

NN31545.0910 JTA 910

april 1976

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

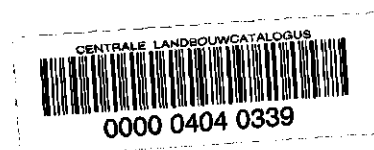
DE EUTROFIËRING VAN EEN KREEK AAN HET VEERSE MEER
EN DE INVLOED HIEROP VAN UITGEMALEN POLDERWATER

ir. J.H.A.M. Steenvoorden en J. Pankow

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



25 JAN. 1991

530134

I N H O U D

| | blz. |
|--|------|
| 1. INLEIDING | 1 |
| 2. DOEL ONDERZOEK | 1 |
| 3. GEBIEDSBESCHRIJVING | 2 |
| 4. OPZET ONDERZOEK | 4 |
| 5. RESULTATEN EN DISCUSSIE | 8 |
| 5.1. Waterkwaliteit van het Veerse Meer | 8 |
| 5.2. Waterkwaliteit in onderzoeksgebied bij Oranjeplaat | 9 |
| 5.3. Produktie van zeesla bij Oranjeplaat en op het Veerse Meer | 17 |
| 5.4. Bronnen van verontreiniging in de polder | 19 |
| 6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES | 21 |
| LITERATUUR | 23 |

het geloosde polderwater hierbij speelt. Deze problematiek kan niet worden bestudeerd zonder de situatie van het Veerse Meer, waarmee de kreek in open verbinding staat, erbij te betrekken. Met name doet zich de vraag voor in welke mate het uitgeslagen polderwater in de kreek wordt gemengd met eventueel toegevoerd water vanuit het Veerse Meer.

De mineralen in het afgevoerde polderwater kunnen in principe van meerdere bronnen afkomstig zijn. Een nader onderzoek zal dus eventueel uitgevoerd moeten worden naar de bijdrage van elk van de vervuiliingsbronnen zoals de uitspoeling van landbouwgrond, de toevoer van diep kwelwater, enzovoort.

3. GEBIEDSBESCHRIJVING

Het Veerse Meer is een langgerekt meer, dat is ontstaan door afsluiting van het Veerse Gat en een deel van de Zandkreek in 1961. Het wordt omringd door Noord-Beveland in het Noorden, Zuid-Beveland in het Zuid-Oosten en Walcheren in het Zuid-Westen (fig. 1).

Het Veerse Meer is een semi-stagnant brakwatermeer, waarvan de peilregeling geschiedt via de schutsluis in de Zandkreekdam. Gestreefd wordt naar een peil van 0,70 m - N.A.P. in de winter en een peil van 0 m N.A.P. in de zomer. Het peil in de zomer geeft een wateroppervlak van ± 1900 ha en een inhoud van ± 100 miljoen m^3 water. Het peil in de winter komt overeen met een wateroppervlak van ± 1500 ha en een inhoud van ± 85 miljoen m^3 water.

De totale oppervlakte van de polders die op het Veerse Meer hun water lozen bedraagt $\pm 16\ 000$ ha. In vergelijking met het Grevelingenmeer en het Zeeuwse Meer is de oppervlakte polderland die op het Veerse Meer afwatert ten opzichte van het volume van het meer relatief groot. De watertoevoer in 1972 via gemalen en sluisen, inclusief het ingelaten water via de Zandkreekdam en het Kanaal door Walcheren, bedroeg circa 77,6 miljoen m^3 (DELTA DIENST, 1973 en 1974). Als het neerslagoverschot voor 1972 wordt gesteld op circa 250 mm komt de bijdrage voor het Veerse Meer bij een oppervlakte van ± 1900 ha overeen met circa 5 miljoen m^3 .

1. INLEIDING

In het Veerse meer doet zich de laatste jaren een massale ontwikkeling voor van een alg van een membraanachtig type, zeesla (*Ulva maritima*) genaamd. Het 'blad'-oppervlak bedraagt soms vele vierkante decimeters. De alg ontwikkelt zich op de bodem, voorzover de lichtdoordringing dit mogelijk maakt. De zeesla kan losraken van de bodem na afsterven of door de beweging van het water, waarna het onder invloed van de wind zich plaatselijk kan ophopen. Hierdoor en eveneens in geval van zeeslagroei in ondiep water kan aan bepaalde vormen van recreatie ernstige hinder worden toegebracht. Bezitters van tweede woningen aan een kreek bij Oranjeplaat (fig. 2, mp.4), die in open verbinding staat met het Veerse Meer, brachten het soms massale voorkomen van zeesla in de kreek in verband met het op de kreek uitgeslagen overtollige water van de aangrenzende polder. Het geloosde water zou rijk zijn aan nutriënten die een rol spelen bij algenbloei, zoals stikstof en fosfaat. Als oorzaak voor deze voedselrijkdom werd met name gedacht aan uitspoeling van meststoffen op de landbouwgronden in de polder.

Teneinde inzicht te krijgen in de problematiek zijn in 1975 gegevens verzameld op het gebied van waterkwaliteit en waterhuishouding van de wateren die van belang zijn ter verklaring van de waterkwaliteit in de kreek.

2. DOEL ONDERZOEK

Doel van het onderzoek is de eutrofiëringssituatie na te gaan in de kreek bij Oranjeplaat en inzicht te krijgen in de rol die

De totale watertoevoer in 1972 bedroeg dus circa 82,6 miljoen m³ en de gemiddelde verblijftijd van het water ongeveer 1 jaar.

De bodemsoorten welke rondom het Veerse Meer worden aangetroffen bestaan voor een belangrijk deel uit jonge humusarme en kalkrijke zeeklei. Onderscheid kan worden gemaakt tussen:

- zware klei
- kleiïg zand tot sterk zandige klei
- matig zandige lichte klei
- complex van kleiïg zand tot klei

Het profiel kan van plaats tot plaats sterk variëren als gevolg van de invloed van het stromingspatroon van het water tijdens de afzetting. De structuur en de opbouw van de grond geven een goede cultuurgrond. Het bodemgebruik van de polders rondom het Veerse Meer is hoofdzakelijk akkerbouw.

De kwaliteit van het water in het Veerse Meer is van groot belang voor de recreatie. Volgens opgave van de ANWB zijn aan het Veerse Meer circa 2000 ligplaatsen beschikbaar voor schepen. Van deze schepen heeft circa 30% een toilet aan boord. De waterkwaliteit wordt in ongunstige zin beïnvloed door de recreanten. De fosfaat-toevoer tijdens het recreatieseizoen via de pleziervaartuigen kan worden geschat op circa 600 kg fosfaat.

4. OPZET ONDERZOEK

Bij het waterkwaliteitsonderzoek zijn enerzijds analyses verkregen van een eigen bemonsteringsprogramma en anderzijds via rapporten van de Delta Dienst. Ook kon worden beschikt over nog niet gepubliceerde gegevens van de Delta Dienst over 1975.

De metingen van het slootbed-debiet (zie fig.3) ten behoeve van dit onderzoek zijn verricht door de Commissie Waterbeheersing en Ontziltling te Goes. Tevens werd door deze instantie medewerking verleend bij het uitvoeren van de bemonstering van drain- en oppervlaktewater.

