

HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN
ALS MAAT VOOR HET CHLORIDEGEHALTE IN
ENKELE POLDERS IN HET DELTAGEBIED

Ir. Ph. Th. STOL

HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN ALS MAAT VOOR HET CHLORIDE-GEHALTE IN ENKELE POLDERS IN HET DELTAGEBIED

Ph. Th. STOL¹

THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY AS AN INDICATION OF THE CHLORIDE CONTENT IN WATER SAMPLES FROM POLDERS IN THE DELTA-REGION

SUMMARY

For the investigation of the salt-balance in some regions in the south-west of the Netherlands by the Institute for Land and Water Management Research, frequently a large number of water samples have to be analysed. The purpose of the investigation described here, was to examine if the easy and rapid method of determining the electrical conductivity of a water sample that is used for the determination of the total salt content may also serve for the determination of the Cl⁻ concentration of these samples. On double logarithmic paper the relation of the electrical conductivity with the Cl⁻ concentration is not a linear one, this in contrast with the relation between the conductivity and the total ionic-concentration (fig. 5). It follows from the figure that the deviations of the observed points from the fitted curve (fig. 5b) are not proportional with the Cl⁻ concentration, as they are with the total ionic-concentration (fig. 5a). To describe this a formula is derived in which a parameter is introduced. This was done by assuming that saline water (index 3) consists of a fresh water component (index 1) and a salt water component (index 2). An example of a one-parameter family of curves thus obtained, is given in figure 7.

Ten behoeve van het onderzoek naar de zoutbalans in enkele polders in het Delta-gebied wordt door de Werkgroep Deltagebied van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, regelmatig een groot aantal watermonsters op chloridegehalte onderzocht. Voor massaal onderzoek heeft de indirecte methode waarbij dit gehalte uit het elektrisch geleidingsvermogen wordt afgeleid het voordeel boven de titrimetrische bepaling dat deze eenvoudiger is en sneller kan worden uitgevoerd. Ook de kostenfactor ligt ten gunste van de indirecte methode. Een

en ander leidde tot een onderzoek dat erop gericht was een nader inzicht te verkrijgen in de relatie die bestaat tussen het elektrisch geleidingsvermogen en het chloridegehalte van een serie watermonsters uit een bepaald gebied.

Als variabelen dienden opgenomen te worden het elektrisch geleidingsvermogen van de monsters, het chloridegehalte en tevens de temperatuur aangezien deze van invloed is op het geleidingsvermogen.

DE FORMULERING VAN HET GESTELDE PROBLEEM

Inleiding

Het elektrisch geleidingsvermogen E bij temperatuur t wordt gedefinieerd volgens

$$E_t = 10^3 \cdot (\delta R_t)^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \quad (1)$$

waarin R_t in ohm is uitgedrukt en de weerstand in het monster bij temperatuur t voorstelt en de eenheden van E_t per definitie millimhos per cm zijn. Tenslotte stelt δ de ijkconstante van de gebruikte meetcel voor.

Het afleiden van het chloridegehalte van een watermonster uit het elektrisch geleidingsvermogen kan slechts plaatsvinden door de totale ionenconcentratie als tussenstap in het onderzoek te betrekken. Het elektrisch geleidingsvermogen is een maat voor het totale aantal in de oplossing voorkomende ionen en, afhankelijk van het aandeel dat de chloorionen hierin innemen, kan een uitspraak over het chloridegehalte gedaan worden. Dit aandeel van de chloorionen zal door meting van het geleidingsvermogen alleen niet bekend zijn; wanneer echter een samenhang met de totale ionenconcentratie vastgesteld kan worden zijn de voorwaarden aanwezig het chloridegehalte rechtstreeks uit het elektrisch geleidingsvermogen af te leiden.

Het bleek echter dat bij chloridegehalten la-

¹ Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.

ger dan ca. 1450 mg per liter de spreiding in de gegevens niet meer uit toevallige afwijkingen verklaard kan worden. Als werkhypothese werd daarom gesteld dat een monster brak water opgebouwd gedacht kan worden uit een zoetwatercomponent en een zoutwatercomponent welke in een bepaalde mengverhouding voorkomen, waarmee een nieuwe systematische factor in de formulering werd opgenomen. Het geven van een kwantitatieve oplossing van deze complicatie kon echter met het beschikbare materiaal niet worden nagestreefd.

