



ZLMID-04.001

Aan  
RIKZ

Van  
-Piet Lievense

Datum  
10 mei 2004

Onderwerp  
-Stratificatie in het Veerse Meer in de jaren 1995-2003.

Doorkiesnummer

6451

Bijlage(n)

-3

## 1. Inleiding.

Voor de deltawerken stond het Veerse Meer onder invloed van het getij. Aan de oostzijde vormde de Zandkreek de verbinding met de Oosterschelde. Deze werd in 1960 afgesloten door de aanleg van de Zandkreekdam. In het jaar daarop werd het Veerse Gat afgesloten door de aanleg van de Veerse Gatdam, waardoor het Veerse Meer ontstond.

De gemiddelde waterdiepte van het Veerse Meer is 5 meter. Er is een centrale geul, bestaande uit een achttal diepe putten met maximum waterdiepten van 15 tot 24 m die verbonden zijn door 'zadels' met waterdiepten van 6 tot 9 meter. De geul varieert in breedte van 100 tot 500 m. Aan weerszijden van de geul zijn ook ondiepere gedeelten.

Oorspronkelijk was het Veerse Meer een getijdebekken met diepe geulen en intergetijdegebieden. Door de sterke getijdestromingen was er voldoende menging en trad er dan ook geen stratificatie op. Na de sluiting in 1961 is het getij verdwenen, en wordt de verticale menging voornamelijk veroorzaakt door wind. Hierdoor is de kans op het optreden van stratificatie in de waterkolom van het Veerse Meer aanzienlijk toegenomen.

In het huidige beheer wordt gestreefd naar een zomerpeil van NAP en een winterpeil van NAP -0.70 m. Dit wordt gerealiseerd met de Zandkreeksluis, welke tevens ingezet kan worden voor spuien en inlaten van water. Bij de peilopzet in het voorjaar wordt een flinke hoeveelheid zout water ingelaten. Via de diepere delen van het meer stroomt dit naar het westen. Hierdoor ontstaat een zoute onderlaag en een brakke bovenlaag, gescheiden door een spronglaag. Het gevolg is dat voornamelijk in het voorjaar en in de zomer stratificatie en zuurstofloosheid optreedt. Mede door eutrofiëring en de geringe verversingsmogelijkheden van het meer is, sinds de afsluiting in 1961, de waterkwaliteit dan ook verslechterd.

**Directie Zeeland**

Postadres Postbus 5014, 4330 KA Middelburg

Bezoekadres Koestraat 30, 4331 KX Middelburg

Telefoon (0118) 68 60 00

Fax (0118) 68 63 21

E-mail p.lievense@dzt.rws.minvenw.nl



## 2. Begripsbepaling.

Op het Veerse Meer vindt een wisselende belasting plaats van neerslag, verdamping, brak water uit de polders en het Kanaal door Walcheren, en de inlaat van zout water uit de Oosterschelde. Mede hierdoor wordt het Veerse Meer gekenmerkt door sterk schommelende zoutgehalten. Het zoutgehalte kan 's winters dalen tot 6 g/l, terwijl 's zomers gehalten tot 16 g/l worden aangetroffen. De inlaat van relatief koud en zout Oosterscheldewater en de belasting met zoet water leidt tot grote verticale verschillen in zoutgehalte. Hierdoor ontstaat stratificatie, welke in de zomers nog versterkt kan worden door opwarming van de bovenlaag. Deze temperatuurstratificatie is op zichzelf genomen minder stabiel.

Door het optreden van stratificatie is er onvoldoende verversing van het water in de diepere delen van het meer. De zuurstofconcentratie in de onderste laag neemt af ten gevolge van afbraak van organisch materiaal. Omdat het uitgeslagen polderwater rijk is aan nutriënten is het meer zeer voedselrijk. Als gevolg hiervan treedt er in het voorjaar een forse algenbloei op. Het afsterven en bezinken van het organisch materiaal zorgt voor een grotere zuurstofvraag in de diepere waterlagen. Dit heeft in het voorjaar en in de zomer tot gevolg dat in de diepere delen van het meer zuurstofarmoede en zuurstofloosheid optreedt. In het najaar en de winter wordt de stratificatie grotendeels opgeheven door voornamelijk een hogere turbulentie als gevolg van wind en de afname van het aantal schuttingen. De volledige menging van de waterkolom resulteert in het verdwijnen van het zuurstoftekort in de diepere delen van het meer.

### **Het begrip stratificatie.**

*Stratificatie, of gelaagdheid, is het fenomeen dat optreedt als er twee lagen water van verschillende dichtheid als het ware op elkaar drijven, gescheiden door een zogenaamde spronglaag. Deze spronglaag is een schijf water met een min of meer sterk verlopende dichtheid. Het dichtheidsverschil kan verschillende oorzaken hebben, bijvoorbeeld een verschil in zoutgehalte (zoutstratificatie) of een verschil in temperatuur (temperatuurstratificatie) of door een combinatie van beide.*

*Permanente zoutstratificatie treedt bijvoorbeeld op in de Zwarte Zee, waar een laag van 150-200 meter relatief zoet water dat is aangevoerd door de rivieren, drijft op een laag van zout water, met een hoge(re) dichtheid, afkomstig uit de Middellandse Zee.*

