

Hydrochemie van de freatische waterlaag ten westen van De Panne

VLIZ (vzw)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium
door
L. LEBBE (*) en W. DE BREUCK (**)

64534

SAMENVATTING

Aan een vijftigtal waarnemingsputten in de duinen van de Westhoek, op het strand en in het aangrenzende poldergebied werden watermonsters onttrokken. Deze werden aan een uitgebreide chemische analyse onderworpen. Op grond hiervan werd een beeld van de hydrochemie van het freatische reservoir verkregen.

Uit de vergelijking van het chloride-gehalte van het regenwater met dat van het duinwater werd een voedingscoëfficiënt van 0,38 berekend. De chemische samenstelling van de grondwatermonsters onttrokken vóór en na de storm van 4 januari 1976 op geringe diepte onder de windgeulen werd onderzocht. De mineralisatie van het grondwater werd ook met elektrische boorgatmetingen nagegaan.

RÉSUMÉ

Des échantillons d'eau d'une cinquantaine de puits forés dans les dunes du « Westhoek », sur la plage et dans les polders adjacents ont été soumis à des analyses chimiques extensives. Celles-ci ont fourni une image de l'hydrochimie de la nappe phréatique. Par les comparaisons des teneurs en chlorides de l'eau de pluie et de l'eau souterraine des dunes on a calculé une valeur de 0,38 pour le coefficient d'infiltration. La composition chimique de l'eau à faible profondeur dans les creux de déflation avant et après la tempête du 4 janvier 1976 a été étudiée. La minéralisation de l'eau souterraine a été mesurée par des diagraphies électriques.

(*) L. LEBBE, dr. sc.; aangesteld navorser N.F.W.O., Leerstoel voor Toegepaste Geologie (Prof. dr. W. DE BREUCK), Rijksuniversiteit te Gent, Krijgslaan 271, 9000 Gent.

(**) W. DE BREUCK, dr. sc., gewoon hoogleraar, Leerstoel voor Toegepaste Geologie, Rijksuniversiteit te Gent, Krijgslaan 271, 9000 Gent; hoogleraar, Laboratorium voor Delfstofkunde, Aardkunde en Fysische Aardrijkskunde, Rijksuniversitair Centrum Antwerpen, Groenenborgerlaan 171, 2020 Antwerpen.

SUMMARY

Water samples have been collected in some fifty wells in the dunes of the Westhoek, on the beach and in the adjacent polders. They have been submitted to an extensive chemical analysis. Thus an image of the hydrochemistry of the unconfined aquifer has been obtained. By comparing the chloride content of the rainwater and the groundwater of the dunes a value of 0,38 was computed for the infiltration coefficient. The chemical composition of the groundwater at shallow depth in the blow-outs before and after the storm of January 4, 1976 has been studied. The mineralization of the groundwater has been investigated by means of geo-electrical well logging.

1. INLEIDING

Om een inzicht te verkrijgen in de hydrochemie van het grondwater ten westen van De Panne tot aan de Franse grens werden watermonsters uit 55 waarnemingspunten onderzocht. Sommige putten bevinden zich op eenzelfde plaats doch op verschillende diepten. Bij het onderzoek werden ook boorgatmetingen betrokken. Verder werden analyses uitgevoerd op monsters van regenwater en van zeewater, dat tijdens de storm van 4 januari 1976 langs een windgeul in het gebied binnengedrongen was.

2. HYDROGEOLOGISCHE GESTELDHEID

Het noordelijke gedeelte van het onderzochte gebied (fig. 1) wordt ingenomen door de duinen en het strand ten westen van de oude kern van De Panne. Het omvat het natuurreservaat van de Westhoek, de verkaveling „De Westhoek” en de waterwinning van de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA).

Het golvend duinlandschap bereikt aan de westelijke grens een breedte van 1600 m, aan de oostelijke grens van 2200 m. Tegenover het strand ligt het

VLIZ (vzw)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

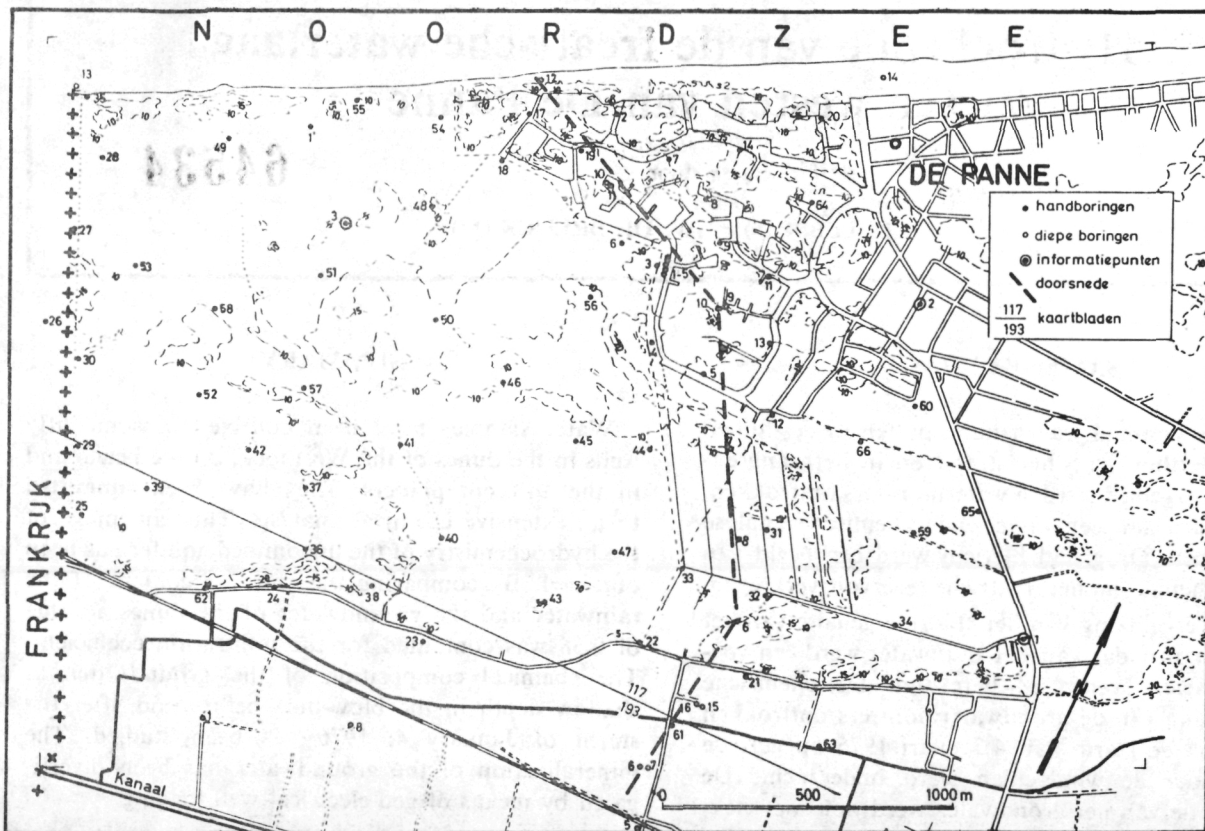


Fig. 1. — Het studiegebied met de aanduiding van de waarnemingspunten en de ligging van de litostratigrafische doorsnede

voorduin waarin zich vier windgeulen ontwikkeld hebben. Achter het voorduin ligt een noordelijke gordel van pannen en paraboolduinen en een zuidelijke gordel van zeer grote pannen en paraboolstructuren, die gescheiden zijn door een van west naar oost verbredend centraal duinmassief (L. CHRISTIAENS, 1976). De pannenvloer ligt meestal tussen + 4,5 en + 6,5 (*), de hoogste gedeelten van de paraboolduinen, het centraal massief en de duinrepen stijgt boven + 15 uit. De hoogste top in het zuiden overschrijdt + 20.

Het strand, hier op zijn breedst langs de Belgische kust, vertoont een patroon van evenwijdige strandruggen gescheiden door lange en smalle zwinen. Bij laag tij ontwateren deze langs min of meer regelmatig verspreide muien. De gemiddelde strandhelling bedraagt er 1,13 %.

Het zuiden van het studiegebied wordt gevormd door de polders. Hierin liggen enkele resten van de Oude Duinen (F. R. MOORMANN, 1951). Het vrijwel vlakke landschap ligt tussen + 3,5 en + 4,5. Het wordt gedraineerd door de Langeleed, die zijn water in de vaart Nieuwpoort-Duinkerke loost.

Met de gegevens van een twintigtal boringen dwars

door het freatisch reservoir werd een litostratigrafische doorsnede (fig. 2) getekend, waaruit duidelijk de gelaagdheid blijkt (L. LEBBE, 1978).

Het freatische reservoir, dat bestaat uit kwartaire afzettingen, is onderaan begrensd door tertiaire zware mariene klei [1] (*). Hierop ligt een laag van middelmatige tot grof middelmatige zanden (2) (*). In de meeste boringen is deze 6 tot 12 m dik. Op die laag komt soms een klei-leemkomplex voor (3). Hierin kan men twee faciësen onderscheiden: een lemige (3.2) tussen - 14 en - 18 met een maximale dikte van 4 m en een kleiige (3.1) tussen - 17 en - 27 met een maximale dikte van 10 m. In het noordelijk deel van het gebied ontbreekt meestal dit complex.

Op de lagen (2) en/of (3) rust middelmatig tot fijn middelmatig zand (4) met lenzen van fijn zand, die leem kunnen bevatten (4.1 tot 4.6).

Tussen + 1 en + 4 ligt een klei-leem-zand-komplex (5) dat lateraal grote faciëswisselingen vertoont: middelmatig tot fijn middelmatig zand (5.3), zeer

(*) Alle peilen zijn aangegeven in meters t.o.v. het nulpunt van het N.G.I. (Tweede Algemene Waterpassing).

(*) De nummers verwijzen naar de litologische eenheden in de figuur 2.