Uit de analyseresultaten van de watermonsters kan afgeleid worden welke samenhang er tussen de gemeten variabelen bestaat door op het functionele verband dat aan deze samenhang ten grondslag ligt een vereffeningsprocedure toe te passen. Deze verloopt zo dat eerst de parameters zo goed mogelijk worden geschat. Door het minimaliseren van de som van de gewogen kwadratische afwijkingen van de waarnemingsuitkomsten ten opzichte van de uit de schattingen berekende curve wordt een correctie op de aangenomen waarden gevonden. Met de nu verkregen nieuwe schattingen wordt de procedure herhaald. De berekingen worden beëindigd indien de waarden van de parameters en hun standaardafwijkingen niet of nauwelijks meer veranderen [2].

Algemene formulering

De grootte van het elektrisch geleidingsvermogen van een watermonster is een maat voor het totaal aantal ionen dat in de oplossing voorkomt. Het elektrisch geleidingsvermogen zal met deze totale hoeveelheid een evenredigheid vormen. In het Agriculture Handbook no. 60 van het United States Department of Agriculture wordt aangegeven dat experimenteel blijkt dat bij benadering een vaste verhouding bestaat tussen het elektrisch geleidingsvermogen en de kationenconcentratie van natuurlijk water [3]. Op tweezijdig logaritmisch papier uitgezet groeperen de gegevens zich om een rechte.

Het bovenstaande kan in formule worden weergegeven met

$$E_t = [\alpha] [z]^b \quad (2)^*$$

$$[an]_3 = \left[\frac{[an]_2 - [an]_1}{[I]_2 - [I]_1} \right] \cdot \left[[I]_3 + [an]_1 [an]_2 \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{[an]_2 - [an]_1} \right] \quad (6)$$

* In het volgende zullen vierkante haken er op duiden dat de eenheden betrekking hebben op concentraties.

E_t is reeds volgens (1) gedefinieerd terwijl voor de overige symbolen de volgende betekenis en dimensie gelden:

$$[z] = [an + kat]$$

is de som van de anionen- en kationen concentraties in milligramaequivalenten per liter (m.aeq/liter).

α is een verhoudingsconstante met dimensie

$$\frac{\text{millimho (liter)}^b}{\text{cm(m.aeq)}^b}$$

b is een dimensieloze parameter.

Een bepaald ion (b.v. K^+ , SO_4^{2-} , Cl^-) zal algemeen met I worden aangeduid terwijl het symbool γ zal gelden voor het gedeelte dat een bepaald ion van de som van de ionen met zelfde lading inneemt. Wordt vervolgens een monster brak water (index 3) opgebouwd gedacht uit een zoetwatercomponent (index 1) en een zoutwatercomponent (index 2) dan luidt de formulering.

$$[I]_n = \gamma_n [an]_n, \quad (n = 1, 2, 3), \quad (3)$$

met $[an]_1 < [an]_3 < [an]_2, 0 \leq \gamma < 1$

Op overeenkomstige wijze als Van der Grient en Beltman aangeven wordt hier de mengverhouding ξ (dimensieloos) gedefinieerd als de verhouding tussen de hoeveelheid van de zoetwatercomponent en de hoeveelheid van de zoutwatercomponent waartussen menging plaatsgevonden heeft [1].

Een uitdrukking voor de anionenconcentratie van het monster is nu

$$[an]_3 = \frac{[an]_1 \xi + [an]_2}{\xi + 1} \quad (4)$$

De expliciete uitdrukking voor deze mengverhouding wordt dan

$$\xi = \frac{[I]_2 - [I]_3}{[I]_3 - [I]_1} = \frac{[an]_2 - [an]_3}{[an]_3 - [an]_1} \quad (5)$$

Wordt vervolgens getracht een relatie te vinden tussen de anionenconcentratie en de concentratie van het ion I uit het monster, zonder dat hierin de mengverhouding voorkomt, dan kan uitgegaan worden van (4) waarin het tweede lid van (5) gesubstitueerd wordt. Met gebruikmaking van (3) volgt na enige herleiding:

Eenvoudigheidshalve zal hiervoor in het bijzonder voor chloriden geschreven worden

$$[z] = 2[an]_3 = \frac{1}{m} [x] + [c] \quad (7)$$

Substitutie van deze uitkomst in (2) geeft

$$E_t = [a] \left[[x] + [c] \right]^b \quad (8)$$

waarin $[a] = \frac{[\alpha]}{m^b}$, met a in dezelfde dimensie als α .