*Temperatuurstratificatie treedt vooral op in de zomer in relatief stagnante en diepe wateren (bijv. in bergmeren en in de zandwinputten in het IJsselmeer). Door de zon warmt de bovenste laag op, die daardoor lichter wordt dan het onderliggende koude water. Temperatuurstratificatie wordt meestal opgeheven als het water afkoelt in de herfst of winter en door verhoogde turbulentie door stormen.*



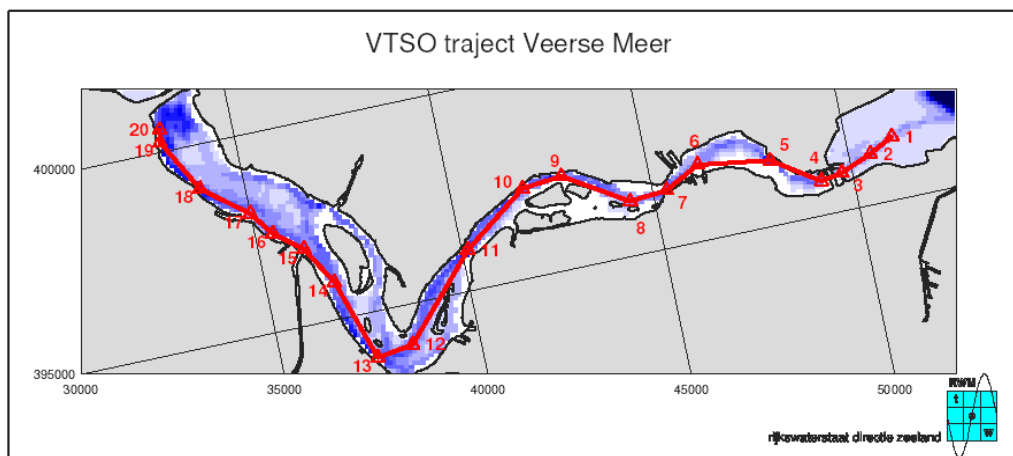
**Zuurstoftekort als gevolg van stratificatie.**

*Stratificatie leidt als het ware tot een barrière voor menging tussen de waterlagen. Hoe groter de stratificatie, hoe meer energie (bijvoorbeeld door wind) er nodig is om de waterlagen met elkaar te mengen. Stratificatie kan daardoor een belangrijk effect hebben op de zuurstofcondities van het water. Organisch materiaal, bijvoorbeeld afkomstig van primaire productie, zakt door de spronglaag heen en komt in de onderste waterlaag en op de bodem terecht. Voor de afbraak van dit organisch materiaal in het water, maar ook in de bodem, wordt er zuurstof verbruikt. Als er slechte menging plaatsvindt tussen de bovenste waterlaag (waar zuurstof in het water wordt gebracht door primaire productie en diffusie vanuit de atmosfeer) en het de onderste waterlaag (bijvoorbeeld door stratificatie) kan het zuurstofverbruik leiden tot zuurstoftekort in de onderste delen van de waterkolom. De kans op zuurstoftekort in de onderste waterlaag neemt toe met geringere verversing en een groter zuurstofverbruik als gevolg van afbraakprocessen. Zuurstoftekort kan ernstige consequenties hebben voor de bodemdierengemeenschap, die afhankelijk is van zuurstof. Ook de nalevering van opgeloste stoffen (bijvoorbeeld P) vanuit de bodem wordt sterk beïnvloed door de zuurstofcondities. Hierdoor kan het optreden van zuurstoftekort bij de bodem effect hebben op de primaire producenten in de onderste waterlaag.*



### 3. VTSO metingen.

Het doel van deze metingen is om het optreden van stratificatie en zuurstoftekort in het Veerse Meer te onderzoeken en te beschrijven. Er zijn van west naar oost een 16-tal meetpunten uitgezet (figuur 1). Deze metingen zijn maandelijks uitgevoerd en beschikbaar vanaf 1995. De beschrijving van de stratificatie in de volgende paragraaf richt zich dan ook op de periode vanaf 1995. Ten behoeve van het aan te leggen doorlaatmiddel zijn vanaf augustus 2000 de metingen uitgebreid met een drietal punten in de Zandkreek. Met behulp van sensoren zijn op iedere locatie maandelijks verticale profielen in het water gemeten. Tijdens deze metingen wordt onder andere zuurstof (mg/l), temperatuur (°C), en chloride (mg/l) in de waterkolom gemeten. Uit chloride en temperatuur wordt vervolgens de dichtheid berekend.