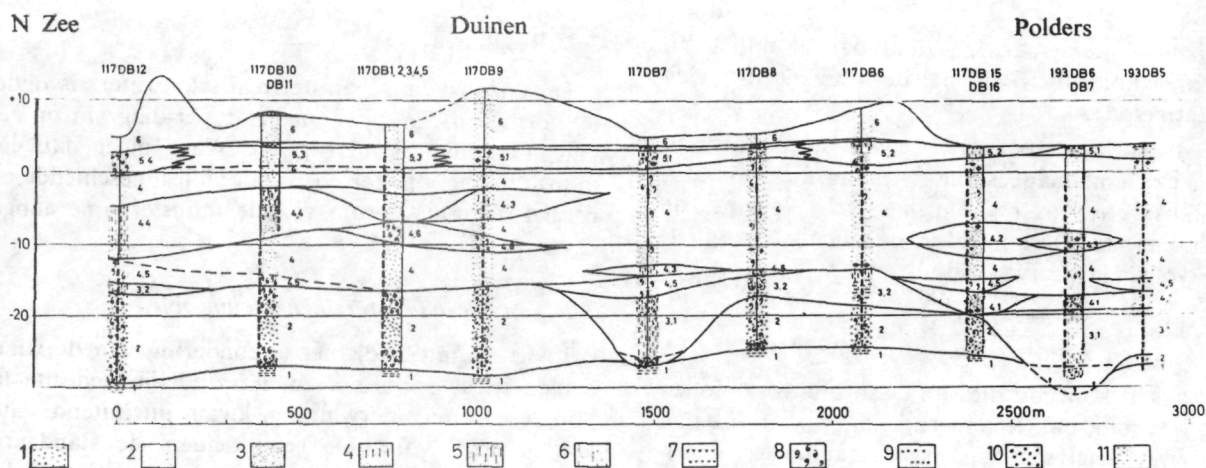


Fig. 2. — Litostratigrafische doorsnede door het studiegebied.

1. grof middelmatig zand,
2. middelmatig zand,
3. fijn middelmatig zand,
4. weinig leemhoudend fijn middelmatig zand,
5. leemhoudend fijn zand,
6. leem,

7. veen,
8. schelpen,
9. humus,
10. grint,
11. klei.

lemig fijn zand met klei- en leemlenzen (5.2) en sterk lemig zand met dunne klei-leemlagen en veen (5.1); onder de duinreep en het hoog strand ligt een bank van roestkleurige schelpen en schelpgruis (5.4) tussen -1 en +4. De laag (5) ligt in de polders aan het oppervlak en vormt in de duinen de basis van de duinzanden (6).

3. HYDROCHEMIE VAN HET GRONDWATER

3.1. Bemonstering, analyse en resultaat

Door het aanbrengen van één of meer afzonderlijke bronbuizen van verschillende lengte, onderaan voorzien van een filterelement, werden de boorgaten uitgebouwd tot waarnemingsputten. Hierdoor kon men op éénzelfde plaats watermonsters op verschillende diepte nemen. De diepte is gekozen op grond van de litologische kenmerken van het reservoirgesteente. Ieder filter is omgeven door een mantel van gekalibreerd zand (0,8-1,25 mm). Bovenaan is die afgesloten door een kleistop. Aldus werd verhinderd dat water uit andere niveaus instroomde.

Het water werd opgepompt met een draaiperspomp, aangedreven door een tweetaktmotor. Hiermee kon men tot op ca. 7 m diepte onder het maaiveld water onttrekken. Het debiet varieerde, afhankelijk van het rustpeil en de permeabiliteit van de watervoerende laag, tussen 0,05 en 1,0 m³/u.

Op het veld bepaalde men de kleur, de troebelheid, de reuk, de smaak en de temperatuur van het water alsook de temperatuur van de lucht.

De buffercapaciteit werd getitreerd met een zuur (HCL, 0,1N) t.o.v. fenolftaleïne (alkalische titer, TA) en t.o.v. een mengindicator van methylrood en bromocresolgroen in isopropanol (totaal alkalische titer TAC). Het gehalte aan agressief CO₂ werd titrimetrisch t.o.v. dezelfde mengindicator bepaald na behandeling met calciumcarbonaat.

De resistiviteit werd in het laboratorium gemeten met een geleidbaarheidsbrug en een elektrode. De temperatuur van het water in het laboratorium werd bepaald met een temperatuurmeter. Men rekende de resistiviteit en de geleidbaarheid om naar de veldtemperatuur. De pH werd gemeten met een pH-meter en een glaselektrode (WTW).

Verder werden bepaald: de verdampingsrest, de verassingsrest, het gehalte aan zwevende stoffen, het gehalte aan organische stoffen en het gehalte aan SiO₂ (mg/l).

De meting van de aardalkalizouten onder de vorm van totale, blijvende en tijdelijke hardheid (°F) gebeurde titrimetrisch met titriplex III en magnesium-titriplex, respectievelijk dinatrium- en dimagnesium-zout en ethyleendiaminetetra-azijnzuur.

De ionenbalans (in mé/l) werd opgesteld voor de kationen: Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺ en NH₄⁺ en de anionen: Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻ en PO₄³⁻.

De chloriden bepaalde men met een chloridometer, de sulfaten gravimetrisch, de nitraten kolorimetrisch volgens de methode van GRANDVAL-LAJOUX; de bicarbonaten en carbonaten berekende men uit de TA en de TAC; verder bepaalde men de nitrieten met de

sulfanilzuur-fenolmetode in ammoniakaal milieu en de fosfaten kolorimetrisch met de molybdeen- en de vanadaatmetode.

Wat de kationen betreft, bepaalde men natrium, kalium, calcium, magnesium en mangaan door atomaire absorptie, ijzer kolorimetrisch volgens de NESSLER-metode. Hierbij voldeed de ionenbalans (mé/l) aan de volgende voorwaarde :

$$\frac{\Sigma \text{ kat.} - \Sigma \text{ an.}}{\Sigma \text{ kat.} + \Sigma \text{ an.}} \times 100 < 5$$

De gewichtskoncentratie van de belangrijkste ionen (in mg/l) alsook enkele andere belangrijke resultaten van de wateranalyses zijn in het aanhangsel opgenomen.

Naargelang van de relatieve samenstelling van de belangrijkste anionen en kationen werden de waters in verschillende groepen onderverdeeld. Deze zijn aangeduid in een Piper-diagram (fig. 3) (G. DE MOOR & W. DE BREUCK, 1969).

3.2. Resultaten

De samenstelling van de freatische waters is onder de vorm van een cijfer uit het Piper-diagram op een kartogram aangeduid (fig. 4). Waar meer dan één monstername op een bepaalde filter geschiedde, is na het cijfer de datum van de monstername aangegeven.

3.2.1. Het grondwater in het duingebied

In het duingebied, met uitzondering van de windgeulen in het noorden en het zuidelijk gedeelte ter hoogte van de waterwinning, kwam uitsluitend water van groep 3 voor. De gemiddelden, de standaardafwijking en de maximum- en de minimumwaarden van de concentraties van de belangrijkste kationen en anionen zijn in tabel 1 weergegeven.

Het zoete tot matig zoete water bevatte relatief veel aardalkaliën ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) : van 80 tot 95 % van de kationen. In de meeste monsters vertegen-

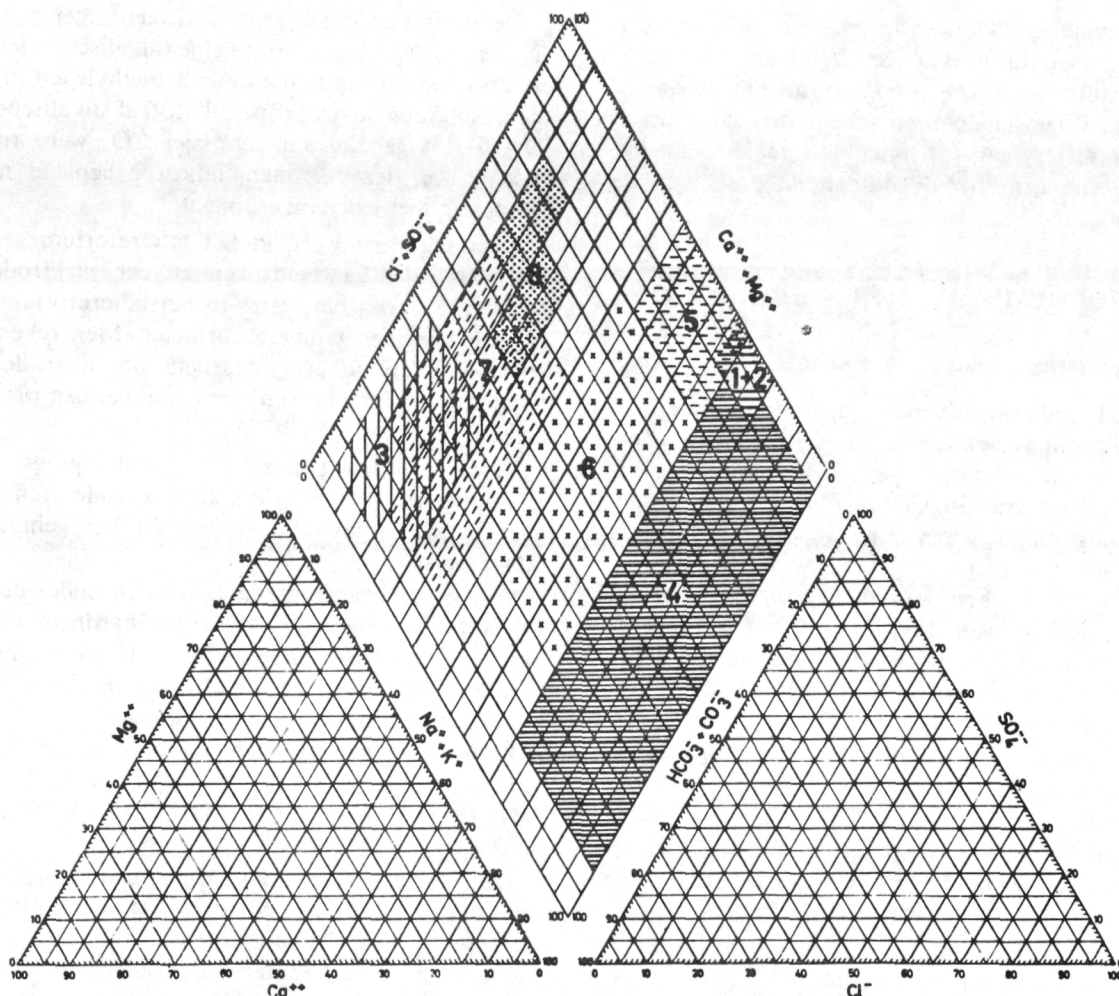


Fig. 3. — Schematische voorstelling van de relatieve ionenverdeling van de watergroepen.