Voor landbouwkundige doeleinden is het gebruikelijk in plaats van met concentraties met gehalten te werken en het voorkomen van chloriden in polder- en grondwater uit te drukken in milligram per liter. In het bijzonder geldt voor het chloor-ion (x) de gelijkheid $x = 35,5 [x]$. Wordt verder in rekening gebracht dat in (2) en (8) binnen praktijkomstandigheden alleen de parameter a van de temperatuur zal afhangen dan kan de laatste vergelijking in de volgende vorm gebracht worden:

$$E_t = a(t) \cdot (x + c)^b \quad (9)$$

HET VERBAND TUSSEN HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN EN HET CHLORIDE GEHALTE BIJ 23° C PER GEBIED

In het volgende zal nader ingegaan worden op de resultaten welke uit vereffening op de relatie (9) werden verkregen door gebruik te maken van de gegevens uit een aantal proefgebieden.

De metingen van het geleidingsvermogen werden van de monsters uit groep 1 bij verschillende temperaturen verricht om door interpolatie alle metingen op 23° C te kunnen herleiden.

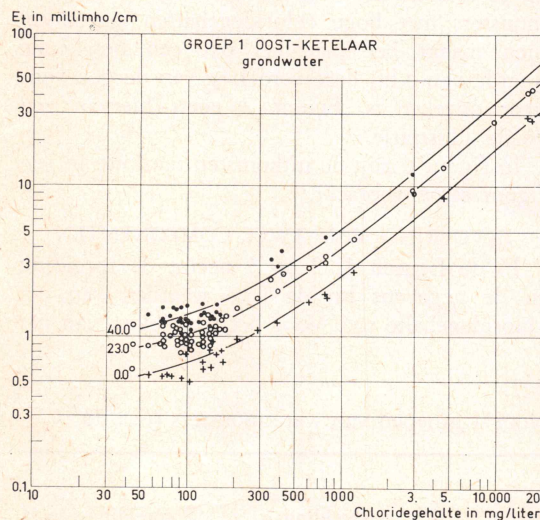


Fig. 1 — Het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen en het chloridegehalte bij verschillende temperaturen voor groep 1.

The relation between the electrical conductivity and the chloride-content at several temperatures for ground-water in group 1 (Oost Ketelaar).

Groep 1, Oost Ketelaar, grondwater

Van het fruitbedrijf „Oost Ketelaar” te Lewedorp op Zuid-Beveland stonden 60 monsters ter beschikking met chloridegehalten tussen 50 en ruim 10 000 mg/liter. De monsters werden genomen op 23 februari 1959. Het verband tussen het geleidingsvermogen en het chloridegehalte bij 23° C werd bepaald op

$$E_{23} = 0,00674 (x + 159)^{0,9045} \quad (10)$$

Figuur 1 illustreert de berekende curve en de bij 0, 23,0 en 40,0° C gemeten waarnemingsuitkomsten.

Groep 2, Prunje, openwater

Van het onderbemalingsgebied „Prunje” op Schouwen waren 124 monsters aanwezig. De chloridegehalten bij deze groep lagen tussen 4 000 en 15 000 mg/liter. De monsters werden genomen op 10 en 20 april 1959.

Het korte traject waarover de gegevens zich uitstrekken maakte het moeilijk de parameter b met voldoende nauwkeurigheid te berekenen. Om deze reden werd na vergelijking met de resultaten in de voorgaande groep voor groep 2 voor de exponent b dezelfde waarde als in (10) gebruikt.

Na vereffening werd gevonden:

$$E_{23} = 0,00645 (x + 196)^{0,9045} \quad (11)$$

De stippenzwerm van de gegevens en de berekende curve worden gegeven in figuur 2.