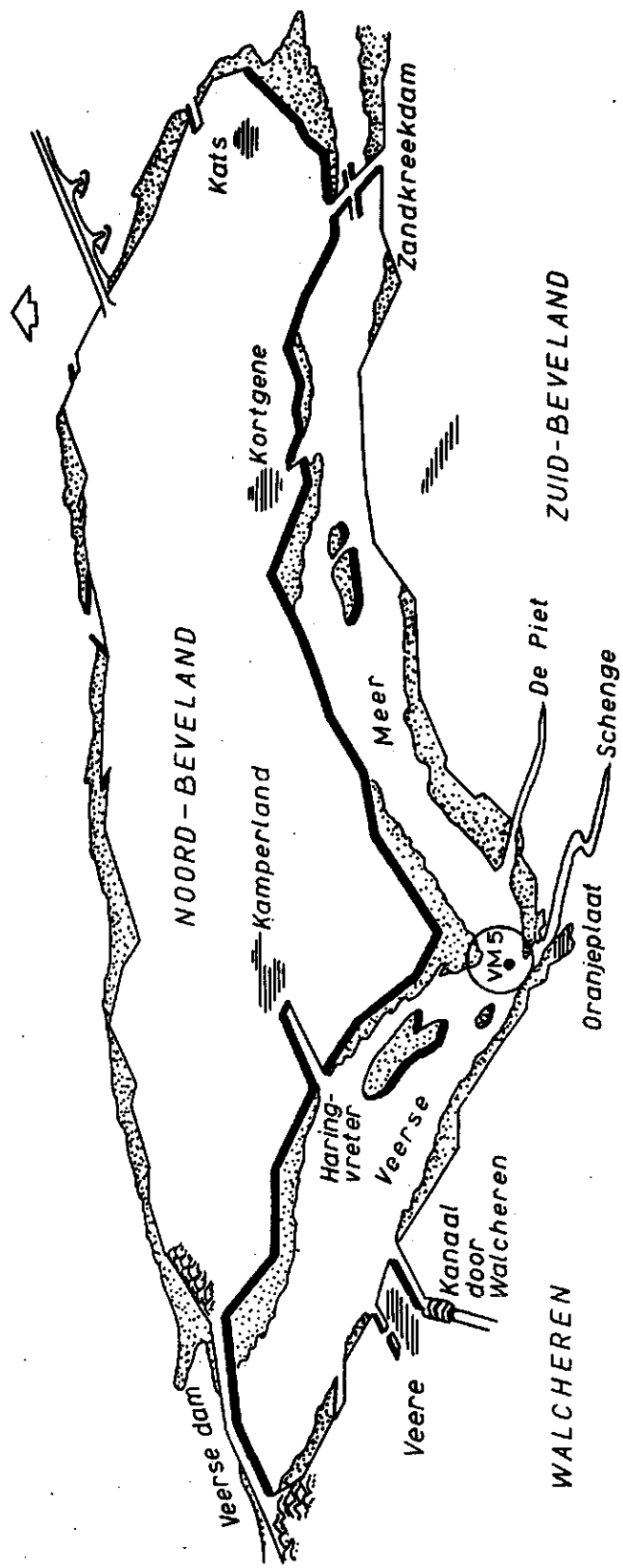


Fig. 1. Topografische ligging van het Veerse Meer

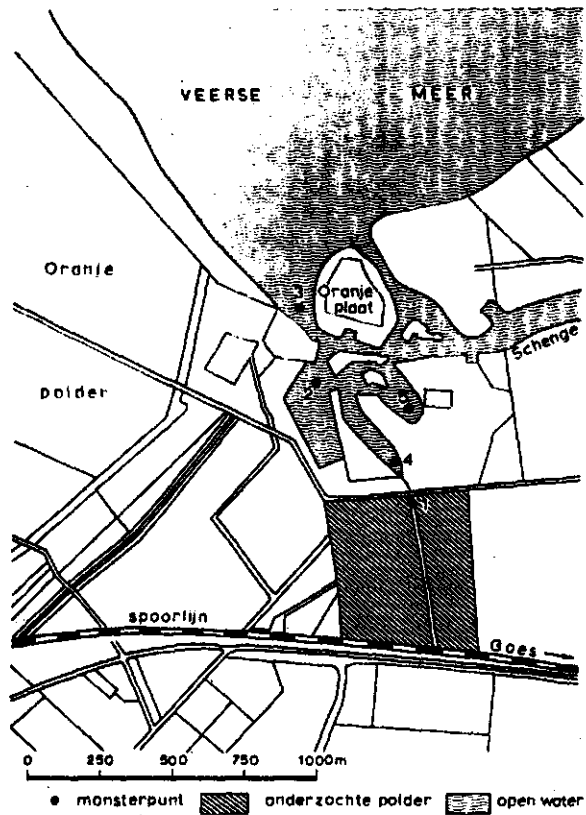


Fig. 2. Overzicht van het onderzoeksgebied bij Oranjeplaat en de ligging van de bemonsteringsplaatsen

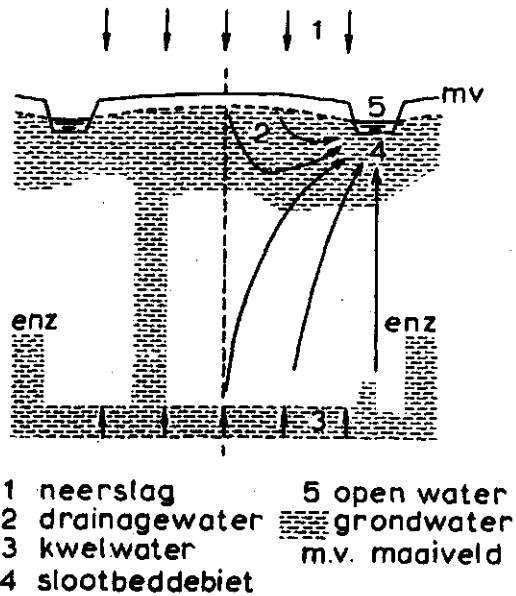


Fig. 3. Globaal schema van de waterbeweging en de daarbij behorende benamingen

Het onderzoek van het oppervlaktewater heeft plaatsgevonden in de periode april tot oktober 1975. Bemonsterd zijn het polderwater bij het gemaal (fig. 2, mp.1), de jachthaven Arnemuiden (mp.2), het Veerse Meer (mp.3), de kreek waaraan de tweede woningen zijn gesitueerd (mp.4) en een aangrenzende kreek waarop geen polderwater wordt afgevoerd (mp.5). De bemonsteringsfrequentie bedroeg éénmaal per maand. De monsters zijn genomen op een diepte van circa 0,5 m. Via de Delta-Dienst kon gebruik worden gemaakt van waterkwaliteitsgegevens over 1975 van punt VM5 (fig. 1), gelegen pal ten Noorden van het onderzoeksgebied.

Nadat in de loop van 1975 inzicht was verkregen in de kwaliteit van de verschillende oppervlaktewateren heeft begin September een bemonstering plaatsgevonden van het via het slootbed toegevoerde water, waarbij eveneens het slootbeddebiet is gemeten, terwijl in de periode 17-20 november drainwatermonsters in de landbouwpolder zijn verzameld en geanalyseerd van in totaal 19 drains. Ten behoeve van de bemonstering van het via het slootbed toegevoerde water zijn in de polder 10 buizen geplaatst, waarvan er 7 gesitueerd waren in de poldersloot, vanaf het gemaal de polder in, en 3 in de leiding hier loodrecht op (fig. 4).

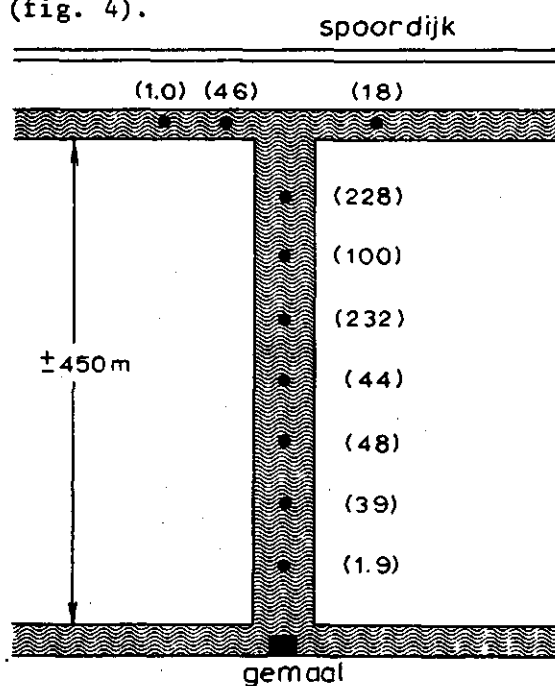


Fig. 4. Overzicht van de plaatsen in de polder waar slootbeddebietmetingen zijn uitgevoerd. Tussen haakjes is vermeld het gemiddelde van 2 debietmetingen op resp. 5/9 en 8/9 1975

Er zijn twee metingen en bemonsteringen van het slootbeddebiet uitgevoerd, namelijk op 5 en 8 september. De resultaten hiervan moeten een indruk geven van de natuurlijke toevoer van mineralen via de diepe kwel.