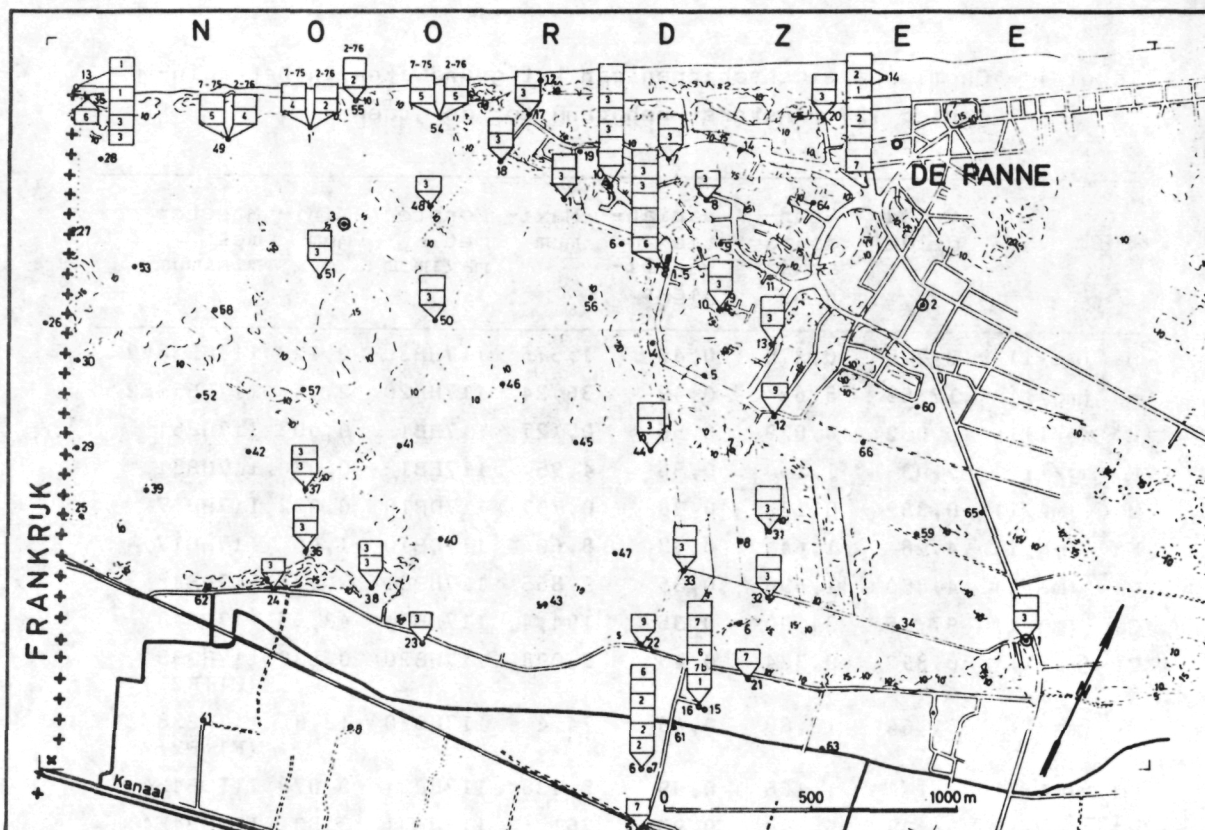


Fig. 4. — Voorkomen van de watergroepen. Op ieder waarnemingspunt geven de vakjes van de schaal een laag van 5 m aan. Het symbool is aangebracht in het vakje dat met de diepte van het watermonster overeenstemt.

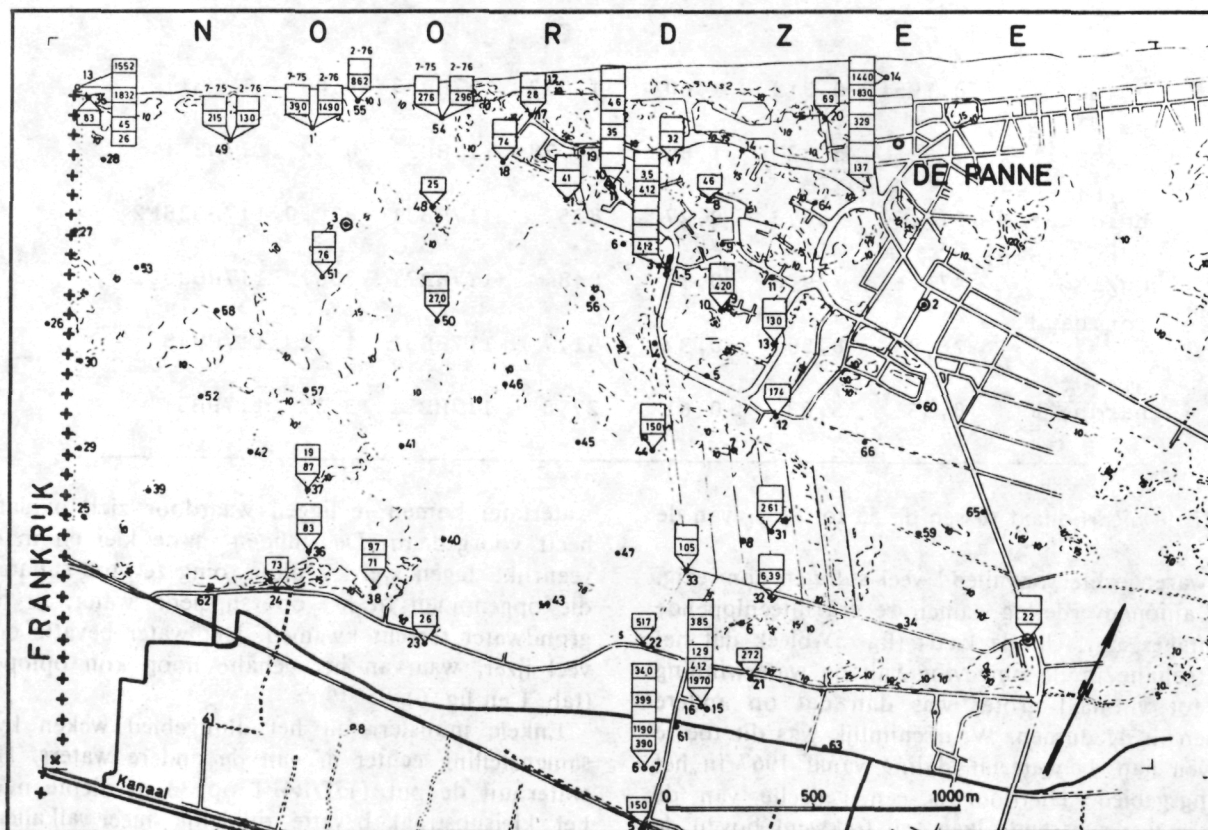


Fig. 5. — Het sulfaatgehalte van het grondwater. Op elke waarnemingsplaats geven de vakjes een laag van 5 m aan. Het sulfaatgehalte is aangegeven in het vakje dat met de diepte van het watermonster overeenstemt.

Tabel 1 - Chemische eigenschappen van het grondwater in het duin-
gebied (27 monsters) behorend tot de groep 3

	Gemid- delde	Stan- daard- afwij- king	Varian- tie koëffi- ciënt	Maxi- mum	Monster met maximum	Mini- mum	Monster met minimum
Na ⁺ (mē/l)	0,785	0,375	0,49	1,576	117HB20	0,120	117HB38F2
Na ⁺ (mg/l)	17,58	8,62	0,49	36,24	117HB20	2,76	117HB38F2
K ⁺ (mē/l)	0,052	0,029	0,56	0,127	117HB1	0,002	117HB51
K ⁺ (mg/l)	2,03	1,15	0,56	4,95	117HB1	0,07	117HB51
Mg ⁺⁺ (mē/l)	0,352	0,135	0,38	0,707	117DB10	0,082	117HB17
Mg ⁺⁺ (mg/l)	4,28	1,64	0,38	8,60	117DB10	1,00	117HB17
Ca ⁺⁺ (mē/l)	4,850	1,698	0,35	9,855	117HB31	2,174	117HB48
Ca ⁺⁺ (mg/l)	97,15	34,00	0,35	194,4	117HB31	43,55	117HB48
Cl ⁻ (mē/l)	0,892	0,384	0,43	2,098	117HB20	0,530	117HB38 (F1+F2)
Cl ⁻ (mg/l)	31,64	13,62	0,43	74,4	117HB20	18,8	117HB38 (F1+F2)
SO ₄ ⁻⁻ (mē/l)	1,175	1,166	0,99	5,438	117HB31	0,073	117DB4F4
SO ₄ ⁻⁻ (mg/l)	56,38	55,99	0,99	261	117HB31	3,50	117DB4F4
HCO ₃ ⁻ (mē/l)	4,232	1,303	0,31	6,180	117HB51	1,920	117HB38F2
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	258,2	79,46	0,31	377,0	117HB51	117,1	117HB38F2
CO ₃ ⁻⁻	-	-	-	-	-	-	-
Fe ⁺⁺⁺ (Fe ⁺⁺) (mē/l)	0,195	0,313	1,60	1,332	117HB33	0,001	117DB11
Fe ⁺⁺⁺ (Fe ⁺⁺) (mg/l)	3,63	5,82	1,60	24,78	117HB33	0,02	117DB11
Geleidbaar- heid μS/cm	516,9	138,3	0,27	825	117HB31	230,0	117HB38F2
Tot. miner. mg/l	472,6	149,8	0,32	848	117HB31	200,3	117HB38F2
Tot. hard. °F	26,86	8,59	0,32	51,7	117HB31	12,2	117HB48
Blijv. hardh. °F	8,56	5,23	0,61	27,8	117HB31	3,32	117HB51

woordigde bicarbonaat tussen de 55 tot 85 % van de anionen.