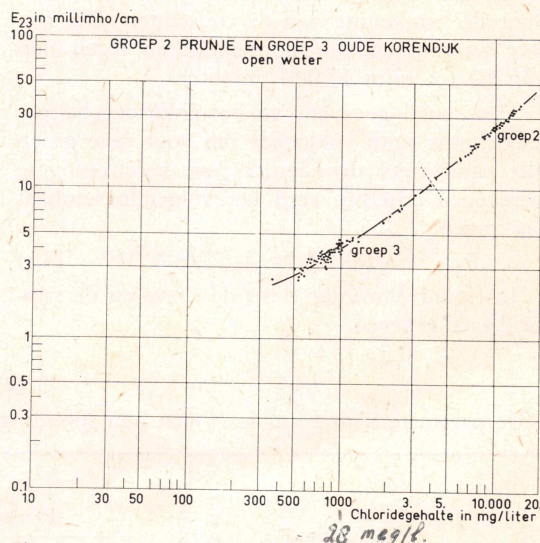


Fig. 2 — Het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen bij 23° C en het chloridegehalte voor de groepen 2 en 3.

The relation between the electrical conductivity at 23° centigrade and the chloride-content for open water in group 2 and 3 (Prunje resp. Oude Korendijk).

Groep 3, Oude Korendijk, openwater

Uit de polder „Oude Korendijk” in het westen van de Hoekse Waard werden 113 monsters geanalyseerd. De chloridegehalten lagen tussen 500 en 3 000 mg/liter. De monsters werden genomen op 11 en 31 maart en 9 april 1959.

Ook voor deze groep gegevens was het door het korte traject van de chloridegehalten moeilijk de exponent b met voldoende nauwkeurigheid te berekenen, zodat ook nu de waarde uit (10) als constante gebruikt werd.

Na de vereffening werd het volgende resultaat verkregen:

$$E_{23} = 0,00600 (x + 380)^{0,9045} \quad (12)$$

Voor de grafische voorstelling van (12) en de weergave van de oorspronkelijke gegevens wordt weer naar figuur 2 verwezen.

Groep 4, „Zeeland”, openwater

Als voortzetting van het onderzoek naar het zoutgehalte van de polderwateren in de provincie Zeeland onder auspiciën van de Commissie Waterbeheersing en Ontziltling Zeeland worden over de gehele provincie verspreid regelmatig monsters op chloridegehalten onderzocht [4 en 5]. De gegevens voor deze groep, welke wordt aangeduid met de naam „Zeeland”, werden verkregen uit de bemonstering die van 6 tot 11 april 1959 werd uitgevoerd. In totaal betrof het hier ca 900 openwater monsters waaruit een steekproef van 200 monsters getrokken werd voor de berekening van de constanten. Het traject waarbinnen de chloridegehalten lagen liep van 50 tot ruim 15 000 mg/liter.

Het aantal gegevens en het chloridegehalten-traject was ruim voldoende om voor deze groep alle parameters afzonderlijk door vereffening te berekenen. Hierbij werd het volgende resultaat verkregen:

$$E_{23} = 0,00675 (x + 226)^{0,8983} \quad (13)$$

In figuur 3 worden weer de curve en de stippenkaart gegeven.

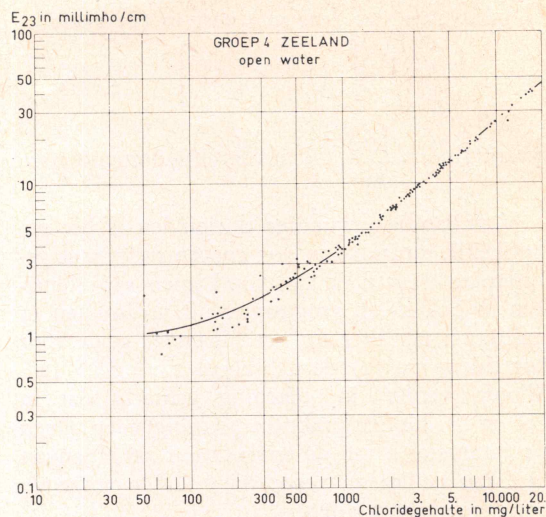


Fig. 3 — Het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen bij 23° C en het chloridegehalte voorgroep 4.