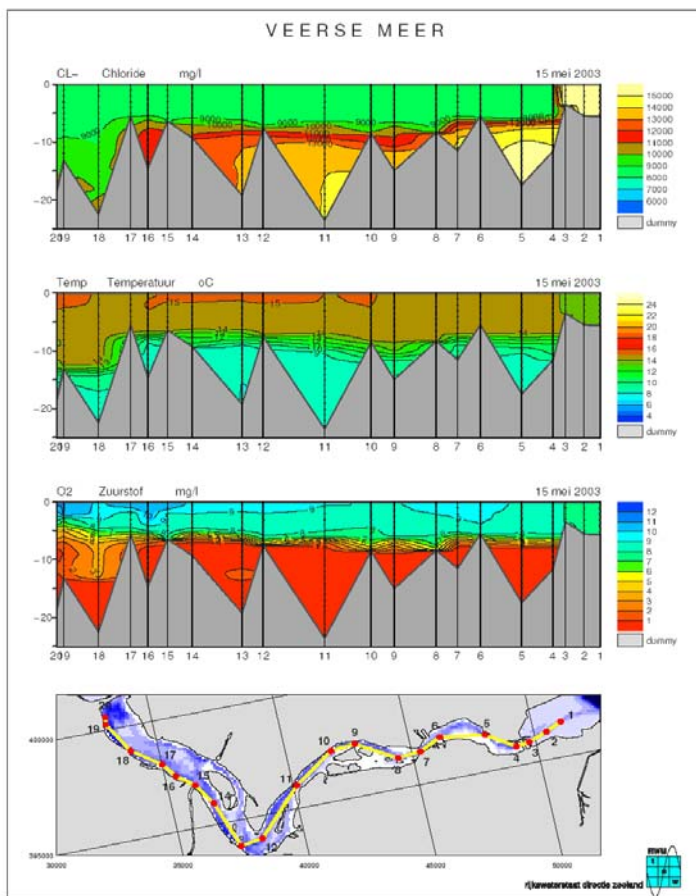


Figuur 1. Ligging van de VTSO meetlocaties en de deelgebieden in het Veerse Meer.

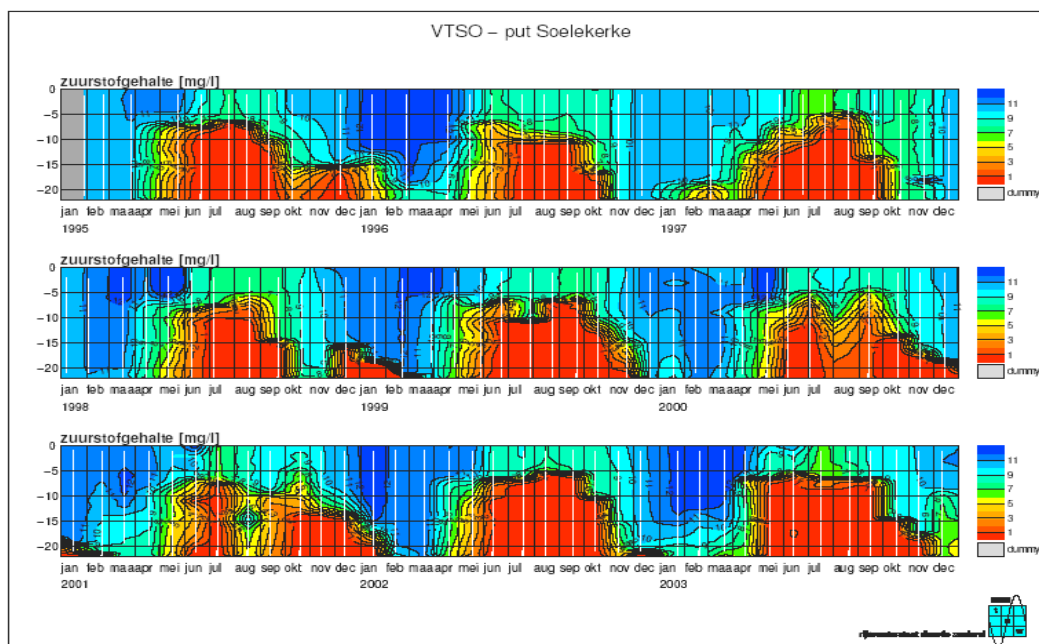
Van de meetresultaten worden een aantal overzichten gemaakt. In figuur 2 is een voorbeeld gegeven van een langsdorsnede over het meer met daarin chloride, temperatuur en zuurstof.

In figuur 3 is een voorbeeld gegeven van een seizoensverloop over de meetperiode van een meetlocatie.

Op bijlage 1 en 2 staat van beide presentaties vermeld, welke figuren op de bijgevoegde CD zijn opgenomen.



Figuur 2.  
Langsdoorsnede Veerse Meer (zie ook bijlage 1).



Figuur 3. Seizoensverloop zuurstof in put Soelekerke (zie ook bijlage 2).



#### 4. Stratificatie.

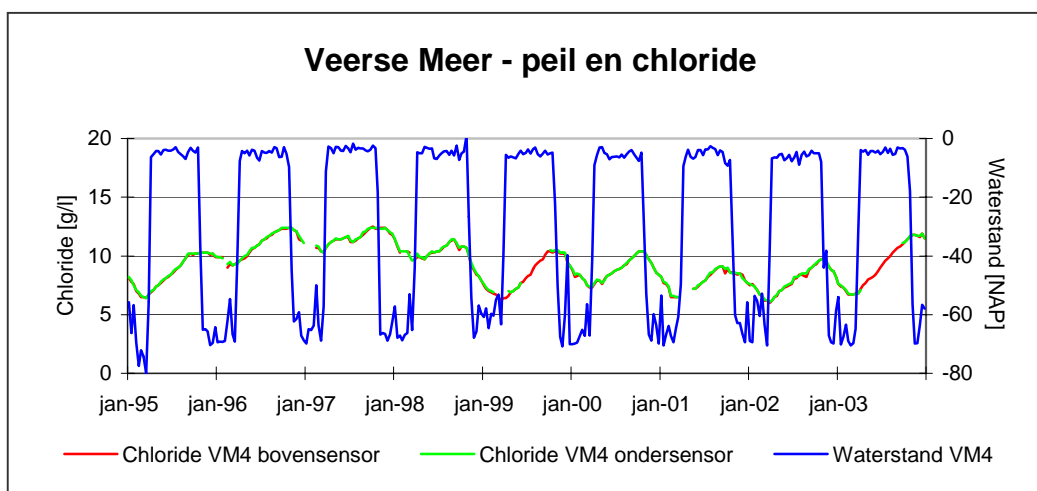
##### 4.1. Beschrijving van het optreden van stratificatie en zuurstoftekort.