Drainwatermonsters zijn driemaal verzameld, namelijk op 17, 18 en 20 november. De analyseresultaten geven informatie over de mogelijke bijdrage van de bemesting via de uitspoeling. Hierbij dient nog wel rekening te worden gehouden met een natuurlijk stikstof- en fosfaatgehalte van het drainwater als gevolg van de bodemsamenstelling van het profiel.

Het waterkwaliteitsonderzoek was voornamelijk gericht op de eutrofiëringsproblematiek, zodat met name frequent analyses zijn uitgevoerd van de stikstof- en fosfaatverbindingen. Veelvuldig onderzoek heeft ook plaatsgevonden naar het chloridegehalte en het geleidingsvermogen, omdat deze parameters duidelijk illustreren of men met zout of met zoet water te maken heeft of met een mengsel van beide. De overige analyses zijn minder frequent uitgevoerd. Dit betreft de bepalingen: HCO_3 , SO_4 , SiO_2 , Ca, Mg, Na, K, COD (chemisch zuurstofverbruik), O_2 -gehalte, temperatuur en zuurgraad. Deze analyses zijn uitgevoerd door het Waterleidinglaboratorium Oost-Gelderland te Doetinchem volgens de voorschriften NEN 3235 en NEN 1056. De bepaling van het pigment- en chlorophylgehalte in oppervlaktewater is uitgevoerd door het laboratorium van het ICW via extractie met ethanol (HARMSSEN, 1975).

Bij het waterkwaliteitsonderzoek speelt ook de waterhuishouding van het Veerse Meer en van de landbouwpolder een belangrijke rol. Gegevens over de waterhuishouding van het Veerse Meer zijn ontleend aan de reeds vermelde rapporten van de DELTA-DIENST. De totale hoeveelheid polderwater, die op de kreek is geloosd kan worden berekend uit het totale stroomverbruik van het gemaal met behulp van gegevens over capaciteit ($3 \text{ m}^3/\text{min}$) en vermogen (ca. 2 kWh). De bijdrage hieraan van de kwel kan ruw worden benaderd door meting van de slootkwel-intensiteit met behulp van de slootkwelmeter (VAN DER WEERD, 1966) en gegevens over de afmetingen van de leidingen en de chloridegehalten van via de slootbodem toegevoerd water en diepe grondwater.

5. RESULTATEN EN DISCUSSIE

5.1. Waterkwaliteit van het Veerse Meer

De aanvoer van water naar het Veerse Meer vindt voor een belangrijk deel plaats vanuit de Wester Schelde via het Kanaal door Walcheren. Het overige water wordt toegevoerd via de gemalen van aangrenzende polders en via de sluis in de Zandkreekdam. De totale bruto-belasting van het Veerse Meer met stikstof- en fosfaatverbindingen door het aangevoerde water was in 1972 aanzienlijk (tabel 1).

Tabel 1. Belasting van het Veerse Meer in 1972 met stikstof- en fosfaatverbindingen (DELTA DIENST, 1974)

| | Bruto belasting (kg/jaar) | Afvoer (kg/jaar) | Netto belasting (kg/jaar) | Bruto belasting (g/m ² /jaar) |
|--|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|--|
| NH ₄ en NO ₃ (10 ³ kgN) | 132,7 | 57,7 | 75,0 | 8 |
| ortho-P (10 ³ kgP) | 42,4 | 26,8 | 15,6 | 2,5 |
| totaal-P (10 ³ kgP) | 68,7* | - | - | 4,1 |

*Aangezien de totaal-P belasting van 1e helft 1972 niet bekend was, is deze berekend uit de ortho-P belasting van 1972 en de verhouding totaal-P/ortho-P in 2e helft 1972

Zowel uit de gegevens over de stikstof- en fosfaatbelasting als uit de voorjaarsconcentraties blijkt dat het Veerse Meer erg voedselrijk is. De bruto-belasting voor totaal-fosfaat bedraagt circa 4 g P/m²/jaar. PEELEN (1970) geeft in een figuur aan bij welke waterdiepte en fosfaatbelasting de ontwikkeling van blauwalgen waarschijnlijk is. Voor het Veerse Meer met een gemiddelde waterdiepte van circa 5 m, ligt de maximaal toelaatbare belasting bij circa 3,5 g P/m²/jaar. Weliswaar geldt de figuur van PEELEN voor ortho-fosfaat, maar aangezien de gemiddelde verblijfstijd ongeveer 1 jaar bedraagt kan worden verondersteld dat een belangrijk deel van het hydrolyseerbaar en organisch fosfaat betrokken zal zijn bij biologische processen.

De voorjaarsconcentratie van ortho-fosfaat bedraagt in 1972 circa 0,4 mg P/l en voor $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ circa 1,0 à 1,2 mg N/l. Onder Nederlandse omstandigheden moet volgens LEENTVAAR (1970) gestreefd worden naar gehalten lager dan 0,033 mgP/l voor ortho-fosfaat en 0,2-0,3 mg N/l voor anorganische stikstof, teneinde ongewenste eutrofiëringsprocessen te voorkomen. Het blijkt dus, dat de situatie van het Veerse Meer vanuit het oogpunt van eutrofiëring vrij ongunstig is. Ook in 1975 zijn de concentraties op monsterplaats VM5 van de Delta Dienst, gelegen in de omgeving van het onderzoeksgebied, bijzonder hoog (fig. 5). In de loop van voorjaar en zomer wordt het NH_4 vastgelegd in biologisch materiaal en daalt de concentratie zeer sterk (fig. 5b). Nitraat wordt meestal vroeg in het voorjaar al niet meer aangetroffen. De concentratie van ortho-P en totaal-P blijft het gehele jaar hoog (fig. 5c, 5d).

Het Veerse Meer is een brak water. Na een winter met bijzonder weinig neerslag bedroeg in het voorjaar van 1972 het Cl-gehalte circa 12 à 13 ‰. Gedurende de zomer treedt hierin vrijwel geen verandering op, maar vanaf september vertoont het Cl-gehalte overal een lichte stijging tot circa 14 à 15 ‰. Het beeld in 1975 is geheel verschillend (fig. 5a). Als gevolg van de overvloedige neerslag in het najaar van 1974 is het uitgangs Cl-gehalte bijzonder laag, namelijk 8 ‰. In de loop van 1975 vindt weer een geleidelijke verhoging plaats van het Cl-gehalte als gevolg van de toevoer van zout water via het Kanaal door Walcheren.

5.2. Waterkwaliteit in onderzoeksgebied bij Oranjeplaat

Het water in de kreek met tweede woningen (fig. 2, mp.4) staat zowel onder invloed van het geloosde polderwater als van het water dat vanuit het Veerse Meer wordt aangevoerd via stroming door opstuwning onder invloed van de wind. De belangrijkste invloed gaat echter uit van het Veerse Meer water zoals kan worden geïllustreerd aan de hand van het Cl-gehalte. Het chloride-ion is bij mengingsproblemen een zeer nuttig ion aangezien het niet betrokken is bij chemische en biologische processen in tegenstelling tot bijvoorbeeld stikstof en fosfaat.