Er waren echter opvallend veel sulfaten aanwezig. In de anionenverdeling namen ze erg uiteenlopende percentages aan. Uit de kaart (fig. 5) bleek dat het sulfaatgehalte in de omgeving van de waterwinning drie- tot vijfmaal groter was dan dat op andere plaatsen in de duinen. Waarschijnlijk was dit toe te schrijven aan de watertafeldaling vanaf 1967 in het winningsgebied. Hierdoor is een gedeelte van de vroegere watervoerende laag vrij frekwent boven de

watertafel komen te liggen waardoor zich oxidatie heeft voorgedaan. De sulfiden in de klei en in de veenrijke lagen werden aldus omgezet tot sulfaten, die opgenomen in het doorsijpelend water, in het grondwater terecht kwamen. Het water bevatte ook veel ijzer, waarvan het gehalte hoog kon oplopen (tab. I en fig. 6).

Enkele monsters uit het duingebied weken kwa samenstelling echter af van de andere waters. Het water uit de put 117DB4F1 op 33 m diepte nabij het kleisubstraat bevatte duidelijk meer alkaliën :

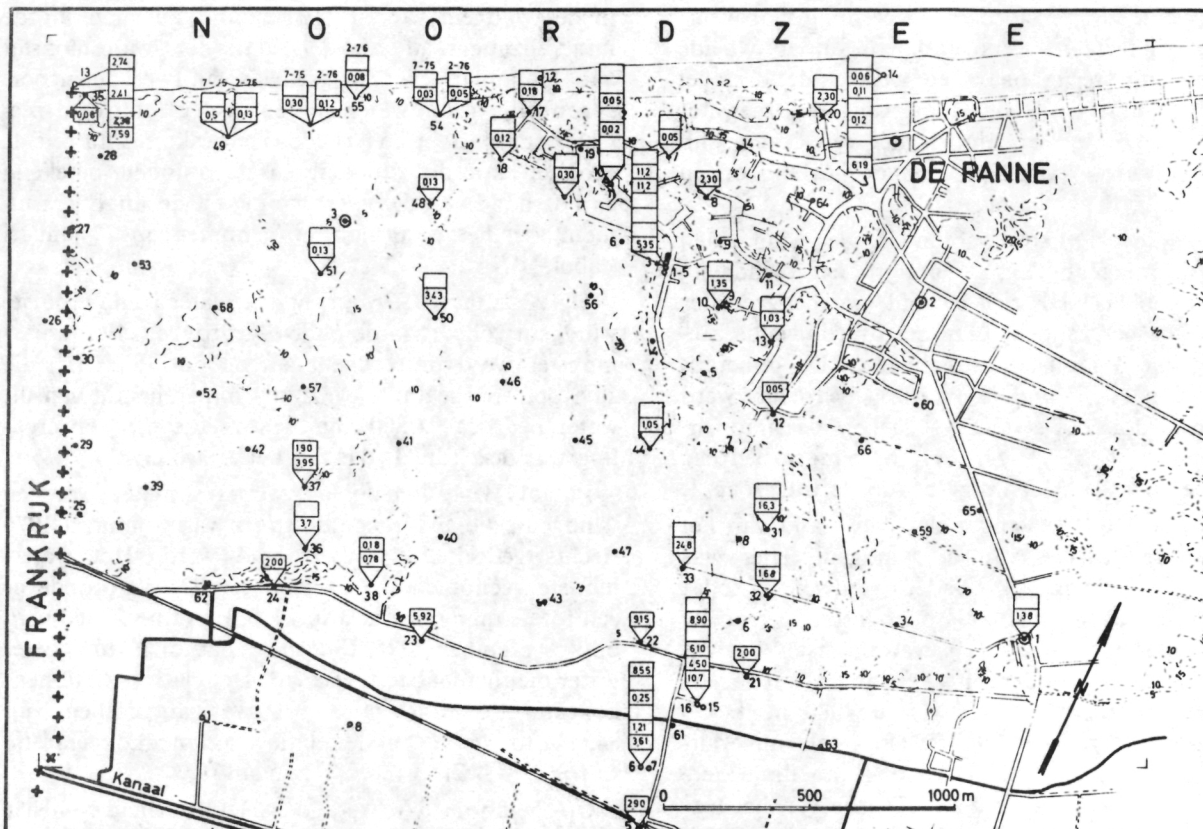


Fig. 6. — Het ijzergehalte in het grondwater. Op elke waarnemingsplaats geven de vakjes een laag van 5 m aan. Het ijzergehalte is aangebracht in het vakje dat met de diepte van het watermonster overeenstemt.

$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ vormden 43 % van de kationen. Het watermonster uit put 117HB12 op een geringe diepte, 5 tot 6 m, vertoonde eveneens een opvallend hoog gehalte aan alkaliën.

3.2.2. Het grondwater van het strand en de windgeulen

Het water onder het strand en onder de windgeulen wisselde sterk in mineralisatiegraad en onderscheidde zich door zijn relatieve ionenverdeling duidelijk van het grondwater in het duingebied.

Op het strand nabij de hoogwaterlijn werden twee diepe boringen uitgevoerd. De boring 117DB13, ter hoogte van de Frans-Belgische grens, en de boring 117DB14, aan de oostelijke grens van het studiegebied, werden ieder voorzien van vier bronbuizen zodat het mogelijk was op vier verschillende diepten grondwater te onttrekken.

De putten 117DB13F4, 117DB13F3, 117DB14F4 en 117DB14F3, respectievelijk op + 0,6, — 8,4, + 1,2 en — 7,3, bevatten matig zout water met 21.000 mg/l zout. De relatieve kationenconcentratie was ongeveer zoals die van zeewater. Bij de kationen bereikten $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ circa 80 % en bij de anionen haalden $\text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-$ circa 99 %. De mgca-verhouding va-

rieerde tussen de 400 en 550 en de socl-verhouding tussen 10 en 11,6.

De put 117DB14F2 op — 12,3 bevatte brak water met een mineralisatiegraad van 5000 mg/l. De relatieve kationenconcentratie werd gekenmerkt door 75 % $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ en de relatieve anionenconcentratie door 94 % $\text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-$. De mgca-verhouding bedroeg 200 en de socl-verhouding 97.

De putten 117DB13F2, 117DB13F1 en 117DB14F1, respectievelijk op — 15,4, — 21,1 en — 29,8, bevatten water met dezelfde eigenschappen als het water in het duingebied.

Aan de duinvoet en in de windgeulen werden watermonsters op twee tijdstippen genomen. In de putten 117HB35, 117HB54, 117HB1' en 117HB49 geschiedde dat in september 1975. De waters uit de filters 117HB35 en 117HB1' behoorden respectievelijk tot groep 6 en 4. Het waren zwak zoete waters met een mineralisatiegraad van 850 mg/l. De waters uit de filters 117HB49 en 117HB54 behoorden tot groep 5. Het waren brakke waters met een mineralisatiegraad van respectievelijk 2850 en 4000 mg/l.

Op 3 en 4 januari 1976 ging het springtij gepaard met een hevige storm uit noordwestelijke richting.

Hierdoor bereikte de vloed een zeer hoog peil waardoor de windgeulen overstroomden. Bij eb vloede niet alle water terug naar zee wegens de drempel voor de windgeulen. Het achtergebleven zeewater sijpde traag in de bodem en liet een laagje slib achter. Na verloop van tijd droogde het slib op en vormde fijne polygonale plaatjes.

Op 15 januari 1976 werden in de windgeulen watermonsters genomen. In de grootste windgeul, waarin de put 117HB1' zich bevond, was het zeewater niet volledig weggesijpeld. Van het overblijvende zeewater werd een monster geanalyseerd. De mineralisatie bedroeg 24.450 mg/l. De kationenverdeling werd gekenmerkt door 81 % $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ en de anionenverdeling door 99,5 % $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}$. De mgca bedroeg 450 en de soel 9,4. Het water behoorde tot groep 1.

De put 117HB54 bevond zich op de rand van het overstroomde gedeelte van de windgeul. Hier was alle zeewater volledig in de bodem verdwenen, zodat alleen het uitgedroogde slib het overstroomde gedeelte van de windgeul aangaf. Het watermonster dat op 15 januari 1976 uit deze filter genomen werd, vertoonde een totale mineralisatie van 4080 mg/l. De putfilter bevond zich op — 0,2. De totale mineralisatie en de relatieve ionenverdeling van dit watermonster waren ongeveer dezelfde als die van het watermonster genomen in de maand september 1975. Hieruit kon men besluiten dat gedurende de periode van september 1975 tot januari 1976 noch zeewater, noch regenwater of duinwater zich met het water op dat peil vermengd had.

Het watermonster van 15 januari 1976 uit de put 117HB55 had een totale mineralisatie van 11.050 mg/l. De relatieve kationenverdeling werd gekenmerkt door 75 % $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ en de relatieve anionenverdeling door 97,6 % $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}$.

In de veronderstelling dat het water in 117HB55 op het peil — 0,3, dezelfde samenstelling had als dat in 117HB54 juist voor de storm en dat het geïnfiltreerde zeewater dezelfde samenstelling had als dat

in de windgeul van 117HB1' dan kan men uit de mineralisatiegraad afleiden dat het watermonster van 15 januari een mengsel was van twee delen oorspronkelijk grondwater en één deel geïnfiltreerd zeewater. Er bestaat een goede overeenkomst tussen de gehalten van de kationen en de anionen berekend aan de hand van deze verhouding en de analyseresultaten van het watermonster genomen op 15 januari (tabel II).

Op 23 januari 1976 was het zeewater in de grootste windgeul volledig in de bodem gedrongen. Een watermonster werd onttrokken aan de put 117HB1', die zich op + 2 bevindt. De totale mineralisatie van dit water bedroeg 21.800 mg/l. De relatieve ionenverdeling was dezelfde als die van het zeewater.

Put 117HB49 ligt op een twintigtal meters van een windgeul, die gedurende de storm van 3 januari 1976 slechts gedeeltelijk overstroomd werd. Het watermonster genomen op 23 januari 1976 vertoonde er een totale mineralisatie van 1410 mg/l t.o.v. 2860 mg/l op 1 september 1975. Sindsdien had zich dus zoeter water met het laatste vermengd. De relatieve kationenconcentratie van $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ was afgenomen van 84,6 % tot 76,9 % en de relatieve anionenconcentratie van $\text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-$ van 90,2 % naar 79,7 %.