Het inlaten van zout water zorgt er voornamelijk voor dat er stratificatie ontstaat. Vanaf 1 april, na het ophogen van het peil, neemt de stratificatie toe. In het oostelijk deel van het Meer, door de invloed van de Zandkreeksluis, is dit effect het sterkst merkbaar. Er is hier sprake van een nagenoeg permanent aanwezige zoutstratificatie.

In het midden van het meer is de stratificatie in iets mindere mate aanwezig en dan voornamelijk in het voorjaar en in de zomer. Ten westen van het Kanaal door Walcheren treedt nauwelijks stratificatie op.

Het zoutere, en in de veelal koudere Oosterscheldewater, zal door de grotere dichtheid die het bezit, zich onder de oppervlaktelaag voortplanten. Door deze dichtheidstroom zal de put die zich het dichtst bij de Zandkreeksluis bevindt het eerst vollopen met zout water. Wanneer deze put geheel gevuld is zal het zoute water zich door de geul verplaatsen tot de volgende put. Het zoute water plant zich op deze wijze voort door het meer. Hoe verder van de Zandkreeksluis verwijderd hoe minder sterk dit effect is.

De verschillen in chloride tussen de oppervlaktelaag en de diepe laag zijn het grootst bij de Zandkreeksdam (ca 8 g/l). Ter hoogte van De Piet zijn deze verschillen duidelijk kleiner (ca 4 g/l), terwijl bij Vrouwenpolder van verschillen over de verticaal nauwelijks sprake is. Deze verschillen nemen in de loop van de zomer af vanwege een verzouting van de bovenlaag (figuur 4) door menging met water uit de onderliggende waterlagen. Vanaf oktober/november neemt de gelaagdheid sterk af. Dit is hoofdzakelijk het gevolg van een grotere turbulentie van de waterkolom door najaarsstormen.



Figuur 4. Peil- en chlorideverloop in locatie VM4 (bovenlaag) in de periode 1995-2003.

Voor afbraak van organisch materiaal in de onderlaag wordt zuurstof gebruikt. Tengevolge van de geringe uitwisseling tussen het diepe water en het oppervlaktewater wordt dit zuurstofverbruik niet aangevuld. Ook de toevoer via de Zandkreeksluis is hier niet toe in staat. In het diepere water ontstaat er zuurstoftekort (bijlage 2). De diepte waarop zuurstofloosheid aangetroffen wordt bedraagt circa 6 à 8 m. De laatste jaren lag deze grens op circa 5 à 7 m. Vooral het jaar 2003 was extreem te noemen. Er was al vroeg sprake (begin mei) van zuurstofloosheid en dat op geringe diepte. Ook in de put bij Vrouwenpolder



waar normaliter de zuurstofloosheid in veel mindere mate optreedt, werd gedurende de gehele zomer zuurstofloosheid aangetroffen.

De zuurstofconcentraties in het de bovenste waterlaag nemen in vergelijking met het de onderste waterlaag slechts beperkt af, voornamelijk als gevolg van de verminderde oplosbaarheid voor zuurstof in het warmere water. Wanneer in het najaar de stratificatie wordt opgeheven bereikt de zuurstof weer de bodem van de putten. Een uitzondering is de meest oostelijke put, waar de zuurstofloosheid zich tot maart van het volgend jaar kan handhaven. Opvallend is verder dat de zuurstofloosheid bij voornamelijk Soelekerke en De Piet ook in het najaar en in de winter op kan treden, zij het op grotere diepte (15 à 20 m).

#### 4.2. Oppervlakte zuurstofloze bodem.

Bij het beheer van het Veerse Meer wordt er naar gestreefd dat niet meer dan 5% van het totale oppervlakte van de bodem zuurstofarm wordt. Om een indruk te krijgen van de totale oppervlakte van het Veerse Meer dat zuurstofarm wordt, is de hoofdgeul van het Veerse Meer opgedeeld in 4 deelgebieden (figuur 5, tabel 1).