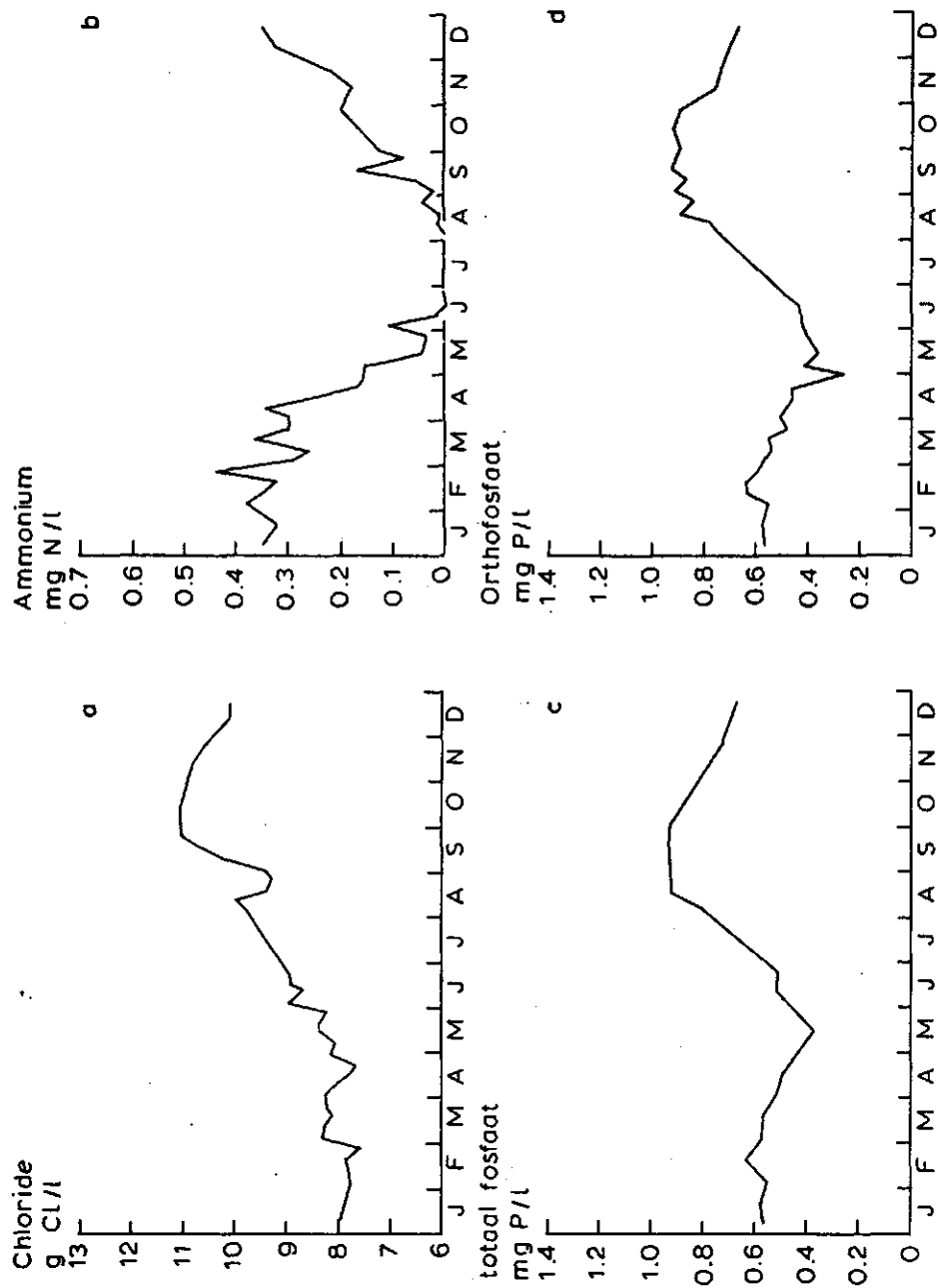


Fig. 5. Concentratieverloop in 1975 van Cl, NH₄, ortho-P en totaal-P op monsterpunt VM5 (zie fig. 1) van de Delta Dienst

Het verloop van het chloridegehalte op de verschillende monsterplaatsen is weergegeven in fig. 6a. Het chloridegehalte van de monsterplaatsen jachthaven (mp.2), Veerse Meer (mp.3), kreek met polderwaterlozing (mp.4) en kreek zonder polderwaterlozing (mp.5) vertoont een zeer grote overeenkomst. Tussen 4/4 en 16/9 loopt het Cl-gehalte op van circa 8 ‰ naar circa 10,5 à 11 ‰. Het verloop is identiek aan dat van monsterplaats VM5 van de Delta Dienst (fig. 5a). De chlorideconcentratie van het polderwater (mp.1) ligt op een beduidend hoger niveau. Gedurende de onderzoeksperiode stijgt het gehalte van circa 10,5 ‰ naar circa 12,5 ‰. Uit deze cijfers kan de conclusie worden getrokken, dat de uitwisseling van het water in de kreek en in de jachthaven met het water van het Veerse Meer bijzonder goed is. Gesteld kan dan ook worden, dat de waterkwaliteit in het voorjaar en de zomer van 1975, in de kreek waar polderwaterlozing plaatsvindt, in hoge mate is bepaald door de kwaliteit op het Veerse Meer.

Hoe goed de uitwisseling blijkbaar is tussen Veerse Meer en de kreek waarop polderwater wordt geloosd, kan worden geïllustreerd aan de hand van gegevens over de afvoer van polderwater en het watervolume van de kreek. In de periode 1/4 - 1/10 1975 bedroeg het stroomverbruik van het poldergemaal 1272 kWh. Omgerekend komt dit overeen met een lozing van circa 115 000 m³ water. Het volume van het water in de kreek bij zomerpeil kan worden geschat op circa 20 000 m³, zodat de vervangingsfrequentie in de periode 1/4 - 1/10 door het afgevoerde polderwater circa 5 à 6 maal bedraagt. Als het Cl-gehalte op mp.4 desondanks sterk overeenkomt met het gehalte van het water op het Veerse Meer, kan worden geconcludeerd dat de uitwisseling inderdaad bijzonder goed is, vooral als men bedenkt, dat mp.4 ver verwijderd ligt van de opening met het Veerse Meer.

Het elektrisch geleidingsvermogen, dat een maatstaf is voor de totale hoeveelheid opgeloste zouten, vertoont eenzelfde groot verschil als het chloride-ion tussen het polderwater enerzijds en de overige monsterplaatsen anderzijds (fig. 6b). Het verloop van het geleidingsvermogen in de jachthaven en de twee kreek (mp. 2,4