Op 21 april 1976 werd de geleidbaarheid van het opgepompte water uit de vier putten, in de windgeulen opgemeten. Hieruit bleek dat de mineralisatiegraad in filter 117HB54 gestegen was, in 117HB55 gelijk gebleven, in 117HB1' gedaald en in 117HB49 licht gedaald tijdens de periode eind januari tot 21 april.

3.2.3. Het grondwater in het poldergebied

In de polders en aan de zuidelijke rand van het duingebied ter hoogte van de waterwinning werden op geringe diepte waters behorende tot de groep 7 of groep 6 aangetroffen.

De watermonsters uit de putten 117HB21, 117DB16F4, 193DB5F2 behoorden tot groep 7. De

TABEL II
Resultaten van de wateranalyse 117HB55 en het mengwater (2/1)

Kationen	Wateranalyse 117HB55	Mengwater (2/1)	Anionen	Wateranalyse 117HB55	Mengwater (2/1)
Na^+ (mé/l)	141	143	Cl^- (mé/l)	166	170
K^+ (mé/l)	1,87	2,38	SO_4^{--} (mé/l)	17,95	17,95
Mg^{++} (mé/l)	26,03	27,40	HCO_3^- (mé/l)	3,99	3,42
Ca^{++} (mé/l)	20,45	17,21			

totale mineralisatiegraad schommelde omstreeks 1200 mg/l. Bij de relatieve kationenconcentratie haalden $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 20 %. De relatieve anionenconcentratie werd hier ook gekenmerkt door het hoge sulfaatgehalte dat 20 en 50 % bedroeg. De waters waren dus van de sulfaatrijke variëteit van de groep 7.

Het water uit 117HB22 vertoonde een gelijkaardige concentratie aan Na^+ , Mg^{++} , Cl^- , HCO_3^- -ionen als de voorgaande monsters maar bevatte meer SO_4^{--} , Ca^{++} en K^+ . Hieruit kon men afleiden dat het oorspronkelijke water eveneens tot de subgroep 7 behoorde, maar dat het aangerijkt was door zouten uit kunstmeststoffen, nl. K^+ , Ca^{++} en SO_4^{--} .

In put 193DB6, nabij een afwateringsgracht, behoorde het ondiepe water tot groep 6, met een mineralisatiegraad van 1900 mg/l. In het water waren 67 % van de kationen alkaliën. Het relatieve anionen-gehalte werd gekenmerkt door 73 % $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}$ en 27 % HCO_3^- .

De waters uit de diepere putten van 193DB6 bevatten 77 % $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ en 92 % $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}$. Het waren waters van de groep 2. Het water van — 16,2 was het meeste gemineraliseerd: 15.700 mg/l. De mgca-verhouding bedroeg 363. Het water behoorde tot groep 2. Het water van de putten F1 en F3, respectievelijk op — 9,7 en — 24,7, vertoonden een lagere mineralisatiegraad: 6000 mg/l. De verhouding mgca lag rond 200. De waters behoorden tot groep 2. De zoet-zoutwatergrens lag hier dus zeer ondiep.

In 117DB16, op nauwelijks 300 m van 193DB6, lag de zoet-zoutwatergrens zeer diep, bijna op het kleisubstraat. Het water uit put 117DB16F3 op — 9,2, vertoonde een totale mineralisatie van 2100 mg/l. De relatieve kationenverdeling werd gekenmerkt door 65 % $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ en de relatieve kationenverdeling door 78 % $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}$. Het water behoorde tot groep 6. Het water uit put 117DB16F2, op — 17,7 daarentegen had een geringe mineralisatiegraad: 640 mg/l. De anionenverdeling bevatte 19 % $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}$. Het water behoorde tot de bicarbonaatrijke variëteit van de groep 7. Het kwam voor boven de zoet-zoutwatergrens. Het water van de put 117DB16F1 op — 23,8, vertoonde een hoge mineralisatiegraad: 25.000 mg/l. De relatieve kationenverdeling werd gekenmerkt door 77 % $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ en de relatieve anionenverdeling door 96 % $\text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-$. Het was duidelijk een zout water van de groep 1.

4. HYDROCHEMIE VAN HET REGENWATER

4.1. Monsternamen en analyseresultaten

Het regenwater werd nabij de put 117IP1 opgevangen in een bekken met een opening van 0,275 m².

Deze bevond zich op ca. 25 cm boven het maaiveld. Het opgevangen water bleef na een regenval soms in het bekken staan waardoor een gedeelte kon verdampen. Op regelmatige tijdstippen werd de hoeveelheid water opgemeten. Bij iedere monsternamen werd de inhoud van het vergaarbekken geledigd.

Van ieder regenwatermonster werd het chloride- en het sulfaatgehalte en de geleidbaarheid bepaald. Op het monster opgevangen van 25 januari 1975 (10 u. 30) tot 1 februari 1975 (11 u. 00), werd een volledige analyse uitgevoerd.

De uitslagen van de analyse alsook de tijdstippen van monsternamen zijn in tabel 3 samengevat.

4.2. Voedingscoëfficiënt van de freatische laag afgeleid uit de hydrochemie van het regenwater en van het grondwater

Door vergelijking van het chloridegehalte van het regenwater met dat van het grondwater kan men (H. SCHOELLER, 1962) de voedingscoëfficiënt van een watervoerende laag bepalen. De voedingscoëfficiënt A_p van een waterlaag geeft aan welk gedeelte van het regenwater de watervoerende laag bereikt:

$$I = A_p \times P$$

waarin I , de hoeveelheid water die de watervoerende laag bereikt en P , de neerslag is.

Volgens SCHOELLER, H. (1962) berekent men het chloridegehalte van het grondwater als volgt:

$$C_g = \frac{(1 - R) C_p}{A_p} + \frac{r + rt}{P \times A_p}$$

waarbij

- C_g , het chloridegehalte van het grondwater in mg/l;
- C_p , het chloridegehalte van het regenwater in mg/l;
- $r + rt$, de opgeloste chloorionen afkomstig van de aëratiezone gedurende de infiltratie en van de saturatiezone gedurende de stroming in de watervoerende laag;
- R , de afvloeicoëfficiënt;
- A_p , de voedingscoëfficiënt;
- P , de neerslag in mm.

SCHOELLER (1961) neemt aan dat in een watervoerende laag, zoals de zanden van de Landes, de hoeveelheid opgeloste chlorideionen, afkomstig van het terrein, te verwaarlozen is. De afvloeicoëfficiënt kan aan nul gelijk gesteld worden. De voorgaande formule wordt aldus:

$$C_g = \frac{C_p}{A_p}$$

Tabel 3 - Uitslagen van de analyses van regenwater opgevangen nabij de watertoren te De Panne (1974-1977)

Periode				Hoeveelheid opgevangen water (l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻⁻ (mg/l)	Geleid- baar- heid (μ S/cm)
van		tot					
4u30	27.11.74	11u00	30.11.74	3,5	27,6	18,0	105
11u00	30.11.74	16u30	01.12.74	1,0	11,1	11,5	33
16u30	01.12.74	19u00	04.12.74	0,5	12,6	23,9	69
19u00	04.12.74	18u00	08.12.74	0,8	20,7	35,0	108
18u00	08.12.74	11u00	14.12.74	3,8	27,9	10,3	104
11u00	14.12.74	10u30	21.12.74	1,6	20,5	30,5	138
10u30	21.12.74	11u00	25.12.74	0,75	13,8	21,9	76
11u00	25.12.74	13u00	27.12.74	5,2	14,6	35,8	37
20u00	29.12.74	10u00	13.01.75	1,2	22,6	53,9	188
10u00	13.01.75	11u00	18.01.75	4,4	10,0	12,8	34
11u00	18.01.75	17u30	19.01.75	1,15	12,2	14,8	40
17u30	19.01.75	10u30	25.01.75	8,6	11,0	6,0	59
10u30	25.01.75	11u00	01.02.75	8,5	9,6	6,6	43
11u00	01.02.75	13u00	15.02.75	3,7	11,0	7,4	59
13u00	15.02.75	14u30	27.02.75	2,5	9,2	15,8	77
14u30	27.02.75	14u00	08.03.75	4,05	8,1	8,9	48
14u00	08.03.75	14u00	15.03.75	2,45	10,9	8,7	79
14u00	15.03.75	14u30	22.03.75	9	19,4	18,5	88
14u30	22.03.75	15u30	31.03.75	10,05	11,6	11,5	43
15u30	31.03.75	16u00	05.04.75	2,5	15,4	12,7	52
16u00	05.04.75	11u00	22.04.75	7,8	15,3	42,3	91
11u00	22.04.75	12u00	20.05.75	6,5	16,0	18,0	95
14u00	20.05.75	15u00	23.06.75	8,2	46,0	10,1	139
15u00	23.06.75	13u30	25.06.75	3,1	54,5	109,4	310
13u30	25.06.75	15u30	10.07.75	1,6	14,8	14,8	199
15u30	16.07.75	19u00	22.07.75	0,55	9,4	13,4	95
19u00	22.07.75	10u00	01.08.75	0,9	12	16,9	144
10u00	01.08.75	15u30	22.08.75	11,4	7,2	9,3	35
15u30	22.08.75	13u45	12.09.75	4,9	10,8	5,8	52
13u45	12.09.75	14u55	15.09.75	10,25	16,2	0,2	64
14u55	15.09.75	15u00	04.10.75	10,2	13,7	7,8	144
15u00	04.10.75	14u30	02.12.75	43,8	-	-	-
14u30	02.12.75	14u45	13.12.75	10,6	-	-	-
14u45	13.12.75	13u30	22.03.76	16,5	-	-	-
13u30	22.03.76	15u15	18.09.76	27	12,5	17,5	74
15u15	18.09.76	17u00	26.09.76	1,6	6,4	12,0	81
17u00	26.09.76	16u30	06.10.76	10,0	5,0	24,1	40
16u30	06.10.76	18u30	16.10.76	1,6	14,6	8,0	110
18u30	16.10.76	11u10	01.11.76	6,3	9,0	13,2	56
11u10	01.11.76	12u30	28.11.76	18,8	9,3	7,0	45
12u30	28.11.76	16u00	04.12.76	7,7	10,9	4,1	40
16u00	04.12.76	10u30	09.12.76	2,8	13,8	8,7	54
10u30	09.12.76	16u00	18.12.76	1,2	13,0	28,4	117
16u00	18.12.76	16u00	05.01.77	4,6	7,9	8,7	35

De factoren $r + rt$ en R kunnen voor de water-voerende laag van de duinen van de Westhoek gelijk gesteld worden aan die van de zanden van Landes. Zo wordt dan ook de bovenstaande formule in het studiegebied geldig.