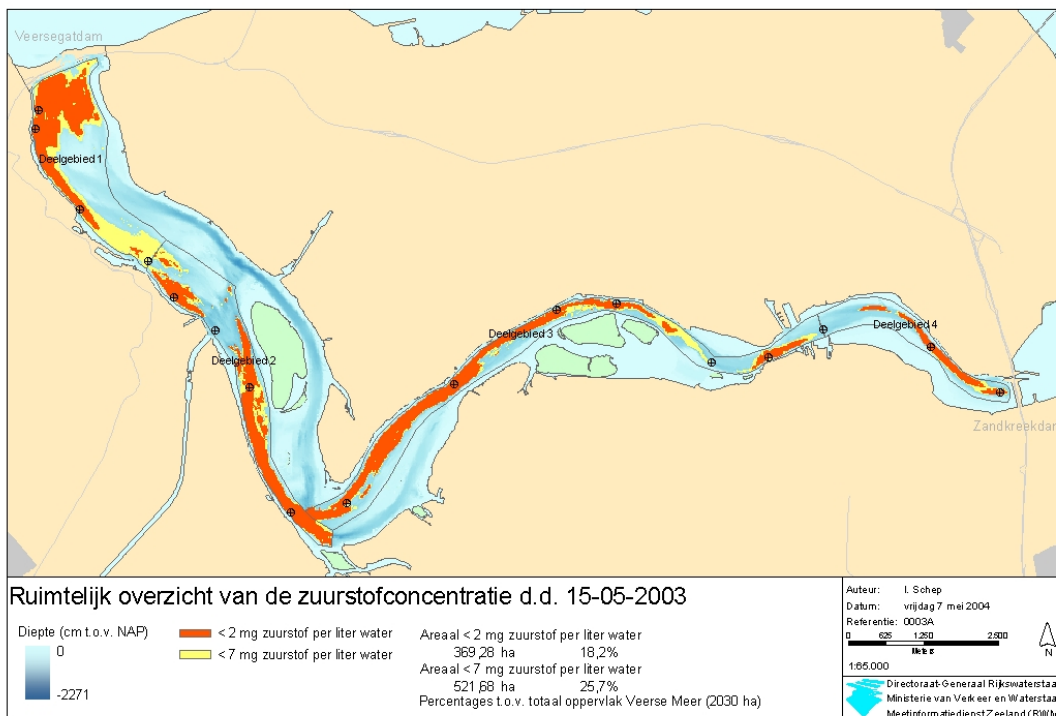
deelgebied	Aantal meetlocaties VTSO	Oppervlakte deelgebied (ha)
1	1 – 4	318.81
2	4 – 8	275.35
3	9 - 15	347.84
4	15 - 17	128.11

Tabel 1: Totale oppervlakte en het aantal meetlocaties van de deelgebieden die zijn opgesteld voor het Veerse Meer.

Voor ieder deelgebied is het grensvlak bepaald door interpolatie van de diepten waar de zuurstofconcentratie respectievelijk onder de 7 mg/l en 2 mg/l komt. Onder deze grensvlakken is de zuurstofconcentratie lager dan 7 mg/l en 2 mg/l. De grens van 2 mg/l wordt representatief geacht voor een zuurstofloze situatie. Onder dergelijke omstandigheden ondervinden organismen onherstelbare schade. De grens van 7 mg/l is de waarde die geldt voor de functie schelpdierwater van een watersysteem. Dit met het oog op het zouter worden van het Veerse meer in de toekomst, waarbij de kansen voor schelpdiercultures toe zullen nemen.

In bijlage 3 en figuur 5 wordt voor het Veerse Meer de ontwikkeling van de gebieden met zuurstofconcentraties in het bodemwater lager dan 2 mg/l en tussen 2 en 7 mg/l weergegeven voor het jaar 2003. Een jaar dat vanwege de warmte, droogte en aantal uren zon als extreem kan worden beschouwd. Lage concentraties zuurstof traden begin mei al op. De zuurstofloze omstandigheden waren snel over het gehele meer verspreid, inclusief de put bij Vrouwenpolder, die in andere jaren slechts in beperktere mate zuurstofloosheid te zien geeft. In de loop van oktober zijn de lage zuurstofconcentraties grotendeels verdwenen. Het zuurstoftekort beperkt zich dan tot de diepere gedeelten rond de Middelplaten en het diepere gedeelte achter de Zandkreeksluis.

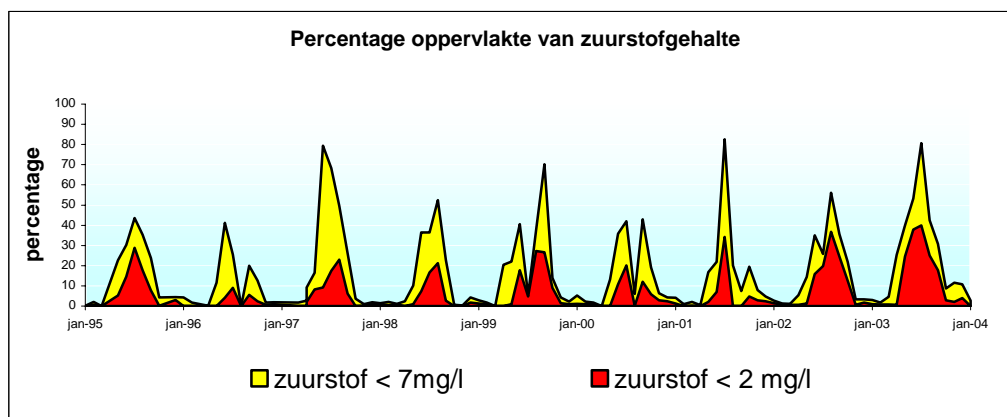
Voor alle VTSO-metingen is het oppervlak, waarop 2 mg/l en 7 mg/l zuurstof wordt aangetroffen, bepaald met behulp van een oppervlakte-diepte relatie. Het meer is daarbij opgedeeld in 8 vakken. Uit de diepte waarop deze zuurstofgehalten worden aangetroffen, wordt per vak met deze relatie het bijbehorende oppervlak bepaald (figuur 6).



Figuur 5. Ruimtelijke verspreiding van zuurstof.