The relation between the electrical conductivity at 23° centigrade and the chloride-content for open water in group 4 (Zeeland).

Samenvatting

In tabel 1 wordt een samenvatting van de uitkomsten gegeven. Tevens staat de spreiding van de parameters in absolute en in relatieve waarde aangegeven.

In de tabel valt in de eerste plaats de grote procentuele spreiding op in de parameter c voor groep 2. De aanwezigheid van c in (9) is bij grote waarden van x van steeds minder invloed op de uitkomst E_t . Het feit dat in groep 2 alleen monsters met hoge chloridegehalten x voorkomen maakt het plausibel dat een berekende waarde van c bij deze verdeling van de gegevens zeer onzeker is. Figuur 2 geeft hiervan een goede illustratie.

In figuur 4 zijn de uitkomsten tenslotte in een figuur samengebracht.

INVOERING VAN TWEE COMPONENTEN

In de figuren 1, 2 en 3 neemt de spreiding in de gegevens bij de lage waarden van het chloridegehalte toe. Voor het vaststellen van het

TABEL 1.

De parameters uit formule (9) en hun spreiding σ voor 4 groepen van watermonsters ($t = 23^\circ \text{C}$)

Groep	Gebied	Soort	Aantal monsters	Parameter			spreiding σ			spreiding σ in %		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	Oost Ketelaar	grondwater	60	0,00674	0,9045	159	0,00045	0,0077	16	6,7	0,9	10,0
2	Prunje	open water	124	645	9045	196	011	—	174	1,7	—	88,8
3	Oude Korendijk	open water	113	600	9045	380	016	—	32	2,7	—	8,4
4	„Zeeland”	open water	200	675	8983	226	021	0034	19	3,1	0,4	8,4

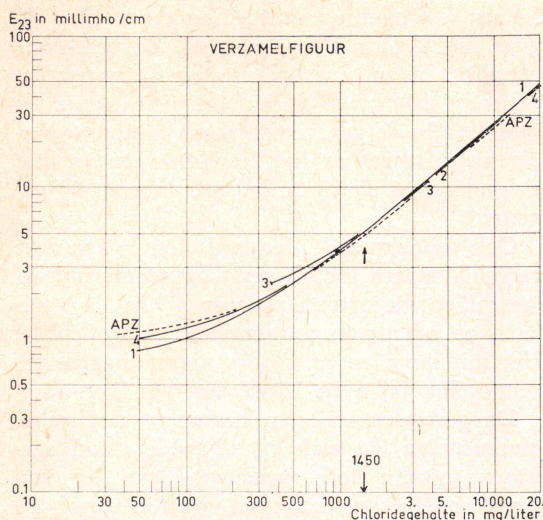


Fig. 4 — Het berekende verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen bij 23° C en het chloridegehalte verzameld voor de verschillende groepen gegevens. 1: Oost Ketelaar, grondwater; 2, 3 en 4 resp. Prunje, Oude Korendijk, "Zeeland", open water; A.D.Z.-A.P.Z.-monsters, grondwater (zie fig. 5).

The calculated relation between the electrical conductivity at 23° centigrade and the chloride-content for the various groups (see also fig. 5).

punt van waaraf het elektrisch geleidingsvermogen als maat voor het chloridegehalte kan gelden werd gebruik gemaakt van de totaalanalysen van de monsters uit het onderzoek naar de Agrohydrologische profielen van Zeeland [De Ridder e.a., 1957]. De analyseresultaten werden voor deze „APZ-monsters” op de formules (2) en (8) vereffend. Het resultaat wordt weergegeven in figuur 5 (curven a en b).

Door middel van de betrekking voorgesteld door curve a in figuur 5 is het mogelijk de afwijkingen van de gegevens ten opzichte van curve b op het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen en de totale ionenconcentratie te corrigeren. Het resultaat wordt gegeven in figuur 6 waarin tevens de stippen door horizontale streepjes zijn vervangen aangevende $\pm 3 \times$ de spreiding in de uitkomsten van de Cl-analysen.

- Bij de hoge Cl'-concentraties kunnen de gemeten punten op een enkele uitzondering na als afkomstig van de vereffende lijn beschouwd worden zodat de afwijkingen ten opzichte van de lijn uit het toeval verklaard kunnen worden. Voor de lage concentraties is dit niet meer het geval.