Voor de ganse meetperiode (tab. III) stelt men vast dat de 225,25 l water 3146,97 mg Cl⁻-ionen bevatte d.i. gemiddeld 13,97 mg/l.

In de periode van december 1974 tot en met december 1976 werd op de luchtmachtbasis van Koksijde een neerslag van 1240 mm gemeten. In dezelfde periode werd 289,25 l verzameld in een vergaarbekken met een opening van 0,275 m²; dit stemt overeen met een neerslag van 1051,8 mm. Hieruit kan men afleiden dat van het in het bekken opgevangen water er 15,18 % verdampt zijn.

Het chloridegehalte dient dus omgerekend te worden naar 262,02 l i.p.v. 222,25 l. Het gemiddelde chloridegehalte van het regenwater bedroeg dus 12,01 mg/l.

Uit tabel I blijkt dat het gemiddelde chloridegehalte van het duinwater gelijk is aan 31,64 mg/l. De voedingscoëfficiënt volgens SCHOELLER is dan :

$$Ap = \frac{C_p}{C_g} = \frac{12,01}{31,64} = 0,380$$

Dit getal komt tamelijk goed overeen met de voedingscoëfficiënt bepaald volgens de methode van PENMAN (L. LEBBE, 1978).

4.3. Herkomst van de belangrijkste ionen in het duinwater

Vertrekkend van de voedingscoëfficiënt kan men aan de hand van een volledige analyse van het regenwater en de gemiddelde concentraties van de ionen de herkomst van de belangrijkste ionen in het duinwater (tab. IV) trachten te achterhalen.

5. ELEKTRISCHE BOORGATMETINGEN

Op regelmatige diepte-intervallen werd in het boorgat de resistiviteit van het water in het boorgat en de resistiviteit van het omgevende gesteente gemeten. Dit geschiedde in boorgaten die over de ganse lengte voorzien waren van een filterbuis met een diameter van 90 mm. De resistiviteit van het gesteente werd gemeten met een „normale opstelling”. De resistiviteit van het water in het boorgat werd op verschillende diepten gemeten met een resistiviteitscel van TNO.

Metingen werden uitgevoerd in vier boorgaten in de duinen, in vier boorgaten in de polders en in één boorgat op de hoogwaterlijn. Op grond hiervan werd een resistiviteitsprofiel opgesteld (fig. 7).

Hieruit bleek dat in het duingebied de mineralisatie van noord naar zuid lichtjes toeneemt. Tot het peil — 20 bleef de mineralisatie vrij stabiel om dieper enigszins toe te nemen. De verhouding van de resistiviteit van het gesteente t.o.v. de resistiviteit van het

TABEL IV

Herkomst van de belangrijkste ionen in het grondwater van het duingebied

Kationen	uit neerslag	uit sediment	Anionen	uit neerslag	uit sediment
Na ⁺	± 55 %	± 45 %	Cl ⁻	± 100 %	± 0 %
K ⁺	± 50 %	± 50 %	SO ₄ ²⁻	± 45 %	± 55 %
Mg ⁺⁺	± 35 %	± 65 %	HCO ₃ ⁻	± 0 %	100 %
Ca ⁺⁺	± 10 %	± 90 %			
Fe ⁺⁺ + Fe ⁺⁺⁺	± 0 %	100 %			

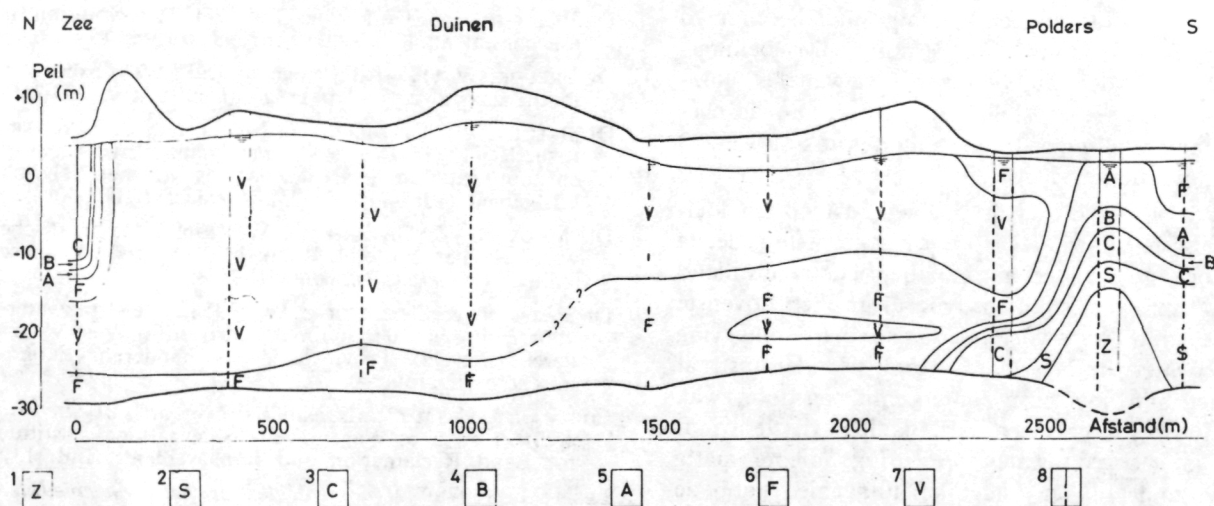


Fig. 7. — Resistiviteitsprofiel door het studiegebied (in Ωm).

1. $1,25 < \rho_t < 1,25$
2. $1,25 < \rho_t < 2,5$
3. $2,5 < \rho_t < 5$
4. $5 < \rho_t < 10$

5. $10 < \rho_t < 20$
6. $20 < \rho_t < 40$
7. $40 < \rho_t$
8. putfilter.

water in het boorgat op éénzelfde diepte ρ_w/ρ_t bedroeg 2,6 voor de middelmatige tot fijn middelmatige zanden (4) en 3,2 voor de middelmatige tot grof middelmatige zanden (2).

In de polders stelde men een sterke wisseling van de mineralisatiegraad van het grondwater vast. Hier werd tweemaal gemeten (september 1976 en maart 1977), respectievelijk bij een lage en hoge waterstand. De resistiviteit van het water in het boorgat met volledige filter varieerde sterk naargelang van het seizoen. Op het einde van de droge periode was de mineralisatie van het water op alle diepten het grootst. De overgangszone van zoet naar zout water in het boorgat vertoonde seizoenschommelingen. Op het einde van het droge seizoen bevond deze overgangszone zich het hoogst en had tevens de grootste uitbreiding. Op het einde van het natte seizoen was de overgangszone in het boorgat naar beneden verplaatst; de dikte ervan was zodanig afgenomen dat de overgang van zoet naar zout water tamelijk scherp was. De zoet-zoutwater overgangszone was in de watervoerende laag zelf eerder stabiel. De seizoenschommelingen van de zoet-zoutwater overgangszone in een boorgat met volledige filter is toe te schrijven aan de stijghoogteverschillen tussen het bovenste en onderste gedeelte van de watervoerende laag. Deze vertonen een seizoenaal karakter als gevolg van de seizoenschommelingen van de infiltratie en de aard en opbouw van het reservoirgesteente.

6. BESLUIT

Het grondwater in het duingebied behoort meestal tot groep 3 en kan als een primair water beschouwd worden. Het is geïnfilteerd regenwater. De voedingscoëfficiënt van de watervoerende laag van het duingebied van de Westhoek kan op grond van de chemische samenstelling op 0,38 (methode van SCHOELLER) geraamd worden.

Het zoet water in het duingebied rust op het klei-substraat. Het duinwater is voor het grootste gedeelte matig zoet en bevat veel aardalkaliën. Het is opvallend rijk aan ijzer en sulfaten, vooral in het bovenste gedeelte van de watervoerende laag en in de omgeving van het waterwinningsgebied. Nabij het klei-substraat bevat het duinwater meer zouten en is daardoor zwak zoet. Het bevat er meer aardalkaliën. In de windgeulen is het grondwater op geringe diepte matig zoet tot zout. In het zuidelijke duingebied nabij de waterwinning, heeft het water in het bovenste gedeelte van de watervoerende laag dezelfde kwaliteit als dat van het ondiepe water in de polders (groep 7).

Op het strand is de watervoerende laag bovenaan

verzilt. Ze bevat waters van groep 1 en 2. Afkomstig van de zee, die het strand periodisch overstroomt, zijn ze als primaire waters te beschouwen. In het onderste gedeelte van de watervoerende laag stroomt zoet duinwater in de richting van de zee. Ertussen bevindt zich een zout-zoetwaterovergangszone die dieper blijkt te liggen in het oostelijke deel van het studiegebied dan in het westelijke. Dit is vermoedelijk te verklaren door de afpompings in dit deel, die de zeewaartse stroming beperkt. Het zoute water en het water in de overgangszone stromen eveneens in de richting van de zee. De onderste zoutwaterwig, komt waarschijnlijk zeewaarts van de hoogwaterlijn voor.

Op sommige plaatsen in de polders o.m. in de nabijheid van afwateringsgrachten, komt op geringe diepte matig brak water voor en bestaat er een opwelling van de zout-zoetwaterovergangszone (193DB6-7). De waters in de diepere lagen van de polders vertonen een sterke wisseling in mineralisatie, zowel in verticale als in horizontale zin. Deze verspreiding wordt bepaald zowel door litologische als door hydrologische factoren. De verspreiding van de verschillende waters is eerder stabiel. De beweging in de zoet-zoutwaterovergangszone geschiedt uiterst traag (H. J. EDELMAN, 1972). Alleen een studie over een grote tijdspanne zou een beweging in de zoet-zoutwaterovergangszone kunnen aantonen.

