
4	11,2 . 0,1	27,9
5	7,0 . 0,1	22,0
7,5	2,8 . 0,1	13,4

Tabel 4. CELOS blok 9,// drain 73, 9-9-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohm)
0,3	17,1	32,4
0,4	12,5	31,5
0,5	9,5	29,8
0,75	5,3	24,9
1	50,0 . 0,1	31,4
1,25	37,8 . 0,1	29,7
1,5	28,4 . 0,1	26,8
1,75	22,8 . 0,1	25,1
2	21,6 . 0,1	27,1
2,25	19,3 . 0,1	27,3
2,5	17,8 . 0,1	27,9
3	14,8 . 0,1	27,7
3,5	12,6 . 0,1	27,7
4	10,2 . 0,1	25,7
4,5	7,9 . 0,1	22,3
5	6,8 . 0,1	21,4
5,5	5,8 . 0,1	20,0
6	5,2 . 0,1	19,6
7	3,4 . 0,1	15,0
8	3,4-2,8.0,1	13,0

Tabel 5. CELOS hoofdweg 9-7-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,3	9,4	17,7
0,5	49,3 . 0,1	15,5
0,75	25,2 . 0,1	11,9
1	15,0 . 0,1	9,4
1,25	11,0 . 0,1	8,6
1,5	8,1 . 0,1	7,6
2	5,2 . 0,1	6,6
2,5	3,6 . 0,1	5,7
3	2,3 . 0,1	4,3
3,5	2,0 . 0,1	4,4
4	1,7 . 0,1	4.3
4,5	1,4 . 0,1	4,0
5	1,4 . 0,1	4,4
5,5	1,2 . 0,1	4,2
6	1,0 . 0,1	3,8
6,5	1,0 . 0,1	4,1
7	0,8 . 0,1	3,5
7,5	0,7 . 0,1	3,3
8	0,5 . 0,1	2,5

CELOS langs de toegangsweg

Tabel 5a. methode Wenner 9-9-1971

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,3	5,6 . 10	105
0,4	38,9	98
0,5	23,2	73
0,75	7,6	35,8
1	31,8 . 0,1	20,0
1,25	16,9 . 0,1	13,3
1,5	9,6 . 0,1	9,0
1,75	6,9 . 0,1	7,6

Tabel 5b. methode Schlumberger met a/2 = 0,5 m 9-7-1971

L/2 (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
1,5	1,76	11,1
2	0,80	9,4
2,4	0,40	7,5
3	0,26	7,2
3,5	0,16	6,1
4	0,11	5,5
4,5	0,7 à 0,08	4,4 à 5,0

Tabel 5c. methode Schlumberger met a/2 = 1 m 9-7-1971

L/2 (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
2	2,10	9,9
2,5	0,96	8,1
3	0,53	6,4
3,5	0,34	6,1
4	0,22	5,2
4,5	0,15	4,6
5	0,10	4,0
5,5	0,09	4,1

Tabel 6. Weg naar Zanderij, km 24 29-7-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
1	16,5 . 10	1040
1,5	12,8 . 10	1210
2	8,3 . 10	1043
2,5	5,9 . 10	928
3	46,0	866
4	26,2	660
5	17,0	535
6	12,6	475
7	8,5	374
8	5,8	292
9	43,8 . 0,1	248
10	30,0 . 0,1	214
11	25,0 . 0,1	176
12	23,6 . 0,1	178
13	19,0 . 0,1	156
14	17,2 . 0,1	152
15	17,2 . 0,1	164
16	12,2 . 0,1	124

Tabel 7. Weg naar Zanderij, km 44,5 10-8-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,5	32,4 . 100	10.200
1	10,9 . 100	6850
1,5	48,2 . 10	4550
2	24,2 . 10	3050
2,5	20,8 . 10	3286
3	14,6 . 10	2760
3,5	10,2 . 10	2240
4	9,8 . 10	2460
4,5	9,8 . 10	2780
5	7,8 . 10	2450
6	7,0 . 10	2640
7	6,0 . 10	2640
8	50,6	2550
9	46,8	2760
10	45,0	2830
11	41,2	2870
12	47,2	3560
13	47,2	3860
14	33,3	2930
15	38,0	3580
16	22,6	2280
17	12,1	1280
18	21,4	2420
19	9,1	1090
20	9,1	1145

Tabel 8. 1,5 km voorbij Zanderij 20-8-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
1	32,5 . 10	2040
1,5	18,2 . 10	1720
2	11,0 . 10	1590
2,5	7,2 . 10	1140
3	5,5 . 10	1040
3,5	45,7	1030
4	40,0	1010
5	31,7	1000
6	28,4	1070
7	25,7	1130
8	22,2	1140
9	19,8	1140
10	18,8	1180
11	15,8	1090
12	15,6	1180
13	14,8	1200
14	12,1	1060
15	12,1	1140
16	10,8	1080
17	9,3	1000
18	8,4	950
19	7,4	880
20	7,3	920

Tabel 8a. Zelfde meetplaats methode Schlumberger met a/2 = 0,5 m

L/2 (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
1,5	29,4 . 10	1850
2,5	8,1 . 10	1530
3,5	29,8	1120
4,5	15,4	970
5,5	9,6	905
6,5	6,7	885
7,5	5,6	990

Tabel 9. Weg naar Zanderij, km 42,5 2-9-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,5	24,4 . 10	766
1	14,5 . 10	910
1,5	9,6 . 10	904
2	7,8 . 10	980
2,5	6,7 . 10	1052
3	5,8 . 10	1093
4	5,2 . 10	1306
5	40,0	1256
6	32,0	1206
7	26,2	1152
8	22,6	1135
9	19,1	1080
10	15,5	973
11	11,3	780
12	10,6	800
13	9,3	760
14	8,4	740
15	7,7	725
16	6,9	695
17	6,5	695
18	6,0	680
19	5,3	630
20	4,4/42,4.0,1	550/530

Tabel 10. Weg naar Zanderij, km 26 2-9-71

elektroden afstand (m)	weerstand (ohm)	spec. elektr. weerstand (ohmm)
0,5	6,5 . 100	2040
1	28,1 . 10	1760
1,5	24,2 . 10	2280
2	13,2 . 10	1655
2,5	8,9 . 10	700
3	5,2 . 10	980
4	30,9	775
5	16,6	521
6	10,4	390
7	6,6	290
8	4,4/51 . 0,1	220/255