Onder deze omstandigheden heeft de gebruikelijke vereffeningprocedure een andere betekenis gekregen. De curve die gevonden wordt is nu te beschouwen als een gemiddelde niveau-

kromme. De spreiding in de punten moet dus hoofdzakelijk verklaard worden uit het feit dat deze op verschillende niveau's van een nog niet in de berekeningen opgenomen systematische factor voorkomen.

In de afgeleide formules werd de hypothese dat een monster brakwater uit een zoetwatercomponent en een zoutwatercomponent is opgebouwd als punt van uitgang genomen. Door eliminatie van de mengverhouding ξ werd uiteindelijk verkregen:

$$E_t = \phi ([I]_3; \gamma_1, \gamma_2, [an], [an]_2) \quad (14)$$

waarin vier parameters voorkomen. Wordt nu in navolging van Van der Grient en Beltman concrete typen water voor deze componenten gekozen dan kunnen allereerst voor de zoutwatercomponent de concentraties van zeewater ingevoerd worden zodat $[an]_2$ en γ_2 constanten worden. Voorts kan de zoetwatercomponent het best benaderd worden door in de berekening de concentraties van een naburig voorkomend zoetwater op te nemen. Hiervoor kunnen zonodig alternatieven met elkaar vergeleken worden [1].

Het is echter van voordeel de zoetwatercomponent met slechts één parameter te beschrijven waardoor het mogelijk wordt verschillende typen van zoetwater door een stelsel niveaucurven in een figuur te karakteriseren. Uitgaande van de

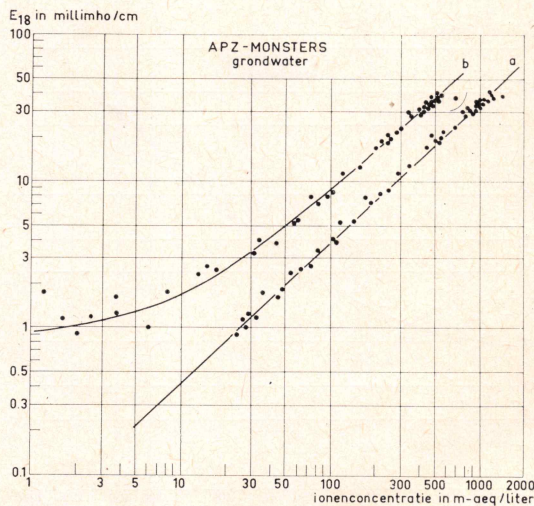


Fig. 5 — Het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen bij 18° C en de totale ionenconcentratie $[Z]$ voor de A.P.Z.-monsters (a) en het verband tussen het geleidingsvermogen bij 18° C en de Cl'-concentratie $[x]$ voor dezelfde monsters (b).

The relation between the electrical conductivity at 18° centigrade and the total ionic-concentration $[Z]$ for the samples mentioned in lit. [1] (APZ ground-water samples), see curve a, and the relation between the conductivity at 18° centigrade and the Cl'-concentration $[x]$ for the same samples, see curve b.

betrekking $[I]_1 = \gamma_1 [an]_1$ volgt dat dan een van de drie grootheden constant genomen moet worden. De totale ionen-respectievelijk anionenconcentratie leent zich hiervoor echter niet aan, gezien deze van geval tot geval sterk kan variëren. Het beste kan hiervoor gebruikt worden een ion dat bij benadering in zoetwater met een constante concentratie voorkomt waarvoor binnen zekere grenzen het Cl' -ion kan dienen, dat tevens het voordeel heeft met een lage concentratie op te treden. Als parameter fungeert nu de anionenconcentratie van de zoetwatercomponent of, gekoppeld hiermede, het verhoudingsgetal γ voor chloor, volgens

$$E_t = \phi ([I]_3; [an]_1) \quad (15)$$

Een voorbeeld voor het construeren van een bundel niveaulijnen werd met de volgende afgeronde waarden gegeven:

zoetwatercomponent	zoutwatercomponent
$[I]_1 \equiv [x]_1 = 0,5$	$[I]_2 \equiv [x]_2 = 500$
$[an]_1$ is als parameter opgenomen	$[an]_2 = 555,6$
	$\gamma_2 = 0,9$
γ_1 is de van $[an]_1$ afhankelijke parameter.	