REFERENTIES

- CHRISTIAENS, L. (1976). *Luchtfotografische studie van de evolutie van de kust ten westen van De Panne en tussen Bredene en Wenduine*, p. 40. Gent : Geologisch Instituut — Rijksuniversiteit. (Verh. Lic. Aard- en Delfstofk.).
- DE BREUCK, W. & DE MOOR, G. (1974). The evolution of the coastal aquifer of Belgium. *SWIM* 4, 158-176.
- DE BREUCK, W. (1974). Hydrogeological SWIM-excursion to the coastal region of Belgium. *SWIM* 4, 202-215.
- DE BREUCK, W., DE MOOR, G., MARECHAL, R. & TAVERNIER, R. (1974). Diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de freatische laag van het Belgisch kustgebied (1963-73). *SWIM* 4, kaart 1/100.000.
- DE MOOR, G. & DE BREUCK, W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. *Natuurwet. Tijdschr.* 51, 3-68.
- DE PAEPE, J. & DE BREUCK, W. (1958). De drinkwatervoorziening van de landbouwbedrijven in West-Vlaanderen (Brugge). Provincie West-Vlaanderen (Economische monografieën).
- EDELMAN, J. H. (1972). *Groundwater hydraulics of extensive aquifers*. p. 216. Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement. (Bul. 13).
- LEBBE, L. (1978). *Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne*. 164 p. Gent : Geologisch Instituut (Verh. Dr. Aard- en Delfstofk.).
- MOORMANN, F. R. (1951). De Bodemgesteldheid van het Oudland van Veurne-Ambacht. *Natuurwet. Tijdschr.* 33, 3-124.

AANHANGSEL

Analyses van regenwater en grondwater uit de Westhoek

Analyse nr.	Datum	Peil filter	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Tot.Fe mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	CO ₃ ⁻⁻ mg/l	Tot.min. mg/l	Tot.min. mē/l
Regenwater														
117/ R1	01.02.75	-	2,94	0,32	3,27	0,47	0,02	9,60	6,59	0	0	0	24,13	0,796
Water in de duinen														
117/ HB1F1	22.04.75	-3,2	11,33	4,95	66,13	4,03	0,30	33,33	40,79	0	153,11	0	314,29	8,575
HB7F1	20.03.75	+1,8	13,75	1,65	56,71	6,35	0,05	28,50	31,72	0,15	161,04	0	300,27	8,116
HB8F1	29.04.75	+2,8	30,50	2,42	109,68	5,83	2,30	65,20	45,94	0,07	308,66	0	583,10	16,036
HB10F1	12.05.75	+4,6	9,25	1,75	105,85	4,02	1,35	27,60	41,26	0,01	280,60	0	472,47	12,400
HB12F1	21.07.75	+2,8	169,0	4,25	127,75	5,27	0,05	146,60	174,07	0,62	423,34	0	1051,89	29,018
HB13F1	22.04.75	+3,7	31,70	2,29	143,88	5,18	1,03	41,93	130,19	0,13	330,01	0	691,62	18,692
HB17F1	20.03.75	0	19,5	1,75	72,83	1,00	0,18	42,90	28,22	0,04	173,85	0	340,64	9,284
HB18F1	23.06.75	+0,7	25,6	1,50	75,81	5,96	0,12	40,00	73,75	0,33	159,21	6	388,69	10,928
HB20F1	30.04.75	+1,5	36,25	2,90	87,10	5,95	2,30	74,40	68,60	0,44	168,97	0	448,29	12,885
HB23F1	12.05.75	-0,6	10,25	2,30	91,94	3,93	5,92	24,00	26,16	0,07	292,80	0	465,15	12,128
HB24F1	22.04.75	+0,5	15,75	4,70	108,07	4,68	2,00	29,27	72,72	0,07	308,05	0	554,74	14,531
HB31F1	30.04.75	-1,3	12,00	2,10	197,40	5,80	16,30	30,20	261,00	0,01	320,86	0	848,09	23,450
HB32F1	22.04.75	-1,5	5,50	1,20	75,81	2,88	1,68	19,40	6,39	0,03	233,63	0	347,03	8,926
HB33F1	30.04.75	-1,4	16,25	3,85	125,17	5,45	24,78	32,80	105,47	0,06	345,26	0	653,21	17,796
HB36F1	04.06.75	+1,2	21,25	1,50	100,01	3,34	3,65	28,13	83,43	0,10	241,56	0	457,29	13,113
HB37F1	04.06.75	+1,3	7,00	1,00	69,36	2,42	3,95	16,93	18,54	0,03	207,40	0	329,25	8,588
HB37F2	04.06.75	+3,5	19,50	2,00	130,49	3,87	1,90	49,80	86,52	0,09	274,50	0	571,32	15,645
HB38F1	17.03.75	+0,5	22,0	2,25	111,80	3,92	0,78	18,80	71,28	0,02	313,54	0	545,92	7,177
HB38F2	17.03.75	+4,7	2,75	0,40	46,99	1,08	0,18	18,80	9,68	0,08	117,12	0	200,33	5,395
HB44F1	23.06.75	+0,9	16,10	1,20	153,24	5,62	1,05	33,00	149,76	0,03	311,10	0	673,38	18,165

Analyses van regenwater en grondwater uit de Westhoek

Analyse nr.	Datum	pH	TAC	SiO ₂ mg/l	Temp. water °C	Tot.hard. °F	Blijv. hard. °F	mgca	socl	100 (Na ⁺ +K ⁺) Kationen	100 (HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ⁻⁻) Anionen	Geleidb. μS/cm (bij 10°C)
Regenwater												
171R1	01.02.75	7,4	0	0,06	4,7	1,01	1,00	23,9	50,6	40,2	0	43,1
Water in de duinen												
117/ HB1F1	22.04.75	7,8	12,55	4,01	10,7	18,33	7,65	10,0	90,3	14,6	58,4	383
HB7F1	20.03.75	7,8	13,20	4,25	10,6	16,77	6,10	18,4	82,2	16,0	64,3	355
HB8F1	29.04.75	7,4	25,30	7,59	10,2	30,12	8,77	8,7	52,0	18,9	64,4	643
HB10F1	12.05.75	7,3	23,00	6,01	10,5	28,23	6,82	6,3	110,5	7,4	73,7	506
HB12F1	21.07.75	7,7	34,70	7,22	12,3	34,62	13,28	6,8	87,7	52,3	47,2	1646
HB13	22.04.75	7,3	27,05	8,82	10,7	38,55	13,76	5,9	229,4	15,9	58,1	729
HB17F1	20.03.75	7,4	14,28	6,00	10,6	18,67	6,22	2,3	48,6	19,4	61,3	423
HB18F1	23.06.75	8,2	14,05	1,07	11,8	22,98	11,15	12,9	136,2	21,2	49,5	514
HB20F1	30.04.75	7,5	13,85	7,88	11,0	24,31	12,22	11,2	68,1	25,4	44,0	608
HB23F1	12.05.75	7,1	24,00	32,61	13,5	24,43	5,63	7,0	80,5	9,3	79,7	467
HB24F1	22.04.75	7,4	25,25	26,99	10,4	28,76	7,06	8,2	183,6	12,2	68,3	625
HB31F1	30.04.75	7,2	26,30	33,14	10,8	51,71	27,81	4,8	638,0	5,3	45,4	825
HB32F1	22.04.75	7,0	19,15	19,78	10,5	20,40	4,74	6,2	54,7	6,3	84,9	359
HB33F1	30.04.75	7,2	28,30	29,93	10,1	34,30	11,92	7,2	237,5	10,7	64,5	652
HB36F1	04.06.75	7,4	19,80	30,06	9,6	29,06	12,22	5,5	299,2	15,5	61,0	566
HB37F1	04.06.75	7,3	17,00	26,99	10,1	18,63	5,22	5,7	80,9	8,3	79,8	327
HB37F2	04.06.75	7,9	22,5	12,69	14,2	34,04	13,40	4,9	128,3	11,6	58,4	619
HB38F1	17.03.75	7,5	25,7	35,75	10,4	29,67	7,11	5,8	280,2	14,7	71,8	589
HB38F2	17.03.75	8,0	9,6	4,50	10,2	12,28	4,27	3,8	38,1	5,1	72,4	230
HB44F1	23.06.75	7,5	25,50	4,81	11,5	40,80	17,02	6,0	335,0	8,2	55,7	695

Analyse nr.	Datum	Peil filter	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Tot.Fe mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	CO ₃ ⁻⁻ mg/l	Tot.min. mg/l	Tot.mir mē/l
Water in de duinen														
117/ HB48F1	01.07.75	+2,3	14,84	1,32	43,55	2,37	0,13	21,73	25,13	0,01	123,22	0	232,79	6,229
HB50F1	12.05.75	+1,3	8,50	1,75	100,01	4,21	3,43	21,40	26,99	0,01	290,97	0	458,63	12,335
HB51F1	01.07.75	-0,5	27,80	0,07	106,46	3,77	0,13	22,47	7,62	-	376,98	0	549,17	14,125
DB4F4	04.06.75	+0,1	13,25	1,00	77,94	3,46	11,20	30,12	3,50	0,08	310,49	0	462,65	12,029
DB4F3	04.06.75	-6,9	14,50	1,50	98,52	3,94	11,20	26,53	4,12	0,03	367,22	0	536,47	13,841
DB4F1	14.06.75	-26,2	80,00	7,50	85,49	6,60	5,35	80,93	4,12	0,03	395,89	0	679,77	17,825
DB10F1	09.08.75	-11 tot -26	20,87	1,75	89,15	8,60	0,05	27,60	46,10	0,13	262,00	0	456,80	6,036
DB11F1	09.08.75	-5 tot -7,5	17,97	2,19	65,33	4,08	0,02	24,20	35,40	0,12	175,07	0	324,80	8,746
IP1F1	23.06.75	?	20,80	3,50	113,72	3,92	1,38	25,20	22,04	0,10	362,95	0	554,79	14,240
Water van strand en windgeulen														
117/ HB54F1	01.07.75	-0,2	997,50	17,76	351,63	61,47	0,03	2071,9	276,35	0,02	214,72	0	3991,6	134,15
HB54F1	15.01.75	-0,2	967,58	15,77	370,99	88,39	0,05	2150,0	296,85	4,41	172,63	13,20	4080,2	138,43
HB55F1	15.01.76	-0,3	3243,0	73,14	409,70	316,57	0,08	5900,0	861,70	1,02	243,39	13,80	1106	378,19
HB1'F1	23.06.76	+1,0	173,30	21,70	27,42	20,10	0,25	104,70	38,73	0,04	430,05	16,20	883,58	22,518
HB1'F2	23.06.76	+4,0	214,20	24,40	20,97	16,99	0,30	143,00	38,93	0,03	408,09	16,47	884,87	25,536
HB1'F1	23.01.76	+1,0	6869,7	215,42	256,47	689,32	0,13	121,00	1493,9	2,26	142,74	0	21779	749,17
HB49F1	01.07.75	-1,0	900,00	22,21	75,81	41,82	0,05	1327,8	215,27	0,02	279,38	0	2862,7	93,445
HB49F1	23.01.76	-1,0	385,96	18,04	50,00	32,61	0,13	530,00	129,78	4,89	235,46	19,20	1406,8	44,693
HB35F1	17.03.75	+2,5	130,00	4,00	125,57	15,17	0,08	245,70	83,02	0,50	261,08	0	873,96	26,496
DB13F4	28.07.76	+0,6	5984,0	278,88	202,85	673,40	2,74	10370	1552,0	34,31	172,63	0	19271	661,15
DB13F3	28.07.76	-8,4	6712,9	213,11	330,14	834,59	2,41	11685	1832,2	42,13	230,58	0	21883	754,65