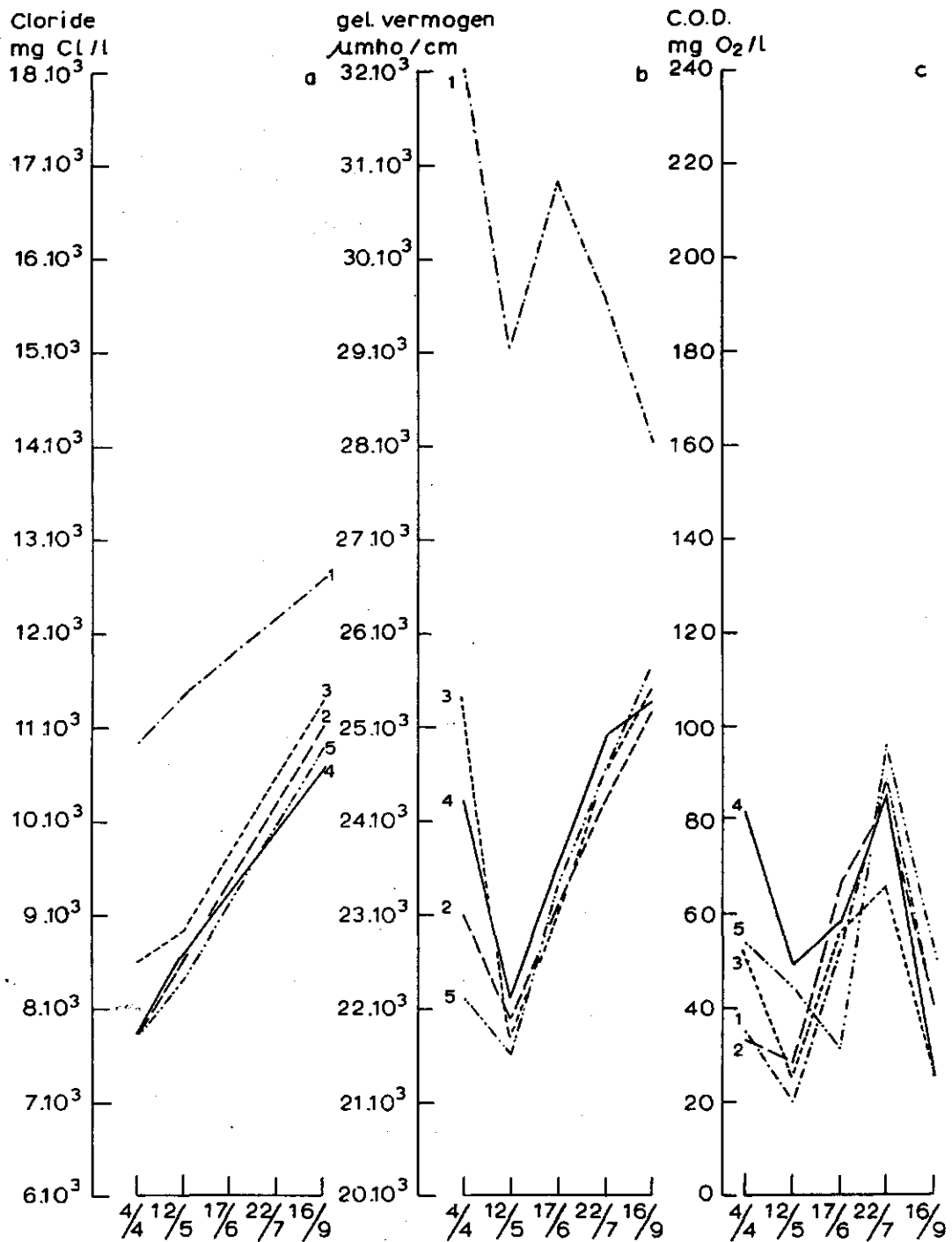


Fig. 6. Verloop van Cl-gehalte (a), geleidingsvermogen (b) en COD (c) op de verschillende monsterplaatsen in 1975

en 5) komt zeer nauw overeen met het verloop in het Veerse Meer (mp.3). Er zijn geen aanwijzingen dat het geloosde polderwater invloed heeft op het geleidingsvermogen van mp. 4.

Voor de eutrofiëringsprocessen zijn vooral van belang de minerale stikstof- en fosfaatverbindingen, namelijk NO_3 , NH_4 en ortho-P. In mindere mate geldt dit voor de organische N en het organisch en hydrolyseerbaar P (= totaal-P minus ortho-P). Evenals bij chloride en geleidingsvermogen geldt ook voor stikstof en fosfaat, dat de concentraties in het geloosde polderwater (mp.1) op een veel hoger niveau liggen dan op de andere monsterplaatsen (fig. 7, 8a en 8b). Het gehalte aan minerale stikstof bedraagt bij bemonstering op 4/4 in het polderwater 6,8 mg N/l, terwijl het gehalte op de andere plaatsen varieert van 1,0 tot 1,4 mgN/l. Het ortho-P gehalte in het polderwater bedraagt op 4/4 ca. 0,5 mg P/l en in de jachthaven, de beide kreek en het Veerse Meer varieert het van 0,1 tot 0,35 mg P/l. De gemeten concentraties aan ortho- en totaal-P op de monsterpunten 2 t/m 5 vertonen alle een grote overeenkomst met de concentraties op monsterplaats VM5 (fig. 3) van de Delta Dienst, met uitzondering van het ortho-fosfaat in de kreek, waarop polderwater wordt geloosd (mp.4). Het ortho-fosfaatgehalte op mp.4 vertoont grote fluctuaties. De oorzaak hiervan zou kunnen zijn de uitwisseling van fosfaat met het bodemslib.

Door de geringe diepte van de kreek en de grote vervangingsfrequentie van het water in de kreek zou de uitwisseling met het slib op de bodem op sommige tijdstippen een belangrijke factor kunnen zijn. Het gemiddeld N- en P-gehalte ligt op mp.4 over het algemeen iets hoger dan op mp. 5 (tabel 2), mogelijk indirect als gevolg van de lozing van polderwater.

Het pigmentgehalte dat een maatstaf is voor de hoeveelheid algen, ligt op het Veerse Meer (mp.3) lager dan op de andere monsterplaatsen (fig. 8c). Een verklaring hiervoor kan zijn dat de algen, waarvan de produktie voornamelijk plaats vindt in de bovenste meter water, in diepe wateren over een grotere watermassa worden verdeeld. Eenzelfde biomassa produktie per oppervlakte-eenheid leidt daardoor bij een geringere waterdiepte tot een hogere concentratie. De gemeten pigment-