De bewerking werd uitgevoerd voor de uitkomsten van groep 1 door bovenstaande waarden in de vergelijkingen (6), (7) en (8) te substitueren. Het resultaat wordt weergegeven in

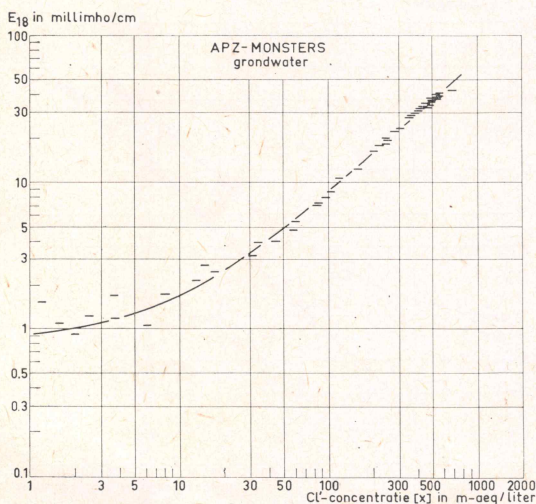


Fig. 6 — Het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen bij 18° C en de Cl' -concentratie na correctie op de totale ionenconcentratie. De streepjes stellen intervallen voor van $\pm 3\sigma$ gebaseerd op een spreiding van 2% in de waarden voor de Cl' -concentratie.

The relation between the electrical conductivity at 18° centigrade and the Cl' -concentration after correction on the total ionic concentration. The bars represent intervals of $\pm 3\sigma$ based on deviations of 2% in the values of the Cl' -concentration.

figuur 7. Onderlinge vergelijking van deze figuur met figuur 1 laat zien dat de berekende curve op het niveau ligt van de zoetwatercomponent $[an]_1 = 6$ m.aeq. per liter terwijl de spreiding in de gegevens niveau's vertegenwoordigen van respectievelijk 2 à 3 m. aeq. per liter als ondergrens en 10 m. aeq. per liter als bovengrens.

Ook voor groep 2 „Zeeland” (fig. 3) kan deze vergelijking een indruk geven omtrent de niveauverschillen die optreden alhoewel hier de resultaten op openwatermonsters betrekking hebben. Het minimum en maximum niveau liggen respectievelijk bij 4 en 15 m. aeq. per liter.

De gevonden trajecten begrenzen een stelsel niveaucurven dat zich bij stijgende chloridegehalten spoedig sterk vernauwt. Door de volgende redenering kan een waarde gevonden worden waarboven een schatting van het chloridegehalte uit het elektrisch geleidingsvermogen met een vooraf bepaalde nauwkeurigheid mogelijk is. Als extreme waarden voor de niveaucurven volgen uit het bovenstaande globaal die van 2 en 10 m. aeq. per liter voor $[an]_1$, terwijl de spreiding in de Cl' -metingen

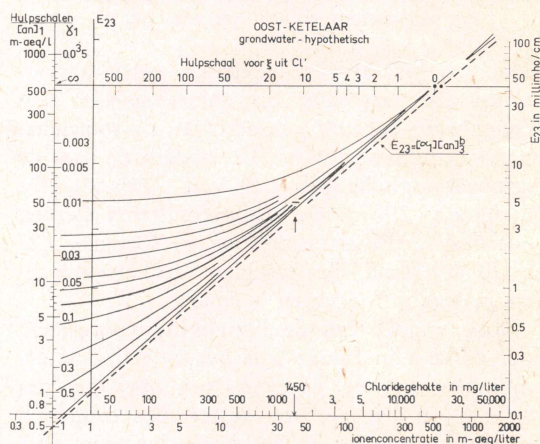


Fig. 7 — Het verband tussen het elektrisch geleidingsvermogen bij 23° C en het chloridegehalte van grondwater (hypothetisch). Met de formule welke voor de groep Oost Ketelaar werd afgeleid werden curven berekend met de anionenconcentratie van de zoetwatercomponent als parameter. Voor deze component werd de Cl' -concentratie gefixeerd gedacht op 0,5 m.aeq. per liter.