Analyse nr.	Datum	pH	TAC	SiO ₂ mg/l	Temp. water °C	Tot.hard. °F	Blijv. hard. °F	mgca	socl	100 (Na ⁺ +K ⁺) Kationen	100 (HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ⁻⁻) Anionen	Geleidb. uS/cm (bij 10°C)
Water in de duinen												
117/ HB48F1	01.07.75	7,6	10,10	4,94	13,5	12,22	5,22	9,0	85,5	22,3	64,0	379
HB50F1	12.05.75	7,2	23,85	10,02	10,4	26,89	4,09	6,9	93,2	7,2	80,4	478
HB51F1	01.07.75	7,2	30,90	22,72	12,2	28,23	3,32	5,8	25,1	17,7	88,6	516
DB4F4	04.06.75	7,0	25,45	21,38	10,3	24,73	6,40	7,3	8,6	12,6	84,6	487
DB4F3	04.06.75	7,1	30,10	26,19	10,3	28,64	4,15	6,6	11,5	11,3	87,8	533
DB4F1	04.06.75	7,3	32,45	26,19	10,4	25,03	0,89	12,7	3,8	43,3	73,3	730
DB10F1	09.08.75	7,8	21,48	27,88	12,2	25,85	7,31	15,9	123,4	15,6	71,2	492
DB11F1	09.08.75	7,6	14,35	10,24	11,8	25,82	6,56	10,3	108,1	18,9	66,9	358
IP1F1	23.06.75	7,2	29,75	5,40	11,9	30,90	4,98	5,8	64,0	14,2	83,6	600
Water van strand en windgeulen												
117/ HB54F1	01.07.75	7,7	17,60	10,42	12,3	114,51	99,39	28,8	9,9	66,0	5,2	5555
HB54F1	15.01.76	8,3	16,35	11,23	11,0	128,42	112,49	39,2	10,2	62,0	4,7	5904
HB55F1	15.01.76	8,3	22,25	8,29	10,9	232,74	218,44	127,3	10,8	75,4	2,4	13967
HB1'F1	23.06.75	8,3	37,95	1,04	15,4	15,54	1,60	120,7	27,3	72,8	65,2	938
HB1'F2	23.06.75	8,3	36,15	0,86	15,5	12,69	0,95	133,4	27,2	80,3	58,0	1068
HB1'F1	23.01.76	8,0	11,70	1,63	10,0	351,17	344,03	448,5	9,1	81,2	0,6	24104
HB49F1	01.07.75	7,9	22,90	5,88	12,4	36,25	17,08	90,0	11,9	84,6	9,8	3793
HB49F1	23.01.76	8,4	22,50	6,15	10,1	25,89	7,53	107,4	18,1	76,9	20,3	2140
HB35F1	17.03.75	7,7	21,40	5,50	9,9	38,62	19,79	19,9	25,0	43,4	33,1	1285
DB13F4	28.07.76	8,2	14,15	8,12	11,9	327,53	301,16	546,8	11,1	80,3	0,9	27000
DB13F3	28.07.76	7,9	18,90	16,46	11,2	425,58	397,50	416,0	11,6	77,7	1,0	30000

Analyse nr.	Datum	Peil filter	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Tot.Fe mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	CO ₃ ⁻⁻ mg/l	Tot.min. mg/l	Tot.min. mc/l
Water van strand en windgeulen														
117/														
DB13F2	28.07.76	-16,4	22,82	11,46	52,49	31,36	2,38	41,50	44,70	7,35	267,79	0	483,36	13,268
DB13F1	28.07.76	-24,1	23,46	2,52	87,78	5,41	7,59	33,00	25,96	5,18	289,75	0	481,67	12,653
DB14F4	09.08.76	+1,2	5522,6	240,28	287,28	698,61	0,06	10302,0	1436,2	0,01	218,08	0	18714,0	642,40
DB14F3	09.08.76	-7,3	7294,5	305,16	301,86	927,63	0,11	13495,0	1834,4	0,01	232,41	0	24402,0	839,65
DB14F2	09.08.76	-12,3	1452,0	55,13	141,41	172,07	0,12	2506,8	329,47	0,02	311,10	0	4974,8	168,83
DB14F1	09.08.76	-29,8	70,18	5,10	207,63	7,35	6,19	79,00	136,64	0,01	329,10	0	844,62	25,193
Infiltrerend zeewater in windgeul														
117/HB1'Z	14.01.76	-	7760,4	241,17	294,37	804,06	0,10	13500,0	1716,0	3,41	143,96	0	24464,0	843,30
Water van de polders														
117/														
HB21F1	17.03.75	+0,2	44,20	2,70	213,46	7,95	9,15	41,60	271,92	0,07	433,04	0	1029,5	13,984
HB22F1	22.04.75	+0,1	80,35	83,80	327,44	20,43	2,00	190,87	517,27	0,07	492,27	0	1718,5	28,219
DB16F4	28.07.76	-1,2	57,29	21,89	217,03	23,23	8,90	44,50	385,43	5,10	427,50	0	1192,7	32,744
DB16F3	28.07.76	-9,2	464,36	21,31	135,17	53,64	6,10	815,00	128,54	0,69	453,23	0	2082,6	65,581
DB16F2	28.07.76	-16,7	35,60	13,74	96,65	15,42	4,50	52,00	4,12	6,52	409,31	0	639,63	16,693
DB16F1	28.07.76	-23,7	7511,7	227,10	429,55	979,96	10,70	13292,0	1967,5	25,45	982,71	0	25479,0	868,62
193/														
DB6F4	28.07.76	-0,6	444,44	6,40	151,13	25,53	8,55	759,50	33,58	0,69	487,39	0	1918,1	59,754
DB6F3	28.07.76	-9,6	1934,7	79,84	133,59	198,10	0,25	3229,0	339,02	17,00	656,36	0	6651,4	219,71
DB6F2	28.07.76	-16,1	4598,0	202,54	264,41	582,88	1,21	7995,0	1185,9	17,56	841,80	0	15691,0	530,60
DB6F1	28.07.76	-24,6	1834,7	66,72	227,28	224,68	3,61	3236,5	390,16	13,68	635,62	0	6641,2	221,93
DB5F2	23.06.75	-0,7	82,90	15,75	209,69	17,27	2,90	91,20	148,94	0,07	641,11	0	1210,8	32,264

Analyse nr.	Datum	pH	TAC	SiO ₂ mg/l	Temp. water °C	Tot.hard. °F	Blijv. hard. °F	mgca	socl	100 (Na ⁺ +K ⁺) / Kationen	100 (HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ⁻⁻) / Anionen	Geleidb. µS/cm (bij 10°C)
Water van strand en windgeulen												
117/												
DB13F2	28.07.76	8,2	21,95	34,21	11,2	25,99	8,40	98,4	79,5	19,8	67,6	560
DB13F1	28.07.76	8,2	23,75	31,00	11,3	24,13	6,27	10,2	58,1	18,3	76,3	513
DB14F4	09.08.76	7,8	17,88	4,50	11,8	359,40	352,07	400,6	10,3	77,4	1,1	23305
DB14F3	09.08.76	7,6	19,05	29,68	11,5	474,92	458,23	506,2	10,0	78,1	0,9	29520
DB14F2	09.08.76	7,7	25,50	41,70	11,3	113,08	85,20	200,4	9,7	75,3	6,2	6806
DB14F1	09.08.76	7,3	26,98	18,39	11,5	34,59	12,46	5,8	127,8	22,5	51,5	859
Infiltrerend zeewater in windgeul												
117HB1'Z	14.01.76	7,9	11,80	1,65	4,5	404,14	393,43	449,9	9,4	80,9	0,6	27047
Water van de polders												
117/												
HB21F1	17.03.75	7,0	35,50	29,75	10,2	56,72	22,69	6,1	482,9	15,0	50,9	1028
HB22F1	22.04.75	7,0	40,35	20,04	10,8	90,31	51,65	10,3	200,2	23,8	33,3	1822
DB16F4	28.07.76	7,6	37,50	14,54	11,5	63,73	32,76	11,0	15,6	19,3	43,0	1250
DB16F3	28.07.76	7,7	37,15	39,98	11,2	55,80	27,30	65,3	11,7	65,0	22,5	2800
DB16F2	28.07.76	8,1	33,55	50,46	11,2	30,47	3,30	26,3	5,9	23,8	81,2	697
DB16F1	28.07.76	8,2	80,55	51,30	11,5	510,17	450,00	375,8	10,9	76,6	3,7	33800
193/												
DB6F4	28.07.76	8,0	39,95	40,84	11,5	48,23	14,76	27,8	3,3	66,9	26,5	2600
DB6F3	28.07.76	8,2	53,80	95,15	11,5	114,81	75,00	244,0	9,1	79,0	9,8	9890
DB6F2	28.07.76	8,2	69,00	59,44	12,5	305,67	277,50	363,1	11,0	77,0	5,2	21500
DB6F1	28.07.76	8,1	52,10	30,36	15,8	149,11	120,00	163,0	8,9	73,2	9,5	10100
DB5F2	23.06.76	7,2	52,55	4,50	11,2	60,63	10,62	13,5	120,6	25,2	64,9	1243