Het maximum oppervlak van zuurstoftekort treedt op in de maand augustus. Verder valt af te lezen dat het streefbeeld, dat niet meer dan 5% van het totale bodemoppervlakte van het Veerse Meer zuurstofloos mag zijn, in geen enkel jaar wordt gehaald. Bijna elk jaar was er sprake van minstens 20% bodemoppervlak dat als zuurstofloos kan worden aangemerkt. Vooral in de jaren 2002-2003 is er sprake van een groot oppervlak, circa 40%, zuurstofloosheid.

In de zomermaanden kan het maximale oppervlak met een zuurstofgehalte < 7% oplopen tot 80%. In elke zomer worden waarden bereikt van 40%.



Figuur 6. Percentage oppervlakte van het zuurstofgehalte.





## 5. Het doorlaatmiddel.

### 5.1. De aanleg van het doorlaatmiddel.

Om de waterkwaliteit te verbeteren is besloten een doorlaatmiddel in de Zandkreekdam aan te leggen. Dit doorlaatmiddel zorgt ervoor dat er gemiddeld zowel 40 m<sup>3</sup>/s ingelaten als uitgelaten wordt, bij vast peil NAP -0.10 m. Dit betekent een inlaatdebiet van circa 80 m<sup>3</sup>/s in de hoogwaterperiode en een uitlaatdebiet van circa 80 m<sup>3</sup>/s in de laagwaterperiode. Vooral nog is gepland dat na de ingebruikname van het doorlaatmiddel, het zomer- en winterpeil gehandhaafd blijft. Dat betekent dat in de winterperiode de capaciteit van het doorlaatmiddel terugloopt van 40 m<sup>3</sup>/s tot circa 23 m<sup>3</sup>/s. De hoeveelheid zout water die vanuit de Oosterschelde het Veerse Meer binnenkomt zal sterk toenemen. Deze hoeveelheid zout water is veel groter dan de hoeveelheid zoet/brak water die via gemalen en neerslag het meer binnenkomt (85 \* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/jaar). Het gemiddelde zoutgehalte van het Veerse Meer zal dan ook toenemen en de fluctuatie in het zoutgehalte zal kleiner worden dan in de huidige situatie.

### 5.2. Algemeen effect van het doorlaatmiddel.

Via de gemalen van de omliggende polders wordt, verspreid over het gehele meer, een aanzienlijke hoeveelheid zoet water op het Veerse Meer geloosd, met name in het winterhalfjaar. Hierdoor verzoet de bovenlaag. Tegenover deze zoetbelasting staat het forse uitwisselingsdebiet van het doorlaatmiddel en - in beperkte mate - ook van de schutsluis in de Zandkreekdam. Hiermede wordt een grote hoeveelheid zout Oosterschelde-water het Veerse Meer binnengelaten dat uitgewisseld wordt met het water uit de iets zoetere bovenlaag. Tussen het doorlaatmiddel en het Veerse Meer is namelijk een overlaat aangebracht. Hierdoor wordt er tijdens het spuien hoofdzakelijk de vooral lichtere (dus ook zoetere) bovenlaag van het Veerse Meer afgevoerd. Het gevolg is dat het zoutgehalte in het Veerse Meer sterk toeneemt ten opzichte van de situatie zonder doorlaatmiddel. De jaargemiddelde toename zal circa 6 g Cl/l bedragen [WL].

Tijdens het inlaten mengt het zoute Oosterschelde-water zich direct achter de overlaat intensief met het omringende, minder zoute, water van de bovenlaag van het Veerse Meer. Van deze hoofdstroom nemen de stroomsnelheden en de dichtheid af door de menging met het zoetere water uit de bovenlaag. Vlak achter het doorlaatmiddel zal tijdens het inlaten de dichtheid over de gehele waterdiepte en over volle breedte van het Veerse Meer toenemen door de grote menging. Verder in het meer zal het ingelaten water met lage snelheid zich dieper in de geul verplaatsen als een dichtheidsstroming onder invloed van de zwaartekracht. Afhankelijk van de dichtheid kan deze zoute laag een tussenlaag tussen boven- en onderlaag vormen of zich mengen met het water in de putten. Het diepere gedeelte achter het doorlaatmiddel wordt dan langzaam gevuld met zout water tot het zadel overstroomt en de volgende put gaat vullen. Het overstromen van het zadel gaat gepaard met extra menging. Het zoute water van het doorlaatmiddel plant zich langzaam voort in het gehele Veerse Meer. Wanneer de ene put is volgelopen met zout water, stroomt het zoute water over een volgend zadel naar een volgende put. Uiteindelijk raken, als gevolg van deze dichtheidsstromen, na vele getijdencycli alle putten vol met zout water. Het grensvlak, voorzover dit in stand gebleven is, kan dan boven de zadels uitkomen. Het zoutgehalte van het gehele meer neemt toe en de gelaagdheid neemt af.

Tijdens het uitlaten stroomt het water terug in de richting van de Zandkreekdam. Bij het doorlaatmiddel zal, door de aangebrachte overlaat, voornamelijk de bovenlaag worden



afgevoerd naar de Oosterschelde. Bij grote spuidebieten kan ook water uit de onderste lagen worden meegetrokken. Een gedeeltelijke recirculatie van ingelaten water is hierbij niet te voorkomen.