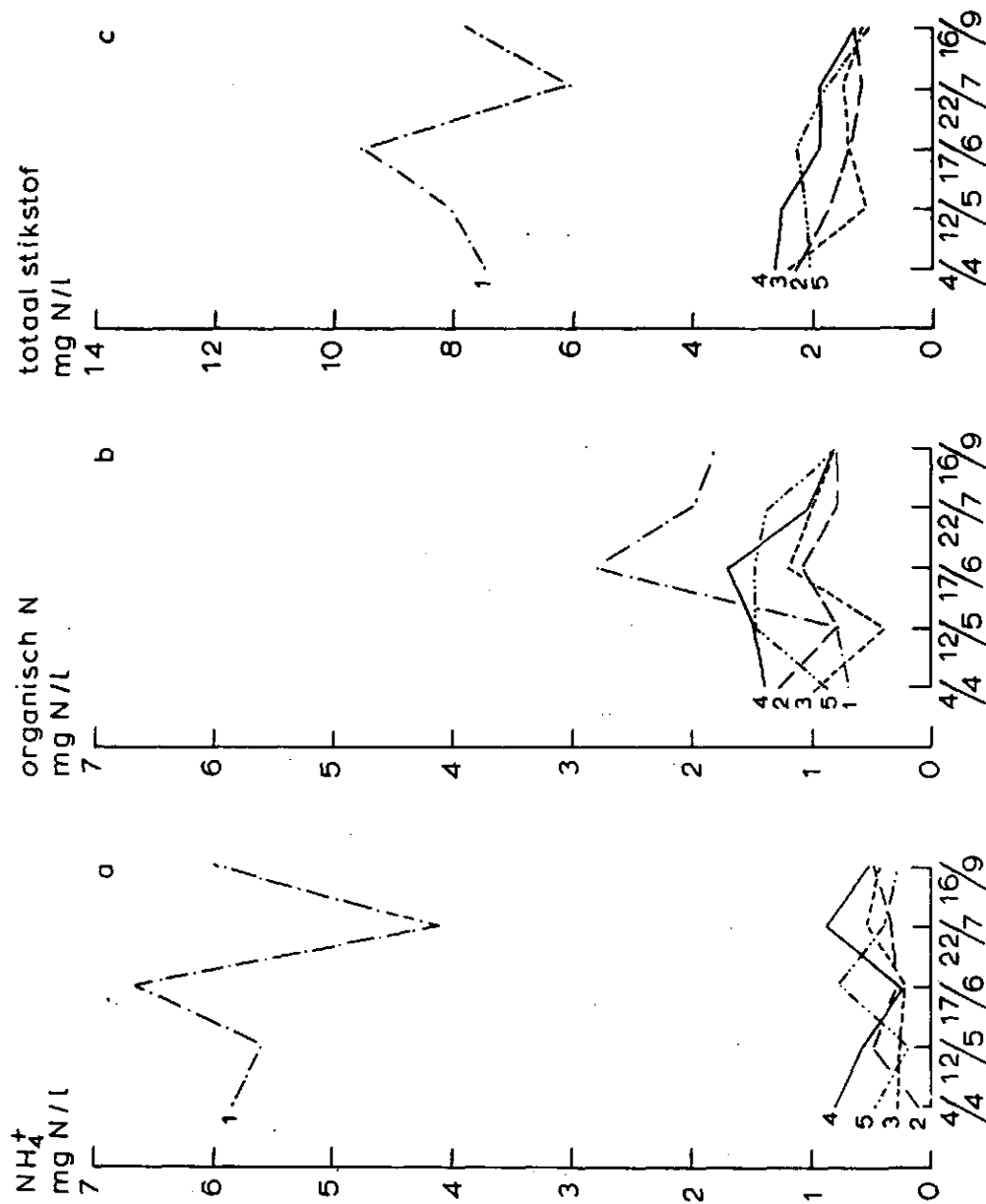


Fig. 7. Verloop van NH_4^+ (a), organisch-N (b) en totaal-N (c) op de verschillende monsterplaatsen in 1975

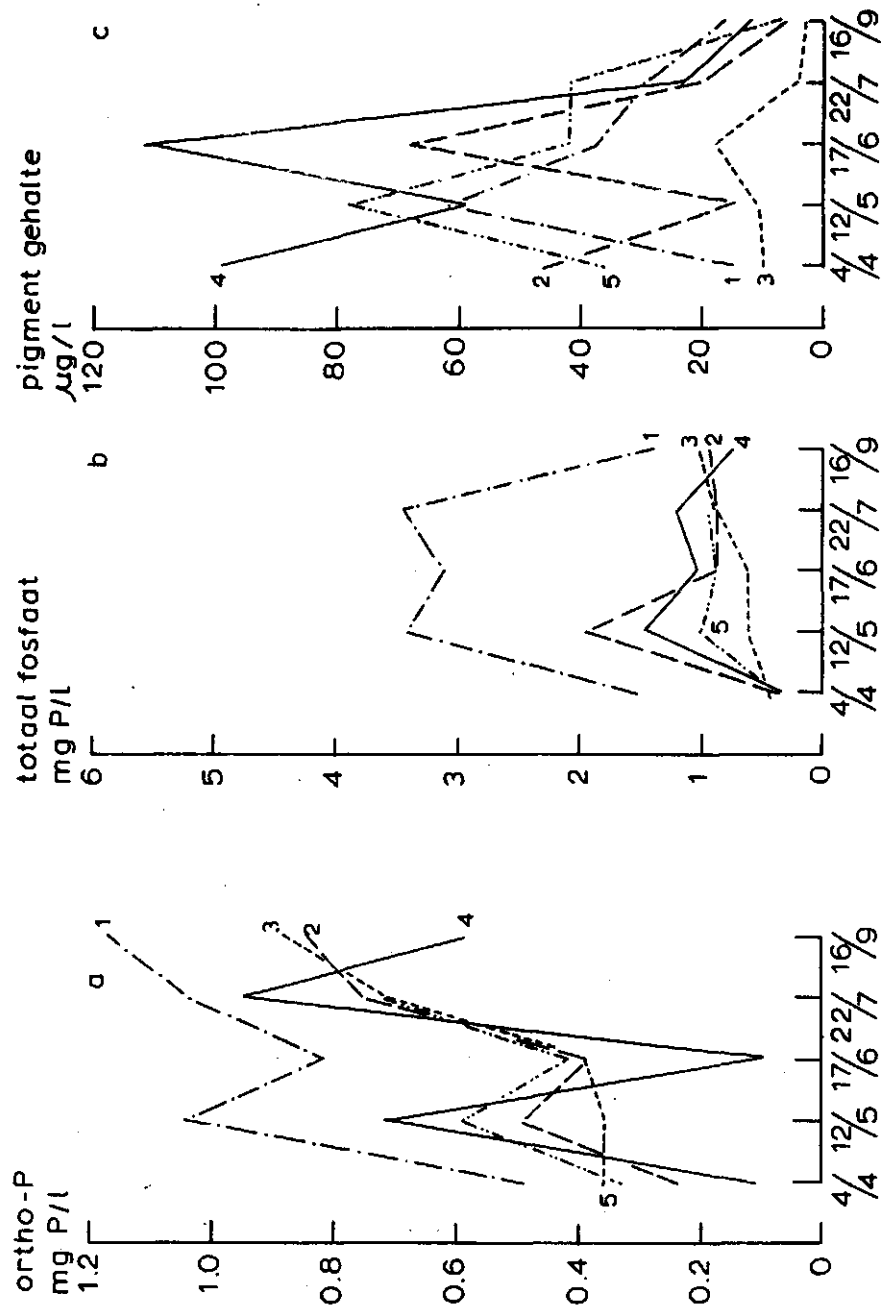


Fig. 8. Verloop van ortho-P (a), totaal-P (b) en pigmentgehalte (c) op de verschillende monsterplaatsen in 1975

Tabel 2. Gemiddelde analyseresultaten van het onderzoek bij Oranje-
plaat (Z) in 1975 (ligging monsterp. zie fig. 2)

| Analyse | Eenheid | Aantal analyses | Mp.1 | Mp.2 | Mp.3 | Mp.4 | Mp.5 |
|-----------------|----------------------|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Cl | mg/l | 5 | 11.720 | 9.300 | 9.615 | 9.160 | 9.100 |
| el.gel.verm. | mmho/cm | 5 | 29,9 | 23,5 | 24,0 | 24,0 | 24,4 |
| albuminoid-N | mg N/l | 5 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 1,1 | 1,0 |
| organisch-N | " | 5 | 1,9 | 0,95 | 0,85 | 1,3 | 1,25 |
| NH ₄ | " | 5 | 5,6 | 0,35 | 0,35 | 0,60 | 0,45 |
| NO ₃ | " | 5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Totaal N | " | 5 | 7,9 | 1,7 | 1,6 | 2,2 | 2,0 |
| ortho-P | mg P/l | 5 | 0,91 | 0,54 | 0,54 | 0,49 | 0,52 |
| totaal-P | " | 5 | 2,6 | 1,0 | 0,71 | 0,95 | 0,80 |
| pigment | µg/l | 5 | 32 | 31 | 9 | 61 | 41 |
| COD | mg O ₂ /l | 5 | 47 | 50 | 45 | 60 | 55 |

gehalten hebben alleen betrekking op de vrije, in het water zwevende algen. De aan de bodem gehechte zeesla valt dus buiten het pigmentonderzoek. Ook al door de 'blad'-grootte zou bepaling via deze methode op problemen stuiten.

Het gehalte aan organische stoffen, gemeten als chemisch zuurstofverbruik (COD), vertoont slechts geringe verschillen tussen de monsterplaatsen onderling (tabel 2). Het verloop in de periode 4/4 - 16/9 is overal vrijwel identiek (fig. 6c). De verhoogde gehalten, die op 17/6 en 22/7 zijn gemeten, kunnen mogelijk samenhangen met de opbloei van algen, die op 17/6 wordt geconstateerd, en het afsterven in de periode daarna (fig. 8c).

De andere analyses zijn over het algemeen minder frequent uitgevoerd, aangezien deze verbindingen geen belangrijke rol spelen in het eutrofiëringsproces. Op de resultaten hiervan, die opgenomen zijn in tabel 3, zal niet worden ingegaan.