• : punten overeenkomend met resp. Cl' -concentratie en anionenconcentratie van zeewater.

The relation between the electrical conductivity at 23° centigrade and the chloride-content of ground-water (hypothetical). With the formula derived for the group of Oost Ketelaar, curves were calculated with the anionic-concentration of the fresh-water component as parameter. For this component the Cl' -concentration was fixed at 0,5 meq/L.

• : points representing resp. the Cl' -concentration and the anionic-concentration of seawater.

op 2 % gesteld kon worden. Op het moment dat de uiterste niveaulijnen een afstand van ± 3 maal deze spreidingsbreedte hebben (in fig. 7 met een horizontaal streepje aangegeven) kan ook in de meer extreme gevallen niet met zekerheid geconcludeerd worden dat een systematische afwijking aanwezig is, met andere woorden alle gevonden verschillen kunnen uit het toeval verklaard worden zodat nu tot een gemiddelde waarde van het chloridegehalte bij een bepaalde gemeten E_t besloten kan worden. In figuur 7 wordt aangegeven dat vanaf een chloridegehalte van tenminste 1450 mg per liter of een Cl^- -ionenconcentratie van 40 m. aeq. per liter een schatting van het voorkomen van chloor uit het elektrisch geleidingsvermogen mogelijk is. Beneden de genoemde waarden wordt de onzekerheid van deze methode te groot zodat dan een titrimetrische chloridebepaling uitgevoerd zal moeten worden.

HET BEPALEN VAN DE MENGVERHOUDING

Wanneer bekend is of althans benaderd kan worden uit welke componenten een monster brakwater is opgebouwd, kan met behulp van (5) een waarde voor de verhouding waarin de componenten voorkomen berekend worden. In principe zou de mengverhouding volgens de gegeven formule uit de concentraties van elk van de ionen berekend kunnen worden. Van der Grient en Beltman geven een aantal voorbeelden van dergelijke berekeningen en tonen tevens aan dat niet in alle gevallen voor ξ eenzelfde waarde gevonden zal worden [1]. Veel hangt er van af of met het betreffende ion uitwisseling heeft plaatsgevonden met andere ionen uit het water of uit de bodem. Het beste voor een berekening van ξ leent zich het Cl^- ion dat namelijk niet in dergelijke uitwisselingen betrokken

wordt. Conclusies uit berekende waarden van ξ kunnen slechts getrokken worden door de stratigrafische opbouw van profiel en andere plaatselijke omstandigheden in de beschouwingen te betrekken.

Ook deze mengverhouding kan als parameter in een figuur opgenomen worden. Uit het tweede lid van (5) volgt namelijk dat indien de concentraties van een bepaald ion I voor de beide componenten bekend, en constant zijn, de mengverhouding nog slechts van $[I]_3$ zal afhangen. Constante waarden voor ξ zullen dus op rechten evenwijdig aan de E_t -as liggen. Met behulp van (5) kan in dat geval een schaal voor ξ berekend worden die kan worden uitgezet op een horizontale as.

In figuur 7 wordt deze schaal gegeven uitgaande van het punt overeenkomend met de Cl^- -concentratie van zeewater.

LITERATUUR

1. Agrohydrologische profielen van Zeeland. Een geologische en hydrolithologische verkenning van de ondergrond van een estuariëengebied tot een diepte van maximaal 40 meter. Dr. N. A. de Ridder, in samenwerking met dr. J. H. van Voorthuysen, dr. J. H. van der Grient, ir. J. H. Beltman en ir. J. A. van 't Leven, 's-Gravenhage, 1957.
2. Deming, W. E.; Ph. D. Statistical Adjustment of Data, 1943.
3. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Salinity Laboratory Staff. Agriculture Handbook No. 60 U.S. department of agriculture, Washington 1954.
4. Leven, ir. J. A. van 't, B. van der Weerd, J. J. Lindenberg. De Landbouwwaterhuishouding in de Provincie Zeeland. C.O.L.N.-T.N.O., rapport no. 10, 1958.
5. Snijders, J. H. Het Landelijk Verziltingsonderzoek na 1956. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, rapport no. 7, 1958.