### **5.3. Effect van het doorlaatmiddel ten aanzien van functie-eisen en streefbeeld.**

Vanwege de aanleg van het doorlaatmiddel zal het zoutgehalte sterk toenemen. De fluctuatie in zoutgehalte en de stratificatie zullen afnemen. Door het WL zijn studies uitgevoerd naar de effecten van het doorlaatmiddel. Hieruit blijkt dat de periode van maximale stratificatie verschuift van voorjaar en zomer naar de winter. De maximale stratificatie valt daarmee samen met de periode van de grootste zoetwaterbelasting. De peilopzet in het voorjaar is niet meer bepalend voor de optredende stratificatie. In de kritieke periode van voorjaar en zomer neemt de stratificatie af. Over het gehele meer nemen in deze periode de verschillen tussen bovenlaag en onderlaag af tot circa 1 g Cl<sup>-</sup>/l. Vanwege de afgenomen stratificatie neemt ook de kans op opmenging door wind toe.

Nabij de Zandkreekdijk zal over het gehele jaar de stratificatie sterk afnemen. Het verschil tussen bovenlaag en onderlaag reduceert circa 75%. Voor de locaties Wolphaartsdijk en Soelekerke wordt een reductie in de zomer verwacht van circa 50%. In de wintermaanden nemen deze verschillen echter circa 30-50% toe. In het meest westelijk deel zijn de verschillen in de zomer iets kleiner dan in de huidige situatie. In de winterperiode kunnen deze echter met een factor 2 à 3 toenemen.

In het algemeen zal in de nieuwe situatie het chloridegehalte toenemen tot circa 15 g Cl<sup>-</sup>/l (functie-eis<sup>1</sup> 13 g Cl<sup>-</sup>/l). Nabij de Zandkreekdijk zal dit gehalte iets hoger zijn en aan de zijde van de Veerse Gat-dijk iets lager. De variatie in het chloridegehalte zal dalen van circa 6 g Cl<sup>-</sup>/l tot circa 4 g Cl<sup>-</sup>/l.

Verwacht wordt dat het volume van het meer dat zuurstofloos wordt, daalt van 20% tot 12% (functie-eis 5%). Dit komt neer op een gemiddelde daling van het grensvlak waarop zuurstofloosheid wordt aangetroffen, van circa 2 m voor de gemodelleerde periode in 1995 [WL 2000]. De studies voor de periode 1996-1999 geven aan dat in het voorjaar en in de zomer de stratificatie af zal nemen [WL 2002]. Er wordt dan ook een positief effect verwacht op de zuurstofloosheid, zowel qua omvang als periode van voorkomen. Dit komt tegemoet aan het streefbeeld van een korte(re) zuurstofarme periode. Over het algemeen zal er nog wel sprake zijn van zuurstofloosheid, maar waarschijnlijk blijft dit beperkt tot de diepere gedeelten van het meer (functie-eis is een minimum gehalte van 2 mg O<sub>2</sub>/l in de diepe delen van het meer).

<sup>1</sup>) De functie-eisen zijn afkomstig uit het Regionaal Beheerplan Nat 2002.



## **6. Monitoring.**

In de huidige toestand worden VTSO metingen uitgevoerd om de toestand van het meer te onderzoeken en te kunnen beschrijven. Met name het optreden van stratificatie met de bijbehorende zuurstofarmoede dan wel zuurstofloosheid, zijn hierin een belangrijk aspect. Met de ingebruikname van het doorlaatmiddel zal de toestand in het meer sterk veranderen. Het is dan ook noodzakelijk deze veranderingen te volgen en het effect van het doorlaatmiddel op het ecologisch functioneren van het meer te monitoren. Een voortzetting van de huidige VTSO metingen wordt dan ook noodzakelijk geacht. De grootste veranderingen zullen zich in de beginperiode nadat het doorlaatmiddel in gebruik genomen is voordoen. Overwogen kan worden om in de beginperiode de frequentie van de metingen te verhogen. De frequentie van meten is daarbij mede afhankelijk van het tijdstip waarop het doorlaatmiddel in gebruik wordt gesteld. Dergelijke metingen kunnen in de toekomst ook op een andere wijze van belang zijn en een zekere meerwaarde hebben. Gedacht wordt aan de voorgestelde maatregelen in het project 'oplossingsrichtingen Volkerak-Zoommeer', inzake de blauwalgenproblematiek. Een van de alternatieven is daar het inlaten van zout water. Metingen kunnen dan ook inzicht geven in de effecten die bepaalde maatregelen hebben op een watersysteem.