Tabel 3. Gemiddelde analyseresultaten van het onderzoek bij Oranjeplaat (Z) in 1975 (ligging monsterp. zie fig. 2)

| Analyse | Eenheid | Aantal analyses | Mp.1 | Mp.2 | Mp.3 | Mp.4 | Mp.5 |
|-------------------------|----------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| HCO ₃ | mg/l | 2 | 722 | 282 | 309 | 343 | 254 |
| CO ₃ | " | 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| SO ₄ | " | 1 | 1290 | 1220 | 1215 | 1183 | 1215 |
| SiO ₂ | " | 4 | 20 | 6 | 5 | 9 | 6 |
| Ca | " | 2 | 415 | 238 | 267 | 253 | 245 |
| Mg | " | 2 | 677 | 519 | 519 | 538 | 497 |
| Na | " | 2 | 4250 | 6850 | 4400 | 4350 | 4050 |
| K | " | 2 | 250 | 170 | 180 | 180 | 170 |
| O ₂ -gehalte | mg.O ₂ /l | 2 | 10 | 12 | 10 | 13 | 8 |
| O ₂ -verz. | % | 2 | 120 | 140 | 120 | 155 | 100 |
| temper. | °C | 2 | 18 | 19 | 19 | 20 | 19 |
| zuurgraad | pH | 5 | 7,8 | 8,3 | 8,3 | 8,1 | 8,4 |
| zwevende stof | mg/l | 3 | 62 | 40 | 42 | 42 | 26 |
| chlorophyl | µg/l | 2 | 20 | 10 | 2 | 15 | 24 |

5.3. Productie van zeesla bij Oranjeplaat en op het Veerse Meer

Aangezien de soms hinderlijke groei van zeesla de aanleiding was tot het uitvoeren van dit onderzoek, is op 16/9 op een aantal plekken de zeesla geoogst, teneinde hiervan een indruk te krijgen. De totale produktie, die ook in geringe mate andere algen of wieren kan omvatten, van 1 vierkante meter werd verzameld en op het laboratorium afgedroogd, waarna het versgewicht werd bepaald. Van een aantal monsters werd na drogen bij 105°C het droge stofgehalte bepaald, dat circa 12% bedroeg.

In totaal is op 12 plaatsen een zeeslabemonstering uitgevoerd. Van de 12 plekken waren er 5 gelegen in de kreek, waar afvoer van polderwater plaats vindt, in de andere kreek waren 3 plekken gesitueerd,

terwijl 4 plekken bemonsterd zijn op het Veerse Meer tussen de Haringvreter en de Piet (zie fig. 1). Een technische voorwaarde bij de bemonstering was, dat de waterdiepte niet groter was dan circa 1 m. Voor de kreken leverde dit geen problemen op, aangezien de grootste waterdiepte daar circa 1,10 m à 1,20 m bedroeg. Voor het Veerse Meer had dit als consequentie dat de proefplekken niet al te ver van de oever verwijderd lagen, namelijk tot ongeveer 8 m.

Een eerste algemene indruk van deze bemonstering is, dat de hoeveelheid zeesla die op een bepaalde plaats wordt aangetroffen sterk afhankelijk is van de waterstroming, waarbij dus ook de windrichting van invloed is. Op sommige plaatsen dicht bij de oever lag de zeesla een halve meter hoog opgestuwd. Ook voor de situatie in de kreken zal de waterstroming en windrichting van belang zijn. In een gesprek met de campingbeheerder op Oranjeplaat kwam naar voren, dat de situatie in de kreken in 1974 veel ernstiger was dan in 1975.

De grootte van de zeesla oogst verschilde aanzienlijk tussen sommige plaatsen. De hoeveelheid droge stof varieerde voor de proefplekken in de kreek waarop polderwater wordt geloosd van 0,5 tot 130 g/m², voor de proefplekken in de kreek zonder polderwaterafvoer van 11 tot 181 g/m² en voor de proefplekken op het Veerse Meer van 0,5 tot 1200 g/m². Bij het Laboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek zijn in twee monsters de N- en P-gehalten bepaald. De gemiddelde gehalten zijn 3,35% N en 0,28% P van de droge stof. Bij een droge stof produktie van 100 g/m² is per m² bodemoppervlak in de zeesla opgeslagen 3,35 g N en 0,28 g P. Bij een waterdiepte in de kreek van 1 m komt dit overeen met een onttrekking aan het bovenstaande water van 3,35 mg N/l en 0,28 mg P/l. Indien de verversingsfactor bijvoorbeeld 5 maal bedraagt, is de onttrekking aan het water 0,7 mg N/l en 0,06 mg P/l. Gezien de concentraties aan NH₄⁺, NO₃⁻ en PO₄³⁻ in het oppervlaktewater in voorjaar en zomer, kan worden verondersteld, dat niet fosfaat, maar stikstof de beperkende factor zal zijn voor de biomassa-produktie.

5.4. Bronnen van verontreiniging in de polder

Bij het constateren van de hoge N- en P-gehalten in het polderwater (fig. 7 en 8, mp.1) kan de vraag gesteld worden wat de oorsprong is van deze hoge gehalten. In principe kunnen in deze polder de volgende bronnen van belang zijn: het drainagewater, het kwelwater, het huishoudelijk afvalwater en de neerslag.

In de periode 1/4 tot 1/10 1975 bedroeg de uitgemalen hoeveelheid polderwater circa 115 000 m³. Indien de gemiddelde N- en P-gehalten van tabel 2 worden aangehouden, kan worden berekend, dat ongeveer 900 kg N en 300 kg P is geloosd via het polderwater. Bij een polderoppervlak van circa 40 ha komt dit overeen met een afvoer van 22,5 kg N/ha/half jaar en 7,5 kg P/ha/half jaar, wat nog 2 à 3 maal hoger is dan is berekend voor twee eutroof-veenpolders in Midden-West Nederland (STEENVOORDEN en TOUSSAINT, 1974).

In de polder staat slechts één boerderij. Bij een bewoning door 4 personen en een afvoer via het huishoudelijk afvalwater per persoon per dag van 3,5 g P en 10 g N bedraagt de lozing per ha in de periode 1/4 - 1/10 maximaal 0,2 kg N en 0,1 kg P, zodat huishoudelijk afvalwater geen rol van betekenis speelt voor de minerale belasting.

De toevoer van stikstof en fosfaat via de neerslag bedraagt circa 25 kg N en 0,7 kg P per ha per jaar (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1975). Aangezien slechts circa 0,7% van de oppervlakte bestaat uit open water kan de directe toevoer via de neerslag niet de verklaring geven voor de hoge N- en P-gehalten.