## 7. Conclusies.

- Stratificatie (gelaagdheid) met bijbehorende zuurstofarmoede/ zuurstofloosheid is hoofdzakelijk het gevolg van verschillen in het zoutgehalte, vooral als gevolg van het instromen van zout Oosterscheldewater. In de huidige situatie ontstaat de stratificatie in de periode na de peilopzet rond 1 april, en handhaaft zich tot oktober/november.
- In de diepere delen van het meer kan ook na november sprake zijn van stratificatie en zuurstofloosheid. Met name in het oostelijk deel van het Veerse Meer kan de zuurstofloosheid zich tot maart handhaven. Een groot deel van het jaar is daar dan sprake van zuurstofloze omstandigheden.
- Aangezien er na aanleg van het doorlaatmiddel veel meer zout water dan zoet water op het Veerse Meer binnenkomt en er relatief zoet water gespuid wordt op de Oosterschelde, neemt het gemiddelde zoutgehalte van het Veerse Meer sterk toe. Dit geldt voor zowel de boven- als de onderlaag in het Veerse Meer. Dichtheidsstromen, die met name in de diepe geul optreden, zullen er voor zorgen dat de invloed van het doorlaatmiddel merkbaar zal zijn tot bij de Veerse Gatdam.
- Door de menging van het ingestroomde water achter de overlaat van het doorlaatmiddel en door de menging op de grensvlakken als gevolg van de wind en het overstromen van zandels in de putten nemen de dichtheidsverschillen tussen de boven- en onderlaag af.
- Door de afname van de dichtheidsverschillen over de verticaal neemt de kans op menging toe, waardoor zuurstof van het oppervlak naar de diepte wordt getransporteerd. In de diepere delen van het meer zal echter nog sprake zijn van zuurstofarmoede/zuurstofloosheid.
- De toename van de dichtheid kan er in het westelijk deel van het meer toe leiden dat daar enige gelaagdheid ontstaat, die voorheen daar niet aanwezig was. De kans op zuurstofarmoede/zuurstofloosheid neemt daar dan ook toe.



## **8. Bronnen.**

Rijkswaterstaat, RIKZ, Rapport RIKZ/2002.033, 12 juli 2002.  
Grevelingenmeer, van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan beleid.

Rijkswaterstaat, directie Zeeland, Nota nr. AXW-89.050, 30 november 1989.  
Beleidsanalyse tevens Milieu-effectrapport voor het waterbeheer van het Veerse Meer.

Rijkswaterstaat, directie Zeeland, Rapport AXW 2001-005, april 2001.  
De effecten van het doorlaatmiddel op de stroming en het zoutgehalte in de Zandkreek en het Veerse Meer.

WL, Delft hydraulics, Rapport Z2921, september 2000.  
Modelonderzoek naar de effectiviteit van een doorlaatmiddel voor de waterkwaliteit van het Veerse Meer.

WL, Delft hydraulics, Rapport Z3304, december 2002.  
Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer. Studie naar het effect van het doorlaatmiddel en aanvullende maatregelen. Deel 3: Toekomstige ontwikkelingen en mogelijkheden.



### Bijlage 1.

Schematische langsdoorsnede door de hoofdgeul van het Veerse Meer met daarin gepresenteerd de zuurstofconcentratie(mg/l), temperatuur (°C) en chloride (mg/l) over de jaren 1995 tot en met 2003. Bedacht moet worden dat de diepte schaal en de lengteschaal sterk verschillen. De langsdoorsnede is een aaneenschakeling van de gemeten verticalen, en derhalve een geschematiseerde weergave van de werkelijke doorsnede. Het kaartje onder aan de figuur geeft de locaties van de monsterpunten in het Veerse Meer en de Zandkreek weer. De figuren zijn terug te vinden op de CD. De datums van de uitgevoerde VTSO metingen zijn:

Meetdagen VTSO metingen				
19950130	19970304	19981117	20000801	20020517
19950211	19970401	19981215	20000912	20020611
19950327	19970429	19990118	20001018	20020718
19950523	19970527	19990222	20001114	20020815
19950620	19970624	19990329	20001214	20020917
19950725	19970721	19990426	20010115	20021014
19950816	19970819	19990528	20010219	20021111
19950911	19970919	19990622	20010319	20021209
19951010	19971021	19990728	20010418	20030123
19951207	19971119	19990824	20010517	20030218
19960115	19971219	19990922	20010613	20030321
19960227	19980107	19991018	20010710	20030415
19960416	19980203	19991122	20010816	20030515
19960513	19980317	19991220	20010913	20030613
19960610	19980415	20000118	20011019	20030717
19960717	19980512	20000215	20011114	20030820
19960812	19980608	20000315	20011212	20030915
19960909	19980706	20000412	20020117	20031017
19961016	19980819	20000511	20020213	20031113
19961111	19980922	20000606	20020320	20031211
19961210	19981022	20000703	20020419	



## Bijlage 2.

Seizoensverloop van de zuurstofconcentratie(mg/l), temperatuur (°C), chloride (mg/l) en dichtheid (kg/m<sup>3</sup>) van de diepe putten van het Veerse Meer voor de jaren 1995 tot en met 2003. De gemeten verticalen zijn weergegeven door middel van witte lijntjes. De figuren zijn terug te vinden op de CD.

Lokatie put	Parameter				
Vrouwenpolder	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
Oostwatering	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
De Piet	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
Soelekerke	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
Middelplaten	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
Kortgene	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
Zandkreek	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH
Zandkreek-Oosterschelde *)	Zuurstof	Temperatuur	Chloride	Dichtheid	pH

\*) Meetperiode 2000-2003



### **Bijlage 3.**

Ruimtelijke verspreiding van zuurstof in het water van het Veerse Meer in 2003. Aangegeven is de oppervlakte waar de zuurstofconcentratie in het bodemwater lager is dan 2 mg/l en tussen 2 en 7 mg/l. De figuren zijn terug te vinden op de CD.

Verspreiding zuurstof
23 januari 2003
18 februari 2003
21 maart 2003
15 april 2003
15 mei 2003
13 juni 2003
17 juli 2003
20 augustus
15 september
17 oktober
13 november
11 december