Een onderzoek is uitgevoerd naar de chemische samenstelling van het water, dat via de drains wordt afgevoerd en van het grondwater, dat via het slootbed wordt toegevoerd. De resultaten zijn vermeld in tabel 4. Het chloridegehalte in het oppervlaktewater ten tijde van de bemonstering van het slootbeddebiet, die begin september plaats vond, bedraagt circa 12 600 mg/l. Indien wordt uitgegaan van een Cl-gehalte voor het diepe grondwater van 17 000 mg/l kan worden berekend dat het afgevoerde polderwater voor circa 75% afkomstig is van kwel en voor circa 25% van het neerslagoverschot. Een Cl-gehalte

Tabel 4. Gemiddelde stikstof-, fosfaat- en chloridegehalten in kwel-, drainage- en oppervlaktewater in de polder bij Oranjeplaat

| Analyse | Eenheid | Slootbed- debiet | Drain- afvoer | Open water d.d. 16/9 |
|-----------------|---------|---------------------|------------------|-------------------------|
| NH ₄ | mg N/l | 25 | 0,08 | 6,0 |
| org. N | " | 4 | 1,8 | 1,8 |
| NO ₃ | " | 0 | 0,4 | 0 |
| totaal-N | " | 29 | 2,3 | 7,8 |
| ortho-P | mg P/l | 4,6 | 0,18 | 1,2 |
| totaal-P | " | 5,1 | 0,24 | 1,4 |
| Cl | mg/l | 13 700 | 1 830 | 12 600 |

van 17 000 mg/l voor het diepe grondwater is aannemelijk, gezien het Cl-gehalte op 35 meter diepte in dezelfde omgeving van circa 16 300 mg/l (DE RIDDER, 1957). Aan de hand van de analyses in de drainafvoeren, die gezien de Cl-gehalten beïnvloed worden door kwel uit de diepe ondergrond kan worden gesteld dat de oorsprong van de hoge N- en P-gehalten is gelegen in het diepe kwelwater. Op basis van het aandeel van de kwel in de totale afvoer van de polder zouden echter hogere N- en P-gehalten in het polderwater verwacht kunnen worden. De gehalten bedragen slechts circa 30% van de theoretisch te verwachten waarden. Een belangrijk deel van de N en P wordt dus niet afgevoerd als gevolg van de betrokkenheid bij fysisch-chemische en biologische processen.

De resultaten van de uitgevoerde slootbeddebiet metingen vertoonden grote verschillen (fig. 4). Het gemiddelde debiet per plaats varieerde van circa 1 mm/dag tot circa 230 mm/dag, terwijl de gemiddelde waarde van de 10 meetpunten ongeveer 76 mm/dag bedroeg. Bij een slootoppervlak van 0,7% komt dit omgerekend over de gehele polder, overeen met een ondergrondse afstroming naar de sloot van ruim 0,5 mm/dag. Het aandeel van de zoute kwel bedroeg op het tijdstip van meten circa 75%, hetgeen overeenkomt met circa 0,4 mm/dag.

Waarschijnlijk leidt deze berekening tot een te lage kwelintensiteit. Uit de afvoer via het poldergemaal volgt, dat in de periode 1/4-1/10-1975 ca. 287,5 mm is geloosd. Het aandeel van de diepe kwel kan globaal worden afgeleid uit de chloridegehalten van het diepe kwelwater ($17\ 000\ \text{mg.l}^{-1}$) en van het geloosde polderwater ($11\ 720\ \text{mg.l}^{-1}$) en bedraagt ca. 200 mm of $1,1\ \text{mm.dag}^{-1}$.

Op basis van deze kwelberekening en de gehalten in tabel 4 kan worden berekend dat via de kwel meer dan 96% van de stikstof en meer dan 98% van het fosfaat naar het oppervlaktewater wordt toegevoerd.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In een kreek bij Oranjeplaat aan het Veerse Meer (fig. 1,2) is onderzoek gedaan naar de mogelijke bijdrage van het geloosde water uit een landbouwpolder op de eutrofiëring van het oppervlaktewater. De aanleiding tot het onderzoek was, dat de soms massale groei van zeesla door bezitters van woningen aan de kreek in verband werd gebracht met de mogelijke uitspoeling van meststoffen op het bouwland.

In de periode april tot oktober 1975 zijn bemonsteringen uitgevoerd in een aantal wateren, die mogelijk invloed zouden kunnen hebben op de waterkwaliteit in de betreffende kreek. Tevens kon worden beschikt over gegevens van de Delta Dienst betreffende de waterkwaliteit van het Veerse Meer in 1972 en 1975 en over informatie betreffende de waterhuishouding. In de landbouwpolder zijn slootbeddebiët- en drainwatermonsters verzameld en is de ondergrondse afstroming naar de sloot op een aantal plaatsen bepaald. Een éénmalige oogst van de zeesla is uitgevoerd op een aantal plaatsen in het Veerse Meer, in de kreek waarop lozing van polderwater plaatsvindt en in een kreek waar dit niet gebeurt.

Uit het onderzoek blijkt, dat de Cl-concentratie in de kreek zeer nauw overeenkomt met die van het Veerse Meer (fig. 6), ondanks het beduidende hogere Cl-gehalte van het geloosde polderwater en de hoge vervangingsfactor van het water in de kreek door polderwater

in de periode april-oktober (circa 6 maal). De uitwisseling tussen het water van Veerse Meer en de kreek moet dan ook goed zijn. Voor de eutrofiëringsprocessen zijn de stikstof- en fosfaatverbindingen van belang. De concentraties in de kreek waarin lozing van polderwater plaats vindt, in een kreek waar deze invloed niet is en in een aangrenzende jachthaven vertonen een zeer grote overeenkomst met de gehalten die in het Veerse Meer zijn gemeten (fig. 5,7,8). De gehalten in het polderwater liggen op een beduidend hoger niveau. Enigszins afwijkend gedraagt zich echter het ortho-fosfaatgehalte in de kreek met de polderwaterlozing. Incidenteel wordt een verhoogd gehalte gemeten, mogelijk afkomstig van het bodemslib en onder invloed van de waterbeweging. De droge-stofproductie aan zeesla verschilde aanzienlijk van plaats tot plaats. De grote verschillen lijken vooral te moeten worden toegeschreven aan de invloed van wind en waterstroming. Er konden geen duidelijke verschillen in zeesla-productie tussen de krekken met en zonder polderwaterafvoer worden vastgesteld.

De oorzaak van de hoge Cl-, N- en P-gehalten in het polderwater is gelegen in de bijdrage van de diepe kwel. De gehalten aan N en P bedroegen in het drainwater respectievelijk 2,3 mg N/l en 0,24 mg P/l en in het naar de sloten ondergronds afstromende grondwater respectievelijk 29 mg N/l en 5,1 mg P/l. Als aangenomen wordt dat het tijdstip van meting representatief is voor de gemiddelde situatie kan de grootte van de zoute kwel worden geschat op circa 1,0 mm/dag.

Als conclusie van dit onderzoek kan worden gesteld dat grote hoeveelheden N en P via het geloosde polderwater op de kreek worden gebracht en dat deze hoofdzakelijk afkomstig zijn van de zoute kwel. De uitwisseling van water tussen de kreek en het Veerse Meer is echter zo intensief, dat slechts zeer geringe invloeden op de waterkwaliteit in de kreek geconstateerd kunnen worden.

LITERATUUR

- DELTA DIENST, 1973. De waterkwaliteit in het Veerse Meer gedurende januari t/m juni 1972. Nota 73-14. Afdeling Milieu-onderzoek
- _____ 1974. De waterkwaliteit van het Veerse Meer in 1972. Nota 74-10. Afdeling Milieu-onderzoek
- HARMSSEN, J., 1975. Pigment- en chlorophylbepaling in oppervlaktewater. Nota 885. ICW, Wageningen
- DEN HARTOG, C., 1959. The epilithic algal communities occurring along the coast of the Netherlands. North.Holl.Publ.Comp., Amsterdam
- LEENTVAAR, P., 1970. Het probleem van de eutrofiëring. H_2O (3), 5 pag. 100-103
- PEELEN, R., 1970. Mogelijkheden ter voorkoming van eutrofiëring van het Zeeuwse Meer en het Grevelingenbekken. Rapport Eutrofiëringscommissie Deltawateren. Delta Dienst, Afd. Waterhuishouding
- RIDDER, DE, N.A., 1957. Agrohydrologische profielen van Zeeland. Bijlage 102
- STEENVOORDEN, J.H.A.M. en C.G. TOUSSAINT, 1974. Stikstof, fosfaat- en chloridebalans van enkele polders in Midden-West-Nederland. Nota 793, ICW, Wageningen
- _____ en H.P. OOSTEROM, 1975. De chemische samenstelling van de neerslag te Wageningen. Nota 882, ICW, Wageningen
- WEERD, VAN DER, B., 1966. Apparatuur voor het meten van slootkwel. Mededeling 95, ICW, Wageningen